

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Fabício Fernando Halberstadt

**FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE
MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA
EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN**

Santa Maria, RS
2021

Fabício Fernando Halberstadt

**FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE
MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA
EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Educação em Ciências**.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Cecília Pereira Santarosa

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Isabel Krey Garcia

Santa Maria, RS, Brasil
2021

Halberstadt, Fabrício Fernando

FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE
MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA
EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN / Fabrício Fernando
Halberstadt.- 2021.

371 p.; 30 cm

Orientadora: Maria Cecília Pereira Santarosa

Coorientadora: Isabel Krey Garcia

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2021

1. Formação continuada de professores de ciências e
matemática 2. Modelagem Científica 3. Modelagem
Matemática 4. Epistemologia Evolutiva de Stephen Toulmin
5. Teoria dos Campos Conceituais I. Santarosa, Maria
Cecília Pereira II. Garcia, Isabel Krey III. Título.

Fabício Fernando Halberstadt

**FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE
MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA
EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Educação em Ciências**.

Aprovado em 02 de junho de 2021:

Maria Cecilia Pereira Santarosa, Dr.^a (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Isabel Krey Garcia, Dr.^a (UFSM)
(Coorientadora)

Ana Marli Bulegon, Dr.^a (UFN)

Leandra Anversa Fioreze, Dr.^a (UFRGS)

Lilian Akemi Kato, Dr.^a (UEM)

Marilaine de Fraga Sant'Ana, Dr.^a (UFRGS)

Santa Maria, RS, Brasil
2021

NUP: 23081.047649/2021-70

Prioridade: Normal

Homologação de Ata

010 - Organização e Funcionamento

COMPONENTE

Ordem	Descrição	Nome do arquivo
2	Folha de aprovação	folha_aprovacao_Fabricio.pdf

Assinaturas

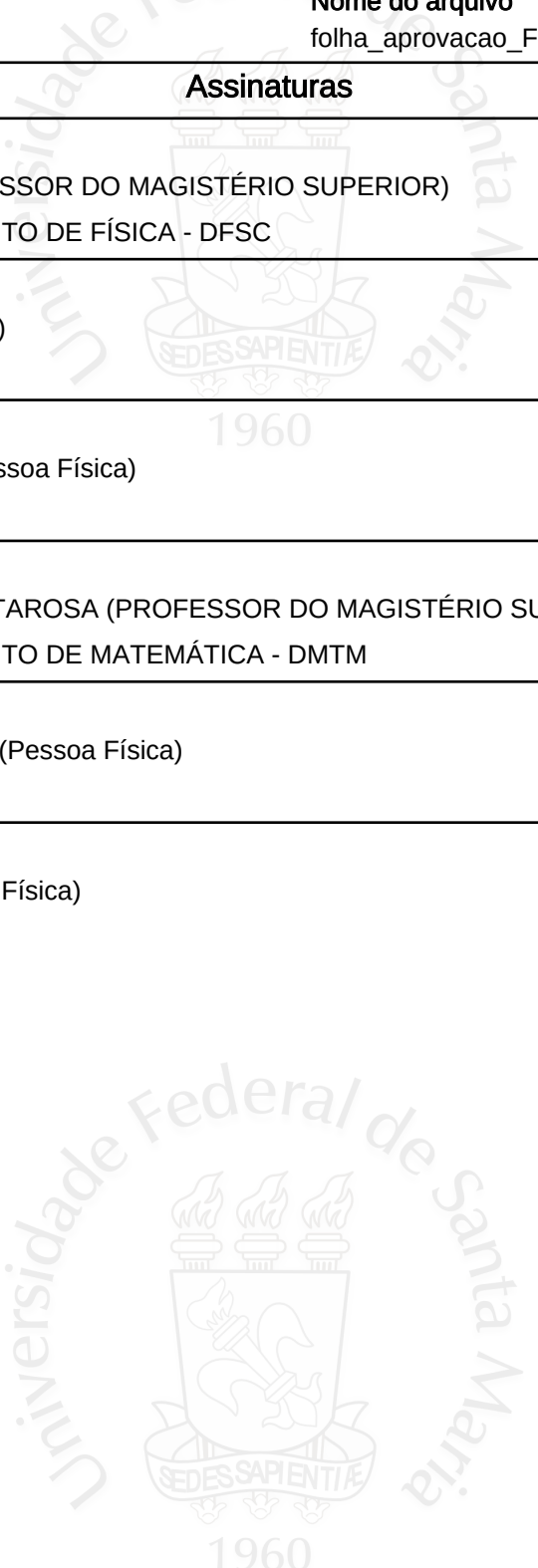
08/06/2021 11:21:28

ISABEL KREY GARCIA (PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR)

02.32.00.00.0.0 - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - DFSC

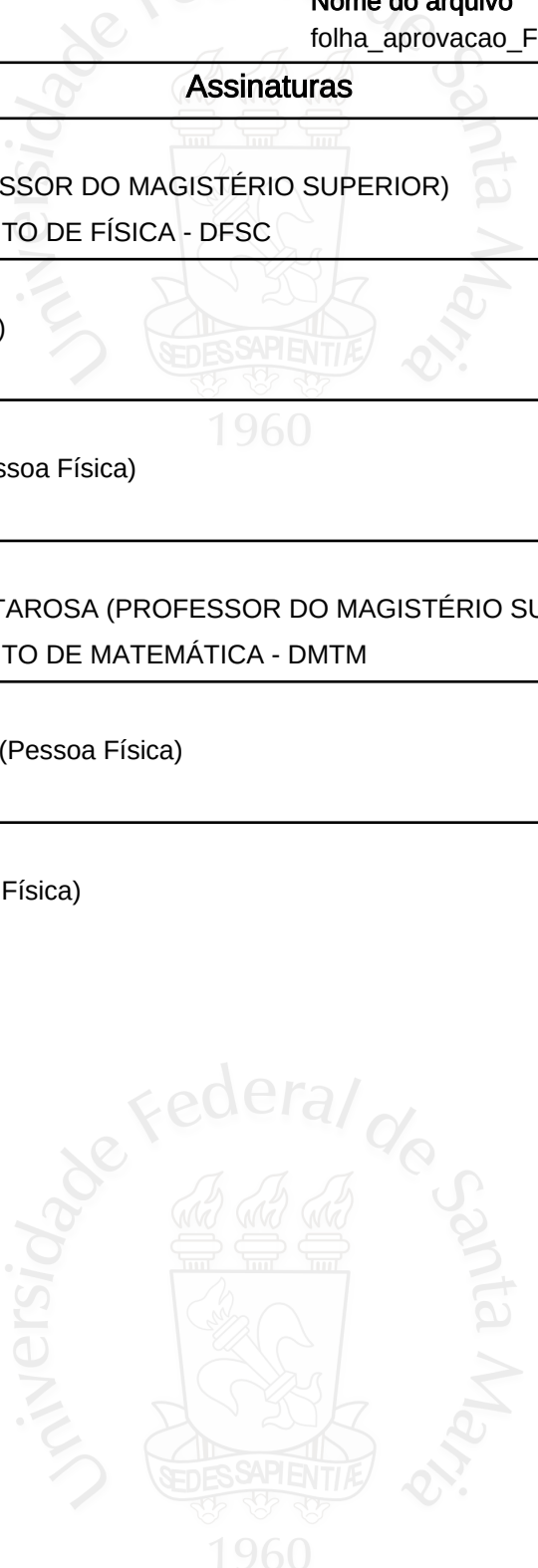
09/06/2021 08:22:36

Lilian Akemi Kato (Pessoa Física)

Usuário Externo (705.***.***.**) 

11/06/2021 11:13:39

Marilaine de Fraga Sant'Ana (Pessoa Física)

Usuário Externo (567.***.***.**) 

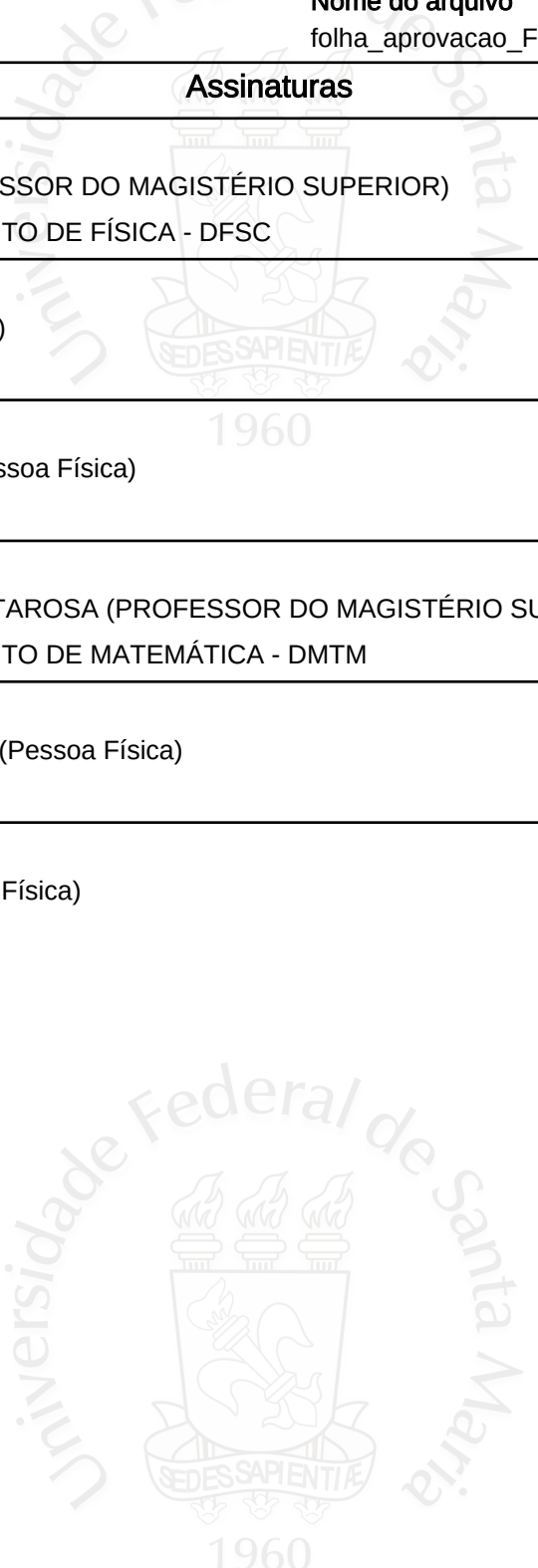
21/06/2021 17:07:12

MARIA CECILIA PEREIRA SANTAROSA (PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR)

02.34.00.00.0.0 - DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA - DMTM

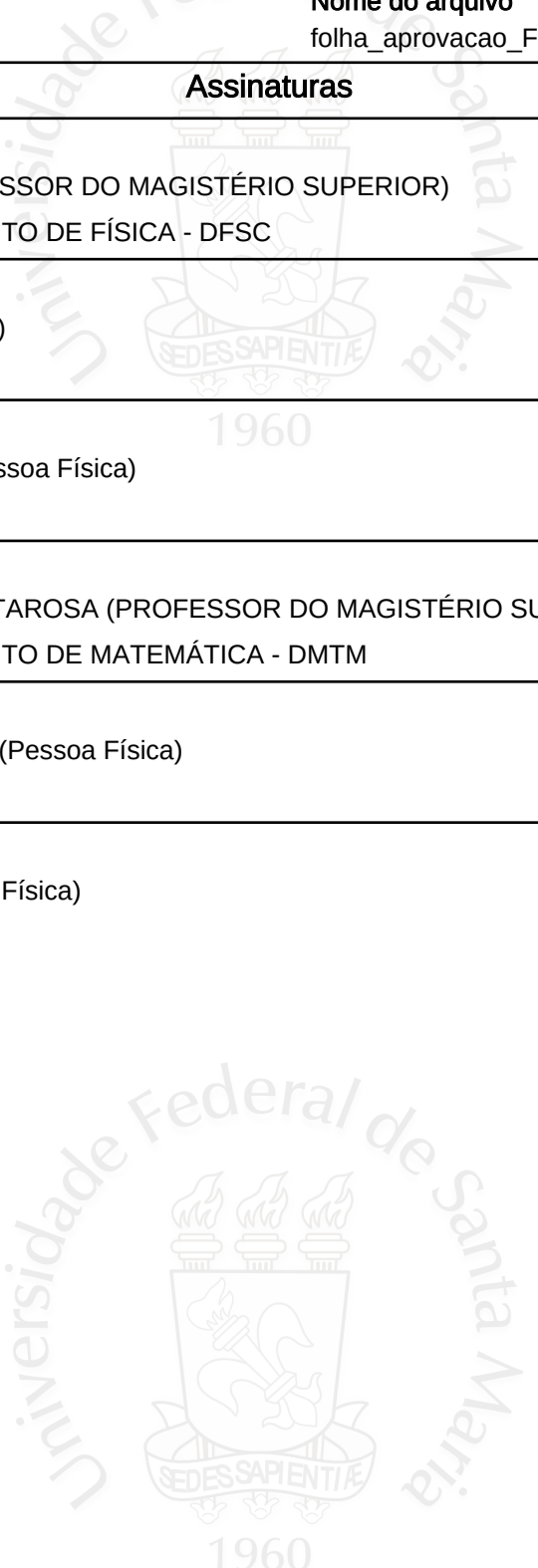
03/08/2021 12:36:43

LEANDRA ANVERSA FIOREZE (Pessoa Física)

Usuário Externo (636.***.***.**) 

03/08/2021 14:10:22

ANA MARLI BULEGON (Pessoa Física)

Usuário Externo (463.***.***.**) 

Código Verificador: 691877

Código CRC: 7c6694e6

Consulte em: <https://portal.ufsm.br/documentos/publico/autenticacao/assinaturas.html>



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder saúde e disposição. Também por ter encontrado pessoas que me apoiaram durante esse momento tão importante para a minha vida profissional e acadêmica.

Obrigado especial à minha esposa, Eliciane Brüning de Salles, minha companheira e amiga, meu amor, que me apoiou durante todo o tempo de doutorado. Fez-me forte, determinado e comprometido.

Aos meus pais, avós e tios, obrigado pelo suporte, apoio, carinho e afeto de sempre. Agradeço à Educação Pública Brasileira que, mesmo com tantos desafios ao longo de sua existência, proporcionou-me professores engajados na minha construção de conhecimentos.

À minha orientadora, Prof.^a Maria Cecília Pereira Santarosa, pelas orientações, discussões, parcerias e compartilhamento de conhecimentos e saberes. Obrigado pela sua dedicação e comprometimento com a educação brasileira.

À minha coorientadora, Prof.^a Isabel Krey Garcia, pelos ensinamentos e dedicação. Obrigado pela sua disponibilidade em compartilhar suas experiências e vivências.

Ao GPEACIM, grupo coordenado pelas professoras Maria Cecília e Isabel, o qual complementou minha formação durante o doutorado.

Aos meus amigos pela paciência, incentivo, paciência devido às ausências minhas. Em especial, agradeço à Helga de Mattos Pasinato e Antonio Carlos Lyrio Bidel, meus amigos queridos, com os quais sempre posso contar. Obrigado pelo companheirismo, risadas e alegrias compartilhadas.

Às minhas colegas e amigas Cláudia Alves dos Santos, Eliziane Dávila e Ediane Wollmann pelas contribuições, torcida, apoio e parcerias.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Maria, minha segunda casa. Possibilitou-me minha formação e meu desenvolvimento profissional. UFSM: conte comigo sempre na luta pela educação de qualidade!

Ao PPGECQVS, obrigado por promover a pesquisa e a formação de qualidade de professores.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha que apoiou a realização do doutorado enquanto fui servidor dessa instituição.

Será revolucionário quem a si próprio conseguir
revolucionar-se.

(Ludwig Wittgenstein)

RESUMO

FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN

AUTOR: FABRÍCIO FERNANDO HALBERSTADT

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a MARIA CECÍLIA PEREIRA SANTAROSA

COORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a ISABEL KREY GARCIA

A modelagem pode consistir em uma possibilidade metodológica para se caminhar em direção a uma construção conceitual que considere a complexidade das relações envolvidas entre as ciências e a matemática. Partindo desta premissa, neste trabalho investigou-se o seguinte problema de pesquisa: Como evoluem os conceitos sobre as modelagens científica e matemática e suas relações conceituais, identificados em professores dessas áreas de ensino em formação continuada caracterizada pelo confronto desses sujeitos com situações relacionadas com modelagem, num ambiente de reflexão, discussão e realizações de tarefas, propostas em uma disciplina em nível de Pós-Graduação? Teve-se como objetivo principal identificar possíveis relações conceituais entre as áreas da Ciência e da Matemática, externadas por professores em formação continuada, bem como investigar o processo de evolução destas relações no contexto da modelagem ao longo de uma disciplina do Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGECQVS) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ministrada no primeiro semestre letivo de 2019 e que contou com a participação de seis discentes. Como referencial epistemológico para guiar a pesquisa, buscaram-se as ideias de Stephen Toulmin, para o qual, de forma análoga à teoria darwinista, os conceitos científicos também sofrem seleção natural e, assim, pode-se pensar em uma evolução conceitual. A análise da evolução conceitual dos participantes da disciplina foi realizada tendo em vista a Teoria dos Campos Conceituais. A preocupação central residuiu em propor situações frutíferas e analisar evidências sobre possíveis contribuições destas para o processo de conceitualização no contexto da modelagem. A pesquisa teve cunho qualitativo e consistiu em um estudo de campo do tipo estudo de caso. Os registros de dados consistiram em: questionário prévio; produções dos alunos durante a disciplina (mapas conceituais, diagramas V de Gowin, unidades didáticas e demais materiais elaborados); transcrição das gravações em áudio das aulas; entrevista após o término da disciplina. A análise dos dados coletados foi realizada por meio da Análise Textual Discursiva (ATD). Foram realizadas duas ATD: (a) Uma do tipo indutiva por meio da qual se identificaram as concepções prévias dos participantes sobre a modelagem; (b) Outra do tipo dedutiva levando em conta os registros produzidos nos demais encontros da disciplina investigando as possíveis contribuições das situações propostas para evolução conceitual dos participantes em torno da temática abordada. Na ATD (b) adotaram-se como categorias *a priori* as oito necessidades formativas para o professor de ciências elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011), a saber: conhecer a matéria a ser ensinada; questionar as ideias docentes do “senso comum”; adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências; saber analisar criticamente o “ensino tradicional”; saber/preparar atividades; saber dirigir o trabalho dos alunos; saber avaliar; saber utilizar a pesquisa e a inovação. Como resultado principal da investigação obteve-se que a evolução das relações conceituais sobre as modelagens científica e matemática nos professores participantes da disciplina ocorreu: calcada no conceito de interdisciplinaridade; por meio da diversidade de situações apresentadas, em especial nos momentos de tarefas práticas que acentuaram as rupturas e continuidades do progressivo domínio no contexto da modelagem; à medida que se buscou ensinar e aprender a partir de um viés construtivista.

Palavras-chave: Formação continuada de professores de ciências e matemática. Modelagem Científica. Modelagem Matemática. Epistemologia Evolutiva de Stephen Toulmin. Teoria dos Campos Conceituais.

ABSTRACT

CONTINUING EDUCATION OF SCIENCE AND MATHEMATICS TEACHERS IN THE CONTEXT OF MODELING FROM STEPHEN TOULMIN'S EPISTEMOLOGICAL PERSPECTIVE

AUTHOR: FABRÍCIO FERNANDO HALBERSTADT

ADVISOR: Prof.^a Dr.^a MARIA CECÍLIA PEREIRA SANTAROSA

CO-ADVISOR: Prof.^a Dr.^a ISABEL KREY GARCIA

Modeling can consist of a methodological possibility to move towards a conceptual construction that considers the complexity of the relations between science and mathematics. Based on this premise, the following research problem was investigated in this work: How do the conceptual relationships evolve on the scientific and mathematical modeling identified in teachers in these areas of teaching in an environment of continuing education characterized by the confrontation of these subjects with situations in the context of modeling, in an environment of reflection, discussion and accomplishment of activities, proposed in a discipline at the Graduate level? The main objective was to identify possible conceptual relationships between the areas of Science and Mathematics, expressed by teachers in continuing education, as well as to investigate the process of evolution of these relationships in the context of modeling throughout a discipline of the Post-Graduate Program Education in Science: Life Chemistry and Health (PPGECQVS) at the Federal University of Santa Maria (UFSM), taught in the first semester of 2019 and with the participation of six students. As an epistemological reference to guide the research, Stephen Toulmin's ideas were sought, for which, similarly to Darwinian Theory, scientific concepts also have natural selection and, thus, can be possible to think of a conceptual evolution. The analysis of the conceptual evolution of the participants of the discipline was made in view of the Theory of Conceptual Fields. The central preoccupation was to propose productive situations and analyze evidence on their possible contributions to the conceptualization process in the context of modeling. The research was qualitative and consisted of a field study of the case study type. The data records consisted of: previous questionnaire; students' productions during the course (concept maps, Gowin diagrams V, didactic units and other elaborated materials); transcription of audio recordings of classes; interview after the end of the course. The analysis of the collected data was made from the Discursive Textual Analysis (ATD). Two DTAs were executed: (a) One of the inductive type through which the participants' previous conceptions about modeling were identified; (b) Another of the deductive type, taking into account the records produced in the other meetings of the discipline, investigating the possible contributions of the situations proposed for the conceptual evolution of the participants around the theme addressed. At ATD (b) the eight formative needs for the science teacher listed by Carvalho and Gil-Pérez (2011) were adopted as a priori categories, namely: to know the subject to be taught; questioning the teaching ideas of "common sense"; acquire theoretical knowledge about science learning; knowing how to critically analyze "traditional education"; know / prepare activities; knowing how to direct students' work; know how to evaluate; knowing how to use research and innovation. As a main result of the investigation, it was found that the evolution of conceptual relationships on scientific and mathematical modeling in the teachers participating in the discipline occurred: based on the concept of interdisciplinarity; through the diversity of situations presented, especially in the moments of practical activities that accentuated the ruptures and continuities of the progressive control in the context of modeling; as were sought to teach and learn from a constructivist perspective.

Keywords: Continuing education of science and mathematics teachers. Scientific Modeling. Mathematical Modeling. Evolutionary Epistemology by Stephen Toulmin. Theory of Conceptual Fields.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – V de Gowin para a pesquisa	24
Figura 2 – Ilustração sobre a síntese realizada por Toulmin	44
Figura 3 – Mapa conceitual sobre a TCC	63
Figura 4 – Processo de modelagem.....	94
Figura 5 – Relação entre modelos matemáticos e científicos	102
Figura 6 – Mapa conceitual da pesquisa.....	106
Figura 7 – O que deverão “saber” e “saber fazer” os professores de ciências e matemática.....	117
Figura 8 – Unidades de significado construídas.....	141
Figura 9 – Categorias iniciais e finais.....	142
Figura 10 – Menção à modelagem matemática nas ciências por P_3	143
Figura 11 – Menção à modelagem matemática nas ciências por P_4	144
Figura 12 – A interdisciplinaridade no mapa de P_1	145
Figura 13 – A modelagem como metodologia de ensino no mapa de P_3	146
Figura 14 – A contextualização no mapa de P_4	147
Figura 15 – A modelagem matemática como possibilidade didática no mapa de P_5	148
Figura 16 – Os conceitos de modelo e realidade no mapa de P_1	150
Figura 17 – A modelagem no mapa de P_4	150
Figura 18 – A modelagem no mapa de P_5	152
Figura 19 – Professores resolvendo uma situação proposta no encontro 3.....	171
Figura 20 – Cartazes construídos pelos professores no encontro 3	172
Figura 21 – Experimento para Lei de Hooke	208
Figura 22 – Gráfico da força em função da elongação.....	209
Figura 23 – Regressão linear do gráfico de $F(x)$	210
Figura 24 – Regressão linear do gráfico de $F(x)$ considerando a origem.....	211
Figura 25 – Gráfico da população em função do ano.....	214
Figura 26 – Material para experimento da Lei de Hooke.....	219

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Publicações em anais de eventos de Educação Matemática	29
Quadro 2 – Propostas didáticas envolvendo modelagem matemática	29
Quadro 3 – Participação de profissionais em propostas de modelagem matemática	31
Quadro 4 – Participação de profissionais e ou conceitos científicos em propostas de modelagem científica	35
Quadro 5 – Categorias construídas na ATD	142
Quadro 6 – Texto lido por cada professor no encontro 3	164
Quadro 7 – Texto lido por cada professor para o encontro 4	178
Quadro 8 – Texto lido por cada professor no encontro 5	184
Quadro 9 – Texto lido por cada professor no encontro 6	188
Quadro 10 – Texto lido por cada professor no encontro 7	193
Quadro 11 – Dados experimentais típicos na experimentação sobre a Lei de Hooke	208
Quadro 12 – População Brasileira de 1940 a 1991	213
Quadro 13 – Crescimento absoluto da população brasileira de 1940 a 1970	214
Quadro 14 – Texto lido por cada professor no encontro 13	241
Quadro 15 – Teoremas-em-ação da professora P_1	269
Quadro 16 – Teoremas-em-ação da professora P_2	273
Quadro 17 – Teoremas-em-ação da professora P_3	276
Quadro 18 – Teoremas-em-ação do professor P_4	279
Quadro 19 – Teoremas-em-ação do professor P_5	282
Quadro 20 – Teoremas-em-ação da professora P_6	285
Quadro 21 – Teoremas-em-ação por encontro	288

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	APRESENTAÇÃO DO AUTOR	14
1.2	O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS E DE MATEMÁTICA	16
1.2.1	O ensino e a aprendizagem de ciências	17
1.2.2	O ensino e a aprendizagem de matemática	19
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS	22
1.4	POR QUE CONSTRUIR E AVALIAR SOB O PONTO DE VISTA DA PESQUISA UMA DISCIPLINA SOBRE MODELAGEM EM NÍVEL DE PÓS- GRADUAÇÃO STRICTO SENSU?	25
1.5	COMO É TRATADA A RELAÇÃO ENTRE AS MODELAGENS CIENTÍFICA E MATEMÁTICA EM TRABALHOS PUBLICADOS?	28
1.6	ESTRUTURA DA TESE	37
2	REFERENCIAIS EPISTEMOLÓGICO E TEÓRICOS	39
2.1	A EPISTEMOLOGIA DE STEPHEN TOULMIN	39
2.1.1	Implicações da Epistemologia para o ensino de ciências	47
2.2	A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS	49
2.2.1	Campos conceituais	51
2.2.2	Situações	53
2.2.3	Esquemas	54
2.2.4	Conceitualização e conceitos	58
2.2.5	A TCC e o ensino e a aprendizagem	63
2.3	FORMAÇÃO DE PROFESSORES	67
2.3.1	A formação de professores na legislação brasileira e programas de formação em nível nacional	68
2.3.2	Algumas ideias presentes em referenciais teóricos sobre formação de professores	76
2.3.3	Formação de professores de ciências	80
2.3.4	Formação de professores de matemática	84
3	MODELAGEM	87
3.1	MODELAGEM CIENTÍFICA	87
3.2	MODELAGEM MATEMÁTICA	91
3.3	O PAPEL DA MODELAGEM MATEMÁTICA NA MODELAGEM CIENTÍFICA	100
4	PERCURSOS METODOLÓGICOS	107
4.1	PESQUISA QUALITATIVA	107
4.2	ESTUDO DE CAMPO DO TIPO ESTUDO DE CASO	109
4.3	CARÁTER EXPLORATÓRIO E DESCRITIVO DO ESTUDO	111
4.4	ANÁLISE DOS REGISTROS PELA ATD	112
5	DESCRIÇÃO DAS AULAS E RESULTADOS	135
5.1	ENCONTRO 1	139
5.1.1	Planejamento – Encontro 1	139

5.1.2 Relatório – Encontro 1	139
5.2 ENCONTRO 2.....	153
5.2.1 Planejamento – Encontro 2	153
5.2.2 Relatório – Encontro 2	154
5.3 ENCONTRO 3.....	164
5.3.1 Planejamento – Encontro 3	164
5.3.2 Relatório – Encontro 3	167
5.4 ENCONTROS 4 AO 7	174
5.4.1 Planejamento – Encontros 4 ao 7	174
5.4.2 Relatório – Encontros 4 ao 7	177
5.5 ENCONTROS 8 E 9	201
5.5.1 Planejamento – Encontros 8 e 9	201
5.5.2 Relatório – Encontros 8 e 9	202
5.6 ENCONTROS 10 E 12.....	206
5.6.1 Planejamento – Encontros 10 e 12	206
5.6.2 Relatório – Encontros 10 e 12	217
5.7 ENCONTRO 13.....	238
5.7.1 Planejamento – Encontro 13	238
5.7.2 Relatório – Encontro 13	241
5.8 ENCONTROS 11 E 14.....	246
5.8.1 Planejamento – Encontros 11 e 14	246
5.8.2 Relatório – Encontros 11 e 14	248
6 ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	268
6.1 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_1	269
6.2 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_2	273
6.3 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_3	276
6.4 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DO PROFESSOR P_4	279
6.5 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DO PROFESSOR P_5	282
6.6 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_6	285
6.7 EVOLUÇÃO DA DISCIPLINA.....	288
6.8 AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PELOS PROFESSORES	293
6.9 RESPONDENDO O PROBLEMA DE PESQUISA	296
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	303
REFERÊNCIAS.....	309
ANEXO A – EMENTA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	321
ANEXO B – MAPA CONCEITUAL INICIAL DA PROFESSORA P_1.....	322
ANEXO C – MAPA CONCEITUAL INICIAL DA PROFESSORA P_3.....	323
ANEXO D – MAPA CONCEITUAL INICIAL DO PROFESSOR P_4.....	324
ANEXO E – MAPA CONCEITUAL INICIAL DO PROFESSOR P_5.....	325
ANEXO F – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P_1 E P_4	326
ANEXO G – MAPA CONCEITUAL SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P_1 E P_4.....	327

ANEXO H – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P₅ E P₆	328
ANEXO I – MAPA CONCEITUAL SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P₅ E P₆	329
ANEXO J – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE HOOKE DAS PROFESSORAS P₂ E P₃	330
ANEXO K – MAPA CONCEITUAL SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P₂ E P₃	331
ANEXO L – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE MALTHUS DOS PROFESSORES P₁ E P₄	332
ANEXO M – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE MALTHUS DOS PROFESSORES P₅ E P₆	333
ANEXO N – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE MALTHUS DAS PROFESSORAS P₂ E P₃	334
ANEXO O – MAPA FINAL DA PROFESSORA P₁	335
ANEXO P – MAPA FINAL DA PROFESSORA P₂	336
ANEXO Q – MAPA FINAL DA PROFESSORA P₃	337
ANEXO R – MAPA FINAL DO PROFESSOR P₄	338
ANEXO S – MAPA FINAL DO PROFESSOR P₅	339
ANEXO T – MAPA FINAL DA PROFESSORA P₆	340
APÊNDICE A – A MODELAGEM NA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NO BRASIL	341
APÊNDICE B – ROTEIRO PARA A ENTREVISTA	345
APÊNDICE C – RESUMO DO PLANEJAMENTO DAS AULAS	346
APÊNDICE D – RESUMO DO RELATÓRIO DAS AULAS	351
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO INICIAL	355
APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ..	358
APÊNDICE G – FRASES UTILIZADAS NO JOGO SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE	362
APÊNDICE H – TRABALHO FINAL DA DISCIPLINA	366
APÊNDICE I – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE HOOKE	367
APÊNDICE J – QUESTIONÁRIO FINAL	368

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO AUTOR

Desde os primeiros anos de minha escolarização quando estudava em uma escola multisseriada denominada Escola Municipal de Ensino Fundamental Natal, no interior de Agudo (RS) – 1996 a 1999 – sempre tive grande afeição pela ideia de um dia ser professor. Quando cursava as séries finais do Ensino Fundamental em uma escola da região urbana da mesma cidade denominada de Escola Municipal de Ensino Fundamental Santos Reis (2000 a 2003), esse sentimento aumentou, pois por meio de trabalhos em grupos propostos como “tema de casa”, principalmente na disciplina Ciências, desempenhava a função de “auxiliar” alguns colegas.

Durante o Ensino Médio (EM), realizado na Escola Estadual de Educação Básica Professor Willy Roos, localizada também na zona urbana da mesma cidade – 2004 a 2006, esse sentimento foi se confirmando. Porém, restava escolher a área do conhecimento da licenciatura que viria a realizar. No terceiro ano, defini que seria a Matemática¹, afinal era a disciplina que mais me instigava. Felizmente, ao final dessa etapa obtive a aprovação para ingresso no curso que pretendia: Licenciatura em Matemática na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

O início das aulas da graduação ocorreu no segundo semestre letivo de 2007. Entretanto, encontrei algumas dificuldades iniciais entre elas: a organização didática (aulas, metodologias, avaliações) das disciplinas do curso possuíam diferenças daquela matemática praticada nos tempos de EM. Além disso, esta era minha primeira experiência longe de meu círculo familiar, estava agora residindo em outra cidade. Aos poucos estas dificuldades foram sendo dirimidas, principalmente a partir da minha aprovação como bolsista no Programa de Educação Tutorial (PET Matemática da UFSM). O programa possibilitou-me participar de projetos de ensino, pesquisa e extensão voltados à área da Educação Matemática, pois havia professores colaboradores do programa que se interessavam pela área e desenvolviam diversos estudos. Inclusive, alguns desses projetos eram voltados à

¹ Quando se referir a cursos (licenciatura, bacharelado, etc.), ou a área do conhecimento, utilizar-se-á a palavra Matemática assim grafada, com sua inicial em maiúscula. De forma semelhante, adotar-se-á o mesmo critério para outros cursos como a Física, Ciências, etc.

formação continuada de professores. Fui bolsista do programa até o fim do curso (colação de grau em dezembro de 2011).

Cinco meses após concluir a graduação, fui nomeado professor temporário do Departamento de Matemática da UFSM, cargo no qual permaneci por quase um ano e meio. Foi minha primeira experiência como professor, tendo sido uma época de experiências e vivências muito valiosas, que reafirmaram em mim o desejo de exercer a docência.

Em 2013 iniciei os cursos de especialização e mestrado, ambos ofertados pela UFSM: Especialização em Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Educação (conclusão em 2014), Mestrado em Educação Matemática (conclusão em 2015). Por meio desses cursos confirmei a minha preferência em pesquisar na área da Educação. Em ambos os cursos, meus trabalhos de conclusão (artigo na especialização e dissertação no mestrado) – Halberstadt (2016) e Halberstadt (2015), respectivamente – versaram sobre experiências em sala de aula, nas quais busquei analisar as potencialidades para o ensino e a aprendizagem da matemática de sequências de atividades cuja resolução incluía o uso do computador. O primeiro trabalho foi guiado à luz dos princípios teóricos da Investigação Matemática do educador João Pedro da Ponte e o segundo guiado pela Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval.

Durante o ano de 2014, exerci o cargo de professor de matemática no Colégio Estadual Manoel Ribas, localizado em Santa Maria (RS).

Dessa forma, a partir desse breve relato busquei descrever até aqui o surgimento e consolidação de meu interesse pela docência e, também, pela pesquisa na área de Educação, mais especificamente em estudar possibilidades didáticas para o ensino e a aprendizagem da matemática a luz de teorias cognitivistas.

No início do ano de 2016 fui nomeado professor efetivo da carreira da Educação Básica, Técnica e Tecnológica (EBTT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar). Enquanto professor de disciplinas da área de Matemática de cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Licenciatura em Química no campus Panambi do IFFar, sempre me questioneei sobre como minha atuação poderia contribuir para a criticidade daqueles alunos em formação inicial. Mais especificamente, em relação à aprendizagem dos conceitos matemáticos tratados nas disciplinas, e também de forma a contribuir para uma visão epistêmica

de ciência não pautada pela fragmentação do conhecimento. Essa foi a principal inquietação que me fez procurar o Programa Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGECQVS) da UFSM.

A partir de meu ingresso no PPGECQVS no início do ano de 2017, inicialmente busquei estruturar uma pesquisa voltada ao estudo de metodologias para o ensino e a aprendizagem de matemática em uma turma do curso Técnico em Agroindústria do Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (Proeja), ofertado pelo campus São Vicente do Sul do IFFar, no qual atuei de 2017 a meados de 2020². Entretanto, devido à não oferta de novas turmas do Proeja no referido campus no ano de 2018, optou-se por redefinir minha pesquisa de doutorado.

A nova escolha foi voltada à formação de professores sobre a modelagem no ensino de ciências e matemática. Na verdade, antes dessa oportunidade não havia feito pesquisas sobre estes temas, isso me motivou ainda mais, pois se apresentava para mim como um campo novo que deveria explorar.

Muitas vezes ouvi menções sobre a importância e as potencialidades da modelagem no ensino da matemática, porém esse tema não foi abordado de forma mais específica, nem mesmo como um tópico em alguma das disciplinas que cursei ao longo de minha formação. Assim, a realização do presente trabalho surge, sobretudo, de minha vontade de aprender sobre a modelagem.

Além disso, apesar de não ter citado os nomes de meus professores (com receio de esquecer algum), encontrei excelentes docentes ao longo de minha formação, alguns excepcionais, os quais possibilitaram que pudesse chegar a realizar um doutorado público, gratuito e de qualidade. Assim, buscar contribuir para a formação de professores tão bons ou ainda melhores, é também uma forma de agradecer a estes professores, bem como de acreditar no poder da Educação.

1.2 O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS E DE MATEMÁTICA

A busca em melhorar o processo de ensino e aprendizagem de ciências e matemática tem consistido um grande desafio no cenário da educação brasileira.

² Em agosto de 2020, a pedido, fui redistribuído ao Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Mais especificamente, muitas vezes as propostas metodológicas de trabalho em sala de aula são unicamente pautadas na transmissão de informação compartimentalizada.

No caso específico das ciências e da matemática não é diferente, afinal ainda muito se tem a caminhar em direção a um ensino que privilegie uma construção conceitual menos distante da realidade científica, considerando a complexidade das relações sociais e culturais que vivenciamos. Isso significa pensar a sala de aula de matemática e ciências, especialmente na Educação Básica, de modo que se evidencie os reais traços característicos do trabalho científico.

De modo a facilitar a compreensão das primeiras ideias do presente trabalho, apresentam-se algumas considerações iniciais no que tange à área de Educação em Ciências e, em seguida, da área de Educação Matemática.

1.2.1 O ensino e a aprendizagem de ciências

A educação científica deve possuir objetivo social prioritário (CACHAPUZ et al., 2005). Para estes autores o ensino de ciências deve promover uma educação científica voltada não só para a preparação de futuros cientistas, mas que também possibilite o desenvolvimento da cidadania, isto é, que cada indivíduo possa participar na tomada decisões a partir de fundamentação sócio-científica e sócio-tecnológica. Essa visão está de acordo com a crescente convicção da importância do desenvolvimento científico e tecnológico em nossa sociedade.

Ainda de acordo com Cachapuz et al. (2005), não se trata de uma superespecialização científica de todos os cidadãos. Os conhecimentos científicos específicos dos cientistas não lhes garantem uma tomada de decisão fundamentada. Nesse sentido, esses autores buscam provocar uma discussão em torno de como caminhar no ensino de ciências para uma educação científica que possa fornecer uma visão clara do que é a ciência e de como ela pode contribuir para uma formação de uma sociedade mais justa. Porém, com isto, uma problemática se torna evidente: que práticas didáticas levam a essa educação científica e que formação para os professores de ciências é necessária para o trabalho nessa perspectiva?

Uma primeira constatação a se realizar é que a visão do professor sobre o que é a ciência interfere diretamente na qualidade do ensino de ciências (FERNANDEZ et al., 2002). Em muitos casos, verifica-se uma visão ingênua de ciência, muito próxima ao senso comum: algo distante, de responsabilidade de *experts* que detêm muito conhecimento, o qual é provado e, portanto, verdade inquestionável, imutável. Essa visão tem reflexo nas atividades desenvolvidas em sala de aula como, por exemplo, conforme lembram Fernandez et al. (2002), uma visão individualista da ciência pode conduzir a pouca valorização do trabalho coletivo. Da mesma forma, uma visão apenas disciplinar da ciência, pode conduzir a um ensino compartimentalizado, em que não há interação entre as disciplinas. Nesse sentido, o que propõem os autores é trabalhar na direção de superar as visões deformadas sobre a ciência dos professores de ciências.

Dessa forma torna-se importante discutir o papel da epistemologia na formação do professor. Como lembram Cachapuz et al. (2005), o ensino atual acaba por transmitir uma imagem deformada do que é o trabalho científico, perpetuando em toda sociedade um desinteresse pela ciência. Para os mesmos autores, esse desconhecimento epistemológico a respeito da ciência é um dos principais obstáculos à renovação da educação científica. Dessa forma, acredita-se que a epistemologia da ciência deve ser objeto de estudo durante a formação do professor, mesmo que isso não implique diretamente que sua prática será transformada a partir do contato com perspectivas epistemológicas que melhor explicam as características do trabalho científico.

Outro ponto importante a se destacar é que o estudo dos conteúdos em ciências pode se tornar interessante para o aluno a partir de uma visão não fragmentada das disciplinas que compõem sua grade curricular. Um possível encaminhamento para este impasse é um ensino pautado na perspectiva da investigação. Com base nas ideias de Carvalho et al. (2005), entende-se que a investigação no ensino de ciências compreende a experimentação, interdisciplinaridade, reflexão, relatos, discussões, ponderações e explicações. Entretanto, isso exige grande esforço por parte do professor, pois, em geral, a sua formação não apresenta esse viés.

Assim, torna-se imprescindível discutir que procedimentos, metodologias e abordagens são capazes de melhor contribuir para a formação de um professor reflexivo sobre a sua prática.

Uma necessária superação no ensino de ciências se refere à exclusividade do livro didático enquanto recurso para o ensino de ciências (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011). Evidentemente, não se trata de sua simples eliminação, mas da superação de erros conceituais e metodológicos que por vezes apresentam. Além disso, conforme os mesmos autores, é essencial valorizar os demais recursos e metodologias. Não podem ser esquecidos os recursos audiovisuais e, principalmente, os relacionados às TIC. Espaços como museus, laboratórios, planetários, parques, feiras, clubes de ciências e exposições devem fazer parte de forma sistemática e planejada do ensino e da aprendizagem.

Nessa linha de pensamento, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) lembram que um dos desafios para os educadores é aproximar a pesquisa em ensino de ciências e o ensino de ciências. Para estes autores, apesar da satisfatória disseminação entre os pares pesquisadores da área, a “apropriação, a reconstrução e o debate sistemático dos resultados de pesquisa na sala de aula e na prática docente dos professores dos três níveis são sofríveis” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 40).

Nesse sentido, conclui-se que os cursos de formação de professores de ciências necessitam abordar novas possibilidades metodológicas. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), sejam *locus* de disseminação dos resultados das pesquisas da área de ensino de ciências. Entretanto, não se trata de simples transmissão de informações, os novos conhecimentos devem ser revisados criticamente e sistematicamente.

1.2.2 O ensino e a aprendizagem de matemática

De forma semelhante às ciências, o ensino e a aprendizagem de matemática tem constituído grande preocupação para pesquisadores, professores, alunos e à sociedade como um todo. Não são poucas as vezes em que se ouve expressões do tipo “a Matemática é a disciplina mais difícil”, “para que eu vou usar isso (matemática) na minha vida?”, “o que eu menos gosto é de matemática”.

Para D’Ambrosio (1996), decorre uma dificuldade em motivar os alunos para o estudo da matemática ao se considerar que esta é uma ciência esculpida há milhares de anos. Nesse sentido, esse autor afirma que, do ponto de vista da

motivação contextualizada, a matemática ensinada nas escolas é morta, isto é, poderia ser tratada como um fato histórico.

Nesse sentido, D'Ambrosio (1996, p. 31) refere que interessa ao estudante, criança ou jovem, "aquilo que tem apelo as suas percepções materiais e intelectuais mais imediatas". Todavia, cabe esclarecer que quando refere às coisas "mais imediatas", esse autor não trata apenas daquilo que possa ser utilitário ao aprendiz. A Educação Matemática não se esgota em selecionar os conceitos matemáticos que possuem caráter aplicado ao cotidiano do aluno. É necessário considerar também a matemática como um desafio intelectual. Na verdade, trata-se de equilíbrio entre estas duas dimensões.

Outro ponto importante relativo ao ensino e à aprendizagem da matemática é apontado por D'Amore (2005): o entrar em contato com os objetos matemáticos é, sobretudo, uma experiência pessoal. Todavia, a relação entre pessoa e objeto é dirigida por um processo de institucionalização do conhecimento que tem por objetivo o conhecimento institucionalizado daquele objeto. Esta constatação acarreta desafios aos educadores matemáticos, em especial a reflexão sobre conduzir o processo de institucionalização do conhecimento por parte dos alunos se cada um destes terá uma interpretação dos objetos matemáticos abordados. Como possibilitar a evolução dos modelos matemáticos construídos pelos alunos para modelos cientificamente aceitos?

Tanto para D'Amore (2005) como D'Ambrósio (1996), respostas para essa questão perpassam a atuação dos professores de matemática. Para tanto, é necessário considerar a pesquisa, afinal apresenta-se como uma interface interativa entre a teoria e a prática (D'AMBRÓSIO, 1996).

Sendo a pesquisa o elo entre a teoria e prática, parte-se para a prática e portanto se fará pesquisa, fundamentando-se em uma teoria que, naturalmente, inclui princípios metodológicos que contempla uma prática. Mas um princípio básico das teorias de conhecimento nos diz que as teorias são resultado das práticas. Portanto, a prática resultante da pesquisa modificará ou aprimorará a teoria de partida. E assim modificada ou aprimorada essa teoria criará necessidade e dará condições de mais pesquisa, com maiores detalhes e profundidade, o que influenciará a teoria e a prática. Nenhuma teoria é final, assim como nenhuma prática é definitiva, e não há teoria e prática desvinculadas. (D'AMBROSIO, 1996, p. 81).

Dessa forma, o papel do professor no ensino e a aprendizagem da matemática é essencial, mesmo quando se consideram as diferentes possibilidades

e recursos metodológicos disponíveis atualmente, tais como as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e a Educação à Distância.

Uma das preocupações para o professor de matemática é a coerência na escolha de método e estratégias para o ensino e a aprendizagem (PAIS, 2013). Segundo o mesmo autor, a escolha por um método para orientar a prática pedagógica implica definir princípios que atendam as finalidades da educação e da própria disciplina escolar. No que se refere às estratégias, devem ser evitados dois extremos, a saber: admitir uma estratégia genérica como aplicável a todas às situações, e utilizar uma única estratégia, repetindo-a continuamente.

Entende-se, portanto, que cabe ao professor de matemática preocupado com o ensino e a aprendizagem, refletir sobre as suas práticas. Algumas questões que podem orientar essa reflexão são: qual a sua concepção de ensino e aprendizagem de matemática? Quais recursos didáticos planeja e disponibiliza em suas aulas? De que forma suas aulas contribuem para a construção dos conhecimentos científicos por parte de seus alunos?

Uma premissa que deve permear essas reflexões, apresentada por Pais (2013), refere-se à importância de “fazer matemática” na escola.

Para fazer isso, é preciso buscar dinâmicas apropriadas para intensificar as possibilidades de interação do aluno com o conhecimento. A ênfase dessa ideia é dada à valorização das ações do aluno, porque envolve conceitos, proposições, problemas e afasta a concepção e que o saber matemático está pré-elaborado e pode ser transmitido para o aluno. (PAIS, 2013, p. 28).

Isto quer dizer que a pesquisa necessita ter atenção no que se refere às possibilidades metodológicas para o ensino e a aprendizagem de matemática. Esse esforço se dá pela necessidade de superar o ensino tradicional, aquele marcado exclusivamente pela transmissão de conhecimento, no qual o aluno é reprodutor mecânico de técnicas e resultados matemáticos. Salienta-se que muitos esforços já têm sido realizados na área de Educação Matemática, entre os quais se destacam: a modelagem matemática, o uso de TIC em sala de aula de matemática, sequências didáticas, jogos matemáticos, resolução de problemas, investigação matemática, aulas invertidas e etnomatemática.

Outro aspecto a ser considerado no ensino e a aprendizagem da matemática se refere ao papel do aluno. Defende-se a ideia de que seja ativo na construção de seu próprio conhecimento, isto é, que seja levado a refletir criticamente sobre os

conceitos matemáticos. Conforme Ponte, Brocardo e Oliveira (2006), para aprender matemática ou em qualquer outra disciplina, o aluno necessita mobilizar empenho cognitivo e afetivo.

Acredita-se que a valorização da criatividade do aluno pode contribuir para um maior empenho na busca da aprendizagem matemática. Para Pais (2013), ser criativo significa procurar soluções diferentes daquelas presentes nos manuais.

A interpretação do desafio de minimizar as práticas da repetição e expandir a criatividade passa pelas conexões conflituosas entre a unidade e a multiplicidade. Se, por um lado, a repetição fundamenta-se na unicidade de um modelo, por outro, a criatividade exige a busca de caminhos múltiplos para se obter uma solução inovadora. (PAIS, 2013, p. 36).

Nessa perspectiva, citam-se algumas características que se acreditam ser necessárias ao ensino e à aprendizagem da matemática: envolvimento ativo do aluno, valorização do erro (análise, discussão e reflexão) na construção do conhecimento, valorização das diferentes formas de resolução de uma situação-problema e dos modelos explicativos dos alunos.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS

Uma problemática sobre a qual se tem refletido recentemente é a visão epistêmica de ciência, mais especificamente sobre modelos científicos. Que concepções possuem os professores em formação, bem como os formadores de professores sobre modelo científico? Além disso, de que formas é possível contribuir por meio da formação continuada de professores para a compreensão de um ensino pautado pela modelagem científica e modelagem matemática? Qual é o papel da matemática no ensino de ciências? Esse papel se modifica em diferentes contextos de ensino?

É a partir destas experiências, vivências, estudos e reflexões que o presente projeto propõe investigar a seguinte questão foco:

Como evoluem os conceitos sobre as modelagens científica e matemática e suas relações conceituais, identificados em professores dessas áreas de ensino em formação continuada caracterizada pelo confronto desses sujeitos com situações relacionadas com modelagem, num ambiente de

reflexão, discussão e realizações de tarefas, propostas em uma disciplina em nível de Pós-Graduação?

A seguir listam-se os objetivos do presente trabalho:

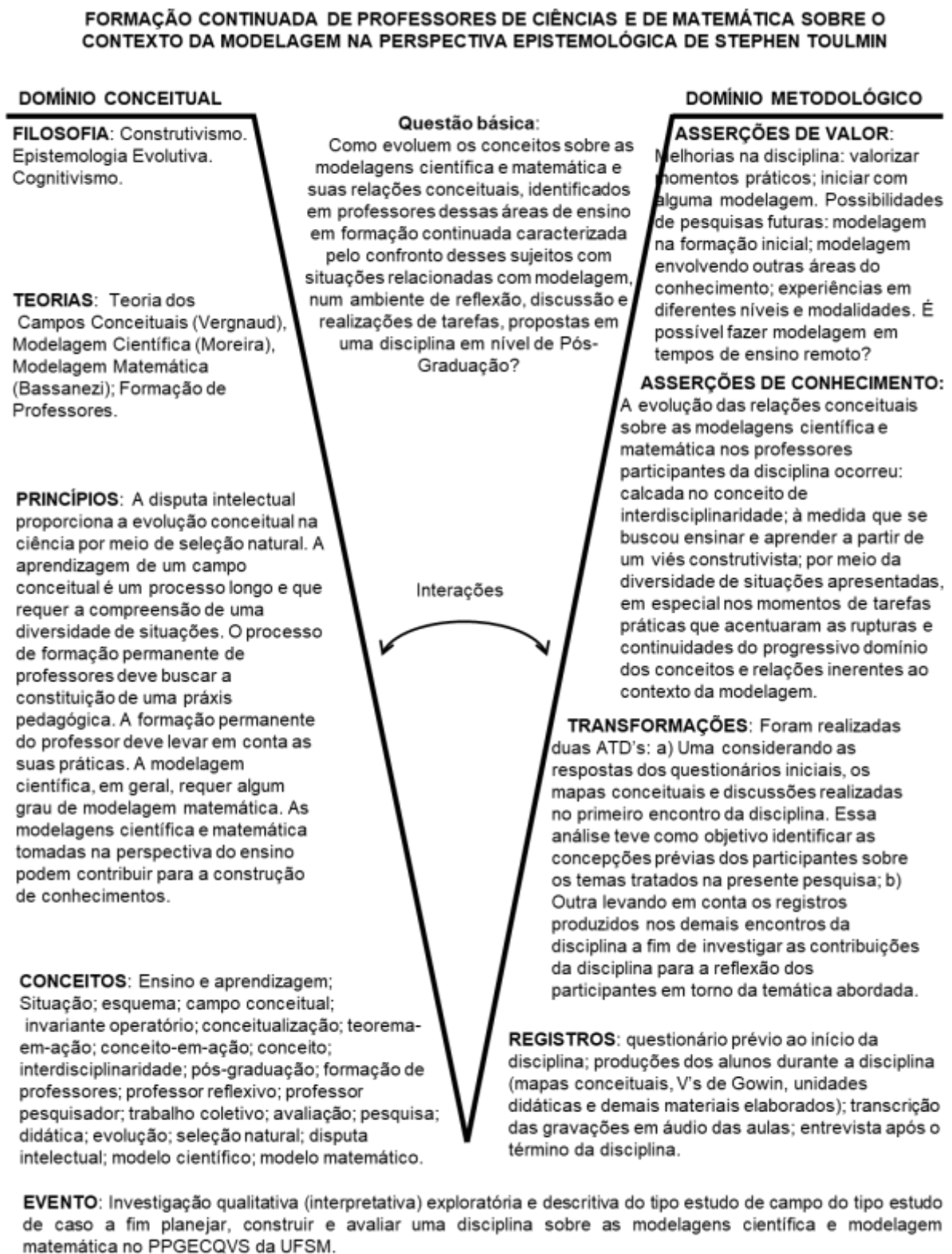
Objetivo Geral: Compreender possíveis relações conceituais entre as áreas da Ciência e da Matemática, externadas por professores em formação continuada, bem como investigar o processo de evolução destas relações no contexto da modelagem, num ambiente propício à discussão, reflexão e realização de atividades, propostas numa disciplina em nível de Pós-Graduação.

Objetivos Específicos:

- Construir categorias emergentes sobre as relações conceituais entre as áreas da Ciência e da Matemática, externadas por professores em formação continuada.
- Investigar as concepções dos alunos do PPGECQVS sobre a modelagem científica e modelagem matemática no ensino e aprendizagem de ciências no âmbito de uma disciplina planejada e ministrada sobre este tema;
- Compreender a evolução das concepções dos alunos do PPGECQVS sobre as potencialidades e desafios da modelagem para o ensino e aprendizagem de ciências e matemática;
- Investigar as contribuições dessa disciplina para a evolução de conceitos inerentes à relação entre modelagens científica e matemática por parte dos alunos participantes.

A figura seguir apresenta um V de Gowin elaborado sobre a presente pesquisa. Trata-se de um instrumento heurístico proposto inicialmente por Gowin (1981). O objetivo principal dessa ferramenta consiste em possibilitar verificar as interações entre as dimensões teórica e metodológica.

Figura 1 – V de Gowin para a pesquisa



Fonte: O autor.

1.4 POR QUE CONSTRUIR E AVALIAR SOB O PONTO DE VISTA DA PESQUISA UMA DISCIPLINA SOBRE MODELAGEM EM NÍVEL DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*?

O presente trabalho tem o intuito de abordar a temática da modelagem no ensino de ciências e matemática, mais especificamente no campo da formação de professores nessas áreas. Uma primeira incursão a realizar nesse trabalho refere-se a clarificar como a modelagem vem sendo abordada na formação continuada de professores de ciências e matemática.

Cabe esclarecer que se planejou e ministrou uma disciplina sobre a modelagem nas ciências e matemática no PPGECQVS da UFSM, em nível de mestrado e doutorado. Assim, inicialmente, verificou-se a oferta de disciplinas com os mesmos propósitos em outros programas da pós-graduação brasileira. Dessa forma, buscou-se obter a lista dos cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) que potencialmente ofertariam essa disciplina por meio da Plataforma Sucupira³ mantida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Mais especificamente, investigaram-se os cursos classificados na área de Ensino (área de classificação do PPGECQVS). A partir disso, consultou-se o site de cada um dos cursos a fim de verificar as disciplinas que ofertam. A fim de organizar essa atividade, a investigação foi limitada à análise dos títulos das disciplinas, isto é, não se fez uma incursão em todas as ementas das disciplinas ofertadas em cada programa, afinal o objetivo da presente pesquisa era verificar se havia alguma disciplina voltada especificamente à modelagem.

Os cursos na área de ensino listados estão distribuídos em 110 instituições brasileiras (entre públicas e privadas). Sendo ofertados 68 cursos de mestrado acadêmico, 80 mestrados profissionais e 34 de doutorado.

Dentre estes, no apêndice A são listados as 24 instituições que abrigam 26 programas de pós-graduação cujos *sites* informam que possuem ao menos uma disciplina voltada à modelagem. Dentre esses programas, em 19 foi possível encontrar as ementas dessas disciplinas publicitadas em seus respectivos *sites*.

A partir da detecção de palavras-chave nos títulos e nas ementas de cada uma das 19 disciplinas busca-se, a seguir, realizar uma análise prévia de suas

³ Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/index.xhtml>

características. Mais especificamente destacaram-se as seguintes palavras: modelo, modelagem, matemática, física, biologia, ciência, educação (ou ensino, aprendizagem, escola) e computacional.

Uma primeira observação possível refere-se ao fato de que dentre os 19 cursos, verifica-se que 14 buscam, se não totalmente, mas em parte, promover discussões em torno do uso da modelagem para fins educacionais. Esse resultado era de certa forma esperado, haja vista que se selecionaram cursos classificados pela Capes na área de ensino.

Outro ponto a destacar é a importância atribuída à modelagem matemática nessas disciplinas. Pode-se dizer que 13 desses cursos têm por objetivo central o estudo e construção de modelos matemáticos. Além disso, é importante mencionar que destes 10 mencionam o uso da modelagem matemática como metodologia no ensino e na aprendizagem. Acredita-se que esse fato pode estar relacionado ao crescente número de estudos na área de Educação Matemática nas últimas décadas os quais defendem e identificam na modelagem uma possibilidade de melhorar esse processo.

Ainda no que concerne aos 10 cursos voltados à modelagem matemática, em 4 deles pode-se inferir que há uma perspectiva de interação com outras ciências. Um curso menciona o estudo de modelos físicos, outro menciona a possibilidade de estudo de modelos científicos e dois deles procuram voltar-se ao estudo de modelos biológicos.

Os seis cursos cujas ementas não estão direcionadas à modelagem matemática são caracterizados por: 2 cursos voltados à modelagem na Química (um com enfoque no ensino de química e outro não), 2 cursos voltados aos modelos Físicos que buscam discutir suas potencialidades na área do ensino, e dois cursos voltados ao estudo de modelos de aprendizagem (um deles com enfoque em modelos mentais).

Outra característica importante a qual se destaca corresponde à utilização de processos computacionais na realização da modelagem. São 6 os cursos que destacam em suas ementas a possibilidade de aliar a modelagem às TIC. Acredita-se que esta característica é importante à medida que o mundo no qual vivemos é marcado pela alta presença tecnológica. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica as TIC na educação vêm constituindo um campo de pesquisa que tem indicado dados significativos para a defesa de sua

utilização no processo de ensino e aprendizagem (BRASIL, 2013). Portanto, acredita-se que a modelagem pode contribuir para aproximar a atividade escolar dos alunos à atividade científica, afinal esta última também é marcada pela expressiva utilização das TIC.

Mas, afinal, quais são as conclusões que se tem sobre o panorama descrito para o presente projeto de pesquisa?

Percebe-se uma ainda tímida oferta de disciplinas sobre a modelagem nos cursos de pós-graduação brasileira na área de ensino. Há uma predominância da modelagem matemática, o que pode estar relacionado à consolidação da Educação Matemática enquanto área profissional e do conhecimento nos últimos anos.

Além disso, à exceção do curso de “Ensino em Biociências e Saúde” – FIOCRUZ pode-se afirmar que os cursos são diretamente voltados à Educação. Mais especificamente, pode-se dizer que integram duas áreas do conhecimento, a saber: Educação em Ciências e Educação Matemática. Verifica-se que estão relacionados à formação continuada de professores e, ou seja, partindo-se da premissa que a modelagem pode contribuir para o ensino e a aprendizagem de ciências e matemática é necessário, então, investigar práticas de formação dos professores nesse sentido. Na verdade, não só dos professores que atuarão na EB, mas também daqueles que serão responsáveis pela formação formal de novos professores.

Outro ponto a destacar refere-se aos poucos cursos que buscam integrar a modelagem nas ciências com a modelagem matemática. Assim, algumas indagações que surgem são: É possível pensar a modelagem científica integrada à modelagem matemática em cursos de pós-graduação? Quais são as concepções dos professores de ciências e matemática em formação sobre a modelagem? De que formas a modelagem pode contribuir para o ensino e a aprendizagem de ciências e matemática?

Acredita-se que a modelagem possa contribuir em aproximar a sala de aula de ciências e matemática do trabalho científico. Juntamente com as indagações descritas anteriormente é que surge o interesse do presente projeto em planejar, construir e avaliar sob o ponto de vista da pesquisa uma disciplina sobre modelagem no PPGEQVS da UFSM.

1.5 COMO É TRATADA A RELAÇÃO ENTRE AS MODELAGENS CIENTÍFICA E MATEMÁTICA EM TRABALHOS PUBLICADOS?

Neste item descreve-se um estudo bibliográfico realizado em torno de como a modelagem científica é tratada nos trabalhos voltados à modelagem matemática, e vice-versa. Cabe esclarecer de imediato, que os resultados dessa investigação foram publicados na forma de artigo em periódico (HALBERSTADT, SANTAROSA, GARCIA, 2020) e serão retomados a seguir.

No que se refere à área de Educação Matemática, a partir do site Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), pode-se identificar dois encontros regionais e uma conferência nacional, ambos específicos sobre a modelagem matemática, a saber: Encontro Paranaense de Modelagem Matemática – EPMEM (oito edições realizadas até o momento); Encontro Paraense de Modelagem Matemática – EPAMM (sete edições realizadas até o momento); Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática – CNMEM (onze edições realizadas até o momento). Mais especificamente, definiu-se analisar os anais do VII EPMEM⁴ e VIII EPMEM⁵, realizados nas cidades de Londrina/PR (em novembro de 2016) e Cascavel/PR (em outubro de 2018), respectivamente, o VII EPAMM⁶, realizado em Salinópolis/PA, em outubro de 2018 e o XI CNMEM⁷ ocorrido na cidade de Belo Horizonte/MG (em novembro de 2019).

Quanto à área de Educação em Ciências, não se identificou nenhum evento específico sobre modelagem científica. Dessa forma, a partir de consulta ao site da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), optou-se por analisar os trabalhos do principal evento na área: o Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências – ENPEC (doze edições realizadas até o momento). Para tanto, serão analisados os trabalhos do XI ENPEC⁸ e do XII

⁴ Os anais do VII EPMEM podem ser consultados em: https://drive.google.com/file/d/0B8BG_uHbVwUIUE1JZTF6YW5hekE/view

⁵ Os anais do VII EPMEM podem ser conferidos em: <http://sbemparana.com.br/eventos/index.php/EPMEM/VIII EPMEM/schedConf/presentations>

⁶ Os anais do VII EPAMM podem ser consultados em: <https://sites.google.com/view/viiepamm>. Os anais do VI EPAMM (realizado em novembro de 2016) apresentam apenas pôsteres e, por isso, decidiu-se não analisar os trabalhos desta edição do evento.

⁷ Os anais do XI CNMEM podem ser conferidos em: <http://eventos.sbem.com.br/index.php/cnmem/2019/schedConf/presentations>

⁸ Os anais do XI ENPEC podem ser conferidos em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/index.htm>

ENPEC⁹, realizados nas cidades de Florianópolis/SC (em julho de 2017) e Natal/RN (em junho de 2019), respectivamente.

O quadro a seguir apresenta o total de publicações encontradas nos anais dos eventos voltados à modelagem matemática.

Quadro 1 – Publicações em anais de eventos de Educação Matemática

Evento	Comunicações Científicas	Relatos de experiência	Total
VII EPMEM	31	35	66
VIII EPMEM ¹⁰	37	61	98
VII EPAMM	9	12	21
XI CNMEM	50	42	92
Total	127	150	277

Fonte: O autor

A partir da leitura dos resumos dos trabalhos identificados inicialmente nos anais desses eventos, selecionaram-se apenas os que tinham por objetivo discutir alguma proposta para a sala de aula que versasse sobre a modelagem, mesmo não tendo sido dinamizada. O quadro, a seguir, apresenta o quantitativo de propostas didáticas envolvendo modelagem matemática em cada um dos eventos.

Quadro 2 – Propostas didáticas envolvendo modelagem matemática

Evento	Comunicações Científicas	Relatos de experiência	Total
VII EPMEM	12	31	43
VIII EPMEM	16	54	70
VII EPAMM	3	6	9
XI CNMEM	18	33	51
Total	49	124	173

Fonte: O autor

⁹ Os anais do XII ENPEC podem ser verificados em: http://abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/busca_1.htm

¹⁰ O VIII EPMEM apresenta três modalidades de trabalhos, a saber: Relatos de experiência (46 trabalhos), Práticas de sala de aula (15 trabalhos) e Comunicações científicas (37). Como as categorias relato de experiência e práticas de sala de aula visaram o escrutínio de experiências realizadas em sala de aula, optou-se em unificá-las em uma só no presente quadro.

Para uma análise inicial desses artigos, buscou-se responder a algumas questões comuns. Mais especificamente, perguntas prévias cujas respostas foram elaboradas a partir da leitura completa de cada artigo. Tais perguntas funcionaram como categorias *a-priori* de análise da pesquisa. São elas:

- a) O que se pretende modelar?
- b) Quais os principais conceitos utilizados na modelagem e inerentes a campos conceituais característicos da matemática?
- c) Quais os principais conceitos utilizados na modelagem e inerentes a campos conceituais NÃO característicos da matemática?
- d) É proposto algum tipo de trabalho conjunto com outras áreas do conhecimento? Com quem?
- e) A quem é (ou foi) destinada essa proposta?

O próximo passo foi a construção de planilhas¹¹ com as respostas para essas questões elaboradas a partir da leitura de cada trabalho. A partir da análise destes instrumentos, realizam-se alguns apontamentos descritos a seguir:

- Há uma diversificação nos temas e problemas propostos nas atividades, o que evidencia a amplitude de possibilidades de trabalho com a modelagem em todos os níveis e modalidades de ensino.
- No que concerne aos conceitos matemáticos utilizados nas modelagens, pode-se verificar a presença recorrente de gráficos, equações e funções. Isso era esperado, afinal é característico da modelagem matemática buscar descrever um problema por meio de uma equação, o que pode ser feito a partir da constatação da correlação dos dados, muitas vezes, dispostos em uma tabela ou gráfico, e busca pela solução dessa equação. Embora, conforme lembram Burak e Aragão (2012), não exista modelo certo ou errado, o que os diferencia é o refinamento com que descrevem as situações estudadas. Assim, pode haver modelos que são maquetes, estruturas, desenhos, etc.
- Dos 173 trabalhos analisados, constatou-se que em 65 há uma preocupação em evidenciar conceitos inerentes a áreas distintas da matemática, cuja utilização se deu, em geral, com o intuito de contextualizar a modelagem matemática desenvolvida. No entanto, apenas em 7 trabalhos há a participação de profissionais de outras áreas, os quais encontram-se resumidos no quadro a seguir.

¹¹ Como os quadros de respostas a essas questões somam mais de trinta páginas, opta-se por não apresentá-los no presente trabalho.

Quadro 3 – Participação de profissionais em propostas de modelagem matemática

Evento	Trabalho	Profissional participante (área de formação)	Conceitos utilizados e inerentes a campos conceituais NÃO característicos da matemática?	Tipo de participação, atividades desenvolvidas pelo profissional.
VII EPMEM	(HUF, BURAK, 2016)	Profissional técnico de uma estação da Companhia de Abastecimento do Paraná.	Tratamento da água.	Os alunos realizaram uma visitação à Companhia de Abastecimento do Paraná, no qual foram atendidos por um técnico da empresa, ao qual solicitaram esclarecimentos sobre suas dúvidas.
	(PISCHING, KÖNIG, BÖCKEL, 2016)	Professores das áreas de física, química e matemática, alunos das engenharias de automação e civil, arquitetura.	Consumo, custo.	Os autores esclarecem que o planejamento da prática realizado de forma interdisciplinar com os referidos profissionais.
VIII EPMEM	(MONZON, SILVA, 2018)	Monitor da disciplina cuja modelagem relatada foi desenvolvida, o qual é licenciando em Física e primeiro autor do trabalho.	Movimento Circular Uniforme, Movimento Harmônico Simples.	Não detalhado no texto.
	(FERREIRA, PEREIRA, SOUSA, 2018)	Colaboração de alunos do curso de Licenciatura em Biologia.	Germinação.	Ou autores referem que a participação dos licenciandos em Biologia foi fundamental para o entendimento de termos específicos dessa área.
XI CNMEM	(BASTOS, ROSA, 2019)	Um professor de Educação Física.	Fichas de treino, saúde física.	Forneceu informações técnicas sobre os processos que deveriam ser considerados no momento da prescrição de treino físico.
	(CHAVES et al., 2019)	Participação de mergulhador profissional.	Fluxo laminar, viscosidade, conceitos inerentes a mergulho.	Realizou uma explicação (consultoria) inicial sobre mergulho equipado com respiração por aparelhos, abordando temas como temperatura, turbidez, viscosidade, vazão, relativos à profundidade (portanto, pressão) – no interior de correntes marítimas, que funcionam como dutos isolados da massa oceânica.
	(BONOTTO, SCHELLER, 2019)	Participação de uma engenheira florestal.	Cubagem de madeira.	Responsável por um seminário sobre aspectos referentes à biometria florestal.

Fonte: O autor

Nota-se que entre os sete trabalhos destacados, em quatro deles – (HUF, BURAK, 2016), (BASTOS, ROSA, 2019), (CHAVES et al., 2019), (BONOTTO, SCHELLER, 2019) – a participação do profissional ocorreu sob a forma de uma consultoria inicial sobre os conceitos inerentes seja à sua área de formação seja à

sua área de atuação. Apenas Pisching, König e Böckel (2016) relatam que o planejamento da atividade proposta ocorreu de forma interdisciplinar, porém não detalham a participação de cada um desses profissionais. De forma semelhante, Ferreira, Pereira e Sousa (2018) mencionam que a participação de licenciandos em biologia foi essencial para a atividade, porém não adentram a como isso ocorreu e quais as implicações para a formação destes, bem como nos resultados obtidos. Em Monzon e Silva (2018) também não se tem especificado o trabalho do monitor (aluno de Licenciatura em Física) na atividade desenvolvida.

Ainda, buscou-se realizar uma categorização da natureza dos conceitos utilizados e inerentes a campos conceituais NÃO característicos da matemática. Com isso, procurou-se identificar as áreas do conhecimento presentes nas modelagens propostas nos trabalhos além da matemática. A seguir, apresentam-se as categorias delineadas, bem como os conceitos pertencentes a cada – entre parêntesis destacam-se as frequências de cada conceito, quando maiores que um.

- Física (total de 64 conceitos): aceleração, ambiente ideal, arrefecimento, caloria (3), corrente elétrica, densidade, elasticidade (2), empuxo (2), energia (2), energia elétrica (3), fluidos, fluxo laminar, força (4), gravidade (2), impulso, iodoterapia, lei de resfriamento de Newton, maré, massa (3), meia vida (3), movimento circular uniforme, movimento harmônico simples, movimento retilíneo uniformemente variado, pêndulo, ponto de orvalho, potência, queda livre, radiação, sistema massa-mola, temperatura (5), tempo (4), tensão, vazão, velocidade (6), velocidade média, viscosidade (2).
- Biologia (total de 19 conceitos): biodiversidade, cacau, coleta seletiva, consumo da água, crescimento e desenvolvimento de plantas, cubagem de madeira, doação de órgãos, germinação, irrigação, jardim, lixo (3), reciclagem (3), recursos hídricos, sustentabilidade (2).
- Economia (total de 11 conceitos): câmbio, cesta básica, consumo, custo, exportação, importação, imposto, inflação (2), investimento financeiro, tributação de combustíveis.
- Saúde (total de 8 conceitos): alimentação saudável, caloria (2), fichas de treino, Índice de Massa Corporal – IMC, pirâmide alimentar, saúde, saúde física.
- Social (total de 4 conceitos): Funk, meios de transporte, mergulho, moda.
- Agropecuária (total de 3 conceitos): armazenamento de grãos em silos,

processamento de café, produção de grãos.

- Tecnologia (total de 2 conceitos): pixel, programação.
- Geografia (total de 2 conceitos): densidade demográfica, precipitação pluviométrica.
- História (total de 2 conceitos): elementos de história¹².
- Química (total de 1 conceito): tratamento da água.
- Outros (total de 2 conceitos): linguagem oral e escrita, cores primárias.

Cabe salientar que a categorização foi realizada de acordo com o tema abordado em cada artigo, afinal alguns conceitos ora foram agrupados em uma categoria ora em outra como, por exemplo, o conceito caloria pode ser abordado tanto no sentido nutricional (categoria saúde) bem como pode ser explorado seu conceito físico (categoria física) e poderia também na perspectiva da química.

A partir dessa categorização, é possível perceber uma predominância de conceitos da área da Física presentes nas modelagens matemáticas descritas nos artigos considerados. Acredita-se que essa aproximação se dê em virtude da natureza da área de Física, pois, conforme Pietrocola (2002), a matemática é linguagem que permite ao cientista estruturar o seu pensamento. Cabe salientar que, para esse autor, a matemática não pode ser concebida como mera ferramenta das ciências. Além disso, destaca-se a categoria relacionada à área de Biologia, cuja maioria dos conceitos refere-se ao campo da sustentabilidade. Acredita-se que este fato se dê em virtude da urgência e preocupação em discutir este tema.

Acredita-se ser possível e necessário, por meio da modelagem, ensinar e aprender conceitos inerentes a áreas distintas da Matemática, em especial os das Ciências. O que se quer dizer é que os trabalhos sobre modelagem na Educação Matemática analisados, de uma forma geral, não objetivam construir um modelo científico. Na verdade, buscam exclusivamente a construção de um modelo matemático.

Dessa forma, considerando a diversidade de categorias encontradas, acredita-se que a busca pela interdisciplinaridade em trabalhos de modelagem matemática no ensino e aprendizagem seja um desafio a ser debatido nas áreas de Educação Matemática e Educação em Ciências. Não se trata de desmerecer os

¹² O trabalho não especifica quais foram esses elementos históricos.

trabalhos publicados, pelo contrário, nestes percebe-se um empenho de seus proponentes de contextualizar os problemas abordados, inclusive no estudo de conceitos inerentes a áreas distintas de suas formações. Entretanto, com base nos resultados encontrados, verifica-se que há a necessidade de se empreender em discussões, atividades e estudos que abordem as modelagens que visam à resolução dos problemas (temas) propostos não apenas por meio de modelos matemáticos.

No que se refere às edições do ENPEC consideradas, a procura inicial pelos trabalhos foi realizada por meio da ferramenta de busca dos próprios sites os quais abrigam os anais desse evento. Nesse sentido, buscou-se por trabalhos que tivessem em seus títulos as palavras “modelo”, “modelagem”, “modelar”, “modelado” ou “modelización”. De forma análoga aos anais dos eventos da área de Educação Matemática analisados, inicialmente, foram lidos os resumos dos artigos encontrados em cada edição e selecionados os que tratavam de uma proposta com uso de modelagem para a sala de aula. Foram selecionados 20 trabalhos (13 do XI ENPEC e 7 do XII ENPEC) que versavam sobre propostas envolvendo modelagem científica. De forma análoga ao que foi feito com os trabalhos sobre modelagem matemática, as respostas (às perguntas realizadas) foram organizadas em um quadro-resumo. Cabe salientar que as perguntas (a), (d) e (e) são idênticas às realizadas para os trabalhos sobre a modelagem matemática. As perguntas (b) e (c) foram adaptadas, a saber:

b- Quais os principais conceitos utilizados na modelagem e inerentes a campos conceituais característicos das ciências?

c- É utilizada modelagem matemática? São utilizados conceitos matemáticos na modelagem científica?

Com isso, a seguir, realizam-se algumas constatações a respeito destes trabalhos:

- Dois temas destacam-se no que se refere às propostas de modelagem: modelos celulares (5 trabalhos) e modelos sobre elementos químicos e – ou - modelos atômicos (5 trabalhos). Estes modelos, costumeiramente, fazem parte do ensino de Biologia e Química, respectivamente, na Educação Básica. Entretanto, entende-se que essa concentração é um indício da necessidade da ampliação em torno da discussão, investigação e proposição de práticas envolvendo diferentes propostas de modelagem científica.

- Apenas dois artigos mencionam um trabalho conjunto com outros profissionais, Oliveira e Bonatto (2017) relatam a participação e auxílio técnico de um especialista (virologista) e Vicentini et al. (2017) descrevem ter contado com professores das áreas de Biologia, Física, Química e Matemática. Entretanto, não é explicitado neste último trabalho se foram abordados conceitos matemáticos no processo de modelagem ou qual foi a participação do professor da área de Matemática. O quadro a seguir apresenta os trabalhos que abordaram conceitos matemáticos e – ou – contaram com a participação de profissionais especialistas no tema abordado nas propostas desenvolvidas.

Quadro 4 – Participação de profissionais e ou conceitos científicos em propostas de modelagem científica

Evento	Trabalho	Profissional participante (área de formação)	Conceitos utilizados e inerentes a campos conceituais NÃO característicos das ciências?	Tipo de participação, atividades desenvolvidas pelo profissional.
XI ENPEC	(VICENTINI et al., 2017)	Professores de biologia, física, química e matemática.	Não informado.	Consultor em uma capacitação inicial da equipe que compôs o projeto discutido no trabalho.
	(OLIVEIRA, BONATTO, 2017)	Auxílio técnico de um virologista.	Unidades de medida de comprimento.	Não informado.
	(PEIXOTO et al., 2017)	–	Proporção.	–
XII ENPEC	(SOUZA, SALLES, GAUCHE, 2019)	–	Grafo.	–

Fonte: O autor.

Nesse sentido, pode-se concluir, de forma equivalente ao já observado nos trabalhos sobre modelagem matemática, que, em geral, as modelagens descritas nos trabalhos publicados nas duas edições do ENPEC analisadas tratam prioritariamente conceitos científicos. Torna-se importante discutir possibilidades de interação entre as áreas científicas e a Matemática, isto é, acredita-se ser imprescindível buscar compreender a relação existente entre essas duas

modelagens. Para, então, avançar em propostas de ensino para a sala de aula que abordem o trabalho científico de forma não isolada da matemática, bem como propostas para o ensino de matemática que evidenciem a sua presença nas Ciências, isto é, propostas que evidenciem a matemática como estruturante do conhecimento científico (PIETROCOLA, 2002; BARBOSA, 2009).

A partir das constatações sobre os trabalhos publicados no VII EPMEM, VIII EPMEM, VII EPAMM, XI CNMEM, XI ENPEC E XII ENPEC, conclui-se que há um campo a ser estudado com mais ênfase: a modelagem matemática nas ciências. Pode-se dizer que a principal crítica que se faz a partir dessa análise reside em dois aspectos cuja motivação e consequências estão imbricadas, a saber: os trabalhos são, em sua grande maioria, iniciativas individuais de professores de uma mesma área (no caso da modelagem matemática professores de matemática e no caso da modelagem científica professores de ciências); com isso, um segundo ponto a destacar refere-se a não interação entre conceitos dessas duas áreas no processo de modelagem. Como dito anteriormente, mesmo nos trabalhos na área de modelagem matemática que mencionam alguns conceitos científicos, isso é feito com o intuito de contextualizar o trabalho desenvolvido, não havendo uma interação entre esses conceitos. Acredita-se ser importante refletir, realizar estudos e desenvolver práticas com o objetivo de relacionar a modelagem matemática nas ciências, promovendo um trabalho interdisciplinar entre a matemática e as ciências.

Novamente, não se trata de menosprezar os trabalhos analisados, afinal relatam resultados positivos na busca em potencializar o ensino e a aprendizagem. De uma forma geral, os autores afirmam que os alunos envolvidos nas atividades demonstraram interesse pelas atividades, bem como construíram diferentes modelos para os problemas propostos, concluindo sempre a favor do uso da modelagem em sala de aula.

Acredita-se que o estudo realizado e descrito anteriormente evidencia ser essencial avançar sobre esta temática das relações existentes entre essas modelagens. É sobre este tema que o presente trabalho se debruça.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

A fim de esclarecer previamente a organização do presente projeto, apresenta-se a seguir uma breve descrição do conteúdo de cada capítulo que o compõe.

No primeiro capítulo – introdução – apresentam-se um roteiro sobre a formação do autor do presente projeto, algumas ideias iniciais relevantes nas áreas de Educação em Ciências e Educação Matemática que delineiam o trabalho. Além disso, são apresentados a questão foco da pesquisa, seus objetivos (principal e específicos), um panorama sobre disciplinas na pós-graduação brasileira na área de ensino que tratam sobre a modelagem para justificar a pertinência e o ineditismo da pesquisa que se propõe. Por último, esse capítulo apresenta uma breve revisão de literatura sobre trabalhos publicados contendo propostas envolvendo as modelagens matemática e científica no ensino e a estrutura do presente texto.

No segundo capítulo, são apresentados os referenciais nos quais se ancora a presente pesquisa. Inicialmente é descrita a Epistemologia de Stephen Toulmin. Posteriormente é apresentada a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Em seguida são apresentadas as principais ideias sobre a formação de professores que baseiam o trabalho a partir de trabalhos de pesquisadores como Maurice Tardif, António Nóvoa, Francisco Imbernón, Daniel Gil-Pérez, António Cachapuz, Dario Fiorentini, Ubiratan D'Ambrosio, Adair Mendes Nacarato.

No terceiro capítulo discute-se a modelagem. Inicialmente busca-se descrever a modelagem científica, evidenciando o papel dos modelos científicos na própria ciência e no ensino de ciências. Posteriormente, busca-se evidenciar a definição, possibilidades e desafios da modelagem matemática, em especial no ensino e aprendizagem de matemática. Ao fim do capítulo, busca-se evidenciar a relação entre essas duas modelagens.

O quarto capítulo é destinado à apresentação dos percursos metodológicos adotados. Inicialmente busca-se evidenciar o caráter qualitativo da pesquisa, à medida que tem por principal característica o papel interpretativo do pesquisador em relação aos dados coletados (MOREIRA, 2011). A seguir, classifica-se a pesquisa como sendo um estudo de campo, pois requer a imersão do pesquisador no ambiente pesquisado, do tipo estudo de caso (FIORENTINI; LORENZATO, 2009), afinal focaliza como comunidade de estudo os alunos de uma disciplina ofertada no

PPGECQVS. A seguir, a pesquisa é classificada quanto aos seus objetivos (GIL, 2002) como sendo exploratória e descritiva. Por fim, é definida a Análise Textual Discursiva (ATD) para a transformação dos registros. Foram realizadas duas ATD: uma primeira de caráter indutivo com objetivo de verificar as concepções iniciais dos professores; outra dedutiva com finalidade de verificar as contribuições da disciplina de acordo com as 8 características (categorias) necessárias à formação de professores elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011), a saber: conhecer a matéria a ser ensinada; questionar as ideias docentes do “senso comum”; adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências; saber analisar criticamente o “ensino tradicional”; saber preparar atividades; saber dirigir o trabalho dos alunos; saber avaliar; saber utilizar a pesquisa e a inovação.

No quinto capítulo apresenta-se a descrição da disciplina, o planejamento dos encontros, bem como o relatório após sua dinamização. Apontam-se quais das características elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) esperava-se estar contribuindo para a formação dos professores em cada encontro, se há e quais indícios de se ter contribuído para essa formação.

No sexto capítulo são retomados os teoremas-em-ação atribuídos a cada professor durante a descrição dos encontros no capítulo anterior. Busca-se identificar se ocorreu uma evolução conceitual no sentido de um progressivo domínio dos professores sujeitos de pesquisa em torno de aspectos do processo em ensino aprendizagem e das relações entre matemática e ciência ao longo da disciplina. Também são descritos os resultados da entrevista realizada após a disciplina com esses professores.

O sétimo capítulo é constituído pelas considerações finais, onde são retomados os principais aspectos e resultados da pesquisa e projetam-se ações futuras de pesquisa.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas, anexos e apêndices.

2 REFERENCIAIS EPISTEMOLÓGICO E TEÓRICOS

Para guiar a pesquisa que o presente projeto propõe, tomam-se a Epistemologia de Stephen Toulmin (1922 - 2009), a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud; a formação de professores com base, principalmente, nas ideias de António Nóvoa, Philippe Perrenoud, Francisco Imbernón, Daniel Gil-Pérez, Anna Maria Pessoa de Carvalho, Dario Fiorentini, Ubiratan D'Ambrosio; a modelagem científica a partir de estudos de Marco Antonio Moreira; a modelagem matemática com vistas aos trabalhos de Rodney Carlos Bassanezi e Maria Salett Biembengut.

Antes de tudo, apresentam-se algumas das ideias da epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin. Acredita-se ser importante definir inicialmente os marcos epistemológicos do presente trabalho, pois a visão de ciência de Toulmin influenciará a tomada de decisões ao longo do trabalho no que diz respeito às situações e encaminhamentos a serem tomados quanto à construção e análise da disciplina em questão.

2.1 A EPISTEMOLOGIA DE STEPHEN TOULMIN

Toulmin nasceu em Londres, onde cursou licenciatura em Física e Matemáticas no *King's College*. Segundo Guerrero (2007), depois de uma experiência de trabalho em laboratório na qual investigou sobre um radar para a Royal Air Force durante a Segunda Guerra Mundial, em 1946 iniciou seus estudos de Doutorado em Filosofia na Universidade de Cambridge.

Em seus anos de vida publicou vários trabalhos. Mesmo no que se refere à epistemologia da ciência, devido a sua ampla produção, não se pretende nesse trabalho abalizar todos os conteúdos que trata. Focar-se-á nos conceitos, premissas e resultados que se consideram oportunos para o desenvolvimento do presente projeto.

Para Guerrero (2007), seus trabalhos são uma discussão em torno de duas vertentes filosóficas, a saber: o positivismo do séc. XIX e a importância da linguagem. Destas vertentes, Toulmin questiona profundamente a primeira e aceita e colabora para o estabelecimento da outra.

No que concerne ao positivismo, com base em Guerrero (2007) pode-se destacar três critérios complementares. O primeiro refere-se à necessidade de existência de um critério empírico experimental para construir, formular, interpretar informações. Algo sem a exigência desse critério no positivismo não pode ser considerado científico, mas sim metafísico. Outro critério é a exigência de inferência lógico-matemática: “o que não é dedutível não é racional e, portanto, não é científico”. Por último, o positivismo assume que uma teoria deve ser construída por argumentos axiomaticamente ordenados, caso contrário é defeituosa. Assim, pode-se dizer que no positivismo busca-se por um método universal, comprovadamente correto e infalível, neutro, no qual as relações lógico-matemáticas prevalecem, sem interferência do pesquisador.

A outra vertente analisada por Toulmin – a importância da linguagem – tem como principal referencial Ludwig Wittgenstein (1889 a 1951), que fora seu professor e orientador em Cambridge. É interessante mencionar que os trabalhos desenvolvidos por Wittgenstein convergem com a síntese realizada por Toulmin, afinal são comumente caracterizados por dois períodos: um primeiro que se aproxima de uma visão positivista e um segundo momento em que discute outros conceitos não relacionados às estruturas lógico-formais. A partir da leitura de Miguens (2007), pode-se perceber que Wittgenstein em um primeiro momento dedicou-se em estabelecer relações lógicas para o pensamento e a linguagem, por vezes aproximando-se de uma visão positivista. Ao final de sua vida, há uma mudança brusca no foco de seus trabalhos, no qual se dedica a questões como a percepção e a intenção, ou seja, às questões que afrontam o modelo positivista em definir uma estrutura rígida de pensamento e desenvolvimento da ciência calcado na lógica formal.

Para Ariza e Harres (2002), a Epistemologia de Toulmin pode ser analisada a partir do debate entre absolutistas e relativistas.

O problema central do pensamento de Toulmin se refere à discussão sobre a existência ou não de critérios universais ou princípios fixos, sejam eles, metafísicos, racionais ou empíricos para avaliar a validade do conhecimento humano. Para este autor, as correntes epistemológicas têm adotado duas vias de análise para este problema: uma identificada com a lógica formal e ao empirismo, associada ao positivismo e ao pensamento popperiano; e outra identificada com uma via histórica, onde se enquadrariam as ideias de Lakatos, Kuhn e Feyerabend, entre outros. (ARIZA; HARRES, 2002, p. 72).

Toulmin (1977) denomina de absolutismo epistemológico as correntes positivista e empirista, as quais têm por pressuposto a necessidade da observação e da experiência sensível para a explicação dos processos inerentes ao conhecimento humano. Para Ariza e Harres (2002, p. 72), nesse caso “concebe-se a Ciência como um processo único, verossímil do ponto de vista lógico e cuja validade é independente de contexto e que, para avaliação das teorias, adota critérios empíricos”.

Um dos principais pensadores associado a essa vertente foi Karl Raimund Popper (1902 a 1994). Conforme lembram Ariza e Harres (2002), o pensamento popperiano apresenta o conhecimento científico como fonte única e verdadeira. Ao se defrontar com o problema de que toda observação não é pura nem neutra, mas está carregada de teoria, o pensamento popperiano propôs que se adotem hipóteses provisórias para resolver problemas mediante rigoroso processo de experimentação.

Com base em Moreira (2016), pode-se dizer que na visão popperiana fazer ciência significa inicialmente conjecturar para, então, chegar a conclusões genéricas e buscar refutá-las continuamente. Essa compreensão sobre o progresso da ciência é denominado falseacionismo, que para Chalmers (1993, p. 64) pode ser resumido da seguinte forma:

A ciência começa com problemas, problemas estes associados à explicação do comportamento de alguns aspectos do mundo ou universo. Hipóteses falsificáveis são propostas pelos cientistas como soluções para o problema. As hipóteses conjecturadas são então criticadas e testadas. Algumas serão rapidamente eliminadas. Outras podem se revelar mais bem-sucedidas. Estas devem ser submetidas a críticas e testes ainda mais rigorosos. Quando uma hipótese que passou por uma ampla gama de testes rigorosos com sucesso é eventualmente falsificada, um novo problema, auspiciosamente bem distante do problema original resolvido, emergiu. Este novo problema pede a invenção de novas hipóteses, seguindo-se a crítica e testes renovados. E, assim, o processo continua indefinidamente.

Porém, conforme Toulmin (1977), mesmo nessa perspectiva, o julgamento dos argumentos e procedimentos científicos continua sendo *a priori*, existindo condições gerais para toda ciência.

Continuando sua análise, Ariza e Harres (2002) lembram que, buscando superar estas contradições, Imre Lakatos (1922 a 1974) apresentou um modelo denominado programas de investigação.

Para ele, as teorias resistem à mudança e não cedem ao falseacionismo, mas se protegem dele. Sua visão de núcleo central, hipóteses auxiliares e enunciados observacionais permite a inclusão de uma componente histórica na mudança de teorias e põe em evidência a inadequação de uma visão falseacionista pura (ingênuo). (ARIZA; HARRES, 2002, p.73).

Contrapondo as ideias de Lakatos, Toulmin (1977) afirma que essa defesa da falseação também não supera o problema da existência de teorias prévias nos processos científicos. Ariza e Harres (2002, p. 73) justificam que “o problema não é como se defender da falseação, mas, isto sim, se este é um critério adequado para a avaliação científica”.

Apresentando uma explicação diferente para os processos científicos, em oposição ao absolutismo epistemológico, um dos principais filósofos que surgiu foi Thomas Samuel Kuhn (1922 a 1996). Para Kuhn (1998), as teorias são entes complexos, denominando-os de paradigmas. Estes paradigmas são temporários, em determinados momentos históricos tem-se o que chama de ciência normal, isto é, período em que os paradigmas são aceitos sem questionamentos pelos cientistas. À medida que estes paradigmas são utilizados e interpretados pelos cientistas são encontradas muitas soluções, porém também se acumulam problemas não resolvidos. Isto faz com que estes paradigmas incorram em uma crise, a qual ocasiona o que chama de revolução, surgindo então novos paradigmas, diferentes dos anteriores. A revolução não é pautada por um processo lógico-matemático, mas sim fatores ideológicos, sociais, metafísicos, culturais, etc.

A principal crítica da Epistemologia de Toulmin às ideias de Kuhn reside no fato de que as revoluções não acontecem drasticamente, nem são raras ao longo da história da ciência.

Sendo assim, na interpretação de Toulmin, as revoluções não equivaleriam a uma dramática interrupção da consolidação contínua e normal da ciência, mas a micro-revoluções, que por sua vez poderiam ser encaradas então como unidades de variação. Ele complementa, dizendo que, assim, vemos diante de um quadro da ciência em que as teorias comumente aceitas em cada fase servem de ponto de partida para um grande número de variantes sugeridas (1970, p. 57). Resumindo, Toulmin não concorda com a distinção entre ciência normal e revolucionária. (ARIZA; HARRES, 2002, p. 74).

Além disso, outro aspecto criticado pela visão toulminiana é que as revoluções científicas aconteceriam raramente. Essa crítica é de certa forma endossada pelo próprio Thomas Kuhn, afinal modificou essa ideia paulatinamente ao longo de seus

trabalhos. Conforme Ariza e Harres (2002), pode-se dizer que, em suma, Toulmin discorda da diferenciação entre ciência normal e revolucionária.

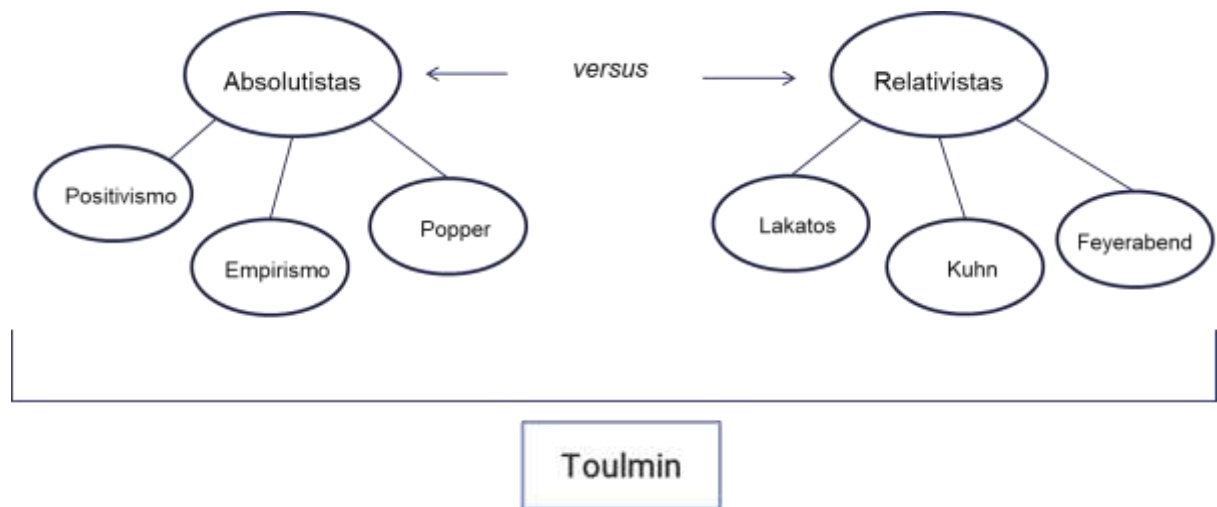
Para Ariza e Harres (2002), ainda se pode citar em um extremo oposto ao absolutismo, o relativismo epistemológico radical de Paul Karl Feyerabend (1924 a 1994).

Ao aprofundar a análise histórica da ciência, este autor propõe a impossibilidade do estabelecimento de critérios e regras universais para a avaliação da mudança científica. Ao defender que a Ciência não tem um status epistemológico superior a outras formas de conhecimento, a exclusão do não-científico não colabora com o seu avanço. Para ele, vale qualquer método, científico ou não. Não existe um método único. As crises anômalas de Kuhn são o estado habitual do desenvolvimento do conhecimento. Sua obra tem o mérito de colaborar para que não se desideologize a Ciência. (ARIZA; HARRES, 2002, p. 74).

Os mesmos autores afirmam que, mesmo sem concordar, Toulmin vê na posição de Feyerabend uma reação ao totalitarismo e autoritarismo presente nas posturas racionalistas e empiristas. Há um risco de arbitrariedade e irracionalidade nos trabalhos de Feyerabend ao assumir um viés de total liberdade na inovação conceitual.

A partir dessas breves considerações históricas, que se pode ter uma visão do porquê das proposições de Toulmin. Para Ariza e Harres (2002), a contribuição de Toulmin é algo novo, uma síntese de modelos epistemológicos anteriores, situando-se entre absolutistas e relativistas, e pode contribuir para a Educação, em especial a Educação em Ciências. A figura a seguir representa uma síntese dos modelos epistemológicos proposta por Toulmin.

Figura 2 – Ilustração sobre a síntese realizada por Toulmin



Fonte: O autor.

Para Guerrero (2007), a citação abaixo representa a tese central do pensamento da Epistemologia de Toulmin.

Tanto na ciência como na filosofia, a preocupação exclusiva com a sistematização lógica provou ser destrutiva para a compreensão histórica e para a crítica racional. Os homens demonstram sua racionalidade, não ordenando seus conceitos e crenças em estruturas formais rígidas, mas por sua disposição de responder a novas situações com um espírito aberto, reconhecendo as deficiências de seus procedimentos anteriores e superando-as. (TOULMIN, 1977, p. 12, tradução nossa).

Para Toulmin (1977) os conceitos abstratos, pautados unicamente pela racionalidade não são suficientes para explicar os processos científicos. É necessário considerar o que define de razoabilidade, isto é, as questões de contexto e temporalidade. Como dito anteriormente, sua epistemologia da ciência concentra-se em considerar as especificidades humanas no processo de evolução conceitual. Isto quer dizer que os conceitos evoluem ao longo do tempo, e não só eles, mas também os conceitos sobre os conceitos (meta-conceitos). Esta evolução à que se refere Toulmin (1977) não diz respeito apenas à perspectiva antropológica, mas também ontológica. Por esta razão, acredita-se ser interessante pensar a formação de professores de ciências na perspectiva da epistemologia de Toulmin, ou seja,

buscar compreender e colaborar na evolução de suas compreensões em relação às suas práticas, no caso presente, em especial à modelagem.

A proposta de evolução conceitual de Toulmin (1977), como o próprio nome indica, é inspirada na Teoria da Evolução de Charles Robert Darwin (1809 a 1882). Para tanto define o conceito de ecologia conceitual, pelo qual refuta a ideia de que a suposta neutralidade e imparcialidade da ciência advêm de processos lógico-formais. Pelo contrário, por meio dessa nova visão:

[...] abandona a suposição de que o conhecimento se organiza em sistemas proposicionais e estáticos e passa a reconhecer que as ideias de qualquer tipo constituem populações conceituais em desenvolvimento histórico tanto no plano coletivo como individual. O aspecto racional das atividades intelectuais não estaria associado com a coerência interna dos conceitos e crenças habituais de um indivíduo, mas com a maneira com que cada pessoa é capaz de modificar sua posição intelectual frente a experiências novas e imprevistas. (ARIZA; HARRES, 2002, p. 76).

Assim, para Toulmin, de forma análoga à continuidade de espécies, os conceitos também estão propensos ao processo de competição e à seleção dos melhores em um determinado contexto espaço-temporal. Ariza e Harres (2002) lembram que essa seleção é realizada de forma contínua, por pessoas empenhadas em realizar inovações e, para tanto, dispostas a entrar em competições intelectuais.

Algumas variantes serão eleitas para sua incorporação e outras, a maioria, serão descartadas ou ignoradas segundo satisfaçam com mais ou menos vantagem as variantes conceituais pré-existentes, a juízo dos foros de competição intelectual das exigências específicas do meio intelectual local. Estas exigências referiam-se à solução dos problemas teóricos ou práticos específicos de cada população conceitual. (ARIZA; HARRES, 2002, p. 77).

Nesse sentido, para Toulmin (1977) a evolução conceitual acontece de forma gradual, por meio de um esforço coletivo. Isto quer dizer que não acontece de forma única, tampouco apresenta uma identidade permanente conforme supunham os positivistas e nem ocorre de forma revolucionária, com bruscas mudanças e rompimentos drásticos conforme acreditam os relativistas. A evolução acontece ora de forma lenta, ora de forma mais acelerada, mas sempre de forma parcial e sempre dependente da crítica da comunidade intelectual (ARIZA; HARRES, 2002).

Quando consideramos a forma de nosso esquema conceitual atual, portanto, não devemos, novamente, levar em conta apenas fatores genéricos ou apenas fatores culturais, mas toda a sequência histórica de

maneiras pelas quais nossas habilidades intelectuais e práticas inatas encontram progressivamente e historicamente, expressões funcionais melhor adaptadas. (TOULMIN, 1977, p. 447, tradução nossa).

O que Toulmin (1977) propõe é a troca de uma visão de ciência pautada pelo juízo avaliativo e pela lógica formal, para uma perspectiva de ecologia conceitual. O termo ecologia nesse caso se refere às relações recíprocas entre o homem e seu meio social, econômico e cultural. Os conceitos não permanecem imutáveis ao longo da história humana, e de forma análoga as concepções de cada indivíduo também evoluem mediante a seleção crítica.

Ao caracterizar um conceito científico, Toulmin (1977) afirma que este apresenta três aspectos, a saber: a linguagem, as técnicas de representação e os procedimentos de aplicação da ciência.

Para o autor cada teoria possui uma linguagem, a qual não é imune às transformações conceituais ao longo do tempo. Isto é importante, pois significa romper com a visão de que a ciência é algo único, e que sua linguagem também é única e, por isso, “o significado de termos científicos, ao contrário do que o positivismo absolutista indica com sua crença em uma base empírica comum a todas as teorias, depende de cada teoria” (GUERRERO, 2007, p. 140, tradução nossa).

No que se refere às técnicas de representação, Toulmin (1977) afirma que a ciência procura estabelecer explicações do mundo. Assim, conforme Guerrero (2007) as técnicas de representação seriam então um laço entre o mundo e as leis da ciência. Assim, estes dois primeiros aspectos referem-se às características explicativas da ciência, importantes de tal modo, que a expressão de nossos pensamentos e a transmissão do conhecimento produzido às novas gerações passa por elas.

Os procedimentos de aplicação da ciência devem levar em conta o mundo, apenas assim os conceitos científicos adquirem sentido.

Dessa forma, não é possível pensar na ciência, tampouco no ensino de ciências de forma isolada do mundo, sem reconhecer os aspectos sociais, econômicos e culturais que a perpassam. Acredita-se que esta é uma condição essencial para uma formação crítica.

2.1.1 Implicações da Epistemologia para o ensino de ciências

Uma primeira implicação para o ensino de ciências é entender o que é ciência na visão epistêmica de Toulmin. A ciência para ele é um disciplina intelectual construída ao longo da história da humanidade. Dessa forma, conforme lembra Guerrero (2007) é necessário ter em mente que a ciência é constituída por conceitos característicos, pessoas que os concebem e por ambições intelectuais de grupos que se dedicam a explicá-los.

A ideia de ecologia conceitual é importante para esclarecer aquilo que se denomina de “mudança conceitual”. Na visão de Toulmin “o conhecimento cotidiano é resistente à mudança porque está protegido contra os efeitos da inovação e seleção crítica, ao mesmo tempo, que circula sem restrições já que sua função é não especializada” (ARIZA; HARRES, 2002, p. 78). Esse fato não se refere somente às concepções prévias do aluno, mas também deve ser levado em conta quando da análise das concepções dos professores. Em muitos casos prevalece no ensino de ciências o senso comum.

Nessa perspectiva, Gil-Pérez et al. (2001) afirmam que não é por possuir uma formação específica (Matemática, Física, Química, Biologia) que o professor de ciências obrigatoriamente possui uma visão adequada do que é a ciência e tampouco consegue transmitir essa visão aos seus alunos. Na verdade, os autores apresentam sete visões deformadas da ciência que comumente estes profissionais apresentam, as quais são resumidamente apresentadas a seguir:

- concepção empírico-indutivista e atórica: a observação e a experimentação possuem papel neutro na ciência. Dessa forma, a ciência é ingênua, não são levadas em conta as hipóteses dos cientistas.
- visão rígida: existe um único método científico cujas etapas necessitam ser cumpridas. A avaliação torna-se, assim, essencialmente quantitativa, ou algo está correto ou não.
- visão aproblemática e ahistórica: os conhecimentos são transmitidos omitindo-se a problematização que originou esses conhecimentos construídos ao longo da história do homem. Nesse caso, são tidos como conhecimentos prontos que necessitam ser memorizados pelos alunos, não um questionamento de como foi a evolução conceitual até se chegar aos modelos atualmente existentes.

- visão exclusivamente analítica: nessa visão o trabalho docente é exclusivamente disciplinar, esquece-se das necessárias tentativas de unificar o conhecimento. Noutras palavras, não há uma busca pela interdisciplinaridade em sala de aula e, dessa forma, torna-se muito mais difícil para o aluno identificar e compreender as características da ciência como um todo.
- visão acumulativa de crescimento linear: o conhecimento científico é fruto de um crescimento linear, não há percalços, as revoluções, contradições e crises são ignoradas.
- visão individualista e elitista: o conhecimento científico é fruto dos “insights” de gênios. Nesse caso, é ignorada a complexidade do processo de construção da ciência, em especial, o trabalho coletivo, a disputa intelectual e a necessidade de avaliação e validação da comunidade científica.
- visão socialmente neutra da ciência: não são abordadas as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Os cientistas são, portanto neutros, estão acima do bem e do mal, suas hipóteses não interferem de nenhuma forma na construção do conhecimento científico, mantêm-se neutros em suas pesquisas.

Entretanto, como afirmam Gil-Pérez et al., (2001, p.34), cabe esclarecer que estas sete visões deformadas não constituem “sete pecados capitais” diferentes e autônomos.

[...] antes, pelo contrário, é lógico supor que se existe uma série de visões deformadas acerca da ciência, essas visões não constituem concepções absolutamente autônomas, mas, como se demonstrou em relação aos preconceitos dos estudantes num determinado domínio (Driver e Oldham, 1986)¹³, formarão um esquema conceptual relativamente integrado. Parece razoável, por exemplo, que uma visão individualista e elitista da ciência apoie implicitamente a ideia empirista de “descoberta” e contribua, além do mais, para uma leitura descontextualizada e socialmente neutra da atividade científica (realizada por “gênios” solitários). Do mesmo modo, para citar outro exemplo, uma *visão rígida*, algorítmica e exata da ciência pode reforçar uma interpretação acumulativa e linear do desenvolvimento científico, ignorando as crises, as controvérsias e as revoluções científicas.

É nesse contexto que se acredita ser fundamental buscar que o professor de ciências reflita sobre a epistemologia da ciência. Dificilmente, suas concepções evoluirão se não lhe forem fornecidos momentos e espaços nos quais possa discutir

¹³ DRIVER R, OLDHAM V. A constructivist approach to curriculum development in science *Studies in Science Education*, v. 13, p.105-122. 1986.

com seus pares a natureza do conhecimento científico. Na verdade, o que se espera é que esse trabalho tenha como objetivo construir metodologias e possibilidades didático-pedagógicas a partir das quais os alunos possam visualizar e compreender as características do trabalho científico. Adiante, procurar-se-á mostrar que a modelagem consiste em uma dessas possibilidades e, dessa forma, o presente trabalho debruçar-se-á na formação continuada de professores sobre este tema.

Além disso, as mudanças conceituais podem ser muito complexas, uma vez que os descobrimentos empíricos concernem a fatos relacionados com a aplicabilidade dos procedimentos explicativos e não a fatos enunciáveis em termos dos conceitos científicos aludidos. Às vezes, as mudanças supõem a explicação mais exata de certos fenômenos e outras a primeira explicação de fenômenos novos. Em qualquer caso, exigem normalmente modificações em três níveis: terminológico, representacional e nos critérios empíricos de aplicação. (ARIZA; HARRES, 2002, p. 78).

Dessa forma, conforme Ariza e Harres (2002) as ideias de Toulmin podem contribuir para a superação das frequentes dificuldades encontradas em estudos no que concerne às mudanças conceituais. Esses estudos partem do pressuposto de que as referidas mudanças ocorrem a partir de empreendimentos coletivos, contudo ignoraram a transposição do plano coletivo para o individual. Noutras palavras, é necessário considerar também a evolução conceitual em cada indivíduo. Essa evolução não é linear tampouco marcada por mudanças bruscas. Toulmin (1977) afirma que um termo útil para esse processo seria o de micro-revolução, afinal um indivíduo mantém os principais elementos de suas concepções prévias (anteriores) à medida que gradualmente incorporam novos elementos de outras concepções.

Pretendendo-se entender como ocorre a evolução conceitual no indivíduo do ponto de vista de sua aprendizagem, busca-se apoiar o presente projeto nas ideias cognitivistas da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud.

2.2 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud tem tido grande influência nas pesquisas no campo da Educação em Ciências no Brasil, em especial nos últimos anos. Gérard Vergnaud, nascido em 1933, é filósofo e psicólogo francês, diretor emérito de estudos do Centro Nacional de Pesquisas Científicas (CNRS), em Paris. Foi orientado por Jean Piaget (1896 a 1980).

Vergnaud, diferentemente de Piaget, debruça-se sobre a complexidade do conhecimento, ou seja, pressupõe que não se pode analisar a construção do conhecimento humano por meio de uma complexidade lógica geral (MOREIRA, 2002). Otero (2014) lembra que a teoria proposta por Vergnaud, diferentemente da proposta por Piaget, possibilita a análise do desenvolvimento cognitivo em adultos e da aprendizagem de conceitos específicos de cada domínio do conhecimento.

Vergnaud parte do pressuposto que o conhecimento está organizado em campos conceituais. A compreensão de um campo conceitual é um processo longo, que envolve o domínio progressivo de situações, conceitos, teoremas, palavras e símbolos que podem representar de maneira eficiente esses conceitos e operações de acordo com os níveis cognitivos dos alunos. Isso implica conhecer a natureza do conhecimento em estudo, as dificuldades encontradas em determinado campo conceitual são diferentes das encontradas em outros campos conceituais.

Para Moreira (2002), Vergnaud reconhece a importância de vários conceitos elaborados por Piaget, entre os quais se podem destacar as ideias de adaptação, desequilíbrio, reequilíbrio e esquema. Este último é central e de suma importância na TCC. Igualmente, Vergnaud incorpora na construção da TCC ideias centrais da Teoria Sócio Histórica de Lev Vygotsky (1896 a 1934).

Isso se percebe, por exemplo, na importância atribuída à interação social, à linguagem e à simbolização no progressivo domínio de um campo conceitual pelos alunos. Para o professor, a tarefa mais difícil é a de prover oportunidades aos alunos para que desenvolvam seus esquemas na zona de desenvolvimento proximal. (MOREIRA, 2002, p. 8).

Dessa forma, entende-se que a TCC apoia-se basicamente em duas teorias: a Epistemologia Genética de Piaget e a Teoria Sócio Histórica de Vygotsky. No entanto, apesar de assumir alguns conceitos de cada uma das teorias, funda uma nova teoria, um todo coerente, o que pode ser conferido nas próprias palavras de Vergnaud (2007, p. 2, tradução nossa).

Devo acrescentar que em minha experiência como pesquisador em didática me permitiu ver as coisas de forma diferente de Piaget, que não estava interessado no conhecimento escolar, e Vygotsky, que, embora interessado, não entrou suficientemente na análise de conteúdo conceitual. A didática sim o faz, e isso nos leva muito mais longe.

Para Otero (2014) o principal avanço proposto por Vergnaud foi a substituição da ideia de interação sujeito-objeto proposta por Piaget, pela ideia de interação entre esquema-situação. Além disso, para esta autora, há de se destacar que a TCC procurou enxergar mais as convergências do que as diferenças entre as duas teorias (Epistemologia Genética e Teoria Sócio Histórica).

Apesar de Vergnaud ter-se utilizado principalmente dos campos conceituais das estruturas aditivas e das estruturas multiplicativas para exemplificar sua teoria, a TCC pode ser utilizada no estudo de campos conceituais característicos de outras áreas do conhecimento além da Matemática, tais como a Física, a Biologia, a História, a Educação Física, Educação em Ciências, Educação Matemática, etc. Mas afinal, o que é um campo conceitual?

2.2.1 Campos conceituais

Conforme lembra Moreira (2002), ao longo do desenvolvimento da TCC, Vergnaud apresentou algumas definições sobre o que é um campo conceitual. Uma primeira definição datada de 1982 é “um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição” (MOREIRA, 2002, p. 8).

Com base nessa primeira definição, Vergnaud esclarece que não se domina um campo conceitual por meio de apenas algumas situações, situações-problema, exercícios isolados ou até mesmo por meio de algumas sequências didáticas. Pelo contrário, o domínio de um campo conceitual é um processo longo, que não é alcançado em um dia, ou em uma semana, mês ou até mesmo alguns anos. Trata-se de um processo que pode demorar anos, o qual requer que ao sujeito sejam apresentadas diferentes situações. Nessa perspectiva outra definição é apresentada por Vergnaud (1990) para campo conceitual, a saber: um conjunto de situações cujo domínio requer a aprendizagem de vários conceitos de diferentes naturezas.

Com isso, poder-se-ia argumentar que qualquer investigação com viés cognitivista se torna nula, afinal, em geral, tem-se pouco tempo de contato com os sujeitos da pesquisa. A partir da leitura de Vergnaud (1983, 1990, 2007, 2017) uma possível solução para esse aparente impasse é buscar identificar os esquemas

utilizados pelos sujeitos pesquisados, com o intuito de auferir indícios do processo de conceitualização.

Ainda, Vergnaud (1983) define campo conceitual como sendo um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações distintos, mas intimamente relacionados. Isto quer dizer que há vários conceitos envolvidos nas situações que constituem um determinado campo conceitual. Por exemplo, no caso do campo conceitual das estruturas multiplicativas, segundo Vergnaud (1993), este é o conjunto de situações que requerem uma multiplicação, uma divisão ou a combinação de ambas as operações. Assim, podem-se citar, entre outros, os seguintes conceitos envolvidos no campo conceitual das estruturas multiplicativas: proporção simples e múltipla, função linear e n-linear, razão escalar direta e inversa, fração, razão, múltiplo, divisor.

Fioreze (2010) lembra que:

Vergnaud, ao propor estudar um campo conceitual ao invés de um conceito, está considerando que, em uma situação-problema dada, o conceito não aparece isolado. A complexidade do cenário educacional advém do fato de que muitos conceitos em matemática traçam seus sentidos utilizando uma variedade de situações e a cada situação temos vários conceitos a serem analisados. (p. 31).

Com base nessas considerações, Vergnaud (1983) apresenta os três motivos que o levaram a construir a TCC, os quais são listados, em suma, a seguir.

- 1- Um conceito não se forma dentro de um só tipo de situações;
- 2- Uma situação não pode ser analisada com um só conceito;
- 3- A construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação são processos demorados, que se estendem ao longo dos anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e rupturas entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes.

Dessa forma, pode-se concluir que o trabalho do professor é essencial no que tange ao processo de ensino e aprendizagem de um campo conceitual por parte dos seus alunos. Uma primeira tarefa que se coloca ao professor é o planejamento didático, mais especificamente no que se refere à proposição de situações frutíferas à aprendizagem dos alunos.

O primeiro ato de mediação no ensino é, de fato, a escolha da situação para propor aos alunos. Na zona de desenvolvimento proximal, existem continuidades e rupturas. O professor pode considerar oportuno pôr em prática a continuidade e promover o aluno para se deslocar de uma classe de situações para outra, próximas uma da outra, e de modo que a passagem de uma para outra seja feita sem dificuldade, ou seja, pode ser vista espontaneamente. No entanto, o professor também pode considerar apropriado que a ruptura entre em jogo, de forma a causar desequilíbrio entre a situação a ser tratada e as competências dos alunos, e torná-los conscientes dos limites dos seus pontos de vista atuais. (VERGNAUD, 2007, 287-288, tradução nossa).

Diante do exposto, verifica-se a importância atribuída por Vergnaud à Didática, haja vista que suas obras se debruçam sobre os conteúdos conceituais, em especial os da matemática. Isto quer dizer que, além de buscar verificar as concepções prévias dos alunos, é preciso entender as relações conceituais presentes nos diferentes campos conceituais. Portanto, a tarefa do professor é ampla e exige preparo.

É necessário ter em mente quais conceitos estão envolvidos ao se propor uma situação aos alunos, de modo que se possa antecipar possíveis rupturas e continuidades, afinal o domínio de um campo conceitual é permeado por avanços e retrocessos (VERGNAUD, 2007). Dessa forma, é essencial ter em mente qual o significado de situação na TCC.

2.2.2 Situações

Vergnaud (1983) analisa o termo situação a partir da conceituação dada por Guy Brousseau a qual considera as dimensões cognitiva, afetiva e dramática. Porém, para Vergnaud, na TCC esse termo não necessitou de toda essa significação. Assim, apesar do que se poderia concluir pelo nome, o conceito de situação na TCC não é o mesmo que situação didática, mas sim de tarefa. Vergnaud (1983) afirma que para a TCC tomou o significado psicológico usualmente utilizado para situação, a saber: os processos cognitivos e as respostas do sujeito decorrem das situações com as quais se confronta. Para tanto, o mesmo autor destaca duas características centrais sobre as situações:

- a) Variedade: são várias as situações num campo conceitual.
- b) História: as situações que os alunos enfrentaram e dominaram progressivamente foram responsáveis pelos seus conhecimentos, especialmente aquelas primeiras

com as quais se confrontaram possivelmente influenciaram ao sentido que lhes dão aos conceitos e procedimentos que se queria ensinar.

Destaca-se que ao professor cabe, portanto, planejar suas aulas considerando estas duas características. Entretanto, esta não é tarefa simples.

A combinação dessas duas ideias não facilita necessariamente o trabalho do pesquisador em didática, já que a primeira ideia o conduz à análise, à decomposição em elementos simples e à combinação dos possíveis, enquanto a segunda o conduz à pesquisa das situações funcionais, quase sempre compostas de numerosas relações, e cuja importância está fortemente ligada à frequência com que as encontramos. (VERGNAUD, 1983, p. 12).

Entende-se, assim, que a construção de conhecimentos dos alunos requer que lhe sejam propostas várias situações sobre um campo conceitual, afinal são compostas por vários conceitos que se relacionam. Além disso, é necessário considerar o histórico individual do aluno, identificar os sentidos que dá aos conceitos inerentes de cada campo conceitual.

Moreira (2002, p. 11) lembra que “toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias”. A dificuldade em solucionar uma tarefa é influenciada pela dificuldade das subtarefas envolvidas, mas não há como calcular essa dificuldade por soma nem multiplicação.

Para compreender o sentido que o sujeito atribui para cada situação, Vergnaud tratou sobre o conceito de esquema.

2.2.3 Esquemas

Vergnaud (2007) apresenta dois exemplos para o conceito de esquema. O primeiro se refere à atividade de enumerar em crianças pequenas. A organização deste esquema se apoia em dois conceitos implícitos, a saber: a correspondência biunívoca entre os objetos a enumerar, a qual é auferida pela contagem, pelo olhar, pela voz e gestos corporais (principalmente braço e mãos); cardinalidade responsável por expressar uma quantidade única. Estes conceitos, para o mesmo autor possuem certa independência entre si, tanto que em alguns casos algumas crianças não se equivocam nos gestos, mas não apresentam a cardinalidade, e

outros que apresentam cardinalidade, porém realizam alguns gestos de forma não coordenada. Outro exemplo apresentado é o caso da poda de videiras que requer especial atenção do podador, haja vista que são várias categorizações realizadas implicitamente, isto é, detalhes que contribuem para uma poda eficiente (número de nós nas ramas, curvatura da planta, etc.). O podador realiza seu trabalho de acordo com suas experiências anteriores, construídas ao longo do tempo.

Partindo das ideias de Piaget, Vergnaud (2007, p. 291, tradução nossa) apresenta quatro definições para o conceito de esquema:

- 1- Um esquema é uma totalidade dinâmica funcional.
- 2- Um esquema é uma organização invariante da atividade para uma determinada classe de situações.
- 3- Um esquema compreende necessariamente quatro categorias de componentes:
 - um objetivo (ou vários), sub-objetivos e antecipações.
 - regras de ação, de tomada de informação e controle.
 - invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação).
 - possibilidades de inferência.
- 4- Um esquema é uma função que toma seus valores de entrada em um espaço temporalizado de n dimensões, e seus valores de saída em um espaço igualmente temporalizado a n' dimensões (n e n' muito grandes).

Para Vergnaud (2007) a primeira definição deve-se às reflexões de Piaget que reconhecia a característica dinâmica de esquema, algo próximo à percepção.

A segunda definição aproxima o conceito de esquema com o de algoritmo, ou seja, uma regra que permite tratar certo tipo de problema. Porém, alerta para o fato de que os algoritmos são esquemas, mas nem todos os esquemas são algoritmos, afinal podem dirigir-se a uma pequena classe de situações.

A partir da terceira definição conclui-se que a atividade não se limita à ação, devem-se considerar a informação e o controle durante a atividade, ou seja, a tomada de informações não pode ser considerada um processo simples. Dessa forma, Vergnaud conclui que não há atividade totalmente automática desligada das propriedades de cada situação. Vergnaud (2007) admite que, no máximo, podem existir pequenos segmentos de atividade que podem ocorrer de forma automatizada, porém o sujeito preserva as condições para decidir se aquela é uma decisão acertada. Como exemplo de situações em que ocorrem ações automatizadas, Vergnaud (1983) apresenta o caso da motricidade de um atleta em realizar um determinado movimento, como um salto em altura, no qual apresenta uma organização motora o qual o permite que desenvolva relações entre o seu corpo e o

espaço, mesmo que ainda apresente determinadas variações advindas da percepção do atleta durante o salto. De forma semelhante, cita a resolução de equações algébricas do tipo $ax + b = c$ por crianças em determinada fase escolar, quando $a, b,$ e c possuem valores numéricos positivos e $b < c$. A resolução, neste caso, ocorre por meio de uma organização invariante de “hábitos” adquiridos, os quais podem ser descritos como “mantém-se a igualdade subtraindo b dos dois lados” e “mantém-se a igualdade dividindo seus dois lados por a ”.

Em comum, os dois exemplos apresentam processos que o indivíduo automatizou progressivamente, porém não o impede de analisar em que situações esse esquema é ou não apropriado. Tanto que, Vergnaud (1983, p. 3) afirma que “todos os nossos comportamentos abrangem uma parte de automatismo e outra de decisão consciente”.

Além disso, conforme Vergnaud (2007, 2017) uma parte importante do conhecimento e que deve ser considerada são as competências. Conforme lembra Otero (2014), as competências são um tipo de esquemas, as quais são evocadas em situações específicas, de maneira quase automática e eficiente. Pode-se citar, como exemplo, o caso da resolução de determinados tipos de situações sobre o campo conceitual da proporcionalidade nas quais estão envolvidas duas grandezas diretamente proporcionais e é possível realizar uma regra de três simples. Aprofundando esta ideia, Vergnaud (2007, p. 291, tradução nossa) apresenta quatro definições (complementares entre si) para o conceito de competência.

- 1- A é mais competente que B se sabe realizar alguma coisa que B não sabe fazer.
- 2- A é mais competente se se comporta de uma melhor maneira.
- 3- A é mais competente se dispõe de um repertório de recursos alternativos que permitem adaptar sua conduta às diferentes situações que se podem apresentar.
- 4- A é mais competente se está menos desprovido perante uma situação nova.

Vergnaud (2017) ainda afirma que a ideia de competência é importante, principalmente no que toca à última definição. No âmbito da educação, o conceito de competência é igualmente válido, porém quando associado à ideia de resolução de problemas, deve-se ter o cuidado que esta não se esgota em si mesma, ou seja, é necessário ter em mente a função da atividade na construção do conhecimento. Noutras palavras, o desenvolvimento de competências não pode estar pautado

unicamente nos resultados, nem limitar-se ao que têm de estável, necessita possibilitar novas aprendizagens, necessitam de continuidades e rupturas.

Em relação à quarta definição de esquema - um esquema é uma função que toma seus valores de entrada em um espaço temporalizado de n dimensões, e seus valores de saída em um espaço igualmente temporalizado a n' dimensões (n e n' muito grandes), Vergnaud (2007) afirma que não dispõe de conteúdo concreto sobre esta, porém a mantém, pois permite visualizar que um esquema é uma função complexa e viabiliza futuras investigações sobre a simulação da atividade em situação.

Segundo Moreira (2002), na TCC o desenvolvimento cognitivo consiste fundamentalmente no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas. A fim de melhor entender o papel de um esquema na cognição humana, Vergnaud (1983, 2007) apresenta os conhecimentos contidos em um esquema, os quais denomina de forma global de invariantes operatórios, que são: os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

Conceitos-em-ação são categorias do pensamento consideradas como pertinentes. Teoremas-em-ação correspondem às proposições sobre o real e consideradas verdadeiras. Por exemplo, pode-se citar a situação apresentada por Moreira (2002, p. 14):

O consumo de farinha é, em média, 3,5 *kg* por semana para dez pessoas. Qual a quantidade de farinha necessária para cinquenta pessoas durante 28 dias? Resposta de um aluno: 5 vezes mais pessoas, 4 vezes mais dias, 20 vezes mais farinha; logo, $3,5 \times 20 = 70$ *kg*.

Pode-se supor que, apesar de não explicitar com palavras, um jovem que tenha solucionado este problema, tenha suposto o seguinte teorema implícito: $f(n_1 \cdot x_1, n_2 \cdot x_2) = n_1 \cdot n_2 f(x_1, x_2)$, ou seja, o número de pessoas quintuplicou e o número de dias quadruplicou, logo o consumo será igual a $5 \cdot 4$ multiplicado pelo consumo médio (3,5 *kg*). Evidentemente que a utilização desse teorema funciona, pois as razões de aumento de pessoas e de dias são facilmente identificáveis (quíntuplo e quádruplo, respectivamente).

Nesse exemplo, podem-se citar os seguintes prováveis conceitos-em-ação na resolução apresentada: fração, razão, proporção, função linear, taxa, multiplicação e divisão.

Assim, pode-se afirmar que de acordo com a TCC é primordial o desenvolvimento de esquemas que possibilitem a construção do conhecimento (no caso escolar, em especial aqueles voltados aos conhecimentos científicos). Para tanto, Vergnaud descreve o processo de conceitualização.

2.2.4 Conceitualização e conceitos

Vergnaud (2007, p. 299, tradução nossa) define a conceitualização como “a identificação dos objetos do mundo, de suas propriedades, relações e transformações; esta identificação pode ser direta ou quase-direta, ou que resulte de uma construção”. Para o mesmo autor, uma visão construtivista permite compreender não só o desenvolvimento do indivíduo, mas também da cultura, em especial a científica. Tanto que, a construção do conhecimento dos sábios requer tomadas de consciência, confrontações, diálogos e construções que necessitam ser compartilhadas por uma comunidade.

A conceitualização é o conceito-chave na cognição humana, pois “[...] deve-se dar toda atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações para as quais os estudantes desenvolvem seus esquemas, na escola ou fora dela” (MOREIRA, 2002, p. 8). Cabe dizer, portanto, que o processo de conceitualização é central naquilo que se objetiva no presente projeto de pesquisa, haja vista, que por meio de seu estudo pode-se entender as rupturas e continuidades na construção do conhecimento. O que se quer dizer com isso é que se está interessado nos aspectos conceituais dos esquemas bem como na análise conceitual das situações vivenciadas pelos estudantes na escola e fora dela (Moreira, 2002). Mas o que é um conceito?

Vergnaud (1983) define conceito como sendo uma trinca formada por três conjuntos distintos, mas independentes entre si: $Conceito = \{S, I, R\}$. Onde:

- S é o conjunto de situações que dão sentido ao conceito (referência).
- I corresponde ao conjunto de invariantes operatórios presentes nos esquemas e que são evocados pelas situações (significado).

- R é o conjunto das representações semióticas¹⁴ que permitem representar os conceitos e suas relações (significante).

Dessa forma é necessário lembrar que Toulmin (1977) apresenta uma definição diferente para conceito, porém que se acredita possuir relações com a TCC. Em suma, na visão toulminiana um conceito é formado por linguagem, representação e aplicação.

Nesse sentido, entende-se que ocorre uma equivalência das abordagens de ambas as visões no que se refere aos registros de representação. Entretanto, para Toulmin (1977), é necessário ir além, considerar a linguagem como componente de um conceito, pois para o autor a linguagem expressa uma visão de mundo das teorias científicas. Noutras palavras, pode-se dizer que é necessário considerar as visões de mundo do sujeito em ação (GUERRERO, 2007).

Compreende-se que o termo aplicação na perspectiva toulminiana propõe ampliar a ideia de situação proposta pela TCC. Afinal, para Vergnaud (2017), situação tem sentido de tarefa. Entretanto, Toulmin (1977) conclui que os conceitos só fazem sentido se tem aplicação ao mundo, ou seja, não se podem desconsiderar as relações sociais e culturais presentes nos conceitos científicos.

A reorganização conceitual da nossa compreensão científica exige que prestemos atenção aos fatos empíricos, sem dúvida; mas não apenas com a intenção de relatar fatos ou mesmo generalizá-los. Em vez disso, nosso objetivo é construir uma melhor representação, melhores nomenclaturas e melhores procedimentos explicativos para dar conta dos aspectos importantes da natureza e discernir mais precisamente em que condições e com que grau de precisão a representação resultante pode ser aplicada à explicação da natureza do mundo, tais como nós encontramos. (TOULMIN, 1977, p. 194).

Nesse sentido, a leitura que se faz é que as situações a serem propostas aos alunos devem considerar as dimensões empírica e formal. Devem ser consideradas as realidades socioculturais envoltas na ciência, bem como é necessário buscar a compreensão das relações conceituais embutidas nas suas representações.

Um fato importante na escolha da TCC para basear o olhar teórico da presente pesquisa consiste na importância dada para os invariantes operatórios.

¹⁴ Conforme Vergnaud (2007), as representações semióticas ou simbólicas de um conceito (linguagem natural, fórmulas, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) podem ser utilizadas na representação dos invariantes operatórios, inclusive permitindo ao indivíduo representar as situações e procedimentos necessários quando confrontado com diferentes situações e, dessa forma, enriquecendo a conceitualização.

Acredita-se que este seja um diferencial da TCC em relação à visão epistemológica evolutiva de Toulmin, afinal é por meio dos invariantes operatórios que se pode verificar evolução do indivíduo na compreensão conceitual. Afinal, conforme afirma Vergnaud (2007) é por meio da observação da atividade que se podem detectar os teoremas-em-ação e conceitos-em-ação, os quais eventualmente podem ser inconscientes e eventualmente conscientes.

Outro ponto importante lembrado por Otero (2014) refere-se a não confundir significantes com significados.

A definição evidencia que os conceitos estão compostos de um elemento próprio do sujeito, como os invariantes operatórios presentes nos esquemas, de um elemento objetivo de caráter epistêmico, como os tipos de situações, que por sua vez interagem dialeticamente com os esquemas, e de um elemento semiótico, que se refere aos sistemas de signos ou de representação, utilizados para enunciar os conceitos, as relações entre eles e para referir-se aos objetos. (OTERO, 2014, p. 27).

As palavras assumem muitos significados, mas o sentido que o sujeito atribui apenas corresponde parcialmente ao significado convencionado ou que o professor espera que atribua. Ainda, segundo a mesma autora a TCC complementa esta distinção, haja vista que é necessário distinguir entre significados da língua e conceitos, pois a conceitualização inicia-se desde a ação em situação e na formação de invariantes operatórios.

Uma definição pragmática poderia considerar um conceito como um conjunto de invariantes utilizáveis na ação, mas esta definição implica também um conjunto de situações que constituem o referente e um conjunto de esquemas postos em ação pelos sujeitos nessas situações. Daí, o triplete (S, R, I) onde, em termos psicológicos, S é a realidade e (I, R) a representação que pode ser considerada como dois aspectos interagentes do pensamento, o significado (I) e o significante (R). (MOREIRA, 2002, p. 10).

Dessa forma, ao se investigar a aprendizagem é necessário considerar esse triplete simultaneamente. Isso torna complexa a atividade de investigar o ensino e a aprendizagem.

Não há, em geral, correspondência biunívoca entre significantes e significados, nem entre invariantes e situações; não se pode, portanto, reduzir o significado nem aos significantes nem às situações (1990, p.

146)¹⁵. Por outro lado, como foi dito, um único conceito não se refere a um só tipo de situação e uma única situação não pode ser analisada com um só conceito. (MOREIRA, 2002, p. 10).

Entretanto, cabe esclarecer que não são os conceitos o principal meio de acesso aos campos conceituais, mas sim as situações. Os conceitos apenas adquirem sentido por meio das situações. E, assim, segundo Moreira (2002), encontra-se a necessidade de definir a construção do conhecimento por meio de campos conceituais, o que implica, como dito anteriormente, definir primeiramente um campo conceitual como um conjunto de situações, o qual requer o domínio progressivo de diferentes conceitos. Portanto, ao professor interessando no ensino e a aprendizagem, cabe antes de tudo, estabelecer as situações frutíferas ao desenvolvimento de conceitos inerentes a um campo conceitual.

Vale ressaltar que a conceitualização não é sinônimo de simbolização. Esta última, para Otero (2014) refere-se ao uso para fins comunicativos de significantes materiais ou sonoros, com ou sem gestos linguísticos. Embora a simbolização seja de grande importância para a conceitualização, pois permite compartilhar sistemas de significados e significantes, a conceitualização é um processo mais amplo. Conforme a mesma autora, para a conceitualização é indispensável a ação operatória do sujeito, bem como o uso de significantes explícitos, afinal para o sujeito um conceito adquire sentido por meio das situações. Dessa forma, Vergnaud (1983, 1993, 2007, 2014) propõe a distinção entre as formas operatória e predicativa do conhecimento.

Permita-me estabelecer, imediatamente, a distinção entre a forma operativa do conhecimento, que permite atuar em situação (e, eventualmente, ter sucesso) e a forma predicativa do conhecimento, que enuncia os objetos do pensamento, suas propriedades, suas relações e suas transformações. A ciência é feita de textos. Esta é uma dimensão essencial, mas os textos apenas dão conta em partes do conhecimento operacional, que é posto em ação em uma situação. (VERGNAUD, 2007, p. 286, tradução nossa).

Nesse sentido, Otero (2014) lembra que apesar do ensino ser indispensável à conceitualização, não pode ser reduzido a traduzir os conteúdos conceituais em palavras. Conforme Vergnaud (2017), a forma operatória é muito mais rica que a predicativa, afinal, em geral, o que o sujeito expressa não contempla tudo o que

¹⁵Vergnaud. G. (1990). *La théorie des champs conceptuels*. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, 10 (23): 133-170.

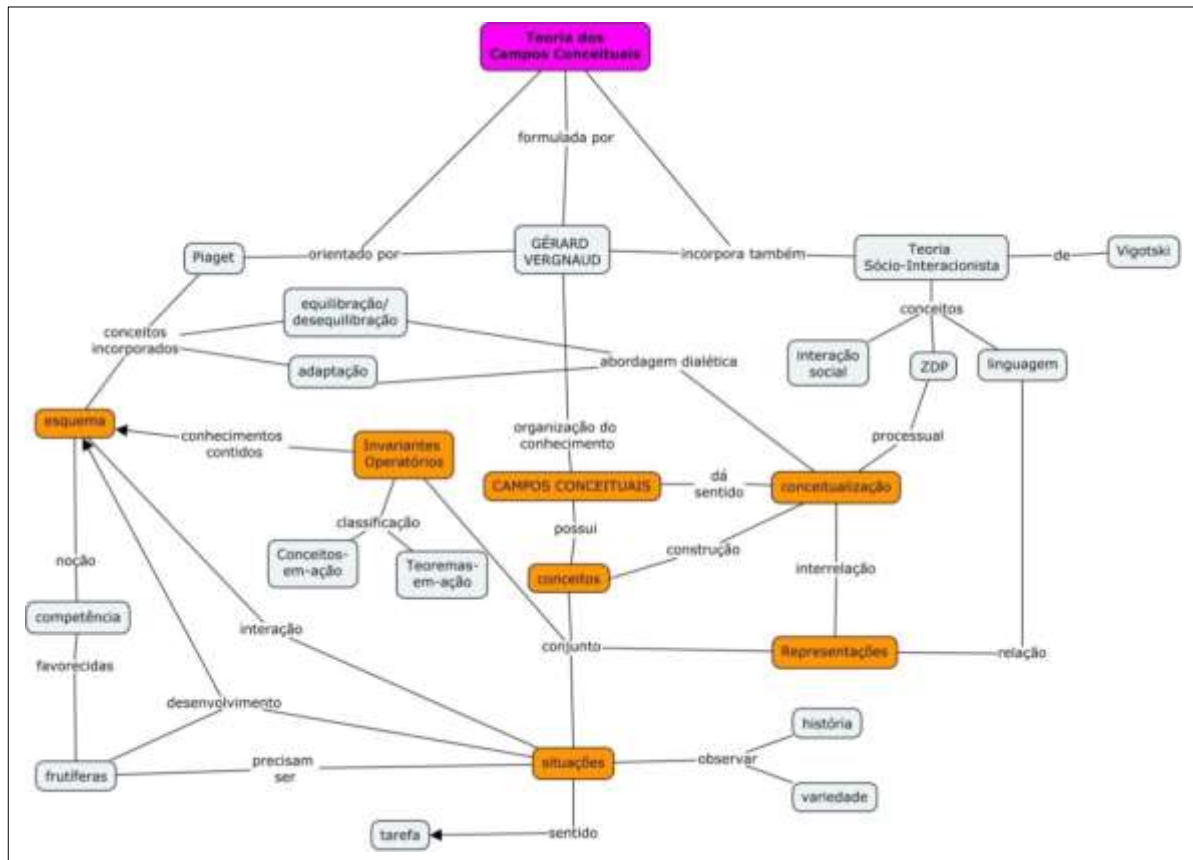
consegue realizar frente a uma situação. Evidentemente, que essa conclusão não retira a importância que a enunciação possui no processo de conceitualização. Por exemplo, no caso da formação de professores, esta afirmação vai ao encontro do que autores, como Tardif (2002), têm chamado atenção para a importância de uma formação calcada nas dimensões teórica (predicativa) e técnica (operatória).

A expressão linguística e a disposição simbólica de representação (existe grande variedade delas) agregam peso e estabilidade às formas conceituais assim elaboradas no transcurso do desenvolvimento e ajudam a Conceitualização implícita na ação. Porém, o primeiro desafio da psicologia enquanto ciência cognitiva é colocar em evidência as formas de Conceitualização subjacentes à atividade, aquelas que são simultaneamente fonte e produto desta atividade. É a principal razão teórica da introdução, dentro da definição de eskema, do conceito de invariante operatório. (VERGNAUD, 2017, p. 20).

Entende-se que o grande desafio proposto pela TCC reside em identificar os processos implícitos na construção do conhecimento por um indivíduo. Isto implica em não considerar apenas o conhecimento explícito, mas é necessário “identificar adequadamente que propriedades do significante representam que propriedades do significado” (OTERO, 2014, p. 19, tradução nossa). Quer-se dizer com isso que é preciso que a atividade do professor inclua a busca em identificar os invariantes operatórios dos alunos.

A seguir, apresenta-se um mapa conceitual sobre a TCC.

Figura 3 – Mapa conceitual sobre a TCC



Fonte: O autor.

No mapa construído buscaram-se evidenciar os conceitos que se consideram os principais da TCC e as relações entre estes (os conceitos destacados em cor laranja são aqueles centrais para esta pesquisa). Para tanto, à esquerda foram dispostos os conceitos que Vergnaud buscou nos trabalhos de Piaget (esquema, equilíbrio/desequilíbrio, adaptação, competência), à direita os conceitos incorporados a partir da teoria desenvolvida por Vigotski (interação social, Zona de Desenvolvimento Proximal – ZDP, linguagem, representações) e centralizados os conceitos que Vergnaud define a partir de sua visão dessas teorias de modo a construir a TCC (campo conceitual, conceito, invariante operatório, situação).

2.2.5 A TCC e o ensino e a aprendizagem

Vergnaud (2017) busca, entre outros objetivos, esclarecer o que é aprender. Para tanto, lembra inicialmente que segundo a Epistemologia Genética o

conhecimento é adaptação, ou seja, o que é modificado a partir da vivência de uma situação. Por outro lado, baseado nos resultados dos estudos de Vigotski, lembra a importância da experiência individual e da cultura para a formação das competências e do pensamento.

Para adaptar-se ao ambiente e a sociedade, o indivíduo dispõe de meios pessoais que se desenvolvem com o passar do tempo e da experiência dentro de condições analisáveis. Entre tais condições se destacam a riqueza e a variedade de situações que ele vai conhecer, e portanto a riqueza de ocasiões que lhe são oferecidas para desenvolver suas competências, na Educação e no trabalho em particular. Entre estas condições, o indivíduo também dispõe das mediações de todo tipo provenientes de outros e das instituições. (VERGNAUD, 2017, p. 49).

Dessa forma, entende-se que o professor preocupado com o ensino e a aprendizagem dos conceitos científicos e matemáticos necessita, sobretudo, estruturar sua atividade docente de modo a proporcionar aos alunos o acesso às diferentes situações que integram os campos conceituais que são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo de um indivíduo. Conforme Vergnaud (1983, 2007, 2017), para que isto aconteça, é primordial o interesse na Didática e o seu estudo.

Assim, Vergnaud (2017) afirma que os atos de mediação desenvolvidos podem ser descritos à luz da análise do conceito de esquema e, para tanto, pode-se centrar os esforços nos atos identificáveis, isto é, o treinamento para a atividade, a identificação da meta a alcançar e eventuais antecipações e rupturas. Nesse sentido, duas dimensões do trabalho docente tornam-se essenciais: o estudo epistemológico do campo conceitual e dos conhecimentos prévios dos alunos (esquemas e invariantes operatórios).

O estudo de viés didático de um campo conceitual requer conhecer a natureza dos conhecimentos tratados. Conhecer previamente o campo conceitual que será trabalhado com os alunos, em especial os conceitos pertinentes, pode auxiliar o professor a projetar possíveis desafios epistemológicos a serem superados. Com isso, é possível planejar situações que possam contribuir para a superação desses desafios.

Para Vergnaud (1983, 2007, 2017) a organização cognitiva do ser humano é invariante, porém os conhecimentos construídos por cada indivíduo dependem das situações com as quais foi confrontado. Dessa forma, é importante buscar pelos conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, realizar inferências sobre possíveis

esquemas e invariantes operatórios utilizados pelos alunos. Moreira (2002) lembra que em muitos casos esses conhecimentos prévios têm sido encarados como concepções alternativas e são ignorados na construção dos conhecimentos científicos. Inclusive, muitas palavras ou expressões utilizadas pelas crianças no cotidiano possuem um sentido diferente quando empregadas no meio científico, e vice-versa. Esse fato leva aos estudantes a vários tipos de erros conceituais, pois, em geral, essas concepções não tem sido objeto de consideração nem estudo de pesquisas.

O que tudo isso quer dizer é que é normal que os alunos apresentem tais concepções e que elas devem ser consideradas como precursoras de conceitos científicos a serem adquiridos. A ativação desses precursores é necessária e deve ser guiada pelo professor. (MOREIRA, 2002, p. 20).

Nessa perspectiva, é preciso considerar que os conhecimentos dos alunos possuem invariantes operatórios que não são cientificamente corretos, porém podem evoluir para estes. Esta visão está de acordo com a epistemologia toulminiana. Por outro lado, abandonar esses conhecimentos prévios pode ser um processo demorado e, dessa forma, é necessário pensar em possíveis rupturas com estas concepções.

A construção do conhecimento pelo aprendiz não é um processo linear, facilmente identificável. Ao contrário, é complexo, tortuoso, demorado, com avanços e retrocessos, continuidades e rupturas. O conhecimento prévio é determinante no progressivo domínio de um campo conceitual, mas pode também, em alguns casos, ser impeditivo. Continuidades e rupturas não são, no entanto, excludentes. Pode haver continuidade e ruptura. A Álgebra, por exemplo, se apóia na Aritmética, mas, ainda assim, para aprendê-la é necessário romper com a Aritmética. A Mecânica Clássica e a Mecânica Quântica apresentam continuidades, mas para aprender esta é preciso rupturas com aquela. (MOREIRA, 2002, p. 21).

A partir das ideias de Toulmin (1977), poder-se-ia, portanto, dizer que o principal papel do professor é promover estas rupturas por meio da disputa intelectual, isto é, possibilitar que o estudante se defronte com uma perspectiva conceitual diferente, mais avançada. O que não quer dizer que as apresente como verdades, como as únicas ideias corretas. Mas sim, que possibilite ao estudante compreender a complexidade dos conceitos envolvidos e, por meio de sua abertura e criticidade, analisar e selecionar novas explicações.

Entretanto, Moreira (2002) lembra que apesar da importância das rupturas no processo de aprendizagem, a desestabilização cognitiva do aluno não pode ser demasiada. São necessárias situações para as quais não possa se apoiar em seus conhecimentos prévios e outras nas quais possa encontrar esse apoio.

Outro fator a ser destacado é o papel da linguagem na aprendizagem de um aluno. Vergnaud (2017) lembra que a linguagem intervém no processo de conceitualização, porém é insuficiente, pois a base da conceitualização consiste na formação de invariantes operatórios.

O mediador tem assim a responsabilidade de escolher as situações para oferecê-las ao aprendiz, de clarificar a meta da atividade, de contribuir na organização desta atividade, incluindo a tomada de informação e o controle, de fazer emergir, pelo menos parcialmente, os conceitos e teoremas pertinentes, de facilitar as inferências na situação. Colocar em palavras e em símbolos os conhecimentos, as situações e as regras que organizam a atividade constitui uma parte não negligenciável da atividade do mediador, mas é somente uma parte. A escolha das situações é a primeira e essencial. (VERGNAUD, 2017, p. 50-51).

Portanto, pode-se dizer que a aprendizagem, a construção de conhecimentos depende da atividade do sujeito, ou seja, necessita construir e reconstruir os conceitos que constituem uma cultura, ou nas palavras de Toulmin (1977) promover o processo de enculturação. O que não dispensa o trabalho do professor, afinal o ambiente no qual está inserido deve estar impregnado de mediações de qualidade, frutíferas à construção de conhecimentos.

Com base na descrição realizada sobre a TCC, a seguir apresentam-se, resumidamente, as suas implicações para o ensino e a aprendizagem que serão essenciais na presente pesquisa:

- O trabalho primeiro e primordial do professor é selecionar situações frutíferas ao desenvolvimento de esquemas cientificamente aceitos por parte dos alunos, e assim, construir a disciplina sobre modelagem tem por atividade primeira a construção de situações sobre a modelagem no ensino e aprendizagem;
- O estudo sobre a natureza dos conceitos presentes em um campo conceitual é fundamental para compreender possíveis dificuldades no seu progressivo domínio. É preciso, portanto, buscar identificar previamente quais as concepções iniciais dos professores e identificar *a priori* os principais obstáculos presentes quando se pensa no domínio progressivo da modelagem;

- É importante conhecer os invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) prévios dos alunos e, a partir disso, promover rupturas e continuidades no processo de conceitualização dos conceitos, na construção de esquemas.
- É fundamental planejar a disciplina favorecendo a interação entre teoria (forma predicativa do conhecimento) e prática (forma operatória do conhecimento). No que se refere à modelagem no ensino e aprendizagem, acredita-se ser necessário, assim, trabalhar os principais referenciais teóricos sobre a modelagem e também, a partir das concepções prévias dos alunos, levá-los a refletir sobre a sua prática e planejar possíveis atividades, intervenções, projetos, aulas, etc.

2.3 FORMAÇÃO DE PROFESSORES

A reflexão em torno da formação de professores tem constituído um campo de interesse de muitos pesquisadores. Conforme Imbernón (2009) alguns poderiam argumentar que a formação de professores vem de séculos, é antiga. Isso é verdade, a formação de mestres foi exercida desde a Antiguidade, de uma forma ou outra, a partir do momento em que se decidiu que os filhos seriam educados por outrem que não fosse mais apenas o núcleo familiar. Entretanto, para o mesmo autor, a preocupação dos tempos atuais e que ganhou destaque nas últimas décadas se refere a quais modelos e modalidades formativas podem gerar maior inovação e consciência do processo formativo. Noutras palavras, pode-se dizer que a principal preocupação atual reside em discutir que ensino é potencialmente melhor para aprendizagem e que formação é necessária para que o professor possa, então, potencializar o processo de ensino e aprendizagem.

Neste trabalho, no que se refere ao referencial teórico sobre a formação de professores, não se tem o objetivo de adotar uma linha teórica única, ou uma determinada metodologia. Entretanto, não será dispensado o embasamento teórico necessário para o delineamento da pesquisa. O que se busca descrever a seguir são as ideias que permeiam e delineiam as atividades propostas, as quais foram delimitadas a partir do estudo de teóricos como Maurice Tardif, António Nóvoa, Francisco Imbernón, Daniel Gil-Pérez, António Cachapuz, Dario Fiorentini, Ubiratan D'Ambrosio, Adair Mendes Nacarato, bem como elementos norteadores da legislação brasileira vigente sobre a formação de professores.

Um primeiro panorama a respeito dessas questões pode ser traçado a partir de uma breve incursão nas principais leis que regulamentam a educação brasileira, bem como a partir da descrição dos programas voltados à formação de professores nos últimos anos em nível nacional.

2.3.1 A formação de professores na legislação brasileira e programas de formação em nível nacional

Antes de tudo é importante realizar os apontamentos sobre a formação de professores que se consideram mais relevantes presentes na legislação brasileira. Na verdade o que se busca por meio dessa descrição é visualizar quais as diretrizes preconizadas na legislação para as políticas públicas de formação de profissionais da educação.

Conforme analisam Borges, Aquino e Puentes (2011), a legislação brasileira em torno da formação de professores sofreu alterações importantes a partir da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação¹⁶ (LDB). Entretanto, entendem esses autores que ainda há muitas discussões em torno da formação de professores a serem realizadas de modo a dirimir os problemas da educação escolar brasileira. Tanto que nos últimos anos produziram-se inúmeras alterações na própria LDB, além de regulamentações e pareceres do Conselho Nacional de Educação (CNE).

O primeiro inciso do Art. 62 da LDB define que a formação inicial, a continuada e a capacitação dos profissionais da educação é de responsabilidade da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Inclusive no que tange à formação continuada e a capacitação dos profissionais da educação esta pode ser, conforme o inciso seguinte, realizada mediante utilização de tecnologias e recursos da educação à distância.

Um dos pontos centrais relacionados à formação continuada presente na LDB encontra-se no parágrafo único do Art. 62-A, os quais foram incluídos pela Lei nº 12.796¹⁷, de 2013. Neste caso, a lei estabelece que a formação continuada seja garantida aos profissionais da educação “no local de trabalho ou em instituições de

¹⁶ Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm. Acesso em: 12 set. 2018.

¹⁷ Lei Nº 12.796, de 4 de abril de 2013, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12796.htm#art1. Acesso em: 12 set. 2018.

educação básica e superior, incluindo cursos de educação profissional, cursos superiores de graduação plena ou tecnológicos **e de pós-graduação**” (BRASIL, 1996, p. 25, grifo nosso). Entende-se que essa passagem da lei está em consonância com o que vários autores na literatura relacionada à Educação têm chamado atenção para a necessidade de uma formação continuada desenvolvida em diferentes ambientes (escola, universidade, programas de formação, eventos, entre outros). Além disso, acredita-se que a lei vai ao encontro com a ideia de valorizar na formação de professores a realidade de trabalho do professor, suas vivências e saberes, em interação com os conhecimentos produzidos no meio acadêmico.

Outro documento que merece atenção é a Política Nacional de Formação dos Profissionais da Educação Básica (BRASIL, 2016), instituída pelo decreto presidencial Nº 8.752¹⁸, de 9 de maio de 2016. Esse documento visa formalizar em nível nacional as diretrizes e iniciativas a serem adotadas em relação a essa temática. Essa é a segunda publicação oficial nesse sentido, afinal a primeira legislação a esse respeito foi o decreto Nº 6.755¹⁹, de 29 de janeiro de 2009, o qual foi revogado com a publicação da atual legislação.

Segundo o documento o conjunto dos profissionais da Educação Básica é constituído por professores, pedagogos e funcionários da educação, atuantes na rede privada e ou pública da Educação Básica. É interessante observar que entre os princípios que a política de formação desses profissionais deverá atender previstos no art. 2º desse decreto encontram-se quatro incisos que antecipam a necessidade de formação inicial e continuada de professores.

- IV - a garantia de padrão de qualidade nos cursos de formação inicial e continuada;
- VI - a articulação entre formação inicial e formação continuada, e entre os níveis, as etapas e as modalidades de ensino;
- VII - a formação inicial e continuada, entendidas como componentes essenciais à profissionalização, integrando-se ao cotidiano da instituição educativa e considerando os diferentes saberes e a experiência profissionais;
- X - o reconhecimento das instituições educativas e demais instituições de educação básica como espaços necessários à formação inicial e à formação continuada. (BRASIL, 2016, p. 1-2).

¹⁸ Lei Nº 8.752, de 9 de maio de 2016, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/d8752.htm. Acesso em: 2 out. 2018.

¹⁹ Lei Nº 6.755, de 29 de janeiro de 2009, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6755.htm. Acesso em: 12 fev. 2021.

Novamente, uma leitura possível a partir desses quatros princípios é a necessidade de aproximar a formação do professor à escola de EB. Em geral, a formação inicial tem por finalidade formar professores para a EB, onde se concentra a maior demanda desses profissionais. Assim, o documento sugere que a realidade da escola básica seja considerada e, além disso, ela própria necessita estar inclusa nesse processo e também na formação continuada. Noutras palavras, poder-se-ia dizer que os bancos das universidades e faculdades que formam professores não podem alienar-se à realidade da EB, tampouco esta última pode isolar-se dos ambientes formais de formação. Tanto que são listados como objetivos no art. 3º dessa política os seguintes:

IV - promover a integração da educação básica com a formação inicial e continuada, consideradas as características culturais, sociais e regionais em cada unidade federativa;

V - apoiar a oferta e a expansão de cursos de formação inicial e continuada em exercício para profissionais da educação básica pelas instituições de ensino superior em diferentes redes e sistemas de ensino, conforme estabelecido pela Meta 15 do PNE²⁰; (BRASIL, 2016, p. 2).

Entende-se que as iniciativas atuais de formação de professores, as que buscam inovações e que se aproximam com o que se delinea ao longo do presente trabalho, são incipientes. Talvez, poder-se-ia citar como uma grande política de formação de professores nacional dos tempos recentes apenas o Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa (PNAIC), o qual apesar de ter tido grande alcance nacional, parece estar sendo esquecido e enfraquecido nos dias atuais.

Contrastando com esse cenário de pouca coordenação estratégica na formação continuada de professores, percebe-se ao longo do documento uma preocupação em iniciar uma discussão sobre os meios e estratégias de modo a operacionalizar futuramente essas ações. Nesse sentido, estabelece o documento que o Ministério da Educação (ME) brasileiro será responsável por elaborar quadrienalmente e com revisões anuais o que denomina de Planejamento Estratégico Nacional da Formação de Professores. Esse documento deverá levar em conta as decisões dos Fóruns Estaduais Permanentes e o Fórum Permanente do Distrito Federal de Apoio à Formação dos Profissionais da Educação Básica, instâncias que por sua vez terão como objetivo estabelecer o planejamento

²⁰ Referindo-se a Brasil (2014) que trata sobre o Plano Nacional da Educação vigente.

estratégico da formação de professores em cada estado brasileiro e do Distrito Federal.

Verifica-se em Brasil (2016) que o Planejamento Estratégico Nacional deverá dedicar amplo espaço para a formação continuada. Tanto que, os quatro incisos do art. 8º e seu parágrafo único clarificam os deveres que deverão constar nesse documento, os quais se descrevem a seguir.

I - assegurar a oferta de vagas em cursos de formação de professores e demais profissionais da educação em conformidade com a demanda regional projetada de novos professores;

II - assegurar a oferta de vagas em cursos de formação inicial e continuada de professores em exercício que não possuam a graduação e a licenciatura na área de sua atuação, conforme os critérios de prioridade em associação com os sistemas de ensino;

III - assegurar a oferta de vagas em cursos de formação continuada integrados à pós-graduação para professores da educação básica; e

IV - promover, em associação com governos estaduais, municipais e distrital, a formação continuada de professores da educação básica mediante integração ensino-serviço, inclusive por meio de residência pedagógica.

Parágrafo único. O Ministério da Educação desenvolverá formas de ação coordenada e colaboração entre os sistemas federal, estaduais, municipal e distrital, com vistas a assegurar a oferta de vagas de formação inicial na quantidade e a distribuição geográfica adequada à demanda projetada pelas redes de educação básica. (BRASIL, 2016, p. 4).

Um aspecto importante deste artigo refere-se ao seu terceiro inciso, no qual associa a formação continuada aos cursos de pós-graduação brasileira. Nesse sentido, pode-se concluir que a pós-graduação brasileira necessita estar atenta à realidade educacional brasileira, bem como deve buscar trabalhar de forma integrada com os sistemas de ensino locais e regionais.

Outra característica em Brasil (2016) que merece destaque encontra-se em seu art. 13, no qual é determinado que a formação inicial e continuada devem levar em conta a formação geral, a formação na área do saber e a formação pedagógica específica. Dessa forma, pode-se inferir que busca chamar atenção para o fato da formação do professor necessitar caminhar em direção ao estabelecimento de uma práxis pedagógica. Diferentemente do que se pensava em outros tempos como, por exemplo, que para se formar um professor seria necessário e suficiente que este aprendesse um determinado conjunto de conhecimentos científicos relativos de sua área de formação ou que seria necessário e suficiente possuir uma aptidão especial pelo ofício docente (uma espécie de dom). Acredita-se que esta afirmação do documento se deve pelo fato de que estas ideias ainda estão enraizadas no senso

comum, e que ainda não se evoluiu de forma que as práticas de formação continuada estejam completamente desvinculadas dessas ideias.

Ao se consultar o site do ME brasileiro²¹, no que tange à formação continuada de professores, são listados 8 programas que buscam contemplar as iniciativas nessa área em nível nacional, a saber: Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa (PNAIC), ProInfantil, Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (Parfor), Proinfo Integrado, e-Proinfo, Pró-letramento, Gestar II, Rede Nacional de Formação Continuada de Professores. A seguir apresentam-se breves descrições de cada uma dessas iniciativas.

- Pró-letramento e Gestar II: Prefere-se abordar ambos os programas em um único item, pois foram experiências prévias que culminaram no desenvolvimento do PNAIC. O Gestar dividiu-se em dois momentos (Gestar I para professores do 2º ao 5º ano do EF e Gestar II para professores do 6º ao 9º ano do EF). Seu funcionamento foi semipresencial. O conteúdo tratado foi a aprendizagem de Português e Matemática dos alunos do EF. O Pró-letramento foi implementado no ano de 2005 e consistiu em um programa de formação de professores de séries iniciais sobre a melhoria do processo de aprendizagem de leitura/escrita e matemática. Teve funcionamento semipresencial, tendo os professores participantes acompanhamento de professores orientadores (chamados de tutores). Conforme Salles (2016), a avaliação positiva dos resultados desses programas levou à proposição do PNAIC. Portanto, cabe esclarecer que a execução destes dois programas foi encerrada pelo ME, apesar de suas descrições no site do ME²² não serem claras a este respeito.

- PNAIC: foi criado com o objetivo de atender à meta 5 do Plano Nacional de Educação que visa alfabetizar todas as crianças até o final do 3º ano do Ensino Fundamental. O programa oportunizou formação para professores alfabetizadores, a partir de encontros durante os anos no qual foi desenvolvido a partir de 2013. A formação dos professores alfabetizadores é realizada por orientadores de estudo,

²¹ Consulta realizada em outubro de 2018 e revisada em janeiro de 2021. Nesta última não se constatou nenhuma alteração em relação à anterior.

²² Por exemplo, o site apresenta a seguinte descrição para o Gestar II: “O Programa Gestão da Aprendizagem Escolar **oferece** formação continuada em...” (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018, grifo nosso).

que são professores das redes de educação e, estes por sua vez, realizaram formação com professores de universidades públicas. Nos últimos dois anos, esse programa tem sido deixado de lado, pois, conforme informações veiculadas em veículos oficiais²³, não teria atendido a repercussão que se esperava ao não alavancar os índices averiguados pela Avaliação Nacional de Alfabetização (ANA) de 2016.

- ProInfantil: trata-se de um curso de nível médio, desenvolvido na modalidade a distância, destinado a profissionais que atuam em sala de aula da educação infantil, nas creches e pré-escolas das redes pública e privada e que não possuem formação específica para o magistério. Entretanto não se tem notícia de edições do curso nos últimos anos.

- Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica: O Parfor é uma das principais ações resultantes da Política Nacional de Formação dos Profissionais da Educação Básica. Esse programa é gerido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e visa ofertar a formação em nível superior, gratuita e de qualidade em exercício na Educação Básica e que não possuam formação específica na área em que atuam. Conforme o site da CAPES²⁴ o Parfor seleciona por meio de editais propostas de cursos de licenciatura por Instituições de Ensino Superior (IES) em três modalidades: Licenciatura para professores da rede pública de EB que não possuem formação superior; segunda licenciatura direcionada a professores da rede pública de EB que possuem licenciatura em área diferente de sua atuação em sala de aula; formação pedagógica para docentes da rede pública de EB que possuem curso superior, sem habilitação em licenciatura. Ainda, de acordo com os dados do site, de 2009 a 2016 o programa teve 94.727 matriculados e um total de 44.843 formados.

Conforme Souza (2014), as ações relativas ao Parfor se mostram desarticuladas com o conjunto das políticas públicas de formação de professores. Tanto que, apesar da criação do Comitê Gestor da Política Nacional de Formação

²³ Como a reportagem apresentada em <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/56321-mec-anuncia-politica-nacional-de-alfabetizacao-para-reverter-estagnacao-na-aprendizagem>. Acesso em 20 out. de 2018.

²⁴ Disponível em: <https://www.capes.gov.br/educacao-basica/parfor>

Inicial e Continuada de Profissionais da Educação Básica (CONAFOR), por meio da Portaria MEC n. 1.087 de 2011, para esse mesmo autor essa instância realizou apenas atividades burocráticas e pouco se avançou na articulação das iniciativas de formação de professores. Suas ações apresentam-se de forma isolada, sem um eixo norteador, sem um planejamento a médio e longo prazo para a formação de professores no Brasil.

- Proinfo Integrado: este programa visou à inclusão de professores e gestores da rede pública, técnicos e outros agentes dos sistemas de ensino. O projeto visou à distribuição de equipamentos tecnológicos e recursos multimídia e digitais oferecidos pelo Portal do Professor, TV Escola e DVD Escola, Domínio Público e pelo Banco Internacional de Objetos Educacionais nas escolas. Concomitantemente foram disponibilizados cursos de formação para esse mesmo público-alvo com o objetivo de discutir o uso didático-pedagógico desses recursos. Para Damasceno, Bonilla e Passos (2012, p. 37), devido a sua abrangência, o Proinfo:

[...] representou, nas últimas décadas, o mais relevante programa de informatização das escolas públicas. As idas e vindas com as mudanças no governo federal, nos 15 anos de implementação, resultaram em incompletudes e ambiguidades, tanto na sua concepção teórica quanto na sua operacionalização nas escolas.

Cabe destacar que entre as ações do Proinfo, ocorreu o projeto denominado Um computador por Aluno (UCA), realizado em caráter experimental em trezentas escolas brasileiras. Nessa iniciativa, foram distribuídas às escolas notebooks (um para cada aluno) que possibilitavam a interação dos estudantes com recursos digitais, no intuito de melhorar a aprendizagem destes.

O Proinfo, apesar de listado como uma das iniciativas federais no que tange à formação de professores no site do ME, não teve continuidade. O próprio site do ME não apresenta nenhuma informação nova sobre o programa desde o ano de 2013. Assim, constata-se que é mais um programa que não teve continuidade, não se constitui como uma política pública para a formação de professores, isto é, não que não possa ter gerado frutos positivos, mas que foi abandonado ao longo do caminho²⁵.

²⁵ Corroborar para essa conclusão o fato revelado em reportagem publicada sobre o desconhecimento do Ministério da Educação sobre o funcionamento das máquinas distribuídas pelo Proinfo. Disponível

- e-Proinfo: trata-se de um ambiente virtual colaborativo de aprendizagem²⁶ que permite o apoio a atividades à distância e ao processo de ensino e aprendizagem. Por meio dele podem ser desenvolvidos diferentes cursos, projetos de pesquisa, apoio a cursos presenciais, entre outros. O ambiente encontra-se ativo e em funcionamento²⁷, inclusive conta atualmente com a oferta de inscrição em cursos de diferentes naturezas, oferecidos por várias entidades, especialmente instâncias públicas.

- Rede Nacional de Formação Continuada de Professores (RENAFOR): foi criada em 2004. Em suma, trata-se de uma rede constituída por instituições de ensino superior (federais e estaduais) que produzem materiais de orientação para cursos de formação de professores a distância ou semipresenciais. Nesse modelo cabe ao ME prover recursos financeiros e técnicos para o seu desenvolvimento. As áreas abordadas nesse projeto de formação continuada são: alfabetização e linguagem, Educação Matemática e científica, ensino de ciências humanas e sociais, artes e educação física.

Dessa forma, acredita-se que em nível nacional ainda muito se tem a realizar no que compete à formação de professores. Haja vista que as últimas ações de maior amplitude centraram-se em dois programas: o PNAIC e o Parfor. Embora tenham méritos, afinal atendem a uma demanda específica de formação, em especial o PNAIC, a formação continuada ainda carece de planejamento a nível nacional. As ações desenvolvidas por órgãos governamentais, universidades e demais iniciativas, ainda apresentam-se de forma isolada, sem uma coordenação estratégica. Além disso, a descontinuidade dos programas referidos acima indica que há necessidade de se construir políticas públicas de formação de professores que não consistam apenas em ações de governos, mas que reflitam um planejamento de médio e longo prazo e, dessa forma, possam de fato contribuir para uma melhoria na educação brasileira.

em: <<http://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&inoid=39860&sid=11>> Acesso em: 20 out. 2018

²⁶ Pode ser acessado em <http://eproinfo.mec.gov.br/eproinfo/interativo/acessar_espaco_sistema/acessar.htm> Acesso em: 20 out. 2018.

²⁷ Verificação realizada em 24 de setembro de 2018.

Além disso, percebe-se que tanto na legislação brasileira como nos programas de formação continuada no site do ME, é dirigido à pós-graduação importante papel na formação de professores. Conforme lembram Santos e Azevedo (2009), a pós-graduação acelerou a pesquisa em educação, contribuindo para identificação, reconhecimento e enfrentamento dos problemas da educação brasileira. Ao longo das últimas décadas surgiram áreas de concentração, entre elas a formação de professores, justamente com o intuito de investigar os processos inerentes à formação destes profissionais. É nesse contexto que se inserem as discussões abarcadas nesse trabalho.

2.3.2 Algumas ideias presentes em referenciais teóricos sobre formação de professores

Inicialmente, cabe esclarecer que se tem como pressuposto o inacabamento do ser humano (FREIRE, 1996) e, assim, o professor necessita permanentemente refletir, estudar, dialogar e estar disposto a aprender sobre os processos inerentes à sua profissão. Para Tardif (2002, p. 291):

A formação contínua concentra-se nas necessidades e situações vividas pelos práticos e diversifica suas formas: formação através dos pares, formação sob medida, no ambiente de trabalho, integrada numa atividade de pesquisa colaborativa, etc.

Dessa forma, a discussão em torno da formação continuada de professores concentra-se nas necessidades vivenciadas pelos professores. No caso do presente projeto, a formação dos professores envolvidos em relação aos conceitos abordados não se iniciou na disciplina, tampouco foi ali concluída, ou seja, se por um lado é necessário ter em mente que as discussões iniciadas durante este trabalho necessitarão constante revisão e aprofundamento por parte dos envolvidos, por outro se considera que os professores envolvidos possuíam concepções prévias sobre como, por exemplo, epistemologia da ciência, modelagem, ensino e aprendizagem.

A formação continuada do professor deve privilegiar a constituição de uma práxis pedagógica. Para Tardif (2002) essa concepção não exclui a importância das universidades, em especial no tocante à função dos programas de pós-graduação

de promover cursos de formação de professores. No entanto, isso implica que o professor formador de professores apresente nova postura, não mais de transmissor de conhecimentos, mas alguém que acompanha os professores em formação e os auxilia no processo de autoformação. Na verdade, não se pode esquecer de que o próprio professor formador refletirá sobre as suas práticas ao longo desse processo. Entretanto, cabe salientar que o objetivo central deste trabalho consiste em investigar as possíveis contribuições da disciplina para a compreensão dos professores sobre a relação entre as modelagens científica e matemática. O que se quer ressaltar é que o professor formador, no caso o próprio pesquisador não foi sujeito da pesquisa.

Mesmo que esse novo modelo defendido por Tardif (2002) privilegie a prática do professor, é fundamental que os espaços de formação continuada não sejam reduzidos à dimensão técnica.

Todavia, a importância de melhorar a prática profissional graças à pesquisa não pode ser reduzida somente à dimensão técnica; ela engloba também objetivos mais amplos de compreensão, de mudança e até de emancipação. Exigir que as ciências da educação (e as ciências sociais e humanas) se limitem ao estudos das atividades profissionais apenas com o intuito de aumentar sua eficácia é exigir sua morte e privar-se dos recursos conceituais que podem oferecer aos práticos no que se refere às implicações sociopolíticas inerentes à educação escolar. (TARDIF, 2002, p. 293).

Isso posto, pressupunha-se que a disciplina proposta no presente trabalho valorizasse as experiências dos professores que a frequentaram bem como buscasse discutir exaustivamente os aspectos teóricos e conceituais sobre a modelagem no ensino de ciências e matemática. Além disso, que privilegiasse a reflexão em torno da modelagem tanto no que se refere aos estudos já realizados e publicados, bem como a discussão, planejamento e elaboração de atividades de modelagem para a sala de aula de ciências.

Nessa perspectiva, Imbernón (2017) destaca que a formação do professor não é iniciada e nem se limita a aquisição de conhecimentos teóricos das disciplinas acadêmicas. Trata-se de um processo que se dá ao longo de sua vida e ocorre:

[...] através das ações formativas, em distintas modalidades, que o corpo docente vai cursando ao longo de sua vida, mas também, é muito importante e convém destacar, o contato com os companheiros de trabalho, o ambiente de sala de aula e da escola e a interação com os alunos (tanto em uma aprendizagem formal como informal). Desse meu ponto de vista, o contato

com os colegas é uma das faces da formação permanente e desenvolvimento profissional que tem mais impacto nos professores. E, claro, em menor grau, mas não menos importante, também o que é fornecido pelo seu entorno, os alunos e a organização da escola (ambiente social, institucional, educativo...). Tudo isso vai constituindo e construindo uma trajetória profissional, um itinerário vital que vai confirmando a maneira de ser, pensar e sentir a educação. (IMBERNÓN, 2017, p. 71, tradução nossa).

Trata-se de um trabalho cooperativo que possibilite o compartilhamento de experiências e favoreça a interação entre as disciplinas. Seria, portanto, ingênuo pensar que a disciplina aqui proposta por si só proveria aos participantes todos os meios e recursos, de modo a capacitá-los a utilizar a modelagem em suas aulas. Na verdade, pressupunha-se que, provavelmente, seria uma atividade pioneira na formação dos alunos da disciplina, a qual deveria propor a reflexão sobre essa possibilidade metodológica para o ensino de ciências.

Perrenoud et al. (2002, p. 12) lembra que “não é possível formar professores sem fazer escolhas ideológicas”. O modelo de sociedade e de ser humano que se quer, depende da escolha de que escola se quer e, conseqüentemente, de que professores são necessários.

As finalidades do sistema educacional e as competências dos professores não podem ser dissociadas tão facilmente. Não privilegiamos a mesma figura do professor se desejamos uma escola que desenvolva a autonomia ou o conformismo, a abertura ao mundo ou o nacionalismo, a tolerância ou o desprezo por outras culturas, o gosto pelo risco intelectual ou a busca de certezas, o espírito de pesquisa ou o dogmatismo, o senso de cooperação ou o de competição, a solidariedade ou o individualismo. (PERRENOUD et al., 2002, p. 12).

Acredita-se que a modelagem no ensino de ciências possa favorecer essa abertura ao mundo, à medida que pode contribuir para uma visão de ciência não estática, da necessidade de cooperação no meio científico, o risco intelectual por meio da valorização do erro, o espírito da pesquisa interdisciplinar.

Nessa perspectiva, uma característica que se acredita ser fundamental para a formação de professores já mencionada ao longo do texto é a cooperação. Nóvoa (1992, p. 14) afirma que:

A troca de experiências e a partilha de saberes consolidam espaços de formação mútua, nos quais cada professor é chamado a desempenhar, simultaneamente, o papel de formador e o papel de formando. O diálogo entre os professores é fundamental para consolidar os saberes emergentes da prática profissional.

Essa característica é essencial devido ao caráter interdisciplinar da modelagem no ensino de ciências. Para Japiassu (1976) a interdisciplinaridade requer estabelecer pontes entre as áreas do saber. Torna-se, portanto, essencial possibilitar momentos na formação do professor em que este possa além de compartilhar suas vivências, experiências, dificuldades e ânsias individuais, buscar por novas possibilidades, entre elas estabelecer parcerias, um trabalho coletivo, o qual pode abordar modelagem em sala de aula.

Além disso, também cabe lembrar que na visão toulminiana para ocorrer evolução conceitual é necessário que haja disputa intelectual. Dessa forma, o diálogo e a cooperação se tornam necessários à medida que possibilitam a interação de diferentes sujeitos, com experiências, vivências e ideias distintas. A evolução conceitual tomada nessa perspectiva necessita dessa diversidade, à medida que é condição *a priori* para a seleção das melhores relações conceituais.

Conforme lembra Imbernón (2009), a formação continuada deve buscar contribuir para aquilo que denomina de professor reflexivo. Mas o que seria uma prática reflexiva do professor? Para responder essa questão Perrenoud et al. (2002) diz que é necessário estabelecer a distinção entre uma postura reflexiva do profissional e a reflexão esporádica que qualquer indivíduo realiza.

Visando chegar a uma verdadeira *prática reflexiva*, essa postura deve se tornar quase permanente, inserir-se em uma relação analítica com a ação, a qual se torna relativamente independente dos obstáculos encontrados ou das decepções. Uma prática reflexiva pressupõe uma postura, uma forma de identidade, um *habitus*. Sua realidade não é medida por discursos ou por intenções, mas pelo lugar, pela natureza, e pelas consequências da reflexão no exercício cotidiano da profissão, seja em situação de crise ou de fracasso seja em velocidade de cruzeiro. (PERRENOUD et al., 2002, p. 13).

Portanto, pensar que bastaria ao professor uma formação inicial (em geral cursos de licenciaturas) é totalmente equivocado. Perrenoud et al. (2002, p. 47) alerta que a prática reflexiva do professor é permeada por “análise metódica, regular e instrumentalizada, serena e causadora de efeitos”. Entretanto, para a aquisição dessa postura não é suficiente a boa vontade do professor em refletir sobre a sua prática, sobre as situações que o cercam, necessita de treinamento intensivo e deliberado. Assim, a formação continuada do professor é imprescindível para a constituição de uma postura reflexiva no professor.

Em suma, pode-se dizer que, conforme lembra Nóvoa (1992), pensar a formação de professores requer explicitar quais características deve possuir um professor para que possa ser classificado como um bom professor. Assim, a partir das considerações tecidas anteriormente, pode-se dizer que o presente trabalho ambicionou contribuir para a formação de professores para fomentar os seguintes predicados:

- que trabalhem coletivamente, em busca da aprendizagem por parte de seus alunos;
- professores cientes de seu inacabamento enquanto seres humanos que são;
- engajamento em novas possibilidades metodológicas para o ensino de ciências e matemática;
- compreensão do que é a ciência, que possam transparecer em suas aulas as características do trabalho científico.

Dessa forma, a seguir se resumem as características gerais que se acreditam ser necessárias na disciplina a ser construída de modo a contribuir para formação de professores com as características anteriores:

- valorizar as experiências dos professores, colocá-las em evidência e buscar refletir sobre as suas angústias, metodologias e práticas;
- contribuir para a constituição de uma práxis pedagógica, integrando estudos teóricos e propostas didático-pedagógicas;
- fomentar a discussão em torno da modelagem no ensino de ciências e da matemática;
- propor que construam unidades didáticas pautadas na modelagem.

2.3.3 Formação de professores de ciências

Conforme já descrito anteriormente, uma constatação importante a que chegam Gil-Pérez et al. (2001) são as distorções e equívocos que muitos professores de ciências apresentam sobre o trabalho científico. A partir de estudos bibliográficos e observações de experimentos com professores, os autores reúnem essas visões deformadas em sete categorias, a saber: concepção empírico-

indutivista e atórica, visão rígida, visão aproblemática e ahistórica, visão exclusivamente analítica, visão acumulativa de crescimento linear, visão individualista e elitista e visão socialmente neutra da ciência.

Dessa forma, Gil-Pérez et al. (2001) afirmam que essas visões deformadas dos professores sobre o que é ciência se aproximam do senso comum sobre o trabalho científico.

As concepções dos docentes sobre a ciência seriam, pois, expressões dessa visão comum que os professores de ciências aceitariam implicitamente devido à falta de reflexão crítica e a uma educação científica que se limita, com frequência, a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados – retórica de conclusões. Isso não só secundariza as características essenciais do trabalho científico, mas também contribui para reforçar algumas visões deformadas, como o suposto carácter “exato” (logo dogmático) da ciência, ou a visão aproblemática etc. Desse modo, a imagem da ciência que os professores (e muitos cientistas) possuem diferencia-se *pouco*, ou melhor, não suficientemente, das que podem ser expressas por qualquer cidadão, e afasta-se das concepções atuais sobre a natureza da ciência. (GIL-PÉREZ et al., 2001, p. 135).

Acredita-se que a constatação da existência dessas visões equivocadas, conforme Gil-Peréz et al. (2001), reflete a necessidade de abordagens na formação dos professores com vieses epistemológicos mais adequados, que ressaltem a complexidade da ciência. Desta forma, encontram-se mais uma vez justificadas a adoção da epistemológica evolutiva de Toulmin e os processos de modelagem, à medida que evidenciam os caracteres construtivo e de contínua transformação da ciência.

Dessa forma, Gil-Pérez (2001) apresentam cinco aspectos essenciais e de consenso sobre a ciência que serão considerados ao longo do presente trabalho, os quais se destacam a seguir.

- Recusa da ideia de “Método Científico”: ao se analisar o desenvolvimento histórico da ciência verifica-se um pluralismo metodológico. É preciso considerar as características do domínio investigado. Assim, no processo de modelagem é preciso sim discutir o porquê dos procedimentos metodológicos adotados e evidenciar a sua pluralidade.

- Recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros”: toda procura em estabelecer um resultado científico está marcada por hipóteses e teorias. Não existem dados puros,

mas sim interpretações à luz de um sistema teórico. Essas interpretações estão sujeitas à apreciação de uma comunidade científica. A modelagem exige que o pesquisador, ou no caso dos alunos, que sejam demarcadas as hipóteses bem como as teorias utilizadas para a construção dos modelos, bem como as variáveis consideradas e as ignoradas.

- Destaque ao papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente: é necessário valorizar a divergência de pensamentos e metodologias. As hipóteses orientam a procura de dados. Há um paradigma conceitual de partida que orienta uma pesquisa. No caso da modelagem no ensino de ciências é preciso valorizar os diferentes modelos que podem ser construídos pelos grupos de alunos. Na verdade não só o resultado final, mas quais as hipóteses e variáveis utilizadas por cada grupo de modo a obter os diferentes modelos.

- Procura de coerência global: a exigência de hipóteses iniciais não elimina a necessidade de se comprovar os resultados encontrados por distintos caminhos. Os resultados obtidos em situações semelhantes devem ser coerentes. Ao longo do processo de modelagem que se discuta, analise e critique cada decisão tomada pelos alunos bem como os resultados por eles encontrados, de modo a avaliar se é condizente com a situação-problema estudada.

- Compreender o carácter social do desenvolvimento científico: seria ingênuo pensar o trabalho do pesquisador como autônomo, isto é, sem considerar uma linha de pesquisa, as necessidades impostas por uma sociedade e sem considerar as contribuições científicas anteriores. Os aspectos sociais e históricos devem ser considerados na análise do trabalho científico. Cabe ao professor, portanto, planejar situações-problema a serem modeladas, bem como desenvolver o processo de modelagem considerando as implicações sociais, econômicas e culturais no trabalho científico. A modelagem não pode se resumir a resolver questões descontextualizadas, caso contrário estar-se-á reforçando a visão de neutralidade da ciência. Não é possível pensar o processo de modelar em uma perspectiva de total afastamento do pesquisador, isto é, a modelagem requer tomadas de decisões que requerem considerar hipóteses, conjecturas, bem como o meio social e cultural que cerca o problema.

A partir dessas constatações, Gil-Pérez et al. (2001, p. 138) apontam o que consideram ser a visão de ciência que deve ser buscada nas ciências:

Em síntese, pode dizer-se que a essência da orientação científica - deixando de lado toda a ideia de “o método” - se encontra na mudança de um pensamento, atitude e ação, baseados nas “evidências” do senso comum, para um raciocínio em termos de hipótese, por sua vez mais criativo (é necessário ir mais além do que parece evidente e imaginar novas possibilidades) e mais rigoroso (é necessário fundamentar e depois submeter as hipóteses à prova cuidadosamente, isto é, confrontar com o mundo, duvidar dos resultados e procurar a coerência global).

Com isso em mente, defende-se que a formação tenha como objetivo a reflexão sobre a prática profissional do professor de ciências, de modo que possa incorporar metodologias que busquem a formação de um aluno crítico. Que sua prática profissional não esteja mais voltada unicamente para a transmissão de conhecimentos, mas sim que possa auxiliar seus alunos na construção do conhecimento científico, por meio de metodologias e abordagens que evidenciem as reais características do trabalho científico.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) apontam que as dificuldades na formação continuada de professores de ciências podem ser superadas à medida que uma visão construtivista é adotada ao longo desse processo. Isso afasta do trabalho de formação avaliações simplistas dos problemas discutidos.

É importante assinalar esta diferença, porque mostra até que ponto as carências e os erros que evidenciam nossa formação não são o resultado de incapacidades essenciais, pois ao se proporcionar aos professores a oportunidade de um trabalho coletivo de reflexão, debate e aprofundamento, suas produções podem aproximar-se aos resultados da comunidade científica. Trata-se, então, de orientar o trabalho de formação dos professores como uma pesquisa dirigida, contribuindo assim, de forma funcional e efetiva, para a transformação de suas concepções iniciais. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 15).

Este entendimento é de grande importância para o ensino de ciências, pois um problema somente é um problema se está de acordo com o contexto dessa disciplina. O que se quer dizer é: o conhecimento específico das Ciências e sobre como ensinar e aprender Ciências constituem disciplinas intelectuais construídas pela humanidade. Além de considerar que estas áreas reúnem um conjunto de conceitos, deve-se considerar as ambições intelectuais e compreensões das pessoas que os concebem. Dessa forma, quando se fala em formação de professores de Ciências é preciso partir da identificação dos problemas assumidos como problemas pelos docentes.

Esse ponto de vista é compartilhado por outros filósofos; por exemplo, Laudan (1986)²⁸ indica: O conhecimento científico avança graças à resolução de problemas. O que poderia ser dito aqui na linha de um ensino racional e razoável: "O conhecimento da escola científica" avança graças à resolução de problemas. (GUERRERO, 2007, p. 140, tradução nossa).

Como lembra Guerrero (2007), esta diferença é dissipada quando se considera o modelo proposto por Toulmin: apenas tem-se um problema quando estão presentes todos os três aspectos de um conceito – linguagem, representação e aplicação, na ausência de um deles ou mais se tem um exercício.

No que se refere ao ensino de ciências, a modelagem pode, dessa forma, representar uma interessante possibilidade didática para a resolução de problemas. Em especial, a modelagem matemática, conforme Biembengut e Hein (2011), estabelece um ambiente de ensino crítico, no qual são valorizados os erros, bem como para favorecer o escrutínio crítico por parte dos alunos em relação aos conceitos científicos inerentes.

2.3.4 Formação de professores de matemática

A formação de professores de matemática é definida por Fiorentini e Lorenzato (2009) como uma das sete tendências da investigação em Educação Matemática. Os mesmos autores recordam que estudos sobre os saberes profissionais do professor até o início dos anos de 1990, já revelavam insatisfatório conhecimento matemático desses profissionais. Além disso, ainda lembram que vem se desenrolando o debate sobre como os professores devem combinar o conhecimento matemático com o seu conhecimento pedagógico.

Outra constatação importante a que chegam Fiorentini e Lorenzato (2009) refere-se à forma como eram conduzidas as pesquisas sobre a formação de professores de matemática. Até o ano de 1990, caracterizavam-se por correlações entre as características dos professores com o desempenho obtido pelos alunos, o que se mostrava improdutivo. Somente a partir dos anos 1990 que se constata um olhar em uma perspectiva qualitativa, uma imersão interpretativa dos pesquisadores sobre os processos de formação de professores. Com essa mudança, dentre os

²⁸ Referindo-se a Larry Laudan em: LAUDAN, L. (1986). **El progreso y sus problemas**. Hacia una teoría del crecimiento científico. Madrid: Ediciones Encuentro.

processos pesquisados, destacam-se: a reflexão sobre a prática pedagógica, a pesquisa-ação e os processos colaborativos.

Em Nacarato (2006) encontra-se um panorama dos resultados das pesquisas brasileiras sobre a formação de professores de matemática. Na verdade, segundo a autora, os seus resultados não se diferenciam dos resultados encontrados sobre a formação de professores de diferentes áreas.

O professor vem sendo considerado um produtor de saberes e um ator do processo educacional que precisa ser ouvido e deve participar dos projetos que lhe dizem respeito, quer no âmbito das políticas públicas, quer no âmbito do contexto escolar. O professor passa a ser visto como o protagonista do processo educativo. (NACARATO, 2006, p. 137).

De forma análoga ao que já foi discutido anteriormente, Nacarato (2006) também refere ser indiferente o local em que ocorre a formação de professores de matemática, seja em escolas da EB com ou sem professores de centro universitários, ou em cursos e projetos oficiais, geralmente promovidos pelas universidades ou demais órgãos públicos. Para a autora, o problema da formação não está “onde ocorre”, mas “como ocorre”. Cabe, portanto, questionar quês características devem apresentar as iniciativas de formação de professores que se acreditam ser capazes de potencializar a prática reflexiva desses profissionais?

De forma simplificada, poder-se-ia dizer que a formação de professores almeja formar um bom professor. Mas o que seria um bom professor de matemática? Para D’Ambrosio (1996), as qualidades de um bom professor podem ser agrupadas em três categorias, a saber: emocional/afetiva; política; conhecimentos.

A característica emocional/afetiva é necessária em um bom professor. Seu trabalho exige amor, dedicação, zelo, respeito. A educação é um ato político e, portanto, o trabalho do professor também não é neutro. Não é à toa que se fala em educação para desenvolver a criticidade, e a formação de cidadãos. Além disso, não há dúvida que para ser um bom professor de matemática é necessário possuir conhecimentos de matemática e da dimensão pedagógica, inerentes a sua área de formação.

Dito isso, D’Ambrosio (1996) já apontava a perspectiva do professor-pesquisador como um interessante perfil docente a ser almejado. Para o autor, o professor como um pesquisador apresenta duas direções: “buscar o novo, junto com

seus alunos, e conhecer o aluno, em suas características emocionais e culturais.” (D’AMBROSIO, 1996, p. 106).

O que se quer dizer é que se defende um ensino de matemática não mais pautado na mera transmissão de conhecimentos, a formação dos professores de matemática também não pode ocorrer dessa forma. Quando se pensa na perspectiva de formar um professor-pesquisador, o que se objetiva é que este esteja permanentemente refletindo sobre a sua prática, mas também alicerçado nos conhecimentos advindos da pesquisa.

O professor pesquisador não se vê apenas como um usuário de conhecimento produzido por outros pesquisadores, mas se propõe também a produzir conhecimentos sobre seus problemas profissionais, de forma a melhorar a sua prática. O que distingue um professor pesquisador dos demais professores é seu compromisso de refletir sobre a sua prática, buscando reforçar e desenvolver aspectos positivos e superar as próprias deficiências. Para isso ele se mantém aberto a novas ideias e estratégias. (BORTONI-RICARDO, 2008, p. 46).

Conforme Bortoni-Ricardo (2008), a grande vantagem do trabalho como professor pesquisador está no fato de que este resulta das dimensões teoria e prática. Nesse sentido, acredita-se que as iniciativas de formação de professores de matemática (e também de ciências) estejam calcadas em dois aspectos: proporcionar espaços e momentos os quais potencializem a reflexão do professor sobre a sua prática; buscar que essa reflexão seja alicerçada na pesquisa.

3 MODELAGEM

Na disciplina a qual é objeto de análise do presente projeto de pesquisa, buscou-se abordar tanto a modelagem nas ciências quanto, mais especificamente, a modelagem matemática. Evidentemente que nesses dois casos o foco das discussões será a modelagem em sala de aula, no processo de ensino e aprendizagem, em geral na EB. Essa opção se dá em virtude das características dos discentes do PPGECQVS da UFSM: alunos de mestrado ou doutorado, professores ou possivelmente futuros professores da Educação Básica e ou Superior, inclusive alguns são (ou possivelmente serão) professores formadores de professores.

Devido às características dessa pesquisa e o seu público-alvo (professores de física, química, ciências biológicas e matemática), ao longo do presente trabalho busca-se analisar referenciais teóricos de duas principais linhas de trabalho em relação à modelagem. Por um lado há autores que buscam evidenciar o que denominam de modelagem no ensino de ciências. Nessa linha de trabalho destacam-se Ileana María Greca, Marco Antonio Moreira e Dominique Colinvaux. Por outro lado, mais especificamente na área de Educação Matemática, há a modelagem matemática no ensino e aprendizagem de matemática. Sobre essa última linha de trabalho podem-se citar Rodney Carlos Bassanezi, Maria Sallet Biembengut, Jonei Cerqueira Barbosa, Dionísio Burak e Dale William Bean. Cabe esclarecer que no presente trabalho adotou-se fundamentalmente os pressupostos destes dois primeiros pesquisadores (Rodney C. Bassanezi e Maria S. Biembengut).

Nessa perspectiva, inicialmente pretende-se evidenciar as principais ideias de cada linha de trabalho. Após, realizar um paralelo entre as premissas e resultados de cada uma dessas linhas de trabalho, evidenciando suas convergências.

3.1 MODELAGEM CIENTÍFICA

A perspectiva do trabalho com modelos científicos na área de Educação em Ciências vem se consolidando como uma oposição a visões positivistas outrora predominantes. Pensar que o trabalho científico produz modelos científicos que podem ser definidos como uma representação de uma ideia, um objeto, processo, evento ou sistema proporciona uma visão de ciência calcada no Construtivismo

(GILBERT, BOULTER, 1998). Não se trata mais, portanto, de pensar a ciência como uma verdade absoluta “descoberta” a partir de *insights* de cientistas conferidos de genialidade. Pelo contrário, trata-se de uma construção humana, o trabalho científico tem por objetivo produzir esses modelos pelos quais são ofertadas explicações a respeito do mundo que nos cerca. Tais modelos não são únicos, nem imutáveis, na verdade há uma comunidade intelectual que seleciona os melhores de acordo com o conhecimento produzido até aquele momento, sendo assim passíveis de evolução (TOULMIN, 1977).

Moreira e Ostermann (1993) enfatizam que o conhecimento científico não é definitivo.

A construção científica não para nunca. O conhecimento científico está sempre evoluindo. É um erro ensinar ciência como se os produtos dela resultassem de uma metodologia rígida, fossem indubitavelmente verdadeiros e consequentemente definitivos. O conhecimento científico que temos hoje está baseado em modelos e teorias inventados e que podem estar equivocados ou apenas parcialmente corretos. A Terra como centro do sistema planetário é um modelo que funciona até certo ponto, mas o modelo com o Sol no centro funciona muito melhor. Contudo, a permanente evolução dos modelos científicos não é uma questão meramente funcionalista. Alguns modelos são substituídos por outros porque explicam outras coisas, porque são mais abrangentes, ou seja, não só porque funcionam melhor. (MOREIRA; OSTERMANN, 1993, p. 115).

Isso reforça a necessidade de se investigar possibilidades para a sala de aula de ciências, afinal, como já descrito anteriormente, devido à resistência à evolução, em muitos casos, há a prevalência do senso comum, nesse caso representado por práticas pautadas unicamente na transmissão do conhecimento científico. O que se quer dizer é que se o conhecimento científico não é imutável o ensino de Ciências também não deve ser. Com isso em mente, justifica-se que no presente trabalho são priorizados os modelos e a modelagem em sala de aula, mais especificamente na Educação em Ciências.

[...] a ciência deve ser ensinada como um saber histórico e provisório, tentando fazer com que os alunos participem, de algum modo, no processo de elaboração do conhecimento científico, com suas dúvidas e incertezas, e isso também requer deles uma forma de abordar o aprendizado como um processo construtivo, de busca de significados e de interpretação, em vez de reduzir a aprendizagem a um processo repetitivo ou de reprodução de conhecimentos pré-cozidos, prontos para o consumo. (POZO; CRESPO, 2009, p. 21).

Segundo Gilbert e Boulter (1998) o papel dos modelos e da modelagem merecem um enfoque próprio. Estes autores citam quatro motivos para justificar a adoção dessa posição. O primeiro refere-se à ubiquidade do termo modelo no campo da Educação em Ciências, afinal é empregado em diferentes momentos, para descrever distintas representações. Há incerteza sobre esse termo gerada pela variedade de modelos científicos, pela sua abrangência e validade. O segundo aspecto citado é o papel desempenhado pelos modelos na condução das ciências. Os modelos são mais acessíveis à percepção que teorias e, assim, estas podem ser testadas experimentalmente. Conseqüentemente, para uma educação em ciências mais próxima à realidade do trabalho científico é necessário enfrentar o tema dos modelos e da modelagem em sala de aula. Em terceiro lugar, apontam os autores, na perspectiva da psicologia cognitiva no campo da Educação em Ciências há a referência da formação de modelos por indivíduo para a compreensão e aprendizagem das ciências, o que reforça a importância do estudo dos modelos e da modelagem nas ciências. Por último, em quarto lugar, os autores afirmam que os modelos definem um papel significativo para a sala de aula, afinal proporcionam experiências e vivências diversas aos alunos que não observadas nos moldes tradicionais do ensino de Ciências. A busca pela aprendizagem em sala de aula implica que os modelos e a modelagem necessitam ser explorados nesse contexto.

Em Krapas et al. (1998) constata-se que há um quadro conceitual diverso em relação ao uso do termo modelo na literatura da área de Educação em Ciências. Gilbert e Boulter (1998) lembram que o significado pessoal dado ao conhecimento por cada indivíduo é importante para a aprendizagem, em especial nas situações externas, físicas. Os modelos gerados por cada indivíduo lhe permitem uma simplificação do alvo (a ser representado).

O grande valor de muitos modelos é que eles possibilitam a visualização, ou uma maior facilidade de visualização, de ideias, objetos, eventos, processos ou sistemas que são complexos, ou em escalas diferentes daquilo que é normalmente percebido, ou abstratos – ou alguma combinação dessas três características. (GILBERT; BOULTER, 1998, p. 16).

Dessa forma, para os mesmos autores, um modelo pode ser considerado como intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas da experimentação. Um modelo permite, portanto, guiar o trabalho de investigação, selecionar e resumir dados, justificar resultados obtidos e viabilizar a sua

comunicação. Esses mesmos autores, ainda lembram que o modelo pode ser prévio à teoria ou pode ser estabelecido conjuntamente com uma teoria.

No que tange ao processo de ensino e aprendizagem, Gilbert e Boulter (1998) lembram que os estudantes frequentemente se encontram em diferentes situações como, por exemplo, na sala de aula, lendo um livro ou página na *internet*, em visita a um museu, em informações na televisão, entre outras. Quando defrontados com alguma situação que lhes exija uma resposta, resolução ou tomada de atitude, suas decisões serão baseadas nessas informações e experiências prévias. Noutras palavras, necessitam construir seu modelo de acordo com o conhecimento construído e o que necessitam construir.

Apesar de não ser objetivo central de o presente trabalho descrever a Teoria dos Modelos Mentais, a diferenciação entre modelos mentais e modelos conceituais proposta por Greca e Moreira (2000) é interessante para esclarecer a visão que se tem sobre a modelagem no ensino de ciências e matemática. Em suma, pode-se dizer que os autores lembram que os modelos mentais são necessários para explicar as representações internas de cada indivíduo da realidade. Dessa forma, um modelo mental não necessita ser o modelo conceitual, aquele aceito cientificamente e apresentado a cada estudante. Portanto, os modelos mentais construídos pelo aluno provavelmente não serão idênticos aos modelos conceituais que lhe ensinamos.

Parece importante afirmar aqui que os estudantes não veem necessariamente esses modelos conceituais como tais. Em primeiro lugar, porque eles não têm o conhecimento necessário do campo para interpretá-los como modelos conceituais. É como se víssemos a Guernica de Picasso pela primeira vez, sem saber o que era a guerra civil espanhola. Um deles é capaz de ver olhos, patas, cabeças, facas, mas a pintura não terá sentido. Em segundo lugar, porque os estudantes muitas vezes não entendem que um modelo conceitual é uma representação simplificada e idealizada de fenômenos ou situações, sem que seja dito o fenômeno ou a situação real. (GRECA; MOREIRA, 2000, p. 6, tradução nossa).

Com isso, coloca-se a seguinte indagação: como, então, pode-se melhorar o processo de ensino de modo a favorecer a construção de modelos mentais que apresentem características que contemplem os modelos conceituais que se pretende que o aluno compreenda?

Greca e Moreira (2000) respondem a essa questão afirmando que ao ensino de ciências deve ser incorporada a ideia de modelagem. Não apenas aos

interessados que queiram seguir a carreira científica, mas a todos os alunos. Aprender as teorias científicas implica aprender como se faz a ciência e, portanto, é necessário “jogar o jogo”. Modelar é a principal atividade dos cientistas, é por meio da modelagem que a ciência é construída. O que afirmam os autores é que o processo de modelagem pode contribuir para a aprendizagem da construção de modelos mentais mais apropriados, coerentes com os modelos conceituais. Entretanto, enumeram que este ainda é um campo desconhecido e pouco trabalhado.

Assim, a tarefa, dentro desse arcabouço teórico, não é fácil para professores ou pesquisadores. Para os professores, isso é bastante difícil, já que processo de modelagem é altamente complexo e, além disso, nosso conhecimento ainda é bem pobre. Nós, até agora, não sabemos como identificar que tipos de modelos mentais os estudantes têm em um determinado domínio, nem que modelos mentais específicos eles constroem. (GRECA; MOREIRA, 2000, p. 8, tradução nossa).

Por outro lado, os mesmos autores apontam algumas características a se considerar no trabalho com a modelagem, a saber: os modelos mentais são pessoais, devendo-se buscar identificá-los a fim de auxiliar no melhoramento desses modelos; a modificação dos modelos iniciais não é tarefa fácil, pelo contrário leva muito tempo; a modelagem deve ser valorizada, deve-se valorizar a construção do conhecimento por parte do aluno; entretanto o estudo dos modelos mentais não pode ser abandonado, afinal, em geral, é ele quem fornece os primeiros elementos para a construção dos modelos mentais de cada indivíduo.

Dessa forma, pode-se concluir que a modelagem em sala de aula tem por objetivo principal possibilitar ao aluno que visualize o processo de construção da ciência. Acredita-se que a aproximação da sala de aula com o trabalho científico pode favorecer o processo de ensino e aprendizagem de ciências e matemática.

3.2 MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem matemática não é prática recente da Matemática, na verdade tem consistido no principal meio do que chamamos de Matemática Aplicada. Conforme lembra Bassanezi (2014), em suma, a modelagem matemática é a arte de expressar situações-problema do nosso meio por meio da linguagem matemática a fim de interpretar os fenômenos naturais e sociais. Esse processo consiste na

criação de modelos. Na verdade, não só na matemática que se encontram modelos, mas também em outras áreas, tais como: Artes, História, Economia, Moda, Literatura, etc.

Ainda conforme Biembengut e Hein (2011), no que tange à matemática, existem situações do mundo real que requerem soluções e decisões. Alguns desses problemas possuem solução quase que imediata, por meio da compreensão de uma matemática elementar como, por exemplo, a área de uma forma retangular ou o cálculo dos juros de uma determinada operação financeira. Todavia, há os problemas que necessitam de análise aprofundada, aparecem imersos em outras áreas, assim é necessário verificar as variáveis envolvidas como, por exemplo, os problemas tratados pela Biomatemática.

Seja qual for o caso, a resolução de um problema, em geral quando quantificado, requer uma reformulação matemática detalhada. Nessa perspectiva, um conjunto de símbolos e relações matemáticas que procura traduzir, de alguma forma, um fenômeno em questão ou problema de situação real, denomina-se “modelo matemático”. (BIEMBENGUT; HEIN, 2011, p. 12).

Dessa forma, Biembengut e Hein (op. cit.) afirmam que a modelagem matemática é o processo pelo qual se obtém o modelo matemático. Além de conhecimento matemático, esse trabalho demanda criatividade e intuição. Um modelo tende a ser mais sofisticado se maior for o conhecimento matemático de quem o elabora.

Para Bassanezi (2014, p. 20), modelo matemático é um “conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado”. O mesmo autor ainda identifica quatro tipificações para os modelos matemáticos, citados a seguir.

- Linear ou não linear, de acordo com as equações iniciais.
- Estático quando representa a forma do objeto ou Dinâmico quando simula variações dos estágios do fenômeno.
- Educacional se apresenta um número reduzido de suposições simples, utilizado principalmente para aquisição de experiência com a modelagem, ou Aplicativo se baseado em hipóteses realísticas, possuindo inter-relações de variáveis. É esse tipo de modelo sobre o qual o presente projeto se detém.

- Determinístico quando se assume que existem informações suficientes em um determinado momento e, com isso se admite poder prever o futuro do sistema precisamente. Ou estocástico quando descrevem a dinâmica de um sistema em termos probabilísticos.

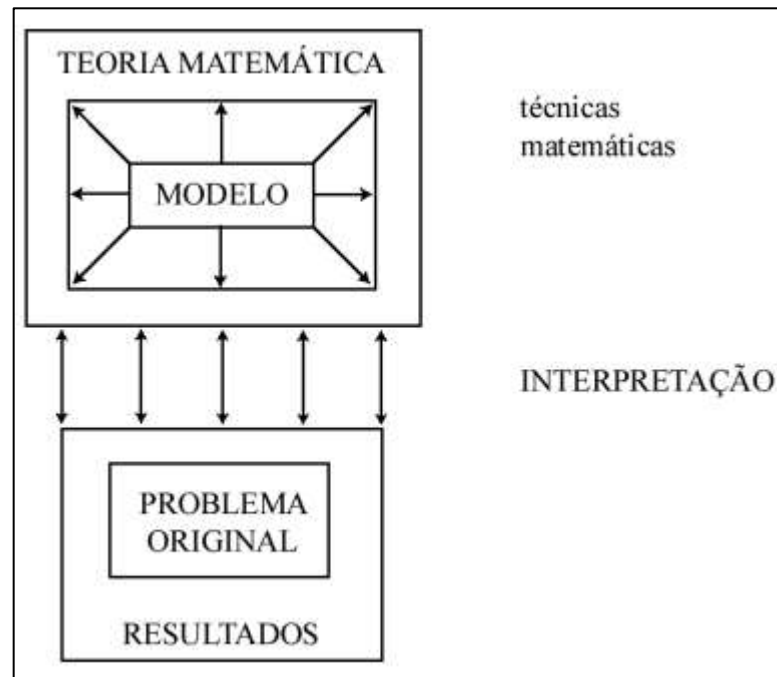
Ainda conforme Bassanezi (2014, p. 24), a modelagem matemática consiste em “um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos”. Entretanto, o autor alerta que é necessário sempre ter em mente que os modelos obtidos são aproximações da realidade, e só assim a modelagem se torna eficiente.

Em muitos casos, a introdução de um simbolismo matemático exagerado pode ser mais destrutivo que esclarecedor (seria o mesmo que utilizar granadas para matar pulgas!) O conteúdo e a linguagem matemática utilizados devem ser equilibrados e circunscritos tanto ao tipo de problema como ao objetivo que se propõe alcançar. Salientamos que, mesmo numa situação de pesquisa, a modelagem matemática tem várias restrições e seu uso é adequado se de fato contribuir para o desenvolvimento e compreensão do fenômeno analisado. (BASSANEZI, 2014, p. 25).

Portanto, deve-se ter em mente quais as hipóteses assumidas no processo de modelagem, as variáveis consideradas, bem como os possíveis erros cometidos devido às aproximações. Conforme o mesmo autor, tendo-se como pressuposto que as ciências possuem ao mesmo tempo as dimensões empírica e teórica, o impulsionamento por indicações (informações) empíricas aliado à atividade criadora a procura de leis por meio da lógica e ferramentas matemáticas, potencializa a construção de saberes.

Nessa perspectiva, Bassanezi (2014, p. 25) resume o processo de modelagem no esquema reproduzido a seguir.

Figura 4 – Processo de modelagem



Fonte: Bassanezi (2014, p. 25).

Pode-se dizer, portanto, que o processo de modelagem visa interpretar um problema do mundo da realidade. Por meio da linguagem matemática, então, busca-se uma transposição desse problema e uma solução para ele por meio da utilização de técnicas específicas dessa área. Entretanto, como pode ser observado na figura anterior, as setas possuem duplo sentido, o que representa a necessidade de interpretação dessa solução na linguagem original do problema. Na verdade, não só a solução, é necessário durante os processos matemáticos interpretar os procedimentos matemáticos na linguagem do fenômeno original, possibilitando argumentos matemáticos claros e adequados ao problema original.

Nesse sentido, observa-se que a modelagem matemática é uma ferramenta poderosa que contribui para o desenvolvimento científico e a compreensão dos fenômenos que nos cercam. Parafraseando Biembengut e Hein (2011), pode-se dizer que a modelagem matemática é um meio pelo qual a realidade e a matemática interagem.

Para Bassanezi (2014, p. 18) a ciência contemporânea é, todavia, resultado de “experiências planejadas e auxiliadas por teorias sujeitas à evolução”. Isto quer

dizer que a validade ou consistência de uma teoria muitas vezes depende diretamente da linguagem matemática que a envolve. O que se espera de um modelo matemático é que represente a realidade analisada.

O objetivo fundamental do “uso” de matemática é de fato extrair a parte essencial da situação-problema e formalizá-la em um contexto abstrato onde o pensamento possa ser absorvido com uma extraordinária economia de linguagem. Desta forma, a matemática pode ser vista como um instrumento intelectual capaz de sintetizar ideias concebidas em situações empíricas que estão quase sempre camufladas num emaranhado de variáveis de menor importância. (BASSANEZI, 2014, p. 18).

O mesmo autor ainda afirma que ciências como a Física, a Astrofísica e a Química, já se encontram atualmente matematizadas de forma teórica. O processo de matematização das Ciências Biológicas encontra-se em expansão, sendo utilizada para modelar a dinâmica de populações, a epidemiologia, a ecologia, a neurologia, a genética e os processos fisiológicos. Todavia, o mesmo ainda não é possível afirmar sobre as Ciências Sociais, apesar de já terem avançado significativamente na utilização de métodos estatísticos próprios.

A seguir apresentam-se as etapas da modelagem matemática elencadas por Bassanezi (2014), a saber: 1 - experimentação, 2 - abstração, 3 - resolução, 4 - validação, 5 - modificação.

1 – Experimentação: Trata-se de uma atividade essencialmente laboratorial que tem como objetivo a obtenção de dados. Os métodos de experimentação em geral são definidos levando em conta a natureza do experimento e o objetivo da pesquisa.

2 – Abstração: Atividade pela qual são formulados Modelos Matemáticos. Nessa fase são estabelecidos:

a. Seleção de variáveis: os conceitos e variáveis envolvidos no problema são definidos.

b. Problematização: refere-se à formulação de problemas teóricos em uma linguagem própria e de acordo com a (s) área (s) envolvida (s).

c. Formulação de hipóteses: geralmente são formulações amplas que permitem deduzir manifestações empíricas específicas. A sua geração se dá de distintas formas, entre as quais se citam: observação dos fatos, comparação com outros estudos, experiência pessoal do pesquisador, dedução lógica, analogia de sistemas.

d. Simplificação: Como o próprio nome diz, trata-se de simplificar o processo de modelagem por meio da restrição do problema estudado que costuma ser complexo.

3 – Resolução: corresponde à resolução do modelo, atividade própria do matemático que pode estar totalmente desvinculado da realidade representada. Em geral, refere-se à resolução de equações (de variações discretas ou diferenciais) advindas das hipóteses previamente determinadas.

4 – Validação: é o processo de avaliação do modelo. Devem-se testar os modelos produzidos, confrontando-os com as hipóteses e os dados coletados no sistema real. Um modelo deve minimamente atender de forma satisfatória os dados iniciais, para ser considerado bom necessita facilitar as previsões ou sugerir aperfeiçoamentos do modelo.

5 – Modificação: Nenhum modelo deve ser considerado definitivo, imutável. Pelo contrário, o modelo pode ser aceito ou rejeitado de acordo com as condições iniciais.

Cabe esclarecer que Bassanezi (2014) também se refere a essas etapas como atividades intelectuais da modelagem, afinal a busca de um modelo matemático que melhor descreva o problema estudado é um processo dinâmico.

Até o momento discorreu-se essencialmente sobre a modelagem com foco em seu uso enquanto metodologia científica. Mais especificamente, poder-se-ia dizer que se estava descrevendo a atividade do que se denomina de Matemática Aplicada Moderna a qual “pode ser considerada como a arte de aplicar matemática a situações problemáticas, usando como processo comum a modelagem matemática” (BASSANEZI, 2014, p. 32). Cabe, então, focar na discussão sobre como se dá a modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem.

Para Bassanezi (op. cit.) a modelagem não se limita a um método científico de pesquisa, mas também pode consistir em uma estratégia de ensino e aprendizagem, a qual tem se mostrado muito eficaz. Alguns autores como Biembengut e Hein (2014) e Bassanezi (2014) preferem utilizar a denominação modelação matemática ao se referir à modelagem matemática no ensino e aprendizagem. No presente trabalho, será utilizado o termo modelagem, porém especificando tratar-se da perspectiva do ensino.

No que se refere à utilização de seus princípios no âmbito da educação escolar, do processo de ensino e aprendizagem da matemática, ainda é um campo a ser mais bem estudado e, sobretudo, levado à prática nas salas de aula.

No processo evolutivo da Educação Matemática, a inclusão de aspectos de aplicações e mais recentemente, resolução de problemas e modelagem, têm sido defendida por várias pessoas envolvidas com o ensino da matemática. Isto significa, entre outras coisas, que a matéria deve ser ensinada de um modo significativo matematicamente, considerando as próprias realidades do sistema educacional. (BASSANEZI, 2014, p. 36).

Nesse sentido, o mesmo autor aponta alguns principais argumentos para a utilização da modelagem matemática no ensino e aprendizagem.

- 1- Argumento formativo: à medida que enfatiza aplicações e a resolução de problemas contribui para desenvolver nos estudantes as capacidades de exploração e criação.
- 2- Argumento de competência ética: a modelagem contribui para que na vida real os alunos tomem decisões, formando juízos próprios, por meio de aplicações com conceitos matemáticos.
- 3- Argumento de utilidade: a modelagem possibilita ao aluno utilizar ferramentas matemáticas para resolver problemas em diferentes situações e áreas.
- 4- Argumento intrínseco: a modelagem, resolução de problemas e aplicações possibilitam ao aluno compreender nuances e facetas da matemática.
- 5- Argumento da aprendizagem: os processos aplicativos da matemática garantem uma melhor compreensão de seus conceitos.
- 6- Argumento de alternativa epistemológica: a modelagem matemática relaciona-se com a perspectiva da Etnomatemática proposta pelo educador Ubiratan D'Ambrósio, à medida que representa uma alternativa metodológica mais adequada às distintas realidades socioculturais.

Todavia, conforme Bassanezi (2014) também existem três tipos de obstáculos a serem superados no trabalho com modelagem, os quais são descritos a seguir.

- a- Obstáculos instrucionais: os cursos regulares costumam apresentar uma grade curricular fixa, na qual cada componente requer o estudo de conceitos específicos. Além disso, alguns professores parecem acreditar que o ensino da matemática deve tratar unicamente dos conceitos matemáticos, sem a necessidade de se verificar as suas relações com as demais áreas.

b- Obstáculos para os estudantes: a modelagem matemática não é usual em sala de aula e, dessa maneira, as primeiras experiências nesse sentido podem representar dificuldades aos alunos, inclusive tornando-os apáticos para com essa metodologia. Trata-se de uma ruptura com o ensino tradicional caracterizado pela “transmissão de conhecimentos” do professor ao aluno. Além disso, o tema trabalhado na modelagem pode ser desinteressante a alguns alunos da classe.

c- Obstáculos para os professores: Muitos professores não se sentem preparados para trabalhar com a modelagem matemática, por falta de conhecimento do processo ou medo de se confrontarem com situações em que lhes possa faltar o conhecimento de como proceder. Além disso, possuem receio em “perder” muito tempo para preparar e desenvolver essas aulas e, assim, não cumprir o programa do curso.

Conforme descrito anteriormente, a existência desse último tipo de obstáculos reforça a justificativa em realizar o presente trabalho. Afinal, dificilmente um professor irá trabalhar com a modelagem matemática sem compreender o que é, de que forma utilizar, suas potencialidades e desafios para a sala de aula de ciências e matemática. Conforme Almeida, Silva e Vertuan (2013) não se pode ignorar que as atividades investigativas proporcionadas pela modelagem matemática geram uma “zona de risco” aos professores. Segundo os mesmos autores, pesquisas revelam que muitos professores se encontram em uma “zona de conforto”, em que possuem um domínio das situações rotineiras de suas salas de aula, há previsibilidade das situações e das medidas adotadas. Para superar esse tipo de obstáculo é necessário investir na formação do professor. Para Borba e Penteadó (2010) o suporte ao professor frente a esses riscos necessita ser constante, de modo que o possibilite investir em ousadia e flexibilidade para reorganizar suas atividades.

Bassanezi (2014) lembra que ao considerar a modelagem uma estratégia de ensino e aprendizagem, o objetivo dessa atividade é a descoberta das relações e conceitos matemáticos envolvidos e utilizados no processo, e não a descoberta do modelo em si. Inclusive, para o mesmo autor, na modelagem com vistas ao ensino de matemática, a validação de um modelo pode não ser uma etapa obrigatória.

Mais importante do que os modelos obtidos é o processo utilizado, a análise crítica e sua inserção no contexto sociocultural. O fenômeno modelado deve servir de pano de fundo ou motivação para o aprendizado das técnicas e

conteúdos da própria matemática. As discussões sobre o tema escolhido favorecem a preparação do estudante como elemento participativo da sociedade em que vive. (BASSANEZI, 2014, p. 38).

Cabe discutir qual a melhor forma de aprender modelagem. Para Bassanezi (op. cit.) é fazendo modelagem, preferencialmente com alguém mais experiente. Para tanto aponta alguns procedimentos gerais a serem considerados em modelagem:

- aquisição de técnicas básicas e teoria (utilização do “dicionário” bilíngue: linguagem usual – matemática, matemática – linguagem usual);
- estudo de problemas clássicos;
- emprego de técnicas conhecidas em situações novas;
- questionamento ou crítica a respeito da fabilidade de modelos clássicos;
- improvisação de novas técnicas quando as existentes são inadequadas;
- abstração de princípios unificadores para certas situações;
- formulação de problemas em termos matemáticos;
- organização de material (dados experimentais, bibliográficos, etc.);
- cooperação com especialistas de outras áreas. (BASSANEZI, 2014, p. 45).

Nessa perspectiva, o mesmo autor ao abordar o tema dos cursos de aperfeiçoamento de professores para o trabalho com modelagem em sala de aula, destaca que esses profissionais ao procurarem esses cursos o fazem com o intuito de melhorar as suas práticas, aprender novas técnicas de ensino, de ordenar o conteúdo matemático, de avaliar a aprendizagem. Dessa forma, acredita que esses cursos não devam somente visar ampliar o conhecimento matemático dos participantes, mas também desenvolver a forma de pensar e agir enquanto professores.

Nesse sentido Meyer, Caldeira e Malheiros (2013, p. 65) alertam que a formação do professor sobre a modelagem matemática:

[...] significa pensar que possa existir uma determinada concepção que sustente teoricamente, mas também uma prática – uma pedagogia – que leve em conta aspectos relacionados não somente à Matemática por ela mesma, mas também a possibilidade de ela ser incorporada, na sala de aula, como um elemento que possa ser visto da mesma forma como uma ferramenta para compreensão e tomada de decisão na realidade vivida pelos atores do processo, no caso estudantes e professores, fazendo uso ou não das tecnologias usualmente aceitas pela sociedade.

Os mesmos autores ainda afirmam que é preciso inicialmente fornecer aos professores subsídios para que identifiquem a modelagem como uma possibilidade metodológica para o ensino e a aprendizagem de matemática. Em seguida, buscar

desmistificar alguns paradigmas sobre a natureza da matemática, em especial de que serve unicamente para desenvolver o raciocínio humano.

O trabalho que se pretendeu realizar a partir do presente projeto de pesquisa consistiu em discutir com os professores (alunos da disciplina) a relação entre a modelagem científica e a modelagem matemática. Teve-se por objetivo contribuir para desmitificar algumas ideias sobre a matemática, em especial no que se refere que esta seria apenas uma ferramenta acessória, ou então de que não possui importância para as ciências.

3.3 O PAPEL DA MODELAGEM MATEMÁTICA NA MODELAGEM CIENTÍFICA

Antes de tudo cabe realizar uma retomada elencando os pontos convergentes entre as ideias apresentadas até o momento sobre modelagem científica e modelagem matemática. Uma primeira constatação está na convergência de suas definições e objetivos, isto é, buscam uma representação da realidade observada (objetos, sistemas, etc.). Além disso, os modelos não são únicos, isto é, há uma diversidade de modelos que podem representar determinada situação.

Outro ponto convergente refere-se à defesa em torno de um ensino de ciências e matemática alicerçado em bases construtivistas. A modelagem científica busca contribuir para uma visão mais próxima do trabalho científico, ou seja, uma ciência que não é acabada, “descoberta” por gênios, restrita há poucos, infalível. Por sua vez, a modelagem matemática também busca um aluno mais ativo em seu processo de aprendizagem e, além disso, construir conceitos matemáticos de forma dinâmica em um processo de cooperação entre o educador e o educando (KLÜBLER, 2010). De acordo com o mesmo autor, no caso da modelagem matemática também é almejada uma aproximação com o trabalho do matemático, pois se busca com ela construir conteúdos a partir dos problemas, e não o contrário como geralmente acontece nas salas de aulas.

Outro ponto que se buscou destacar em ambas as modelagens refere-se à necessidade da formação de professores para o trabalho em sala de aula, em especial a da EB brasileira. As modelagens são consideradas possibilidades metodológicas para o ensino. Entretanto, são raramente utilizadas pelos educadores, por motivos semelhantes, tais como: desconhecimento, angústia e receio em sua utilização (afinal preveem instabilidade na construção dos conceitos),

a formação inicial do professor em geral ainda é realizada de maneira disciplinar, tradicional e fragmentada.

Mas, afinal, por que abordar as modelagens científica e matemática conjuntamente na disciplina proposta no presente projeto? Trata-se, sobretudo, da convicção da necessidade de trabalho interdisciplinar (ou minimamente contextualizado), a matemática não pode ser tratada de forma isolada, dando a entender que está simplesmente sujeita às necessidades das demais ciências. Pelo contrário, pode ser construída conjuntamente às demais ciências. Isso poderia parecer utópico, afinal a realidade que se observa nas escolas é completamente diferente. Entretanto, acredita-se que a partir de uma melhor formação docente pode-se caminhar em direção a uma melhora nesse quadro.

Além disso, conforme Moreira (2014) a construção dos modelos científicos geralmente requer algum nível de modelagem matemática.

A modelagem matemática está sempre presente na construção de teorias científicas, em particular de teorias físicas. Em decorrência, a modelagem matemática deveria também estar sempre presente no ensino de ciências, particularmente da Física. (MOREIRA, 2014, p. 10).

Nesse sentido, Moreira (2014) critica as práticas de ensino nas quais os modelos são apresentados nos seus formatos finais, cabendo aos alunos aceitarem essas construções científicas como se fossem definitivas e reproduzirem-nas. Em contraposição, defende que sejam abordadas de forma conjunta, valorizando as relações existentes entre a matemática e as ciências. Poder-se-ia, portanto, dizer que se busca que o aluno construa uma visão holística do conhecimento científico.

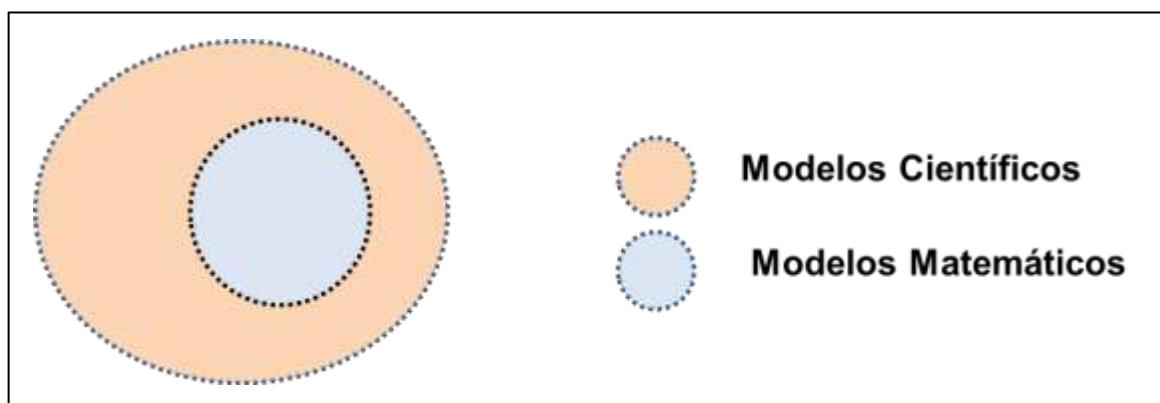
A relação entre as modelagens pode ser observada no trabalho de Greca e Moreira (2001). Mais especificamente, abordam as relações entre modelos físicos, matemáticos e mentais na perspectiva do ensino e da aprendizagem de ciências. Ao debruçar-se sobre este trabalho, Santarosa (2013) afirma que se nota um papel subordinado da matemática no processo de entendimento dos fenômenos físicos.

Portanto, este papel de subordinação não exclui a Matemática do contexto da Física. Ao contrário, a relação de incorporação argumentada pelos autores caracteriza o Modelo Matemático como um conjunto que está contido num conjunto maior, referente ao conjunto dos Modelos Físicos, sendo que a intersecção destes conjuntos não é vazia, mas o próprio conjunto referente aos Modelos Matemáticos. No entanto, o complementar do conjunto referente aos Modelos Matemáticos com relação ao conjunto referente aos Modelos Físicos é a parte que não contém a Matemática, mas

que está contida no universo Físico. O conjunto referente aos Modelos Mentais é ainda mais subordinante, por conter os demais. (SANTAROSA, 2013, p. 44-45).

Nesse sentido, Santarosa (2013) conclui que esta visão possibilita acreditar na integração dos conteúdos de física e de matemática. Acredita-se que de forma análoga, também se pode pensar na relação entre a matemática e a biologia, a matemática e a música, e outras áreas do conhecimento. Isso significa que um problema físico, químico ou biológico, por exemplo, pode ser modelado por meio da matemática e este será um modelo científico. A figura a seguir ilustra essa relação entre esses modelos.

Figura 5 – Relação entre modelos matemáticos e científicos



Fonte: Halberstadt, Santarosa, Garcia (2020)

Poder-se-ia, então, argumentar que não seria necessário distinguir os termos modelagem científica e modelagem matemática de acordo com o que se pretende investigar no presente trabalho, inclusive porque, conforme se buscou descrever anteriormente, há convergência de propósitos e resultados quando analisados os principais referenciais sobre ambas as modelagens. Entretanto, acredita-se que essa distinção seja importante, pois, apesar de não ser objeto de estudo do presente trabalho, na perspectiva teórica assumida, existem modelos científicos que não fazem uso da matemática.

Nesse sentido, uma discussão fundamental a ser realizada é o papel dos modelos matemáticos na educação científica. Para Barbosa (2009) diversas áreas como a Biologia, Química, Geografia, Geologia possuem modelos matemáticos. Entretanto, para o autor é necessário discutir a visão de que o modelo matemático representa uma realidade do “mundo real”, afinal “pressupõe uma possível separação entre o reino da matemática e o de uma suposta realidade independente, a qual, por sua vez, revela seus padrões por meio da matemática” (BARBOSA, 2009). Em contraposição, afirma que diferentes estudos têm se dedicado a explicitar que a matemática faz parte do mundo real e, por conseguinte, os modelos matemáticos são sempre uma representação enviesada.

Com isso, o que sugere Barbosa (2009) é repensar a utilização dos modelos matemáticos na educação científica, afinal, segundo o autor, a concepção que aproxima a modelagem à realidade poderia potencializar determinadas visões no ensino e na aprendizagem. Mais especificamente, visões nas quais a matemática é a “rainha das ciências”, isto é, sobrepõe-se a outros argumentos e valida o que é real ou não.

Dessa forma, por meio da análise de discursos pedagógicos, Barbosa (2009) define três²⁹ diferentes utilizações (papéis) dos modelos matemáticos no ensino de ciências, a saber: modelo matemático como justificativa, modelo matemático como definição, modelo matemático como estruturante. O primeiro papel refere-se ao modelo matemático que é utilizado como justificativa para a introdução de um novo conceito. Como exemplo apresenta uma modelagem para o conceito físico de inércia partindo de um experimento no qual uma bola rola sobre uma rampa. Por meio do gráfico posição em função do tempo (modelo matemático nesse caso), os alunos podem concluir pelo princípio da inércia, isto é, que um objeto em movimento tende a continuar em movimento a menos que uma força atue sobre ele. Nesse caso, para o autor “as partes da tarefa – introdução do professor, coleta de dados, representação matemática, interpretação, conclusão – estão organizadas para legitimar uma certa conclusão” (BARBOSA, 2009, p. 76-77). Assim, os argumentos matemáticos legitimam os procedimentos e a conclusão da modelagem, provendo veracidade às decisões tomadas e à aceitação do novo conceito, nesse caso o princípio da inércia.

²⁹ Apesar de encontrar três tipos de utilizações, o autor defende que possam existir outras.

O segundo caso – modelo matemático como definição – é exemplificado por Barbosa pelo estudo do equilíbrio químico no EM. Ao se pensar em uma reação qualquer, com a , b , y e z coeficientes estequiométricos, do tipo



A fórmula a seguir é apresentada como definição de constante de equilíbrio:

$$K_c = \frac{[Y]^y \cdot [Z]^z}{[A]^a \cdot [B]^b} \quad (2)$$

Nesse caso, o modelo matemático não subsidia a introdução de um conceito como no caso anterior (inércia), ele é o próprio conceito de constante de equilíbrio. Para Barbosa (2009), nesse caso há um controle ainda maior sobre o que os alunos podem questionar. Na verdade, os alunos pouco se envolvem com a modelagem, mas precisam dominar o modelo matemático apresentado.

Por fim, o terceiro caso se refere ao modelo matemático como estruturante. Barbosa (op. cit.) apresenta como exemplo o estudo biológico da dinâmica populacional por meio do modelo logístico representado pela equação diferencial

$$\frac{dX}{dt} = rX \left(1 - \frac{X}{M} \right) \quad (3)$$

na qual X é o crescimento populacional no decorrer do tempo t , r a constante de proporcionalidade e M é o valor limite da população.

Nesse caso, o aluno pode ele mesmo encontrar diversas conclusões biológicas a partir do modelo matemático (a população em determinado tempo, a taxa de crescimento, etc.). Para Barbosa (2009) esse é um exemplo de que a matemática pode ter um discurso pedagógico mais ativo na educação científica.

Com base nas ideias apontadas por Barbosa (2009), mais uma vez argumenta-se que o processo de modelagem de fenômenos científicos por meio de modelos matemáticos (e vice-versa) deve valorizar a interação entre os conceitos científicos e matemáticos. A complexidade do conhecimento é que leva a acreditar que esse tipo de abordagem possa desnudar algumas relações conceituais não

perceptíveis quando os conceitos matemáticos e científicos são tratados separadamente.

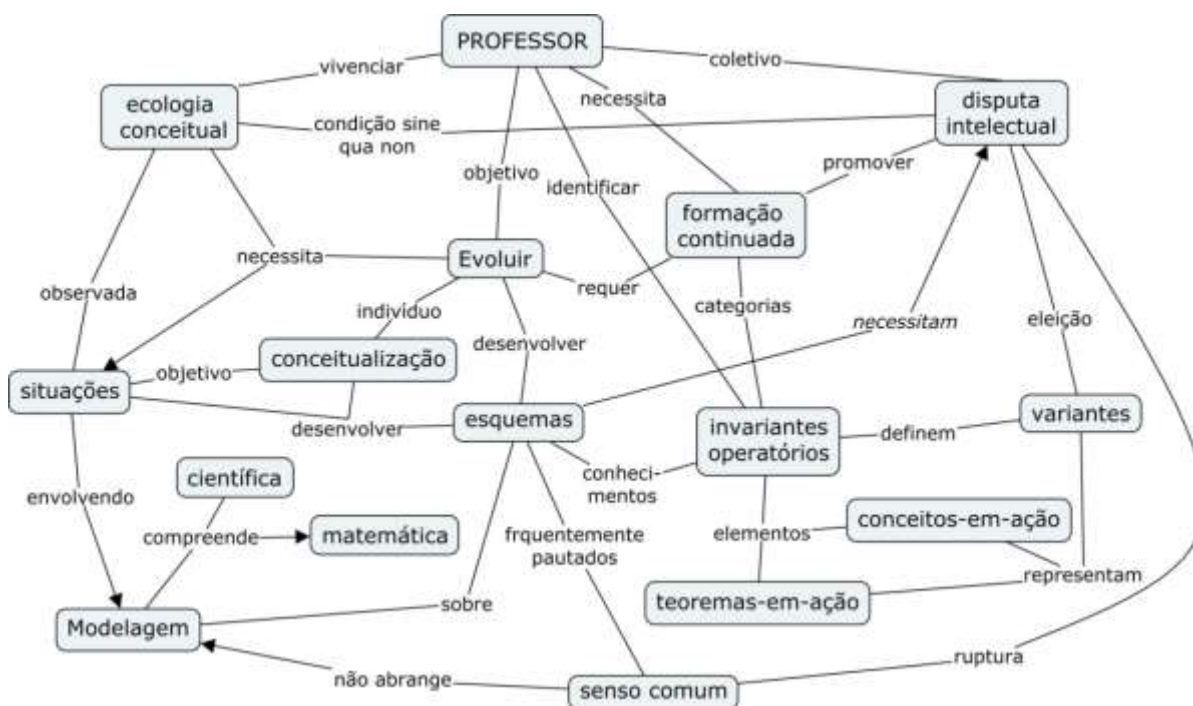
Dessa maneira, pode-se dizer que quando se pensa em modelagem matemática é necessário considerar também a modelagem científica. O presente trabalho se debruça sobre essa relação por se acreditar em seu potencial para o ensino de ciências e matemática.

Retomando o que já foi exposto nesse trabalho, busca-se analisar as relações atribuídas por professores sobre a modelagem em uma disciplina a ser construída e ofertada no PPGECQVS da UFSM. Esse processo se deu à luz da epistemologia evolucionista de Toulmin e teoricamente orientado pela TCC de Vergnaud.

Antecipadamente, esclarece-se que ao longo do presente trabalho buscaram-se utilizar algumas estratégias facilitadoras de aprendizagem, entre elas o V de Gowin e os mapas conceituais. Essa utilização se deu tanto na concepção e planejamento da pesquisa, bem como nas próprias situações propostas para a disciplina ministrada.

Quanto aos mapas conceituais, segundo Moreira (2016, p. 4) são “diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso”. Trata-se de uma técnica desenvolvida por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell (Estados Unidos) em meados da década de setenta. Sua utilização é ampla, podendo ocorrer em diversas situações, dentre as quais, citam-se: estruturação de aulas, cursos, sequências de atividades; análise de documentos como artigos e livros; avaliação discente; planejamento e estruturação de pesquisas. Considerando esta última utilização, na figura a seguir, apresenta-se o mapa conceitual elaborado com os principais conceitos para o presente trabalho e as relações entre eles.

Figura 6 – Mapa conceitual da pesquisa



Fonte: O autor.

De forma sucinta, podem-se resumir as relações presentes no mapa assim:

A formação continuada do professor necessita estar ancorada em uma ecologia conceitual caracterizada especialmente por uma diversidade de ideias, visões e possibilidades didáticas para o ensino e a aprendizagem de matemática. As situações propostas aos professores devem promover uma disputa intelectual, visando que possam romper com o senso comum a partir da conceitualização, construindo novos esquemas inclusive sobre as relações entre as modelagens científica e matemática. A investigação sobre esse processo pode acontecer a partir do estudo dos invariantes operatórios envolvidos (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação).

O parágrafo anterior, apesar de não esmiuçar todas as relações existentes no mapa, fornece uma visão sobre os principais princípios e marcos teóricos no quais a presente pesquisa se funda.

No capítulo seguinte, são detalhados os caminhos metodológicos escolhidos que guiaram a pesquisa.

4 PERCURSOS METODOLÓGICOS

4.1 PESQUISA QUALITATIVA

O presente trabalho resulta do interesse em investigar as contribuições para a formação continuada de professores de uma disciplina ofertada no âmbito do PPGECQVS da UFSM. Nessa perspectiva, adotou-se uma pesquisa de cunho qualitativo. Segundo Moreira (2003) a principal característica da pesquisa qualitativa é a interpretação do pesquisador sobre os dados e informações coletadas, tanto que alguns pesquisadores preferem denominá-la de interpretativa.

O investigador interpretativo observa participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, registrando eventos – talvez através de audiotapes ou de videotapes -- coletando documentos tais como trabalhos de alunos, materiais distribuídos pelo professor, ocupa-se não de uma amostra no sentido quantitativo, mas de grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando escrutinar exaustivamente determinada instância tentando descobrir o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares. (MOREIRA, 2003, p. 24).

O investigador interpretativo deve, portanto, descrever exaustivamente e detalhadamente indícios que podem auxiliar na resposta do problema de pesquisa.

Os dados obtidos por meio dessa participação ativa são de natureza qualitativa e analisados de forma correspondente. As hipóteses são geradas durante o processo investigativo. O pesquisador busca universais concretos alcançados através do estudo profundo de casos particulares e da comparação desse caso com outros estudados também com grande profundidade. (MOREIRA, 2011, p. 76).

O observador assume uma postura participativa a partir de sua imersão no fenômeno investigado, a qual conduz à “interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos às suas ações em uma realidade socialmente construída” (MOREIRA, 2011, p. 76). A profundidade das hipóteses oriundas desse processo depende da interpretação do pesquisador dos dados coletados.

Essas considerações convergem com o que afirmam Bogdan e Biklen (1994). Para estes autores as pesquisas qualitativas possuem cinco características. Não se trata de definir se a pesquisa é ou não qualitativa, mas uma questão de grau, isto é,

o que se deseja é que estas sejam características de uma pesquisa qualitativa. A seguir apresentam-se resumidamente estas características:

- A fonte direta de dados é o ambiente natural e, assim, o pesquisador constitui-se como o principal instrumento. O pesquisador necessita mergulhar no ambiente pesquisado, afinal se parte do pressuposto de que o comportamento humano é fortemente influenciado pelo meio em que ocorre, é necessário considerar o contexto da pesquisa. É nesse sentido que se justifica a imersão do pesquisador do presente projeto no ambiente de pesquisa. Pesquisador e orientadora planejaram e elaboraram a disciplina ofertada no âmbito dessa pesquisa. A orientadora foi a professora responsável pela disciplina sobre modelagem a ser ofertada. O pesquisador e a orientadora ministraram as aulas, de acordo com um planejamento prévio. Além disso, o pesquisador foi responsável pelo levantamento de indícios que contribuíram para a resolução do problema de pesquisa.

- A investigação qualitativa é descritiva. Os dados recolhidos pelo pesquisador não foram em forma de números ou dados estatísticos. Conforme Bogdan e Biklen (1994, p. 49), “A descrição funciona bem como método de recolha de dados, quando se pretende que nenhum detalhe escape ao escrutínio”. Coube ao pesquisador com base nas produções dos professores participantes da disciplina, transcrições de entrevistas e de gravações das aulas, fotografias e registros oficiais, analisar e narrar o seu modelo interpretativo sobre esses dados.

- O maior interesse do pesquisador está no processo do que simplesmente no produto ou resultados finais. O problema de pesquisa investigado não é passível de avaliação única por meio de uma prova, teste final ou algo do tipo. Assume-se na pesquisa que a formação continuada de professores é um processo gradual, assim o que se buscam são indícios de possíveis fatores que contribuam para este processo.

- Os pesquisadores qualitativos tendem a analisar os dados obtidos de forma indutiva, isto é, os dados coletados não se destinam a comprovar ou infirmar hipóteses prévias. Pelo contrário, as abstrações são construídas ao longo do processo, mediante agrupamento dos dados. O pesquisador qualitativo “não presume que se sabe o suficiente para reconhecer as questões importantes antes

de efetuar a investigação” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 50). No que tange a presente pesquisa, apesar do interesse prévio na investigação da modelagem no ensino e na aprendizagem de ciências e matemática, apesar de se adotar categorias *a priori* para o processo de categorização da ATD, que será descrito logo adiante, não se estabeleceu previamente o conteúdo em si de cada categoria, e também não foi descartado a possibilidade do surgimento de novas categorias, diferentes das pré-definidas.

- O significado é o cerne da pesquisa qualitativa. É essencial considerar as diferentes perspectivas sobre as quais se podem explicar os processos humanos e, portanto, a visão de mundo do pesquisador, a interpretação que imprime sobre estas influem na forma de explicar os significados que os indivíduos atribuem. No caso específico da presente pesquisa, os significados de interesse da investigação referem-se essencialmente às concepções prévias desses professores em relação à modelagem no ensino e na aprendizagem de ciências e matemática e as contribuições da disciplina para reflexões em torno desta temática.

4.2 ESTUDO DE CAMPO DO TIPO ESTUDO DE CASO

Fiorentini e Lorenzato (2009, p. 61) propõem considerar o ambiente no qual a pesquisa é desenvolvida.

Se a questão de pesquisa só pode ser efetivamente respondida mediante a realização de um experimento ou da coleta de informações/dados empíricos ou de inserção/intervenção no ambiente a ser estudado, então dizemos que a pesquisa será de campo ou de laboratório.

Os mesmos autores ainda afirmam que esta pesquisa também pode ser denominada naturalista.

Ao descrever os estudos de campo, Gil (2002) afirma que focalizam uma comunidade de estudo, não necessariamente delimitada por sua geografia. No caso da presente pesquisa, trata-se da comunidade da disciplina a ser ofertada no PPGECQVS da UFSM.

Basicamente, a pesquisa é desenvolvida por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevista com informantes para captar

suas explicações e interpretações do que ocorre no grupo. Esses procedimentos são geralmente conjugados com muitos outros, tais como a análise de documentos, filmagem e fotografias. (GIL, 2002, p. 53).

Dentre as possibilidades de pesquisas de campo, Fiorentini, Lorenzato (2009) apresentam o estudo de caso, que, para os autores “é recomendável para a construção de hipóteses, para a confirmação ou reformulação do problema e, sobretudo, quando se quer estudar algo singular, que tenha um valor em si mesmo”. Em contrapartida Gil (2002) não considera o estudo de caso como um tipo de estudo de campo, na verdade os apresenta em um mesmo nível de classificação, diferenciando-os quanto aos seus procedimentos técnicos. Para Gil (2002, p. 54), o estudo de caso é “o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, com contornos claramente definidos, permitindo seu amplo e detalhado conhecimento”.

Salienta-se que Fiorentini e Lorenzato (2009) afirmam que o caso não necessariamente significa apenas uma pessoa, grupo ou uma escola. Pode ser qualquer sistema delimitado que apresente características peculiares e que seja de interesse do pesquisador investigá-lo. Nesta pesquisa, o caso é constituído pela investigação das potencialidades e limitações da disciplina sobre Modelagem no Ensino de Ciências na formação continuada de professores de ciências. Noutras palavras, pode-se dizer que o caso da pesquisa é uma intervenção singular (sequência de atividades e discussões a serem realizadas na disciplina), em um ambiente singular (professores participantes e natureza do curso).

Para Moreira (2011) a principal característica que define o estudo de caso é que os sistemas humanos apresentam uma integração, ou seja, não se trata simplesmente de uma colcha de retalhos, é preciso considerá-lo enquanto sistema, como o próprio nome indica. Para o autor, o estudo de caso representa, portanto, a tradição holística da pesquisa, compreender as partes requer compreender as suas inter-relações. É a partir dessa visão, que se justifica a busca em investigar e entender um caso específico (o como e o porquê das coisas) para então projetar indicadores que possam ser utilizados em outros casos e estudos. Trata-se do estudo de padrões que emergem da pesquisa e não de variáveis isoladas.

Uma crítica que tem sido registrada de forma reiterada na literatura sobre os estudos de caso, refere-se aos seus limites de generalização. Por se tratar de um estudo de um caso, algo particular em si, resultam dados os quais podem ser marginais, excêntricos, dificultando ou até impossibilitando a verificação de

hipóteses amplas (gerais). Em contrapartida, conforme Laville e Dionne (1999) mesmo os estudos que proporcionam resultados que não possam ser, *a priori*, aplicados a outros casos, podem contribuir para o entendimento de uma realidade maior (ampla).

[...] pode-se crer que, se um pesquisador se dedica a um dado caso, é muitas vezes porque ele tem razões para considerá-lo como típico de um conjunto mais amplo do qual se torna representante, que ele pensa que esse caso pode, por exemplo, ajudar a melhor compreender uma situação ou um fenômeno complexo, até mesmo um meio, uma época. (LAVILLE; DIONNE, 1999, p. 156).

No presente caso, o fenômeno mais amplo são as práticas pedagógicas na formação continuada de professores de ciências e matemática, em especial as realizadas em ambientes de disciplinas de cursos *stricto sensu*.

4.3 CARÁTER EXPLORATÓRIO E DESCRITIVO DO ESTUDO

Como dito anteriormente, esta pesquisa possui caráter interpretativo, afinal constitui-se em uma abordagem qualitativa que requer a interpretação do pesquisador sobre os significados atribuídos pelos sujeitos da pesquisa que integram o fenômeno de interesse. Em tempo, Gil (2002) apresenta outra classificação importante que condiz aos objetivos de uma pesquisa, a saber: exploratória, descritiva, explicativa.

Resumidamente, pode-se dizer que para esse autor as pesquisas exploratórias têm por objetivo tornar um problema mais explícito, construir hipóteses, descoberta de relações. As pesquisas descritivas, como o próprio nome indica, buscam a descrição de características de uma população ou de um determinado fenômeno, o que converge com visão de Bogdan e Biklen (1994) ao afirmarem que, na verdade, todas as pesquisas qualitativas devem apresentar característica descritiva, conforme explicitado anteriormente. As pesquisas explicativas centram-se na explicação da razão, o porquê das coisas, isto é, preocupam-se na identificação dos fatores que determinam ou contribuem para um determinado fenômeno.

A presente pesquisa no que se refere aos seus objetivos apresenta predominantemente características exploratórias e descritivas.

O primeiro momento da pesquisa, do ponto de vista teórico, tem como objetivo construir uma disciplina sobre modelagem para a formação continuada de professores. Nesse sentido, buscar-se-á realizar uma revisão de literatura a respeito desse tema. Além disso, no que concerne à disciplina, a etapa inicial consistirá na identificação das concepções prévias dos participantes a respeito da modelagem no ensino de ciências e matemática. Assim, pode-se dizer que estas fases da pesquisa apresentam caráter exploratório, pois visam o aprimoramento de ideias e a construção de hipóteses e intuições.

Após ministrar a disciplina e coletar os dados necessários foram descritas as concepções prévias dos professores, bem como se e como as atividades possivelmente contribuíram para uma (micro) evolução destas, isto é, parafraseando Gil (2002), visa-se verificar as características desse fenômeno.

4.4 ANÁLISE DOS REGISTROS PELA ATD

Ao final da experimentação, guiado pelos pressupostos teóricos adotados, caberá ao pesquisador narrar os resultados encontrados a partir da sua interpretação. Segundo Moreira (2011), é por meio da narrativa detalhada que o pesquisador pode imprimir credibilidade para seus modelos interpretativos. Para tanto, antes de tudo, é essencial ter bem definido quais serão seus instrumentos de coleta de dados, a saber:

- Questionário: foi solicitado aos participantes que antes do início das atividades respondessem um questionário elaborado com o intuito de investigar as concepções prévias sobre a natureza do conhecimento científico, bem como a modelagem. De forma análoga, como atividade prévia ao último encontro foi proposto que os alunos respondessem a outro questionário de modo a investigar as avaliações que realizam sobre a disciplina (atividades, atuação da professora e do pesquisador, dos conteúdos tratados, e sua própria atuação enquanto aluno).
- Diário de bordo do pesquisador: consiste no instrumento utilizado pelo pesquisador para anotar falas dos alunos, as suas observações sobre as situações (previstas ou não) que surgiram durante as aulas, as quais julgou importantes para cumprir com os objetivos da pesquisa.
- Gravações em áudio: gravaram-se todas as aulas por meio de áudio para, posteriormente, transcrevê-las. Devido ao grande material produzido (foram 15

encontros com duração de até 4 horas cada), utilizou-se como estratégia para análise desses dados, ouvir os áudios gravados e transcrever somente os trechos que foram considerados significativos para análise, isto é, as unidades de significado para a ATD, conforme será descrito adiante.

- Produções dos alunos: Foram analisadas as atividades produzidas pelos alunos mediante solicitação dos ministrantes. Tratam-se dos mapas conceituais, V de Gowin, unidades didáticas e demais materiais elaborados.

- Entrevistas: Ao final da disciplina entrevistaram-se os participantes de modo a investigar se as atividades e discussões realizadas na disciplina contribuíram para a reflexão dos participantes e, talvez, encontrar indícios de que, assim, contribuiu-se para a evolução das concepções destes em relação à temática da pesquisa. A entrevista foi do tipo semiestruturada sendo seu roteiro prévio apresentado no Apêndice B.

Para a transformação desses registros utilizou-se a ATD, que conforme Moraes (2003, p. 192) consiste em:

[...] um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução dos textos do *corpus*, a unitarização; estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização; o captar do novo emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada.

No caso presente, o *corpus* foi constituído pelos dados coletados por meio dos instrumentos enunciados anteriormente.

Foram realizadas duas ATD:

a - Uma considerando as respostas dos questionários iniciais, os mapas conceituais e discussões realizadas no primeiro encontro da disciplina. Essa análise teve como objetivo identificar as concepções prévias dos participantes sobre os temas tratados na presente pesquisa.

b - Outra levando em conta os registros produzidos nos demais encontros da disciplina a fim de investigar as possíveis contribuições da disciplina para a reflexão dos participantes em torno da temática abordada.

A ATD (b) teve por objetivo descrever se as discussões contribuíram para uma evolução conceitual por parte dos professores. Não se trata, pois, de uma mudança conceitual, afinal como descrito anteriormente, segundo Toulmin (1977) não se espera uma total revolução na forma de pensar e ou na prática docente dos participantes. O que se espera é contribuir para micro-revoluções, ou seja, proporcionar espaços e momentos para que possam refletir sobre suas práticas e projetar a modelagem como possibilidade didático-pedagógica para as suas práticas.

Dessa forma, cabe esclarecer o que representa cada um dos componentes da ATD, a saber: unitarização, categorização e captar do novo emergente.

Para Moraes e Galiazzi (2016) a unitarização refere-se, por alto, à desmontagem dos textos (no caso presente as respostas dos questionários e entrevistas, produções dos alunos e transcrições dos áudios), após sua leitura. Por meio dessa desconstrução busca-se destacar elementos constituintes os quais se consideram relevantes para a construção futura do metatexto descritivo dos significantes presentes no *corpus* analisado, ou seja, são selecionadas de acordo com os propósitos da pesquisa. Esses fragmentos são denominados de unidades de significado (de análise ou sentido).

A unitarização pode compreender três momentos distintos:

- 1 – fragmentação dos textos e codificação de cada unidade;
- 2 – reescrita de cada unidade de modo que assuma um significado, o mais completo possível em si mesma;
- 3 – atribuição de um nome ou título para cada unidade assim produzida. (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 41).

Portanto, a unitarização compreende um ciclo de intenso contato e envolvimento do pesquisador com o material que se pretende analisar.

O segundo momento – a categorização – corresponde à organização das unidades de significado anteriormente destacadas. Busca-se construir conjuntos de unidades de significação próximos, isto é, as categorias são definidas por meio da comparação entre as unidades de significado. Para tanto, podem-se utilizar diferentes níveis de categorias, que em geral são classificados em iniciais, intermediárias e finais.

Ainda, segundo Moraes e Galiazzi (2016), as categorias podem ser construídas por meio de quatro métodos, a saber: dedutivo, indutivo, a combinação

dos dois primeiros, e intuitivo. No caso do método dedutivo as categorias são definidas *a priori*, ou seja, antes mesmo de se iniciar a ATD. Nesse caso, parte-se do mais geral para o particular, pois a análise é realizada com base em um referencial previamente definido. O método indutivo prevê um caminhar do particular ao geral, ou seja, não há categorias pré-fixadas e, dessa forma, não necessariamente as possíveis teorias definidas anteriormente serão adequadas e ou suficientes para a compreensão destas. Ainda é possível realizar uma mescla dos dois métodos, isto é, definir categorias *a priori*, porém o pesquisador encaminhar transformações dessas categorias. Por fim, o método intuitivo prevê superar a racionalidade linear presente nos demais métodos por meio de *insights* do pesquisador advindos de sua intuição a partir de sua intensa impregnação com a análise dos dados.

A descrição anterior dos métodos de categorização mostra que a análise textual qualitativa pode utilizar na construção de novas compreensões dois tipos de categorias: categorias *a priori* e categorias emergentes. As primeiras correspondem a construções que o pesquisador elabora antes de realizar a análise propriamente dita dos dados. Provém das teorias em que fundamenta o trabalho e são obtidas por métodos dedutivos. Já as categorias emergentes são construções teóricas que o pesquisador elabora a partir das informações do *corpus*. Sua produção é associada aos métodos indutivos e intuitivos. Conforme já proposto anteriormente, uma terceira alternativa constitui um modelo misto de categorias. Nesse modelo o pesquisador parte de um conjunto de categorias definido *a priori*, complementando-as ou reorganizando-as a partir da análise. (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 47).

Para os autores, todos esses tipos de categorias são válidos. O importante não é o meio de produção das categorias, mas sim se permitem a compreensão aprofundada do *corpus* analisado.

O captar do novo emergente, terceiro momento da ATD, visa à construção de um metatexto analítico contendo os sentidos elaborados a partir do *corpus* analisado. Trata-se, assim, da descrição e interpretação das categorias e subcategorias que da análise resultam. É o momento de o autor apresentar seus argumentos em favor da teorização por ele construída sobre os fenômenos investigados (MORAES, GALIAZZI, 2016).

Todo o processo de Análise Textual Discursiva volta-se à produção do metatexto. A partir da unitarização e categorização do *corpus*, constrói-se a estrutura básica do metatexto. Uma vez construídas as categorias, estabelecem-se pontes entre elas, investigam-se possíveis sequências em

que poderiam ser organizadas, sempre no sentido de expressar com maior clareza as novas intuições e compreensões atingidas. Simultaneamente, o pesquisador pode ir produzindo textos parciais para as diferentes categorias que, gradativamente poderão ser integrados na estruturação do texto como um todo. A impregnação do pesquisador com o material analisado possibilitará a tomada de decisão sobre um encaminhamento adequado na construção desses metatextos. (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 54).

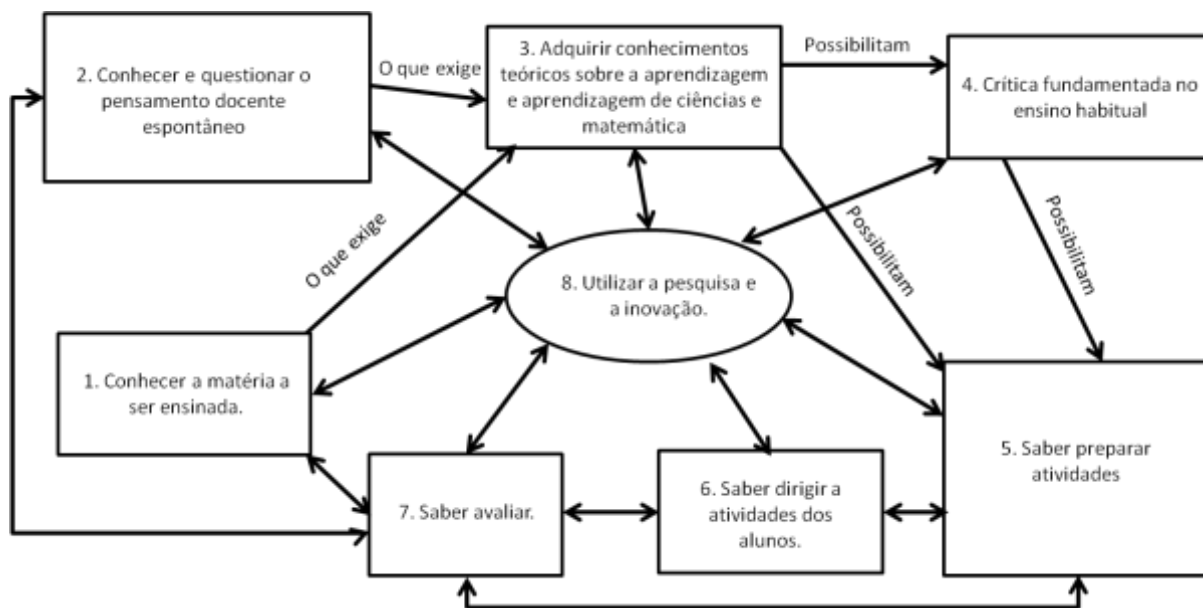
Todavia, essa escrita é permanentemente incompleta e inacabada, isto é, a cada nova imersão, reflexão e discussão, o autor deve procurar melhorá-la de forma a explicitar os significados atribuídos, comunicando-os com maior profundidade e clareza.

No que se refere às ATD propostas nesta pesquisa, (a) foi do tipo indutiva, pois não se utilizou uma classificação prévia para as concepções que os participantes da disciplina possuíam. Nesse caso, o que se objetivava é que as categorias que emergiram do processo de categorização representassem as principais características dessas concepções.

Em contrapartida, no que concerne à ATD (b) utilizou-se o método dedutivo. Isso, pois, adotaram-se como categorias *a priori* as oito necessidades formativas para o professor elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Na verdade, esses autores elaboram-nas e descrevem cada uma com foco no professor de ciências. Acredita-se que, a partir do referencial teórico descrito anteriormente sobre a formação de professores de matemática, também possam ser adotadas nesse caso. Dessa forma, a figura a seguir consiste em uma adaptação do quadro apresentado por Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 18).

O quadro resulta de pesquisa elaborada pelos autores ao indagarem quais são os conhecimentos que deveriam possuir os professores em sentido amplo de “saber” (teoria) e “saber fazer” (prática). Poder-se-ia dizer que esta indagação, na verdade, busca compreender quais conhecimentos são necessários para que o professor possa constituir uma práxis pedagógica. Lembram os mesmos autores que quando perguntado diretamente ao professor de ciências sobre esta questão, geralmente suas respostas são rasas, haja vista que sua formação fora pautada exclusivamente na transmissão de conhecimentos.

Figura 7 – O que deverão “saber” e “saber fazer” os professores de ciências e matemática



Fonte: Adaptação do Quadro 1 em Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 18).

Frente a esse problema, Carvalho e Gil-Pérez (2011) defendem a ideia de que a formação de professores deve ocorrer a partir de trabalho coletivo, na perspectiva de (auto) formação, por meio do estudo de conhecimentos advindos da pesquisa, de modo a se afastarem de visões simplistas (ou deformadas) da ciência.

É importante assinalar esta diferença, porque mostra até que ponto as carências e os erros que evidenciam nossa formação não são o resultado de incapacidades essenciais, pois ao se proporcionar aos professores a oportunidade de um trabalho coletivo de reflexão, debate e aprofundamento, suas produções podem aproximar-se aos resultados da comunidade científica. Trata-se, então, de orientar o trabalho de formação dos professores como uma pesquisa dirigida, contribuindo assim, de forma funcional e efetiva, para a transformação de suas concepções iniciais. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 15).

Com isso em mente, Carvalho e Gil-Pérez (2011) afirmam que o trabalho coletivo em grupos de professores pode proporcionar as oito contribuições descritas na figura anterior para a formação destes profissionais. Para os mesmos autores, essa nova visão é mais rica e complexa, permitindo superar as costumeiras propostas que preveem a formação continuada de professores como cursos pontuais.

Com efeito, qualquer estudo sobre metodologia e epistemologia da Ciência revela certas exigências para o trabalho científico tão amplas como as do trabalho docente; contudo, a nenhum cientista é exigido que possua o conjunto de conhecimentos e destrezas necessários para o desenvolvimento científico: é muito claro que se trata de uma tarefa coletiva. Do mesmo modo, o trabalho docente tampouco é, ou melhor, não deveria ser uma tarefa isolada, e nenhum professor deve se sentir vencido por um conjunto de saberes que, com certeza, ultrapassam as possibilidades de um ser humano. O essencial é que possa ter-se um trabalho coletivo em todo o processo de ensino/aprendizagem: da preparação das aulas até a avaliação. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 19).

Dessa forma, o que propõem os autores é que a formação coletiva de professores prime por inovação, pesquisa e formação continuada. O que se espera dessa nova perspectiva é que o ensino deixe de ser monótono, passando a ser criativo e criticamente avaliado e discutido pelos professores.

A adoção dessas oito categorias organizadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) não representam apenas um procedimento metodológico para a presente pesquisa. Enquanto categorias *a priori* elas também norteiam o planejamento da disciplina a ser ofertada, as atividades e discussões que nela serão propostas, e a sua avaliação. Dessa forma, o que se pretende é, por meio da ATD, descrever quais as contribuições que a disciplina proporcionará no que se refere a cada uma dessas categorias. Porém, conforme afirmado anteriormente, caso se considere adequado, poderão ser construídas outras categorias ou até mesmo haver modificações nas categorias *a priori* (nesse caso a categorização será a combinação dos métodos dedutivo e indutivo).

A seguir são apresentadas as principais ideias de Carvalho e Gil-Pérez (2011) em relação a cada uma das oito categorias. Além disso, busca-se relacionar essas ideias com a temática da disciplina a ser ministrada, o seu público-alvo e referencial teórico que baseia o presente trabalho.

1 - Conhecer a matéria a ser ensinada

Para Carvalho e Gil-Pérez (2011) sobre essa característica tem-se um consenso: não há como delinear um bom professor que não possua bom conhecimento sobre a matéria que leciona. Mesmo, que nos últimos anos pesquisadores nas áreas de Educação, Educação em Ciências e Educação Matemática tenham se debruçado em especial sobre os aspectos ditos “pedagógicos” da formação do professor, isso não justifica uma formação que não abranja de forma satisfatória os conhecimentos necessários em cada área do saber.

Os mesmos autores ainda alertam que a formação continuada dos professores muitas vezes ignora esse aspecto, como se fosse admissível de que a formação inicial dá conta de todos os conhecimentos necessários ao professor. Nesse caso, tem-se um reforço para que o professores de ciências e matemática cuja formação sobre a matéria a ser ensinada molde suas aulas unicamente na transmissão dos conteúdos dos livros escolares. A seguir apresentam-se os conhecimentos elencados por Carvalho e Gil-Pérez (2011) presentes nessa categoria³⁰.

A_1 – Um professor necessita conhecer a história das ciências e da matemática, os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos. Isto representa desmistificar que a ciência é constituída por construções arbitrárias, pelo contrário é preciso considerar o contexto em que são construídos os modelos científicos e as hipóteses dos pesquisadores. Isto quer dizer que se deve dar atenção para a evolução conceitual dos modelos científicos (TOULMIN, 1977). Ainda, é importante considerar os obstáculos epistemológicos vencidos ao longo da construção desses modelos, haja vista que os alunos também os poderão apresentar. Como exemplo, pode-se citar a evolução dos modelos atômicos, ou seja, é preciso evidenciar quais fatores, ideias e controvérsias impulsionaram o desenvolvimento desses modelos.

B_1 – É preciso conhecer como se dá o trabalho científico. Como os cientistas abordam os problemas? Como desenvolvem o seu trabalho? Quais aspectos metodológicos empregados e quais consequências disso? Além disso, ainda é preciso discutir sobre a validação do trabalho científico, visualizar que não se trata de um trabalho solitário, mas sim que requer a avaliação por parte de uma comunidade científica, ou seja, na perspectiva toulminiana, caracterizada por uma disputa intelectual. Acredita-se que a modelagem no ensino e na aprendizagem pode contribuir nesse aspecto à medida que busca construir modelos para um determinado problema, o que pode ser realizado na perspectiva histórica e por meio de grupos de alunos, isto é, ressaltando a ideia da ciência como uma construção

³⁰ Para as subcategorias, utilizar-se-á a nomenclatura adotada por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Por exemplo, as subcategorias da primeira categoria serão A_1 , B_1 , C_1 e, assim, sucessivamente; já, da segunda categoria, as subcategorias serão A_2 , B_2 , C_2 e, assim, sucessivamente.

humana coletiva. Além disso, outra característica da ciência que a modelagem pode evidenciar é o seu caráter investigativo.

C_1 – Conhecer as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O trabalho científico não é isolado do mundo que cerca os cientistas, na verdade ele tem influência direta sobre o meio físico e social. Toulmin (1977, p. 41, tradução nossa) apresenta visão semelhante ao afirmar que “somente podemos compreender com clareza a autoridade intelectual de nossos conceitos se levamos em conta os processos sócio históricos pelos quais se desenvolvem dentro da vida de uma cultura ou uma comunidade”.

D_1 – Ter algum conhecimento sobre os desenvolvimentos da atualidade, bem como procurar compreender conceitos de áreas relacionadas, a fim de propor interações entre os diferentes campos. Dessa forma, pode-se contribuir para uma visão ampla das ciências e da matemática, e não somente das disciplinas superespecializadas, pelo contrário o que se objetiva é a busca por uma abordagem interdisciplinar.

E_1 – O professor necessita selecionar corretamente conteúdos que despertem o interesse dos alunos e que possam contribuir para uma visão adequada da ciência. Esse aspecto é fundamental na modelagem, pois sua primeira etapa corresponde ao planejamento rigoroso, estudo por parte do professor das situações-problema que irá propor para seus alunos.

F_1 – O docente necessita estar preparado para adquirir novos conhecimentos. Alunos instigados a solucionar problemas que lhes interessem terão muitas dúvidas que nem sempre o professor saberá de imediato. Na modelagem, mesmo com amplo planejamento, as hipóteses e variáveis selecionadas pelos alunos poderão implicar em alterações e compreensão de processos não familiares à formação do professor.

2 - Questionar as ideias docentes do “senso comum”

Os conhecimentos dos professores sobre o “saber fazer” não são construídos apenas em ambientes formais (em geral nos cursos de formação inicial). Tardif (2002) afirma que os saberes docentes são fruto de uma longa caminhada do

professor que incluem fortemente as experiências vivenciadas no papel de aluno. Dessa forma, muitos desses saberes constituem o que Carvalho e Gil-Pérez (2011) denominam de “senso comum” ou “pensamento docente espontâneo”, são aqueles conhecimentos tidos como naturais e óbvios, que escapam de crítica e reflexão por parte do professor, constituindo-se como um obstáculo. Cabe lembrar que, conforme abordado anteriormente, para Toulmin (1977) os conhecimentos do cotidiano muitas vezes perduram justamente porque não necessitam de uma tomada de consciência, circulam livremente. A seguir apresentam-se os sete aspectos listados por Carvalho e Gil-Pérez (2011) sobre o “senso comum” presentes no pensamento dos professores que devem ser questionados.

A_2 – Questionar a visão simplista sobre o que é a ciência, o trabalho científico, o cientista, inclusive do matemático profissional. Como já se abordou anteriormente neste trabalho, é essencial ter uma visão mais aproximada sobre as características da ciência e da matemática, em especial no que se refere à sua evolução, os problemas de que trata, a introdução de conceitos e sua evolução. Caso contrário, muito provavelmente, o seu ensino pautado unicamente na transmissão de conhecimentos será reforçado.

B_2 – Favorecimento do ensino de ciências e de matemática a certos conhecimentos e ou destrezas, em detrimento de aspectos históricos, sociais e culturais.

C_2 – Questionar o caráter “natural” do grande número de fracassos na aprendizagem de ciências e matemática. É possível realizar o julgamento no qual os alunos são classificados e categorizados em “espertos” e os “medíocres”? É necessário discutir a validade das avaliações objetivas. Mas, como avaliar então o ensino e na aprendizagem de ciências?

D_2 – Discutir a aprendizagem ou não aprendizagem quando associadas unicamente a causas externas, sem considerar o tipo de ensino, atitudes e expectativas dos professores e alunos com relação ao ensino, etc. Mais especificamente ao presente trabalho, é necessário questionar as potencialidades e desafios da modelagem no ensino e na aprendizagem em contraste com o ensino pautado, por exemplo, exclusivamente nos processos de memorização.

E_2 – Questionar os extremos possíveis de organização escolar: autoritarismo e *laissez-faire*. Como seria organizada uma escola que busca privilegiar trabalhos de modelagem no ensino de ciências e matemática? Em especial, como seria a organização curricular dessa escola?

F_2 – Questionar o “ambiente negativo” generalizado atribuído à atividade docente. Não se pode esquecer-se das muitas satisfações que a profissão de professor pode trazer, enquanto atividade aberta e criativa. Entretanto, questionar um ensino ingênuo que por si só seria capaz de “mudar o mundo”.

G_2 – Questionar a concepção de que ensinar é fácil, na qual se tem o entendimento simplista de que para a formação de professores bastam a compreensão de um conjunto de conhecimentos da área de formação e outro que corresponde aos do senso comum. Pelo contrário, é imperioso que se investigue, por exemplo, sobre a Didática das Ciências e da Matemática, sobre como se aprende, etc.

Para Carvalho e Gil-Pérez (2011) não se trata de simplesmente negar essas concepções espontâneas, mas sim considerá-las e, a partir delas, promover um trabalho de mudança didática. Essa nova perspectiva necessita estar pautada no trabalho coletivo dos professores e ancorado em estudos específicos elaborados pela comunidade científica. Noutras palavras, o que se busca é um trabalho de pesquisa e inovação.

3 – Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências e de matemática

Para Carvalho e Gil-Pérez (2011) para uma transformação no ensino e na aprendizagem em substituição do ensino tradicional (meramente marcado por transmissão de conhecimentos) não são suficientes ações pontuais, pois o ensino tradicional é um modelo de ensino coerente como um todo. Essa afirmação vem ao encontro com o que já se afirmou anteriormente neste trabalho, não se tem a ilusão de que a disciplina a ser ministrada irá mudar radicalmente as práticas dos professores participantes.

A partir de um tratamento teórico e a elaboração de um conjunto de conhecimentos coerentes é possível contribuir para que estes professores concebam e pautem suas práticas em um novo modelo ensino e de aprendizagem. Para tanto, Carvalho e Gil-Pérez (op. cit.) apresentam cinco propostas construtivistas a serem trabalhadas com os professores.

A₃ – Reconhecer a existência do senso comum e a sua dificuldade em ser substituído por conhecimentos científicos. Como resposta a essa situação, os autores sugerem uma mudança conceitual e metodológica. Acredita-se que, portanto, a disciplina a ser ofertada deva privilegiar tanto a discussão em nível teórico, verificando posições epistemológicas da ciência, estudos e resultados sobre a modelagem no ensino e na aprendizagem, quanto à dimensão prática ou metodológica por meio da análise e crítica de experiências com modelagem e a proposição de novas possibilidades com base nas vivências dos participantes.

B₃ – A construção dos conhecimentos se dá a partir de suas concepções prévias, o que também acontece no caso dos cientistas. Isso é possível quando o ensino possui características semelhantes ao próprio trabalho científico. Essa perspectiva de trabalho caracteriza uma visão construtivista do ensino e da aprendizagem. A modelagem pode contribuir para essa aproximação entre escola e trabalho do cientista por valorizar a resolução de situações-problema, determinação de hipóteses e variáveis, erros e avaliação dos resultados.

C₃ – Se os conhecimentos científicos são construídos a partir de questões (ou problemas), a aprendizagem ocorre a partir da proposição de situações-problema de interesse para os alunos. Dessa forma, o trabalho didático do professor deve englobar a discussão e reflexão em torno do material didático que irá utilizar. Como enfatizado anteriormente, a primeira etapa da modelagem no ensino refere-se justamente ao planejamento das atividades que serão propostas, o que requer uma atenção por parte do professor, pois pode ser determinante para se alcançar os objetivos pretendidos.

D₃ – O caráter social da ciência e da matemática também precisa ser evidenciado na organização do ensino. Isso pode ser realizado a partir da perspectiva construtivista

a partir de três elementos: os programas de atividades (situações-problema propostas pelo professor de modo que os alunos realizem uma pesquisa dirigida); trabalho em pequenos grupos (e interação entre estes); comunidade científica (a avaliação do trabalho realizado necessita passar pelo professor, por textos, demais grupos de alunos, especialistas, etc.).

E₃ – Conhecer a importância e o papel que exercem na aprendizagem o ambiente escolar, o professor e as atividades desenvolvidas. Não se pode negar a dimensão afetiva no ensino e na aprendizagem. A própria modelagem por possibilitar trabalhos em grupos e avaliação por pares necessita que haja um ambiente de trabalho afetivo, respeitoso e ético, de forma análoga às condições necessárias para o trabalho científico.

Conforme Carvalho e Gil-Pérez (2011), essas características indicam a possibilidade do ensino e da aprendizagem de ciências serem concebidos na perspectiva de pesquisa. Para tanto, a formação do professor não pode se restringir a apenas a utilização de determinados recursos ou a aquisição de habilidades específicas. Dessa forma, lembram que “a didática das Ciências constitui um corpo de conhecimentos que tem as mesmas exigências de coerência que qualquer outro domínio específico” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 38).

4 – Saber analisar criticamente o “ensino tradicional”

Para Carvalho e Gil-Pérez (2011) e Tardif (2002) não é incomum verificar em professores em formação a rejeição pelo “ensino tradicional”. Entretanto, ao se verificar as práticas destes, pouquíssimo diferem das adotadas em décadas anteriores. Suas práticas estão, na verdade, impregnadas ambientalmente pelo ensino tradicional, refletem as atuações de seus professores ao longo de sua formação. Nesse caso, suas concepções implícitas são diferentes das que por eles são explicitadas, principalmente em ambientes formais de formação (POZO, 2008).

É claro que esta mudança didática não é fácil. Não é apenas questão de uma tomada de consciência específica, mas sim exige uma atenção contínua até tornar natural o fato de colocar em questão o que na atividade docente parece óbvio, sua revisão à luz dos resultados da pesquisa educativa etc. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 40).

Dessa forma, afirmam Carvalho e Gil-Pérez (op. cit.) que uma das possibilidades de trabalho com professores que possibilite visualizar o peso da formação ambiental³¹ consiste em solicitar que analisem criticamente materiais concretos, situações de trabalho sugeridas em livros didáticos, e outras atividades por eles comumente realizadas em sala de aula. Conforme os mesmos autores, o discurso de rejeição ao ensino tradicional destes professores não é capaz de apontar com clareza quais as carências e defeitos que estas atividades e ou materiais apresentam.

Entretanto, apenas mostrar as insuficiências da formação ambiental aos professores não costuma implicar uma mudança nas suas práticas. O processo de formação necessita oferecer ao professor alternativas viáveis, o professor necessita ver essas propostas em ação ou, melhor ainda, colocá-las em ação.

A seguir são apresentadas as seis insuficiências da formação ambiental evidenciadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) e que necessitam ser detectadas pelos professores em formação.

A₄ – Conhecer as limitações dos currículos enciclopédicos, reducionistas, compartimentalizados e descontextualizados. Além disso, é preciso ter conhecimento do tempo necessário para a construção de conhecimentos. Pensar em uma proposta pautada na modelagem é romper com a organização tradicional do currículo. Assim, acredita-se ser essencial discutir ao longo da disciplina a ser implementada os aspectos relacionados à organização curricular da educação, em especial no que tange às atuais propostas de reformulação da Educação Básica (Base Nacional Comum Curricular e Reforma do Ensino Médio), e a modelagem no ensino.

B₄ – Criticar a forma habitual de introduzir os conhecimentos, esquecendo-se de avaliar as concepções e conhecimentos prévios dos estudantes. Bem como, criticar as aulas pautadas unicamente em tratamentos puramente operativos. Cabe ressaltar que a primeira etapa da modelagem no ensino corresponde ao planejamento das atividades que serão realizadas, incluindo o estudo do conteúdo,

³¹ Referindo-se à formação devida às crenças e concepções presentes nos diferentes ambientes de trabalho, estudo e vivências do professor (escola, universidade, grupos de estudo, comunidade escolar, etc.).

das possíveis situações que podem ser utilizadas no processo de modelagem. A modelagem será possível se as situações oportunizarem ao aluno (re) construir os conhecimentos necessários.

C_4 – Criticar as limitações das práticas habituais, especialmente no tocante às visões deformadas do trabalho científico. O ensino tradicional favorece visões elitistas, fragmentadas e distantes da atividade científica.

D_4 – Conhecer as limitações dos problemas habitualmente propostos. A modelagem pode contribuir para um ensino não mais pautado somente na repetição de exercícios, mas sim de análise crítica de problemas abertos, mais amplos e que podem produzir outras competências além da memorização (BIEMBENGUT; HEIN, 2011).

E_4 – Conhecer as limitações das formas habituais de avaliar. Como lembra Biembengut e Hein (2011), a avaliação necessita acompanhar todo o processo de modelagem, orientando o trabalho desenvolvido bem como na análise da construção dos conhecimentos pelos alunos.

F_4 – Conhecer as limitações da organização escolar habitual, a qual desfavorece o trabalho coletivo. O trabalho com a modelagem no ensino pode contribuir para uma abordagem interdisciplinar em sala de aula e, dessa forma, o trabalho coletivo é condição primária para o seu desenvolvimento (BIEMBENGUT; HEIN, 2011).

5 – Saber preparar atividades

Para Carvalho e Gil-Pérez (2011) o professor necessita refletir sobre as atividades que utiliza em sala de aula. Para os autores, mesmo os que adotam uma linha de trabalho calcada em transmissão de ensino, consideram importante complementar suas explicações com algum tipo de atividade dos alunos. No caso de um trabalho orientado por um viés construtivista, as atividades assumem uma dimensão de programa pelo qual os alunos construiram seu conhecimento, habilidades e competências.

A partir dessa perspectiva, saber preparar programas de atividades (programas de trabalho para uma pesquisa dirigida) transforma-se em prioridade na formação dos professores, para a qual, porém, não existe uma resposta simples, nem pode pensar-se em formalizar sua elaboração mediante esquemas mais ou menos rígidos. Contudo é necessário evitar também uma elaboração ao acaso que falte um fio condutor. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 44).

Para os mesmos autores, uma primeira tarefa a ser realizada pelos professores nesse contexto corresponde a considerar as ideias, visão de mundo e conhecimentos prévios dos alunos, de modo a inseri-los no trabalho que realizarão. Isto quer dizer que se busca que os alunos adquiram uma primeira concepção da tarefa a realizar, que visualizem as situações colocadas e seu fio condutor. Nesse sentido, lembram que uma possibilidade nessa perspectiva pode ser o trabalho a partir de temáticas, pois conduz à “formulação de problemas mais precisos e à construção de hipóteses que focalizem o estudo a se realizar” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 45). Para os mesmos autores, esse tipo de trabalho pode potencializar o surgimento das hipóteses e ideias espontâneas dos alunos e, assim, possibilitando ao professor que o conduza a confrontar essas ideias, colaborando para a construção dos conhecimentos científicos.

Acredita-se que a proposta da modelagem no ensino de ciências e matemática apresenta características que convergem com as descritas pelos autores referentes ao trabalho com temáticas em sala de aula. A orientação do professor adquire especial importância nesse processo para que o aluno possa compreender as atividades que lhes são propostas. Conforme lembram Biembengut e Hein (2011) e Greca e Moreira (2000), a modelagem possibilita compreender a ciência como algo em construção e, dessa forma, necessita de superação de ideias não adequadas para a construção de um modelo.

Entretanto, Carvalho e Gil-Pérez (2011) alertam de que não se trata de confrontar os conceitos pessoais e científicos. Na verdade, trata-se de conceber os conflitos cognoscitivos como uma possibilidade de superar ideias por outras (tão pessoais como as primeiras) a partir do enfrentamento de diversos problemas, isto é, trata-se da evolução de conceitos no indivíduo (TOULMIN, 1977).

Carvalho e Gil-Pérez (2011) ainda alertam que outro tipo de atividades que devem ser consideradas pelos professores são os chamados “produtos” destinados a ser apresentados e socializados em classe e ou em grupos com o objetivo de

reelaboração da informação. Como exemplo citam os esquemas, sínteses e mapas conceituais, cartazes e artigos.

Ainda, os mesmos autores lembram que a história da Ciência deve integrar essas atividades, haja vista que favorece uma melhor compreensão da matéria estudada e da natureza dos conhecimentos científicos.

A seguir apresentam-se as quatro estratégias arroladas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) para uma aprendizagem como pesquisa e que sintetizam as ideias apresentadas nesse item.

A_5 – Propor situações problemáticas (que considerem a visão de mundo e os conhecimentos prévios do aluno) que possibilitem uma compreensão preliminar da tarefa proposta.

B_5 – Propor aos estudantes um estudo qualitativo preliminar das situações que os conduzam à tomada de decisão e estabelecer problemas precisos.

C_5 – Orientar os alunos no tratamento científico dos problemas propostos, isto é, auxiliar a superação de suas ideias iniciais. Esse processo é composto por invenção de conceitos (utilização de ideias prévias dos alunos) para realização de previsões, elaboração de estratégias, resolução e análise de resultados.

D_5 – Propor a manipulação reiterada dos novos conhecimentos científicos em uma variedade de situações, favorecendo atividades de síntese (que geram produtos).

Em tempo, cabe ressaltar que para esses autores, a estruturação de programas de atividades é uma das tarefas mais complexas na formação de professores, visto que exige aprofundada pesquisa aplicada da prática docente. Isso faz reforçar a ideia de que a formação de professores sobre modelagem no ensino de ciências e matemática requer um estudo especial, afinal de forma semelhante ao que propõem os referidos autores, a modelagem requer um grande esforço coletivo de planejamento e análise crítica das situações a serem modeladas, bem como do próprio processo de modelagem em sala de aula. Esse contexto reforça a justificativa em torno da realização do presente projeto.

6 – Saber dirigir o trabalho dos alunos

A função do professor vai muito além de preparar suas aulas, ministrá-las, elaborar e corrigir provas. Nesse tópico, Carvalho e Gil-Pérez (2011) discutem qual o papel do professor em sala de aula. Para esses autores, quando o ensino é concebido em uma perspectiva construtivista e a pesquisa dirigida é a abordagem utilizada pelo professor, o papel do professor em sala de aula exige novas tendências formativas.

Com isso em mente, acredita-se que esse saber é crucial no que se refere ao uso da modelagem em sala de aula, haja vista que necessitará orientar os alunos na construção dos modelos. Necessitará “dosar” o tempo necessário para as equipes de modo que o trabalho tenha fluidez, sem perdas de atenção, facilitar a comunicação (entre os alunos, aluno e professor), valorizar as contribuições dos alunos, encaminhar os alunos quando estes apresentarem dúvidas nas decisões a tomar, etc.

Com isso em mente, apresentam-se a seguir as sete características que os professores devem possuir de modo a dirigir os alunos de acordo com Carvalho e Gil-Pérez (2011).

A_6 – Apresentar adequadamente as atividades a serem realizadas, tornando possível ao aluno uma visão global da tarefa e o interesse pela mesma. No caso da modelagem, além de um entendimento inicial sobre a situação-problema a ser modelada, o professor necessitará auxiliar os alunos na aprendizagem dos conceitos que forem necessários para a construção dos modelos de forma que estes compreendam o porquê daqueles estudos. A modelagem não se resume a uma “colcha de retalhos” de atividades a serem realizadas, na verdade os alunos necessitam ter uma compreensão do processo de modelagem. Isso também está relacionado com o que se anuncia na próxima característica.

B_6 – Saber dirigir as atividades de aprendizagem. Promover a interação entre os alunos, entre os grupos, socializar as ideias dos alunos. A partir disso, tomar decisões de modo a melhor gerir as atividades em sala de aula, o que é uma atribuição complexa.

C_6 – Promover sínteses e reavaliações que valorizem as ideias dos alunos e que orientem o desenvolvimento das tarefas.

D_6 – Em momentos oportunos possibilitar que os alunos avaliem seu trabalho, fornecendo as informações necessárias para que possam, eventualmente, abrindo-lhes novas perspectivas.

E_6 – Primar por um excelente ambiente de trabalho, nas relações entre professor e aluno e entre os próprios alunos. A sala de aula deve ser um ambiente de aceitação, cordialidade e respeito.

F_6 – Contribuir para estabelecer uma interação entre os alunos, a escola e o meio exterior. No que se refere às interações dos alunos ou da escola como um todo com o meio exterior, elas podem ser potencializadas por meio da modelagem. Os conhecimentos necessários e em construção por meio desse processo não precisam estar restritos ao ambiente escolar, podem ser realizadas visitas a museus, teatros, bibliotecas, monumentos, etc.

G_6 – Saber agir como especialista na mediação de “pequenas equipes de cientistas”, evidenciando o seu interesse no avanço dos alunos e pelas atividades em si. É preciso valorizar os as hipóteses, testes, estudos, resultados e modelos propostos pelos alunos, orientando-lhes quando necessitarem rever e ou melhorar as atividades realizadas.

Pode-se notar que as características descritas nesse item possuem uma inter-relação com a avaliação da aprendizagem. Entretanto, apesar de permear também as demais características apresentadas, Carvalho e Gil-Pérez (2011) a apresentam de forma especial (em um item específico), conforme também será realizado a seguir.

7 – Saber avaliar

A avaliação é um dos pontos que mais merecem atenção no processo formativo dos professores, isto é, é preciso uma abordagem que questione o senso

comum por este ser muito resistente no meio educativo. É preciso questionar o quanto as avaliações tradicionais estão submetidas a aspectos subjetivos.

Conforme Carvalho e Gil-Pérez (2011) é preciso questionar alguns fatos tidos como verdadeiros no senso comum, a saber: as disciplinas científicas são mais fáceis de serem avaliadas devido a sua objetividade e precisão; o fracasso de uma razoável percentagem de alunos em ciências e matemática é inevitável, afinal são disciplinas difíceis; esse fracasso é devido a fatores externos como capacidade intelectual e ambiente familiar; uma prova bem elaborada produzirá uma distribuição de notas centradas em uma nota mediana (metade do seu peso); a avaliação deve medir a capacidade e o aproveitamento dos alunos e sua pontuação determinará a promoção ou não dos alunos.

Entretanto, segundo em uma visão construtivista do ensino estas práticas não se sustentam.

Deste ponto de vista, é difícil encontrar funcionalidade em uma avaliação baseada apenas no julgamento “objetivo” e terminal do trabalho realizado por cada aluno. Pelo contrário, como formador de pesquisadores novatos, o professor deve considerar-se corresponsável pelos resultados que este obtiverem: não pode situar-se frente a eles, mas com eles; sua pergunta não pode ser “quem merece uma valorização positiva e quem não”, mas “que ajuda precisa cada um para continuar avançando e alcançar os resultados desejados”. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 59).

Nesse sentido, apontam os mesmos autores três possibilidades de questionamentos das funções e formas de avaliar na formação dos professores, as quais se descrevem a seguir.

A₇ – A avaliação deve ser utilizada como instrumento de aprendizagem, espera-se fornecer um *feedback* aos alunos contribuindo para o seu avanço. No caso do trabalho com a modelagem esse papel fica evidente, pois não há um único modelo correto nem somente um meio para construir esse modelo. O retorno do professor a cada grupo de alunos é essencial para que estes possam aprender os conceitos envolvidos nesse processo. No caso da disciplina espera-se dar um retorno a toda atividade realizada por cada aluno.

B₇ – Superar o entendimento da avaliação da aprendizagem limitada à rememoração de conteúdos conceituais. Ampliar o conjunto de saberes, destrezas e atitudes avaliadas.

C₇ – Introduzir formas de avaliação do trabalho docente como forma de melhoria do ensino. Essa avaliação pode contar com a participação dos alunos e outros professores.

O que propõem Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 61) é, portanto, ampliar a visão usual sobre a avaliação para:

[...] a avaliação de aspectos como o ambiente de aula, o funcionamento dos pequenos grupos, as intervenções do professor, etc. contribuem para romper a concepção da avaliação como simples julgamento dos alunos e a fazê-los sentir que realmente se trata do acompanhamento de uma tarefa coletiva para incidir positivamente na mesma.

No caso do trabalho com a modelagem, essa ampliação da visão de avaliação também é necessária. Segundo Biembengut e Hein (2011) a avaliação consiste na orientação do professor aos seus alunos, definindo as estratégias que poderão adotar no processo de construção dos modelos. A avaliação necessita, portanto, acontecer durante toda a modelagem e basear-se, principalmente, no redirecionamento do trabalho do professor com vistas às possíveis dificuldades que os alunos possam enfrentar e, evidentemente, a fim de verificar a compreensão dos alunos sobre os conceitos tratados.

8 - Saber utilizar a pesquisa e a inovação

Esse item refere-se à associação entre pesquisa didática e o ensino. Como dito anteriormente, muitas vezes há uma distância entre o mundo da pesquisa em educação e os professores da Educação Básica. Entretanto, a pesquisa em Educação produz resultados que devem ser considerados na prática docente e a recíproca também é verdadeira, os problemas do ensino e da aprendizagem e os professores também devem ser considerados nas pesquisas.

Mas, embora a associação da atividade docente à pesquisa venha sendo recomendada há décadas, como afirma Imbernón (1987)³², a proposta gerou também polêmicas e rejeições, com o argumento de que a pesquisa não é a função específica do professor, cuja tarefa consiste em educar bem as crianças, em ser um “bom” docente. E, de fato, o ensino continua

³²Referindo-se a: IMBERNÓN, F. A. A formação do professorado. **Cuadernos de Pedagogía**, n. 178, p. 88-97, 2009.

constituindo-se em simples transmissão de conhecimentos, totalmente distanciada do que supõe uma pesquisa didática e ignorando inclusive os resultados desta. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 63).

Assumir que o professor não precisa da pesquisa seria também negar o ser humano como inacabado, em permanente formação. Nesse caso, os cursos de formação inicial seriam suficientes para sua formação básica e qualquer outro saber teria que ser construído pelo docente apenas a partir da sua prática ou, talvez, com alguma interação com seus pares na escola em que atuar.

Todavia, como lembram Carvalho e Gil-Pérez (2011) os resultados das pesquisas e experiências na perspectiva construtivista revelam atualmente a necessidade da formação também voltada à pesquisa. Dessa forma, a atividade do professor se torna investigativa, afinal como poderia este orientar seus alunos em atividades investigativas (como é o caso da modelagem) se este não possuir uma experiência de trabalho que valorize a pesquisa? O trabalho docente em uma perspectiva construtivista torna-se uma tarefa aberta e criativa e, assim, necessita de reflexão por parte do professor sobre a sua prática.

A iniciação do professor à pesquisa transforma-se assim em uma necessidade formativa de primeira ordem. Não se trata, é claro, de *outro* componente da preparação à docência, a ser adicionado àquelas que vínhamos considerando, mas de orientar a formação do professor como uma (re) construção dos conhecimentos docentes, quer dizer, como uma pesquisa dirigida. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 64).

Dessa forma, os autores não apresentam características específicas nesse item, como indicaram nos anteriores. Todavia, deve-se considerar que a formação do professor é uma tarefa de muita complexidade e riqueza e, assim, é fundamental associar docência e pesquisa.

Nesse sentido, buscou-se que disciplina ofertada e objeto de investigação no presente projeto se constituíssem como espaço e momento de discussão dos professores. Objetivou-se que os conhecimentos, práticas, experiências e vivências dos participantes fossem evidenciados. Cabe por parte de seus proponentes o planejamento da disciplina, o qual foi realizado considerando alguns questionamentos: Quais os textos a serem lidos e analisados? Que atividades seriam propostas aos participantes? Quais as concepções prévias dos participantes e como poderiam contribuir para uma evolução conceitual em torno da modelagem? Como avaliariam os participantes e quem a ministraria?

Essas perguntas são a razão da descrição que segue a seguir, na qual se busca escrutinar o planejamento e relatório de cada encontro da disciplina.

5 DESCRIÇÃO DAS AULAS E RESULTADOS

Com base no exposto anteriormente, apresenta-se a seguir o planejamento das atividades em forma de situações e tarefas (VERGNAUD, 1983, 2007, 2017) desenvolvidas na disciplina proposta no presente projeto. Cabe esclarecer que a disciplina foi proposta ao PPGECQVS da UFSM ao longo do ano de 2018 pela Professora Doutora Maria Cecília Pereira Santarosa. Sua criação e oferta foram aprovadas pelo programa, sendo que sua primeira edição ocorreu no primeiro semestre letivo de 2019, tendo a mesma professora como titular. O pesquisador do presente projeto atuou conjuntamente com a professora titular na criação e dinamização da disciplina. O Anexo A apresenta os objetivos, ementa, justificativa e metodologia da disciplina.

Com o objetivo de sintetizar essa organização, o Apêndice C apresenta de forma resumida as atividades que se pretendia desenvolver em cada aula, bem como as atividades solicitadas aos alunos realizarem como atividades prévias para cada encontro. Devido ao cancelamento das aulas em dois dias letivos³³ necessitou-se reorganizar as atividades em 14 encontros. Dessa forma, o Apêndice D resume as datas e atividades respectivas a cada encontro realizado.

Em tempo, salienta-se que foi utilizado o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem Moodle, pois é a plataforma oficial da UFSM, sendo nesse caso utilizado como apoio presencial, isto é, por meio dele foram disponibilizados os materiais utilizados em cada aula, bem como para a comunicação entre professora (e pesquisador) e alunos.

A disciplina contou com seis alunos que a frequentaram regularmente. Nos primeiros encontros teve a presença de mais uma aluna, no entanto, por motivos pessoais não pode continuar frequentando-a. Nesse sentido, os seus registros iniciais (falas e produções) não serão objeto de análise no presente trabalho. A seguir apresentam-se as principais informações de cada aluno da disciplina obtidas por meio do questionário inicial (Apêndice D) e também a partir de suas apresentações durante o primeiro encontro. A fim de padronizar a codificação de

³³ Um dos cancelamentos ocorreu devido ao prolongamento de um feriado e outro devido a manifestação denominada de “Greve dos Caminhoneiros”. Segundo o calendário institucional da UFSM, esses dias poderiam ter sido recuperados em datas ao final do semestre letivo. Entretanto, como se tratavam de dias da semana diferentes do dia habitual de aula da disciplina, poucos alunos da disciplina poderiam estar presentes, pois possuíam atividades profissionais nestes dias. Por isso, optou-se em aglutinar as atividades planejadas em catorze encontros.

cada sujeito da pesquisa, utilizar-se-á a letra P (já que são professores, em exercício ou não) seguida de um numeral de 1 a 6. Além disso, as informações (idade, vínculo com o PPGECQVS, experiência docente, etc.) se referem ao momento de aplicação da disciplina (primeiro semestre de 2019).

P_1 : É professora licenciada em Matemática, possui 37 anos, era aluna regular do doutorado do PPGECQVS da UFSM. Possuía experiência de 36 semestres de exercício da profissão docente, tendo atuado no Ensino Fundamental - Anos Finais, Ensino Médio, Ensino Superior e Pós-Graduação. Era professora de uma rede municipal pública da região. Afirmou que já havia lido sobre ou tivera contato, mas nunca construíra nenhum mapa conceitual, e que sabia o que é e construíra de dois a quatro V de Gowin. Não cursara nenhuma disciplina sobre Epistemologia da Ciência. Afirmou que a afinidade com o tema da disciplina a levou a cursá-la e esperava trabalhar mais com a interdisciplinaridade durante os encontros. Já desenvolveu algum trabalho (de pesquisa e ou na sua atuação docente) sobre modelagem, mais especificamente fez um trabalho em sua especialização com modelagem matemática e estatística.

P_2 : É professora licenciada em Física e cursava Licenciatura em Matemática na UFSM, possui 39 anos, é aluna regular do doutorado do PPGECQVS da UFSM. Possuía experiência de 6 semestres de exercício da profissão docente, tendo atuado no Ensino Fundamental - Anos Finais e Ensino Médio. Afirmou que conhecia e já construiu mais de 5 mapas conceituais, e também que sabia o que é e construiu mais de 5 V de Gowin. Cursou a disciplina Epistemologia da Ciência no PPGECQVS da UFSM no ano de 2018. Afirmou que a busca em conhecer sobre o tema da disciplina a levou a cursá-la, pois geralmente a modelagem é discutida na matemática e pouco na área de ciências. Não havia desenvolvido nenhum trabalho (de pesquisa e ou na sua atuação docente) sobre modelagem.

P_3 : É professora licenciada em física e a época cursava Licenciatura em Matemática na UFSM, possuía 32 anos, era aluna especial³⁴ de mestrado do PPGECQVS da

³⁴ Aluno especial é o aluno que, apesar de não ter vínculo com a UFSM pode, mediante inscrição e seleção, cursar disciplinas ofertadas pela instituição, inclusive em programas de pós-graduação (desde que atendidos os requisitos previstos em normativas próprias).

UFSM na área de Ensino de Física. Possuía experiência de 4 semestres de exercício da profissão docente, tendo atuado no Ensino Fundamental - Anos Finais e Ensino Médio. Afirmou que conhecia e havia construído mais de 5 mapas conceituais, e também que conhecia e construíra mais de 5 V de Gowin. Não cursou nenhuma disciplina sobre Epistemologia da Ciência. Afirmou que seu desejo em realizar a disciplina se devia ao fato de que seu projeto inicial de mestrado era sobre modelagem matemática, mas, como o tempo de desenvolvimento do trabalho seria curto, optou somente por desenvolver atividades na área da física. Suas expectativas com a disciplina eram de compreender sobre a modelagem e a sua aplicação nas diversas áreas da ciência. Não havia desenvolvido nenhum trabalho (de pesquisa e ou na sua atuação docente) sobre modelagem.

P₄: É professor licenciado em Matemática, possui 39 anos, era aluno regular do doutorado do PPGEQVS da UFSM. Possuía experiência de 32 semestres de exercício da profissão docente, tendo atuado no Ensino Fundamental - Anos Finais, Ensino Médio, Ensino Superior. É professor efetivo de uma universidade federal. Afirmou que já lera sobre ou tivera contato, mas nunca construído nenhum mapa conceitual ou V de Gowin. Não cursara nenhuma disciplina sobre Epistemologia da Ciência. Afirmou que seu trabalho com o tema modelagem com alunos de graduação o levou a realizar a disciplina. Já desenvolveu algum trabalho (de pesquisa e ou na sua atuação docente) sobre modelagem, mais especificamente trabalhou com o tema durante o mestrado e como professor em uma disciplina na qual desenvolveu com alguns graduandos um artigo.

P₅: É professor licenciado em Matemática, possuía 31 anos, era aluno especial de doutorado do PPGEQVS da UFSM. Possuía experiência de 16 semestres de exercício da profissão docente, tendo atuado no Ensino Médio e Ensino Superior. Afirmou que conhecia e já construíra mais de 5 mapas conceituais, um V de Gowin. Não cursou nenhuma disciplina sobre Epistemologia da Ciência. Afirmou que buscava na disciplina um aprofundamento no assunto de Modelagem, pois trabalhou com modelagem matemática no ensino de matemática. Suas expectativas com a disciplina eram de ampliar a visão sobre Modelagem no Ensino. Já desenvolveu algum trabalho (de pesquisa e ou na sua atuação docente) sobre modelagem, mais especificamente, durante o mestrado (Programa de Pós Graduação em Educação

Matemática e Ensino de Física da UFSM), trabalhou com modelagem matemática, segundo a concepção dada por Jonei C. Barbosa, no ensino de geometria espacial para alunos do Ensino Médio. Vale salientar que o professor P_5 afirmou ter tido dificuldades em adequar as atividades desenvolvidas durante sua pesquisa de mestrado à perspectiva da modelagem matemática, pois trabalhara com a geometria espacial, para o qual é um campo historicamente estabelecido. Tendo, inclusive, recebido algumas críticas de pareceristas em eventos e análises de artigos provenientes da pesquisa e encaminhados a periódicos.

P_6 : É professora licenciada em Matemática, possui 41 anos, era aluna especial de doutorado do PPGEQVS da UFSM. Possuía experiência de 20 semestres de exercício da profissão docente, tendo atuado no Ensino Fundamental – Anos Finais e Ensino Médio. Afirmou que conhecia e já construiu mais de 5 mapas conceituais, um V de Gowin. Não cursou nenhuma disciplina sobre Epistemologia da Ciência. Afirmou que buscou realizar a disciplina pelo seu interesse no assunto tratado, tanto que sua expectativa com ela era a aprendizagem. Não havia desenvolvido nenhum trabalho (de pesquisa e ou na sua atuação docente) sobre modelagem.

A duração média de cada encontro foi de quatro horas. A seguir apresentam-se o planejamento e o relatório de cada encontro. No planejamento são apresentadas as atividades que se pretendia realizar, os objetivos, as situações propostas aos alunos, bem como as categorias para a formação dos professores definidas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) que se esperava contemplar. No relatório é realizada a descrição das atividades desenvolvidas, dos resultados encontrados e são discutidas as unidades de significado elencadas, os teoremas-em-ação utilizados pelos professores e destacados pelo pesquisador de acordo com os processos da ATD proposta na presente investigação. Salienta-se que esses teoremas serão retomados após a descrição das aulas, com o intuito de compreender a evolução individual dos professores.

5.1 ENCONTRO 1

5.1.1 Planejamento – Encontro 1

O primeiro encontro teve como objetivo principal investigar quais as concepções prévias dos alunos da disciplina sobre modelagem. Foi solicitado que respondessem previamente ao encontro o questionário do Apêndice E, o qual foi disponibilizado por meio da ferramenta digital Google Formulários.

Para o encontro planejou-se apresentar aos alunos o objetivo da disciplina, as atividades a serem desenvolvidas durante o semestre, os critérios de avaliação do desempenho na disciplina, bem como o porquê de sua elaboração e execução. Além disso, buscar-se-ia apresentar aos alunos o TCLE (Apêndice F) e esclarecer toda e qualquer dúvida que possuíssem sobre como seriam desenvolvidas as atividades de pesquisa propostas no presente projeto, esclarecendo especialmente que sua eventual recusa em participar como participante da pesquisa em nada o prejudicaria em sua participação na disciplina.

Em seguida, após uma apresentação sobre a construção de mapas conceituais, planejava-se propor a primeira situação: sem que haja nenhum tipo de consulta ou indicação de estudo prévio, solicitar que cada aluno construísse um mapa conceitual sobre o tema “modelagem”.

Após, seria solicitado que cada aluno apresentasse à turma o mapa conceitual construído. Dessa forma, esperava-se encontrar indícios sobre as concepções dos alunos, afinal conforme Moreira (2005) mapas conceituais são instrumentos idiossincráticos e, assim, é necessário entender a estrutura das relações conceituais elaboradas.

5.1.2 Relatório – Encontro 1

Antes de tudo, cabe esclarecer que neste primeiro encontro estavam presentes os alunos P_1 , P_3 , P_4 e P_5 . Como planejado, inicialmente solicitou-se aos alunos que falassem sobre suas experiências profissionais e acadêmicas. Após, os alunos foram esclarecidos sobre o TCLE. Todos concordaram com o termo e o assinaram.

Como leitura *a priori* sobre mapas conceitos e V de Gowin, indicou-se previamente o texto de Moreira (2016). Além disso, indicou-se para a realização dos mapas conceituais o *software* CmapTools. Com isso, o pesquisador realizou uma apresentação inicial sobre as características dos mapas conceituais utilizando-se de alguns slides. Cabe destacar que a apresentação focou nas seguintes características dos mapas conceituais: recursos do CmapTools; importância das relações entre conceitos; diferença entre mapas conceituais, fluxograma e mapa mental; hierarquia dos conceitos; diferentes usos dos mapas conceituais; idiossincrasia. Continuando a apresentação discutiu-se sobre o V de Gowin, mais especificamente sobre a sua definição, domínios teórico e metodológico e formas de utilização. O professor P_4 comentou que o V de Gowin lhe parecia um interessante instrumento à medida que permite ao pesquisador uma melhor compreensão da sua própria pesquisa. O professor P_3 corroborou com essa fala, pois em uma disciplina que cursou construiu alguns V de artigos publicados em anais de eventos na área de Educação em Ciências, verificando que alguns não apresentavam alguns dos itens do V. Nesse sentido, houve concordância dos professores de que há produções na área de ensino que carecem de uma análise crítica e melhorias.

Acredita-se que, por meio dessa apresentação inicial, conseguiu-se alcançar seu principal objetivo, que era familiarizar os professores com estas ferramentas. Evidentemente que não se pressupunha suficiente para que os professores compreendessem seus usos e características. Desde o início, tinha-se o entendimento de que os professores, em especial os que não tinham um contato inicial com mapas conceituais e V de Gowin, teriam de ser assistidos e reorientados nas próximas aulas, quando fosse proposta a construção desses instrumentos.

Posteriormente, foi proposto que cada elaborasse um mapa conceitual sobre o tema “modelagem”. Dois alunos construíram seus mapas no CmapTools (tinham consigo seus notebooks e o *software* instalado) e os demais realizaram esse primeiro mapa em papel. A seguir, procedeu-se a apresentação de cada aluno do seu mapa construído. Os Anexos B, C, D e E apresentam, respectivamente, os mapas conceituais iniciais construídos pelos professores P_1 , P_3 , P_4 e P_5 .

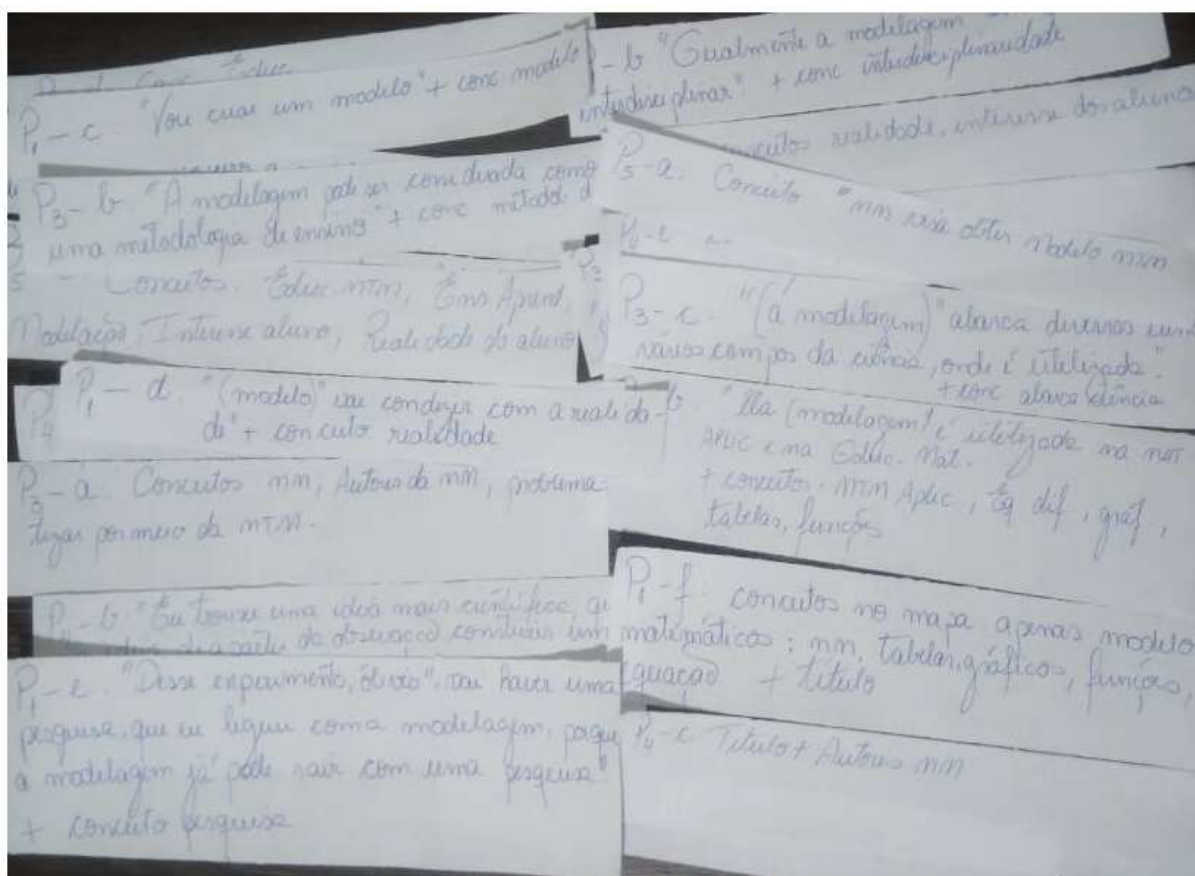
É importante retomar que, conforme Moreira (2016), os mapas conceituais são instrumentos que visam evidenciar significados e relações conceituais. Com isso, a sua utilização em situações propostas ao longo da disciplina buscou evidenciar as estruturas conceituais dos professores sobre os temas abordados.

Permitindo assim, que professora titular e pesquisador pudessem reavaliar continuamente as atividades propostas e, ainda, fornecendo registros que contribuíram para o presente trabalho.

Nesse sentido, apresentam-se a seguir os resultados da ATD inicial, por meio da qual se objetiva identificar as concepções prévias dos professores em relação ao tema modelagem. Na primeira etapa realizou-se o processo de unitarização, que nesse caso referiu-se a transcrever as unidades de significados consideradas nos áudios das apresentações dos mapas dos professores presentes, bem como verificar e evidenciar conceitos e relações presentes nos mapas elaborados.

A figura a seguir apresenta as unidades de significado obtidas por meio da unitarização dos mapas e ou transcrições das apresentações.

Figura 8 – Unidades de significado construídas



Fonte: O autor

Apresentam-se no quadro a seguir as categorias iniciais e finais³⁵ obtidas por meio da ATD e os professores que apresentaram esse tipo de visão.

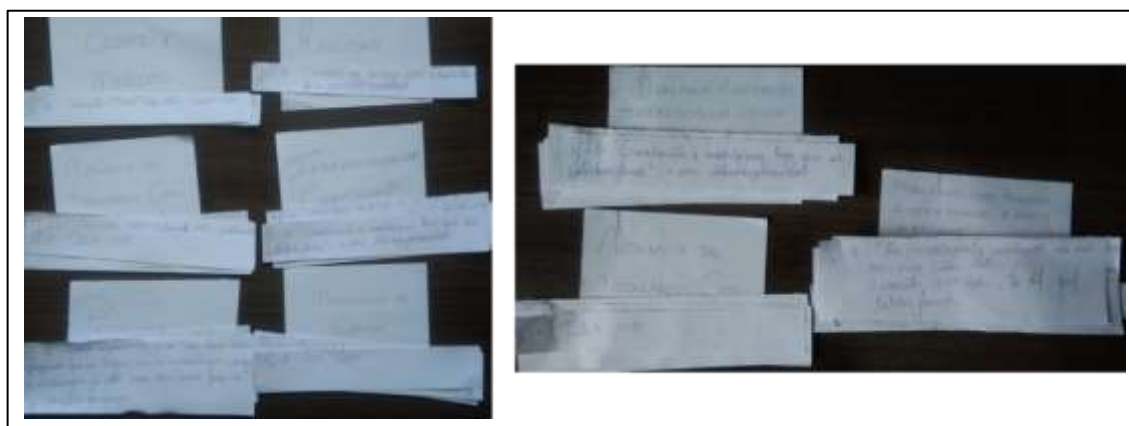
Quadro 5 – Categorias construídas na ATD

CATEGORIAS INICIAIS	CATEGORIAS FINAIS	PROFESSORES
Ausência de modelagem científica	Ausência de modelagem científica	P_1, P_3, P_4, P_5
Construir modelos	Modelagem como processo de obter modelos a partir da realidade	P_1, P_3, P_4, P_5
Realidade		
Pesquisa		
Interdisciplinaridade/Contextualização	Modelagem para um ensino interdisciplinar e ou contextualizado	P_1, P_4, P_5
Modelagem no Ensino		

Fonte: O autor

A seguir, a imagem ilustra o processo de categorização, onde, da esquerda para a direita: categorias iniciais, categorias finais.

Figura 9 – Categorias iniciais e finais



Fonte: O autor

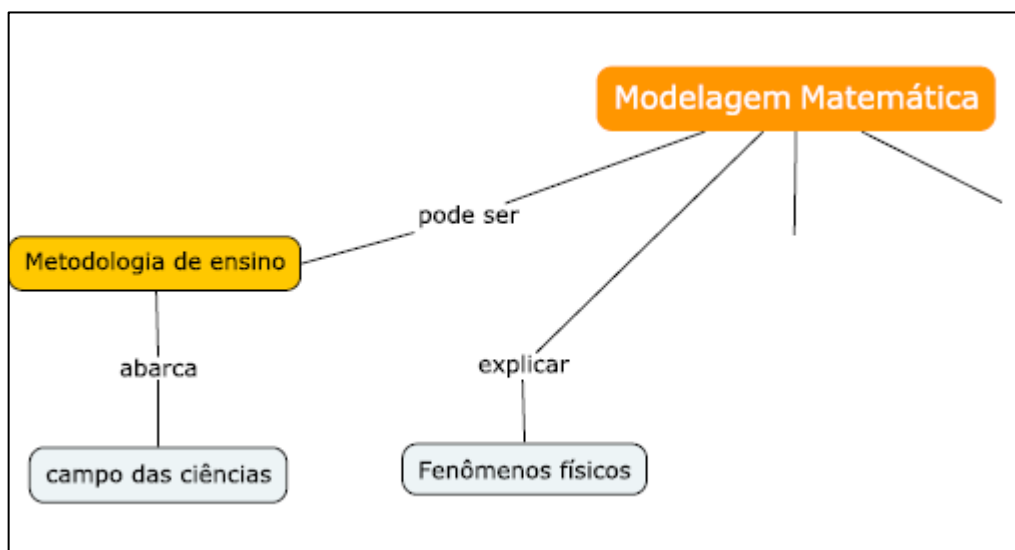
³⁵ Durante o processo de categorização não houve a necessidade da construção de categorias intermediárias.

A partir desse processo, construiu-se o metatexto apresentado a seguir que procura comunicar e validar o novo emergente a partir da descrição de cada categoria final, isto é, a interpretação do autor das concepções prévias dos professores delimitadas.

Ausência de modelagem científica: Esta categoria busca evidenciar a visão dos professores sobre a relação entre as modelagens científica e matemática. Cabe esclarecer que, conforme descrito anteriormente, propôs-se como situação a construção de um mapa conceitual sobre o tema “modelagem”. Com isso objetivava-se verificar se os professores evidenciariam alguma relação entre as modelagens científica e matemática.

Ao se analisar os mapas conceituais, verificou-se que todos os professores utilizaram como conceito central *modelagem matemática*. Além disso, observa-se que apenas a professora P_3 faz menção à presença da modelagem matemática nas ciências. A figura a seguir apresenta o recorte do mapa elaborado por P_3 no qual apresenta essa relação.

Figura 10 – Menção à modelagem matemática nas ciências por P_3

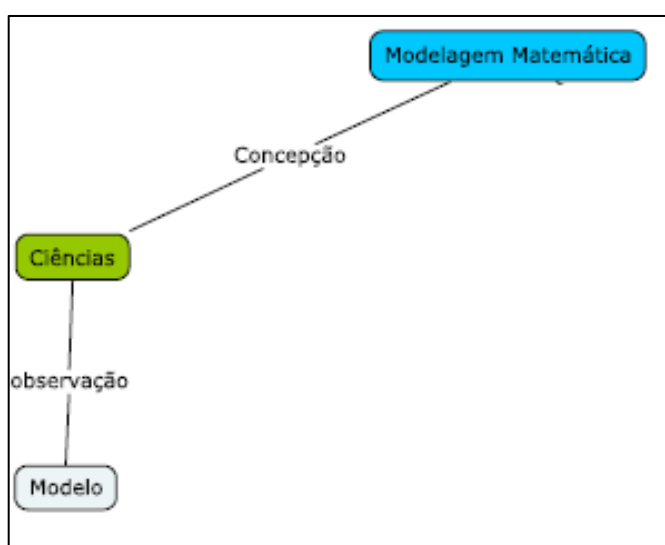


Fonte: Professor P_3

Entende-se que para essa professora a modelagem matemática está presente na área da física e demais campos das ciências e, portanto, os conceitos matemáticos interagem com os conceitos dessas outras áreas.

Cabe mencionar também que em seu mapa o professor P_4 apresentou o conceito Ciências, como pode ser observado no destaque na figura seguinte.

Figura 11 – Menção à modelagem matemática nas ciências por P_4



Fonte: Professor P_4

Entretanto, em sua apresentação afirmou que: “Eu trouxe uma certa ideia mais científica que é a ideia de, a partir da observação, construir modelos e uma ideia focada mais para a educação”. Além disso, ainda comparou seu mapa com o do professor P_5 o qual também evidenciara a modelagem matemática em dois âmbitos: da Matemática Aplicada e Educação Matemática.

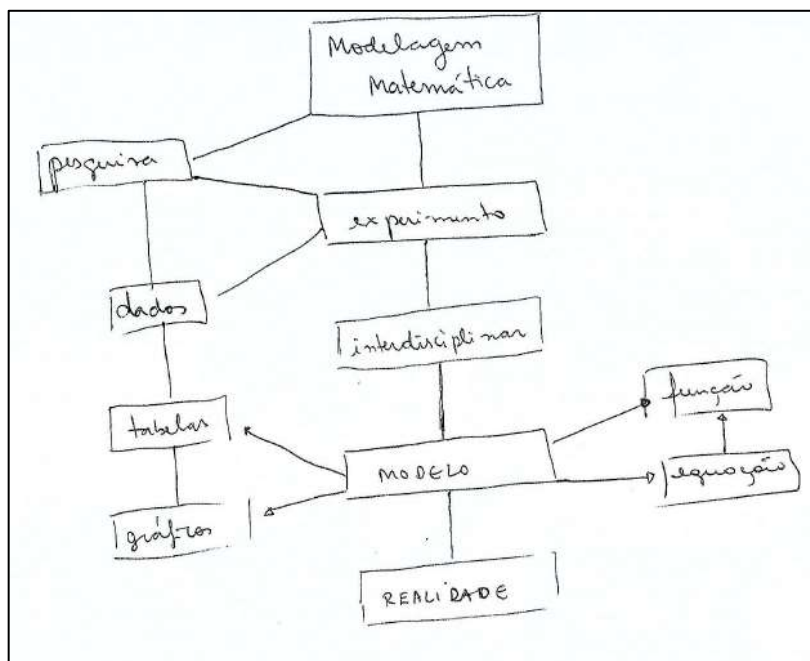
É importante dizer que se esperava que os professores acentuassem em seus mapas a modelagem matemática em detrimento da modelagem científica. Acredita-se que esse fato se deva essencialmente à falta de situações em sua formação que valorizem a relação entre essas modelagens, abordagens interdisciplinares entre a Matemática e as demais ciências. Dessa forma, acredita-se que essa categoria indica que o trabalho a ser desenvolvido na disciplina deve

valorizar situações que possam provocar rupturas e continuidades sobre essa visão (VERGNAUD, 1983, 2007, 2017).

Modelagem para um ensino interdisciplinar e ou contextualizado: Os professores P_1, P_3, P_4, P_5 evidenciaram a modelagem matemática como uma possibilidade metodológica para a sala de aula. A seguir fazem-se alguns comentários sobre as unidades de significado elencadas a partir dos mapas e apresentações de cada um desses professores:

P_1 : Essa professora afirmou que a modelagem matemática possui caráter interdisciplinar. Inclusive utilizou o termo “interdisciplinar” em seu mapa indicando se tratar de uma característica devida à presença de experimentos na construção de modelos. A figura a seguir apresenta o mapa construído por essa professora.

Figura 12 – A interdisciplinaridade no mapa de P_1

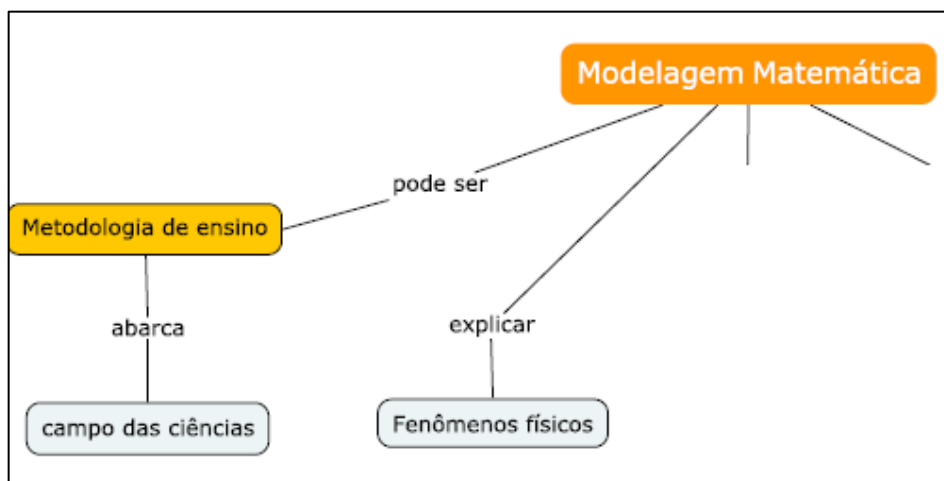


Fonte: Professor P_1

A professora P_1 inicialmente esclareceu que considerou na elaboração do mapa a modelagem “como uma didática”. Entretanto, os conceitos utilizados no mapa referem-se, essencialmente, ao processo de modelagem matemática do ponto de vista do modelador matemático profissional, isto é, há ausência de conceitos relacionados ao ensino e à aprendizagem. Além disso, afirmou considerar que a modelagem matemática necessita de um experimento e que, geralmente, necessita ser interdisciplinar, possibilitando a criação de um modelo. Em encontros posteriores essa professora mencionou que essa sua visão era devida, pois, como lecionava há algum tempo em turmas dos anos finais do Ensino Fundamental, acreditava que a modelagem matemática não contribuiria efetivamente para a aprendizagem dos alunos dessa etapa, apenas para as etapas posteriores da educação. Voltar-se-á a discutir essa situação adiante.

P_3 : Em uma das unidades de significado, a professora P_3 afirma que: “A modelagem pode ser considerada como uma metodologia de ensino”. Além da fala, esta relação está presente no mapa por ela elaborado, especificamente na parte destacada na figura abaixo.

Figura 13 – A modelagem como metodologia de ensino no mapa de P_3



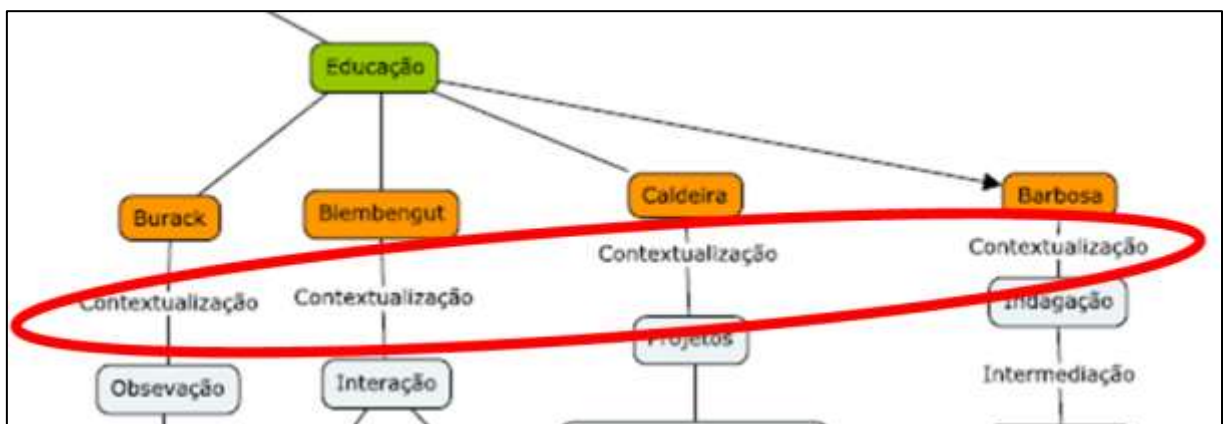
Fonte: Professor P_3

A professora P_3 não mencionou diretamente a interdisciplinaridade, porém, ao explicar as relações destacadas na figura anterior, afirmou: “(A modelagem matemática) abarca diversas ciências, vários campos da ciência, onde é utilizada... Ela é utilizada para explicar fenômenos físicos, dentro dessa área disciplinar”.

Conforme já dito anteriormente, acredita-se que para esta professora a modelagem matemática pode utilizar-se de conceitos científicos na obtenção dos modelos. Nesse sentido, pode-se dizer que P_3 foi a professora que mais se aproximou do que tratava a disciplina. Entende-se que, ao afirmar que a modelagem matemática é utilizada para explicar os fenômenos físicos, a visão dessa professora se aproxima ao que Barbosa (2009) classifica como a matemática ser uma ferramenta para as demais ciências. Dessa forma, acredita-se que o principal desafio para a disciplina que essa visão acarreta é, justamente, propor situações que evidenciem a discussão em torno das relações entre os conceitos científicos e matemáticos presentes na modelagem.

P_4 : A partir do mapa do professor P_4 , pode-se inferir a presença de ideia das diferentes concepções sobre modelagem matemática à medida que utilizou para ligar os autores da modelagem matemática na Educação Matemática com diferentes conceitos, conforme indica a próxima figura.

Figura 14 – A contextualização no mapa de P_4

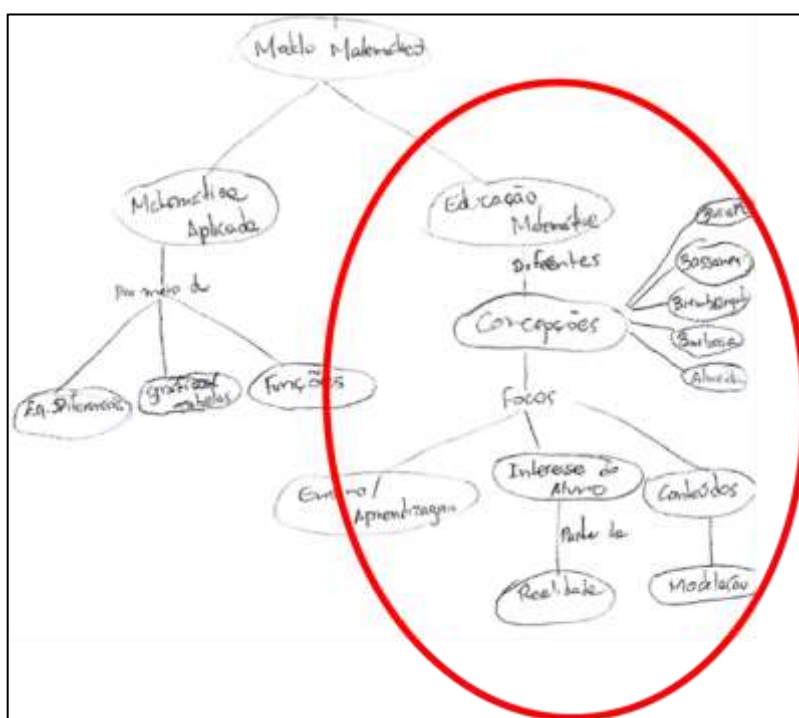


Fonte: Professor P_4

Além disso, a partir do destaque na figura anterior, entende-se que para o professor P_4 , em todos os autores indicados a modelagem matemática tem como princípio a contextualização.

P_5 : O destaque apresentado na figura a seguir é uma evidência de que esse professor também visualiza a modelagem matemática como alternativa para o ensino e a aprendizagem.

Figura 15 – A modelagem matemática como possibilidade didática no mapa de P_5



Fonte: Professor P_5

A partir dessa figura, entende-se que o professor P_5 demonstra conhecer diferentes autores com diversas concepções, tendo tido um estudo inicial focado na modelagem matemática.

De toda forma, para esse professor, essas concepções parecem ter relação direta com aplicações no ensino, haja vista os conceitos por ele elencados: “ensino/aprendizagem”, “interesse do aluno” e “conteúdos”. Além disso, salienta-se a

relação “interesse do aluno parte da (sua) realidade”. Acredita-se que esse seja indício de que para esse professor a modelagem deve pautar-se em problemas contextualizados, que partam da realidade dos alunos e isso pode instigar a curiosidade e o empenho destes na aprendizagem dos conceitos matemáticos.

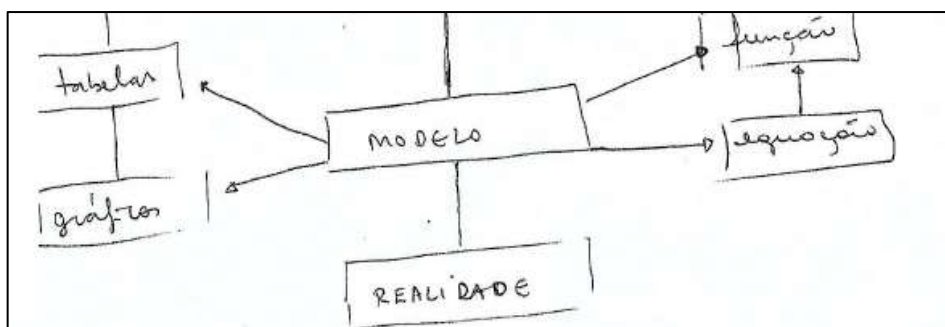
A partir das análises anteriores, acredita-se que essa categoria tenha emergido devido aos espaços conquistados pela discussão em torno da modelagem matemática no âmbito da Educação Matemática. Acredita-se que essa concepção prévia evidencia uma característica essencial da modelagem matemática, porém às vezes esquecida quando da construção de propostas para o ensino e a aprendizagem, inclusive como mostrado no início do presente trabalho sobre como é tratada a relação entre as modelagens científica e matemática em trabalhos publicados em anais de eventos. Na verdade, acredita-se que esse seja o grande desafio da presente disciplina.

Além disso, cabe salientar que a ideia de interdisciplinaridade ou contextualização evidenciada pelos professores está em consonância com a visão de Burak (2010) ao afirmar que uma das etapas da modelagem matemática refere-se à resolução dos problemas e o desenvolvimento dos conteúdos no contexto do tema. Nesse sentido, pode-se dizer que o processo de modelar exige um envolvimento inevitável com o contexto do problema a ser modelado, o que pode envolver diferentes conceitos científicos ou mesmo um modelo científico. No que se refere à disciplina ofertada, infere-se que a principal implicação dessa concepção prévia refira-se justamente a discutir e propor atividades de modelagem que apresentem uma característica interdisciplinar, na qual sejam valorizadas as possíveis relações entre conceitos matemáticos e científicos no processo de modelar.

Modelagem como processo de obter modelos a partir da realidade: Essa categoria apresenta unidades de significado dos professores P_1 , P_4 e P_5 , os quais convergem ao afirmar que a modelagem é o processo pelo qual se obtém modelos. A seguir, opta-se por apresentar algumas evidências dessa percepção separadamente por professor.

P_1 : Essa professora relacionou em seu mapa os conceitos modelo e realidade, conforme ilustra a figura a seguir.

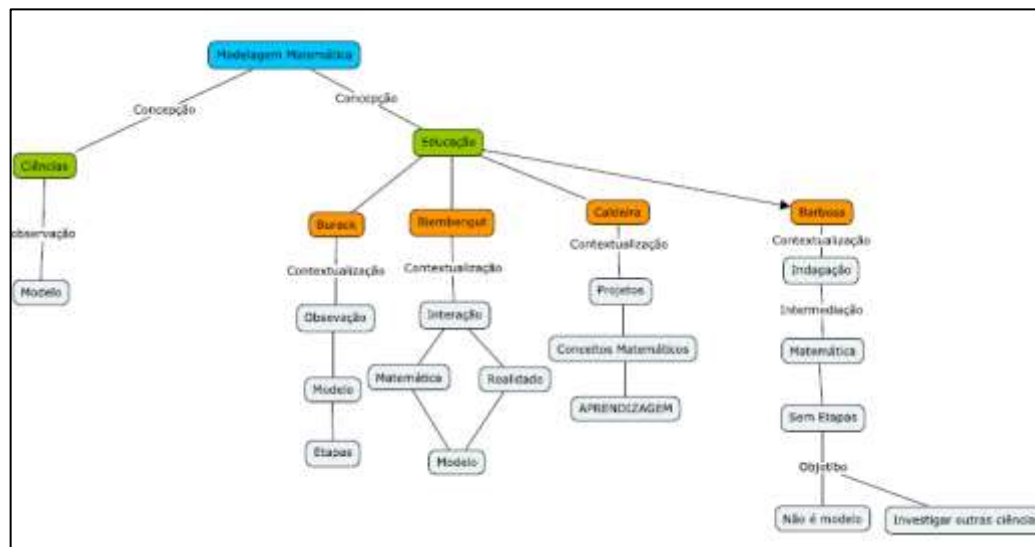
Figura 16 – Os conceitos de modelo e realidade no mapa de P_1



Fonte: Professor P_1

Mais especificamente, mencionou em sua apresentação que: “(O modelo) vai condizer com a realidade”. Apesar dessa afirmação, acredita-se que a professora não quis referir que, necessariamente, um modelo construído refletirá a realidade. Em todo caso, isso indica que é necessário abordar a importância da validação de um modelo. Burak (2010) denomina esse processo de análise crítica da (s) solução (ões) e entende que é essencial para o ensino e a aprendizagem, devendo compreender a discussão das decisões tomadas e suas consequências, das hipóteses assumidas e dos procedimentos adotados. Enfim, a discussão de todo o processo até a obtenção do modelo.

P_4 : A partir da análise do mapa desse professor, entende-se que em sua visão a obtenção de modelos na modelagem matemática acontece na perspectiva científica (Matemática Aplicada) e na educacional, porém nesta última apenas para algumas perspectivas teóricas.

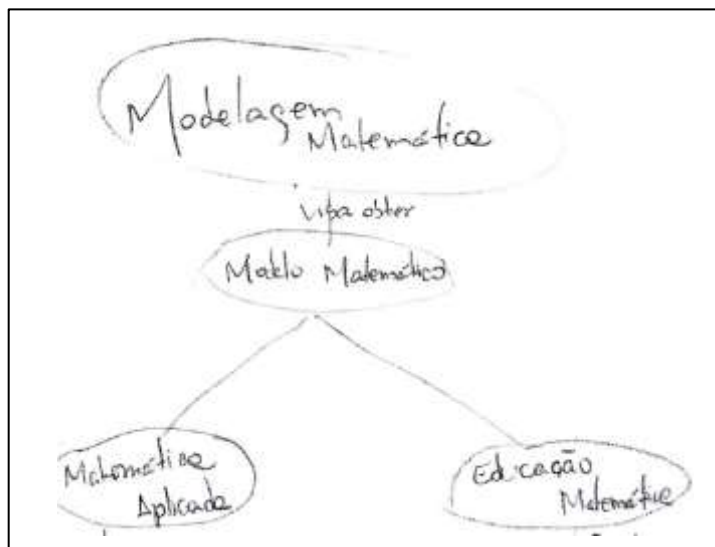
Figura 17 – A modelagem no mapa de P_4 

Fonte: Professor P_4

Dessa forma, compreende-se que devido à preocupação do professor em supostamente diferenciar as perspectivas teóricas elencadas em seu mapa, este não esclareceu a sua visão sobre o tema. Além disso, cabe destacar que o professor definiu o conceito “modelo” apenas nas perspectivas teóricas de Burack e Biembengut. Assim, crê-se que seja fundamental durante as aulas discutir essas diferentes concepções e, inclusive, buscar identificar o que seria um modelo quando se pensa nas modelagens científica e matemática no ensino e na aprendizagem, bem como suas relações com a realidade.

P_5 : O professor P_5 , como dito anteriormente, buscou diferenciar a modelagem matemática nas perspectivas da Matemática Aplicada e da Educação Matemática. Destaca-se na figura a seguir que, para ele, em ambos os casos, a modelagem matemática visa obter modelos.

Figura 18 – A modelagem no mapa de P_5



Fonte: Professor P_5

Dessa forma, novamente, pode-se concluir pela importância de discutir na disciplina as características de cada um desses modelos (na Matemática Aplicada e na Educação Matemática).

Em suma, a partir dessa categoria compreende-se que para os professores a modelagem matemática é comumente utilizada na Matemática Aplicada e, também, é considerada uma possibilidade metodológica para o ensino e a aprendizagem de matemática. Nesse último caso, enfatizaram que esse processo deve levar em conta a “realidade modelada”. Nessa perspectiva, o que afirmam os professores parece convergir com o que afirma Barbosa (2001).

Formulado de maneira sintética, assumimos que Modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade. (p. 6).

Com isso em mente, cabe destacar que o papel do professor é essencial quando se pensa tanto no planejamento bem como na condução da execução das atividades de modelagem. Conforme dito anteriormente, trata-se de assumir “riscos”, perda de estabilidade, afinal os encaminhamentos em sala de aula podem ser múltiplos e não previstos inicialmente. Por outro lado, acredita-se que o

“convencimento” desses em utilizar a modelagem, passa justamente por evidenciar as suas potencialidades, em especial no que se refere a uma visão ampla sobre os fenômenos científicos, o que implica supostamente “modelar a realidade” e o que seriam os modelos obtidos quando se pensa na modelagem na em sala de aula.

5.2 ENCONTRO 2

5.2.1 Planejamento – Encontro 2

Como dito anteriormente, acredita-se que a Epistemologia é de suma importância para o ensino e a aprendizagem de ciências. Inclusive, o PPGEQVS da UFSM conta em sua grade curricular com uma disciplina não obrigatória denominada “Epistemologia e Ensino de Física e de Ciências”, a qual é ofertada aos níveis de mestrado e doutorado. No caso presente, é assumido que uma visão mais adequada das características do trabalho científico pode contribuir positivamente para o trabalho docente. Assim, ao longo das discussões realizadas, buscou-se alicerçar esse projeto na perspectiva das ideias da epistemologia evolutiva de Toulmin.

Acredita-se, portanto, ser fundamental propor a leitura sobre esse referencial na disciplina. Para tanto, propôs-se como leitura prévia obrigatória para alguns professores o trabalho de Ariza e Harres (2002) e para outros o texto de Guerrero (2007). Adicionalmente propôs-se uma situação, a saber: cada aluno deveria elaborar um mapa conceitual sobre o texto lido e enviá-lo previamente via Moodle.

Como primeira atividade do encontro planejou-se a apresentação dos mapas conceituais o que possibilitaria complementar a situação anterior. Em seguida, seria proposta uma nova situação: os alunos reunidos em grupos (preferencialmente de diferentes áreas de formação inicial) deveriam discutir entre si sobre exemplos de evoluções conceituais na ciência. Após, deveriam apresentar os exemplos escolhidos para os demais colegas. O que se esperava com essa atividade era obter indícios sobre a visão dos alunos em relação ao processo de evolução, em especial investigar se, em suas apresentações estão presentes modelos científicos ou matemáticos que evoluíram ao longo do tempo. Após suas apresentações, poderiam ser inclusive indagados se vislumbram nesses exemplos uma evolução de possíveis modelos.

Por fim, com vistas à temática a ser abordada no encontro seguinte, esperava-se realizar uma problematização com relação à interdisciplinaridade. A evolução conceitual ocorre de forma restrita, dentro de uma área do conhecimento? O que se queria com isso, era suscitar uma reflexão inicial sobre a visão dos alunos em relação à interação entre as diferentes áreas do conhecimento, no caso presente, em especial a matemática e as ciências.

Além disso, esperava-se que as situações propostas neste encontro contribuíssem, em especial, para as seguintes categorias para a formação dos professores definidas por Carvalho e Gil-Pérez (2011):

- 1 – Conhecer a matéria a ser ensinada: à medida que se pretende abordar a característica evolutiva da ciência;
- 2 – Conhecer e questionar o pensamento docente instantâneo: afinal, em geral, conforme Carvalho e Gil-Pérez (2011) o senso comum apresentado pelos professores está enraizado em uma percepção equivocada de ciência, com algo acabado e irrefutável.
- 3 – Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências e matemática: pois se pretende discutir sobre as implicações da perspectiva toulminiana para o ensino e a aprendizagem.
- 4 – Crítica fundamentada no ensino habitual: a perspectiva toulminiana implica pensar novas formas de conceber o ensino e a aprendizagem. Defende-se uma abordagem construtivista em detrimento do ensino habitual (tradicional) calcado exclusivamente na transmissão de conhecimento.

5.2.2 Relatório – Encontro 2

Nesta aula, apenas não estava presente a professora P_6 . A primeira situação proposta na aula foi a apresentação de cada um dos mapas construídos previamente. Cabe salientar que se optou em dividir os alunos previamente de modo que P_2 e P_4 leram e construíram seus mapas sobre o texto de Guerrero (2007) enquanto P_1 , P_3 e P_5 sobre o trabalho de Ariza e Harres (2002). O objetivo dessa divisão foi de levar à discussão realizada em sala de aula, ambas as visões presentes nestes trabalhos.

A seguir, tecem-se algumas considerações sobre cada mapa apresentado. Como alguns mapas possuem muitos conceitos e diversas relações, adota-se como

estratégia para a presente investigação verificar se os principais conceitos abordados pelos textos mapeados são lembrados, bem como se as relações estabelecidas estão em sintonia com as ideias defendidas pelos autores e, sobretudo, se indicam possibilidades de reflexão para a temática da presente pesquisa (utilização da modelagem no ensino e na aprendizagem). Como ocorreram comentários e discussões após cada apresentação em sala de aula, opta-se nesse texto por descrevê-las em seguida à avaliação de cada mapa.

Mapa da professora P_2 : Apresenta muitos conceitos abordados no artigo mapeado e várias relações entre eles. Destaca-se que, conforme apresentação, o conceito central é Toulmin. Acredita-se que “evolução” deveria ser um conceito do mapa e, então, poderiam ser definidas diversas relações com esse conceito, já que fundamenta a perspectiva teórica de Toulmin. Por outro lado, a relação central na visão toulminiana é apresentada no mapa: “a interação histórico-social possibilita a evolução dos conceitos científicos”.

Discussões: P4 questiona se a visão toulminiana se aproxima da teoria histórico-cultural. Professora titular responde que sim, porque prevê a necessidade de interação, o uso da linguagem, o papel da história (o que também acontece com na visão toulminiana). O pesquisador esclarece que Guerrero (2017) aborda a obra de Toulmin de uma forma ampla, incluindo seu trabalho sobre os usos da argumentação, o que não é verificado no outro artigo. Em contrapartida, lembrou que esta parte de seus estudos não está desvinculada com o restante, mesmo que o foco da discussão para aquela aula (bem como no presente trabalho) concentre-se na evolução dos conceitos científicos. Professora titular cita o exemplo da teoria darwiniana como exemplo de evolução conceitual (melhor explicação de um determinado fenômeno observado).

Mapa da professora P_1 : Apresenta diversos conceitos e relações entre eles. Informou inicialmente que teve dificuldades em definir o tipo e a direção das setas entre conceitos no *CmapTools*. De forma semelhante ao mapa anterior, o conceito principal é Toulmin. Verifica-se que o mapa dessa professora contém os principais

conceitos inerentes ao texto trabalhado, bem como as relações conceituais elencadas são pertinentes, em especial quando se analisa a sua apresentação, algumas palavras de ligação poderiam ser repensadas de forma a expressar melhor as relações que se busca evidenciar. Além disso, a disposição dos conceitos e relações poderiam ser revistas, à medida que algumas relações aparecem repetidas ou não são evidenciadas. Assim, acredita-se que para um aprofundamento e melhor compreensão da teoria seriam necessárias outras leituras e atividades. Todavia, infere-se que o objetivo principal da atividade de evidenciar a característica evolutiva da ciência foi alcançado, devido à presença de algumas relações no mapa e apresentadas pela professora, a saber: “população conceitual modifica o intelecto por meio de evolução dos conceitos”, “variantes que competem entre as que já estão estabelecidas e as novas”, “mudança conceitual resistente devido ao conhecimento cotidiano”, “conceitos científicos representam conteúdo intelectual”.

Discussões: A professora P_2 , agora, afirma que vê relações da teoria toulminiana com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Pesquisador respondeu que ambos são contemporâneos e acredita que ambos adotam uma visão construtivista. Professora titular pergunta o que seria uma mudança conceitual. P_4 responde sobre o avanço em relação a conceitos científicos, citando como exemplo a passagem da mecânica clássica para a quântica. P_5 acredita que se refere ao processo de transformação do conhecimento cotidiano em científico (por parte do aluno), modificando ou complementando suas explicações do mundo (empíricas) em direção a um conceito científico. Pesquisador pergunta se esse processo (mudança conceitual) é um processo fácil, simples? Ouve-se uma risada irônica indicando que não é fácil esse processo. P_2 afirma que não, porque seria necessário um processo de desconstrução do conhecimento cotidiano que pode conter uma ideia errônea. E essa desconstrução é, às vezes, mais difícil que aprender um novo conceito. P_5 corrobora dizendo que muitas vezes até se aprende um novo conceito mas não se desfaz do antigo, que ele já tem. Professora titular lembra que a evolução pode ser verificada quando um aluno dê conta de situações novas que envolvam um determinado conceito (antes fez alusão a aprender dirigir um carro automático se já aprendeu a dirigir carro com câmbio manual e também à passagem da Mecânica Clássica para a Quântica). Pesquisador, então, pergunta (provoca) se é correto

utilizar a expressão mudança conceitual? Lembra que em uma perspectiva evolucionista é difícil pensar em uma mudança, visto que não é um curso, uma disciplina, projeto de formação, ou atividade pontual que provocam uma suposta “mudança” na forma de pensar dos professores, por exemplo. Pergunta: muitas vezes em trabalhos acadêmicos avaliam-se no início as concepções prévias e no fim da atividade desenvolvida as supostas concepções *a posteriori*, é mesmo válido esse tipo de pesquisa? Professora titular diz que, segundo Ausubel, a aprendizagem se dá quando o novo conceito interage com o anterior. P_5 então questiona se é possível chamar esse processo de interação entre esses conceitos previsto por Ausubel de evolução conceitual? Pesquisador afirma acreditar que sim. Professora titular afirma que é possível falar sobre evolução conceitual porque, por exemplo, o mapa que cada aluno da disciplina fará sobre Toulmin daqui um mês será diferente do inicial. Posteriormente, mostrando-se interessado na discussão, então, P_5 afirma que não havia notado inicialmente que a perspectiva toulminiana utiliza a expressão evolução conceitual ao invés de mudança conceitual e questiona novamente quais seriam as diferenças entre essas expressões. Após fala do pesquisador, visando explicitar que a expressão mudança conceitual indicaria a adoção conceitual diferente da vigente em geral de forma brusca e podendo ser de direções (paradigmas) diferentes e caracterizar a evolução conceitual na perspectiva de Darwin, P_1 contrapõe utilizando seu próprio exemplo de aprendizagem do conceito de limite. Segundo essa professora, teve dificuldades em compreendê-lo nas disciplinas de cálculo e análise, o que só foi superado com a abordagem do conceito na perspectiva de sequências numéricas. A professora pergunta se esse seria um caso de evolução conceitual? Professora titular responde que acredita que isso só foi possível, pois a professora relacionou alguns subsunçores que formara antes nos outros momentos. Além disso, acha que conseguiu avançar nesse campo conceitual por meio de outras situações e, assim, houve uma evolução da compreensão individual dessa professora, sendo um processo idiossincrático. P_4 questiona se isso significa dizer que a nossa primeira aprendizagem é a “mais importante”? Professora titular lembra que o processo de aprendizagem é uma construção e, portanto, a não aprendizagem de alguns conceitos pode prejudicar a aprendizagem de novos conceitos futuros.

Mapa do professor P_4 : O conceito principal também é Toulmin. Pode-se observar que o mapa construído por esse professor apresenta quatro principais blocos de relações os quais estão subordinados aos seguintes conceitos: “ciências”, “positivismo”, “ensino de ciências” e “conceitos”. O próprio professor ao final de sua apresentação alertou para essa disposição e afirmou que faltou evidenciar a rede de relações entre os conceitos. Percebe-se a falta de algumas palavras de ligação. Por exemplo, ao relacionar “Toulmin” com “positivismo” não é possível inferir se para o professor essa é a visão de Toulmin, ou se lhe critica. Isso também não foi evidenciado na fala do professor. Nota-se a ausência do conceito evolução. Apesar de apresentar alguns conceitos abordados no artigo mapeado, o professor não conseguiu evidenciar as relações entre eles, nem mesmo na sua apresentação. Em contrapartida, realizou vários questionamentos durante a aula e mostrou-se empenhado em entender as relações elencadas nos mapas de seus colegas. Isso reafirma a necessidade de apresentar e compartilhar os mapas dos alunos, de modo a aprofundar as ideias reveladas por cada.

Discussões: Pesquisador reafirmou a necessidade de se verificar as componentes de um conceito (aplicação, representação e linguagem). Ainda, lembra que isso leva a acreditar que o ensino de ciências deve retratar o trabalho científico de modo a evidenciar que a ciência não é acabada, exata, sem erros e infalível. Isso implica discutir que tipo de ensino é necessário para atingir esses novos objetivos. P_1 citou seu próprio trabalho com turmas do EF, no qual ao longo dos anos didáticos afirma que visualiza a evolução conceitual de seus alunos (já que é a única professora de matemática em sua escola) como, por exemplo, no que se refere ao conceito “fração”. Dessa forma, acredita-se ter indícios que permitem afirmar que a professora P_1 evidenciou o seguinte teorema-em-ação: **a evolução conceitual de um aluno (indivíduo) é possível ser observada quando se analisa um grande período de tempo**³⁶. Professora titular argumentou que a manutenção de um professor ao longo dos anos letivos lhe permite observar melhor sua evolução, o que é fundamental nas séries iniciais do EF. P_2 citou um caso particular no qual auxiliou na aprendizagem de uma menina que estudava na quinta-série e depois de alguns

³⁶ Com o intuito de melhor localizar os teoremas-em-ação evidenciados pelos professores na descrição das atividades realizadas, optou-se em destacá-los em negrito. Eles serão retomados no capítulo seguinte, no qual se buscará discutir sobre as rupturas e continuidades encontradas durante a análise das situações executadas ao longo da disciplina.

anos, esta sempre lhe lembrava da importância daquelas atividades para que compreendesse esse conceito nas diferentes situações que lhe eram exigidas nos anos seguintes.

Mapa do professor P_5 : O conceito principal também é Toulmin. O mapa desse professor apresenta os principais conceitos abordados no texto referência. Diferencia as visões absolutistas e relativistas as quais Toulmin criticava, bem como evidencia a visão evolucionista no desenvolvimento da ciência. Uma das relações do mapa evidencia uma relação entre a “Epistemologia Evolucionista” com o “Ensino de Ciências”, entretanto, como não há outras relações com esses conceitos, acredita-se que ainda não eram claras para esse professor as implicações dessa perspectiva epistemológica para o ensino e a aprendizagem de ciências.

Discussões: Durante a apresentação, a professora titular retomou alguns pressupostos e resultados dos teóricos citados no artigo mapeado (Popper, Kuhn, Feyerabend e Lakatos). Pesquisador comentou que Toulmin faz uma síntese das visões existentes (absolutismo e relativismo), buscando propor, então, uma nova perspectiva fundamentada em uma visão evolucionista. Por fim, P_5 afirmou que o professor também precisa estar imerso em uma evolução conceitual, tanto no que se refere à compreensão do que é a ciência, bem como do processo de aprendizagem. Dessa forma, acredita-se que se pode pensar na existência de um teorema-em-ação explicitado pelo professor e P_5 no qual **o professor também evolui conceitualmente quanto ao seu entendimento sobre ciência e aprendizagem.**

Cabe esclarecer que após a apresentação de cada mapa, professora titular da disciplina e pesquisador realizaram alguns apontamentos (técnicos) com o intuito de melhorar os mapas que seriam elaborados posteriormente. Como, por exemplo, a utilização correta dos mapas, a utilização obrigatória de palavras de ligação entre os conceitos, o que é uma palavra de ligação, etc. Além disso, mostraram-se alguns recursos disponíveis no *software* CmapTools (inserção de figuras, mudanças de sentido nas setas, entre outros).

Em seguida, apresentou-se aos alunos um vídeo³⁷ (de em torno de 17 minutos) contendo uma rápida explanação feita pelo professor Nélio Bizzo sobre a Teoria da Evolução.

Posteriormente, o pesquisador lembrou que não possui formação na área de Biologia. Entretanto, questionou os professores sobre quais conceitos presentes na fala do palestrante que lhes chamaram atenção e que seriam passíveis de se estabelecer uma relação com as discussões sobre a perspectiva toulminiana. Foram citadas algumas afirmações: “os seres humanos se modificam, porém pouco” (P_5); “modificação, seleção, tempo (demora para mudar uma argumentação)” (P_2); “seleção dos animais, variantes” (P_1). O pesquisador, então, comentou que, além destas, destacaria a ideia de competição que é fundamental para a ideia da evolução dos modelos explicativos para os fenômenos científicos.

O pesquisador, então, questionou os professores o porquê de se trabalhar a perspectiva toulminiana na disciplina que versava sobre modelagem. As respostas foram diversas: P_2 disse acreditar que se deva à necessidade de considerar o contexto histórico envolvido na modelagem; P_4 lembrou a mudança conceitual sobre o entendimento do que é a modelagem, ou a evolução do termo modelagem; P_1 disse acreditar ser devido ao fato de um modelo ser uma representação da realidade, assim pode-se ter diferentes modelos e a modelagem não é um processo único, pois há mudanças conceituais; P_5 colaborou lembrando que a modelagem como metodologia busca representar a realidade, explicar os fenômenos do cotidiano.

Com isso em mente, avalia-se que as respostas dos professores iam ao encontro daquilo que se pretendia discutir em aula: a evolução dos modelos científicos nos âmbitos do desenvolvimento da humanidade e da pessoa (indivíduo). Foi nesse sentido que concluiu o pesquisador após a fala dos professores, inclusive alertando para as implicações em pensar em mudança conceitual, afinal, a partir da leitura de Toulmin (1976) não se pensa em uma mudança conceitual marcada por uma quebra de paradigma como afirmava Thomas Kuhn e, sim, em um processo de evolução marcado por disputa intelectual e seleção dos melhores modelos explicativos. O que se quer dizer com isso é que estavam em discussão dois conceitos-em-ação: mudança conceitual e evolução conceitual. A partir das falas dos

³⁷ BIZZO, N. **USP Talks #12**: Evolução humana. 2017. (17m40s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=26_wwlOhDH0>. Acesso em: 02 jan. 2020.

professores, acredita-se que se possa também atribuir a cada um o seguinte teorema-em-ação: **A ciência possui característica evolutiva**. Apesar de não se encontrar outras falas claras que possibilitassem atribuir teoremas-em-ação aos professores, certamente aquele ambiente de discussão crítica deve ter levado a elaboração de teoremas-em-ação por eles. Por fim, o pesquisador realizou uma apresentação na qual retomou alguns aspectos da vida e obra de Toulmin.

Com isso, cabe retornar à análise das categorias *a priori* alcançadas ou não nesse encontro. Quanto à primeira categoria – conhecer a matéria a ser ensinada, conforme já mencionado, o que se pretendia nesse encontro era tratar sobre a característica evolutiva da ciência. A partir da apresentação aos alunos da visão perspectiva epistemológica de Toulmin, identificam-se alguns indícios da presença de possíveis invariantes operatórios por parte dos professores quanto a essa questão basicamente quando se analisa a utilização e discussão em torno do conceito “mudança conceitual” e suas relações com a ideia de evolução conceitual.

O conceito “mudança conceitual” foi elencado nos mapas dos professores P_3 , P_4 e P_5 . Entretanto, a partir de suas apresentações, durante a própria aula, não era claro se os professores visualizam a importância e a forma como que Toulmin a apresenta, isto é, para esse autor ela só é possível a partir de um processo de evolução que se dá a partir de uma ecologia conceitual (TOULMIN, 1976).

Nesse sentido, um primeiro ponto a se destacar se refere ao próprio conhecimento da Teoria da Evolução. Apesar de não se ter realizado uma incursão investigativa junto aos professores sobre essa temática, acredita-se ser razoável pensar que o próprio entendimento da teoria darwiniana pode ter limitado a visão sobre os pressupostos elencados por Toulmin, afinal diversos autores como Bizzo (1991), Oliveira e Bizzo (2011) e Branco (2004) alertam para as diferentes concepções sobre essa teoria, inclusive em professores de diferentes níveis de ensino.

Com isso em mente, acredita-se que esta primeira categoria foi alcançada em parte durante esse encontro. Na verdade, não se esperava um entendimento amplo da teoria toulminiana por parte dos professores, afinal tratava-se de um primeiro contato destes com essa perspectiva teórica. Contudo, avalia-se que o encontro possibilitou uma primeira provocação (ruptura) aos professores em torno da reflexão da natureza do conhecimento e seu desenvolvimento. Isso pode também ser observado nas categorias seguintes.

A segunda categoria refere-se a conhecer e questionar o pensamento docente instantâneo. Cabe retomar que se esperava contribuir na discussão em torno de uma possível percepção equivocada de ciência como algo acabado e irrefutável, que em muitos casos está presente no senso comum dos professores (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011). Não é possível com os dados coletados inferir se essa era uma concepção dos professores, pois não fora o foco da atividade. Entretanto, durante o encontro realizou-se uma discussão breve sobre esse assunto por meio da abordagem de alguns tópicos recorrentes, em especial no que se refere às críticas de Toulmin às visões absolutistas e relativistas por ele analisadas. Como esperado, esse aspecto foi contemplado em todos os mapas e em suas apresentações, afinal os artigos que foram mapeados destacam esse aspecto. Além disso, o pesquisador retomou em sua apresentação essa característica durante o encontro.

Para Arriza e Harres (2002) a perspectiva teórica de Toulmin pode representar um avanço nas visões dicotômicas recorrentemente encontradas: a absolutista e a relativista. Entende-se, portanto, que a visão evolucionista consiste em uma nova forma de conceber a ciência e o seu desenvolvimento, que implica em uma nova forma de pensar e organizar as atividades de ensino e de aprendizagem. Como relatado anteriormente, um exemplo dessa visão, pode ser encontrado na apresentação do mapa da professora P_5 que não só evidenciou a superação dessa dicotomia proposta por Toulmin, mas também a associou com a evolução da visão do professor sobre o processo de aprendizagem.

Acredita-se que essas evidências indicam em direção a uma reflexão inicial por parte dos professores sobre as restrições presentes em cada uma dessas correntes dicotômicas (absolutista e relativista). Em contrapartida, as discussões realizadas a partir da visão toulminiana aparentemente, ao menos, contribuíram no sentido de propor uma reflexão em torno de práticas de ensino que possibilitem superar essa dicotomia.

As demais categorias que se previam serem observadas nesse encontro estão intimamente imbricadas. Mais especificamente, a terceira referia-se à possibilidade do encontro colaborar em adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências e matemática, e a quarta categoria referia-se à crítica fundamentada no ensino habitual. Por isso, opta-se em realizar uma descrição conjunta delas nessa análise do segundo encontro da disciplina.

Os artigos indicados como leitura prévia para esse encontro já propunham uma discussão inicial sobre as implicações da perspectiva toulminiana para o ensino e a aprendizagem. Assim, percebe-se que nos mapas dos professores P_2 , P_4 e P_5 há uma busca em evidenciar relações de conceitos dessa teoria com o ensino e a aprendizagem de ciências. Por exemplo, o professor P_5 construiu em seu mapa as relações “ecologia conceitual implica ensino de ciências” e “mudança conceitual orienta ensino de ciências”, vindo a explicar em sua apresentação que são estes dois conceitos (ecologia e mudança conceitual) que impactam em uma visão de ensino de ciências distinta da tradicional caracterizada pela exclusividade transmissão de conhecimento.

Além disso, durante as discussões em sala de aula, problematizaram-se diferentes situações inerentes à sala de aula de ciências e matemática, com o intuito de examiná-las à luz da teoria toulminiana. É importante colocar que esses questionamentos foram propostos tanto pelos pesquisadores bem como pelos professores presentes. Pode-se citar como unidades de significado destacadas nessa categorias, as seguintes:

- a indagação da professora P_1 ao questionar se seu histórico de aprendizagem do conceito de limite era um exemplo de evolução conceitual, e quando concluiu em outro momento que o acompanhamento que realiza junto de seus alunos de séries finais do EF lhe possibilita compreender melhor a evolução da compreensão de conceitos por parte deles;
- o interesse da professora P_2 em comparar possíveis aproximações entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e a perspectiva teórica de Toulmin, bem como o interesse do professor P_4 em saber se a teoria histórico-cultural converge com a epistemologia evolucionista;
- a discussão iniciada pelo pesquisador sobre a natureza do trabalho científico e as implicações nas concepções dos professores e, conseqüentemente, na sala de aula.

Ao final da apresentação dos mapas, a professora titular propôs que os professores enunciassem os principais conceitos da teoria toulminiana, sendo listados os seguintes: evolução conceitual, argumentação, ecologia conceitual, mudança conceitual, contexto histórico-social. Apesar de se tratar uma atividade pontual, que abordou esse viés teórico apenas de forma resumida e superficial, acredita-se que, a partir da discussão dos conceitos da perspectiva teórica de Toulmin, foi possível uma primeira incursão na discussão em torno da natureza do

conhecimento científico bem como das suas implicações para o processo de ensino e aprendizagem. Isso permitiu, mesmo que de forma pontual, questionar o modelo de ensino de ciências e matemática atual e apresentar uma forma diferente de concepção sobre o conhecimento científico, especialmente no que se refere ao desenvolvimento da ciência calcada numa visão da ecologia conceitual. Com isso, acredita-se que se alcançou o principal objetivo desse primeiro encontro.

5.3 ENCONTRO 3

5.3.1 Planejamento – Encontro 3

Neste encontro buscou-se discutir a importância de uma visão interdisciplinar no ensino e na aprendizagem de ciências e matemática. Cabe salientar que mesmo ainda não tendo sido tratada amplamente sobre a concepção de modelagem adotada na disciplina, objetivava-se por meio da discussão sobre interdisciplinaridade motivar algumas reflexões em torno das relações entre a matemática e as demais ciências.

Para esta aula foi solicitada como situação prévia a leitura de um artigo distinto por acadêmico, os quais versavam sobre o conceito de interdisciplinaridade, e a elaboração de um V de Gowin para cada artigo. Essa tarefa foi planejada com o intuito de evidenciar a multiplicidade de visões teóricas em relação a esse conceito. O quadro a seguir dispõe os textos destinados a cada professor.

Quadro 6 – Texto lido por cada professor no encontro 3

(continua)

Professor	Título do artigo	Referência
P_1	A matemática em atividades interdisciplinares: uma base para a estruturação dos Seminários Integrados	Bartz, Meneghetti e Poffal (2015)
P_2	A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem	Thiesen (2008)

Quadro 6 – Texto lido por cada professor no encontro 3

(conclusão)

Professor	Título do artigo	Referência
P_3	Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no Ensino Médio	Lavaqui e Batista (2007)
P_4	Epistemologia da interdisciplinaridade	Pombo (2008)
P_5	Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza	Mozena e Ostermann (2014)

Fonte: O autor

Cabe dizer que o artigo denominado “Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade na formação de professores” de Fazenda (2008) fora indicado à acadêmica que não mais frequentou as aulas posteriores. Dessa forma, ideias de Ivani Fazenda sobre a interdisciplinaridade também foram discutidas nesse encontro, porém a análise a seguir não se deterá nesse momento do encontro.

Além disso, outra tarefa prévia solicitada aos professores foi a postagem em um fórum criado no Moodle de uma definição para o conceito de interdisciplinaridade atribuída por algum autor (preferencialmente que não fosse do artigo cuja leitura fora indicada). A proposição dessa situação tinha como objetivo reforçar o entendimento que existem diferentes concepções sobre o que é a interdisciplinaridade.

Cabe salientar que a destinação de um encontro da disciplina para a discussão sobre interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem é fundamental para a compreensão da relação existente entre as modelagens científica e matemática. Para Bassanezi (2014) é necessário adotar instrumentos matemáticos inter-relacionados a outras áreas do conhecimento a fim de se obter um modelo de educação mais comprometido com as realidades individuais e sociais.

É também nessa capacidade de estabelecer relações entre os campos da matemática e os outros, evitando reproduzir modos de pensar estanques

fracionados, que, a nosso ver, está o futuro da formação de novos quadros de professores e pesquisadores, prontos a enfrentar o desafio de pensar a unidade na multiplicidade. (BASSANEZI, 2014, p. 15).

Nesse sentido, acredita-se que a interdisciplinaridade possa contribuir para uma visão ampla da ciência, bem como das inter-relações da matemática com as ciências. Para Japiassu (1976) a interdisciplinaridade requer estabelecer pontes entre as áreas do saber. Dessa forma, torna-se essencial possibilitar momentos na formação do professor em que este possa além de compartilhar suas vivências, experiências, dificuldades e ânsias individuais, buscar por novas possibilidades, entre elas estabelecer parcerias, um trabalho coletivo, o qual pode abordar modelagem em sala de aula.

Inclusive, a composição do corpo docente do PPGECQVS da UFSM favorece a interdisciplinaridade. Afinal, é composto, por alunos de diferentes formações iniciais, em geral licenciaturas em Química, Física, Matemática e Ciências Biológicas. No caso específico da disciplina analisada, por professores com formações de Licenciatura em Física ou Matemática.

Quanto às atividades planejadas para o terceiro encontro da disciplina, a primeira foi a apresentação dos V de Gowin e das definições postadas no Moodle. Devido às dificuldades em definir o que é a interdisciplinaridade, em um segundo momento buscar-se-ia propor uma situação na forma de um jogo sobre as características dos conceitos de multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Para tanto, os alunos seriam reunidos em grupos e receberiam um conjunto de frases que são características de uma das possibilidades (disciplinaridade, multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade ou transdisciplinaridade). Necessitariam associar cada uma das frases a essas possibilidades, que depois deveriam ser coladas em cartazes contendo essa diferenciação.

Durante o encontro planejava-se problematizar junto aos alunos sobre os desafios e potencialidades da interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem de ciências e matemática.

Este encontro visava, principalmente, às características de número 2, 3 e 4 necessárias à formação continuada de professores elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Pretendeu-se discutir as deficiências no ensino tradicional extremamente fragmentado (característica 4), em geral presente no senso comum e

no pensamento docente espontâneo (característica 2). Além disso, por meio da discussão sobre a interdisciplinaridade como possível recurso metodológico, apresentar-se uma possibilidade para a aprendizagem de ciências e matemática (característica 3).

5.3.2 Relatório – Encontro 3

Nesta aula, estavam presentes todos os professores (P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 e P_6). Inicialmente procedeu-se a apresentação de cada V de Gowin elaborado pelos professores. A seguir apresentam-se algumas observações realizadas a partir da análise desses instrumentos construídos, bem como da fala dos professores durante a apresentação.

Professora P_1 : Inicialmente justificou não ter compreendido o que seria a filosofia de um artigo e, dessa forma, não evidenciou este item em seu V. A professora observou que no artigo analisado, os autores referem que a proposição do trabalho interdisciplinar por eles descrita no trabalho surge devido à constatação de uma falta de atividades contextualizadas. A professora afirmou que essa afirmação lhe gerou dúvidas, afinal entendia que contextualização e interdisciplinaridade como conceitos distintos. Afirmou que as atividades apresentadas no artigo lhe pareciam interessantes, no entanto a etapa de medir um comprimento por passos lhe parecia inadequada quanto ao nível de escolaridade para o qual era proposta (uma turma do terceiro ano do Ensino Médio), isto é, considerava essa atividade por demais elementar para aqueles alunos. Concluiu sua apresentação dizendo que acreditava que as atividades elencadas pelos autores não eram interdisciplinares, mas sim contextualizadas, até porque havia feito um trabalho na escola em que trabalhou com sua colega da área de geografia e acreditava que este sim havia sido interdisciplinar, pois consistiu em um trabalho conjunto entre áreas e professoras.

Discussões: O pesquisador comentou que é importante que o V “conte” o que foi apresentado no artigo, o que a professora, em geral, conseguiu fazer. Também elogiou a postura crítica da professora durante análise das atividades propostas pelos autores. Ainda mencionou que a alta carga-horária, uma infraestrutura

inadequada e a indisponibilidade do professor são, em geral, os principais motivos apontados para o não empenho docente em busca de práticas interdisciplinares. A professora titular da disciplina esclareceu que para que se tenha uma atividade interdisciplinar a interação entre disciplinas e professores de diferentes áreas é fundamental.

Professora P_2 : A partir do V de Gowin construído por essa professora pode-se observar que já tinha contato com esse instrumento, afinal os domínios conceitual e metodológico permitem um entendimento do conteúdo do artigo analisado. Por várias vezes durante sua apresentação, a professora P_2 destacou a necessidade de superação da fragmentação das ciências. Para ela, esse é o ponto principal presente no texto analisado (THIESEN, 2008).

Discussões: O pesquisador chamou atenção para o fato de que o autor busca ao longo do artigo analisar a interdisciplinaridade por dois vieses, a saber: o epistemológico e o pedagógico. Concluindo que há diferentes percepções quando considerados essas duas vias e, portanto, para um trabalho interdisciplinar não basta a epistemologia da interdisciplinaridade, mas também é preciso considerar os aspectos pedagógicos. Em seguida, a partir de uma provocação realizada pela professora titular, os professores discutiram se a Ontologia e a Gnosiologia poderiam ser consideradas filosofias desse artigo.

Professor P_3 : O V construído por essa professora permite bom entendimento dos domínios conceitual e metodológico do artigo analisado. Além disso, a própria apresentação da professora foi minuciosa, conseguindo “contar” por meio do V de Gowin construído o que trata o artigo. Destacou ao longo de sua apresentação conceitos como multi, pluri, inter e transdisciplinar abordados por Lavaqui e Batista (2007). Além disso, como o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) está calcado no viés interdisciplinar. Foi possível perceber um envolvimento da professora com o estudo detalhado das ideias apresentadas por esses autores nesse trabalho, inclusive afirmou que gostou muito de lê-lo.

Discussões: Foi retomado pelo pesquisador e pela professora titular o caráter

diversificado sobre o conceito de interdisciplinaridade ao longo do seu desenvolvimento, tanto que, mesmo nos dias atuais, não se tem uma definição única para ele.

Professor P_5 : O diagrama construído pelo professor é adequado e também possibilita boa visualização do que é tratado no artigo. Ressaltou na sua fala a diversidade de concepções teóricas existentes sobre o conceito de interdisciplinaridade. Afirmou que o artigo lhe proporcionou boa visão sobre o panorama dos trabalhos publicados que descrevem atividades supostamente interdisciplinares.

Discussões: Uma primeira discussão foi suscitada pelo próprio professor P_5 que afirmou ter lhe chamado atenção a asserção de valor do artigo da necessidade de formação inicial voltada para a interdisciplinaridade. A professora titular ainda lembrou que uma ampliação da investigação proposta no artigo poderia envolver a análise de trabalhos publicados e envolvendo a área da Matemática. Ela também lembrou que em sua concepção a matemática não tem sentido quando afastada das demais ciências, tanto que busca integrar os seus orientandos de ambos programas de pós-graduação nos quais atua (Educação Matemática e Educação em Ciências).

Professor P_4 : Inicialmente, o professor ressaltou que se tratava do primeiro V construído por ele, por isso teve muitas dúvidas durante esse processo e, inclusive, com base nas apresentações anteriores, faria várias alterações. De fato, o V apresentava algumas inconsistências quanto ao seu conteúdo, entretanto, durante a apresentação foi possível perceber que o professor P_4 , em sua fala, adicionou algumas informações sobre o artigo analisado. Além disso, professora titular, pesquisador e demais professores buscaram realizar algumas inferências durante a apresentação com o intuito de questionar e auxiliar o professor P_4 a possíveis modificações em seu V.

Discussões: Quando perguntado pela professora titular sobre no que o artigo lhe havia chamado a atenção, o professor P_4 afirmou ter sido o uso indiscriminado da

palavra interdisciplinaridade, pois conforme Pombo (2008) é utilizada para rotular diferentes atividades, das quais muitas não possuem esse viés e, dessa forma, acaba banalizada. Nesse sentido, a professora P_2 comentou que acredita que esta autora busque para tanto estabelecer algumas diferenciações para multi, pluri, inter e transdisciplinaridade. Professora titular ressaltou a importância de se esclarecer as distintas visões e estruturar os trabalhos interdisciplinares em alguma(s) dela(s).

Antes de tudo, cabe dizer que ao fim de cada apresentação, professora titular e pesquisador buscaram realizar apontamentos técnicos quanto à elaboração dos V de Gowin, afinal, como descrito anteriormente, muitos dos professores tinham pouco contato com esse instrumento, quando não o desconheciam.

Em seguida, partiu-se para o jogo sobre os conceitos de disciplinaridade, multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Nesta atividade a professora P_6 já não mais se encontrava no encontro. Para tanto, foram disponibilizadas cinco folhas de papel cartão, todas de cores diferentes. Em cada uma delas colou-se previamente um dos cinco termos anteriores. Dividiram-se os professores em três duplas, as quais receberam um conjunto distinto de expressões em tiras de papel. O objetivo da atividade era, pois, que as duplas determinassem a que conceito estava relacionada cada uma daquelas expressões.

É importante ressaltar que essa situação foi proposta na forma de um jogo aos professores com o objetivo de diversificar as situações planejadas para os encontros. Inclusive, no início dessa atividade informou-se aos professores o objetivo da atividade e que a dupla que obtivesse o maior número de correspondências corretas receberia uma premiação³⁸.

Os professores se mostraram interessados em realizar a atividade proposta, mostrando-se empenhados em discutir a tarefa nas duplas. Não é possível identificar com clareza no áudio da gravação da aula as discussões realizadas por cada dupla, afinal ocorriam simultaneamente.

A imagem a seguir, ilustra o momento no qual as duplas analisavam as expressões contidas nas tiras.

³⁸ Na verdade, todos receberam um chocolate e a dupla “vencedora” recebeu um doce adicional.

Figura 19 – Professores resolvendo uma situação proposta no encontro 3



Fonte: O autor

Em seguida, procedeu-se à correção das relações estabelecidas por cada dupla. Inicialmente o pesquisador esclareceu que um dos objetivos principais da atividade era evidenciar a dificuldade em diferenciar os conceitos de disciplinaridade, multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Para a verificação, o pesquisador leu uma a uma as frases colocadas em cada cartaz e questionava os professores se concordavam ou não com aquela correspondência estabelecida pela dupla. A cada acerto da dupla, era feito o registro na lousa escolar.

Com isso, essa última etapa do jogo possibilitou um momento de discussão no grupo de professores, no qual puderam socializar as próprias dúvidas que tiveram durante o jogo. É importante pontuar que o jogo estabeleceu um ambiente de alegria, no qual os professores se mostraram envolvidos com aquela tarefa proposta. Um exemplo que evidencia esse envolvimento cognitivo dos professores com a tarefa, ocorreu quando não concordaram com a classificação da seguinte afirmação: “Estuda um objeto de uma disciplina pelo ângulo de várias outras ao mesmo tempo. Traz algo a mais a uma disciplina, mas restringe-se a ela, está a serviço dela” (BRASIL, 2013, p.28). Essa tira havia sido classificada por uma das duplas como uma característica da multidisciplinaridade. Porém, essa é a classificação apresentada para o conceito de pluridisciplinaridade pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica. Em especial, a professora P_3

afirmou que fez algumas classificações realizadas no jogo a partir de suas leituras prévias à disciplina de textos de Gerard Fourez, reconhecido por abordar esse tema. Em especial, referiu-se à necessidade de negociação entre as disciplinas em uma empreitada interdisciplinar. Por isso, acredita-se haver evidências de que essa professora tenha evocado um teorema-em-ação no qual caracteriza **a interdisciplinaridade como uma ação coordenada marcada pela interação (negociação) entre diferentes disciplinas.**

Assim, o pesquisador ressaltou que um dos objetivos da atividade era, pois, exemplificar o quão estreitas são as diferenciações realizadas pelos diferentes autores e documentos para esses conceitos. Ainda, caso julgassem adequado, os professores poderiam, a partir de suas leituras e experiências, reclassificar essas tiras, entretanto não pontuariam no jogo. Dessa forma, decidiram por unanimidade que essa frase seria mais bem classificada como uma descrição do conceito de multidisciplinaridade, tanto é que a tira foi colada do cartaz correspondente a este conceito.

A imagem a seguir³⁹ registra o final da atividade (e encontro), depois de se colar as tiras de papel nos cartazes correspondentes.

Figura 20 – Cartazes construídos pelos professores no encontro 3



Fonte: O autor

³⁹ O cartaz referente ao conceito da transdisciplinaridade se encontrava com a professora que frequentou apenas alguns dos primeiros encontros, por isso, ainda que tenha consentido em utilizar sua imagem e produções nessa pesquisa, optou-se em cortar a imagem original, resultando na presente figura. As professoras P_2 e P_6 haviam se retirado pouco antes de ser registrada a fotografia devido ao adiantado da hora.

O Apêndice G apresenta as frases sobre cada conceito (disciplinaridade, multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade) utilizadas no jogo.

Ressalta-se que se avalia que o jogo dinamizado proporcionou um envolvimento cognitivo dos professores com a atividade. Chegou-se a essa conclusão a partir das trocas e discussões realizadas, primeiramente em cada dupla e depois no grupo com um todo.

Com isso, resta discutir indícios sobre a contribuição do encontro para as categorias *a priori* elencadas como potencialmente favorecidas pelas atividades desse encontro, a saber: questionar as ideias docentes do “senso comum” (característica 2); adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências e de matemática (característica 3); saber analisar criticamente o ensino tradicional (característica 4).

Quanto a segunda e quarta categorias, acredita-se ter encontrado indícios de que a aula pode ter contribuído na crítica às ideias docentes do senso comum e, com isso, ter-se realizado uma crítica ao ensino tradicional. Na verdade, pode-se observar nas falas dos professores que já possuíam leituras sobre o tema interdisciplinaridade. Registraram-se alguns momentos nos quais os docentes teciam críticas ao modelo de ensino pautado pela fragmentação em disciplinas. Entende-se, portanto, ser possível inferir a presença de um teorema-em-ação em todos os professores sobre a **insuficiência de um ensino pautado exclusivamente na disciplinaridade**.

Além disso, vale lembrar o fato da professora P_1 ter evidenciado em sua apresentação do V sua visão em relação à diferenciação entre os conceitos de contextualização e interdisciplinaridade e, portanto, acredita-se que nesse caso pode-se dizer que a professora estabeleceu o seguinte teorema-em-ação: ***para que uma atividade possa ser considerada interdisciplinar é necessário que haja trabalho conjunto de diferentes disciplinas (e, portanto, mais de um professor)***. A avaliação feita pela professora em relação à classificação equivocada de interdisciplinar para atividades que na verdade possuem apenas caráter contextualizado, pareceu evidenciar uma crítica a algumas ideias características presentes no senso comum e vivenciadas nos ambientes escolares.

Evidentemente, com isso não se está assumindo que o encontro por si só necessariamente impactará na forma como esses professores ministrarão suas

aulas a partir de então. O que se afirma é a existência de um ambiente propício à discussão em torno das incoerências presentes em um modelo de ensino pautado exclusivamente pela disciplinaridade, o que foi lembrado por todos os professores.

Quanto à terceira categoria – adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências e matemática – esperava-se encontrar teoremas-em-ação sobre a importância para a aprendizagem de ciências e matemática. Durante o encontro os professores realizaram afirmações nesse sentido, mas quando se referiam às ideias dos autores dos trabalhos analisados. Nesse sentido, não é possível dizer com clareza que se tratam de teoremas-em-ação dos professores, ou seja, que, de fato, pensam daquela forma. Entretanto, acredita-se que o encontro tenha alcançado o objetivo de provocar essa discussão. Outro ponto que reforça essa avaliação é o fato de se verificar um certo grau de interação entre as ciências e a matemática nos trabalhos finais da disciplina elaborados por eles, como será analisado mais adiante no relatório do último encontro da disciplina.

5.4 ENCONTROS 4 AO 7

5.4.1 Planejamento – Encontros 4 ao 7

O quarto e quinto encontros da disciplina tiveram por objetivo tratar sobre a modelagem científica, os dois encontros seguintes sobre a modelagem matemática. Os encontros 4 e 6 constituíram-se de uma abordagem essencialmente teórica e os encontros 5 e 7 de ordem prática. Em suma, o quarto encontro referiu-se a um estudo conceitual sobre a modelagem científica e o quinto encontro consistiu no debate sobre artigos publicados contendo experiências com a modelagem científica em sala de aula. De forma análoga, o sexto encontro abordou conceitualmente a modelagem matemática e o sétimo encontro consistiu na apresentação de trabalhos publicados contendo experiências com modelagem matemática.

Para o quarto encontro planejou-se uma situação visando à elaboração de um mapa conceitual para o tema modelagem científica, os quais foram apresentados no início deste encontro. Esses mapas foram construídos a partir de visões e trabalhos de pesquisadores sugeridos aos alunos. Em seguida, uma nova situação seria sugerida aos alunos: solicitar-se-ia que recordassem se vivenciaram alguma experiência com a modelagem científica durante a sua formação (Educação Básica,

Ensino Superior e ou pós-graduação). Em caso afirmativo, seria lhes solicitado que relatassem essas experiências.

Ao final do quarto encontro previa-se a descrição do trabalho final da disciplina (Apêndice H), com as definições dos grupos de trabalho (visando a distribuição de alunos de diferentes formações). Em suma, este trabalho tem por objetivo a elaboração de uma unidade didática (conjunto de planos de aula com um objetivo em comum que os permeia) que verse sobre as modelagens científica e matemática com vistas, preferencialmente, à Educação Básica.

O quinto encontro, visava atender uma demanda de ordem prática em relação à modelagem científica. A situação para este encontro consistiu em solicitar aos alunos que pesquisassem trabalhos científicos publicados em periódicos ou em anais de eventos científicos relevantes contendo relatos de experiências sobre o uso da modelagem científica. Os trabalhos escolhidos deveriam ser indicados previamente em fórum virtual no Moodle, de modo a não ocorrerem duplicidades.

Durante o encontro, esses trabalhos seriam apresentados da maneira que cada grupo considerasse melhor, porém buscando responder essencialmente às seguintes questões: O que trata o artigo? De que forma a modelagem é concebida no ensino de ciências? Qual a concepção de modelo científico presente no trabalho? Quais são as atividades de modelagem que o artigo propõe? Essas atividades são possíveis de serem aplicadas na sua sala de aula? Quais os resultados encontrados no trabalho com a modelagem científica? Há a presença de um modelo matemático no processo de modelagem científica? O que poderia ser melhorado nessas atividades?

Como dito antes, o sexto e sétimo encontros são análogos aos dois anteriores, porém visando à modelagem matemática. Como situação prévia ao sexto encontro, planejava-se solicitar aos alunos a elaboração prévia e envio pelo Moodle de um mapa conceitual sobre o tema modelagem matemática de acordo com leituras prévias a serem indicadas.

A primeira atividade do sexto encontro corresponderia à apresentação dos mapas conceituais elaborados pelos alunos. Em seguida seria proposta e desenvolvida outra situação: a discussão em torno sobre a possível utilização da modelagem matemática ao longo da formação dos alunos da disciplina. Ainda, seriam problematizadas as potencialidades e desafios no trabalho com modelagem matemática em sala de aula.

No sétimo encontro, de forma análoga ao planejado para o quinto encontro, seria a vez das apresentações de trabalhos publicados contendo experiências com a modelagem matemática. As apresentações também deveriam responder às questões propostas sobre modelagem científica, agora, porém, considerando a modelagem matemática. Lembrando: O que trata o artigo? De que forma a modelagem é concebida no ensino de matemática? Qual a concepção de modelo matemático presente no trabalho? Quais são as atividades de modelagem que o artigo propõe? Essas atividades são possíveis de serem aplicadas na sua sala de aula? Quais os resultados encontrados no trabalho com a modelagem científica? Há a presença de um modelo científico no processo de modelagem matemática? O que poderia ser melhorado nessas atividades?

Salienta-se que, quando da análise de trabalhos sobre modelagem científica, seria necessário responder sobre a existência de modelos matemáticos, e vice-versa. Acredita-se que esta primeira aproximação que a disciplina irá realizar em torno da relação entre essas duas modelagens, poderá contribuir para uma ruptura no conhecimento dos alunos da disciplina (VERGNAUD, 2017).

Dessa forma, esperava-se por meio dos encontros 4 e 6 contribuir para a reflexão dos professores em torno das seguintes principais características para a formação do professor elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011):

2- Conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo: para esses encontros já se espera ter traçado as principais concepções dos professores em relação à modelagem nas ciências e matemática. A partir disso, é que as situações previstas nesses encontros buscam questionar essas ideias prévias por meio do estudo de trabalhos reconhecidos sobre conceitos inerentes a esse contexto.

3- Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem e aprendizagem de ciências: o principal objetivo desses encontros é discutir a modelagem como possibilidade metodológica para o ensino e aprendizagem de ciências e matemática.

4 – Crítica fundamentada no ensino habitual: a modelagem no ensino e na aprendizagem é uma resposta ao ensino tradicional. A modelagem pressupõe um aluno proativo, envolvido em fazer matemática e fazer ciência.

No que se refere aos encontros quinto e sétimo, pretendia-se essencialmente contribuir para as seguintes características necessárias à formação:

1 – Conhecer a matéria a ser ensinada: a modelagem requer o estudo de conceitos inerentes aos problemas tratados. Os alunos terão de se debruçar sobre conceitos

de suas áreas de formação e, muito provavelmente, de áreas afins ao analisarem os trabalhos que necessitarão apresentar.

5 – Saber preparar atividades: as situações propostas nesses encontros requerem dos alunos um escrutínio das atividades propostas nos trabalhos escolhidos. Apesar de não preverem a construção de novas atividades, propõem-se o exame crítico de propostas já experimentadas para a sala de aula.

6 – Saber dirigir a atividade dos alunos: o escrutínio das atividades tem por finalidade o melhor conduzir da atividade dos alunos. Mesmo que não sejam necessariamente replicadas em sala de aula, espera-se contribuir para essa categoria à medida que se propõe discutir essas atividades com vistas ao melhor desenvolvimento em sala de aula, isto é, observando possíveis contribuições e desafios na compreensão dos conceitos envolvidos, a partir da prática dos professores da disciplina.

8 – Utilizar a pesquisa e a inovação: tem-se o claro objetivo de contribuir para esta categoria à medida que se utilizará de resultados de pesquisas oriundas da produção na área da Educação em Ciências e da Educação Matemática. Entretanto, como justificado anteriormente, trata-se de um exame crítico desses materiais.

5.4.2 Relatório – Encontros 4 ao 7

Para o quarto encontro foi sugerido a leitura prévia de artigos científicos que abordam o tema modelagem científica. O quadro a seguir apresenta os artigos lidos pelos professores para o quarto encontro.

Quadro 7 – Texto lido por cada professor para o encontro 4

Título do trabalho	Referência	Professores que o leram
Modelagem – uma abordagem para um ensino de ciências mais autêntico	Justi (2007)	P_1, P_2, P_5 e P_6
Aplicando modelagem didático-científica nas aulas de física	Veit, Brandão e Araújo (2013)	P_3 e P_4

Fonte: O autor

Como situação prévia, solicitou-se que cada professor construísse um mapa conceitual do artigo lido. Exceto a professora P_1 , os demais professores estavam presentes na aula e apresentaram seus mapas conceituais. A seguir, descrevem-se os mapas elaborados pelos professores e as suas apresentações nesse encontro.

Professora P_6 : O mapa da professora apresenta vários conceitos cujas relações representam ideias presentes em Justi (2007). A professora esclareceu durante a apresentação que, a partir da visão da autora, buscou também apresentar um pouco da sua visão sem esclarecer, no entanto, especificamente se algum conceito e ou relação correspondia especificamente a sua compreensão sobre o tema. Durante a fala da professora afirmou que construiu o mapa pensando também na modelagem científica no ensino. Chama atenção a relação “modelo → atividade mental”, presente no mapa e citada durante a apresentação da professora, lembrando que a modelagem é uma atividade humana, e que vai de encontro a uma ideia de ciência pronta, acabada e infalível. Com isso, atribuiu-se nesse encontro à professora P_6 o seguinte teorema-em-ação: **A construção de modelos é uma atividade humana e, portanto, não infalível.**

Discussões: Professora titular elogiou o mapa da professora por reconhecer nele de forma clara a visão da modelagem quando pensada no âmbito do ensino. Saliou também que uma possível melhoria seria destacar no mapa a relação cíclica existente entre os conceitos “tradução” e “abstração” no processo de representação

de uma ideia ou sistema por meio da modelagem. O pesquisador ressaltou que o mapa evidencia a ideia de modelagem enquanto “idealização da realidade” e, dessa forma, questionou os professores se modelar é um processo fácil para alunos e professores. Todos concordaram que não, e as professoras P_2 e P_6 afirmaram acreditar que para se pensar em modelagem no ensino, é necessário prioritariamente investir na formação docente, de modo que ao professor é condição *sine qua non* sair da “zona de conforto”, o que se acredita ser um indício da existência de um teorema-em-ação que se transcreve da seguinte forma: **trabalhar com modelagem em sala de aula exige de o professor sair de sua zona de conforto**. O pesquisador ainda comentou sobre o fato da modelagem na perspectiva do ensino surgir a partir do entendimento da necessidade de uma visão ampla de ciência, especialmente calcada na interdisciplinaridade que fora abordada no encontro anterior.

Professora P_2 : O mapa dessa professora possui vários conceitos e relações e também se refere ao texto de Justi (2007). Inicialmente a professora mencionou que “a modelagem utiliza modelos para a representação de ideias”. Entende-se que a autora identificou corretamente estes conceitos presentes no texto mapeado, tanto que os enfatizou em sua apresentação. Além disso, outro ponto destacado pela autora refere-se à característica “cíclica” (nas palavras da professora) do processo de construção do conhecimento por meio da modelagem, haja vista que o entende como contínuo e não acabado. Com isso, destaca-se para essa professora o seguinte teorema-em-ação: **Na modelagem, a construção do conhecimento é cíclica e continuada**. Interpreta-se que a professora se referia à modelagem como uma construção, na qual os conceitos não são simplesmente apresentados (definidos) aos alunos, pelo contrário busca-se construí-los a partir das situações que se propõem aos alunos.

Discussões: O pesquisador enfatizou as seguintes relações estabelecidas pela professora: “modelos → ferramentas para produzir → conhecimento → por meio de dois processos → utilização e construção”. Nisso, a professora P_2 afirmou que, para ela, as duas palavras-chave do texto seriam reconstrução e reestruturação (do conhecimento). Explicando-se, afirmou que o papel do professor não seria, portanto,

o de apresentar um roteiro ao aluno, mas sim de orientá-lo de acordo com os objetivos estabelecidos previamente.

Professora P_5 : O mapa desse professor também apresenta de forma sucinta, porém com clareza, as principais ideias defendidas por Justi (2007). Destacou em sua fala que as concepções de aluno e professor interferem na modelagem (quando pensada na perspectiva do ensino de ciências). Além disso, o professor P_5 afirmou que **a representação dos modelos pela modelagem pode ocorrer por meio da matemática ou “outros meios”**, o que se entende como um teorema-em-ação evidenciado por esse professor.

Discussões: A professora titular lembrou a relação existente entre os modelos matemáticos e científicos. Além disso, observou que, até então, nenhum dos mapas apresentado continha o conceito de modelagem matemática. O professor P_5 então retomou a leitura de parte do texto mapeado, no qual Justi (2007) afirma que um dos passos da modelagem é determinar a forma como o fenômeno será expresso, o que inclui objetos matemáticos. Esse foi um primeiro momento de discussão em torno da visão sobre as modelagens científica e matemática durante a disciplina. Em seguida, ao referir-se ao título do trabalho “Modelagem – uma abordagem para um ensino de ciências mais autêntico” de Justi (2007), o pesquisador indagou os professores sobre o que seria um ensino de ciências mais autêntico e de que forma a modelagem poderia contribuir nisso. Os professores P_3 P_5 afirmaram acreditar que consistiria em abordar fenômenos presentes da realidade ou de algum conhecimento por parte dos alunos e compreender as situações em torno dele. A professora P_6 disse acreditar que outra possibilidade seria pautar o ensino a partir das atividades características da ciência, possibilitando ao aluno construir seu conhecimento. Professora titular esclareceu que se trata, sobretudo, de pensar o ensino de ciências de uma forma ampla, objetivando a criticidade dos alunos, afastando-se de uma visão meramente tecnicista ou utilitarista da ciência e, em especial, da matemática quando utilizada nas áreas científicas. Pesquisador acrescentou a procura de aproximar as reais características do trabalho científico à sala de aula.

Professora P_3 : O mapa elaborado por essa professora apresenta característica hierárquica. As implicações da modelagem para o ensino concentram-se em um bloco no mapa, sem estabelecer ligações (e palavras de ligação) com os demais conceitos. De uma forma geral, abordou os conceitos principais abordados pelo texto mapeado.

Discussões: Professora titular afirmou que, em sua opinião, dever-se-ia também pensar nos modelos mentais envolvidos no processo de modelagem. Pesquisador afirmou que é necessário pensar nas possíveis implicações no ensino e na aprendizagem oriundas das relações entre as áreas de Matemática e Física.

Professor P_4 : O mapa do professor apresenta muitos conceitos e relações. Segundo ele, devido a sua busca em mapear minuciosamente as ideias presentes no texto. Inicialmente, ressaltou que, segundo Veit, Brandão e Araújo (2013) a modelagem surge com uma possível resposta às práticas de ensino descontextualizadas. Pode-se observar que o mapa apresenta “blocos” de conceitos, a saber: modelos científicos, epistemologia de Mario Bunge, modelagem no ensino. Percebe-se um avanço do professor no sentido de ter encontrado vários conceitos abordados no artigo mapeado, no entanto a presença dos blocos leva a pensar que sua construção ainda não expressa um todo. O mapa do professor apresenta a modelagem matemática com uma forma de representar modelos científicos.

Discussões: Professora e pesquisador discutiram sobre a ideia de modelagem didático-científica tratada no texto mapeado (VEIT, BRANDÃO, ARAÚJO, 2013). Perguntaram aos professores o que entendiam sobre o que seria isso? Afirmaram que seria uma “adaptação” do processo de modelagem para atividades em sala de aula.

Ainda buscando-se a discussão sobre o trabalho com modelagem em sala de aula, após as apresentações, o professor P_4 afirmou que em sua visão o trabalho com modelos pode consistir em uma ferramenta interessante para o ensino e a aprendizagem. Porém, alertou que essa abordagem, por si só, não motiva o aluno.

Acredita que o envolvimento do aluno se dá quando essa abordagem visa a contextualização. P_4 concluiu que o simples trabalho com modelos “não tem garantia nenhuma” para o interesse e empenho do aluno. A professora P_2 concordou afirmando que “*não tem garantia nenhuma, porque os alunos, ainda mais do Ensino Fundamental e Médio, é bem diversificado, então não é garantia nenhuma*”. Dessa forma, compreende-se que os professores P_2 e P_4 evidenciaram o seguinte teorema-em-ação: **a modelagem pode ser uma ferramenta para ensinar e aprender desde que promova a contextualização.**

Com isso, o pesquisador questionou os professores o porquê de, então, trabalhar com modelagem. A professora P_6 argumentou que muitos alunos não querem esse tipo de atividade, apenas as atividades tradicionais. Nesse sentido, A professora P_2 afirmou que se trata de uma “zona de conforto” dos alunos. Portanto, entende-se que se pode atribuir às professoras P_2 e P_6 o seguinte teorema: **existe também uma zona de conforto do aluno e, assim, muitas vezes não se envolve com atividades que não sejam as tradicionais.**

Diante desses comentários, o professor P_4 afirmou:

“Eu acredito que a gente tem que usar alternativas, nós temos que usar metodologias sim. Eu acredito nisso sim, porque senão, como a colega falou: senão fica na rotina. Eu só não acredito numa fórmula mágica, que seja a solução dos nossos problemas. Eu acho que essa é uma abordagem muito interessante, que precisa ser usada, assim como outras metodologias, porque nem sempre uma irá motivar um grupo de alunos, e outra irá motivar um grupo de alunos.”

A fala desse professor foi no sentido de que é, sim, necessário questionar a exclusividade das práticas tradicionais, porém considerando as peculiaridades dos alunos, bem como uma diversidade de metodologias didático-pedagógicas. Assim, atribuiu-se ao professor o seguinte teorema-em-ação: **A modelagem pode ser uma interessante metodologia de ensino, mas é preciso considerar as peculiaridades dos alunos.**

A professora P_3 afirmou que a ideia de motivação é relativa, afinal já ouvira de alunos que teriam “aprendido melhor em um cursinho do que na escola”. Com isso, a professora titular fez uma intervenção lembrando que, do ponto de vista da Teoria da Aprendizagem Significativa, as condições para aprendizagem significativa são um material instrucional potencialmente significativo, a estrutura cognitiva do aluno (existência de subsunçores) e querer aprender significativamente requer que aluno

se empenhe cognitivamente em possíveis atividades envolvendo modelagem. Nesse momento o professor P_5 questionou se há algum autor que aborde o conceito de motivação na aprendizagem. Os próprios professores concluíram que não há uma linha de pesquisa utilize especificamente esse termo. Professora titular, então, lembrou que o termo motivação poderia, talvez, ser mais bem entendido se abordada a ideia de o aluno ter um objetivo. O pesquisador lembrou sobre estudos de Ponte, Brocardo e Oliveira (2006), mais especificamente da ideia da necessidade de empenho cognitivo dos alunos como importante condição para a aprendizagem. A professora titular argumentou, então, que esse processo requer um aluno ativo.

O pesquisador questionou os professores se haviam tido contato com modelagem científica durante a sua formação básica. Os professores relataram que não tiveram nenhuma experiência nesse sentido. O professor P_4 relatou que tinha tido contato apenas com modelagem matemática enquanto aluno de pós-graduação e, posteriormente, quando sugeriu a seus alunos de graduação que elaborassem alguma atividade de modelagem matemática com viés voltado ao ensino.

No fim desse encontro, pesquisador e professora titular esclareceram os professores sobre as situações propostas para o encontro seguinte: pesquisar previamente artigos publicados em periódicos científicos ou anais de eventos que versassem sobre experiências envolvendo propostas sobre modelagem científica para a sala de aula.

No quinto encontro, do qual participaram os professores P_1 , P_2 , P_3 e P_4 , foram apresentados os V de Gowin elaborados para cada artigo selecionado, bem como os professores se utilizaram de *slides* para as suas explanações. O quadro a seguir apresenta os artigos definidos previamente por cada professor (ou dupla) e que foram objetos de suas apresentações nesse encontro.

Quadro 8 – Texto lido por cada professor no encontro 5

Professor (es)	Título do trabalho	Referência
P_2 e P_3	Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física	Heidemann, Araujo e Veit (2016)
P_5 e P_6	A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física	Brandão, Araujo e Veit (2008)
P_4	A videoanálise como mediadora da modelagem científica no Ensino de Mecânica	Saavedra Filho et al. (2017)
P_1	Modelagem matemática e bicicleta: investigação do custo benefício deste meio de transporte	Santos e Quartieri (2014)

Fonte: O autor

A primeira situação proposta no quinto encontro foi a apresentação dos V elaborados bem como as respostas aos questionamentos prévios⁴⁰ propostos para guiar a análise de cada artigo. Como não estavam presentes na aula os professores P_5 e P_6 devido a uma atividade institucional de formação, definiu-se previamente com estes, que fariam a apresentação da tarefa ao longo do sétimo encontro, como será descrito adiante.

Professoras P_2 e P_3 : As professoras responderam aos questionamentos elencados *a priori*, comunicando os principais elementos do texto analisado. Além disso, realizaram apontamentos críticos sobre o texto, bem como sobre a prática docente em geral. Esclareceram durante sua apresentação que as atividades de modelagem apresentadas no artigo analisado visavam à aprendizagem de conceitos físicos,

⁴⁰ Qual a concepção/definição de modelagem científica utilizada? Qual a proposta de modelagem científica proposta? São utilizados conceitos matemáticos no processo de modelagem científica? Se sim, quais? O que é modelado? De que forma? Onde? Com quem? Quais os referenciais teóricos adotados? Quais os resultados obtidos? Quais são as críticas e sugestões do grupo em relação ao trabalho com modelagem descrito no artigo?

entretanto, apontaram que a construção dos modelos abordados requer equações e outros objetos matemáticos. Segundo entendimento das professoras, a matemática é tratada no artigo como uma ferramenta. Referindo-se ao modelo de Arquimedes, a professora P_2 afirmou que: *“essa parte de densidade na física, eu procurava trabalhar essa parte matemática, do entendimento, porque para eles a física muitas vezes, simplesmente, é aplicar aquela equação sem entender, sem entender nada. Quando eu cheguei lá, o professor anterior era assim... Então quanto tu queria discutir o conceito: porque que era, no caso a matemática, não só aplica [mas] aplicar essas relações, no início é mais difícil”*. A professora P_2 , em seguida afirmou entender que um trabalho interdisciplinar seria um encaminhamento para solucionar esse cenário, porém destacou que para tanto seria necessário o empenho dos professores e condições adequadas. Por isso, acredita-se que a professora P_2 tenha utilizado o teorema-em-ação: **a matemática na física não se resume a fórmulas**.

Discussão: Ainda durante a apresentação do V, a professora P_1 afirmou acreditar que **a Matemática também tem que se aproximar das demais áreas**, o que se entende ser um teorema-em-ação por ela evidenciado. Inclusive essa professora citou como exemplo seu trabalho com alunos de oitavo ano do EF, no qual aborda conceitos Físicos como velocidade média e densidade quando aborda o conceito matemático de razão. Professora titular afirmou que acredita ser necessária uma perspectiva de trabalho docente na qual a Matemática não seja uma mera ferramenta às demais ciências. O pesquisador lembrou que o trabalho com modelagem pode centrar-se no processo de validação de modelos, que para as professoras é o caso das atividades descritas no artigo realizado. Por fim, os professores, pesquisador e professora titular discutiram sobre a necessidade da teoria e prática na área de ensino estarem “afinadas”.

Professor P_4 : O V elaborado pelo professor e a sua apresentação possibilitaram comunicar o conteúdo do artigo analisado. Percebe-se que o professor ainda possui dificuldades em identificar elementos como a filosofia e teorias presentes no trabalho e, por isso, professora titular e pesquisador buscaram definir juntamente aos demais professores presentes quais seriam elas. Esclareceu que escolheu o artigo de Saavedra Filho et al. (2017), pois foi o único encontrado que, além da modelagem científica, abordava de alguma forma os modelos matemáticos inerentes.

O professor afirmou em sua apresentação que acreditava ser necessário ao trabalho analisado evidenciar as relações matemáticas presentes nos modelos científicos obtidos na experiência que descreve. Essa constatação, para o professor P_4 pode também ser constatada pela ausência de referenciais teóricos no artigo sobre a MM. Mais especificamente, referia-se aos gráficos de funções obtidos na experiência por meio do *software* Tracker. Com isso, entende-se ser possível atribuir ao professor P_4 o teorema-em-ação: **é necessário que os alunos construam a matemática existente nos modelos científicos**. Ou seja, na visão de P_4 a Matemática presente nas demais áreas científicas precisa ser construída pelo aluno e, só assim, ele conseguirá aprender ciência.

Professora P_1 : Inicialmente explicou que havia se enganado quanto à atividade, pois, ao contrário do que se solicitou, escolheu um relato de experiência sobre MM contendo conceitos científicos. Dessa forma, foi-lhe pedido que apresentasse esse trabalho escolhido, e que no sétimo encontro, então, apresentasse um trabalho sobre MC contendo conceitos matemáticos. A professora destacou em sua apresentação que o artigo analisado (SANTOS e QUARTIERI, 2014) descreve a possibilidade de trabalho da MM abordando temas sociais. Ainda afirmou que considerou as atividades relatadas interessantes.

Discussão: A professora titular mencionou que, a partir do V construído pela professora P_1 , era possível verificar que se tratava de um artigo bem construído, afinal possuía domínios conceitual e metodológico claramente definidos. A professora P_1 lembrou que outra possibilidade seria modelar o movimento de uma bicicleta, o que não fora abordado no trabalho. Professora titular lembrou que são cada vez mais necessários trabalhos científicos investigando as contribuições da modelagem do ponto de vista cognitivo. Pesquisador apontou que há vários conceitos subjacentes abordados no trabalho que não são oriundos do campo da matemática o que permitiu/permitiria estabelecer relações com os conceitos científicos. Por fim, a professora P_1 disse que se tratava de um trabalho cuja leitura lhe foi prazerosa.

O professor P_4 relatou ter observado uma escassez em artigos que tratam sobre modelagem científica em sala de aula:

“O mais difícil foi achar um artigo bom. Um artigo que realmente trouxesse... Os que eu peguei domingo, uns quatro ou cinco, diziam assim: a modelagem científica [inaudível] lá em todo o artigo... Lá no meio dizia assim: contribuições para a modelagem científica. Nada mais sobre modelagem científica. Então algo muito vago. Parece que tu tá trabalhando com uma teoria que ouviu falar e fez uma proposta em sala de aula e não tem onde encaixar, vou encaixar em modelagem científica.”

O pesquisador disse acreditar que, talvez, essa dificuldade poderia representar um olhar crítico por parte dos professores em relação ao que seria um uso da modelagem científica para a aprendizagem das ciências, e ainda valorizando uma abordagem interdisciplinar, inclusive com a matemática.

Após apresentação dos mapas, os professores também argumentaram sobre a influência da visão sobre o conhecimento matemático e científico no ensino e na aprendizagem. Especificamente, relataram algumas de suas experiências durante suas formações iniciais e da dificuldade encontrada no que diz respeito à visão de alguns de seus professores em relação à concepção de aprendizagem matemática e de ciências. Argumentaram que muitas vezes encontraram um ambiente tradicional, marcado pela figura do professor como um “detentor do conhecimento”, preocupado com sua transmissão e não construção. Disseram os professores acadêmicos da disciplina que são essas práticas que objetivam não reproduzir. Portanto, atribuiu-se o seguinte teorema-em-ação a todos os professores presentes (P_1 , P_2 , P_3 e P_4): **É preciso romper com o ensino tradicional, mesmo que em sua formação o professor tenha convivido apenas com este.**

Ao final da aula definiu-se para cada um dos professores um autor reconhecido por seu trabalho sobre MM. No encontro seguinte, deveriam apresentar os principais pressupostos definidos por cada um desses pesquisadores. O quadro a seguir apresenta a distribuição por professor dos autores pesquisados, bem como a(s) referência(s) do(s) trabalho(s) escolhido(s) por eles próprios para a realização dos mapas conceituais.

Quadro 9 – Texto lido por cada professor no encontro 6

Professor(a)	Pesquisador(a) escolhido(a)	Referência
P_1	Jonei Cerqueira Barbosa	Barbosa (2001), Barbosa (2002), Souza e Barbosa (2014)
P_2	Rodney Carlos Bassanezi	Bassanezi (2014)
P_3	Maria Sallet Biembengut	Biembengut e Hein (2011)
P_4	Dale Bean	Bean (2014)
P_5	Lourdes Maria W. de Almeida	Almeida, Silva e Vertuan (2013)
P_6	Dionísio Burak	Klüber e Burak (2008)

Fonte: O autor

Nesse encontro estavam presentes os seis professores e o pesquisador. A seguir descrevem-se aspectos dos mapas elaborados pelos professores, bem como de suas apresentações.

Professora P_2 : O mapa conceitual de P_2 sobre as ideias de Rodney C. Bassanezi busca identificar as diferenças da MM quando analisada nos planos da Matemática Pura (para o autor é marcada pelo purismo e formalismo) e da Educação Matemática. O mapa da professora (juntamente com sua apresentação) destacou as principais ideias do autor sobre a MM, em especial quando pensada para o ensino. Cabe destacar que a professora destacou no mapa e em sua apresentação também as dificuldades usualmente encontradas no processo de modelar destacadas por Bassanezi (2014), tais como: ser um processo lento, falta de conhecimento sobre, concepção de uma matemática de precisão absoluta, etc.

Discussões: Inicialmente o pesquisador pediu que os professores destacassem os principais conceitos do mapa. Também perguntou se a modelagem de teorias seria para a comprovação dessas ou a construção de novas. A professora P_2 esclareceu que podem acontecer essas duas formas, inclusive quando se pensa a MM na em

sala de aula. Por fim, o pesquisador questionou a professora sobre como poderia ser definida a visão desse autor sobre a MM? A professora P_2 ressaltou que um dos pontos que lhe chamou a atenção foi a construção de modelos considerando o contexto e a realidade envolvida. Pesquisador destacou que Bassanezi (2014) não define passos, e sim atividades da MM, o que amplia as possibilidades de trabalho em sala de aula.

Professor P_5 : O mapa apresentado por esse professor busca apresentar as ideias de Lourdes M. W. de Almeida sobre a MM. Trata-se de um mapa claro e que, apesar de apresentar poucas relações, evidencia as principais ideias dessa pesquisadora sobre a MM (em especial quando vista sob a óptica da Educação Matemática). Durante sua apresentação, P_5 elencou outras relações, bem como aprofundou as elaboradas no mapa, evidenciando que realizou uma leitura atenta e detalhada sobre o tema.

Discussões: Posteriormente a sua apresentação, o professor P_5 lembrou que na vertente teórica analisada, são os alunos que devem propor o tema a ser modelado. Com isso, o pesquisador perguntou aos professores se concordavam com essa posição. As professoras P_2 , P_3 e P_6 afirmaram que acreditam ser, também, possível que a proposição desses temas ou situações possam ser feitas a partir de um planejamento do professor, em especial quando os alunos não possuem experiência com esse tipo de trabalho. Nesse sentido, atribui-se a essas professoras o seguinte teorema-em-ação: **os temas ou situações a serem modelados não necessariamente precisam ser escolhidos a partir do interesse dos alunos, podem também ser previamente definidos pelo professor.**

Professora P_6 : O mapa da elaborado por P_6 possibilita uma visão ampla sobre os pressupostos e resultados apontados por Dionísio Burak quanto ao uso da MM. A partir da apresentação de seu mapa, foi possível notar que a professora procurou detalhar diferentes estudos publicados pelo pesquisador. Observa-se uma evolução por parte da professora quanto à construção dos seus mapas, que agora evidencia relações (ideias evidenciadas pelo autor analisado). Salienta-se que a professora

ênfatiçou em sua apresentação a relação “modelagem matemática permite dar significado e autonomia na construção do conhecimento”.

Discussões: Após finalizar sua apresentação, P_6 afirmou que não conhecia a modelagem e que estaria gostando de estudar sobre o tema. O pesquisador reforçou que, segundo o mapa, também são estabelecidas etapas para a MM, bem como outras convergências apresentadas por Dionísio Burak em relação aos demais pesquisadores já discutidos naquele encontro. O pesquisador também lembrou que se percebe nas relações construídas no mapa da professora que o uso da MM objetiva que o aluno construa conhecimentos, ou seja, busca a aprendizagem matemática.

Professora P_3 : Essa professora elaborou um mapa conceitual com base em Biembengut e Hein (2011). O mapa da professora apresentava os principais conceitos abordados pelos autores, bem como possibilitou uma boa visualização das relações entre eles. Cabe destacar que a professora ressaltou durante sua apresentação que achava importante a “relação entre modelagem e realidade”, destacada por esses autores, inclusive afirmou que percebeu essa característica nos próprios exemplos apresentados por esses autores quando tratam de possibilidades de trabalho para sala de aula com uso de MM.

Discussões: Professor P_5 afirmou que em seu trabalho de dissertação de mestrado foi-lhe sugerido usar o termo modelação quando de atividades para o ensino e a aprendizagem que envolvam modelos matemáticos cujos temas/conteúdos foram sugeridos pelo próprio professor. O pesquisador afirmou que, independentemente do termo utilizado (modelagem ou modelação), é necessário concentrar-se nas características investigativa e de construção que devem permear o trabalho com modelos no ensino e na aprendizagem. Os professores P_2 e P_5 lembraram que, devido ao engessamento característico dos currículos escolares atuais, muitas vezes o professor acaba por definir o assunto ou tema a ser modelado como forma de controlar os conceitos que serão utilizados durante a modelagem. Em seguida, os professores apontaram sobre as dificuldades encontradas por eles pela falta de informação e formação para a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em suas escolas e respectivas redes de ensino.

Professora P_1 : Essa professora elaborou um mapa conceitual sobre as ideias de Jonei C. Barbosa sobre a MM. Inicialmente comentou que as ideias desse autor lhe pareceram adequadas quando as comparou com pensamentos que ela vinha construindo ao longo de sua caminhada acadêmica e profissional. O mapa elaborado pela professora apresenta os principais conceitos abordados pelos autores bem como resume as relações entre eles. Destacou os três casos de inserção da MM em sala de aula elencados por esse pesquisador, o que solidificou as discussões que já vinham sendo feitas sobre esse problemática, conforme descrito anteriormente. A professora também apontou em seu mapa que para esse pesquisador a modelagem não consiste apenas de uma metodologia, na verdade, a partir dos estudos de Skovsmose (2000), pensa a modelagem como ambiente de aprendizagem associado à problematização e investigação.

Discussões: O Professor P_5 lembrou uma entrevista a qual assistiu, nela Jonei C. Barbosa afirmava que se gasta muito tempo na discussão em torno do que é modelagem na Educação Matemática e pouco tempo em atividades de modelagem. A professora P_1 afirmou que: *“Eu fico pensando as questões do currículo, eu não acho a Base tão difícil (referindo-se à BNCC) porque já era a minha linha de trabalho, mais ou menos se encaixa, então, eu acho que a gente também tem que ter saberes básicos. Então, imagina se deixasse uma coisa totalmente aberta para cada um querer aprender o que quiser! Então, eu me encaixaria entre, talvez, talvez, em atividades mais simples, nessa primeira onde o professor, onde você começa o processo de implementação, propõe o problema e almejar o 2, eu acho...”* Por isso, definiu-se que essa professora teria evidenciado o teorema: é **muito difícil realizar atividades de modelagem do caso 3 (Barbosa, 2009), porque os alunos não têm “maturidade” para isso**, mesmo no Ensino Superior. A professora P_2 ressaltou que é difícil chegar a implementação da MM em sala de aula do tipo 3 sem antes passar por experiências “menos abertas”, isto é, referia-se aos casos 1 e 2 definidos por Barbosa (2009), nos quais o professor possui maior controle das atividades realizadas. Em seguida, as professoras P_1 e P_2 teceram críticas aos discursos muitas vezes realizados em ambientes acadêmicos (em especial as universidades), os quais, segundo elas, não dialogam com a realidade vivenciada nas escolas.

Referiam-se a discursos que não apontam caminhos para operacionalizar certas práticas (entre elas a modelagem), isto é, posicionavam-se no sentido de que é necessário um processo gradual e contínuo de reformulação das práticas de ensino. Poder-se-ia dizer ainda, que se mostraram descontentes com esse cenário, pois a teoria usada dessa forma transforma-se em blábláblá (FREIRE, 1996).

Professor P_4 : Este professor construiu um mapa conceitual sobre a visão de Dale Bean da MM. Embora apresente vários conceitos e tenha avançado quanto à organização das relações presentes no mapa, percebe-se ainda uma dificuldade do professor em sintetizar as relações entre esses conceitos, tanto que há a repetição de alguns conceitos e algumas palavras de ligação formam frases. Cabe destacar que, em sua apresentação, o professor P_4 evidenciou que para Bean (2014) deve-se dar atenção aos processos envolvidos na MM. Além disso, lembrou a possibilidade de se criar diferentes modelos para uma mesma situação ou fenômeno.

Discussões: Logo após a apresentação, os professores discutiram sobre as aproximações e divergências presentes na visão de Dale Bean sobre a MM quando comparada aos demais pesquisadores. Ainda, o professor P_4 salientou que não necessariamente o modelo a ser construído será um modelo matemático. Pesquisador afirmou, então, que quando se pensa na MM em sala de aula, busca-se utilizar conceitos matemáticos na modelagem e há uma variedade de tipos de modelos que se pode obter (gráficos, equações, maquetes, tabelas, etc.).

Cabe dizer que, ao fim da aula, o pesquisador apresentou brevemente o trabalho de Bueno (2011), em especial no que se refere às diferenciações realizadas pela autora quanto às visões de Maria S. Biembengut, Dionísio Burak, Jonei C. Barbosa e Dale W. Bean

Como já referido antes, o sétimo encontro tratou da apresentação de trabalhos publicados versando sobre modelagem matemática em sala de aula. Os professores foram responsáveis pela escolha do artigo a ser apresentado (como situação prévia solicitou-se a construção de um V de Gowin para o trabalho

selecionado). Além disso, solicitou-se que em sua apresentação fossem respondidas as perguntas⁴¹ anteriormente elencadas.

O quadro a seguir dispõe os trabalhos selecionados.

Quadro 10 – Texto lido por cada professor no encontro 7

Professor (es)	Título do trabalho	Referência
P_2 e P_3	Uma proposta de ensino por meio da modelagem matemática: cálculo do volume e da área superficial de um reservatório de água	Magnago e Oliveira (2015)
P_1 e P_4	Jogos de linguagem em atividades de modelagem matemática	Almeida (2014)
P_5 e P_6	Educação estatística em um ambiente de modelagem matemática nas aulas do ensino médio	Mendonça, Lopes, Soares (2013)

Fonte: O autor

Todos os professores estavam presentes no encontro (ao professor P_4 foi permitida a participação virtual via recurso tecnológico – Skype). A seguir, faz-se a descrição dos V elaborados e das apresentações das duplas.

Professores P_5 e P_6 : Esses professores elaboraram um V e apresentaram as respostas às questões propostas para o texto de Mendonça, Lopes, Soares (2013). Pôde-se perceber durante a apresentação dos autores, que se debruçaram sobre o texto, afinal buscaram detalhar os seus pressupostos, atividades e resultados. Os professores destacaram que o trabalho analisado relata uma proposta na qual as

⁴¹ Qual a concepção/definição de modelagem matemática utilizada? Qual a proposta de modelagem matemática proposta? São utilizados conceitos científicos no processo de modelagem matemática? Se sim, quais? O que é modelado? De que forma? Onde? Com quem? Quais os referenciais teóricos adotados? Quais os resultados obtidos? Quais são as críticas e sugestões do grupo em relação ao trabalho com modelagem descrito no artigo?

atividades de modelagem realizadas foram desenvolvidas considerando os interesses dos alunos.

Discussões: Durante a apresentação, a partir de um questionamento da professora titular, os professores P_5 e P_6 afirmaram que o processo de modelagem deveria buscar a crítica do aluno, o que não aconteceria apenas no momento de validar o modelo construído, mas sim ao longo da própria modelagem. Por isso, atribuiu-se para esses professores o teorema-em-ação: **a avaliação deve estar presente em todas as etapas da modelagem**. Em seguida, após argumento da professora P_1 , inferiu-se a ela o seguinte teorema: **o material e as atividades construídas pelo professor são determinantes para o envolvimento do aluno e uma aprendizagem crítica**. A professora titular lembrou que a ideia de uma aprendizagem crítica passa pela adoção de materiais e métodos adicionais aos tradicionais e, sobretudo, a ideia de “deixar o aluno falar” e, com isso, assumir uma função de mediador. Ao final da apresentação, a professora P_6 comentou que os resultados destacados por Mendonça, Lopes, Soares (2013) eram muito semelhantes aos que ela própria encontrara em um projeto desenvolvido com seus alunos num período de três anos na escola em que trabalhava, o qual abordava o tema Educação Financeira. O professor P_5 comentou que estava naquele momento trabalhando com o conteúdo estatístico em suas turmas de terceiro ano do EM e: *“que algumas coisas ali, eu até fazia, mas de forma meio sem conhecimento, intuitiva, por causa de tudo que a gente já leu. Mas, algumas coisas ali que eu fazia, foram até de encontro ao que o artigo sugere. Então, achei bem interessante”*. A seguir, o pesquisador lembrou que, tanto a educação financeira e a estatística, possuem várias possibilidades de trabalho em sala de aula por meio da modelagem, afinal tratam-se de conteúdos presentes no cotidiano do aluno e possibilitam um trabalho investigativo em sala de aula. Além disso, chamou a atenção para os tipos de modelos matemáticos usados pelos alunos nas atividades descritas pelos autores, a saber: gráficos e tabelas.

Professores P_5 e P_6 : Em sua segunda apresentação do dia, os professores P_5 e P_6 relataram sobre o V construído para o artigo de Brandão, Araújo e Veit (2008) enquanto situação previamente proposta para o quinto encontro, no qual não

estavam presentes. É importante mencionar que os autores enfatizaram durante sua apresentação a modelagem vista como produtora de representações de parte da realidade e, com isso, **não existem “modelos corretos, mas sim adequados”** (Professor P_5 e P_6), o que se acredita ser um teorema-em-ação evidenciado por esse professor.

Discussões: A professora titular perguntou aos apresentadores qual o conceito que poderia ser acrescentado aos elencados por eles em seu mapa. Eles responderam ser a modelagem matemática. A professora titular, então, argumentou que provavelmente na visão dos autores do artigo, a modelagem matemática está implícita na modelagem científica e, com isso, é possível perceber a partir de mais um exemplo, que há diferentes perspectivas sobre a modelagem. Por fim discutiu-se sobre os experimentos usualmente feitos em laboratórios da área da Física. A professora titular afirmou que, em sua visão, muitas vezes essas experimentações já partem do modelo matemático, sem necessariamente empreender em sua construção. A professora P_2 afirmou que isso acontece devido a se ter interesses diferentes. Lembrou de uma situação na qual propôs um trabalho com alunos sobre o tema “alimentação” e, em sua finalização “direcionou” os trabalhos desenvolvidos ao conceito de energia potencial, que era o seu objetivo (interesse) para aquele momento em sala de aula.

Professores P_1 e P_4 : Esses professores apresentaram o artigo de Almeida (2013). De uma forma geral, o V construído pelos professores permitiu visualizar o conteúdo do trabalho analisado. Durante a apresentação, P_1 e P_4 destacaram que a autora trata sobre a diversidade de jogos de linguagem em cenários de modelagem matemática, levando-os a concluírem sobre os diferentes olhares sobre o que é modelagem matemática. A partir disso, os professores salientaram que há um leque muito amplo de situações e encaminhamentos que podem ocorrer durante uma atividade de modelagem em sala de aula, inclusive devido aos diferentes entendimentos possíveis sobre a modelagem matemática. Com isso, atribuiu-se aos professores P_1 e P_4 o seguinte teorema-em-ação: **Uma atividade de modelagem em sala de aula envolve um alto grau de incerteza, porque podem ocorrer diferentes situações e encaminhamentos.** Cabe pontuar que, esse

reconhecimento da imprevisibilidade da modelagem em sala de aula é importante, pois é o ponto de partida para se discutir e empoderar os professores em adentrar as zonas de riscos (BORBA; PENTEADO, 2010).

Discussões: Inicialmente, pesquisador afirmou que um possível estudo seria comparar os casos de utilização da modelagem matemática propostos por Barbosa (2009) e os cenários apontados por Almeida (2013). Pesquisadora e professores comentaram sobre os pressupostos da visão de Ludwig Wittgenstein adotados por Almeida (2013). Ainda, como críticas ao trabalho analisado, os professores apontaram a necessidade de se discutir o papel do professor na condução das atividades de modelagem. Professora titular comentou que, independentemente da visão sobre modelagem, o que lhe parece importar é se o aluno consegue atribuir significado às atividades realizadas.

Professoras P_2 e P_3 : Essas professoras analisaram o trabalho de Magnago e Oliveira (2015). O V elaborado resume o conteúdo tratado pelas pesquisadoras no artigo. É importante mencionar que as professoras durante a apresentação destacaram que a ênfase dada pelas autoras à proposta de ensino descrita nesse trabalho reside na modelagem matemática. A partir disso, destacaram a existência de várias possibilidades de trabalho interdisciplinar a partir da ampliação dessa proposta, o que ratificou a discussão realizada no terceiro encontro.

Discussões: Inicialmente a professora titular afirmou concordar com o posicionamento das professoras e, inclusive, então a proposta poderia envolver modelagem científica. Em seguida, discutiu-se o que seria um erro aceitável ou não para uma modelagem matemática, haja vista que Magnago e Oliveira (2015) apontam um erro de em torno de 6% no cálculo do volume descrito. A professora P_2 lembrou que o trabalho com modelagem permite esse tipo de discussão, afinal são necessários medições e suposições durante esse processo. Dessa forma, atribui-se o seguinte teorema-em-ação à professora P_2 : **Na modelagem é necessário pensar no erro, porque envolve medições e suposições.**

Antes de tudo, é preciso apontar que se considera ter alcançado o objetivo de discutir semelhanças e diferenças entre as visões dos autores estudadas nesses encontros. Essa conclusão se dá devido aos questionamentos, comentários e apontamentos feitos pelos professores durante as aulas e que foram descritas anteriormente.

Com isso, retornemos à análise das categorias *a priori* inicialmente elencadas como possíveis contribuições dos encontros quarto ao sétimo para a formação dos professores acadêmicos da disciplina. Lembrando, para o quarto e sexto encontros (mapeamento das ideias de um autor sobre as modelagens científica e matemática, respectivamente), esperava-se: 2- conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo; 3- adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem e aprendizagem de ciências; 4 – crítica fundamentada no ensino habitual. Quanto aos encontros quinto e sétimo (leitura prévia e apresentação de trabalhos publicados envolvendo modelagem científica e matemática, respectivamente), esperava-se contribuir para as seguintes categorias da formação docente: 1 – Conhecer a matéria a ser ensinada; 5 – Saber preparar atividades; 6 – Saber dirigir a atividade dos alunos; 8 – Utilizar a pesquisa e a inovação.

Após descrição e estudo dos teoremas-em-ação elencados em cada encontro, verificou-se que não seria adequado realizar a distinção inicialmente proposta quanto às categorias elencadas para os dois conjuntos de encontros (quarto e sexto; quinto e sétimo). Entende-se que isso ocorre, pois esses quatro encontros constituem um único bloco com situações que possuem uma continuidade.

As categorias 2 e 4 apareceram de forma imbricada nas falas e análises dos professores. Entende-se que para eles a modelagem é uma possibilidade distinta das práticas habituais de ensino de ciências e matemática. Tanto que desafia aluno e professor a sair de suas zonas de conforto. Nesse sentido, compreende-se que os professores questionaram aspectos presentes naquilo que se chama de pensamento espontâneo docente (categoria 2), tais como: a fragmentação disciplinar, a rigidez curricular e a ciência como algo pronto, acabado. Esses apontamentos realizados pelos professores estavam presentes quando criticavam aspectos do ensino habitual (categoria 4), inclusive em experiências vivenciadas por eles como, por exemplo, quando a professora P_2 apontou sobre a forma usual que a Física é trabalhada no Ensino Médio, por meio do uso exclusivo de fórmulas.

Além disso, acredita-se que esses encontros tenham contribuído para uma reflexão sobre aspectos teóricos em torno da aprendizagem de ciências e matemática (categoria 3). Os professores apontaram em seus mapas conceituais relações entre conceitos relacionados às modelagens científica e matemática apresentadas nos artigos mapeados. Ainda, durante a apresentação desses mapas, pode-se observar que basicamente refletiam ideias sobre os conceitos de modelagem como uma metodologia para o ensino, formação docente e aprendizagem de matemática e ciências. Ainda nessa categoria, acredita-se que o teorema-em-ação “a modelagem pode ser uma ferramenta para ensinar e aprender desde que promova a contextualização”, explicitado pelo professor P_2 no quarto encontro e as discussões que daí decorreram também possam ser pensadas como uma contribuição para esta categoria. Essa suposição se dá em virtude de que era justamente uma das intenções da disciplina aproximar a ideia da necessidade de um trabalho minimamente interdisciplinar (e ou pelo menos contextualizado) e a modelagem como uma possibilidade metodológica para o ensino de ciências e matemática que atende essa exigência.

Sobre a primeira categoria, destacam-se os trabalhos apresentados pelos professores e a análise crítica que realizaram destes, como descrito anteriormente. Cabe salientar uma discussão ocorrida sobre o “erro na matemática”, mais especificamente, do processo de avaliação e validação dos modelos matemáticos construídos. Além disso, entende-se que se possa incluir nessa categoria dois teoremas-em-ação pelos professores P_1 e P_5 . O primeiro deles ao evidenciar a necessidade da matemática (no caso o trabalho do professor dessa área) se aproximar das demais áreas do conhecimento. Nessa fala, a professora P_1 não se referia apenas a necessidade de interação entre professores de diferentes áreas, mas também da matemática não ser ensinada como um fim em si mesmo. Noutras palavras, pode-se dizer que buscava argumentar em direção a se conhecer a natureza do conhecimento matemático, para que se pudesse, então, falar em um melhor processo de ensino.

Cabe destacar também um teorema-em-ação atribuído a partir de falas dos professores P_4 e P_5 quando afirmavam que um modelo pode ser representado matematicamente ou “por outros meios”, referindo-se a conceitos de outras áreas do conhecimento. Destaca-se esse fato, pois se entende que esta era uma compreensão teórica necessária para a disciplina, afinal trata de uma característica

sobre a relação entre as ciências e a matemática que era o cerne da proposta implementada nessa experiência.

Quanto à quinta categoria (saber preparar atividades), a partir da análise de trabalhos publicados envolvendo modelagem, uma constatação realizada por todos os professores foi a ausência de uma abordagem conjunta entre as modelagens científica e matemática. Isso já era esperado, conforme descrito anteriormente, entretanto, foi importante no sentido de discutir criticamente as atividades propostas nesses artigos, bem como a condução delas em sala de aula.

Além disso, outro ponto que leva a acreditar em indícios de contribuição para a formação dos professores nessa categoria são as discussões realizadas e que originaram dois teoremas-em-ação apontados anteriormente. Um deles quanto à “origem” dos problemas modelados em sala de aula, o que foi debatido durante o sexto encontro. Os professores P_2 e P_6 posicionaram-se a favor da possibilidade do professor propor as situações, temas ou problemas a serem modelados sem sala de aula. Tanto que, a partir da argumentação da professora P_1 chegaram à conclusão de que o planejamento docente das atividades de modelagem é fundamental para se alcançar uma aprendizagem crítica. Esses dois teoremas, estão imbricados com a discussão sobre a condução docente das atividades docentes o que é destacado na categoria seguinte.

Quanto à sexta categoria (saber dirigir a atividades dos alunos) destacam-se dois aspectos debatidos durante as aulas, cujas discussões foram iniciadas pelos próprios professores acadêmicos da disciplina. O primeiro se refere à existência de uma “zona de conforto” dos alunos em realizarem atividades tradicionais, isto é, apresentam uma resistência em comprometer-se a realizar atividades que não sejam pautadas no modelo de transmissão dos conhecimentos pelo professor. O segundo ponto discutido refere-se a como superar esse cenário. Em um teorema-em-ação destacado anteriormente, a professora P_2 lembrou que para uma modelagem bem sucedida, é fundamental que o professor oriente o aluno durante todo esse processo. Nesse sentido, pode-se novamente destacar o teorema evidenciado pelo professor P_4 no qual afirmava que aos alunos caberia construir a matemática existente nos modelos científicos. Dessa forma, é possível dizer que os professores buscaram apontar algumas dificuldades, usualmente encontradas no trabalho em sala de aula, relacionadas à atividade dos alunos. Também, iniciaram a discutir sobre quais deveriam ser as características da condução do professor quando do

uso de situações envolvendo modelagem, a saber: atenta, que busque orientar o aluno e conseqüentemente possui um caráter individualizado (por aluno), que possibilite aos alunos construir a matemática presente nos modelos, com uma avaliação contínua ao longo do processo de modelagem e não apenas vinculada à validação dos modelos.

Quanto à oitava categoria (utilizar a pesquisa e inovação), também se acredita que esses encontros possibilitaram alguma contribuição nessa perspectiva. Primeiramente, porque as próprias situações previstas para os encontros (em especial o quinto e sétimo) buscavam se utilizar de produção científica recente sobre atividades envolvendo modelagem em sala de aula. Conforme descrito anteriormente, não se tratou apenas de conhecer esses trabalhos, mas de estudá-los e, inclusive, tecer críticas considerando as experiências e vivências dos professores. Além disso, a própria temática proposta na disciplina pode ser considerada uma inovação, afinal se constata que são pouquíssimos os trabalhos publicados que visam uma abordagem conjunta entre as modelagens científica e matemática, o que foi também constatado pelos professores da disciplina.

Cabe novamente esclarecer que os resultados apontados acima são positivos, mas pontuais. Entretanto, entende-se que, de uma forma geral, alcançou-se o objetivo central proposto para esse bloco de encontros, que era de discutir e refletir sobre experiências apresentadas pela literatura especializada. Como apontam Carvalho e Gil-Pérez (2011), ao se querer que um professor desenvolva atividades abertas e criativas em sua sala de aula, dificilmente esse objetivo será alcançado se ele próprio não conceber seu trabalho com essas características e voltado à pesquisa e inovação.

Por fim, mirando-se melhoramentos na disciplina, acredita-se que uma possibilidade seria de reproduzir em sala de aula as modelagens apresentadas nos artigos escolhidos pelos professores. Afinal, observou-se que os professores não esmiuçaram em suas apresentações as modelagens científicas e matemáticas relatadas nos trabalhos que analisaram no quinto e sétimo encontros. Dessa forma, talvez seria interessante solicitar que cada dupla conduzisse essas modelagens junto aos seus colegas, o que poderia criar um ambiente com diversas reflexões sobre esse processo.

5.5 ENCONTROS 8 E 9

5.5.1 Planejamento – Encontros 8 e 9

Os encontros oitavo e nono foram destinados à conversação sobre as modelagens científica e matemática dos alunos da disciplina com profissionais experientes. Para tanto, para o oitavo encontro foram convidados a participar dois profissionais (pesquisadores) que trabalham com modelagem. Pensava-se em um cientista (físico, químico ou biólogo) que possuísse experiência no trabalho com modelos científicos. O outro seria um matemático aplicado, que trabalhasse com a Biomatemática. O nono encontro seria destinado para a conversação com profissionais que atuam com as modelagens em sala de aula. De forma semelhante, convidar-se-ia um profissional que atuasse com modelagem científica no ensino e outro com a modelagem matemática no ensino de matemática.

Buscando ampliar as discussões dos encontros, pensou-se em solicitar aos convidados que indicassem uma leitura prévia por parte dos alunos em cada um dos encontros. A partir dessa leitura inicial, propor-se-ia a seguinte situação: cada aluno deveria elaborar (por escrito) até três perguntas a serem realizadas aos pesquisadores convidados. Os encontros seriam constituídos de dois momentos (situações), a saber: primeiramente, sem a participação dos convidados, seria realizada a conferência das questões elaboradas, possíveis ajustes nas questões, ou sínteses delas; o segundo momento consistiria em uma apresentação do trabalho de cada pesquisador com a modelagem para posterior discussão.

O objetivo destes encontros reside em contribuir para a compreensão da realidade vivenciada por cada um destes profissionais, ou seja, de que forma a modelagem é concebida e utilizada por eles. Além disso, esclarecer as possibilidades e desafios encontrados nesse trabalho.

Nesse sentido, conforme Carvalho e Gil-Pérez (2011) esperava-se por meio desses encontros contribuir, basicamente, com os aspectos presentes na categoria 8 – utilizar a pesquisa e a inovação – afinal os convidados serão pesquisadores (e provavelmente professores universitários). Na verdade, essa categoria está relacionada às demais e, dessa forma, estas também poderiam ser valorizadas ao longo do encontro.

5.5.2 Relatório – Encontros 8 e 9

Antes de tudo, cabe esclarecer que devido à necessidade das falas dos convidados terem de ser em um horário específico (o da aula da disciplina), foi necessário reorganizar as atividades do oitavo e nono encontros. Pensando nisso, convidou-se para o oitavo encontro o Professor Doutor Ítalo Gabriel Neide, docente da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, o qual tem experiência com modelagem científica e matemática, tanto no viés da ciência como também no seu uso na formação de estudantes. A fala do professor Ítalo ocorreu de modo remoto via Skype, utilizando-se uma sala de videoconferência da UFSM. Estavam presentes nesse encontro os professores P_1 , P_2 , P_4 e P_6 .

Sucintamente, a seguir se apontam os principais tópicos abordados pelo professor convidado: importância da ciência mediante os desinvestimentos que, já naquele ano, vinham ocorrendo; sua visão sobre a relação entre as modelagens científica e matemática; cenários nacional e internacional da pesquisa sobre as modelagens; concepções epistemológicas sobre a ciência e modelagem e suas implicações no ensino e na aprendizagem; conceitos de ciência, natureza e matemática; pesquisadores e suas concepções sobre modelagem (em especial de Mario Bunge); o que é e como se desenvolve a ciência; ensino científico; concepção científica docente; sua experiência como docente e pesquisador com o tema modelagem.

Cabe esclarecer que não foi possível realizar a conferência das perguntas elaboradas previamente pelos professores antes das falas dos convidados como se havia planejado e descrito anteriormente. Isso ocorreu em razão da necessidade de ajustar as ferramentas tecnológicas a serem utilizadas em cada um desses encontros (datashow, videoconferência, etc.). No entanto, possibilitou-se que os professores realizassem algumas perguntas e ou observações ao fim de cada uma dessas apresentações.

Após a fala do professor Ítalo, P_4 questionou o convidado sobre um ponto que havia tratado em sua fala no que se refere em iniciar trabalhos de formação “com base na prática”, isto é, a teoria seria trabalhada posteriormente às atividades práticas. O professor Ítalo reafirmou essa possibilidade, haja vista que para ele uma das principais dificuldades em avançar com o rompimento da exclusividade do ensino tradicional é a insegurança dos professores. Após, o professor P_4 questionou

se a condução dos alunos por parte do professor na modelagem não a faz se aproximar da ideia de problematização. O professor Ítalo concordou com essa preocupação, porém apontou que a validação distingue a modelagem da perspectiva problematizadora. Por fim, o professor P_4 falou sobre sua própria experiência ao lecionar disciplinas sobre “Laboratório de Matemática” no curso de Licenciatura em que atua. Lembrou que as ementas abordam unicamente aspectos teóricos, o que em seu entendimento não deveria ocorrer. Com isso, atribuiu-se ao professor P_4 o seguinte teorema-em-ação: **Além das situações teóricas, são necessárias práticas na formação inicial do professor de matemática.** Em suma, o professor Ítalo lembrou que uma possibilidade seria ampliar atividades na área de Ensino de Física para essas disciplinas e, também, indicou diversas possibilidades de leituras sobre esse tema. Os demais professores presentes afirmaram que as suas dúvidas haviam sido respondidas durante a fala do convidado.

O nono encontro foi dedicado a ouvir profissionais que trabalham com modelagem matemática. Para isso, foi dividido em dois momentos: no primeiro os professores doutores Diomar Cristina Mistro e Luiz Alberto Díaz Rodrigues apresentaram sobre trabalhos realizados por eles na área de Biomatemática no Programa de Pós-Graduação em Matemática da UFSM; num segundo momento (via Skype) a professora doutora Márcia Jussara Hepp Rehfeldt (UNIVATES) falou sobre algumas de suas experiências com a modelagem matemática na perspectiva do ensino e da aprendizagem.

Em suma, a professora Diomar discutiu sobre os seguintes tópicos: o que é a Biomatemática e o que trata; os diferentes interesses e possibilidades de trabalho com Biomatemática; modelos estudados e suas limitações; modelos clássicos (Malthus e logístico); soluções de equilíbrio (definição e como encontrá-las); modelo teórico de crescimento populacional com retirada (exemplificou utilizando uma população de peixes com pesca); modelo matemático como indicador de tendências; simulações gráficas e suas interpretações.

Após a fala da professora Diomar, a professora titular comentou sobre a importância do significado dado aos conceitos e procedimentos durante a modelagem. O pesquisador comentou sobre a desmistificação de ideias sobre uma rápida recuperação em populações quando cessado o efeito de retirada a partir do modelo apresentado pela professora Diomar. Além disso, discutiu-se sobre a validade de um modelo. Para os palestrantes, a validade de um modelo está

condicionada à eleição das características relevantes para o modelo, ou seja, somente a partir de uma seleção adequada das variáveis e parâmetros é que se pode chegar a um modelo que possibilite visualizar tendências para o fenômeno modelado. Ainda, o professor o Luiz Alberto referiu que é necessário que o modelador matemático estude o conhecimento das outras áreas científicas envolvidas no fenômeno a ser modelado. Inclusive, lembrou que às vezes é necessário que haja um assessoramento profissional para esse fim.

Logo em seguida, o Professor Luiz Alberto apresentou um modelo sobre uma população de bugios⁴² em Santa Maria, o qual foi construído a partir do interesse de uma professora de Biologia que lhe havia procurado em determinado momento. Segundo ele, essa professora participou desse processo de modelagem. Em resumo, abordou os seguintes tópicos: aspectos biológicos sobre a transmissão da febre amarela e a contaminação em bugios; parâmetros utilizados na modelagem; modelo discreto (tempo discreto); ponto de equilíbrio; estabilidade e perturbações; simulações realizadas; avaliação e validação do modelo matemático; modelo com migrações entre sítios distintos de populações de bugios.

Por fim, professora pesquisadora e convidados pontuaram sobre limitações impostas em simulações feitas por alguns *softwares*. Além disso, comentaram sobre o fato de que muitas vezes se desconhece o trabalho desenvolvido pelos pesquisadores, mesmo entre colegas de instituição e departamento. Concluíram sobre a necessidade de publicizar esses trabalhos, em especial para alunos de graduação. Além disso, sobre a possibilidade de trabalho com um ambiente de modelagem matemática envolvendo equações de diferenças e recursos computacionais no Ensino Médio. Por fim, despediu-se dos professores Diomar e Luiz Alberto agradecendo-os pela generosidade em compartilhar suas vivências naquela aula.

Logo em seguida, procedeu-se à fala da professora Márcia (via Skype) que abordou os seguintes tópicos: sua experiência como professora e pesquisadora na área de modelagem matemática na Educação Matemática; o modelo como aproximação de uma descrição do real; relação estreita entre Resolução de problemas e modelagem matemática em sala de aula; possibilidades de modelagem matemática em sala de aula (cálculo de couro necessário para fabricação de um

⁴² Modelo construído a partir dos estudos de Fernando Mazetto Brizola durante seu Mestrado em Matemática sob a orientação do professor Luiz Alberto Díaz Rodrigues.

sapato; volume de um pepino ou batata; área de pele em um corpo humano); papel do professor ao usar modelagem matemática no ensino.

Em seguida, realizou-se um momento de discussão a partir de dúvidas e questionamentos elaborados pelos professores. O professor P_4 lembrou a dificuldade em se estabelecer o que é a modelagem e a discussão em torno dela, por vezes, aproximar-se da metodologia de Resolução de Problemas. A professora Márcia argumentou que as formações continuadas de professores necessitam valer-se de atividades práticas, isto é, envolver atividades de modelagem matemática e, no seu entendimento, já sendo realizadas desde o início desses programas, disciplinas, cursos, etc. O pesquisador lembrou que uma possibilidade para diferenciar as metodologias de resolução de problemas e modelagem matemática perpassa verificar a natureza das situações ou problemas propostos, pois conforme Biembengut e Hein (2011) a modelagem corresponde a encontrar soluções (aproximadas) para problemas mais amplos, que não podem ser solucionados por meio de procedimentos simples e únicos.

A professora P_2 questionou sobre a importância de se trabalhar com modelagem matemática já na formação inicial do professor, o que para a professora Márcia é algo pacificado do ponto de vista do que se defende para a formação do professor de matemática. Além disso, lembrou-se dos processos de experimentação e descoberta presentes na modelagem e, conseqüentemente, do medo gerado por esse processo no professor. Para a professora Márcia, esse receio advém da “exatidão da matemática” exigida na formação do professor, enquanto que um modelo é uma aproximação.

Após questionamento feito pela professora titular e pesquisador, a professora convidada falou sobre critérios de avaliação que adota em atividades de ensino sobre modelagem matemática. A partir de indagação do professor P_4 , falou sobre a suposta necessidade de se trabalhar e obedecer uma ordem pré-definida de conteúdos escolares como uma dificuldade apresentada por alguns professores para não empreender em atividades de modelagem em sala de aula. Por fim, relatou uma experiência na qual orientou um trabalho envolvendo modelagem para um aluno cego. Por fim, agradeceu-se a professora convidada pela sua solicitude em compartilhar suas experiências, estudos e vivências sobre o tema tratado.

Com isso, é hora de avaliar as possíveis contribuições desse encontro para a disciplina (aprendizado dos participantes). Conforme planejado para esse encontro,

imaginava-se desde o início contribuir, basicamente, para a categoria 8 (utilizar a pesquisa e a inovação), afinal propunham-se conversas com pesquisadores com experiência na área de modelagem. Não se tem nenhuma evidência clara ou definitiva nesse sentido, até porque se verificou que esses encontros apresentaram uma interface a qual se caracteriza mais como palestra informal do que conversa. O que se quer dizer com isso é que houve pouca interação entre os convidados e os professores discentes da disciplina. Cabe esclarecer que isso não é uma falha de organização ou dos convidados. Na verdade, a necessidade de suporte para o bom uso das ferramentas digitais (slides e videoconferência) atrasou o início dessas aulas, impossibilitando que se fizesse um momento inicial de discussão sobre os questionamentos a serem realizados.

Entretanto, considerando a participação dos professores (mesmo que ainda tímida) e o entusiasmo pelas considerações dos convidados, entende-se que a atividade foi válida. Acredita-se que o compartilhamento de experiências é fundamental no ambiente acadêmico e também em atividades de formação de professores. Além disso, acredita-se que a diversidade de abordagens sobre o tema modelagem foi uma característica importante desses encontros, uma vez que se buscava ampliar a visão em torno da relação entre as modelagens científica e matemática.

5.6 ENCONTROS 10 E 12

5.6.1 Planejamento – Encontros 10 e 12

Os encontros de número 10 e 12 tinham por objetivo realizar atividades práticas de modelagem. Mais especificamente, no primeiro destes encontros pretendia-se trabalhar com a Lei de Hooke, a qual versa sobre a deformação elástica de uma mola. Em suma, essa lei afirma que, dentro do limite elástico, há uma relação linear entre a força aplicada e a deformação do corpo (CAMPOS; ALVES; SPEZIALI, 2008). Ainda de acordo com esses autores, em geral é utilizado para representar essa lei o sistema massa-mola, em um estado de equilíbrio estático.

Cabe esclarecer, que essas atividades eram inicialmente planejadas para os encontros 10 e 11. Porém, conforme anunciado anteriormente, devido à

necessidade de replanejar a disciplina, optou-se em adiantar o encontro da qualificação das propostas de modelagem para o décimo primeiro encontro. Como os encontros 10 e 12 apresentavam os mesmos objetivos optou-se em descrevê-los conjuntamente.

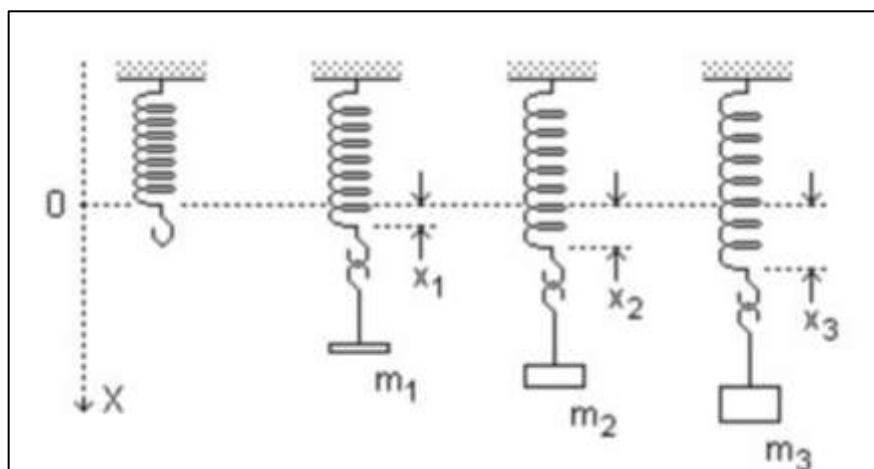
De modo a operacionalizar o processo de modelagem planejado para as aulas, inspirado no trabalho de Cappelletto (2009), foi proposta a elaboração de um V de Gowin como uma situação. A autora apresenta a sua pesquisa de mestrado a qual objetivou basicamente uma nova maneira de proceder com os experimentos realizados nos laboratórios de Física, em substituição aos comumente roteirizados relatórios de experimentação. Ainda segundo a autora, por meio do V, o aluno pode visualizar melhor as características teóricas e experimentais da Física, contribuindo para a diminuição da dicotomia existente entre essas dimensões. A título de exemplificação, o apêndice I contém um V elaborado sobre a modelagem em torno da Lei de Hooke.

Como situação prévia, foi sugerido o estudo sobre o tema “força elástica” para o décimo encontro e o tema “modelo Malthusiano de crescimento” para o décimo segundo encontro. No início do décimo encontro será discutido o uso do V de Gowin em atividades experimentais, conforme Cappelletto (2009).

Nesse sentido, a seguir apresentam-se as duas atividades de modelagem para esses encontros (BASSANEZI, 2014). Não se tratam de roteiros, são apontadas situações e discussões que se imaginavam possíveis de ocorrer ao longo da modelagem.

Quanto ao décimo encontro (Lei de Hooke), inicialmente será apresentada a temática a ser investigada. A parte inicial do encontro consistirá em realizar um experimento utilizando o sistema massa-mola. A figura a seguir ilustra o procedimento a ser realizado: suspendem-se na extremidade livre da mola corpos de diferentes massas, para então anotar a elongação da mola.

Figura 21 – Experimento para Lei de Hooke



Fonte: Palandi et al. (2010, p. 62)⁴³

Os alunos serão divididos em grupos menores. Cada grupo receberá os materiais necessários, sendo que cada receberá molas de diferentes tamanhos.

De acordo com Palandi et al. (2010), os valores a seguir correspondem aos dados experimentais típicos.

Quadro 11 – Dados experimentais típicos na experimentação sobre a Lei de Hooke

$m(10^{-3}kg)$	$F(10^{-2}N)$	$x(10^{-2}m)$
10	9,81	1,3
20	19,62	2,5
30	29,43	3,7
40	39,24	4,8
50	49,05	5,9
60	58,86	7,1

Fonte: Palandi et al. (2010, p. 62)

Nesse caso a massa, a força e a elongação da mola são as variáveis eleitas que agem sobre o sistema (BASSANEZI, 2014).

Conforme Palandi et al. (2010, p.62):

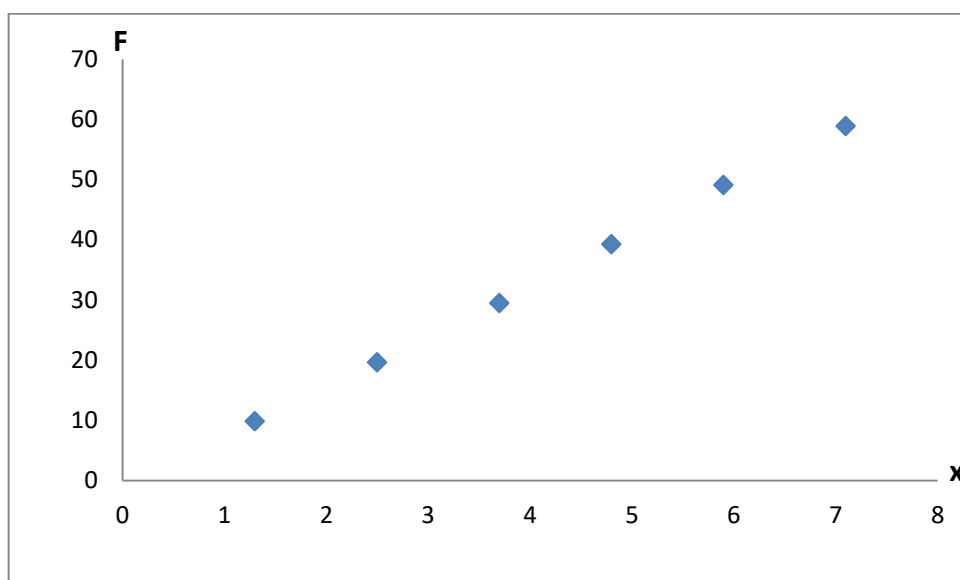
⁴³ Disponível em: <http://coral.ufsm.br/gef/arquivos/cinedin.pdf>

[...] podemos concluir que a força que causa a elongação da mola não é a força peso do corpo suspenso, já que esta última atua no corpo. Mas a força que causa a elongação da mola tem o mesmo módulo que a força peso do corpo. Por outro lado, a terceira lei de Newton permite concluir que a força elástica, ou seja, a força exercida pela mola sobre o corpo, tem o mesmo módulo que a força que o corpo exerce sobre a mola, isto é, tem o mesmo módulo que a força que causa a elongação da mola. Assim, o módulo da força elástica é igual ao módulo da força peso do corpo suspenso. Por isso, cada valor do módulo da força elástica foi calculado pela multiplicação da massa do corpo suspenso pelo módulo da aceleração gravitacional, tomado como sendo $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Evidentemente, que ao se realizar o experimento podem ser anotados valores aproximados aos apresentados no quadro anterior. Este é um fato que poderá enriquecer a discussão em torno da do modelo a ser construído ser uma representação da realidade.

A seguir pode-se construir um gráfico de F (força) em função de x (elongação da mola).

Figura 22 – Gráfico da força em função da elongação



Fonte: O autor

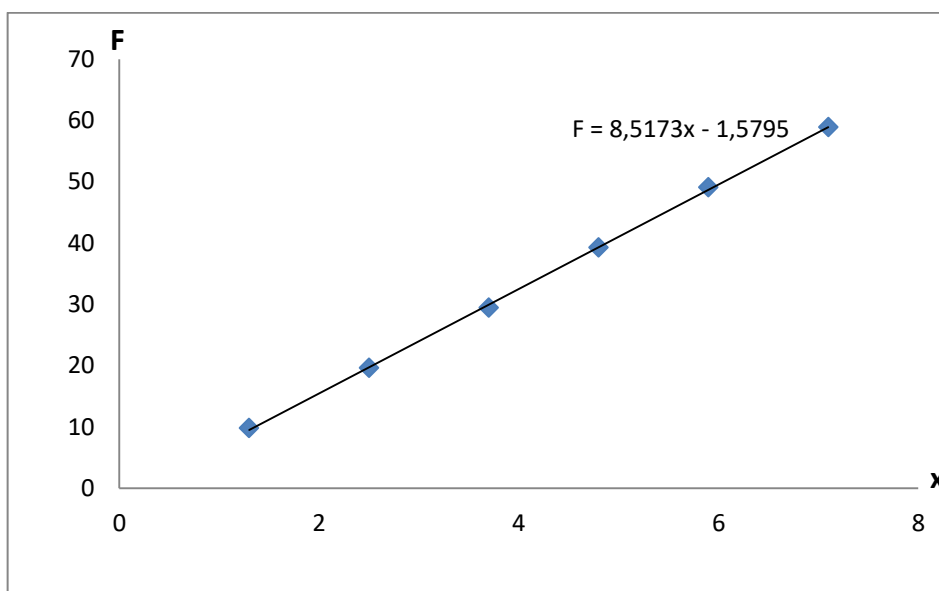
Nesse ponto, cabe questionar os alunos qual o tipo de curva aproxima os dados representados no gráfico anterior, ou seja, refere-se à problematização da

modelagem. Uma hipótese razoável é considerar que se trata de uma reta. Mas qual é a equação dessa reta? Antes disso, espera-se que haja uma reflexão sobre se há apenas uma única reta que possa representar esse conjunto de dados. Cabe, pois, discutir com os alunos qual procedimento a se tomar quanto ao ajuste necessário da curva, isto é, é necessário substituir a linguagem comum até aqui utilizada por uma linguagem matemática coerente e então buscar a resolução do modelo.

Uma opção que pode surgir é Regressão Linear Simples, ou o Método dos Quadrados Mínimos. Mas pensando em um contexto do Ensino Médio, como proceder? Talvez, uma possível resposta seja algum procedimento mais simples, utilizando a noção de função afim, por meio da escolha de dois pontos quaisquer pertencentes ao quadro anterior. Ou, então, o trabalho com a noção de coeficiente angular.

A figura a seguir apresenta o gráfico com a equação da reta de regressão linear simples dos dados coletados.

Figura 23 – Regressão linear do gráfico de $F(x)$

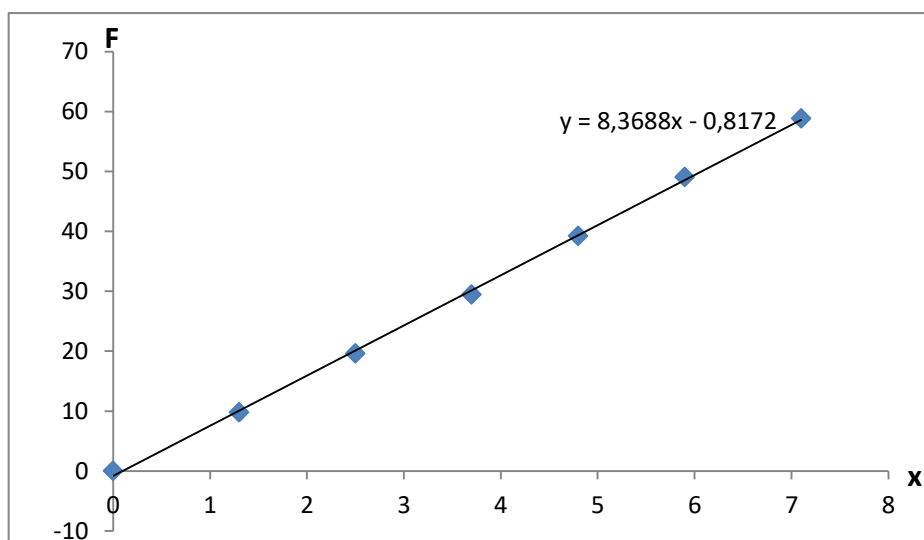


Fonte: O autor

Entretanto, ao validar essa equação, ao considerar-se uma elongação $x = 0$, obtém-se que $F = -1,5795 N$, isto é, haveria uma força que não provocaria

elongação da mola, o que não parece adequado. Nesse sentido, uma possível modificação seria acrescentar ao gráfico o ponto (0,0) e realizar nova regressão linear simples.

Figura 24 – Regressão linear do gráfico de F(x) considerando a origem



Fonte: O autor

Novamente, a reta de regressão linear simples apresenta coeficiente linear não nulo. Assim, podem-se questionar os alunos novamente quanto à necessidade de adaptação dessa equação. Uma modificação possível de ser apresentada é considerar essa função afim sendo do tipo linear.

$$F = kx \quad (4)$$

Mas o que isso representaria do ponto de vista da Física? Implicaria considerar a hipótese de que o módulo da força da mola sobre o corpo é diretamente proporcional à elongação da mola. Esta é, pois, a Lei de Hooke.

Entretanto, como a força elástica e a elongação, apesar de possuírem mesma direção, apresentam sentidos diferentes, do ponto de vista da Física não é incomum escrever:

$$F = -kx \quad (5)$$

Dessa forma, falta calcular o valor da constante k , denominada de constante elástica da mola. Isso pode ser feito, por meio de resultados da geometria analítica (ou de função afim), tomando-se dois pontos (x_0, y_0) e (x_1, y_1) pertencentes à reta. Caso esses pontos sejam $(0, 0)$ e $(7,1 ; 58,86)$, tem-se:

$$k = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (6)$$

$$k = \frac{58,86 \cdot 10^{-2} - 0}{7,1 \cdot 10^{-2} - 0} \quad (7)$$

$$k \cong 8,29 \text{ N/m} \quad (8)$$

É importante discutir sobre o valor encontrado, o modelo a ser construído pelos alunos não se refere ao valor da constante, que provavelmente irá variar de acordo com os dados experimentais anotados, os tipos de ajustes de curva realizados e mola utilizada. O modelo se refere à proporcionalidade entre a elongação da mola e a força elástica. Como apontam Palandi et al. (2010) a equação $F = -kx$ não necessariamente representa a Lei de Hooke. Qualquer força pode ser descrita nessa forma, o que representa a Lei de Hooke é que nessa equação k é uma constante, ou seja, não depende da elongação da mola. Além disso, a Lei de Hooke obedece a essa equação em um dado intervalo de elongação. Fora desse intervalo a mola pode ser alongada e não voltar à posição original, ou seja, possuir uma deformação permanente. Nesse sentido, de modo a suscitar essa discussão pode-se sugerir a algum grupo de alunos que faça uma grande elongação em sua mola. Assim, a constante elástica pode ser outra, ou até que a força elástica deixe de ser diretamente proporcional à elongação da mola.

Ao fim do encontro planejava-se que cada grupo de alunos apresentasse o V construído.

No décimo segundo encontro foi abordado o modelo malthusiano de crescimento populacional. De forma semelhante ao anterior, também se pretendia realizar uma descrição das possíveis atividades, questionamentos e encaminhamentos possíveis durante esse encontro, entretanto sem estabelecer um

roteiro fixo. Analogamente, o encontro versaria sobre a construção de um V para essa modelagem.

Conforme Bassanezi (2014), o economista inglês Thomas Robert Malthus (1766 a 1834), propôs um modelo matemático a fim de inferir sobre o crescimento populacional. Malthus definiu duas hipóteses: o alimento é necessário à subsistência ao homem, ou seja, caso houvesse falta de alimentos generalizada o modelo estaria prejudicado, pois haveria mortes; a paixão entre os sexos seria necessária e deveria permanecer em seu estado permanente, isto é, o modelo pressupõe a reprodução humana.

Experimentalmente e de modo a trabalhar com números menores, inicialmente, podem-se analisar alguns dados sobre a população brasileira.

Quadro 12 – População Brasileira de 1940 a 1991

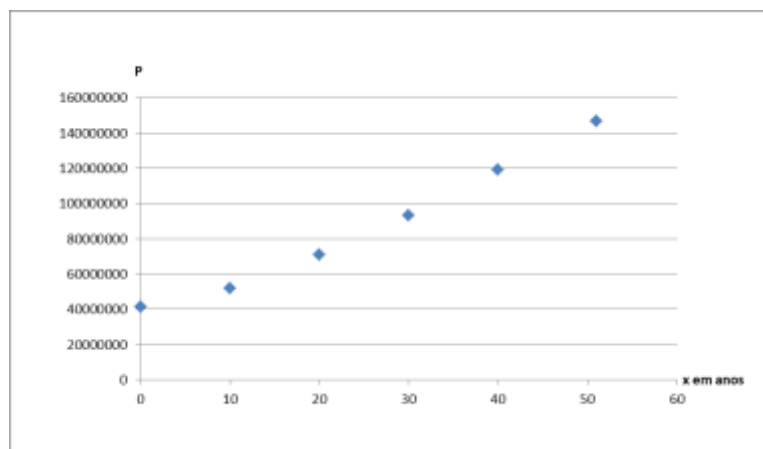
Ano	População Brasileira
1940	41.236.315
1950	51.944.397
1960	70.992.343
1970	93.139.037
1980	119.002.706
1991	146.825.475

Fonte: FIBGE – Censos Demográficos do Brasil⁴⁴

Plotando esses valores em um gráfico de dispersão tem-se:

⁴⁴ Citado por Bassanezi (2014, p. 330)

Figura 25 – Gráfico da população em função do ano



Fonte: O autor

Assumindo como hipótese que a população brasileira P uma função em relação ao tempo t , pode-se escrever e utilizando os valores anteriores, pode-se construir o gráfico de $P(t)$. Porém, que tipo de curva se trata? Pode-se dizer que se trata de uma reta como decidido na Lei de Hooke? Uma possível maneira de analisar essa questão é verificar se há uma relação de proporcionalidade entre o tempo decorrido e o aumento populacional, ou verificar a taxa de crescimento em cada década, como auferido no quadro a seguir.

Quadro 13 – Crescimento absoluto da população brasileira de 1940 a 1970

Ano	População Brasileira	Crescimento absoluto
1940	41.236.315	
		10.708.082
1950	51.944.397	
		19.047.946
1960	70.992.343	
		22.146.694
1970	93.139.037	
		25.863.669
1980	119.002.706	
		27.822769
1991	146.825.475	

Fonte: Bassanezi (2014, p. 330)

Pode-se, observar que o crescimento absoluto da população entre as décadas analisadas não se dá por meio de um valor constante. Caberia então perguntar se há uma possibilidade de descrever matematicamente esse crescimento? Uma possível problematização é, justamente, o que propôs Malthus: o crescimento de uma população é proporcional à população em cada instante (crescimento exponencial ou progressão geométrica). No caso da população brasileira isto implicaria ajustar a curva projetada pelos pontos plotadas a uma curva exponencial.

Isto significa admitir uma taxa de crescimento (α) da população entre cada ano. Matematicamente pode-se, então, determinar essa taxa pela razão:

$$\frac{P(t+1) - P(t)}{P(t)} = \alpha \quad (9)$$

Donde, decorre que:

$$P(t+1) - P(t) = \alpha \cdot P(t) \quad (10)$$

Considerando que a população inicial seja dada por $P(0) = P_0$ e $P(t) = P_t$, pode-se escrever a relação de recorrência:

$$\begin{cases} P(0) = P_0 \\ P_{t+1} = (1 + \alpha) \cdot P_t \end{cases} \quad (11)$$

Resolvendo essa relação, obtém-se que:

$$P_t = (\alpha + 1)^t \cdot P_0 \quad (12)$$

Donde se pode determinar o valor da taxa de crescimento populacional α :

$$\alpha = \sqrt[t]{\frac{P_t}{P_0}} - 1 \quad (13)$$

No caso presente, tomando-se o período de 1940 a 1951, α é dado por:

$$\alpha = \sqrt[51]{\frac{146825475}{41236351}} - 1 = 0,0252131 \quad (14)$$

Isto quer dizer que a população brasileira cresceu a uma taxa média anual de aproximadamente 2,5 % nesse período. Ao utilizar esse valor, pode-se realizar uma projeção para os tempos atuais.

$$P_{2019} = (0,0252131 + 1)^{79} \cdot 41236315 \quad (15)$$

$$P_{2019} \approx 294.847.502 \quad (16)$$

Entretanto, ao se verificar a população brasileira no ano de 2019, verificava-se grande discrepância em relação ao valor projetado pelo modelo encontrado. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa (IBGE) a população em janeiro de 2019 é de aproximadamente 209 milhões brasileiros⁴⁵.

Acredita-se que esta última atividade de comparação dos resultados projetados com os atuais é fundamental, afinal é um exemplo de que nem sempre os modelos são viáveis para todas as situações. É necessário discutir em que circunstâncias esse modelo poderia fornecer resultados viáveis.

Por meio destes dois encontros, esperava-se contribuir em especial para as seguintes categorias definidas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) para a formação de professores:

1 – Conhecer a matéria a ser ensinada: serão abordados conceitos específicos de áreas como a Física e a Matemática.

5 – Saber preparar atividades: o delineamento apresentado busca evidenciar as características da modelagem matemática conforme apresentado por Bassanezi (2014).

⁴⁵ Consulta realizada ao site <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/> em 17 de janeiro de 2019.

6 – Saber dirigir a atividade dos alunos: a condução proposta para as aulas é diferenciada, afinal não se pretende utilizar os tradicionais roteirizados relatórios de experimentação. A condução que propõe é voltada à modelagem matemática.

5.6.2 Relatório – Encontros 10 e 12

No décimo encontro estavam presentes os seis professores. Inicialmente, o pesquisador indagou-os se haviam estudado sobre o tema Força Elástica como havia sido proposto. O professor P_4 afirmou ter apenas lido algum material de forma superficial e que na sua revisão sobre o tema havia lido sobre a deformação de molas. Ainda disse que “*nós estávamos conversando sobre isso, eu e um colega, estava mostrando para ele o Tracker⁴⁶, mostrando para ele, falando sobre essa atividade que nós íamos fazer sobre essa constante de elasticidade, aí ele sugeriu fazer com borrachas também, sabe borrachas, fazer exercício físico...*” (Professor P_4). O professor P_5 afirmou ter “*olhado alguma coisa*” em livros de EM, nos quais observou que “*força é proporcional à intensidade aplicada, alguns exemplozinhos*” (Professor P_5). A professora P_6 disse não ter estudado o tema e que estava na expectativa do que seria trabalhado em aula. A professora P_1 afirmou ter assistido a um vídeo que apresentava um experimento com uma mola no qual “*existe uma força que tende a puxá-la de volta [...] e essa força é contrária à força que é aplicada*” (Professora P_1).

Quando questionados pela professora titular sobre a relação de cada com a área de Física, a professora P_1 afirmou não gostar da área, porque sempre teve dificuldades com os conteúdos que trata. O professor P_5 lembrou que na escola em que atua não há professor de Física, quem leciona essa disciplina é uma professora de matemática. A professora P_6 disse ter iniciado sua carreira docente como professora de Física no magistério estadual do RS, mesmo não tendo formação na área. Em contrapartida, a professora P_2 (que era formada na área de Física) disse ter se surpreendido quando também fora contratada para o magistério estadual do RS e, ao chegar na escola, ter sido informada de que lecionaria a disciplina Matemática. A professora P_1 também comentou sobre incoerências nas práticas docentes durante a formação inicial do professor utilizando como exemplo as

⁴⁶ Referindo-se ao *software* Tracker que é voltado à análise de vídeo e possibilita encontrar funções que modelam o percurso de um objeto.

tradicionais disciplinas de Cálculo I e Física I presentes em cursos de Licenciatura em Matemática, já que não são estabelecidas pontes entre essas duas, isto é, são lecionadas simultaneamente, mas sem nenhuma interação, mesmo abordando vários conceitos em comum.

Em seguida, o pesquisador apresentou aos alunos diferentes molas que havia trazido para a aula, mas comentando que poderiam também ser outros objetos tais como borrachas, instrumentos elásticos de academia, etc. E perguntou aos professores: o que se pode investigar com relação à elasticidade de uma mola? Após um silêncio dos professores, o pesquisador esclareceu que um possível interesse resida no “quanto uma mola se distende quando é aplicada uma força sobre ela”, mais especificamente se existe alguma relação entre a força que lhe é aplicada e a elongação correspondente. A professora titular então perguntou aos alunos o que viam quando se puxava a mola para baixo. O professor P_5 disse que era aplicada uma força, e que quanto maior essa força, maior seria a elongação da mola. A professora P_6 disse que outro resultado possível seria puxar a mola de tal modo que ela “não voltasse” (ao estado inicial, permanecendo alongada quando não mais aplicada essa força).

Com isso, o pesquisador perguntou aos professores se haveria como medir a força aplicada por sua mão quando puxava (elongava) a mola. O professor P_4 disse que seria “complicado” medir essa força aplicada pela mão. O pesquisador questionou sobre alguma estratégia para medir essa força. O professor P_4 sugeriu “botar uma força peso”. Questionados o que seria essa força peso, respondeu que seria calculada por “massa vezes gravidade”. O pesquisador questionou, então, como isso poderia ser realizado experimentalmente. P_4 respondeu: “*Tem que ter a massa, teoricamente a gravidade, e aí vê qual vai ser a deformação. Várias massas né!*”. A professora P_1 sugeriu utilizar como massas duas canetas, porém o professor P_5 advertiu que seria necessário saber a massa delas. Foi, somente então, que o pesquisador mostrou aos professores que havia trazido consigo uma balança.

A partir de então, a professora titular retomou sobre os fenômeno e conceitos envolvidos no processo de elongação de uma mola, buscando resumir as proposições apresentadas pelos professores. Com isso, para fins de experimentação o pesquisador questionou os professores se seria interessante algum experimento no qual as molas pudessem ser penduradas. Dessa forma, apresentou aos alunos os demais materiais que havia trazido para que realizassem

o experimento previsto (hastes, molas, pesos, balança e réguas). Antes de realizar a experimentação propriamente dita, os professores voltaram a discutir sobre a deformação máxima da mola e a relação entre sua espessura e alongação.

A experimentação foi realizada em duplas, a saber: P_1 e P_4 ; P_2 e P_3 ; P_5 e P_6 . Avalia-se que se poderia ter orientado as professoras P_2 e P_3 de modo que formassem outras duplas, afinal ambas possuíam formação na área de Física. Entretanto, ambas buscaram orientar seus colegas durante esse processo, em especial a dupla formada por P_5 e P_6 .

Cabe esclarecer que os materiais utilizados nessa experimentação foram emprestados do Laboratório de Ensino de Física da UFSM. Todavia, esqueceu-se de registrar fotograficamente o momento da experimentação. A imagem a seguir⁴⁷ ilustra esse material disponível no laboratório e utilizado na situação proposta.

Figura 26 – Material para experimento da Lei de Hooke



Fonte: Blog Experimentos de Física de baixo custo (2020)⁴⁸

Em seguida, pesquisador e professora titular orientaram os professores sobre a forma de utilização dos instrumentos e que deveriam anotar os resultados que

⁴⁷ Optou-se por uma imagem ilustrativa devido ao isolamento social imposto pela Pandemia da Covid-19, não sendo possível acessar aos materiais do Laboratório de Ensino de Física da UFSM durante a descrição dos resultados da presente pesquisa.

⁴⁸ MOLAS. Experimentos de Física de baixo custo, 2020. Disponível em: <<http://experimentosdefisicadebaixocusto.blogspot.com/2009/03/teste.html>>. Acesso em: nov. 2020.

encontrassem ao longo do experimento. Professora P_1 logo no início da experimentação já disse que iria utilizar o Excel para anotar os resultados para, posteriormente, analisá-los graficamente. Além disso, estabeleceu-se que os professores deveriam elaborar um diagrama V sobre o experimento realizado.

Como esperado, pode-se observar que as primeiras dúvidas se referiam a como utilizar os instrumentos e realizar as medições corretamente, especialmente em relação a medir a elongação utilizando régua e a necessidade de considerar a massa da haste que conectava o instrumento e os discos.

Apesar de se ter gravado o áudio da aula, não é possível descrever com clareza as falas de todos os professores individualmente devido aos ruídos e porque ocorriam simultaneamente. Todavia, como o telefone (com o aplicativo utilizado para a gravação) estava mais próximo à dupla P_1 e P_4 pôde-se ouvir e transcrever a grande maioria de suas falas e, por isso, opta-se a seguir por analisar o desenvolvimento da situação por esta dupla.

A partir das primeiras medições, os professores P_1 e P_4 já indicaram para a proporcionalidade entre as grandezas envolvidas (massa e elongação da mola). Isso pode ser observado quando P_1 falou: “se... [deu 50], tá mantendo 8”, ou seja, à medida que aumentavam a mesma massa, a elongação correspondente era proporcional a anterior.

Um ponto a ser discutido se refere a quando esses professores encontraram uma medição que lhes pareceu discrepante, como pode ser observado nas falas a seguir.

P_4 : Porque aqui deu um diferença grande na moeda, não deu?

P_1 : É que era 10, e foi para 14.

P_4 : Pois é, então tem diferença aqui ó. Então teríamos que levar em consideração todos esses... Quando ela se mantém constante, quando o peso acrescentado foi constante, a variação foi constante. Mas quando variou o peso, variou...

Pesquisador: Tem um problema ali? Em um que vocês acharam um valor discrepante, isso?

P_4 : É, porque o valor, o peso da moeda aquela ali, deu muito diferente dos outros.

Professora titular: A massa...

P_4 : É! A massa.

Professora titular: Muito diferente?

P_4 : Deu muito diferente das outras, então deu uma diferença na elasticidade também.

Professora titular: Então, isso é uma observação importante. Como que vocês vão contornar essa situação?

P₄: Eu estou pensando em fazer aqui... Só pensar...

P₄: Esse foi o primeiro, esse foi os dois juntos?

P₁: Esse foi o gancho. Só a coisinha tem 10. É 3 e 59 o gancho. Que daí aqui eu já considere com os três. Depois eu só fui adicionando os discos. Tá, mas vamos colocar outra mola, aquela mais...

P₄: Mas, aqui, se nós pensar assim, mais, pegar essa massa que deu constante, só para nós fazer um teste e por essa diferença. Aí nós vamos ter, a cada grama quanto vai se deslocar aqui.

P₁: Da diferença?

P₄: É! 10,8 gramas deslocou 8 mm, em um grama vai deslocar quantos milímetros?

P₁: 0,01 grama então.

[...]

P₄: Porque (senão) vai dar uma quebra no nosso gráfico, não vai dar constante.

P₁: Também acho.

[...]

Observa-se nas falas anteriores dos professores P_1 e P_4 que haviam se deparado com um valor discrepante, que não mantinha a proporção média encontrada até então entre as variáveis massa e alongação. É interessante mencionar que em nenhum momento esses professores pensaram na possibilidade de que poderia advir de algum engano na medição por eles realizada e registrada. Tanto que, mesmo na apresentação dos seus resultados no encontro seguinte, haviam marcado esse ponto em um de seus gráficos. Com isso, entende-se que esse possa ser um reflexo do pouco contato desses professores com atividades envolvendo experimentação. Além disso, os professores P_1 e P_4 já tinham conhecimento sobre a Lei de Hooke e, por isso, pode-se observar nas falas que entendiam haver um erro, tanto que não pensaram em nenhuma hipótese diferente da proporcionalidade entre força e alongação da mola.

Esse cenário está em consonância com o que lembram Garcia e Pozo (2017) ao analisarem os perfis de egressos de um curso de Licenciatura em Física de uma Universidade Federal. Esses pesquisadores, munidos do referencial das Teorias Implícitas de Pozo et al. (2006), verificaram que a categoria experimental desses docentes apresentava predominantemente perfil direto, isto é, a função do experimento é de unicamente comprovar os resultados teóricos estudados anteriormente. Nesse sentido, acredita-se que a indicação de estudo prévio sobre o tema Lei de Hooke deva ser evitada em edições futuras da disciplina, afinal parece ter contribuído para reforçar nos professores P_1 e P_4 a intenção de validar no

experimento esse resultado por eles estudado teoricamente como situação prévia ao encontro.

Todavia, com a intervenção do pesquisador, posteriormente chegaram à conclusão de que poderia ter havido algum equívoco de medição, porém não realizaram a medição novamente para aquela mola e, sim, realizaram o experimento com outra mola, conforme pode ser observado abaixo.

P₄: Massa dividido pelo deslocamento vai me dar a minha constante k .

P₁: Mas tu estás pensando no gráfico já?! (risos)

P₄: Tô pensando no gráfico. Claro, vou ter que não deixar ela ... [...] fazem alguns cálculos e testes em planilha Excel.

Pesquisador: Tu tá fazendo a divisão ali do...

P₄: Isso, nós pegamos... Nosso gráfico é massa sobre o deslocamento.

P₁: Oh cabeça! O que tu tá fazendo aí? Tu quer dividir quem?

P₄: Eu estou tentando ver se, quando eu pego a massa, e divido pelo deslocamento eu acho essa constante k .

[...]

P₁: Então aqui, óh! Vê quanto dá! (referindo-se aos valores que ela havia encontrado naquele momento na planilha Excel).

P₄: Um vírgula quarenta e quatro, um vírgula vinte e cinco, um vírgula vinte e cinco, um vírgula vinte e cinco, um vírgula vinte e seis. É, o nosso problema está aqui, eu acho que é medida, é peso mesmo. Foi erro ali.

Pesquisador: É, pode ter sido. Às vezes a gente erra, no olhar ali. Qualquer coisinha.

P₁: Mas, vamos fazer com a outra mola, ver se...

P₄: Bora lá!

Pesquisador: Tá, tu fez várias ali, daria para fazer uma constante média...

P₄: É! O somatório de todos os k . Tá variando de um a 10 aqui. Tudo divide por 10. No caso, 9, nós temos 9 aqui... Então, fazendo tudo aqui, nosso k deu um e vinte e seis.

[...] resolvem realizar o experimento para outra mola.

Entende-se que o fato dos professores não terem refeitos suas medições e partindo para o experimento com uma mola diferente, pode ser resultante tanto da sua inexperiência com atividades de experimentação, ou também com o fato de um pensamento voltado à “obrigatoriedade de encontrar o resultado correto”. Essa análise é colaborada pelas falas a seguir.

P₄: O problema é que a gente sabe que é constante.

P₁: Pois é!

P₄: A Lei de Hooke já nos diz isso. Então, nós vamos ter que achar uma constante de qualquer jeito.

[...]

Entende-se que quando o professor P_4 afirma que a Lei de Hooke já diz o resultado, na verdade está pensando **o experimento como uma comprovação do fenômeno físico**, o que pode ser encarado como um teorema-em-ação utilizado pelo professor naquela situação proposta. Noutras palavras, poder-se-ia dizer que P_1 e P_4 pareciam mais preocupados em chegar ao resultado do que compreender o que os dados representavam. Isso reforça a avaliação de que essas são evidências de um perfil direto desses professores conforme definição apresentada por Garcia e Pozo (2017), afinal na visão desses professores o experimento assume o papel de confirmar os resultados científicos historicamente construídos.

No trecho a seguir, verifica-se que a intervenção do pesquisador buscando orientar os professores P_1 e P_4 foi essencial para que desenvolvessem o experimento e, sobretudo, buscando entender o porquê daqueles procedimentos.

P_4 : Sabe o que que a gente tinha que fazer?

P_1 : Ham?

P_4 : Como a gente tinha feito a primeira vez: começar a contar do zero aqui (referindo-se ao fato de considerar como origem a mola com a elongação devido à massa da grampo de fixação). Porque os dez são constantes (massas aproximadas dos discos). Essa aqui é 3,59 e essas aqui todas têm o mesmo peso. Então, vai dar constante sempre.

[...]

P_1 : Agora nós vamos verificar com a outra mola se vai se manter. Pra ver se é problema do peso, da massa, ou o que que é.

P_4 : Ou do olho...

P_1 : Só que agora nós vamos fazer diferente: vamos começar do zero do gancho.

[...]

P_4 : Fabrício, isso aqui funciona não como... Funciona como aquelas balanças de, como é que é o nome? Dinamômetro.

Pesquisador: Dinamômetro é para verificar a força.

P_4 : Isso aqui então é força? Então essa massa tem que transformar em força, né?!

Pesquisador: Pode ser uma ideia interessante! Onde que tu tá enxergando a força aqui, na mola?

P_4 : Na gravidade.

Pesquisador: Então, essa gravidade com base...?

P_4 : Na massa que estamos colocando.

Pesquisador: Mas, é a gravidade em si que está fazendo puxar a mola aqui para baixo?

P_4 : Não, não. É a massa.

Pesquisador: E a gravidade? Essa massa aqui, ela tem alguma coisa em comum? Porque não é exatamente a gravidade isso aqui.

[...]

Pesquisador: E vocês disseram que a elasticidade é uma força. Onde é que estaria a força elástica aqui?

P₄: Puxando para cima.

Pesquisador: Hum... Então, essa história de gravidade, força elástica, gravidade para baixo, força elástica para cima, pode ser interessante naquilo que tu falou [inaudível].

P₄: Vamos lá então. Cento e quanto tu falou? (P₁ e P₄ retomam as medições e cálculos).

[...]

A partir dos questionamentos realizados pelo pesquisador e apontados no trecho anterior, os professores parecem ter definido sua estratégia em encontrar a constante de elasticidade das molas que analisavam.

P₄: A força em newtons né?

P₁: Tu quer fazer a força daí? A relação da massa do disco...?

P₁: Se fosse a massa, talvez, no lugar do peso. Tá, agora tu quer calcular a força, tu disse? A força é a massa...

P₄: Massa vezes gravidade, né?

P₁: E aí a gravidade é 9,8...

P₄: Sim, sim.

[...]

P₁: Tá, mas agora eu peguei a massa do comprimento. A massa que foi fazendo, foi colocando ali. Só o gancho com o disco, dois discos, três discos, isso aqui.

P₄: Ah! Porque... Aqui está a nossa constante! Olha aqui, o nosso probleminha. Esse não vai dar quase nada, então temos a resposta do problema.

[...]

P₄: Variou. Não, não é variações de forças [inaudível].

P₁: Massa.

P₄: Massa, massa! Mas é que tem a gravidade, e peso.

[...]

A partir dos resultados obtidos, como mostra a continuação das falas a seguir, os professores encontraram uma função afim, quando relacionaram força e deslocamento.

Pesquisador: Vocês pretendem calcular o peso ali?

P₄: É, nós estávamos pensando: porque se tem gravidade, você tem massa, tem um foçar peso. Nós não calculamos aqui, mas estamos pensando em trocar pelo peso aqui. E aí, é o comprimento ali. A gente deixa em milímetros por enquanto.

Pesquisador: Aham.

P₄: Então, nós vamos ter uma força e um deslocamento. Pelo que nós estamos vendo no gráfico, quando a gente pega essa força e divide pelo deslocamento, nos dá uma função linear.

Pesquisador: Aham. E o que isso indica?

P₄: Que a constante, que é constante. No segundo experimento ela ficou bem mais nítida. Então a minha força sobre o meu deslocamento me daria essa constante que a gente chama de k .

Pesquisador: Ok. Entendi.

P₄: Sei lá, a força vai ser k vezes d . Eu quero achar o k , o que nós fizemos foi achar o k , né? Que nós achamos num segundo momento aqui, um quinze vírgula alguma coisa, em quase todos, zero vírgula alguma coisa...

Pesquisador: Você fez também de novo uma para cada um.

P₄: Um para cada um.

Pesquisador: E depois calculou o médio. Entendi.

Conforme indicado nas falas anteriores, os professores entendiam que, por encontrarem um comportamento gráfico de reta ao relacionarem força e deslocamento, concluíram corretamente haver uma relação de proporcionalidade entre essas grandezas. Porém, como indicado a seguir, faltava abordar um ponto central sobre esse resultado encontrado, afinal estavam considerando a força peso, sem relacioná-la com a ideia de força elástica.

P₄: Nós não conseguimos escrever um problema que fique bonito. Porque, olha só: qual a deformação sofrida pela mola ao ser submetida por uma força peso? Certo? Só que são várias forças pesos, aí que está. Porque a gente deformou ela ao colocar vários pesos.

Pesquisador: Ah, sim! Aí não seria “qual a deformação”.

P₄: Seria: quais as deformações? Pode ser?

Pesquisador: E força elástica, onde entra nisso tudo?

P₄: Pois, é! Boa pergunta!

[...]

Pesquisador: Porque no gráfico você até colocou força peso, e aqui você já está colocando um F , que eu entendo que seja (inaudível). Qual que é a relação entre a força peso e a força elástica? Vocês estão num caminho ótimo, é por aí mesmo! Pode ser por aí, têm várias formas de chegar, mas pode ser por aí.

P₄: Constante elástica seria o nosso k ? Posso chamar de constante elástica?

Pesquisador: Aham. Pode.

P₁: E foi esse que nós calculamos aqui.

P₄: Esse é a nossa constante elástica aqui.

[...]

A partir dos trechos apresentados anteriormente, acredita-se que as falas dos professores P_1 e P_4 apontam para uma necessidade de se realizar momentos de experimentação e discussão dos conceitos físicos. Como se tratavam de dois professores sem habilitação na área de Física, identificaram-se ao longo da experimentação algumas dúvidas sobre os conceitos físicos abordados. O trabalho de formação continuada com professores de matemática e física apresentado por

Quartieri et al. (2016) visando a integração entre essas áreas por meio de recursos computacionais, mostra que as dificuldades com esse tipo de trabalho conjunto não são inéditas, afinal os autores também relatam que professores participantes da experiência por eles descrita encontraram dificuldades em relação aos conteúdos físicos e matemáticos abordados.

Com isso, acredita-se que a formação de professores de física e de matemática deve valorizar a integração entre essas áreas. Não se trata de formar profissionais para atuar em ambas as áreas, ou que tenham formação dupla. Trata-se de perguntar que conceitos físicos são apresentados aos futuros professores de matemática? E como? Analogamente, quais (e como) conceitos matemáticos são apresentados aos futuros professores de física?

Essas parecem ser também preocupações dos próprios professores. Salienta-se que P_1 e P_4 disseram acreditar que o trabalho em sala de aula que transpõe as relações entre física e matemática, em geral, não acontece devido às próprias limitações na formação do professor. Além disso, a professora P_2 lembrou as dificuldades curriculares encontradas quando se pensa na distribuição cronológica dos conceitos físicos e matemáticos. Para ela, essas disciplinas “não se conversam”, isto é, não há um trabalho integrado entre os conceitos físicos e matemáticos ao longo da Educação Básica.

Após a conclusão do experimento, professora titular realizou uma explanação sobre o experimento utilizando-se do quadro escolar, abordando os conceitos físicos e matemáticos envolvidos. Em suma, pode-se dizer que resumiu os apontamentos apresentados no subcapítulo anterior da presente tese e enfatizou as relações entre os conceitos físicos e matemáticos presentes nesse modelo. Durante esse momento, o pesquisador realizou alguns apontamentos e questionamentos. Também ressaltou que havia percebido que os professores ao longo da experimentação preocuparam-se com o erro nos resultados, o que provavelmente se devia ao fato desse tipo de atividades envolvendo experimentação não serem comuns na formação docente, principalmente do professor de matemática.

Por fim, discutiram-se os resultados encontrados por cada dupla, as unidades de medidas utilizadas pelas duplas e os procedimentos realizados. O pesquisador também indicou a importância de se calcular o valor da força peso para cada disco que alongava a mola e, com isso, que construíssem um gráfico da força em função da alongação. Inclusive plotou esse gráfico em uma planilha do Microsoft Excel

enquanto a projetava via datashow com o intuito de discutir sobre os resultados encontrados. Então argumentou sobre como seria possível abordar a ideia de regressão linear simples com alunos de Ensino Médio, ou quais outros procedimentos que se poderiam utilizar nesse ambiente para encontrar uma “linha de tendência” para a distribuição de pontos encontrados.

Cabe esclarecer que como situação ao longo da experimentação solicitou-se aos professores que construíssem um V de Gowin para aquele experimento, bem como um mapa conceitual para os conceitos abrangidos. As apresentações e discussões desses instrumentos aconteceram no início do encontro seguinte, o décimo primeiro. Com o intuito de concluir a análise dessa atividade de modelagem propostas, opta-se por apresentar os pontos destacados ainda neste subcapítulo.

Como se tratam de interessantes instrumentos, mesmo que brevemente, discutir-se-á cada um separadamente:

- V e mapa dos professores P_1 e P_4 (Anexos F e G, respectivamente): A questão básica “*O que acontece com o coeficiente de elasticidade da mola ao ser submetida a diferentes variações de massa?*” elencada por essa dupla de professores remete à existência prévia de um coeficiente de elasticidade, o que está de acordo com a interpretação feita anteriormente. sobre a visão desses professores. Assim, professora titular e pesquisador orientaram os professores que poderiam reformulá-la de modo que se buscasse construir um resultado científico e não, simplesmente, verificá-lo. Quanto ao evento, filosofia, teorias e princípios, os professores explicaram que buscaram discutir não somente o experimento, mas também enquanto possibilidade didática para a sala de aula. Professora titular e pesquisador lembraram que era justamente essa a intenção do encontro. Apesar de citarem apenas “força elástica” e “funções” como conceitos no V construído, os professores P_1 e P_4 explicaram que estes seriam os conceitos centrais naquela experiência realizada, bem como as relações entre eles estariam explícitas no mapa conceitual elaborado. Professora titular e pesquisador indicaram alguns conceitos matemáticos que poderiam estar relacionados no mapa elaborado, já que os professores restringiram-se à análise física do experimento. Quanto aos registros, transformações, asserções de conhecimento avaliou-se que eram acertados e correspondiam à situação proposta em aula. Por fim, registraram que as asserções de valor poderiam apresentar questionamentos sobre outros experimentos ou

conceitos associados ao realizado como, por exemplo, qual a força máxima que poderia ser aplicada a uma mola, de modo que não houvesse a sua elongação definitiva, isto é, continuasse a ter a “capacidade” de contrair-se ao seu estado inicial.

- V e mapa dos professores P_5 e P_6 (Anexos H e I, respectivamente): Pesquisador e professora titular avaliaram que o V construído por esses professores representou adequadamente as discussões realizadas durante a aula, bem como abordou corretamente o experimento e seus resultados. Apenas observaram que as asserções de valor também poderiam tratar sobre questionamentos advindos dessa experiência e ou outras questões a serem respondidas. Quanto ao mapa conceitual, avaliaram que reunia os principais conceitos matemáticos e físicos envolvidos na experimentação realizada. Contudo, apontaram que os professores poderiam ter realizado relações entre eles, isto é, integrando-os de modo a relacionar as áreas da matemática e da física.

- V e mapa dos professores P_2 e P_3 (Anexos J e K, respectivamente): Constatou-se que o V construído buscou evidenciar aspectos didáticos do porquê daquele tipo de experiência realizado juntamente aos professores. Na verdade, as professoras P_2 e P_3 , de início, esclareceram que haviam se equivocado quanto à construção do V e, que com as apresentações anteriores, deram-se conta que poderiam ter descrito melhor o experimento por meio do V. Professora titular e pesquisador ressaltaram que, de fato, faltavam alguns elementos como, por exemplo, um problema relativo ao objeto de investigação e uma asserção de conhecimento sobre as conclusões do experimento, contudo ressaltaram que poderiam acrescentar as observações de natureza didática sobre o que aquele experimento e sua condução representavam em uma perspectiva pedagógica. Ainda, questionaram as professoras se o terceiro princípio elaborado por elas não seria uma espécie de asserção de valor, pois ao considerarem que “*Matematicamente, k representa a inclinação do gráfico F contra x . O valor dessa constante depende do tamanho da mola, do material do qual ela é constituída e do processo de fabricação*” já previam o resultado encontrado e, ainda, projetavam um motivo para os diferentes valores dessa constante. Por fim, observaram que poderiam ter evidenciado em seu mapa conceitual os conceitos

matemáticos utilizados ao longo da experimentação, bem como as suas relações com os conceitos físicos abordados.

No décimo segundo encontro procedeu-se a construção do modelo malthusiano para o crescimento populacional brasileiro. Antes de tudo, o pesquisador questionou os professores se haviam realizado alguma leitura sobre o tema a ser tratado naquela aula e informado *a priori* (Modelo Malthusiano). O professor P_5 destacou que o modelo se estrutura sobre uma ideia de crescimento exponencial da população, enquanto que o crescimento dos alimentos disponíveis seria de forma linear.

Em seguida, o pesquisador entregou aos professores na forma impressa o quadro 12 apresentado anteriormente na descrição do planejamento da presente aula, contendo as frequências absolutas da população brasileira nas décadas entre 1940 e 1991. Com isso, solicitou aos professores que realizassem alguma projeção para a população do ano corrente (2019) a partir desses dados, mais especificamente utilizando o modelo de Malthus, e, assim, verificar se seria adequado esse modelo. Novamente, para essa atividade os professores se organizaram nas duplas habituais (P_1 e P_4 , P_2 e P_3 , P_5 e P_6).

Primeiramente os professores discutiram entre si por alguns poucos minutos alguma possibilidade de análise dos dados populacionais apresentados e sobre a construção do modelo malthusiano para eles. Entretanto, cabe esclarecer novamente, que poucas são as conversas audíveis na gravação realizada, pois nesta aula não se direcionou o gravador (celular) diretamente a uma dupla de professores, na verdade o pesquisador permaneceu com ele e, assim, as conversas registradas foram das interações dele com os professores. Por isso, descrevem-se a seguir aquelas possíveis de serem claramente identificadas.

Os professores P_1 e P_4 pensaram inicialmente em utilizar um modelo envolvendo equações diferenciais. Perguntado, o pesquisador os respondeu que poderiam adotar essa estratégia, ou alguma outra mais simples, inclusive utilizando de conceitos tratados em níveis anteriores como, por exemplo, função exponencial ou progressão geométrica. Posteriormente, indicaram que haviam calculado as diferenças entre os valores absolutos da população e, com isso, o pesquisador perguntou-lhes “o que essa diferença indica”? O professor P_4 respondeu que a taxa estaria aumentando.

A professora P_3 perguntou ao pesquisador se a população inicial a ser considerada para realizar a projeção da população em 2019 seria a do ano de 1991. O pesquisador respondeu que sim, seria possível, entretanto deveriam antes encontrar a taxa de aumento da população, isolando-a, pois nos áudios há a indicação que a dupla já havia encontrado alguma equação, porém sem isolar essa incógnita.

Posteriormente, o professor P_5 afirmou: “Tô pensando em achar o valor do k ali. Só que para cada, para cada 10 anos vai ter um k diferente.” O pesquisador respondeu então, que uma possibilidade seria encontrar esses distintos valores de taxas de crescimento e determinar a média deles, afinal o próprio professor havia apontado que a taxa de aumento nas últimas décadas consideradas havia desacelerado em relação aos primeiros anos considerados. A partir disso, os professores P_5 e P_6 afirmaram que encontraram os valores dessas constantes a partir da equação:

$$k = \frac{\ln \left| \frac{P(t)}{P_i} \right|}{t} \quad (17)$$

O desenvolvimento da equação anterior é demonstrado por Bertoldo et al. (2017), considerando que o modelo de Malthus é uma Equação Diferencial Ordinária (EDO) linear de primeira ordem homogênea.

Em conversa do pesquisador com os professores P_1 e P_4 , estes relataram o que haviam feito, destacando o cálculo de uma constante média entre as décadas cuja população era conhecida. Optaram por aproximar os dados por um modelo exponencial do tipo:

$$P(t) = P_0 \cdot k^t \quad (18)$$

Inclusive, realizaram alguns testes se os valores encontrados por meio dessa função, de fato eram aproximados aos valores reais. Os diálogos a seguir ilustram essa passagem.

P_4 : Minha ideia é fazer isso aqui: minha $f(x)$ seria quarenta e um vezes dois vírgula vinte e nove elevado na x ($f(x) = 41 \cdot (2,29)^x$), entende?

Pesquisador: Ah, tá! Então, aqui tu tem um multiplicador que é o teu t_0 e multiplica pela taxa, que é uma razão...

P₄: Essa é minha ideia inicial, já que é para focar na função exponencial.

Pesquisador: E quarenta e um? Por que é mil novecentos e quarenta e um?

P₄: Não, porque tem quarenta e um mil a população no tempo zero, aproximadamente.

Pesquisador: Ok, E faz uma projeção agora para 2019...

P₄: Vamos só ver se vai funcionar para os outros, de certo. Então, vamos ver se vai dar próximo aqui: ponto vinte e nove ao quadrado, vou fazer... Daria sessenta e oito e duzentos. Aqui dá setenta. Aproximado! Vamos ver para o $t = 3$ [...] É daria 83, que é aproximado.

Logo após, o pesquisador conversou com os professores P_5 e P_6 sobre as disparidades encontradas quando comparavam a população projetada para o ano de 2019 por meio do modelo construído por eles e os dados atuais fornecidos pelo IBGE. Argumentou que nem sempre os modelos construídos fornecem boas projeções e, por isso, da importância da avaliação do modelo encontrado e possíveis reformulações.

Em outro momento, a professora P_1 também mostrou ao pesquisador que havia testado em planilha Excel qual modelo que melhor representaria os dados considerados. Noutras palavras, testou qual das linhas de tendência disponíveis seria “a mais aproximada aos dados plotados”.

Outro ponto que se destaca é que ao longo da aula, os próprios professores verificaram que o modelo malthusiano e os modelos que haviam construídos apresentavam algumas limitações. Nesse sentido, pesquisador e professora titular comentaram com os professores sobre o modelo de crescimento populacional de Verhulst como uma possibilidade para melhor representar o crescimento populacional, pois prevê uma estabilização desse crescimento após um determinado período, ou seja, apresenta limitações ao crescimento exponencial previsto na abordagem malthusiana.

Além disso, os professores P_1 e P_4 refizeram seus cálculos, pois acreditavam que alguns resultados encontrados apresentavam erro muito grande. Encontrando um erro de cálculo na obtenção da taxa média de crescimento. Além disso, com auxílio da professora titular e pesquisador, optaram por mudar a base da potenciação envolvida em seu modelo para o número de Euler (e), pois, dessa forma, avaliaram que diminuiriam o erro do modelo anteriormente elaborado por eles. Após esses procedimentos, verificaram que haviam mesmo encontrado

aproximações com menor erro quando analisavam os dados fornecidos inicialmente (população brasileira entre as décadas de 1940 a 1991). Entretanto, mesmo assim, encontraram um erro grande em relação à frequência real determinada pelo IBGE para a população brasileira em 2019. Com isso, o pesquisador perguntou-lhes o porquê daqueles modelos fornecerem valores tão discrepantes com a realidade observada no ano corrente. Os professores concluíram que a forma exponencial não seria um bom modelo para populações para períodos longos, pois observavam uma estabilização do crescimento populacional nos dados considerados.

Um momento a destacar foi quando os professores afirmaram que, com base em sua experiência, há dificuldades em transpor algumas propostas realizadas em ambientes de formação para a sala de aula da Educação Básica. Com isso, o pesquisador questionou os professores se seria possível adaptar uma atividade semelhante a que estava sendo desenvolvida naquela aula, em especial no que se refere à elaboração de um modelo que é uma aproximação e, não a realidade em si. Seguem alguns trechos dessa discussão:

Professor P₄: Eu acho que dá.

Pesquisador: Mas com alunos do Ensino Médio?

Professor P₄: Eu acho. Porque assim, não que tu vá trabalhar o conteúdo em cima disso, mas seria o ponto inicial para a motivação que não existe na sala de aula hoje. Ele pode até, não no primeiro momento entender todo esse processo, mas ele vai, pelo menos, pegar um lá no Ensino Médio, e vai conseguir montar uma tabela e visualizar um gráfico. Se isso for o ponto inicial: perfeito!

Professora P₂: Já ajuda! Já é um caminho, é um ganho.

Professor P₄: Exato. Ele conseguiu visualizar um gráfico: não é um gráfico linear, é um gráfico exponencial. Beleza, então não é aquilo que ele está acostumado a fazer. Mas eu posso, a partir daí, pegar problemas mais simples e construir isso. Essa é a minha visão.

[...]

Professor P₄: Porque é tão desmotivador o ensino hoje... Eu vejo minhas aulas e saio triste, às vezes, das minhas aulas.

Entende-se que para o professor P_4 ao se propor atividades envolvendo modelagem, deve-se considerar que isso poderá gerar certa estranheza os alunos da Educação Básica, afinal, em geral, esse tipo de metodologia raramente é tratada nesse nível de ensino. Com isso, propõe em sua fala a necessidade de se avançar a passos mais curtos e que levem em conta as possíveis resistências que esse aluno poderá oferecer a esse novo tipo de proposta. Salienta-se que os demais

professores foram unânimes em concordar com essa visão: A partir disso, atribuiu-se aos professores o seguinte teorema-em-ação: **A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.**

Professores, pesquisador e professora titular também comentaram amplamente sobre diversas hipóteses que devem estar presentes em modelos sobre financiamento habitacional. Mais especificamente, discutiram em que circunstâncias um financiamento habitacional é mais vantajoso para uma família em relação a aluguel, e vice-versa. Salienta-se que se concluiu sobre a importância do conhecimento matemático para a vida cotidiana e a tomada de decisões.

Ao fim da aula, procedeu-se a apresentação dos V de Gowin elaborados pelas duplas para a situação proposta nesta aula. A seguir, descrevem-se os principais aspectos dessas apresentações.

- Professores P_1 e P_4 : A professora P_1 inicialmente esclareceu que não haviam partido do modelo malthusiano em si. Verificaram que o crescimento populacional não era linear, na verdade apresentava característica exponencial e, por isso, concluíram que “era parecido com o de Malthus” (professora P_1). E com isso, calcularam a taxa de crescimento α por:

$$\alpha = \sqrt[t]{\frac{P_t}{P_0}} - 1 \quad (19)$$

Professora titular e pesquisador comentaram que essa era justamente a dedução do modelo malthusiano apresentada por Bassanezi (2014). O pesquisador lembrou que como asserção de valor ainda poderiam ter acrescentado os valores encontrados quando esses professores construíram um modelo logarítmico para a situação proposta. Quanto ao V construído por esses professores (Anexo L), resume o caminho percorrido pelos professores na resolução da atividade. Apenas a professora titular e pesquisador chamaram atenção para o fato de que as teorias mencionadas pelos professores (Modelo de Malthus, Função Exponencial, Crescimento Exponencial) necessitariam ser repensadas, afinal consistiam em conceitos.

- Professores P_5 e P_6 : Observa-se que o V construído pelos professores (disponível no ANEXO M) apresenta os principais elementos necessários que resumem o experimento realizado. Além disso, destacaram conhecimentos e conceitos característicos de outras áreas do conhecimento que não a Matemática, os quais poderiam ser trabalhados de forma conjunta para resolver a questão básica elaborada como, por exemplo, o contexto social e econômico da Inglaterra no séc. XVIII quando da elaboração do modelo por Malthus. Professora titular chamou atenção que, pensando em um trabalho em sala de aula, o gráfico deveria considerar um tempo inicial $t = 0$ e, assim, poder-se-ia trabalhar a noção de intersecção do gráfico com o eixo das ordenadas. O pesquisador elogiou o V elaborado pela dupla de professores, indicando que apenas poderiam reescrever o evento, pois a afirmação escrita pelos professores, na verdade, consistia em uma asserção de conhecimento.

- Professores P_2 e P_3 : Observa-se que o V construído pelos professores (disponível no ANEXO N) apresenta um olhar matemático para relações utilizadas no modelo malthusiano. De forma parecida à dupla anterior, professora titular e pesquisador alertaram que o evento se tratava na verdade de uma asserção de conhecimento. As professoras esclareceram que nos cálculos realizados por elas, também consideraram a população brasileira no ano de 2010 segundo dados do IBGE, com o intuito de obter uma aproximação melhor à realidade populacional em 2019. Além disso, afirmaram terem baseado seus procedimentos em Meira et al. (2014) no qual, os autores utilizando o método de separação de variáveis para equações diferenciais, encontram a função $P(t) = P_0 \cdot e^{kt}$. Com isso, as professoras, inicialmente encontraram o valor da constante k , para, então, realizar a estimativa da populacional brasileira para o ano de 2019. As professoras concluíram que o modelo malthusiano não é adequado para estimativas de longo prazo, entretanto, para períodos menores encontraram valores com erros menores. O pesquisador comentou que a seleção dos dados modelados foi proposital, com intuito de provocar os professores sobre a validade de um modelo.

Ao final da aula, o pesquisador ainda mostrou a forma que havia pensado em chegar ao modelo malthusiano para a situação de modelagem proposta, conforme foi descrita anteriormente no planejamento deste encontro.

Ao longo da descrição do encontro, pode-se perceber que os professores utilizaram diferentes formas de resolver a situação que lhes foi proposta. Entretanto, todos inicialmente verificaram que a taxa de crescimento não era constante e, portanto, não seria adequado utilizar um modelo de crescimento linear. Ainda, quando se comparam os V construídos no décimo encontro (modelagem sobre a Lei de Hooke) com os do décimo segundo encontro (modelo malthusiano), é possível perceber que neste segundo, ocorreu um avanço no sentido de atenderem ao objetivo proposto, isto é, um instrumento que pudesse contar o processo de modelagem desenvolvido. Com isso, entende-se que se atingiu o objetivo de divulgar essa nova possibilidade de ensino, visando substituir os tradicionais e limitados relatórios de experimentação.

Avalia-se que numa futura edição da disciplina, pode-se optar em não divulgar previamente o trabalho com o modelo malthusiano. Dessa forma, nesse encontro apenas se forneceria os dados populacionais brasileiros de 1940 a 1991, sem indicar qual o modelo a ser utilizado. Assim, poder-se-ia ter uma diversidade maior de estratégias e modelos utilizados, podendo-se avaliar quais deles representam melhor a realidade modelada.

Em tempo, é importante esclarecer que as falas transcritas anteriormente e ocorridas durante as duas modelagens propostas (Lei de Hooke e Malthus) indicam a utilização de teoremas-em-ação pelos professores, em especial com relação a conceitos científicos e matemáticos. Todavia, cabe observar que a interação entre essas duas áreas foi tímida. Em especial quanto às áreas de Física e Matemática quando do estudo da Lei de Hooke, talvez, poder-se-ia realizar alguma inferência sobre a conclusão dos professores P_1 e P_4 quando concluem que, por encontrarem um gráfico linear, a relação entre força e alongação seria proporcional e, logo, haveria uma constante elástica para a mola. Conforme lembra Vergnaud (2017), os invariantes operatórios podem ser conscientes ou inconscientes, sendo estes últimos a sua grande maioria. No caso específico aqui tratado, quanto ao pensamento sobre as consequências daquelas situações para as suas práticas de ensino, os invariantes dos professores não foram externalizados por eles, podendo-se concluir por sua inconsciência.

Nesse sentido, acredita-se que uma atividade posterior seria solicitar aos docentes que elaborassem um plano de aula ou um conjunto deles contendo uma proposta de ensino tanto sobre a lei de Hooke modelada, bem como do crescimento

populacional brasileiro. Essa nova situação poderia levar a novas discussões, especialmente sobre quais modelos os alunos (provavelmente de Ensino Médio) possivelmente utilizariam durante esse processo. Isso poderia implicar, então, que os professores não somente buscassem resolver a tarefa indicada, mas refletissem sobre as possíveis aprendizagens de seus alunos com aquelas atividades e os caminhos a serem percorridos para tais.

Por fim, cabe analisar possíveis indícios de contribuição dos encontros à formação dos professores, mais especificamente às três categorias adaptadas de Carvalho e Gil-Pérez (2011) e elencadas nos planejamentos destas aulas. Quanto à categoria 1 (conhecer a matéria a ser ensinada) acredita-se que esses encontros tenham contribuído para a proposição de um olhar distinto ao tradicional para a relação entre as áreas do conhecimento, mais especificamente a física e a matemática. Conforme lembram esses mesmos autores, é preciso conhecer como se dá o trabalho científico.

O que se propôs nesses dois encontros, se resumido em uma pergunta, seria: a compartimentalização do conhecimento dá conta de construir os modelos que se fazem necessários? Acredita-se que nesse ponto, esses encontros tenham consistido em momentos de desafio para os professores, principalmente o primeiro, pois envolvia um experimento físico. Colabora para esse argumento, as falas descritas anteriormente nas quais as duplas assumem o objetivo de comprovar a Lei de Hooke, isto é, encontrar um resultado correto que o confirme. Tanto que, os mapas conceituais elaborados por eles, não apresentavam relações entre os conceitos físicos e matemáticos.

Não se trata, portanto, de afirmar que os professores passaram por uma mudança conceitual. Pelo contrário, os encontros consistiram em uma primeira experiência deles com esse tipo de atividade, marcada pela interação entre conceitos científicos e matemáticos. Conforme já mencionado, era esperado que os professores estariam adentrando a uma zona de risco, o que para Almeida, Silva e Vertuan (2013) é comum em atividades investigativas envolvendo modelagem. Com isso, avalia-se que o trabalho de identificação dos conceitos e relações entre matemática e física não foi central na atuação dos professores ao longo desses dois encontros. Todavia, entende-se que se tenha dado um primeiro passo nesse sentido, e por isso foram importantes os momentos de discussão no quais

professora titular e pesquisador buscaram orientá-los de modo a ampliar os modelos construídos.

Quanto à quinta categoria (saber preparar atividades), entende-se que a partir da descrição do décimo e décimo segundo encontros têm-se indícios de alguma contribuição para a reflexão dos professores sobre as suas práticas em sala de aula. Especialmente, durante o segundo destes encontros, quando da discussão em torno da possibilidade de se adotar as atividades realizadas em sala de aula na Educação Básica. Cabe retomar que Carvalho e Gil-Pérez (2011) consideram fundamental que os professores adotem um ambiente de organização e comunicação das ideias, mesmo aqueles que adotam uma linha de trabalho calcada em transmissão de ensino. O professor P_4 mencionou a modelagem não como uma estruturante da construção do conhecimento, mas como uma possibilidade motivadora, que permitisse aos alunos alguma visualização dos diferentes conceitos trabalhados em aula, isto é, a modelagem seria para esse professor um ponto de partida, em que não necessariamente o docente necessite abandonar suas práticas e saberes.

Evidentemente que, ao longo do presente trabalho, a professora titular e pesquisador empenharam-se em construir uma visão diferente da evidenciada pelo professor P_4 . Todavia, avalia-se que diante das resistências encontradas em ambientes de formação de docentes, o cenário retratado pelos professores (especialmente P_4) é, sim, um avanço, pois passa a considerar alguma possibilidade de trabalho com modelos.

Além disso, pode-se observar que as situações propostas nesses encontros foram problemáticas, isto é, geraram incertezas e os conduziram à tomada de decisão. Para Carvalho e Gil-Pérez (2011), essa característica é essencial quando se pensa em um ensino que vise à construção de conhecimentos.

No que se refere à última categoria necessária para a formação docente elencada para esses encontros (saber dirigir a atividade dos alunos), torna-se mais difícil realizar alguma inferência clara sobre possíveis contribuições. No entanto, acredita-se que alguns aspectos podem ter contribuído de alguma forma, a saber: a valorização da interação entre os professores, promoção e valorização das ideias e resultados dos professores e sua socialização e reavaliação. Durante esses encontros promoveu-se um ambiente colaborativo, de cooperação entre os professores. Observou-se que discutiram a resolução de cada uma das situações propostas nos dois encontros, inclusive havendo um auxílio maior por parte das

professores P_2 e P_3 durante o primeiro desses encontros pois possuíam formação na área de física. Além disso, buscou-se estabelecer um ambiente de trocas de experiências e valorização das ideias, procedimentos e conclusões dos professores. Destaca-se a discussão dos V elaborados por eles, bem como seus mapas conceituais. Foram nesses momentos que se pode realizar uma avaliação mais aprofundada das estratégias e resultados encontrados por cada dupla.

Com isso, entende-se que, apesar de não se poder realizar nenhuma afirmação definitiva quanto às contribuições dos encontros para essa categoria, não se vislumbra outra forma de proceder na formação continuada do professor que não seja promover um ambiente de discussão crítica, valorizando os saberes do docente. Afinal para que o professor saiba dirigir a atividade dos alunos, é necessário que a formação do professor também se dê nessa perspectiva.

5.7 ENCONTRO 13

5.7.1 Planejamento – Encontro 13

Este encontro foi dedicado à discussão em torno de dois temas: a organização curricular frente à possibilidade de uso da modelagem no ensino e da aprendizagem de ciências e matemática; e o processo de avaliação no ensino e a aprendizagem de ciências e matemática. Cabe esclarecer de antemão que se pretendia discutir estes dois temas em encontros distintos, mas devido à necessidade de reformular a disciplina decorrente de dificuldades no calendário acadêmico (feriados e greve), optou-se discutir ambos os temas em um único encontro.

Quanto ao primeiro tema, o que se buscava abordar é o espaço reservado à modelagem nas estruturas curriculares, em especial na EB, foco da disciplina. A discussão que se propunha nesse encontro não se referia somente às grades curriculares. Para falar sobre currículo é importante esclarecer que se comunga das ideias de Candau e Moreira (2007) que afirmam que o currículo corresponde às:

[...] experiências escolares que se desdobram em torno do conhecimento, em meio a relações sociais, e que contribuem para a construção das identidades de nossos/as estudantes. Currículo associa-se, assim, ao conjunto de esforços pedagógicos desenvolvidos com intenções educativas (CANDAU; MOREIRA, 2007, p. 18).

Nessa perspectiva, não se pode pensar o currículo como sendo somente a união dos conteúdos abordados pelas disciplinas escolares. A escola é um espaço social no qual diferentes sujeitos interagem com propósitos específicos. A atuação do professor na construção do currículo escolar é de suma importância. É necessário refletir constantemente sobre a organização escolar em seus diversos aspectos tais como o pedagógico, o metodológico, o cultural, o político e, sobretudo, a finalidade da educação. O que se quer dizer com isso é que a discussão do currículo pode ser um espaço de reflexão a respeito da própria prática docente do professor. Em suma, pode-se dizer que essa discussão curricular é parte fundamental na busca por uma educação de qualidade.

Julgamos que uma educação de qualidade, como a que defendemos, requer a seleção de conhecimentos relevantes, que incentivem mudanças individuais e sociais, assim como formas de organização e de distribuição dos conhecimentos escolares que possibilitem sua apreensão e sua crítica. Tais processos necessariamente implicam o diálogo com os saberes disciplinares assim como com outros saberes socialmente produzidos (CANDAU; MOREIRA, 2007, p. 21).

Com isso em mente, conclui-se que a tarefa de discutir o currículo escolar é complexa, porém apresenta grande potencial para a formação do professor e desenvolvimento de uma educação de qualidade.

Uma possível categorização para as formas de inserção da modelagem matemática nos currículos escolares é encontrada em Blum e Niss (1991). Os autores definem quatro categorias, a saber: separação, combinação, alternativa de integração curricular e alternativa interdisciplinar integrada. Como lembram Almeida, da Silva e Vertuan (2013), as duas primeiras referem-se a possibilidades tradicionais nas quais a modelagem está presente em algumas aulas, em alguns conteúdos nas diferentes séries. Todavia, as duas últimas são mais ousadas, defendem a modelagem como orientadora do processo de organização curricular.

No que se refere à discussão em torno da avaliação, ao se considerar a modelagem como uma possibilidade metodológica para a sala de aula em uma perspectiva toulminiana e da TCC, implica compreender como se dá esse processo. Acredita-se que é necessária uma avaliação contínua ao longo desse processo, afinal, conforme Vergnaud (1993, 2007, 2017), o progressivo domínio de um campo conceitual é longo e deve estar voltado à detecção dos esquemas dos alunos. Tanto

que, como já abordado anteriormente, ao analisar a noção de competência, Vergnaud (2017) não considera só o fato de um indivíduo resolver determinada tarefa, afirma que também é necessário avaliar a estratégia utilizada e a capacidade de escolher o melhor método para resolver um problema inerente à situação. Noutras palavras, pode-se dizer que se busca uma avaliação centrada no pensamento do aluno, não apenas no produto final.

Como situação *a priori* ao encontro, cada aluno deveria elaborar um V de Gowin para um artigo indicado previamente que versava sobre um dos temas tratados na aula. O encontro seria destinado, então, à discussão desses instrumentos e sobre alguns questionamentos norteadores, tais como: O que é currículo? De que formas a modelagem pode interferir no currículo escolar? A BNCC contribui para o ensino e a aprendizagem de ciências e matemática? De que formas a BNCC contribui para um ensino e uma aprendizagem por meio da modelagem? O que é avaliação? Como avaliar no processo de modelagem? Quais os desafios da avaliação na modelagem no ensino e na aprendizagem?

Esclarece-se que num primeiro planejamento se esperava também elaborar um mapa conceitual coletivo sobre esses temas, ou seja, o grupo de professores elaboraria de forma conjunta um único mapa considerando os dois temas. Todavia, conforme descrito anteriormente, necessitou-se rever esse planejamento devido à unificação das discussões em um único encontro. Por isso, esses encontros ficaram restritos à discussão dos V elaborados e dos questionamentos elencados.

Por meio desse encontro, esperava-se contribuir essencialmente para as seguintes características da formação de professores elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011):

2 – Conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo: principalmente por muitas vezes os professores terem uma visão reducionista sobre o currículo (minimizando-o às ementas das disciplinas), e sobre o conceito de avaliação quando restrito às formas de avaliação (provas, testes, trabalhos, etc.).

4 – Crítica fundamentada no ensino habitual: o que se propõe no encontro é visualizar outra forma de conceber a construção do conhecimento, não restrita a uma organização linear de conhecimentos.

7 – Saber avaliar: já que foi um dos temas centrais da discussão no encontro.

5.7.2 Relatório – Encontro 13

Como leitura prévia e para elaboração do V de Gowin, para três professores foram indicados artigos sobre o tema currículo e para os outros três sobre o tema avaliação. Cabe dizer que, devido à abrangência do tema currículo, o encontro da disciplina utilizou como estratégia delimitar a discussão em torno da criação e o estabelecimento da Base Nacional Comum Curricular⁴⁹ (BNCC).

Antes de tudo, cabe esclarecer que, por motivos diversos, neste encontro estiveram presentes apenas os professores P_1 , P_2 e P_5 . Os demais professores justificaram suas ausências previamente. Inicialmente esperava-se que as apresentações dos V dos demais professores fossem realizadas no encontro seguinte (último da disciplina). Entretanto, devido às demais atividades previstas e realizadas nesse último encontro, não foi possível realizar essas apresentações. Com isso, a análise da situação proposta aos professores ausentes nesse encontro (P_3 e P_4) ficará restrita à descrição de seus V de Gowin elaborados. A professora P_6 não realizou o V sobre o artigo a ela indicado, pois teria se dedicado unicamente à elaboração da unidade didática.

O quadro a seguir apresenta as leituras indicadas aos professores.

Quadro 14 – Texto lido por cada professor no encontro 13

(continua)

Tema	Professor que o leu	Título do trabalho	Referência
Currículo	P_5	Consensos de especialistas em educação em ciências sobre educação científica escolar no âmbito da reforma curricular da educação básica brasileira do século XXI	Piccinini, Neves e Andrade (2017)
	P_1	A Base Nacional Comum Curricular e o Ensino de Matemática: flexibilização ou engessamento do currículo escolar	Pinto (2017)
	P_6	A pesquisa em sala de aula no âmbito do ensino de Ciências: a perspectiva da BNCC do Ensino Fundamental	Ribeiro e Ramos (2017)

⁴⁹ Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf

Quadro 14 – Texto lido por cada professor no encontro 13

(conclusão)

Avaliação	P_4	Avaliação escolar: um estudo no ensino de ciências naturais e suas áreas	Dias et al. (2017).
	P_2	Avaliação em Matemática: algumas considerações	Pavanello e Nogueira (2006)
	P_3	A avaliação no Ensino de Ciências Naturais nos documentos oficiais e na literatura acadêmica: uma temática com muitas questões em aberto	Dantas, Massoni e dos Santos (2017)

Fonte: O autor

Abaixo, são descritas observações e características dos V elaborados pelos professores e ou de suas apresentações.

Professora P_1 : O V foi corretamente elaborado, apresentando e descrevendo o que é tratado em Pinto (2017). Avalia-se, portanto, que a professora P_1 apresentou avanços em elaborar esse tipo de instrumento e, dessa forma, possibilitou que comunicasse o conteúdo do artigo aos demais presentes no encontro. Ao analisar um dos princípios por ela elencados – “Políticas educacionais instituídas no Brasil, nas últimas décadas, têm se configurado em torno de ações que visam a organização sistêmica da Educação Básica” (PINTO, 2017, p. 1058) – a professora P_1 concordou com o pensamento do autor, inclusive fazendo alusão com suas vivências em projetos e programas instituídos em solo gaúcho ao longo dos últimos anos. Na visão da professora as rupturas nas políticas públicas implementadas nos distintos governos geram desconfiança por parte dos professores e alunos. Com isso, entende-se haver indícios do seguinte teorema-em-ação na fala da professora P_1 : **as políticas públicas sobre currículo devem ser planejadas para longo prazo.**

Discussões: Em seguida, discutiu-se sobre os processos de discussão e elaboração (vigentes na época da disciplina) da parte diversificada da BNCC do Ensino Médio no RS. Também se discutiu sobre o fato da Matemática consistir uma área específica nesse documento. A professora P_1 afirmou: “A gente acredita na

interdisciplinaridade. E eu tenho dificuldades de fazer isso e, gostaria de aprender a trabalhar assim (interdisciplinarmente). Mas, ao mesmo tempo, a Matemática é uma grande área e Ciências é outra área.” Com isso, compreende-se ser possível inferir que a professora P_1 apresentava uma visão mais convencional no que se refere ao papel da matemática na construção de um currículo. Isso está de acordo com outras afirmações realizadas por essa docente e apresentadas anteriormente. Além disso, também se discutiu sobre a alocação de conteúdos ao longo da formação dos alunos. Com base nas discussões aguçadas pelo artigo analisado, a professora P_1 afirmou: *“Eu cheguei até pensar essa semana: eu acho que a PA (Progressão Aritmética) e a PG (Progressão Geométrica) tem que ser trabalhadas antes até, inclusive, das funções. Porque eu tava pensando: a ideia é trazer pelo menos essa ideia de proporcionalidade e já trabalhar os juros quem sabe no Ensino Fundamental no nono ano, para começar no Médio com PA e PG. Para depois ver as relações.”* Ao final o pesquisador elogiou o V elaborado pela professora P_1 , ela afirmou que havia gostado da discussão que o artigo que analisou apresenta, disse que provavelmente o retomaria para sua pesquisa de doutoramento em andamento.

Professor P_5 : Esse professor elaborou um V para o trabalho de Piccinini, Neves e Andrade (2017). O trabalho de elaboração do V por esse professor foi correto, sendo elogiado pelo pesquisador e professora titular, conseguindo a partir dele apresentar de forma clara e sucinta o que trata o artigo analisado.

Discussões: O professor P_5 lembrou que Piccinini, Neves e Andrade (2017) afirmam que especialistas na área de Educação Científica apontaram que na primeira versão da BNCC para o Ensino Fundamental a relação entre argumentação e esquematização carece de organicidade. A partir disso, a professora P_1 recordou uma situação que havia vivenciado há pouco tempo, a saber: como articular alguns conceitos geométricos conforme indicado na BNCC do Ensino Fundamental. A professora titular lembrou que é preciso uma imersão crítica do professor nesse documento, discussão em pares e acompanhada de estudos teóricos. O professor P_5 também disse acreditar que pode haver uma preocupação exclusiva por parte de escolas e professores em “vencer” os conteúdos (diretamente ou indiretamente)

elencados nas competências e habilidades da BNCC. Para ele, a real preocupação deveria estar na aprendizagem do aluno. Por fim, o pesquisador lembrou que currículo não se restringe ao rol de conteúdos a serem trabalhados em sala de aula e, em que momento. Lembrou que é muito difícil definir o que é currículo, afinal abrange diferentes conceitos.

Professora P_2 : Essa professora debruçou-se sobre o trabalho de Pavanello e Nogueira (2006). De forma semelhante aos professores anteriores, a apresentação de seu V também permitiu compreender os principais aspectos do artigo analisado. Pesquisador e professora titular apontaram apenas que a professora poderia ter indicado no item “teorias” do seu V, os principais referenciais teóricos utilizados ao longo do artigo analisado e no item “evento” ter escrito o evento do artigo, e não o da análise por ela feita, já que mencionava apenas o próprio referencial bibliográfico mapeado. Durante a sua apresentação, a professora P_2 enfatizou que segundo Pavanello e Nogueira (2006), a avaliação em matemática está imbricada com paradigmas e concepções sobre o processo de ensinar e aprender matemática.

Discussões: Após a apresentação da professora, professora titular e pesquisador retomaram junto aos professores os principais pontos comungados por diferentes pesquisadores sobre o tema avaliação como, por exemplo, entender o erro do aluno como não sendo o final de um ciclo, mas objeto de trabalho específico do professor para construção do conhecimento.

Descrição do V da professora P_3 : Essa professora elaborou um V para o artigo de Dantas, Massoni e dos Santos (2017). O instrumento construído apresenta resumidamente o que tratam os autores. Apenas a professora não listou os itens “teorias” e “princípios”, segundo ela, pois não teria identificado no texto uma menção direta sobre quais seriam estes. Lembrou-se a professora que estes elementos não precisam ser diretamente citados pelos autores, em especial os princípios tomados ao longo daquele trabalho descrito.

Descrição do V do professor P_4 : O professor P_4 elaborou um V para o trabalho de Dias et al. (2017). O instrumento elaborado resume bem o que é tratado pelos

autores. Em especial no que se refere à constatação de que Dias et al. (2017) ao analisarem trabalhos publicados em diferentes edições do ENPEC sobre experiências de ensino de ciências, as formas de avaliação que ainda predominam são a clássica e factual.

A partir da descrição anterior pode-se claramente identificar que não se atingiu totalmente os principais objetivos das situações propostas. Não porque elas não suscitariam as discussões e reflexões que se planejavam, mas devido à ausência de metade dos professores no décimo terceiro encontro e pela falta de tempo para finalizar a atividade no encontro seguinte, que fora o último da disciplina. Cabe explicar que não se tratou de uma evasão à disciplina, os professores haviam devidamente justificado suas ausências (possuíam atividades decorrentes de suas atuações profissionais).

A partir da descrição realizada sobre esse encontro, é possível realizar uma breve avaliação sobre suas contribuições para as categorias da formação docente elencadas em seu planejamento a partir das ideias da categorização realizada por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Quanto à categoria 2 (conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo), ao longo do encontro observou-se que as discussões suscitadas pelos professores circundavam aspectos voltados aos conteúdos eleitos para cada etapa da Educação Básica, bem como um melhor ordenamento deles de trabalho em sala de aula. Com isso, acredita-se que esse fato pode ser devido a uma percepção inicial de que currículo se restrinja a esse tipo de discussão, o que não acontece, conforme discutido anteriormente. Nesse sentido, professor titular e pesquisador buscaram discutir outros aspectos referentes ao currículo. Quanto ao tema avaliação, os próprios professores esclareceram durante o encontro que não se pode reduzi-la às formas de avaliação (provas, testes, trabalhos, etc.). Inclusive, os V elaborados pro eles que tratavam sobre o tema avaliação, buscavam caracterizar a avaliação como um processo presente em todos os momentos do ensino e da aprendizagem.

Quanto à categoria 4 (crítica fundamentada no ensino habitual) não se realizou nenhuma discussão aprofundada durante o encontro em sala de aula que permitisse que os professores evidenciassem suas crenças, percepções e conhecimentos sobre os temas trabalhados. Todavia, conforme descrito anteriormente, esperava-se discutir especificamente sobre a não linearidade de

conteúdos na construção de conhecimentos. Nesse sentido, um ponto discutido, a partir das leituras sobre a BNCC do Ensino Médio, foi o papel da matemática na construção do conhecimento, principalmente a partir dos posicionamentos da professora P_1 sobre a interdisciplinaridade entre áreas do conhecimento presentes nesse documento. Tem-se o entendimento que a professora identificou dificuldades de se pensar em outras possibilidades didático-pedagógicas à medida que o documento enumera diversos conteúdos e conceitos a serem trabalhados. Nesse sentido, os professores presentes realizaram críticas sobre as limitações impostas pela organização escolar habitual, a qual desfavorece o trabalho coletivo.

No que tange à categoria 7 (saber avaliar), também devido à pouca presença no encontro, não é possível realizar inferências sobre as concepções dos professores em torno da avaliação. No entanto, considerando os princípios, teorias, resultados apresentados por eles em seus V, acredita-se ter alcançado o objetivo de abordar alguns tópicos, tais como: a necessidade de se pensar a avaliação como um processo e não isoladamente, sua intencionalidade no ensino e na aprendizagem, valorização e discussão sobre o erro.

Por fim, cabe esclarecer que, devido à ausência de metade dos professores no décimo terceiro encontro, não foi possível adentrar a discussão sobre a relação entre currículo e avaliação.

5.8 ENCONTROS 11 E 14

5.8.1 Planejamento – Encontros 11 e 14

Uma parte fundamental da disciplina consistiu na construção de unidades didáticas pelos alunos envolvendo o tema modelagem. O décimo primeiro encontro da disciplina foi constituído por uma “qualificação” das propostas referentes ao trabalho final. Cada grupo composto para a realização do trabalho apresentou o tema escolhido para a unidade didática proposta e justificou essa escolha. Portanto, não se tratava de apresentar a unidade didática em si, mas apresentar as principais ideias e um possível desenvolvimento do trabalho, de modo que os demais alunos da disciplina, a professora titular e o pesquisador pudessem realizar apontamentos, intervenções e discussões a fim de melhorar esses trabalhos.

O décimo quarto encontro consistiu na apresentação final dessas unidades, a qual se designou de “defesa”, na qual os professores deveriam, então, apontar os melhoramentos realizados, em especial àqueles indicados durante a qualificação dessas propostas. Dessa forma, optou-se por apresentar esses encontros em um mesmo subcapítulo de modo que fosse possível comparar as propostas iniciais dos professores, as sugestões da professora titular, pesquisador e demais alunos da disciplina, com suas propostas finais de unidade didáticas. Cabe esclarecer que durante esse último encontro também foram construídos pelos alunos mapas conceituais sobre o tema modelagem, mas esses serão analisados no capítulo seguinte a fim de inferir sobre o desenvolvimento individual dos professores ao longo da disciplina.

Nesse sentido, como atividade prévia aos encontros, os grupos prepararam a apresentação de suas propostas para esses encontros. A forma de apresentação foi definida por cada grupo, apenas solicitou-se que buscassem organizá-las de modo a buscar a compreensão de suas ideias e propostas pelos demais alunos, professora e pesquisador.

Além do próprio processo de construção que se objetivava atingir em cada grupo, esperava-se que estes momentos favorecessem a troca de experiências e visões, afinal, dessa forma, esperava-se colaborar para um ambiente formativo caracterizado pela colaboração, pela coletividade e pela reflexão (IMBERNÓN, 2017; NÓVOA, 1992; PERRENOUD et al., 2002).

Essa visão está de acordo com o que afirma Toulmin (1977) ao abordar a questão da disputa intelectual e seleção natural. Como dito anteriormente, o que se buscava na disciplina era promover um ambiente de discussão sobre a modelagem no ensino e na aprendizagem de ciências e matemática. Os alunos da disciplina possuíam concepções e conhecimentos prévios em relação à modelagem no ensino e na aprendizagem de ciências e matemática. Assim, era necessário contribuir para que vivenciassem uma diversidade de situações de modo a possibilitar uma seleção de ideias, conceitos e modelos, de modo a progredir no domínio desse campo (VERGNAUD, 1983, 2007, 2017).

Nesse sentido, na perspectiva toulminiana a “qualificação” das propostas para o trabalho final, representava mais um espaço/momento no qual se buscava contribuir para a seleção dos melhores conceitos inerentes ao contexto da modelagem. Objetivava-se a evolução conceitual dos alunos em relação aos

conceitos tratados. Nesse caso, o conjunto formado pelos alunos, professora e pesquisador representava a comunidade conceitual (TOULMIN, 1976). Na verdade, a qualificação não representava o único momento em que se pretendia estabelecer esse tipo de ambiente, buscava-se essa interação em todas as demais atividades realizadas ao longo da disciplina.

No que concerne às categorias elencadas para a ATD com base em Carvalho e Gil-Pérez (2011), nestes encontros esperava-se contribuir principalmente para:

1 – Conhecer a matéria a ser ensinada: as propostas dos grupos para o trabalho final necessitarão versar sobre conceitos inerentes às suas formações iniciais, ou seja, serão conceitos relativos à Matemática, Física, Química, Ciências Biológicas, etc.

5 – Saber preparar atividades: devido à própria característica do trabalho final (uma unidade didática);

6 – Saber dirigir a atividade dos alunos: os alunos da disciplina necessitarão conduzir suas apresentações de forma que seus colegas compreendam as atividades que propõem para o trabalho final. Por isso, a forma de apresentar seus trabalhos será definida pelos grupos e será objeto de avaliação por parte dos demais alunos, professora e pesquisador.

7 – Saber avaliar: os alunos necessitarão avaliar o trabalho proposto pelos seus colegas e lhes proporcionar um *feedback* adequado para que possam avançar.

8 – Utilizar a pesquisa e a inovação: as sequências necessitarão aproximar pesquisa didática e o ensino de matemática e ciências.

Cabe salientar que aos professores que estavam em exercício da docência quando da execução da disciplina orientou-se que, preferencialmente, elaborassem as unidades didáticas considerando a realidade de suas salas de aula e, se possível, que dinamizassem esse material. Dessa forma, esperava-se que as discussões fossem enriquecidas, afinal estar-se-ia considerando as realidades desses professores.

5.8.2 Relatório – Encontros 11 e 14

Nos encontros 11 e 14 foram realizadas a qualificação e defesa, respectivamente, das unidades didáticas desenvolvidas pelos professores em duplas ou individualmente. Foram duas duplas (P_1 e P_4 ; P_2 e P_3) e os professores P_5 e P_6

construíram suas sequências individualmente. A seguir realiza-se a descrição de cada trabalho em ambas as fases (qualificação e defesa).

Professores P_1 e P_4 :

QUALIFICAÇÃO: Estes professores propuseram uma sequência com quatro atividades sobre Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) que aplicariam com os alunos de oitavo e nono anos na escola de Ensino Fundamental na qual atuava a professora P_1 . Utilizaram em sua apresentação um V de Gowin elaborado sobre essa experiência e mais alguns slides (um para cada uma das atividades previstas). Esclareceram que se baseavam na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, à medida que buscavam por meio dessas atividades que os alunos construíssem novos conhecimentos, alicerçando-os sobre seus conhecimentos prévios.

As atividades que previam, nessa ordem, eram: construção de rampas com diferentes inclinações nos quais os alunos necessitariam rever conceitos já estudados como ângulo, figuras geométricas planas e teorema de Pitágoras; deslocamento de um carrinho (ou outro objeto) nas rampas e realização de questionamentos por escrito aos alunos como em quê inclinação o carrinho percorreria a trajetória da rampa mais rapidamente e como realizar a medição desse tempo; atividade prática fazendo uso de lançamento oblíquo por meio de chute a gol filmado e posterior análise com o auxílio do *software* Tracker; a última atividade previa algum tipo de lançamento oblíquo o qual ainda não haviam definido.

Os professores P_1 e P_4 esclareceram durante sua fala e, também, no V construído por eles que objetivavam por meio de suas atividades que os alunos realizassem “*a transposição de conhecimento prévio de equações para relacionar variáveis de comportamento linear e quadrático*”. Em tempo, os professores mencionaram que a cada atividade previram alguns questionamentos com o intuito de que os alunos avaliassem os resultados encontrados.

Em suas avaliações e pareceres sobre a proposta desses professores, pesquisador e professora titular elogiaram a proposta, afinal partia de uma possibilidade de modelagem envolvendo as áreas de Física e Matemática. Afirmaram que visualizavam na proposta as atividades características da modelagem descritas por Bassanezi (2014).

O pesquisador questionou os professores sobre quais conceitos Físicos estariam presentes nessas atividades e quais conceitos esperavam que seus alunos aprendessem com elas. Os professores responderam que necessitavam ampliar a sua sequência buscando “*identificar esses conceitos e trabalhá-los mais*”. Os demais professores presentes indicaram que poderiam pensar em conceitos como velocidade, velocidade média e aceleração. Professora titular indicou que os professores revissem sua proposta de modo a evidenciar aos alunos os conceitos matemáticos e científicos e as relações entre eles. Dessa forma, entende-se que um teorema-em-ação elegível aos professores ao se confrontarem com essa situação poderia ser assim resumido: **A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos**. É importante notar que, com essa afirmação, indica-se não haver clareza por parte dos professores sobre como esses conceitos estariam relacionados, afinal, conforme a própria indicação da professora titular e do pesquisador, isso não fora evidenciado pela dupla de professores.

Por fim, a professora titular lembrou que planejar as atividades por aulas, especificando individualmente seus objetivos, poderia auxiliar os professores nesse processo.

DEFESA: Os professores aperfeiçoaram a unidade didática proposta por eles. Para a defesa, utilizaram *slides* que sintetizavam a proposta por eles apresentada em um documento que, além de reunir quatro atividades de modelagem planejadas ao longo de sete períodos de aula, propunha reflexões de ordem teórica sobre a modelagem, o ensino de ciências e matemática e aprendizagem significativa. Além disso, optaram por organizar cada encontro de acordo com os 3 Momentos Pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). De imediato, foi possível perceber que a proposta dos professores estava melhor organizada e clara em relação à apresentada anteriormente. O planejamento das atividades de modelagem fora organizado em planos de aula, o que tornou possível identificar a intencionalidade dos professores para com cada atividade e aula planejadas.

Inicialmente, os professores P_1 e P_4 esclareceram que adotaram como estratégia aplicar as atividades de modelagem com alunos do curso de Licenciatura em Matemática do professor P_4 na instituição em que atuava. A proposta de unidade didática apresentada pelos professores já continha modificações com relação às atividades planejadas com os alunos desse curso superior. Ele avaliou que: “No

Ensino Superior foi muito bom, porque como eu trabalho com Laboratório de Ensino de Matemática, eles adoraram muito as experiências. Fizeram, usaram o Tracker, resolveram bastante as atividades, buscando relacionar o movimento físico, realmente com o que eles encontraram de dados no gráfico.” Porém, o próprio professor P_4 verificou que seus alunos apresentaram dificuldades com esse tipo de proposta: *“Em termos de análise de matemática em relação ao experimento houve, com certeza, algumas, algumas lacunas que eles ainda trazem. Algumas dificuldades em analisar entre o movimento na prática e na análise ali do gráfico”*. Entende-se que essa dificuldade relatada pelo professor P_4 com seus alunos é natural e, como já mencionado anteriormente, devida à não aproximação da sala de aula com atividades de investigação, especialmente a modelagem. Além disso, esse relato não soa diferente à própria análise em construção nessa tese, quando se avaliam os professores da disciplina.

Durante a apresentação, a professora P_1 esclareceu que, com base na experiência realizada com os licenciandos, construíram a unidade para seus alunos de oitavo e nono anos do Ensino Fundamental (essa dinamização ocorreria a partir da semana seguinte ao encontro final da disciplina). A ideia central era utilizar os conhecimentos prévios desses alunos sobre equações de primeiro e segundo graus, relacioná-los com conceitos físicos presentes nos experimentos e, também de funções (especialmente a ideia de variável). Com isso, percebe-se um avanço na proposta desses professores, afinal uma das principais recomendações do pesquisador e professora titular durante a qualificação foi, justamente, que organizassem a unidade didática de modo que o objetivo principal fosse a compreensão das relações entre os conceitos físicos e matemáticos por parte dos alunos para os quais seria aplicada.

Resumidamente, as atividades propostas na unidade didática apresentada pelos professores são, em ordem, as seguintes:

- A primeira atividade (compreendendo um período de aula) consistiria numa palestra/conversa com alunos via videoconferência com o professor P_4 e mais um docente da área de Física (colega de instituição de P_4) e, ao final, os alunos deveriam construir um mapa conceitual ou mental sobre o tema movimento. Também seria proposta a leitura e discussão de textos

envolvendo os conceitos de velocidade escalar, rampa inclinada e deslocamento de uma partícula.

- A segunda atividade envolveria dois períodos de aula e previa a realização de um experimento sobre o movimento de uma partícula em um líquido, mais especificamente buscavam medir a velocidade de diferentes gotas de água em uma garrafa contendo óleo de cozinha. Esse experimento seria filmado e, posteriormente, analisado com o auxílio do *software* Tracker. Para tanto os professores elaboraram um roteiro básico de passos a realizar e um conjunto de perguntas que os alunos deveriam responder à medida que realizassem o experimento. Durante a apresentação da unidade, a professora P_1 esclareceu que o objetivo principal seria que os alunos associassem a função do primeiro grau encontrada no Tracker com MRU.
- Na terceira atividade composta por dois períodos de aula, seria realizado o experimento da rampa inclinada. O professor P_4 havia realizado o experimento com seus alunos utilizando dois cabos de vassouras e objetos esféricos. Também envolveria filmagem do experimento e análise do vídeo com o Tracker. O objetivo da atividade residia que os alunos associassem o conceito de função quadrática com MRUV. De forma semelhante à atividade anterior, também elaboraram um roteiro prévio e algumas questões a serem respondidas pelos alunos sobre o experimento e suas conclusões.
- A última atividade seria composta de 2 períodos de aula e do tipo expositiva-dialogada. Num momento inicial a professora P_1 iria propor uma formalização sobre as definições de função afim e quadrática e, em seguida, propor atividades diversas.

É importante mencionar que como avaliação de cada atividade, os professores P_1 e P_4 propunham observar a participação dos alunos nas tarefas e discussões propostas.

Durante as discussões sobre a unidade didática, a professora titular sugeriu que os professores registrassem os dados produzidos pelos alunos (falas, cálculos, respostas, etc.), haja vista que haviam mencionado que pretendiam publicar os resultados dessa experiência na forma de artigo em algum periódico ou anais de evento. O pesquisador elogiou a proposta dos professores, lembrando que, desde o

início de sua elaboração, buscaram relacionar matemática e física, mesmo que, por vezes, descrentes dos resultados possíveis de se atingir. A professora P_1 afirmou que, de fato, via **a modelagem como um caminho para a interdisciplinaridade**, o que se entende ser um teorema-em-ação enunciado por ela. Cabe dizer, que essa professora lembrou que sua descrença na modelagem como uma possibilidade didática para as etapas do Ensino Fundamental se dava em função de não visualizar atividades nesse sentido. Com isso, avalia-se que seja importante numa próxima edição da disciplina construir alguma possibilidade de atividade que contemple séries iniciais ou finais do Ensino Fundamental.

Cabe registrar que a proposta final dos professores previa uma interação entre os conceitos físicos e matemáticos. Dessa forma, pensando na relação entre esses conceitos, na defesa atribuiu-se aos professores P_1 e P_4 o teorema-em-ação: **A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos que interagem, uma vez que se trata de uma atividade interdisciplinar.**

A professora titular questionou os professores quais possíveis subsunçores⁵⁰ que faltariam aos alunos para a realização das atividades propostas. P_1 e P_4 responderam que seriam conhecimentos da área de Física, afinal a disciplina de Ciências presente no EF até a oitava série é voltada unicamente à área de Biologia. A professora P_2 sugeriu rever e adaptar as questões propostas na unidade didática que recorriam diretamente ao conhecimento de algum conhecimento físico específico. Professora titular sugeriu que os professores poderiam acrescentar algum organizador prévio⁵¹ à primeira atividade caso os alunos não tivessem os subsunçores esperados. Esse organizador prévio poderia, por exemplo, ser algum vídeo. Já o pesquisador afirmou que as próprias atividades planejadas pela dupla de professores lhe pareciam possuir a característica de organizadores prévios, afinal buscavam a consolidação de conhecimentos iniciais, básicos e que seriam necessários para o aprofundamento dos conceitos tratados.

Além disso, P_1 disse que convidaria a professora da disciplina de Ciências de sua escola (que teria assumido esse posto há poucos dias) para participar da

⁵⁰ Na Teoria da Aprendizagem Significativa, subsunçores são conhecimentos prévios sobre os quais o aluno constrói novos conhecimentos. Apresentam-se na forma de conceitos, ideias, proposições, premissas, leis, teoremas, propriedades, imagens etc. relevantes para a nova aprendizagem (AUSUBEL, 2003).

⁵¹ Organizadores prévios são definidos por Ausubel (1980) como atividades ou situações facilitadoras, capazes de prover de subsunçores a estrutura cognitiva do aluno para a aprendizagem de novos conhecimentos.

atividade. Pesquisador e professora titular vibraram com essa possibilidade, afirmando que essa atitude poderá auxiliar no desenvolvimento das atividades previstas e oportunizar uma visão ampla por parte dos alunos sobre os conceitos tratados na proposta elaborada.

Por fim, cabe avaliar a proposta final apresentada pelos professores P_1 e P_4 com base na classificação apresentada por Barbosa (2009) ao analisar o papel da matemática na educação científica, conforme descrito anteriormente. Considera-se que essa unidade didática, apresenta predominantemente características do primeiro caso, quando o modelo matemático é utilizado como justificativa para a apresentação de novos conceitos. Essa conclusão se deve principalmente pela preocupação dos professores com relação aos conhecimentos prévios dos alunos. No entanto, cabe considerar também que, de acordo com a condução dessa unidade didática em sala de aula, os professores podem atingir características presentes no terceiro caso definido pelo autor, caso ofereçam conceitos e estruturas matemáticas para a explicação dos conceitos físicos presentes nas investigações previstas (BARBOSA, 2009).

Professoras P_2 e P_3 :

QUALIFICAÇÃO: As professoras P_2 e P_3 elaboraram uma proposta com tema a “Alimentação Saudável e Obesidade” que seria voltado a alunos de primeiro ano do Ensino Médio e com duração prevista de três horas-aula. Em suma, inicialmente previam que os alunos anotassem em um quadro impresso numa folha de papel os tipos de alimentos e quantidades consumidos por cada um. Em um segundo momento, no laboratório de informática, a partir de pesquisa sobre o valor calórico de cada um desses alimentos, acrescentariam uma coluna a esse quadro com a quantidade de calorias consumida por cada nas refeições ao longo de um dia. Em seguida, propunham que em grupos os estudantes respondessem questões sobre alimentação saudável e consumo calórico adequado. Então, buscariam informações com um profissional da área da Saúde sobre o Índice de Massa Corpórea (IMC), em especial como calculá-lo e, depois disso, cada aluno obteria o seu IMC. Por fim, previam a realização de uma atividade de avaliação que poderia ser um mapa conceitual.

Professora titular e pesquisador afirmaram considerar que a ideia de se trabalhar com o tema alimentação saudável e, então, aprofundar o estudo em torno do conceito de caloria parecia interessante. Pontuaram que as atividades propostas pelas professoras estavam organizadas na forma de um roteiro com questões que, em geral, não requeriam a construção de um modelo explicativo por parte do aluno. Em especial, no que se refere ao IMC, as próprias professoras já o apontavam em sua proposta como um modelo e o informariam ao aluno, ou seja, não estimulando uma busca ou investigação pelo discente.

A professora titular também lembrou que outra forma de ampliação do trabalho proposto pelas professoras seria propor atividades que explorassem o conceito de caloria no âmbito da área de Física. Afinal, o foco proposto pelas professoras em sua proposta era estritamente nutricional, com alguns vínculos com as áreas da Química e da Matemática. Quanto a essa última, o pesquisador também sugeriu que a condução da atividade enfatizasse o “porquê daquela fórmula” que caracteriza o IMC. Por tudo isso, entende-se que o teorema-em-ação que reflete a ideia de modelagem presente nesta primeira versão da unidade didática pode ser resumido em: **Trabalhos temáticos contextualizados podem conter modelos matemáticos apresentados pelo professor**. Salienta-se que as professoras P_2 e P_3 não evidenciaram nessa proposta inicial os conceitos científicos a serem tratados. Na verdade, a proposta surge a partir de atividades que envolvem o tema da saúde alimentar, o qual fora previamente definido.

Por fim, a professora P_6 apontou que ao se propor que os alunos calculassem seus próprios IMC, isso poderia causar algum tipo de constrangimento, à medida que alguns provavelmente não se encontrariam num índice considerado adequado. Assim, sugeriu que a proposta incorporasse ao menos alguma discussão sobre essas circunstâncias.

DEFESA: Nesse segundo momento, as professoras P_2 e P_3 ampliaram a proposta inicial, inclusive dobrando número de períodos previstos para seis horas-aula. Também, descreveram os objetivos de sua proposta, mantendo com tema a discussão em torno da alimentação e suas implicações para a saúde. Em suma, a proposta final estava estruturada nas seguintes atividades:

- Num primeiro momento os alunos elaborariam um mapa conceitual sobre o tema alimentação saudável, com o intuito de verificar as concepções iniciais desses discentes.
- Em seguida, mantiveram as atividades de elaboração de tabela sobre as calorias ingeridas por cada aluno em um dia, conforme já haviam previsto na qualificação.
- Após, promoveriam uma investigação por parte do aluno em torno de questões previamente elaboradas pelas docentes sobre padrões de beleza e implicações para a saúde alimentar, características de uma alimentação saudável, formas para produção de alimentos saudáveis na região da escola, “peso” ideal (massa corpórea). Além disso, construiriam um modelo de pirâmide alimentar considerando a realidade na qual estariam inseridos os alunos.
- Em seguida, os alunos elaborariam um quadro contendo as alturas e massas de cada aluno. A partir disso, questionariam os alunos como encontrar o IMC e qual a relação entre as grandezas matemáticas envolvidas.
- Em seguida, seria calculado o IMC de cada aluno e feito um estudo histórico sobre como e por que esse índice foi definido.
- Na última atividade os estudantes realizariam um estudo sobre a saúde da comunidade, no qual buscariam informações como peso e altura em relatórios ou documentos como, por exemplo, de um Posto de Saúde local. Ainda previam uma campanha de informação sobre os resultados, buscando dialogar sobre as relações entre alimentação e saúde.

Durante a apresentação da proposta, as professoras P_2 e P_3 esclareceram que também haviam pensado em um mapa conceitual ao final da disciplina, com o intuito de avaliar a aprendizagem dos alunos. Além disso, disseram que, apesar de não terem especificado em sua proposta, haviam se inspirado na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Como sugestões, a professora titular mencionou que não trataria especificamente sobre padrão de beleza, em contrapartida discutiria sobre padrão de saúde, isto é, questionar os alunos sobre o que é uma vida saudável. As professoras pontuaram que vislumbravam diversas possibilidades de trabalho

juntamente com outras disciplinas (como Educação Física, Ciências Biológicas, etc.), o que dependeria da organização escolar, bem como da disponibilidade dos professores dessas áreas, afinal tratava-se de unidade didática idealizada, pois as professoras não se encontravam em exercício da profissão naquele momento.

O pesquisador enfatizou que vislumbrava um avanço das professoras, quando comparadas as propostas da qualificação e defesa. Mais especificamente, que na proposta final, as professoras realizaram um desenho de dois momentos de construção de modelos por parte dos alunos, a saber: elaboração de pirâmides alimentares e investigação sobre a saúde alimentar da população local. Quanto a essa investigação, o pesquisador enfatizou que esse trabalho poderia ser realizado em grupos de alunos, que analisariam diferentes dados, de populações (amostras) diferentes, o que poderia ampliar os conceitos matemáticos envolvidos e suas relações com os demais conceitos científicos abordados.

Dessa forma, com o intuito de identificar a ideia de modelagem presente na unidade didática final, atribuiu-se às professoras P_2 e P_3 o teorema-em-ação a seguir: **Trabalhos temáticos contextualizados podem conter atividades de investigação e construção de modelos pelos discentes.** É importante registrar desde já, que se trata de um avanço, pois quando se comparado o teorema evidenciado a partir da qualificação da proposta com este da defesa, verifica-se neste último a presença do conceito-em-ação de investigação e de modelo construído pelo aluno.

No que se refere a classificar a unidade didática em sua versão final proposta pelas professoras P_2 e P_3 com base nos casos elencados por Barbosa (2009), entende-se que em relação ao principal modelo abordado no planejamento das aulas – o IMC, como este é apresentado aos alunos, sem que haja uma relação explícita das variáveis que o compõem, enquadra-se no segundo caso, no qual o modelo é apresentado como definição. Evidentemente que, com as atividades de elaboração de pirâmide alimentar e de investigação de sobre a saúde alimentar de uma determinada população, a unidade didática poderá alcançar um maior nível de interação entre áreas científicas e a matemática.

Professor P_5 :

QUALIFICAÇÃO: A proposta apresentada pelo professor P_5 era voltada a uma das turmas nas quais atuava naquele momento, um terceiro ano do Ensino Médio, e totalizava 12 horas-aula. Consistia em uma modelagem sobre o processo de geração de energia elétrica com a queima de biomassa, haja vista que em sua cidade (na qual também estava localizada a escola em que atua) havia uma empresa de beneficiamento de arroz e que também possuía uma usina termelétrica de biomassa produtora de energia elétrica a partir da queima da casca desse cereal. Dessa forma seu objetivo residia em “*modelar matemática e cientificamente, a partir dos dados coletados, a quantidade de matéria necessária e a quantidade de energia produzida na empresa e como ela é utilizada*”. Para tanto, previa realizar os seguintes passos: leituras e estudos sobre a produção de energia renovável a partir de biomassa; visita à termelétrica; modelagem em sala de aula a partir dos dados coletados; elaboração em grupos de um relatório sobre o fenômeno estudado com posterior socialização com os demais alunos e professores.

Após a apresentação do professor P_5 , professora titular e pesquisador destacaram que se tratava de uma interessante proposta, em especial no que se referia ao tema tratado e por abranger uma realidade local daqueles alunos. Além disso, questionaram o professor se seria possível ampliar a proposta de modo a abarcar mais disciplinas e professores. O professor respondeu que sim, porém necessitaria consultar seus colegas docentes sobre essa possibilidade.

Com base na descrição anterior, entende-se que a visão de modelagem presente na proposta inicial do professor P_5 apoiava-se no seguinte teorema-emação: **O aluno pode construir diferentes modelos matemáticos e científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente.**

DEFESA: Para o momento final de apresentação da sua proposta, o professor P_5 manteve a ideia central e estrutura básica já apresentada anteriormente. Adicionalmente, fundamentou-a a partir do contexto da cidade em que seria desenvolvida, na perspectiva de visão de modelagem matemática de Almeida (2002), de interdisciplinaridade conforme Japiassu (1976) e como possível colaboração para competências e habilidades elencadas pela nova BNCC do Ensino Médio. Durante a sua apresentação, o professor mencionou que algumas questões

poderiam surgir durante a modelagem envolvendo conceitos geométricos, citando o formato dos silos de armazenamento do arroz (cilindro e cone), de caminhões que realizam seu transporte (paralelepípedo), e também questões relacionadas à capacidade e demanda de matéria-prima para o processo de geração de energia a partir dessa biomassa. O caráter interdisciplinar foi assim descrito pelo professor P_5 : *“Eu coloquei a ideia de Japiassu, que ele fala que a interdisciplinaridade se caracteriza pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de interação real das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa. Então, é isso que eles vão estar fazendo (alunos): desenvolvendo um projeto de pesquisa. Horas eles vão precisar da Física, horas eles vão precisar da Química, horas da História. Vão ter que trocar com esses professores, vão ter que dialogar.”* Por fim, disse que já havia apresentado sua proposta à escola e fora aprovada para que fosse aplicada ainda em 2019 ou no ano seguinte⁵².

O pesquisador elogiou a proposta elaborada pelo professor P_5 , pois incorporara várias discussões realizadas durante a disciplina, em especial em relação à interdisciplinaridade. Como sugestão, indicou a importância de uma aplicação-piloto, com o intuito de verificar quais ideias, dados e modelos seriam provavelmente fornecidos pela empresa ou levantados em domínios públicos, afinal seriam determinantes para as possibilidades de modelagem que os alunos iriam realizar. A professora titular acrescentou que, por meio de uma experiência piloto, também poderia vislumbrar outras possibilidades de trabalho, inclusive fortalecendo o seu caráter interdisciplinar. A professora P_2 sugeriu também abordar a questão ambiental e social quanto ao tema biomassa.

É importante mencionar que se avalia que a proposta final apresentada pelo professor P_5 se tratava de um projeto de ensino. O professor não havia estabelecido um roteiro fixo de atividades a serem realizadas, na verdade apenas a temática era definida *a priori* pelo docente, a saber: a queima de arroz como geração de energia de biomassa.

No que se refere à ideia de modelagem utilizada para elaborar sua segunda versão de unidade didática, é refletida no seguinte teorema-em-ação: **O aluno pode construir de forma interdisciplinar diferentes modelos matemáticos e**

⁵² Em contato realizado em janeiro de 2021 com o professor P_5 , afirmou que havia planejado executar sua proposta no ano de 2020, porém, devido à pandemia de Sars-CoV-2, adiou-a. Disse que pensava nessa proposta como um projeto inicial de doutoramento que pretende realizar em breve.

científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente. Em relação ao teorema-em-ação atribuído ao professor no momento de qualificação de sua proposta, este último apresenta um avanço à medida que inclui um viés interdisciplinar.

Entende-se que essa proposta poderia atender ao terceiro caso de possibilidade de uso da modelagem matemática na educação científica conforme definido por Barbosa (2009), o qual é caracterizado pela matemática como estruturante do conhecimento científico. Outro ponto importante para essa constatação, é que a unidade didática propõe um trabalho interdisciplinar, incluindo profissionais docentes de outras áreas do conhecimento, o que possibilitaria a construção de modelos marcada pela interação entre conceitos científicos e matemáticos. Por isso, avalia-se que essa proposta tenha incorporado as principais discussões realizadas no decorrer da disciplina.

Professora P_6 :

QUALIFICAÇÃO: A professora P_6 propôs uma sequência de atividades sobre o tema Educação Financeira, com enfoque no planejamento doméstico. Ela esclareceu logo no início de sua apresentação ter escolhido este tema, pois já havia abordado-o em sua dissertação. A nova proposta era destinada a alunos de nono ano do Ensino Fundamental, mas também poderia ser aplicada na etapa seguinte. Previa uma duração de oito horas-aula não contínuas, distribuídas ao longo de alguns meses, obedecendo as seguintes etapas:

- Individualmente, cada aluno identificaria a renda familiar e elaboraria uma planilha de gastos e receitas. Com isso observaria a existência de superávit ou déficit e possíveis cortes de gastos.
- Escrutínio das contas de água e luz da família, calculando médias e construindo gráficos para algum intervalo de tempo.
- Cálculo de percentuais como as taxas relativas a custos fixos e variáveis. Elaboração de tabelas e gráficos com os resultados para a sua apresentação.
- Avaliação a partir de dois questionamentos: Qual participação do aluno no planejamento doméstico? Isso foi importante?

Em suas avaliações sobre a proposta apresentada, professora titular e pesquisador avaliaram que, apesar da relevância do tema escolhido pela professora P_6 , carecia de algumas características fundamentais do processo de modelagem. Em especial, alertaram a professora que as atividades que propunha não implicavam em uma construção de um modelo. Além disso, avaliaram que a proposta necessitaria especificar com maior clareza os conceitos matemáticos bem como as suas relações com conceitos de outras áreas, que poderiam ser de ordem socioeconômica, afinal entendiam que havia uma evidente preocupação da professora P_6 em discutir criticamente questões financeiras relativas ao cotidiano do aluno. Também apontaram que as atividades planejadas poderiam causar constrangimento aos alunos quando necessitassem divulgar as rendas familiares perante seus colegas. Por fim, pontuaram que necessitaria pensar a avaliação do processo de modelagem em si, ou seja, como os alunos avaliariam a validade de seus modelos construídos.

Dessa forma, no que tange à ideia de modelagem presente nessa primeira proposta, atribuiu-se à professora P_6 o seguinte teorema-em-ação: **Na modelagem matemática o aluno necessita pesquisar dados**. Em sua apresentação, a professora P_6 enfatizou que esse processo de obtenção de dados era característico da modelagem matemática. Isso de fato ocorre, porém não é suficiente para caracterizar a construção de modelos, haja vista a presença de outras atividades na modelagem matemática, conforme descrito por Bassanezi (2014). Portanto, acredita-se que a tarefa de elaborar essa primeira proposta didática havia demonstrado algumas lacunas sobre o entendimento da professora em relação à modelagem, e por isso, a avaliação da professora titular e do pesquisador buscou desestabilizar a sua estrutura cognitiva de modo que buscasse ampliar seus invariantes operatórios quanto a essa situação específica. Noutras palavras, não que a professora não houvesse construído invariantes operatórios até então, na verdade não havia conseguido (re)estruturá-los de modo a resolver a situação presente.

DEFESA: Para esse segundo momento, a professora P_6 organizou uma nova sequência de atividades, a qual agora objetivava “revelar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conceito econômico de inflação e modelar o cálculo de inflação sobre o custo da cesta básica” (Professora P_6). Fundamentou teoricamente a sua

proposta com base nas etapas da modelagem matemática elencadas por Dionísio Burak, observando princípios da Educação Financeira Crítica e para a elaboração do material didático fundamentou-se em pressupostos sugeridos por Muniz Júnior (2016). Previa, agora, 12 horas-aula distribuídas ao longo de três meses da realização do projeto. A proposta era estruturada em três etapas, cuja descrição resume-se a seguir:

- Na primeira etapa questionaria por escrito os alunos sobre o que é a inflação e também solicitaria que os alunos fizessem o mesmo questionamento a seus familiares e depois socializassem suas impressões. Então, em sala de aula, seriam pesquisados, assistidos e debatidos vídeos e ou documentários sobre esse tema.
- Um segundo momento envolveria assistir e debater um documentário específico sobre o período de hiperinflação no Brasil, buscando estabelecer relações com um momento recente (em 2018) conhecido como Greve dos Caminhoneiros.
- A terceira etapa iniciaria com um estudo prévio sobre os itens que compõe a cesta básica de alimentos no Brasil. Com isso, os alunos pesquisariam em um supermercado local e registrariam em tabela os valores desses itens num período de três meses. Utilizariam conceitos como porcentagem, média e gráficos para analisar a variação percentual dessa cesta básica ao longo do tempo e, por fim, os alunos deveriam apresentar um modelo para o cálculo da inflação e apresentariam e discutiriam seus resultados aos colegas de turma.

Cabe ressaltar que a professora P_6 afirmou durante sua apresentação que a avaliação da modelagem estaria focada em identificar a compreensão dos alunos a partir de um viés interdisciplinar. Especialmente no que se refere ao modelo que representa a inflação, citando a expressão:

$$I = \frac{C_o}{C_f} - 1 \quad (120)$$

onde C_o é o custo inicial e C_f o custo final de um produto. Cabe esclarecer que, em sua apresentação, a professora mencionou que não buscava apresentar a equação

aos alunos, mas que os próprios compreendessem “como calcular a inflação”, isto é, compreendessem que se trata do índice que registra o aumento dos preços de produtos e serviços.

Em sua avaliação, o pesquisador considerou que esta segunda proposta representava uma avanço considerável da professora, afinal visava à construção de modelos pelos seus estudantes, em especial no que se referia à terceira etapa, mas sem prejuízo das etapas anteriores, afinal compunham uma unidade didática como um todo. Além disso, afirmou que a proposta envolvia basicamente modelagem matemática e uma tentativa inicial da professora em estabelecer algumas relações com aspectos sociais e históricos. A professora concordou com essa observação e acrescentou: *“Eu tive muito medo, assim. Eu conseguia, eu sabia o que eu queria, mas não conseguia colocar no papel, entendia o conceito, mas não conseguia fazer a conexão daquilo que eu já tinha feito”*.

A partir desse relato da professora, e devido à evolução de sua proposta em relação ao momento de qualificação, pode-se dizer que a professora P_6 necessitou arriscar-se em propor uma nova possibilidade de ensinar por meio da modelagem, ou seja, poder-se-ia dizer que as discussões e apontamentos realizados anteriormente desestabilizaram sua zona de conforto (ALMEIDA, SILVA, VERTUAN, 2013; BORBA, PENTEADO, 2010). Inclusive, a própria professora P_6 viria a confirmar essa impressão durante a entrevista realizada após o término da disciplina, o que será objeto de discussão no capítulo seguinte.

Nesse sentido, entende-se que o teorema-em-ação a seguir reflete a visão de modelagem da professora P_6 na sua unidade didática defendida: **Na modelagem o aluno necessita pesquisar dados em um contexto, construir um modelo e avaliá-lo**. Pode-se, desde já, verificar que há uma evolução em relação à visão apresentada em sua proposta inicial durante a qualificação. Isso ocorre, essencialmente, porque a professora propôs um caminho de investigação ao aluno, no qual necessitaria responder um problema mais amplo, cujo contexto seria amplamente debatido inicialmente. Chama-se atenção que a professora ainda não havia explicitado amplamente os conceitos científicos que seriam explorados na unidade didática, na verdade propunha algumas relações entre o conceito de inflação com aspectos socioeconômicos e históricos (em especial a época de hiperinflação). Não obstante, entende-se que a proposta continha diversas relações científicas que poderiam ser potencializadas, tanto que as principais sugestões de

melhoria da professora titular e do pesquisador foram nesse sentido, conforme relatado anteriormente.

No que tange a avaliar a proposta final apresentada pela professora P_6 quanto aos modelos definidos por Barbosa (2009). Entende-se que possa ser classificada como uma justificativa (primeiro caso) à medida que o modelo matemático é utilizado para justificar um novo conceito (inflação) e que há um processo de obtenção desse modelo, isto é, ele não é simplesmente apresentado ao aluno, na verdade as atividades propostas buscam contextualizar a obtenção desse modelo.

A partir da descrição das unidades didáticas elaboradas pelos professores, parte-se para a avaliação de suas possíveis contribuições às categorias definidas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) elencadas para esse encontro.

Quanto a categoria 1 (conhecer a matéria a ser ensinada), observou-se que os professores empenharam-se em propor situações envolvendo conceitos matemáticos. Também buscaram estabelecer relações conceituais com outras áreas o conhecimento. Isso aconteceu em diferentes graus. A proposta dos professores P_1 e P_4 evidenciou essas relações de forma clara. A proposta do professor P_5 provavelmente lhe permitirá estabelecer diferentes relações, afinal, conforme descrito anteriormente, propunha atividades de pesquisa envolvendo essencialmente conhecimentos das áreas de Física, História, Química e Biologia. As atividades planejadas pelas professoras P_2 e P_3 poderiam possibilitar estabelecer uma visão ampla sobre alguns conceitos característicos das áreas de Física, Química e Matemática e, ainda, promover discussões em torno do tema alimentação saudável. O trabalho proposto pela professora P_6 previa estudar um conceito não usual na Educação Básica (inflação) e discutir suas implicações históricas e sociais no cotidiano dos alunos.

Portanto, pode-se dizer que os professores objetivaram em suas unidades didáticas reorganizar conceitos matemáticos em busca de uma compreensão ampla. Dessa forma, pensando nas subcategorias elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) acredita-se que esses encontros contribuíram no conhecimento dos professores à matéria a ser ensinada à medida que: as atividades que propunham buscavam se aproximar do trabalho científico (com hipóteses, experimentos, erros, aproximações, avaliação, etc.); empreendiam em relacionar conhecimentos de diferentes áreas; selecionaram conteúdos que se acredita que poderiam despertar o

interesse discente; previram possíveis dúvidas que os estudantes poderiam ter quando da implementação das atividades.

Quanto à categoria 5 – saber preparar atividades – identificaram-se aspectos destacados por Carvalho e Gil-Pérez (2011) ao longo das unidades e sua apresentação pelos professores, a saber: elaboração de situações considerando os conhecimentos prévios dos alunos (ou atividades iniciais com o intuito de identificá-los); proposição de atividades nas quais o aluno necessita produzir algum tipo de produto e socializá-lo com colegas e professor; abordagem essencialmente construtivista, incluindo alguma tomada de decisão e definição de hipóteses por parte do aluno.

No que tange à sexta categoria, entende-se que os encontros proporcionaram alguma contribuição de modo que os professores refletissem sobre a condução de seus alunos quando fossem aplicar aquelas atividades que propunham. Para Carvalho e Gil-Pérez, em uma visão construtivista, uma característica fundamental do ensino é a pesquisa dirigida. No caso presente, entende-se que os professores caminharam nessa perspectiva devido a dois fatores. O primeiro se refere à apresentação das unidades. Tanto no momento de qualificação como na defesa, os demais professores, pesquisador e professora titular buscavam evidenciar características, atividades e situações que necessitariam de condução específica do professor em sala. Como exemplo disso, pode-se citar o apontamento da necessidade de acompanhamento e avaliação constante pelo professor das ideias, cálculos, soluções e demais encaminhamentos propostos pelos alunos durante a modelagem. Um segundo fator se refere que todas as propostas apresentadas visavam à formação de grupos de alunos e trabalho em equipe, ou seja, os professores se mostraram preocupados que suas aulas fossem calcadas na interação entre os próprios alunos e também entre docente e alunos.

Os encontros também possibilitaram discutir sobre a avaliação (categoria 7) durante os processos de modelagem propostos pelos professores. Isso aconteceu a partir da análise criteriosa de cada proposta pelos demais professores, pesquisador e professora titular, bem como no que se refere à própria previsão das formas e instrumentos de avaliação que seriam adotados quando de uma possível dinamização das unidades didáticas. Quanto à avaliação presente nas unidades didáticas, observam-se as seguintes características: acompanhamento constante do professor nas atividades realizadas pelos alunos; ampliação de critérios e formas de

avaliação; busca por processos não calcados em simples memorização. Essas características levam a crer que os encontros tenham contribuído para uma compreensão ampla do processo de avaliação, especialmente porque apontam para uma perspectiva de intervenção do professor que contribua para a superação das dificuldades encontradas pelos alunos ao longo da modelagem (BIEMBENGUT, HEIN, 2011).

Acredita-se que os encontros também contribuíram para a utilização da pesquisa e inovação no ensino de matemática e ciências (categoria 8). Para Carvalho e Gil-Pérez (2011) a pesquisa didática deve fazer parte do trabalho docente e, assim, a sua formação deve primar por uma aproximação do professor com o mundo da pesquisa em Educação. Nesse tocante, as unidades didáticas buscaram incorporar aspectos relevantes de algumas áreas e ou linhas de pesquisa didática, a saber: uso de TIC no ensino de ciências e matemática (uso de planilhas eletrônicas e *software* Tracker); atividades de cunho interdisciplinar; trabalho com temáticas não usuais no ensino tradicional, tais como alimentação saudável, planejamento financeiro familiar e produção de energia elétrica por biomassa.

Cabe salientar que o processo de construção das unidades didáticas foi importante para a evolução dos professores durante a disciplina, principalmente porque não se tratou apenas de um produto final. Sua organização em qualificação e defesa possibilitou discussões entre os professores, pesquisador e professora titular, o que no momento final refletiu-se em propostas melhoradas em relação às iniciais. Nesse sentido, entende-se que se caminhou em direção à construção de uma práxis pedagógica conforme defendido por Tardif (2002), a qual valorizou as dimensões teórica e prática.

As discussões realizadas após cada apresentação (qualificação e defesa) das unidades representam trocas e partilhas de saberes dos professores (NÓVOA, 1992). Evidentemente que, com isso, não se está a dizer que as propostas apresentadas na defesa sejam finais e acabadas. Provavelmente quando aplicadas em sala de aula, necessitarão adaptações, reavaliações e ajustes para outras edições com base nessas primeiras experiências. O que se buscou estabelecer junto aos professores foi um ambiente de construção coletiva de possibilidades didáticas com o uso de modelagem para a sala de aula.

Ainda com relação à evolução das atividades elaboradas pelos professores nos momentos de qualificação e defesa, destaca-se especialmente dois fatores: a

proposição de situações e o acompanhamento do professor previstos nas unidades em busca de construção de modelos pelo aluno e em promover relações entre ciência e matemática. Isso posto, infere-se que possa ter havido uma conceitualização por parte dos professores em relação ao conceito de modelo, afinal conforme Vergnaud (2007) esse processo envolve a identificação de propriedades, relações e transformações presentes nos objetos do mundo. Poder-se-ia dizer que as discussões e sugestões compartilhadas no momento da qualificação aparentemente implicaram em alguma ruptura de modo que a compreensão dos professores sobre a modelagem tenha avançado.

Por tudo isso, ao fim da descrição dos encontros da disciplina, acredita-se que a disciplina tenha alcançado seu principal objetivo: estabelecer um ambiente de discussão e construção de possibilidades de trabalho e pesquisa didática para a sala de aula. No entanto, entende-se ser fundamental retomar uma análise individualizada dos professores ao longo do desenvolvimento das situações propostas nos encontros da disciplina, acrescentando os resultados dos mapas conceituais construídos e apresentados no último encontro e as entrevistas realizadas após o término da disciplina. É o que segue no próximo capítulo.

6 ANÁLISES DOS RESULTADOS

O presente trabalho tem entre seus objetivos investigar o processo de evolução das relações conceituais no contexto da modelagem, num ambiente de formação de professores em nível de Pós-Graduação. Para isso, além da descrição dos resultados encontrados em cada encontro da disciplina construída e dinamizada no PPGECQVS da UFSM, previu-se investigar as suas contribuições para a evolução de conceitos inerentes à relação entre modelagens científica e matemática nos alunos participantes. Dessa forma, buscou-se identificar rupturas e continuidades na estrutura cognitiva do docente em relação aos conceitos abordados (VERGNAUD, 1983, 2007).

Como estratégia optou-se por retomar a análise dos teoremas-em-ação atribuídos para cada professor, suas concepções iniciais, mapas conceituais sobre o tema modelagem elaborados no primeiro e último encontros, respostas ao questionário final da disciplina (respondido previamente ao último encontro e disponível no Apêndice I), transcrição da entrevista realizada após algumas semanas posteriormente ao término da disciplina. Cabe esclarecer, que após o momento de análise individual dos professores, a critério de conclusão, retomar-se-ão alguns pontos gerais sobre a disciplina destacados pelos professores em suas respostas ao questionário final e entrevista.

Quanto à análise dos mapas conceituais finais elaborados pelos professores sobre a modelagem, quando possível, compararam-se com os mapas que construíram no primeiro encontro (as professoras P_2 e P_6 não estavam presentes e não construíram esse primeiro mapa).

A seguir, são realizadas as análises sobre a evolução conceitual individual de cada docente em formação continuada em torno da modelagem ao longo da disciplina. Logo após, retoma-se a descrição da evolução das compreensões da disciplina como um todo, isto é, trata-se de uma análise das rupturas e continuidades geradas durante o seu desenvolvimento.

6.1 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_1

Inicialmente, retomar-se-ão no quadro a seguir as afirmações apontadas como teoremas-em-ação e utilizados pela professora P_1 por encontro na disciplina desenvolvida.

Quadro 15 – Teoremas-em-ação da professora P_1

Encontro	Teoremas-em-ação
Encontro 2	A evolução conceitual de um aluno (indivíduo) é possível ser observada quando se analisa um grande período de tempo.
	A ciência possui característica evolutiva.
Encontro 3	Para que uma atividade possa ser considerada interdisciplinar é necessário que haja trabalho conjunto de diferentes disciplinas (e, portanto, mais de um professor).
Encontro 5	A matemática também tem que se aproximar das demais áreas.
	É preciso romper com o ensino tradicional, mesmo que em sua formação o professor tenha convivido apenas com este.
Encontro 6	É muito difícil realizar atividades de modelagem do caso 3 (Barbosa, 2014), porque os alunos não têm “maturidade” para isso.
Encontro 7	O material e as atividades construídas pelo professor são determinantes para o envolvimento do aluno e uma aprendizagem crítica.
	Uma atividade de modelagem em sala de aula envolve um alto grau de incerteza, porque podem ocorrer diferentes situações e encaminhamentos.
Encontro 11	A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos.
Encontro 12	A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.
Encontro 13	As políticas públicas sobre currículo devem ser planejadas para longo prazo.
Encontro 14	A modelagem como um caminho para a interdisciplinaridade.
	A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos que interagem, uma vez que se trata de uma atividade interdisciplinar.

Fonte: O autor

Entende-se que, em geral, os teoremas-em-ação anotados à professora P_1 evidenciam uma percepção teórica correta em relação a diferentes aspectos tratados ao longo da disciplina. Chama atenção a afirmação destacada no sexto encontro sobre uma possível imaturidade de alunos para atividades de modelagem que demandam maior papel destes, principalmente em definir o que seria modelado. Cabe dizer que, por vezes, essa professora mostrou certa “resistência” em optar por atividades com maior abertura, isto é, com menor controle docente sobre a atividade dos alunos. Justificou esse receio devido a suas experiências e vivências em sala de aula. Conforme lembram Borba e Penteado (2010) é necessário buscar investir em desestabilizar a zona de conforto do professor, porém tendo o cuidado de que essa ruptura não seja drástica, pois poderia, nesse caso, implicar num reforço para a manutenção de suas formas tradicionais de ensinar. Ao se considerar o teorema-em-ação destacado no décimo segundo encontro, no qual alerta que o trabalho com modelagem deva ser progressivo de modo a não incapacitar cognitivamente o aluno, avalia-se, justamente, que a professora avançara sobre seu próprio entendimento em relação ao uso da modelagem, afinal admitira alguma possibilidade de trabalho nessa perspectiva. Ainda, pode-se acrescentar a esse argumento de conceitualização da modelagem, os teoremas-em-ação destacados nos encontros décimo primeiro e décimo quarto, respectivos aos momentos de qualificação e defesa da unidade didática, pois também representam avanços no entendimento quanto ao uso da modelagem em sala de aula. Com isso, acredita-se que os teoremas-em-ação representam indícios da ocorrência de rupturas cognitivas na professora que não tenham sido nem demasiadas, tampouco ineficientes.

Outro fator de análise reside no mapa conceitual final elaborado pela professora P_1 (Anexo O) e compará-lo com seu mapa inicial (Anexo B) sobre o a modelagem. Destacam-se alguns aspectos importantes sobre os mapas inicial e final elaborados pela professora P_1 , a saber: maior número de conceitos e relações presentes no último mapa; presença da modelagem nas ciências e matemática no último mapa, sendo que no primeiro era apenas considerada a modelagem matemática; a experimentação ligada apenas à modelagem científica. Chama atenção que no mapa final a professora elaborou a relação “Ensino de ciência e matemática → experimentação → validação do conhecimento científico”. Acredita-se que essa ideia da sala de aula se utilizar dos experimentos para validar o conhecimento científico esteja associada a uma visão de cunho absolutista,

conforme definição apresentada por Toulmin (1977) e discutido anteriormente. Todavia, considerando a unidade didática construída pela professora P_1 e pelo professor P_4 , verifica-se que apresentava características de maior abertura, na verdade pode-se dizer que fora construída numa perspectiva construtivista, principalmente, pois, após as sugestões apresentadas na qualificação, esses professores conseguiram incorporar em sua proposta momentos de reflexão dos alunos diante das atividades previstas, constituindo uma ideia de pesquisa dirigida.

Entende-se que ao final da disciplina a professora P_1 encontrava-se em um processo de desestabilização. Uma evidência disso encontra-se na sua resposta transcrita a seguir sobre os pontos positivos e negativos da disciplina no questionário aplicado ao final da disciplina.

Professora P_1 : Com as leituras e discussões feitas na disciplina só vieram a confirmar o que pensava sobre modelagem matemática. Acredito que modelagem Matemática seja uma metodologia muito interessante para o ensino de matemática. Porém não consigo vê-la de forma tão efetiva. Acredito que no Ensino Médio e no Ensino Superior ela seja muito relevante, principalmente pelo fato de podermos trabalhar a interdisciplinaridade. Quanto ao Ensino Fundamental tenho muitos receios, pois acredito que exige muito conhecimento prévio do aluno e, neste período eles ainda não tem maturidade para a tomada de decisões que as atividades exigem. Uma das coisas que me chamam a atenção é o fato de pouca publicação com atividades feitas neste período escolar. Mas tenho refletido que, talvez seja no Ensino Fundamental a oportunidade de introduzir atividades do caso 1 e 2 que o Barbosa apresenta e também para se trabalhar de forma interdisciplinar.

Ao mesmo tempo em que, a professora reafirma sua concepção inicial em não acreditar na modelagem como uma possibilidade para alunos de Ensino Fundamental, diz crer que poderiam ser elaborados processos de modelagem nos quais o professor possui uma atuação mais central - dois primeiros casos apresentados por Barbosa (2009) – e a partir de um viés interdisciplinar. Nesse sentido, é interessante analisar a percepção dessa professora após experimentar sua unidade didática com seus alunos. O trecho destacado a seguir é parte de sua avaliação dessa experiência durante a entrevista realizada após o término da disciplina.

Professora P_1 : Ela não é fácil de trabalhar. Porque ela traz bastante insegurança. Eu fiz atividades agora, há pouco tempo, e realmente, assim, eu sou “macaca velha” e senti bastante angústia. Porque, não no sentido do que vai acontecer ali, mas tu

ficas insegura quando vai fazer algo diferente. Talvez seja esse um dos motivos. A minha insegurança também era em relação a estar dentro da Física, talvez seja esse o problema. Mas, não acho que seja algo corriqueiro, assim que dê para fazer todos os dias, por exemplo, em todos os assuntos. Mas eu acho, assim, pela experiência que eu tive agora, eu ainda continuo achando que ela não funciona tão bem no Ensino Fundamental. Porém, ela é bem interessante, assim, eu achei que as crianças ficaram bem motivadas, de trabalhar com experimento, de estar fazendo coisas que eles também não conheceram, não conheciam. E a ideia é trazer de vez em quando, só que acho, assim, pelo que a gente falou, e leu, a ideia que se tem, ela é aquele tipo de metodologia que tu não vê, assim, no que tu vai chegar, tu podes trazer outros conceitos, outros conteúdos no meio. E eu, assim, particularmente não gosto muito disso, acho que tu tem que ter uma linha, chegar em alguma coisa. Como a atividade foi montada, a nossa, o objetivo era trabalhar os movimentos e trazer isso na matemática. E, nesse sentido, eu fiz e está dando certo. Tanto é que, agora eu estou falando um pouco de função e todo o conhecimento que eu trouxe das funções foi com questões de Física. Eu nem falei, assim, em atividades mais tradicionais de função. Estou mais dentro da Física mesmo.

A fala da professora evidencia suas angústias em assumir os riscos de novas possibilidades didáticas em sua sala de aula, em especial por envolver conceitos da área de Física, que não lhe eram habituais. Todavia, seu relato aponta para bons resultados para com seus alunos, o que parece ter lhe proporcionado certa segurança em continuar a trabalhar de forma contextualizada. Do ponto de vista da TCC, essa avaliação da professora P_1 indica que as situações propostas ao longo da disciplina possibilitaram-lhe avanços e retrocessos em relação à modelagem. Entende-se que a desestabilização da professora P_1 ao final da disciplina se dava devido a rupturas e continuidades do contexto da modelagem estimuladas ao longo da disciplina. A própria leitura e estudo da professora sobre a perspectiva de modelagem apresentada por Jonei Barbosa pode ter contribuído nessa desestabilização. Conforme indicado na análise do mapa conceitual construído por ela no sexto encontro, para o pesquisador a modelagem é entendida em um ambiente de aprendizagem. Porém, como pode ser notado na fala acima transcrita, a professora ainda tratava a modelagem numa perspectiva metodológica.

Com isso, não se pode pensar que tenha consolidado conceitos inerentes ao contexto da modelagem. Moreira (2002) lembra que no ensino as rupturas são necessárias à conceitualização, porém não em demasia. Cabe lembrar que esse processo é demorado, se estende ao longo de anos. Dessa forma, entende-se que as situações propostas na disciplina proporcionaram momentos de reflexões da

professora P_1 que, se continuadas ao longo de sua formação, podem contribuir para uma consolidação de conceitos inerentes ao contexto da modelagem.

6.2 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_2

O quadro a seguir apresenta as afirmações apontadas como teoremas-em-ação utilizados pela professora P_2 por encontro na disciplina desenvolvida.

Quadro 16 – Teoremas-em-ação da professora P_2

Encontro	Teoremas-em-ação
Encontro 2	A ciência possui característica evolutiva.
Encontro 3	Um ensino pautado somente na disciplinaridade não é suficiente.
Encontro 4	Trabalhar com modelagem em sala de aula exige de o professor sair de sua zona de conforto.
	Na modelagem, a construção do conhecimento é cíclica e continuada.
	A modelagem pode ser uma ferramenta para ensinar e aprender desde que promova a contextualização.
	Existe também uma zona de conforto do aluno e, assim, muitas vezes não se envolve com atividades que não sejam as tradicionais.
Encontro 5	A Matemática na Física não se resume a fórmulas.
	É preciso romper com o ensino tradicional, mesmo que em sua formação o professor tenha convivido apenas com este.
Encontro 6	Os temas ou situações a serem modelados não necessariamente precisam ser escolhidos a partir do interesse dos alunos, podem também ser previamente definidos pelo professor.
Encontro 7	Na modelagem é necessário pensar no erro, porque envolve medições e suposições.
Encontro 11	Trabalhos temáticos contextualizados podem conter modelos matemáticos apresentados pelo professor.
Encontro 12	A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.
Encontro 14	Trabalhos temáticos contextualizados podem conter atividades de investigação e construção de modelos pelos discentes.

Fonte: O autor

Os teoremas-em-ação elencados em geral contém afirmações que vão ao encontro de resultados teóricos discutidos em sala de aula. Nesse sentido, avalia-se que as situações propostas possibilitaram reflexões que provavelmente contribuíram para a conceitualização do contexto da modelagem. Também chama atenção o modo como a professora entende que a modelagem deve ser implementada em sala de aula. Isso pode ser inferido a partir dos teoremas destacados no sexto e décimo segundo encontros, isto é, de forma criteriosa e progressiva, podendo o professor definir os temas ou situações a serem modelados. De forma semelhante à professora P_1 , vislumbra-se que há uma preocupação da professora P_2 em registrar que, pela modelagem proporcionar uma não controle pleno das situações que poderão ocorrer em sala de aula, apresenta uma visão cautelosa sobre o seu uso.

Outro ponto importante se refere ao posicionamento teórico da professora em relação à natureza do conhecimento científico, em especial sobre a Física e a Matemática. Como já dito, buscou-se organizar a disciplina de modo a contemplar tanto discussões a partir de situações de cunho teórico e outras predominantemente de ordem prática. Essa lembrança é necessária, pois quando a partir da análise da unidade didática elaborada pela professora P_2 (juntamente com P_3) no momento de qualificação, avaliou-se que a proposta não evidenciava a contento relações entre as áreas científicas envolvidas e a Matemática. Todavia, conforme descrito no capítulo anterior, a partir das sugestões e críticas, a unidade didática reformulada para o momento final de defesa previu relações entre a área científica e a Matemática.

Colabora para essa percepção a resposta da professora durante a entrevista quando perguntada se a disciplina influenciou ou influenciaria de algum modo em sua prática didática. Sua resposta foi:

Professora P_2 : Eu acho que sim. Eu acredito que sim porque, principalmente as atividades mais práticas, eu tinha algumas práticas, mais voltado dentro da modelagem matemática e algumas coisas eu também já tinha feito, mas sem ter o embasamento teórico que era a modelagem científica. A parte da temática de alimentação que eu já tinha com turma de EJA, quando eu tinha turmas na escola, mas eu não tinha embasamento teórico. Então, a disciplina ajuda também a tu fazer uma fundamentação, e de acordo...

Com isso, entende-se que as práticas mencionadas pela professora, em especial os momentos envolvendo experimentações e a própria elaboração de material didático, favoreceram o estabelecimento de um ambiente crítico no qual os professores

necessitaram refletir sobre sua práxis. Acredita-se, portanto, ter caminhado em direção a valorizar ao longo da trajetória profissional do professor aspectos acadêmicos, técnicos e práticos nos diversos ambientes, fortalecendo relações de cooperação entre os próprios docentes e toda a comunidade escolar (IMBERNÓN, 2017).

Quando se analisa o mapa conceitual sobre modelagem elaborado pela professora no último encontro⁵³ (Anexo P), observam-se alguns aspectos: relação dupla entre as modelagens científica e matemática (a professora indicou que elas são “ligadas”); experimentação relacionada apenas à modelagem científica; existência dos processos de simplificação, delimitação, aproximação e representação na modelagem; busca em modelar situações do cotidiano; no ensino a modelagem busca desenvolver criticidade, motivação, aplicabilidade e conhecimento; a matematização na modelagem matemática se dá através de conhecimentos abstratos.

Dessas relações elencadas, chamam atenção duas delas. A primeira, também identificada no mapa da professora P_1 , as experimentações estão ligadas unicamente à modelagem científica, sem estabelecer nenhuma relação com a modelagem matemática. Entende-se que em edições futuras a disciplina deverá explorar relações do processo de experimentação com a matemática. Além disso, para a professora a matematização se dá através de conhecimentos abstratos e, por isso, acredita-se que também deverá ser enfatizada a construção desses conhecimentos por meio da própria modelagem. O que se quer dizer é que essas constatações indicam a necessidade de se pensar em situações que possam romper com essa visão (VERGNAUD, 1993, 2017).

Por fim, entende-se que, conforme antecipado na descrição dos encontros, a professora P_2 poderia, talvez, ter ampliado ainda mais seus invariantes operatórios, se tivesse resolvidas as tarefas em conjunto com um professor de matemática. No entanto, a partir da reformulação da unidade didática considerando aspectos sugeridos na qualificação, pode-se dizer que a professora avançou em estabelecer algumas possíveis relações entre a Física e a Matemática. Com isso, é importante destacar que, mesmo o aluno que realiza mais de uma graduação (licenciatura) como Física e Matemática, como no caso da professora P_2 , isto não é garantia de

⁵³ A professora não estava presente no primeiro encontro, portanto não é possível comparar com um mapa inicial.

que irá conseguir estabelecer conexões entre essas áreas por si só. E daí a importância de se trabalhar continuamente no sentido de oportunizar espaços e ambientes nos quais os professores possam construir essas conexões.

6.3 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_3

Primeiramente, organizam-se no quadro a seguir os teoremas-em-ação associadas à professora P_3 ao longo da disciplina.

Quadro 17 – Teoremas-em-ação da professora P_3

Encontro	Teoremas-em-ação
Encontro 2	A ciência possui característica evolutiva.
Encontro 3	Um ensino pautado somente na disciplinaridade não é suficiente.
	A interdisciplinaridade como uma ação coordenada marcada pela interação (negociação) entre diferentes disciplinas.
Encontro 5	É preciso romper com o ensino tradicional, mesmo que em sua formação o professor tenha convivido apenas com este.
Encontro 6	Os temas ou situações a serem modelados não necessariamente precisam ser escolhidos a partir do interesse dos alunos, podem também ser previamente definidos pelo professor.
Encontro 11	Trabalhos temáticos contextualizados podem conter modelos matemáticos apresentados pelo professor.
Encontro 12	A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.
Encontro 14	Trabalhos temáticos contextualizados podem conter atividades de investigação e construção de modelos pelos discentes.

Fonte: O autor

Em geral, os teoremas atribuídos à professora também têm origem de atividades de ordem teórica. Nesse sentido, avalia-se que contemplaram as principais discussões realizadas em sala de aula. Quando se analisam os teoremas destacados nos encontros seis e doze, de forma semelhante às duas professoras anteriormente analisadas (P_1 e P_2), pode-se inferir que há uma preocupação em como a modelagem pode ser trabalhada em sala de aula (gradual e com tema provocado pelo docente). Também se destacam os teoremas atribuídos a essa professora ao longo dos encontros onze e catorze, relativos aos momentos de qualificação e defesa, respectivamente. Conforme já apontado, a professora P_3 (juntamente com P_2) avançou quando se analisam as duas ideias presentes em cada uma dessas afirmações. Em especial, destaca-se a evolução quanto à ideia de construção de modelos pelo indivíduo (aluno) presente na última proposta por elas apresentada, haja vista que a professora titular e o pesquisador haviam identificado a ausência dessa ideia no trabalho apresentado pelas professoras no momento de qualificação.

Ao se estudar os mapas conceituais construídos pela professora P_3 no primeiro e último encontros (Anexos C e Q, respectivamente), verifica-se o incremento de relações neste último, em especial no que se refere à presença de ambas as modelagens, porém sem uma relação específica entre elas e, conseqüentemente, uma palavra ligando-as. Além disso, observa-se que à modelagem matemática estão relacionados diversos conceitos, no entanto à modelagem científica a professora relacionou apenas dois conceitos. Esse fato se mostra interessante, à medida que a formação básica da professora é na área de Física e, se esperava que construísse um maior número de relações para a área científica. Uma possível explicação para isso pode residir no fato de que a professora cursava o curso de Licenciatura em Matemática naquele momento. Na entrevista após a disciplina, ao ser questionada sobre possíveis influências da disciplina em sua prática docente, mencionou que:

Professora P_3 : Com certeza! E eu estou finalizando o curso de Matemática, minha formação é na área da Física. Então, na área da Matemática que eu acredito que vai ser bem mais útil do que na área da Física. Embora, a gente aplique muita modelagem na Física, eu acho que na Matemática a gente aplica mais. Então, pra minha formação na área da Matemática, com certeza, está auxiliando bastante, auxiliou muito a disciplina.

Entende-se que, naquele momento, a professora P_3 empenhou-se em aprofundar seu entendimento sobre a modelagem matemática devido a seu interesse nessa área do conhecimento. Cabe esclarecer que, quando questionada durante a mesma entrevista sobre a relação entre as duas modelagens, afirmou entender a modelagem científica como ampla que a modelagem matemática, envolvendo inclusive diversas áreas. Além disso, seu mapa evidencia uma preocupação de natureza teórica, afinal cita diferentes perspectivas para a modelagem matemática e suas etapas propostas por cada.

Com isso, conclui-se que a professora P_3 preocupou-se em assentar suas respostas e, em especial, seu mapa conceitual em resultados teóricos. Compreende-se que isso pode ser um primeiro passo em direção a uma consolidação de seu processo formativo em relação à modelagem, no qual será importante investir em mais situações de cunho prático, tais como o planejamento, desenvolvimento e avaliações de propostas para a sala de aula.

Por fim, constata-se que a professora P_3 em alguns momentos da disciplina não se manifestou de forma recorrente durante as discussões promovidas. O trecho a seguir, extraído de uma resposta ao questionário final da disciplina, colabora para essa avaliação:

Professora P_3 : Eu me esforcei ao máximo para compreender o assunto que é um pouco complexo num primeiro momento. De negativo, deveria participar mais nas discussões.

Não se trata de que não tenha refletido sobre os temas e situações propostos. Na verdade, a professora não expôs suas ideias e visões ao longo da disciplina, provavelmente por uma questão de perfil. Isso dificultou a identificação de teoremas-em-ação ao longo da descrição das aulas. Todavia, os indícios encontrados e apontados durante a descrição dos encontros da disciplina indicam que a professora buscou estabelecer relações entre ciência e matemática e, no caso da unidade didática, fê-lo partir de um tema mais amplo, que envolvia diferentes áreas do conhecimento. Avalia-se que a professora buscou fundamentar sua proposta a partir de uma perspectiva interdisciplinar, estabelecendo relações entre conceitos dessas disciplinas. Isso pode representar uma interessante alternativa pedagógica à sua disposição se for objeto de investigação e reflexão durante sua formação continuada.

6.4 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DO PROFESSOR P_4

Como ponto de partida para a análise da evolução do professor P_4 ao longo da disciplina, retomar-se-ão no quadro a seguir as afirmações apontadas como teoremas-em-ação e utilizados por ele em cada encontro.

Quadro 18 – Teoremas-em-ação do professor P_4

Encontro	Teoremas-em-ação
Encontro 2	A ciência possui característica evolutiva.
Encontro 3	Um ensino pautado somente na disciplinaridade não é suficiente.
Encontro 4	A modelagem pode ser uma ferramenta para ensinar e aprender desde que promova a contextualização.
	A modelagem pode ser uma interessante metodologia de ensino, mas é preciso considerar as peculiaridades dos alunos
Encontro 5	É necessário que os alunos construam a matemática existente nos modelos científicos.
	É preciso romper com o ensino tradicional, mesmo que em sua formação o professor tenha convivido apenas com este.
Encontro 7	Uma atividade de modelagem em sala de aula envolve um alto grau de incerteza, porque podem ocorrer diferentes situações e encaminhamentos.
Encontro 8	Além das situações teóricas, são necessárias práticas na formação inicial do professor de matemática.
Encontro 10	O experimento como uma comprovação do fenômeno físico.
Encontro 11	A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos.
Encontro 12	A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.
Encontro 14	A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos que interagem, uma vez que se trata de uma atividade interdisciplinar.

Fonte: O autor

Também no caso do professor P_4 , foi elencado um rol de teoremas que refletem os principais pontos abordados ao longo da disciplina. Salienta-se que esse professor é um formador de professores, haja vista que atua em cursos de licenciatura em sua instituição. Nesse sentido, o segundo teorema-em-ação destacado no quinto encontro, o do oitavo encontro e, principalmente o do décimo segundo encontro, indicam que estava refletindo sobre a sua própria atuação enquanto formador. Tanto que, durante os encontros em vários momentos problematizou situações vivenciadas por ele durante a sua trajetória com seus licenciandos. Essa constatação é importante, porque conforme Bortoni-Ricardo (2008) aponta o desenvolvimento de características de um professor pesquisador, isto é, para uma busca de aperfeiçoamento, de superação de suas próprias deficiências, abertura a novas ideias e estratégias.

Outro aspecto relevante, e já apontado quando da análise evolutiva da professora P_1 afinal realizaram o trabalho final em conjunto, são os teoremas-em-ação destacados durante a sua qualificação e defesa (encontros 11 e 14, respectivamente). Esses teoremas apontam um avanço desses professores em organizar atividades de modelagem, especialmente no que tange à presença de interação entre os conceitos científicos e matemáticos na proposta final.

Há ainda que se destacar que também se encontrou um avanço no entendimento do professor sobre o papel do experimento na modelagem. No décimo encontro atribuiu-se ao professor uma perspectiva de comprovação da ciência por meio do experimento, o que é uma visão limitada de seu papel na construção do conhecimento científico e matemático. Em contrapartida, na proposta final os experimentos propostos não tinham mais o objetivo de comprovar teorias ou relações conceituais, mas sim de construí-las junto aos alunos.

No que se refere à comparação entre os mapas conceituais inicial e final sobre modelagem elaborados por P_4 (Anexos D e R, respectivamente), percebe-se um maior número de conceitos neste último. Além disso, observa-se que no último mapa, o professor elencou os principais conceitos trabalhados ao longo da disciplina, apontando para diversas relações entre eles. Destaca-se a relação hierárquica entre as modelagens científica e matemática, na qual aponta que a primeira abrange a segunda.

De uma forma geral, considerando o mapa e a apresentação da unidade didática elaborada para o décimo quarto encontro, poder-se-ia resumir as principais

ideias expressas da seguinte forma: “a modelagem científica abrange a modelagem matemática, a qual pode utilizar-se de mapas e V de Gowin para promover a aprendizagem significativa do conhecimento científico de forma interdisciplinar”. Pode-se dizer que essas ideias estão refletidas na unidade didática proposta por ele (em conjunto com a professora P_1), afinal buscaram elaborar atividades envolvendo experimentos e, assim, construir relações entre conceitos físicos e matemáticos. Desta forma, entende-se que houve um avanço significativo do professor P_4 em relação ao tema tratado ao longo da disciplina, o que é resultante do empenho cognitivo desse professor ao longo da disciplina, como é apontado por ele mesmo ao responder sobre seu desempenho no questionário final, conforme transcrito a seguir:

Professor P_4 : Busquei sempre dedicar bastante atenção à disciplina, sempre na tentativa de assimilar os ensinamentos que estavam sendo desenvolvidos. Busquei compreender os conceitos que estavam sendo trabalhados me dedicando nos debates e nas atividades propostas. Minha maior dificuldade se encontrava na distância o que me impossibilitou algumas vezes de realizar a aula presencialmente, porém a participação via web também foi facilidade pelos professores.

O envolvimento do professor com as atividades propostas não se restringiu às situações propostas na disciplina. Conforme seu relato durante a entrevista após o encerramento da disciplina, afirmou que buscou desenvolver atividades envolvendo modelagem junto a seus alunos (licenciandos em matemática), como pode ser observado no trecho transcrito abaixo:

Professor P_4 : Para mim, meu ponto de vista: para mim ela contribuiu muito. Porque ela era uma forma de trabalhar que eu já vinha pensando há tempo. Inserir nos meus laboratórios, que eu tenho as disciplinas de Laboratório de Ensino de Matemática e eu há tempos vinha pensando numa forma de inserir nesses laboratórios práticas de ensino. E as práticas de ensino que a gente traz da formação inicial nossa, no meu caso são aquelas práticas corriqueiras que a gente já está acostumado, que são uso de jogos didáticos, criação de material manipulável, e aquelas coisas que se tornam, assim, corriqueiras e o aluno em qualquer formação continuada, que ele faça, ele vê. Inclusive em depoimentos, como eu trabalho com o PIBID, os pibidianos fazem muito isso. Então se torna uma prática muito repetitiva para eles ter que trabalhar isso em quatro disciplinas de laboratório. Então, essa tua disciplina, ela veio a calhar muito, nesse sentido de novas formas, novos métodos de ensino para que eu transformasse esses laboratórios. Então essa questão da modelagem científica usando outras áreas do conhecimento como a Física, a Química e a Biologia, no nosso caso ali, somente a Física, eu achei muito válida por

isso e pretendo, como já te falei, fazer parcerias com vocês⁵⁴ para a gente dar continuidade isso aqui, principalmente nos laboratórios e formação de professores.

Nesse sentido, conclui-se que as situações propostas na disciplina possibilitaram ao professor P_4 refletir sobre a modelagem como uma possibilidade pedagógica para a sala de aula. Parafraseando Perrenoud et al. (2002, p. 47) poder-se-ia dizer a disciplina colaborou para uma prática reflexiva do professor P_4 à medida que suscitou uma análise minuciosa, organizada, instrumentalizada e com efeitos gerados, que, no caso presente, foram as práticas desenvolvidas pelo professor na formação docente de seus alunos de graduação.

6.5 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DO PROFESSOR P_5

Inicialmente, retomar-se-ão os teoremas-em-ação atribuídos ao professor P_5 durante a disciplina, os quais são reunidos no quadro seguinte.

Quadro 19 – Teoremas-em-ação do professor P_5

(continua)

Encontro	Teoremas-em-ação
Encontro 2	O professor também evolui conceitualmente quanto ao seu entendimento sobre ciência e aprendizagem.
	A ciência possui característica evolutiva.
Encontro 3	Um ensino pautado somente na disciplinaridade não é suficiente.
Encontro 4	Um modelo pode ser representado pela matemática ou “outros meios”.
Encontro 7	A avaliação deve estar presente em todas as etapas da modelagem.
	Não existem “modelos corretos, mas sim adequados”.
Encontro 11	O aluno pode construir diferentes modelos matemáticos e científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente.

⁵⁴ No segundo semestre de 2019, a convite do professor P_4 , professora titular e pesquisador realizaram atividades de formação com professores da instituição na qual P_4 trabalhava e com professores da rede pública daquela região, os quais eram participantes de um projeto de extensão desenvolvido por P_4 .

Quadro 19 – Teoremas-em-ação do professor P_5

(conclusão)

Encontro 12	A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.
Encontro 14	O aluno pode construir de forma interdisciplinar diferentes modelos matemáticos e científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente.

Fonte: O autor

De forma semelhante aos professores anteriormente analisados, os teoremas-em-ação de P_5 também se referem aos conhecimentos centrais discutidos durante a disciplina. Avalia-se que isso indica que buscou empenhar-se cognitivamente nas discussões e assuntos tratados durante os encontros. Conforme já anunciado anteriormente, quanto aos teoremas dos momentos de qualificação e defesa de sua unidade didática (encontros 11 e 14, respectivamente), entende-se que ocorreu um avanço no que tange à presença de uma perspectiva interdisciplinar nesse último. Além disso, cabe apontar que se trata de um teorema amplo, que recorre aos conceitos-em-ação de construção de modelos, modelagens científica e matemática, interdisciplinaridade e investigação. Considerando essas avaliações, infere-se que a disciplina possa ter contribuído para uma visão ampla do professor em relação à modelagem.

Salienta-se que, quando perguntado sobre a relação entre as modelagens durante a entrevista, o professor P_5 indicou que ele ampliou seu próprio entendimento sobre a modelagem. Os trechos transcritos da entrevista desse professor, evidenciam essa avaliação.

Professor P_5 : A modelagem matemática aprimorou, foi lendo, vendo outros autores e a prática de fazer os Diagramas V, mapas conceituais, ajuda a gente a entender melhor como funciona. A modelagem matemática então eu vejo agora mais como um processo em que os alunos, uma metodologia de ensino talvez, em que os alunos participam e criam a obtenção de um modelo. Podendo ser esse modelo que descreve qualquer representação da realidade.

[...] A modelagem científica eu vejo ali, eu entendia a modelagem científica como também um processo em que eles não tinham conhecimento e através da modelagem científica eles vão utilizando ou de modelos prontos ou desenvolvem

alguma teoria ou testam algumas hipóteses, podendo utilizar matemática ou não, podendo utilizar tecnologia ou não.

[...] já era um pressuposto da modelagem matemática: trabalhar não somente problemas matemáticos, mas com a ideia da modelagem científica isso torna mais presente. Por exemplo, quando a gente fez o problema da Lei de Hooke, parecia só da Física envolvida ali, só os problemas da mola enfim. Mas daí pôde-se trabalhar muita matemática em cima disso, como a função afim, proporção e todas aquelas questões que surgiram pelo olhar do professor de matemática, mas o problema era essencialmente das Ciências. Então você pode trabalhar muita matemática quando se aborda um problema das Ciências. Então, acho que isso ajuda muito para o professor e também para a parte da interação com outras disciplinas, com outros professores, que acaba caindo na interdisciplinaridade.

Ao comparar os mapas conceituais inicial e final do professor P_5 (Anexos E e S, respectivamente), identifica-se que no último o professor evidenciou a relação entre as modelagens científica e matemática. Conforme descrito anteriormente, esse professor havia pesquisado em sua dissertação sobre modelagem matemática na Educação Matemática e seu mapa conceitual inicial fora construído unicamente nessa perspectiva. Mais especificamente, o professor apontou que no âmbito da educação há uma “dependência” entre essas duas modelagens que visam à construção de modelos. Chama atenção que em seu mapa final, o professor relacionou a modelagem científica com a lei de Hooke e a modelagem matemática com o modelo malthusiano e, neste último, os conceitos apontados por ele se referiam exclusivamente à matemática. Acredita-se que isso seja um indício de que se deve explorar de forma clara os conceitos de natureza socioeconômica envolvidos nesse modelo, afinal o objetivo naquele encontro era trabalhar como modelagem envolvendo conceitos matemáticos e também de áreas científicas que não da área de Ciências Naturais e Exatas. Além disso, o professor P_5 indicou que essa visão de educação supõe interdisciplinaridade, expressa também na BNCC, e que busca uma aprendizagem significativa. Dessa forma, pode-se concluir que o professor tenha expressado em seu mapa os principais pontos abordados ao longo da disciplina e que a fundamentam.

Com isso, a partir dos teoremas-em-ação levantados e a comparação entre os mapas conceituais, infere-se que as situações propostas ao longo da disciplina possibilitaram algumas rupturas e continuidades no progressivo domínio do professor P_5 no contexto da modelagem, especialmente no que se refere à relação entre as ciências e a matemática no processo de construção de modelos.

6.6 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PROFESSORA P_6

Para uma análise inicial, no quadro seguinte organizam-se os teoremas-em-ação associados à professora P_6 durante a disciplina.

Quadro 20 – Teoremas-em-ação da professora P_6

Encontro	Teoremas-em-ação
Encontro 2	A ciência possui característica evolutiva.
Encontro 3	Um ensino pautado somente na disciplinaridade não é suficiente.
Encontro 4	Trabalhar com modelagem em sala de aula, exige ao professor sair de sua zona de conforto.
	Existe também uma zona de conforto do aluno e, assim, muitas vezes não se envolve com atividades que não sejam as tradicionais.
	A construção de modelos é uma atividade humana e, portanto, não infalível.
Encontro 6	Os temas ou situações a serem modelados não necessariamente precisam ser escolhidos a partir do interesse dos alunos, podem também ser previamente definidos pelo professor.
Encontro 7	A avaliação deve estar presente em todas as etapas da modelagem.
	Não existem “modelos corretos, mas sim adequados”.
Encontro 11	Na modelagem matemática o aluno necessita pesquisar dados.
Encontro 12	A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.
Encontro 14	Na modelagem o aluno necessita pesquisar dados em um contexto, construir um modelo e avaliá-lo.

Fonte: O autor

De forma semelhante aos demais professores, atribuiu-se à P_6 teoremas-em-ação que sinalizam para conhecimentos teóricos objetos de discussão ao longo da disciplina. Além disso, teoremas como o primeiro do quarto encontro, e os do sexto e décimo segundo encontros, indicam reflexões realizadas pela professora a partir de

suas vivências em sala de aula. Como já dito anteriormente, esse fato pode indicar para o fortalecimento de um viés pautado na figura de professor pesquisador (BORTONI-RICARDO, 2008).

Ao se analisar o mapa conceitual construído pela professora P_6 no encontro final da disciplina⁵⁵ (Anexo T), verifica-se que a docente assinala a relação “modelagem científica pode envolver modelagem matemática”. Pode-se dizer que essa relação aponta para uma compreensão da professora sobre o cerne das questões tratadas na disciplina. Durante a entrevista final, quando perguntada sobre essa relação, a professora respondeu:

Professora P_6 : O que eu penso é assim: que a científica ela exige um planejamento de várias etapas e a modelagem matemática, por aquilo que a gente experimentou nas experiências que tu nos ofereceu, que a modelagem matemática está dentro da modelagem científica e que ela é uma ferramenta para a gente chegar num resultado: numa equação ou numa fórmula. E que nós como professores de matemática, educadores, a gente tem que fazer, experimentar, para criar uma equação matemática ou modelar essa equação dentro da área da matemática. Então, nem sempre a gente vai fazer modelagem científica, a gente vai fazer muitas vezes, na maioria das vezes modelagem matemática. Não sei se eu estou correta?!

Considerando essa resposta, pode-se inferir que a professora visualizava a existência de alguma relação entre as modelagens, porém possuía incertezas sobre a natureza dessas relações. Especialmente, no que se refere à necessidade de experimentos, e também sobre as etapas (ou atividades) do processo de obtenção de modelos (científicos e matemáticos). A partir dessa avaliação, conclui-se que a compreensão da professora P_6 sobre a modelagem havia sofrido rupturas e precisaria vivenciar outras situações que lhe permitissem refletir sobre as relações entre as ciências e a matemática, proporcionando-lhe avançar e dominar progressivamente os conceitos e relações inerentes a este contexto.

Além disso, outro apontamento que se julga importante no mapa conceitual da professora se refere ao fato de ter elencado os conceitos de multi, inter e transdisciplinaridade como necessários às modelagens científica e matemática. Isso revela que a professora compreendera uma premissa da própria disciplina, qual seja, à medida que se consideram as fragilidades e insuficiências de um ensino disciplinar para a formação do aluno, é necessário buscar por alternativas

⁵⁵ A professora não estava presente no primeiro encontro, portanto não construiu um mapa inicial.

pedagógicas que possam contemplar outras visões (a modelagem no caso presente).

Também se destaca que a professora P_6 afirmou em sua apresentação que identificou ao longo da disciplina várias relações entre a modelagem matemática no ensino de matemática com resultados e pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e com a perspectiva freireana. Considera-se que essa afirmação seja relevante, pois se entende tratar de um indício de que a professora buscou refletir sobre as situações propostas, estabelecendo conexões com diferentes perspectivas teóricas no campo do ensino e da aprendizagem.

Outro ponto que merece destaque ao se investigar a atuação da professora P_6 ao longo dos encontros e já enunciado na descrição do último encontro se refere à evolução da proposta didática por ela apresentada na defesa em relação ao momento de qualificação. O trecho a seguir da entrevista evidencia essa constatação.

Professora P_6 : Na primeira apresentação eu tentei levar para vocês uma ideia que eu tenho vontade de fazer com os alunos, que eu não sei se daria certo. Que eu já fiz alguma coisa, mas não avancei muito. E que eu sei que entra em algumas particularidades, até mesmo a questão de ética ou da própria família. São assuntos que às vezes os pais, a própria questão da renda, as pessoas não gostam de informar. E eu senti, assim, em relação aos colegas, que não foi muito bem aceita a ideia. Daí quando a professora Maria Cecília deu algumas sugestões, sugeriu inclusive uma disciplina para mim fazer e eu procurei e não está aberta, de empreendedorismo social, pela minha preocupação com a comunidade, os alunos e tudo mais. E eu acho que os meus colegas, principalmente o P_4 e a P_1 , não concordaram muito com a ideia pela questão ética da pesquisa. Só que daí, eu refletindo sobre, peguei toda minha dissertação e pensei em apresentar ela para vocês pensando na modelagem, se eu fosse analisar ela observando as etapas da modelagem científica. E eu consegui fazer mais ou menos a relação, e daí eu entrei com a teoria da Educação Financeira. Porque na teoria da Educação Financeira me respalda em relação aquilo que eu penso da discussão do aspecto pessoal, do aspecto familiar, do social da Educação Financeira. Quando eu entrei com a teoria da Educação Financeira que vocês se convenceram daquilo que eu pensava em relação às discussões em grupo, às discussões sobre alguns conceitos. Pode ser, pode acontecer... Então, eu acho que foi quando entrei com a teoria da Educação Financeira, talvez, vocês tenham achado que eu me senti mais segura para afirmar aquilo que eu acreditava mesmo olhando para outra coisa e não planejamento doméstico. Acho que foi isso.

Cabe salientar que as discussões em torno da unidade didática apresentada inicialmente pela professora P_6 se referiram tanto a questões éticas, mas também

quanto à sua natureza, afinal não se vislumbrava um processo de construção de modelos. Assim, entende-se que a fala anterior ressalta a importância de se promover discussões aprofundadas na formação docente, em especial àquelas envolvendo a análise crítica e aprofundada de coletivos de professores.

Portanto, considerando os teoremas-em-ação atribuídos à professora P_6 , relações destacadas em seu mapa conceitual, falas de sua entrevista e avanços em sua unidade didática, considera-se que tenha progredido ao longo da disciplina na conceitualização da modelagem. Como dito antes, também no caso dessa professora, tratou-se de uma experiência inicial e que demandará dela o contato com diversas situações que lhe provoquem outras rupturas e continuidades nesse contexto.

6.7 EVOLUÇÃO DA DISCIPLINA

Buscando analisar o desenvolvimento das rupturas e continuidades encontradas ao longo da disciplina, neste subcapítulo retomar-se-ão os teoremas-em-ação atribuídos aos professores, porém agora de forma não individual. De antemão, apresenta-se a seguir um quadro que reúne esses invariantes operatórios organizados por encontro em que foram anotados.

Quadro 21 – Teoremas-em-ação por encontro

(continua)

Encontro	Teoremas-em-ação	Professor
Encontro 2	A evolução conceitual de um aluno (indivíduo) é possível ser observada quando se analisa um grande período de tempo.	P_1
	A ciência possui característica evolutiva.	$P_1, P_2, P_3,$ P_4, P_5, P_6
	O professor também evolui conceitualmente quanto ao seu entendimento sobre ciência e aprendizagem.	P_5

Quadro 21 – Teoremas-em-ação por encontro

(continuação)

Encontro 3	Para que uma atividade possa ser considerada interdisciplinar é necessário que haja trabalho conjunto de diferentes disciplinas (e, portanto, mais de um professor).	P_1
	Um ensino pautado somente na disciplinaridade não é suficiente.	P_2, P_3, P_4, P_5, P_6
	A interdisciplinaridade como uma ação coordenada marcada pela interação (negociação) entre diferentes disciplinas.	P_3
Encontro 4	Trabalhar com modelagem em sala de aula exige de o professor sair de sua zona de conforto.	P_2, P_6
	Na modelagem, a construção do conhecimento é cíclica e continuada.	P_2
	A modelagem pode ser uma ferramenta para ensinar e aprender desde que promova a contextualização.	P_2, P_4
	Existe também uma zona de conforto do aluno e, assim, muitas vezes não se envolve com atividades que não sejam as tradicionais.	P_2, P_6
	A modelagem pode ser uma interessante metodologia de ensino, mas é preciso considerar as peculiaridades dos alunos.	P_4
	Um modelo pode ser representado pela matemática ou “outros meios”.	P_5
	A construção de modelos é uma atividade humana e, portanto, não infalível.	P_6
Encontro 5	A matemática também tem que se aproximar das demais áreas.	P_1
	É preciso romper com o ensino tradicional, mesmo que em sua formação o professor tenha convivido apenas com este.	P_1, P_2, P_3, P_4
	A Matemática na Física não se resume a fórmulas.	P_2
	É necessário que os alunos construam a matemática existente nos modelos científicos.	P_4
Encontro 6	É muito difícil realizar atividades de modelagem do caso 3 (Barbosa, 2014), porque os alunos não têm “maturidade” para isso.	P_1
	Os temas ou situações a serem modelados não necessariamente precisam ser escolhidos a partir do interesse dos alunos, podem também ser previamente definidos pelo professor.	P_2, P_3, P_6

Quadro 21 – Teoremas-em-ação por encontro

(conclusão)

Encontro 7	O material e as atividades construídas pelo professor são determinantes para o envolvimento do aluno e uma aprendizagem crítica.	P_1
	Uma atividade de modelagem em sala de aula envolve um alto grau de incerteza, porque podem ocorrer diferentes situações e encaminhamentos.	P_1, P_4
	Na modelagem é necessário pensar no erro, porque envolve medições e suposições.	P_2
	A avaliação deve estar presente em todas as etapas da modelagem.	P_5, P_6
	Não existem “modelos corretos, mas sim adequados”.	P_5, P_6
Encontro 8	Além das situações teóricas, são necessárias práticas na formação inicial do professor de matemática.	P_4
Encontro 10	O experimento como uma comprovação do fenômeno físico.	P_4
Encontro 11	A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos.	P_1, P_4
	Trabalhos temáticos contextualizados podem conter modelos matemáticos apresentados pelo professor.	P_2, P_3
	O aluno pode construir diferentes modelos matemáticos e científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente.	P_5
	Na modelagem matemática o aluno necessita pesquisar dados.	P_6
Encontro 12	A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.	$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$
Encontro 13	As políticas públicas sobre currículo devem ser planejadas para longo prazo.	P_1
Encontro 14	A modelagem como um caminho para a interdisciplinaridade.	P_1
	A modelagem envolve experimentação, conceitos físicos e matemáticos que interagem, uma vez que se trata de uma atividade interdisciplinar.	P_1, P_4
	Trabalhos temáticos contextualizados podem conter atividades de investigação e construção de modelos pelos discentes.	P_2, P_3
	O aluno pode construir de forma interdisciplinar diferentes modelos matemáticos e científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente.	P_5
	Na modelagem o aluno necessita pesquisar dados em um contexto, construir um modelo e avaliá-lo.	P_6

Antes de tudo, ressalta-se que os teoremas-em-ação encontrados indicam que as situações propostas ao longo da disciplina contribuíram para a conceitualização dos conceitos inerentes ao contexto da modelagem. Considerando o quadro anterior, pode-se dizer que os invariantes apontados indicam que ocorreram rupturas e continuidades ao longo desse processo.

Nesse sentido, uma primeira constatação sobre esses teoremas se refere à presença de conceitos como interdisciplinaridade e conceitualização. Não se trata apenas dos teoremas elencados no terceiro encontro, no qual esses conceitos eram diretamente discutidos nas situações propostas. O levantamento inicial sobre as concepções prévias dos professores já apontava que a interdisciplinaridade e a contextualização estavam presentes nas ideias dos professores sobre a modelagem, ou seja, para eles a modelagem era vista como uma possibilidade pedagógica que poderia justamente favorecer um trabalho pautado nessas visões.

Chama atenção que os quatro primeiros teoremas-em-ação referentes ao último encontro tratam sobre os conceitos de interdisciplinaridade (ou contextualização). Salienta-se que estes teoremas foram atribuídos aos professores em meio ao processo de defesa das unidades didáticas por eles construídas. Dessa forma, compreende-se que a característica interdisciplinar da modelagem não permaneceu restrita às discussões teóricas realizadas na disciplina, mas permeou as situações de cunho prático, que era um dos objetivos iniciais do presente trabalho.

Além disso, compreende-se que a ideia de interdisciplinaridade possibilitou justificar a necessidade e importância de se buscar estabelecer pontes entre as modelagens científica e matemática. Por exemplo, o teorema-em-ação a seguir anotado ao professor P_5 no último encontro, evidencia a presença da interdisciplinaridade nas modelagens: *“O aluno pode construir de forma interdisciplinar diferentes modelos matemáticos e científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente”*. Nesse sentido, entende-se que o professor P_5 vai ao encontro das ideias de Burak (2010), quando aponta para a interdisciplinaridade como uma característica da modelagem devido ao fato de se modelar problemas envoltos em diferentes contextos.

Outro ponto que se identifica a partir da análise dos invariantes dispostos no quadro anterior, se refere à prática reflexiva do professor. Perrenoud (2002) afirma que as sociedades em transformação são marcadas pela capacidade de inovar,

negociar e regular a prática. Para o autor, a reflexão é o processo que permite a transformação. No caso da formação docente acontece o mesmo processo, o professor em transformação é aquele que reflete sobre as suas práticas, favorecendo a construção de novos conhecimentos e saberes.

Nessa perspectiva, pode-se até mesmo dizer que todos os teoremas elencados advêm de reflexões desses professores ao longo da disciplina. Todavia cabe destacar alguns, a saber: *É preciso romper com o ensino tradicional, mesmo que em sua formação o professor tenha convivido apenas com este; É muito difícil realizar atividades de modelagem do caso 3 (Barbosa, 2014), porque os alunos não têm “maturidade” para isso; A modelagem é uma possibilidade para ensinar, mas deve ser introduzida aos poucos para não desestabilizar excessivamente os alunos.* Em comum nestes teoremas, encontram-se certas incertezas dos professores em relação ao uso da modelagem, afinal se trata de uma possibilidade pedagógica que fogia às suas zonas de conforto. Porém, conforme relatado ao longo das análises dos encontros, essa dificuldade foi superada (ou ao menos atenuada) à medida que a professora titular e pesquisador propuseram situações nas quais os professores necessitaram pensar e ou construir possibilidades de trabalho para a sala de aula envolvendo a modelagem, especialmente a unidade didática. Com isso, o que se está indicando é que os momentos de rupturas na construção do conhecimento dos professores foram potencializados por meio das atividades práticas desenvolvidas ao longo da disciplina.

Além disso, outros momentos de reflexão docente que merecem destaque se referem ao papel do aluno. Citam-se os seguintes teoremas-em-ação: *É necessário que os alunos construam a matemática existente nos modelos científicos; O aluno pode construir diferentes modelos matemáticos e científicos a partir de uma situação que exige investigação e lhe é proposta inicialmente; Na modelagem matemática o aluno necessita pesquisar dados.* Entende-se que, por meio destes teoremas, os professores apontam para um papel ativo do aluno na construção do seu conhecimento. Dessa forma, o aluno não seria um mero receptor de informações, mas que necessita analisar, discutir, pesquisar, escrutinar diferentes situações. Dessa forma, na visão dos professores, é necessário considerar uma autonomia para a atuação do aluno, porém sem dispensar o planejamento e orientação do professor.

Então, com base nos teoremas-em-ação anotados e considerando o entendimento da existência de reflexão docente ao longo da disciplina, compreende-se que as situações proporcionaram aos professores rupturas e continuidades no processo de conceitualização do contexto da modelagem. Especialmente no que se refere à relação entre as modelagens científica e matemática, o que era justamente o objetivo da disciplina.

Essas constatações estão de acordo com a avaliação da disciplina realizada a partir do olhar dos professores e descrita a seguir.

6.8 AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PELOS PROFESSORES

Por fim, mas não menos importante, cabe realizar uma avaliação sobre a disciplina quanto a sua organização, desempenho didático e atividades propostas. Para tanto, tomam-se as respostas dos professores ao questionário final e suas falas durante a entrevista após o encerramento da disciplina.

Primeiramente, verificar-se-ão as respostas dos alunos quando perguntados se a disciplina havia atendido suas expectativas iniciais (feita no questionário) e sobre pontos positivos e negativos (pergunta feita no questionário e entrevista). Quanto ao primeiro desses questionamentos, os professores foram unânimes em apontar que sim, suas expectativas haviam sido atendidas, ou até superadas.

Professor P₄ (questionário): Sim, a disciplina trouxe novos olhares para o trabalho com modelagem em sala de aula, ampliou muito os horizontes. Buscou confrontar diferentes olhares para modelagem trazendo debates com pesquisadores da área e com a construção de atividades de modelagem científica.

Professora P₆ (questionário): Sim. Proporcionou-me experiências de modelagem que permitiram entender o processo.

Professora P₂ (questionário): Sim, teve o embasamento teórico e também a prática da modelagem.

Salienta-se que as respostas anteriores indicam uma aprovação da composição da disciplina. Mais especificamente sobre os momentos de natureza prática e teórica. No entanto, esclarece-se que os professores apontaram como sugestão valorizar os momentos envolvendo a prática de modelagem e, inclusive, iniciar a disciplina por

meio deles, conforme já discutido anteriormente durante a descrição dos encontros realizados. A resposta da professora P_1 no questionário a seguir ilustra essa sugestão.

Professora P_1 : Talvez as atividades de Modelagem deveriam ser feitas antes. Talvez na segunda ou terceira aula fazer uma atividade e só depois discutir a teoria. Depois no meio do curso fazer outra com um nível maior de exigência e assim por diante.

Entende-se que essa sugestão de distribuição das atividades deverá ser implementada em outras edições da disciplina, pois poderá contribuir para uma melhor compreensão da modelagem.

Os pontos positivos da disciplina elencados pelos professores foram: Discussões sobre possibilidades de modelagem em diferentes níveis de ensino (professora P_1); escolhas dos artigos trabalhados em aula (Professoras P_1 , P_2 e P_3); a “didática” adotada na disciplina (Professora P_3); realização de atividades práticas de modelagem (Professora P_3 , Professor P_4 , Professor P_5); disponibilidade da professora titular e do pesquisador (Professor P_4); debates com pesquisadores (Professor P_4); trabalho com mapas conceituais e V de Gowin (Professor P_5); entender as diferenças entre as modelagens e também as suas etapas (Professora P_6); organização da disciplina (Professora P_1); discussões realizadas em sala de aula (Professora P_6)

Já como aspectos negativos ou sugestões para a disciplina, os professores elencaram: Reduzir o número de mapas conceituais e V de Gowin (Professora P_3); haver mais atividades práticas (Professora P_1 e Professor P_4); diminuir o número de atividades avaliativas (Professor P_4); explorar mais o tema da interdisciplinaridade (Professora P_1).

Pode-se dizer que a opinião dos professores converge com a avaliação realizada ao longo do presente trabalho. Cabe apenas apontar que, quanto à quantidade de atividades, em especial os mapas conceituais e V de Gowin, acredita-se que é importante propor previamente aos encontros alguma tarefa além de leitura de algum texto, por exemplo. Assim, pensa-se que a diversificação dessas atividades poderá ser experimentada em edições futuras da disciplina.

Outras duas questões do questionário se referiam ao desempenho da professora titular, pesquisador e dos próprios professores. Quanto à atuação dos

dois primeiros, os professores responderam todos de forma positiva elencando o empenho na organização das aulas e atividades realizadas (Professoras P_2 e P_6), prontidão em atender os alunos na condução das atividades (Professor P_4 e Professora P_5). No que se refere às suas próprias atuações, todos os professores apontaram que tiveram várias aprendizagens com as aulas e buscaram se dedicar nas atividades e discussões propostas (exceto P_3 , a qual escreveu que poderia ter participado mais dessas discussões). Como pontos negativos apontaram questões organizacionais externas como, por exemplo, convocação de formação em suas escolas que os impossibilitaram de participar de algum encontro. Com isso, acredita-se que as avaliações dos professores sobre as suas atuações na disciplina apontam que se mantiveram empenhados em realizar as situações propostas e refletir sobre suas práticas docentes.

Outro ponto importante consiste em verificar as respostas dos professores na entrevista sobre como as atividades e discussões influenciaram ou poderiam vir a influenciar em suas respectivas práticas docentes. A professora P_1 disse se interessar pelo tema da interdisciplinaridade e, talvez, a modelagem seria esse caminho, inclusive no que se referia ao campo da pesquisa. A professora P_2 disse que acreditava que contribuiria em sua formação, especialmente em relação à fundamentação teórica da modelagem científica, pois apesar de ter realizado em sala de aula algumas atividades de modelagem, sempre foram sem um olhar teórico específico. A professora P_3 disse que a disciplina lhe auxiliou em sua formação na área de Matemática (estava cursando Licenciatura em Matemática naquele momento). O professor P_4 ressaltou a abordagem multidisciplinar e referiu que pretendia incorporar em suas práticas de docência a construção de modelos matemáticos partindo de fenômenos físicos, químicos, biológicos ou outras áreas do conhecimento. Já o professor P_5 disse lembrou que não conhecia a modelagem científica e que a disciplina possibilitou um aprofundamento teórico em torno de ambas as modelagens. Também ressaltou que os encontros haviam contribuído em refletir sobre a organização docente prévia necessária a uma aula com modelagem, isto é, referia-se a importância de se refletir sobre as possíveis dificuldades que os alunos encontrarão em realizar experimentos. A professora P_6 disse que havia sido apenas o seu segundo encontro com a perspectiva da modelagem (a primeira havia

sido em uma palestra) e vislumbrava nela uma nova possibilidade de trabalho para com seus alunos.

Por tudo isso, avalia-se que a disciplina tenha sido exitosa, à medida que proporcionou aos professores situações nas quais refletiram sobre as suas atuações docentes. A partir da breve análise realizada neste subcapítulo, conclui-se que há algumas possíveis mudanças a serem testadas em edições futuras, mas que não correspondem a sua concepção, isto é, referem-se a uma reorganização da ordem dos encontros, em especial no que se refere a estruturar nos primeiros encontros atividades de modelagem. Em tempo, cabe lembrar que se avaliou durante a descrição dos encontros a possibilidade de construir planejamentos de aulas sobre as atividades de modelagem desenvolvidas nos encontros versando sobre a Lei de Hooke e o Modelo de Malthus.

6.9 RESPONDENDO O PROBLEMA DE PESQUISA

Neste momento, tem-se o objetivo de condensar os resultados encontrados por meio da descrição dos encontros da disciplina e do desenvolvimento individual dos professores, com vistas a sintetizar respostas ao problema de pesquisa proposto: Como evoluem os conceitos sobre as modelagens científica e matemática e suas relações conceituais, identificados em professores dessas áreas de ensino em formação continuada caracterizada pelo confronto desses sujeitos com situações relacionadas com modelagem, num ambiente de reflexão, discussão e realizações de tarefas, propostas em uma disciplina em nível de Pós-Graduação?

Antes de tudo, cabe ressaltar que o trabalho desenvolvido alicerçou-se na premissa de que a evolução de um conceito num indivíduo é um processo longo (TOULMIN, 1977), não passível de ser iniciado e finalizado em uma disciplina de pós-graduação como no caso presente. Além disso, considerando que o mesmo autor, apesar de indicar a evolução conceitual nas perspectivas antropológica e ontológica, não se debruçou em definir claramente como acontece esta última, definiu-se como aporte teórico a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Essa escolha se deu em virtude de que esta teoria aponta como acontece a aprendizagem conceitual, mais especificamente de que formas um indivíduo domina progressivamente um campo conceitual. Porém, como lembra Vergnaud (1983, 2007, 2017), este não é um processo rápido, pelo contrário o autor converge

com a perspectiva toulminiana ao afirmar que pode demorar anos e requer que o indivíduo seja confrontado com diversas situações (tarefas) envolvendo as relações conceituais presentes naquele campo conceitual.

Assim, tinha-se a clareza desde o início do presente trabalho, que não seria possível responder de forma cabal em que medida os sujeitos de pesquisa evoluíram ou não quanto à compreensão do contexto da modelagem. Mais especificamente, concentrou-se a investigação em identificar indícios sobre a compreensão dos professores sobre as relações conceituais entre as modelagens científica e matemática. Procurou-se investigar se a disciplina havia contribuído para que os professores (alunos da disciplina) tenham construído invariantes operatórios (especialmente teoremas-em-ação), ou seja, o que se apurou foram indícios sobre os conhecimentos supostamente construídos por eles ao longo da resolução das situações propostas.

Inicialmente, apontou-se no levantamento das concepções prévias dos professores a ausência do conceito de modelagem científica. Apenas se referiram à modelagem matemática e esta, por sua vez, estaria condicionada a modelar aspectos sobre a realidade dos alunos. Esse processo de modelagem, segundo os professores, envolveria a interdisciplinaridade. Essas concepções apontaram que seria necessário propor situações que provocassem rupturas e continuidades (VERGNAUD, 1983, 2007, 2017) quanto à existência e importância da modelagem científica para a modelagem matemática, e vice-versa. Na verdade, era preciso construir com os professores uma visão ampla dos conceitos e relações inerentes ao contexto da modelagem.

É preciso registrar que ao longo da descrição dos encontros se anotaram indícios de que a disciplina contribuiu para o desenvolvimento de conhecimentos em torno das oito competências definidas por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Salienta-se que essa classificação (satisfatória) se dá à medida que foram encontrados indícios de contribuições para a maioria das competências previstas nos planejamentos dos catorze encontros realizados. À luz dos escritos de Carvalho e Gil-Pérez (2011), poder-se-ia, então, dizer haver razões para crer que a disciplina contribuiu para discussões e reflexões em torno dos saberes necessários à formação docente elencados pelos autores.

Ao se analisar as descrições das evoluções individuais dos professores, verificam-se alguns aspectos em comum, a saber: busca em estruturar o

pensamento sobre as relações entre as modelagens a partir da premissa de necessidade de interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem; existência de rupturas e continuidades sobre o contexto da modelagem; existência de invariantes operatórios relativos aos principais conceitos trabalhados em sala de aula; desestabilização da zona de conforto dos professores com relação à modelagem. Esses aspectos permitem inferir a existência de evolução (conceitualização) por parte dos professores sobre os conceitos inerentes à modelagem ao longo da disciplina. Com isso, pode-se dizer que se iniciou um processo de progressivo domínio dos conceitos e relações inerentes ao contexto da modelagem. Conforme lembram Vergnaud (1983, 2007, 2017) este é um processo demorado e necessitará ser continuamente fomentado nos professores.

Por tudo relatado neste subcapítulo, pode-se, então apresentar respostas ao problema de pesquisa. **A evolução das relações conceituais sobre as modelagens científica e matemática nos professores participantes da disciplina ocorreu: calcada no conceito de interdisciplinaridade; por meio da diversidade de situações apresentadas, em especial nos momentos de tarefas práticas que acentuaram as rupturas e continuidades do progressivo domínio dos conceitos e relações inerentes ao contexto da modelagem; à medida que se buscou ensinar e aprender a partir de um viés construtivista.**

Com relação à interdisciplinaridade, cabe lembrar que se tratava de um conceito presente nas concepções iniciais dos professores. No entanto, ressalta-se que, devido à amplitude do termo, foi importante a discussão sobre a interdisciplinaridade realizada no terceiro encontro e em outros momentos ao longo da disciplina. Entende-se que os professores apoiaram suas ideias sobre a modelagem a partir da premissa de necessidade de um ensino interdisciplinar. Conforme destacado inicialmente, uma das possíveis explicações para esse fato reside nos espaços conquistados pela discussão em torno das limitações de um ensino fragmentado. Quanto à modelagem matemática, a partir de Burak (2010) verifica-se que o processo de modelar exige uma imersão no contexto do problema a ser modelado, exigindo o estudo não só de conceitos matemáticos, mas também de outras áreas do conhecimento.

A conclusão sobre a importância do conceito de interdisciplinaridade para a estruturação cognitiva dos professores em torno da modelagem, não é devida apenas ao encontro no qual se abordou esse conceito. Na elaboração da unidade

didática, os professores utilizaram a perspectiva interdisciplinar como uma tentativa de estabelecer relações entre ciência e matemática. Parafraseando Japiassu (1976), pode-se dizer que objetivaram construir pontes entre conceitos de diferentes áreas do conhecimento. Pensando na perspectiva toulminiana, isso quer dizer que dentre a ecologia conceitual promovida na disciplina, os professores elencaram a interdisciplinaridade como um conceito central válido.

Salienta-se que, à exceção da proposta da professora P_6 , os demais professores previram uma possível participação de docentes de outras áreas nas atividades que planejaram. No entanto, alerta-se que, apesar dessa previsão de interação entre profissionais, se dinamizarem suas propostas, os professores poderão encontrar resistências nos seus colegas. Na verdade, serão continuamente submetidos a espaços nos quais poderão não encontrar esse engajamento, e isso pode provocar desânimo e descrença com essa possibilidade.

Essa primeira forma de evolução das relações está em consonância com Bassanezi (2014) quando afirma que a modelagem matemática pressupõe interdisciplinaridade e, portanto, está em consonância com novas tendências que apontam para a superação das fronteiras entre as áreas do conhecimento. Na perspectiva da TCC, o que se quer dizer é que o domínio progressivo dos conceitos e relações inerentes ao contexto da modelagem requer invariantes operatórios sobre a natureza interdisciplinar entre ciência e matemática.

Uma segunda conclusão sobre a evolução das relações conceituais das modelagens científica e matemática na disciplina corresponde à diversidade de situações e sua historicidade (VERGNAUD, 1990). Cabe lembrar que para a TCC, a conceitualização de um campo conceitual avança à medida que uma diversidade de situações é apresentada ao indivíduo. Conjuntamente, é necessário considerar a historicidade das situações, de maneira que as primeiras sejam “suscetíveis de dar sentido aos conceitos e procedimentos que lhes queremos ensinar” (MOREIRA, 2002, p. 26).

Na disciplina, essa evolução aconteceu de diferentes formas e em seus diferentes blocos. Durante as discussões teóricas iniciais atribuíram-se aos professores teoremas-em-ação que continham os principais conceitos, pressupostos e resultados teóricos que se buscavam discutir naquele momento. Na análise de trabalhos publicados com relatos de experiências de trabalho com as modelagens destacou-se que ocorreram discussões sobre a ausência de relações entre

conceitos científicos e matemáticos, o que levou os professores a críticas fundamentadas sobre práticas tradicionais de ensino e, também, sobre propostas envolvendo modelagem. Posteriormente, nos seminários com pesquisadores da área de modelagem, identificou-se o interesse dos professores (discentes da disciplina) em discutir os diferentes espaços no quais é feita modelagem. Durante as atividades de modelagem (Lei de Hooke e Modelo de Malthus) apontaram-se algumas dificuldades dos professores em estabelecer certas relações entre ambas as modelagens, concluindo-se por um perfil direto de alguns professores, isto é, utilizavam-se da ideia de experimento como comprovação aos resultados teóricos (GARCIA, POZO, 2017). Conforme descrito no relatório desses encontros, essa constatação levou professora titular e pesquisador a buscar uma ruptura desse tipo de invariante operatório. Já quanto à elaboração da unidade didática, foram descritos avanços dos professores quando comparados os teoremas-em-ação anotados na defesa em relação ao momento inicial de qualificação. Conseguindo estabelecer na última versão de suas propostas defendidas relações entre conceitos científicos e matemáticos que abordaram.

Mais uma vez, chama-se atenção que os momentos práticos (modelagem da Lei de Hooke e de Malthus, qualificação e defesa da unidade didática) acentuaram o processo de rompimento dos professores com visões limitadas da modelagem, em especial aquelas vinculadas ao perfil direto. Também se indicou, a partir de sugestão dos professores, em futura reedição da disciplina, reorganizá-la de modo a alterar a ordem das atividades propostas, modelando-se algum problema logo no início dela. Com base em Vergnaud (2017), essa sugestão pode ser entendida como uma estratégia de antecipação de modo a superar os desafios epistemológicos que os próprios professores identificaram ao longo da disciplina.

Com isso, conclui-se que a evolução das relações conceituais durante a disciplina ocorreu à medida que se contemplou diferentes tipos de situações, as quais podem ser agrupadas em dois conjuntos: teóricas e práticas. Todavia, conforme apontam diferentes pesquisadores⁵⁶, um desses conjuntos não exclui o outro, afinal a formação docente está calcada na reflexão do professor sobre a sua prática e, para tanto, é necessário que seja respaldada pela perspectiva teórica.

⁵⁶ Citam-se: D'Ambrosio (1996), Nóvoa (1992), Imbernón (2009), Perrenoud et al. (2002), Tardif (2002).

A última forma de evolução conceitual sobre a relação entre as modelagens destacadas se refere à busca por uma prática alicerçada no construtivismo. Apesar de não se ter escrito na presente tese uma seção específica sobre o construtivismo, adotaram-se premissas dessa filosofia em seu planejamento, execução e avaliação. A partir das leituras de Moreira e Ostermann (1999) e Becker (1993), destacam-se os seguintes princípios que marcam o construtivismo: a cognição se dá por construção; o conhecimento não está acabado, necessita sempre ser construído; o conhecimento não é dado, nem pode ser transmitido; o aluno é um sujeito cultural ativo que produz modificações no mundo e em si mesmo.

Conforme descrito ao longo dos relatórios dos encontros da disciplina, identificaram-se indícios de certa resistência em pensar possibilidades de ensino nas quais o professor teria menos controle, isto é, cujas soluções e encaminhamentos que os alunos proporiam poderiam não estar previamente previstos. Em contrapartida, a disciplina em si buscou justamente adotar uma postura construtivista, valorizando a participação dos professores, suas opiniões e respostas às situações propostas. Além disso, as situações e encaminhamentos adotados pela professora titular e pesquisador buscavam que os professores refletissem sobre as suas concepções e práticas, almejando novos olhares e possibilidades em sua atuação docente. Noutras palavras, a disciplina buscou a construção de conhecimento.

Ao final, especialmente a partir da descrição da unidade didática construída pelos professores, elencaram-se indícios da presença de um olhar construtivista nessas propostas, a saber: fundamentação das propostas em perspectivas teóricas do espectro construtivista, especialmente a Teoria da Aprendizagem Significativa; avaliação calcada na busca em identificar os avanços dos alunos durante todo o processo de modelagem; valorização dos conhecimentos prévios dos alunos e consequente possibilidade de adequação das atividades propostas; papel ativo do aluno a partir da proposição de construção de modelos por ele; valorização da atividade do aluno por meio da diversidade de possíveis modelos a serem construídos.

Além dessas, outra característica presente nas unidades didáticas que merece ser considerada se refere às formas de avaliação nelas contidas. Não somente a atividade de avaliação dos modelos a serem construídos pelo discente, mas a avaliação proposta pelos professores em torno da aprendizagem do aluno.

Encontraram-se aspectos de valorização do diálogo entre professor-aluno e aluno-aluno, em especial a partir da ideia de confrontação de ideias, procedimentos e pontos de vista dos alunos ao longo das modelagens. Para Macedo (1994), esses aspectos compõem indicativos de um olhar construtivista para a avaliação escolar (construção de conhecimento).

Em suma, pode-se dizer que a evolução da compreensão sobre a relação conceitual entre as modelagens esteve imbricada com a evolução para uma perspectiva construtivista. Não é possível avançar no domínio dos conceitos inerentes à modelagem sem pensar nas limitações de um ensino fragmentado, marcado essencialmente pela ideia de transmissão de conhecimentos, e vice-versa.

Por fim, a partir das três respostas elencadas, o que se afirma é que se identificaram contribuições da disciplina para uma evolução conceitual dos professores no contexto da modelagem, por meio da seleção de conceitos e relações promovida. Parafraseando Ariza e Harres (2002), os professores caminharam em direção a modificar sua posição intelectual frente às experiências novas e imprevistas proporcionadas pelas situações propostas. Essa seleção continuará acontecendo e seu curso com rupturas e continuidades dependerá da disposição dos professores de entrar em competições intelectuais (TOUMIN, 1977). Dessa forma, os conceitos inerentes ao contexto da modelagem não lhes permanecerão imutáveis.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação brasileira apresenta inúmeros desafios que necessitam ser superados em busca da construção de uma sociedade com menos desigualdades. Além de investimentos na infraestrutura, a formação daqueles que formarão as próximas gerações necessita ser refundada. Quais conhecimentos são necessários a um “bom professor”? Como construir esses conhecimentos dos docentes? Quê matemática ensinar e de que formas? Quê ciências ensinar e de que formas? É possível ensinar matemática e ciências em uma perspectiva interdisciplinar? E de que formas operacionalizar essa abordagem interdisciplinar? Esses são os questionamentos/angústias que suscitaram o trabalho relatado na presente tese.

Para se chegar a alguma conclusão sobre esses questionamentos é preciso antes de tudo pensar na natureza do conhecimento científico. No presente trabalho adotou-se uma filosofia evolucionista, a partir dos estudos de Stephen Toulmin. Trata-se de considerar que os conceitos científicos evoluem à medida que os indivíduos competem conceitualmente. Essa competição acontece devido à existência de ecologia conceitual e, por isso, o conhecimento cotidiano é resistente à mudança, afinal é protegido contra a seleção crítica. Consequentemente, o conhecimento científico não ocorre por meio de revoluções (mudança conceitual), na verdade, Toulmin (1977) propõe a ideia de evolução conceitual. Com o intuito de discutir a natureza do trabalho científico, no presente trabalho delimitaram-se conceitos inerentes ao contexto da modelagem.

Objetivando pesquisar sobre a formação continuada de professores no contexto da modelagem, desenvolveu-se uma disciplina no PPGECQVS da UFSM denominada Modelagem Matemática no Ensino de Ciências. Essa disciplina foi dinamizada pela primeira vez ao longo do primeiro semestre letivo de 2019 e contou com seis professores (alunos da disciplina), os quais foram os sujeitos da pesquisa descrita na presente tese. Foi constituída de catorze encontros, cujos planejamentos e relatórios foram descritos ao longo do presente trabalho visando identificar como evoluíam as relações conceituais entre as modelagens científica e matemática.

Para ancorar teoricamente a pesquisa, buscou-se a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Para tanto, construíram-se situações para a disciplina, algumas de cunho teórico e outras práticas. Como o domínio progressivo

de um campo conceitual é um processo longo, buscou-se identificar os teoremas-em-ação dos professores com o intuito de encontrar evidências sobre os conhecimentos utilizados pelos professores quando em ação resolvendo as situações propostas.

No presente trabalho, assumiu-se a premissa que modelos matemáticos são modelos científicos, posição já adotada em Halberstadt, Santarosa e Garcia (2020). Porém, não se trata apenas de identificar e relacionar os conceitos científicos em um modelo matemático. Em muitos casos a recíproca é também verdadeira, isto é, muitos modelos científicos requerem algum grau de matematização. Essa premissa implica na necessidade de uma formação ampla sobre a modelagem, afinal exige do professor um vasto repertório de invariantes operatórios.

Pensando nisso, as situações elaboradas e implementadas na disciplina objetivaram colocar os professores em ação por meio de: estudos teóricos sobre as modelagens; análise crítica de trabalho envolvendo as modelagens; construção de modelos; conversas com pesquisadores que estudam as modelagens; elaboração de unidade didática. Em cada uma dessas atividades, buscou-se criar um ambiente de colaboração entre os professores, nos quais compartilhassem suas experiências e vivências. Esse trabalho esteve calcado, sobretudo, na ideia de professor-pesquisador (BORTONI-RICARDO, 2008), afinal objetivou-se que os professores, não só considerassem resultados produzidos por outros pesquisadores, mas que também os construíssem, mantendo-se abertos a inovações e diferentes estratégias didático-pedagógicas.

No que tange aos resultados dessa pesquisa, a partir dos registros produzidos no primeiro encontro, inicialmente estudaram-se as concepções iniciais dos professores participantes da disciplina, por meio de uma ATD do tipo indutiva. Num segundo momento, buscou-se analisar também os demais encontros da disciplina, descrevendo-se seus planejamentos e relatórios, investigando por meio de ATD dedutiva as contribuições de cada para as categorias elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Posteriormente, buscou-se descrever a performance individual dos professores durante a disciplina, evidenciando indícios sobre seus avanços e retrocessos em compreender as relações conceituais entre as modelagens. Também se fez uma avaliação da disciplina a partir dos pareceres dos próprios professores acadêmicos da disciplina. Outro registro produzido e analisado foi a transcrição das entrevistas realizadas com os professores após o término da

disciplina. E, por fim, a partir dos resultados descritos nestas etapas anteriores, buscou-se delimitar respostas ao problema de pesquisa elencado previamente, o qual visava identificar como evoluiriam as concepções dos professores sobre as relações entre as modelagens científicas durante a disciplina.

Em suma, concluiu-se que essas relações conceituais nos professores evoluíram à medida que as fundamentaram na necessidade de um ensino interdisciplinar, que buscasse estabelecer conexões entre os conceitos científicos e matemáticos. Outra resposta concentra-se na diversidade de situações planejadas e executadas ao longo dos encontros, dentre as quais se destacaram aquelas de cunho prático. Estas tarefas acentuaram nos professores rupturas e continuidades do progressivo domínio dos conceitos e relações relativos ao contexto da modelagem. Além disso, avançar na compreensão das relações entre as modelagens foi possível e potencializado à medida que a disciplina buscou ensinar e aprender a partir de um viés construtivista, marcado essencialmente pela busca de uma participação ativa dos alunos e valorização de suas estratégias e soluções às situações propostas.

Diante dos resultados encontrados ao longo da descrição da disciplina, entende-se que se contribuiu para a formação desses professores, atendendo as expectativas iniciais apontadas no presente trabalho. Em especial, a disciplina estabeleceu diferentes momentos de trabalho coletivo desses professores, que se mostravam engajados em discutir diferentes aspectos da aprendizagem de ciências e matemática e na proposição de novas possibilidades de trabalho pedagógico. Além disso, o “caminho percorrido” por esses professores ao longo da disciplina aponta para uma abertura a uma nova visão do que é ciência, suas relações com a matemática, bem como sobre a necessidade de transparecer em sala de aula características do trabalho científico. E, com isso, entende-se ser possível inferir que as situações propostas colaboraram de alguma forma para a compreensão do inacabamento de cada participante da disciplina.

A partir dessas respostas, vislumbram-se árduas tarefas na formação dos professores brasileiros. Neste trabalho, abordou-se especificamente o contexto da modelagem, porém quantos outros temas não serão necessários para a formação de um bom professor? Além disso, outro ponto importante é o tempo necessário para uma consolidação em um indivíduo dos conceitos inerentes a cada um desses contextos. Para Vergnaud (1983, 2007, 2017) é vagaroso esse processo. Outro fato

importante se refere a não exclusividade de avanços no domínio de um campo conceitual, há também retrocessos e, nesse caso, um dos fatores para esses recuos são justamente as concepções dos professores fundadas essencialmente na fragmentação e transmissão do conhecimento, característica central do ensino tradicional.

Nessa perspectiva, provavelmente uma das maiores dificuldades quando se pensa em um ensino utilizando tendências como a modelagem, reside nas resistências encontradas nos docentes. Qualquer perspectiva de superação dessa dificuldade requer investimento na formação do professor. Então, talvez, o questionamento a ser realizado é: que formação é capaz de conduzir o docente a progressivamente dominar esses e outros conceitos? Compreende-se que respostas a essa questão perpassam obrigatoriamente a momentos de reflexão nos quais o docente avalie as suas práticas, seja desafiado a pensar, elaborar, testar e avaliar diferentes possibilidades didático-pedagógicas, compreender o que é e como é construído o conhecimento científico. Foi com base nessas premissas que o trabalho descrito nessa tese buscou se alicerçar.

A disciplina mostrou que há professores interessados e determinados em avançar, desprendendo-se de crenças pautadas no senso comum. Professores que buscaram expandir seu rol de conhecimentos e empenharam-se em discutir e refletir sobre o ensino e a aprendizagem pautado no pressuposto da construção do conhecimento. Isso foi possível, pois encontraram amparo em um ambiente de formação continuada, no qual puderam, a partir de suas experiências e vivências, buscar evoluir em suas práticas docentes.

Refletindo-se sobre as premissas de formação docente continuada adotadas neste trabalho, entende-se que cada vez mais é preciso investir em formações que possibilitem uma construção crítica de conhecimentos e saberes. Por exemplo, pensar a modelagem em sala de aula significa aproximar a escola básica de uma perspectiva de construção de conhecimento, na qual professor e aluno não são transmissor e decorador, respectivamente, dos conhecimentos científicos historicamente construídos.

Em suma, a contribuição da disciplina para a formação dos professores pode ser atribuída aos seguintes fatores: construção voltada a uma visão holística sobre a modelagem, em especial no que se refere à relação entre as áreas de Matemática e Ciências; abordagem pautada na interação entre as dimensões teórica e prática;

avaliação contínua durante a disciplina permitiu intervenções de modo a promover rupturas e continuidades na aprendizagem dos professores; a presença de professores com diferentes formações (Matemática e Física) permitiu que se avançasse na compreensão em torno da relação entre as modelagens científica e matemática a partir da do conceito de interdisciplinaridade; a perspectiva de trabalho em sala de aula, bem como a defendida para a sala de aula da Educação Básica, estiveram pautadas no desenvolvimento da autonomia e protagonismo do professor e do seu aluno.

Cabe pontuar que se identificaram algumas possibilidades de eventuais melhorias na disciplina em edições futuras, a saber: Ampliar e valorizar momentos de cunho prático, por meio da ampliação de construção de modelos, bem como de planos de ensino sobre essas modelagens realizadas em aula; no primeiro encontro realizar alguma atividade de modelagem. Essas modificações poderão levar a outros estudos, inclusive do tipo comparativo com as experiências realizadas nas edições anteriores.

Além disso, cabe indicar aquela que se entende como principal contribuição acadêmica do presente trabalho: Questionar a relação entre as modelagens científica e matemática. Conforme já dito, compreende-se que modelos matemáticos são modelos científicos e, em muitos casos a recíproca é verdadeira à medida que modelos científicos requerem algum grau de matematização. Nesse sentido, o trabalho evidencia um avanço em torno dessa discussão à medida que seus resultados evidenciam que, apesar de não ser óbvia essa relação, pode ser trabalhada na formação do professor.

Vislumbram-se as seguintes possibilidades de pesquisas decorrentes do presente estudo: experiências com modelagem na formação inicial de professores; investigações sobre o ensino e a aprendizagem envolvendo modelagem por ensino remoto ou na modalidade EaD; modelagem envolvendo outras áreas do conhecimento em diferentes níveis e modalidades. No que se refere a esta última possibilidade, cabe ressaltar que já se tem realizado experiências nesse sentido. Uma delas é descrita em Santos e Halberstadt (2020) e consistiu em uma experiência interdisciplinar realizada com alunos de uma turma de terceiro ano de um curso Técnico Integrado ao Ensino Médio, na qual os discentes construíram países imaginários, dando enfoque a conceitos geográficos e matemáticos.

Em suma, tem-se a pretensão de continuar a investigar as relações entre as modelagens científica e matemática, em especial no âmbito da formação de professores em diferentes níveis e modalidades. O trabalho relatado na presente tese consistiu apenas em um passo inicial, que teve a pretensão de realizar uma ruptura na forma de trabalhar o contexto da modelagem, assumindo uma visão holística, sem fragmentar a modelagem entre as áreas das Ciências e Matemática. Há muito que se estudar sobre essa visão, inclusive no campo teórico.

Por tudo isso, ao fim desse trabalho, ressalta-se que há inúmeros desafios na educação brasileira. Não se tem uma solução única, tampouco certa para eles. No entanto, não há dúvidas que a formação docente de qualidade pautada na reflexão crítica e a valorização do professor são condições *sine qua non* para qualquer avanço que se possa almejar.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. P. da; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2013.
- ALMEIDA, L. M. W. Modelagem Matemática na sala de aula: um estudo. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA - EPREM, 7., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu, PR: UNIOESTE, 2002.
- ALMEIDA, L. M. W. Jogos de linguagem em atividades de modelagem matemática. **Vidya**, Santa Maria, v.34, n. 1, p. 241-256, 2014.
- ARIZA, R. P.; HARRES, J. B. S. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciência. **Ciência e Natura**, Florianópolis, v.19, n. Especial, p. 70-83, 2002.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; N., J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu/MG. **Anais...** Rio Janeiro: ANPED, 2001. 1 CD-ROM.
- BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? **Veritati**, Salvador, v.19, n. Especial, p. 70-83, 2002.
- BARBOSA, J. C. Modelagem e Modelos Matemáticos na Educação Científica. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n. 4, p. 73-80, 2009.
- BARTZ, M. D. B.; MENEGHETTI, C. M. S.; POFFAL, C. A. A matemática em atividades interdisciplinares: uma base para a estruturação dos Seminários Integrados. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, ed. especial, p. 63-78, 2015.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2014.
- BASTOS, T. A.; ROSA, M. Uma experiência de modelagem matemática no desenvolvimento de conceitos de análise combinatória. In: XI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 12., 2016, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Belo Horizonte: SBEM, 2019.
- BEAN, D. Algumas considerações filosóficas sobre a modelagem matemática. In: Encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática, 6., 2014, Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba: UFPR, UFTPR, 2014.

BECKER, F. O que é construtivismo? In: Alves, M. L.; Duran, M. C. G.; Borja, A; Toledo, C.; Mattos, M. G. (Org.). *Ideias: Construtivismo em revista*. São Paulo: FDE, 1993, p. 87-93.

BERTOLDO, G. E. B. et al. Modelagem matemática do crescimento populacional do município de Santa Rosa-RS. In: IV Congresso Internacional De Educação Científica E Tecnológica, 4., 2017, Santo Ângelo/RS. **Anais...** Santo Ângelo: URI, 2017.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. São Paulo: Contexto, 2. ed., 2011.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991. Tese (Doutorado em Didática) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991. doi:10.11606/T.48.1991.tde-16082013-145625. Acesso em: 2020-04-10.

BLUM, W.; NISS, M. Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects – state, trends and issues in mathematics instruction. **Educational Studies in Mathematics**, Dordrecht, v. 22, n. 1, p. 37-68, 1991.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora LDA, 1994.

BONOTTO, D. L.; SCHELLER, M. Cubagem de madeira com professores de matemática em serviço. In: XI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 12., 2016, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Belo Horizonte: SBEM, 2019.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 4 ed., 2010.

BORGES, M. C.; AQUINO, O. F.; PUENTES, R. V. Formação de professores no Brasil: história, políticas e perspectivas. **Revista HISTEDBR On-Line**, Campinas, v. 42, p. 94 –112, 2011.

BORTONI-RICARDO, S. M. **O professor pesquisador: introdução à pesquisa qualitativa**. São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

BRANCO, S. L. **Evolução das espécies: o pensamento científico, religioso e filosófico**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica dos fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 10–14, 2008.

BRASIL. **DCNs (Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica)**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2013.

BRASIL. **Plano Nacional de Educação (PNE)**. Brasília: Ministério da Educação, 2014.

BRASIL. **Política Nacional de Formação dos Profissionais da Educação Básica**. Brasília: Casa Civil, 2016.

BUENO, V. C. **Concepções de modelagem matemática e subsídios para a educação matemática**: quatro maneiras de compreendê-la no cenário brasileiro. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática)– Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

BURAK, D. Modelagem Matemática sob um olhar de Educação Matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. **Revista de Modelagem na Educação Matemática**, Blumenau, v. 1, n. 1, p. 10-27, 2010.

BURAK, D.; ARAGÃO, R. M. R. **A modelagem matemática e relações com a aprendizagem significativa**. Curitiba: CRV, 2012.

CACHAPUZ, A. C. et al. **A necessária renovação no ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMPOS, A. A. G.; ALVES, E. S.; SPEZIALI, N. L. **Física experimental básica na universidade**. 2 Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

CANDAU, V. M; MOREIRA, A. F. B. Currículo, conhecimento e cultura. In: BRASIL. : Indagações sobre currículo: Currículo, conhecimento e cultura. Brasília: [2007]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Ensfund/indag3.pdf> >. Acesso em: 5 jun. 2014.

CAPPELLETTO, E. **O V de Gowin conectando teoria e experimentação em física geral**: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo. 2009. 297 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ciências no ensino Fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 2005.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**: Tendências e inovações. 10. Ed., São Paulo: Cortez. 2011.

CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

CHAVES, R. et al. Etapas da modelagem a partir da animação “Procurando Nemo”. In: XI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 12., 2016, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Belo Horizonte: SBEM, 2019.

DAMASCENO, H. L. C.; BONILLA, M. H. S.; PASSOS, M. S. C. Inclusão digital no Proinfo integrado: perspectivas de uma política governamental. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 16, n. 32, p. 89-105, 2017.

D'AMBROSIO, U. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Contexto, 1996.

D'AMORE, B. **Educação Matemática**: Da teoria à prática. São Paulo: Papirus, 2005.

DANTAS, C. R. S.; MASSONI, N. T.; SANTOS, F. M. T. A avaliação no Ensino de Ciências Naturais nos documentos oficiais e na literatura acadêmica: uma temática com muitas questões em aberto. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.** v. 25, n. 95, p. 440-482, 2017.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DIAS, N. et al. Avaliação escolar: um estudo no ensino de Ciências Naturais e suas áreas. **Revista Brasileira de Educação**. Vol.14, n. 40, p. 143-155, 2009.

DRIVER, O. V. A constructivist approach to curriculum development in science Studies. **Science Education**, v. 13, p.105-122, 1986.

FAZENDA, I. C. Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade na formação de professores. **Ideação**, Foz do Iguaçu, v. 10, n. 3, p. 93-105, 2008.

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

FERREIRA, M. C.; PEREIRA, L. P. R.; SOUSA, B. N. P. A. Uma atividade de modelagem matemática para a análise da germinação de semente do pepino. In: Encontro Paranaense de Modelagem na educação Matemática, 8., 2018, Cascavel/PR. **Anais...** Cascavel: UNIOESTE, 2018.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação Matemática**: percursos teóricos e metodológicos. 3. ed. São Paulo: Autores Associados, 2009.

FIOREZE, L. A. **Atividades digitais e a construção dos conceitos de proporcionalidade**: Uma análise a partir da teoria dos campos conceituais. 2010. 244 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia dos sonhos possíveis**. São Paulo: UNESP, 2001.

GARCIA, I. K.; POZO, J. I. Concepções de professores de física sobre ensino-aprendizagem e seu processo de formação: um estudo de caso. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 96 -119, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: COLINVAUX, D. (Org.) **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

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

GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1981.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental models, conceptual models, and modelling. **International Journal of Science Education**, v. 22 n. 1, p. 1-11, 2000.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. **Science and Education**, v. 86 n. 1, p. 106-121, 2001.

GUERRERO, J. A. C. Las Aportaciones de Toulmin a la Enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, v. 25, n. 1, p. 133-146, 2007.

HALBERSTADT, F. F. **Atividades de investigação sobre conceitos estatísticos com o uso do LIBREOFFICE CALC**. In: VI Jornada Nacional de Educação Matemática e XIX Jornada Regional de Educação Matemática. Passo Fundo. 2016.

HALBERSTADT, F. F. **A aprendizagem da Geometria Analítica do Ensino Médio e suas representações semióticas no GRAFEQ**. 2015. 174 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática)–Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria, 2015.

HALBERSTADT, F. F.; SANTAROSA, M. C. P.; GARCIA, I. K. Um olhar para as relações entre as modelagens matemática e científica a partir de um estudo bibliográfico. **Revista Exitus**, v. 10, n. 1, p. 1–30 2020. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/1224>. Acesso em: 20 ago. 2020.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 38, n. 1, p. 1-15, 2016.

HUF, S. F.; BURAK, D. Modelagem matemática: reflexões sobre ações dos estudantes e do professor mediante a primeira experiência vivida. In: Encontro Paranaense de Modelagem na educação Matemática, 7., 2016, Londrina/PR. **Anais...** Londrina: UEL, UTFPR, 2016.

IMBERNÓN, F. A formação do professorado. **Cuadernos de Pedagogía**, n. 178, p. 88-97, 2009.

IMBERNÓN, F. **Ser docente en una sociedad compleja**: La difícil tarea de enseñar. Barcelona: Graó Editorial, 2017.

JAPIASSU, I. F. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JUSTI, R. Modelagem - uma abordagem para um ensino de ciências mais autêntico. **Tecné, Episteme y Didaxis**. n. extraordinário, p. 23-38, 2007.

KLÜBER, T. E. Modelagem matemática: revisitando aspectos que justificam a sua utilização no ensino. In: BRANDT, C. F. ; BURAK, D. ; KLÜBER, T. E. (Org.). **Modelagem Matemática**: uma perspectiva para a Educação Básica. Ponta Grossa: Editora UEPG, cap.5, p. 97-114, 2010.

KLÜBER, T. E.; BURAK, D. Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. **Educação Matemática Pesquisa**. v. 10, n. 1, p. 17-34, 2008.

KOVALSKI, L. Modelagem Matemática: articulações entre a prática e propostas curriculares oficiais. In: Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, 20, 2016, Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba: SBEM, 2016.

KRAPAS, S. et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. In: COLINVAUX, D. (Org.) **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

KUHN, T. S. **A Estrutura das revoluções científicas**. 5 ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. L. Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no Ensino Médio. **Ciências & Educação**. v. 13, n. 3, p. 399-420, 2007.

LAVILLE, C; DIONNE, J. **A construção do saber**: Manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Tradução de Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LEITE, R. F.; RITTER, O. M. S. Algumas representações de ciência na BNCC – Base Nacional Comum Curricular: área de Ciências da Natureza. **Temas & Matizes**. v. 11, n. 20, p. 1-7, 2017.

MACEDO, L. Para uma avaliação construtivista. In: **Escola em Movimento**. (Org.). Argumento - Escola em Movimento. São Paulo: Cenp, 1994, p. 123-129.

MAGNAGO, K. F.; OLIVEIRA, L. Uma proposta de ensino por meio da modelagem matemática: cálculo do volume e da área superficial de um reservatório de água. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, Ed. Especial, p. 308-317, 2015.

MARTINS, F. M. L. et al. Ensinar através da modelação matemática: uma primeira discussão baseada numa experiência de ensino no 4.º ano de escolaridade. **Exedra**. n. 8, p. 165-180, 2013.

MEIRA, J. S. et al. Modelo malthusiano aplicado ao crescimento populacional do município de Manoel Viana/RS. In: Encontro Regional de Estudantes de Matemática da Região Sul, 20, 2014, Bagé/RS. **Anais...** Bagé: UNIPAMPA, 2014.

MENDONÇA, L. O.; LOPES, C. E.; SOARES, E. Educação estatística em um ambiente de modelagem matemática nas aulas do ensino médio. **Horizontes**, Itatiba, v. 31, n. 1, p. 9-19, 2013.

MEYER, J. F. C. A.; CALDEIRA, A. D.; MALHHEIROS, A. P. S. Modelagem em Educação Matemática. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

MIGUENS, S. **Filosofia da Linguagem**. Porto (Portugal): SerSilito, 2007.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **GESTAR II**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/gestar-ii>>. Acesso em: 20 out. 2018.

MOCROSKY, L. F.; PAULO, R. M.; BICUDO, M. A V. A avaliação em Educação Matemática: um olhar fenomenológico sobre a produção acadêmica do III SIPEM. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, Vol.3, n. 2, p. 23-46, 2010.

MOLAS. Experimentos de Física de baixo custo, 2020. Disponível em: <<http://experimentosdefisicadebaixocusto.blogspot.com/2009/03/teste.html>>. Acesso em: nov. 2020.

MONZON, J. M. F.; SILVA, C. R. G. X. Modelagem de fenômenos físicos no ensino de trigonometria. In: Encontro Paranaense de Modelagem na educação Matemática, 8., 2018, Cascavel/PR. **Anais...** Cascavel: UNIOESTE, 2018.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v.9 n.2, p.191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 3. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física - URGs, 1999.

MOREIRA, M. A.. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**. Vol.7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em ensino**: aspectos metodológicos. In: Instituto de Física - UFRGS. Burgos: Universidade de Burgos, 2003. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2016.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educação Científica**. Vol.4, n. 2, p. 38-44, 2005.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Vol.7, n. 2, p. 1-20, 2014.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Didáticos para o Professor**: Mapas Conceituais, Diagramas V, Organizadores Prévios, Negociação de Significados, e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas: apostila. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2016, 71 p.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. **Revista Ensaio**, v.16, n. 2, p. 185-206, 2014.

MUNIZ JÚNIOR, I. Econs Ou Humanos? Um Estudo Sobre a Tomada de decisão em Ambientes de Educação Financeira Escolar. **Tese** (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 2016.

NACARATO, A. M. A Formação do Professor de Matemática: pesquisa x políticas públicas. **Contexto e Educação**, ano 21, n. 75, p. 131-153, 2006.

NÓVOA, A. Formação de professores e profissão docente. In:_____. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4758/1/FPPD_A_Novoa.pdf> Acesso em: 26 ago. 2019.

OLIVEIRA, C. A. M.; BONATTO, M. P. O. Vírus e modelagem para a educação em saúde: uma investigação no Parque da Ciência/Museu da Vida/Fiocruz. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11., 2017, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis: Universidade Estadual de Londrina, 2017.

OLIVEIRA, G. S.; BIZZO, N. Aceitação da evolução biológica: atitudes de estudantes do ensino médio de duas regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, Vol.11, n. 1, p. 57-79, 2011.

OTERO, M. R. La Teoría de los Campos Conceptuales. In: OTERO, M. R. et al. (Coord). **La teoría de los campos conceptuales y la conceptualización en aula de matemática y física**. 1. ed. Buenos Aires: Dunkem, 2014. cap. 1 p. 15-32.

PAIS, L. C. **Ensinar e aprender matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

PALANDI, J. et al. **Cinemática e Dinâmica**: material instrucional. Santa Maria: Departamento de Física – UFSM, 2010, 84 p.

PAVANELLO, R. M.; NOGUEIRA, C. M. I. Avaliação em Matemática: algumas considerações. **Estudos em Avaliação Educacional**. São Paulo, Vol.17, n. 33, p. 29-42, 2006.

PEIXOTO, B. G.; et al. Modelando a vida: pesquisa para a construção de oficina de modelagem de células no Parque da Ciência/Museu da Vida/ Fiocruz. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11., 2017, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis: Universidade Estadual de Londrina, 2017.

PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI**: a formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed, 2002. 176p.

PICCININI, C. L.; das NEVES, R. M. C.; de ANDRADE, M. C. P.. Consensos de especialistas em educação em ciências sobre educação científica escolar no âmbito da reforma curricular da educação básica brasileira do século XXI In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11., 2017, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2017.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PINTO, A. H. A Base Nacional Comum Curricular e o Ensino de Matemática: flexibilização ou engessamento do currículo escolar. **Bolema**, Rio Claro, v. 31, n. 59, p. 1045-1060, 2017.

PISCHING, I.; KÖNIG, R. I.; BÖCKEL, W., J. Os Modelos Matemáticos emergentes a partir de Contas de Água. In: Encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática, 7., 2016, Londrina/PR. **Anais...** Londrina: UEL, UTFPR, 2016.

POMBO, O. Epistemología da interdisciplinaridade. **Ideação**, Foz do Iguaçu, v. 10, n. 1, p. 9–40, 2008.

PONTE, J. P; BROCARD, J; OLIVEIRA, H. **Investigações matemáticas na sala de aula**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

POZO, J. I. El Cambio de las Concepciones Docentes como Factor de la Revolución Educativa. **Revista Q**, Mendellín, v. 3, n. 5, p. 1-27, 2008.

POZO, J. I.; et al. **Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje**: Las concepciones de profesores y alumnos. Barcelona: Graó, 2006.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

QUARTIERI, M. T. et al. Formação continuada: integrando a Física e a Matemática no Ensino Médio por meio de recursos tecnológicos. In: Congresso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 7., 2016, Bogotá. **Anais...** 2016.

RIBEIRO, M. E. M.; RAMOS, M. G. A pesquisa em sala de aula no âmbito do ensino de Ciências: a perspectiva da Base Nacional Comum Curricular do Ensino Fundamental. In: Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 37., 2017, Rio Grande/RS. **Anais...** Rio Grande: FURG, 2017.

SAAVEDRA FILHO, N. C. et al. A videoanálise como mediadora da modelagem científica no Ensino de Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino, Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 10, n. 3, p. 231–246, 2017.

SALLES, E. B. **Formação continuada de professores do ciclo de alfabetização na avaliação de coordenadoras locais a partir de ações do PNAIC em municípios do Rio Grande do Sul**. 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática)–Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SANTAROSA, M. C. P. **Investigação da aprendizagem em Física Básica Universitária a partir de um ensino que integra situações e conceitos das disciplinas de Cálculo I e de Física I**. 2013. 382 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANTOS, A. L. F.; AZEVEDO, J. M. L. A pós-graduação no Brasil, a pesquisa em educação e os estudos sobre a política educacional: os contornos da constituição de um campo acadêmico. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 22, p. 534-550, 2009.

SANTOS, C. A.; HALBERSTADT, F. F. Uma prática interdisciplinar entre Matemática e Geografia no Ensino Médio Técnico Integrado: construção de países imaginários. **Research, Society and Development**. Vol.9, n. 6, p. 1-16, 2020.

SANTOS, F. A.; QUARTIERI, M. T. Modelagem matemática e bicicleta: investigação do custo benefício deste meio de transporte. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 68–78, 2014.

SKOVSMOSE, O. Cenários de investigação. **Bolema – Boletim de Educação Matemática**, n. 14, p. 66-91, 2000.

SOUZA, V. C. Política de formação de professores para a educação básica: a questão da igualdade. **Revista Brasileira de Educação**. Vol.19, n. 58, p. 629-653, 2014.

SOUZA, P. V. T.; SALLES, P.; GAUCHE, R. O uso de modelos qualitativos como recurso didático para o Ensino de Ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em

Educação em Ciências, 12., 2019, Natal/RN. **Anais...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

SOUZA, E. G.; BARBOSA, J. C. Contribuições teóricas sobre a aprendizagem matemática na modelagem matemática. **Zetetiké**. Vol.22, n. 41, p. 31-58, 2014.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**. Vol.13, n. 39, p. 545-554, 2008.

TOULMIN, S. **La comprensión humana**. El uso colectivo y evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Editorial, 1977.

VEIT, E. A.; BRANDÃO, R. V.; ARAÚJO, I. S. Aplicando modelagem didático-científica nas aulas de física. In: Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 8., 2013, Santa Maria/RS. **Anais...** Santa Maria: UFN, 2013.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. (1982). **Addition and subtraction**. A cognitive perspective. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. 1982. p. 39-59.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique. La Londe les Maures, França, 1983.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10 n. 23. p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA DO RIO DE JANEIRO. **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1993, p. 1-26.

VERGNAUD, G. En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo. **Investigações em Ensino de Ciências**. Vol. 12, n. 2, p. 285-302, 2007.

VERGNAUD, G. O que é aprender? Por que a Teoria dos Campos Conceituais? In: **O que é aprender?** Iceberg da conceitualização. Organização de Esther Pillar Grossi, p.15-51. Por Alegre, Rio Grande do Sul: GEEMPA, 2017.

VICENTINI, T.; et al. Museu de ciências e contextualização: um possível caminho para a alfabetização científica. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11., 2017, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis: UEL, 2017.

ANEXO A – EMENTA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Nome da disciplina: MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Carga Horária sugerida: 60h

Créditos: 4

Objetivo Geral:

Discutir as potencialidades e desafios do uso da modelagem na educação em ciências.

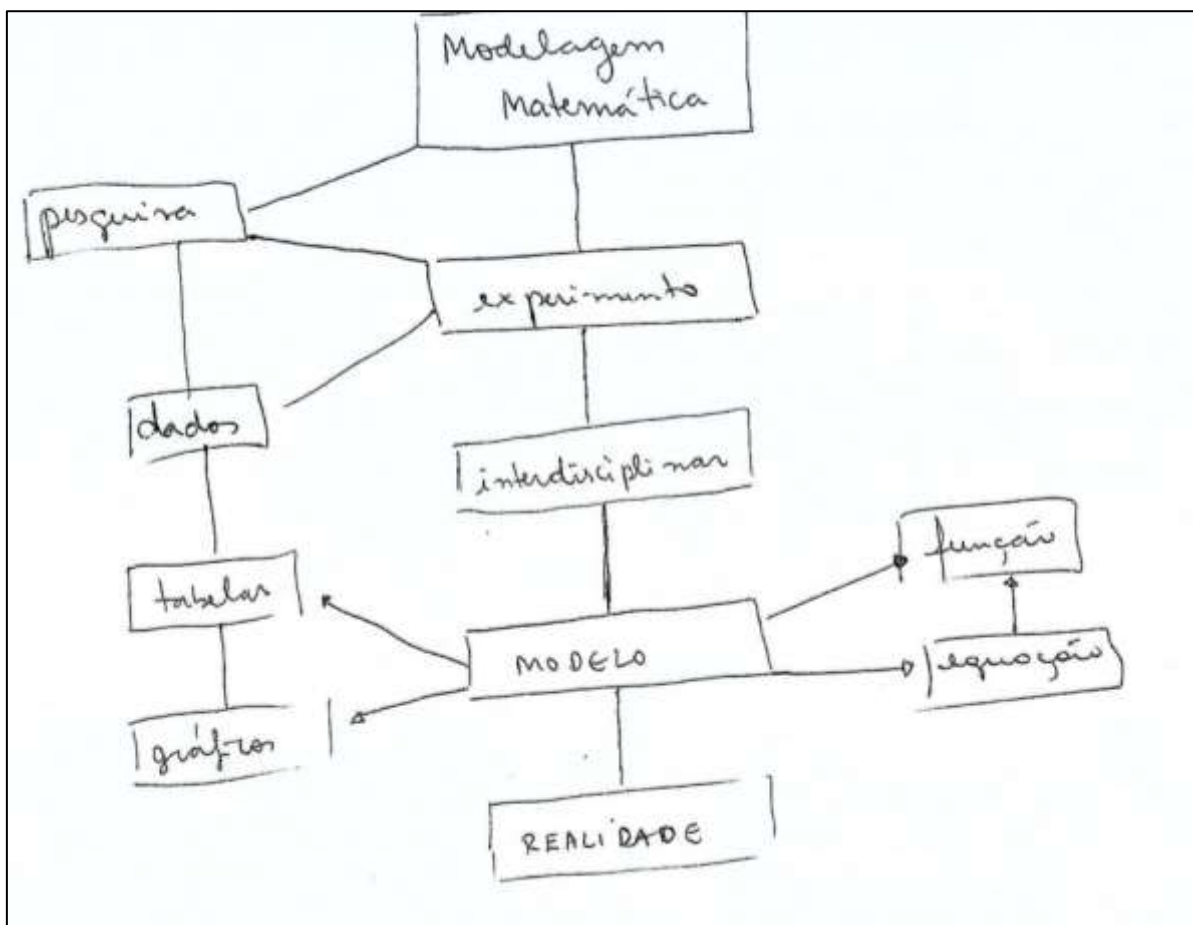
Objetivos Específicos:

- Discutir a relação entre os processos de modelagem na ciência a partir da Epistemologia Evolutiva de Stephen Toulmin;
- Discutir os modelos mentais na perspectiva de Johnson-Laird e suas implicações para o ensino e aprendizagem de ciências;
- Discutir a modelagem matemática e suas implicações para o ensino e aprendizagem de ciências;
- Elaborar e discutir propostas envolvendo a modelagem no ensino e aprendizagem e ciências.

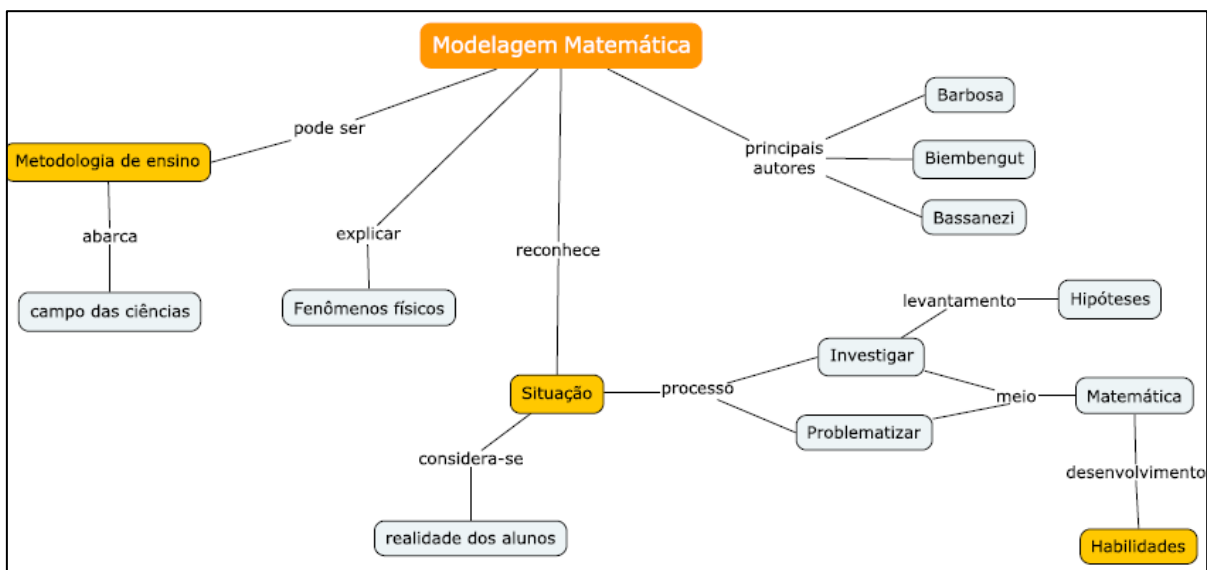
Ementa:

- Epistemologia da Ciência;
- Evolução Conceitual no ensino de ciências e matemática;
- A interdisciplinaridade no ensino de ciências e matemática;
- A modelagem científica;
- A modelagem matemática;
- A modelagem no ensino e aprendizagem de ciências e matemática;
- A modelagem e o currículo de ciências e matemática.

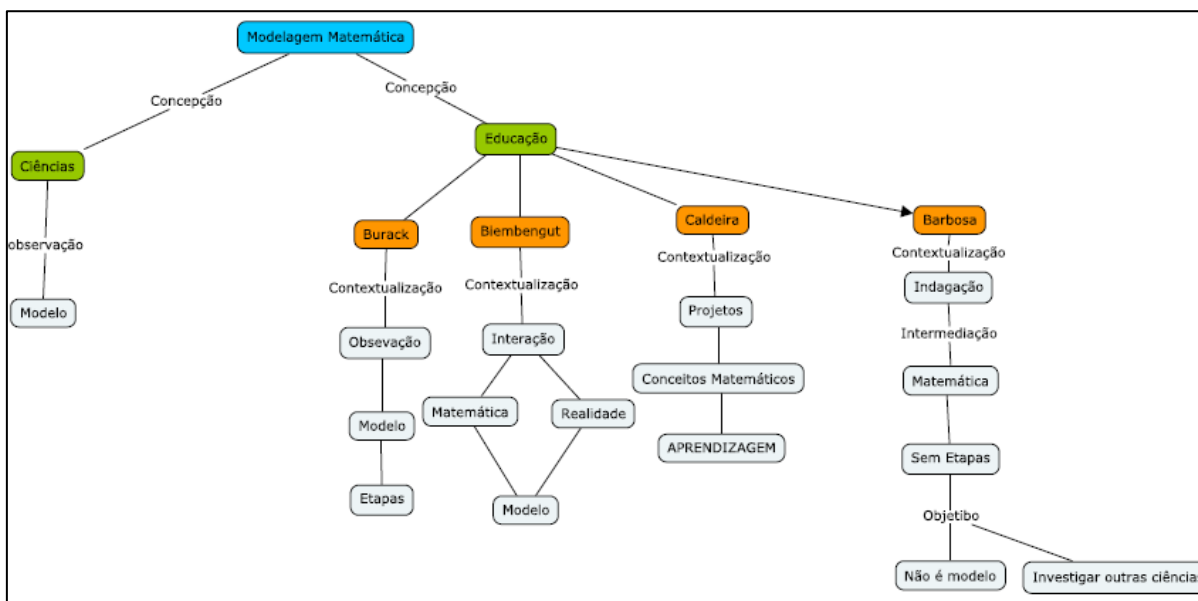
Metodologia: As aulas serão expositivas e com apresentação de seminários pelos alunos. A avaliação será formativa (ao longo do processo). Como instrumentos de avaliação serão utilizados mapas conceituais construídos pelos alunos, “V” de Gowin, as apresentações dos seus respectivos seminários, bem como as demais tarefas solicitadas ao longo da disciplina.

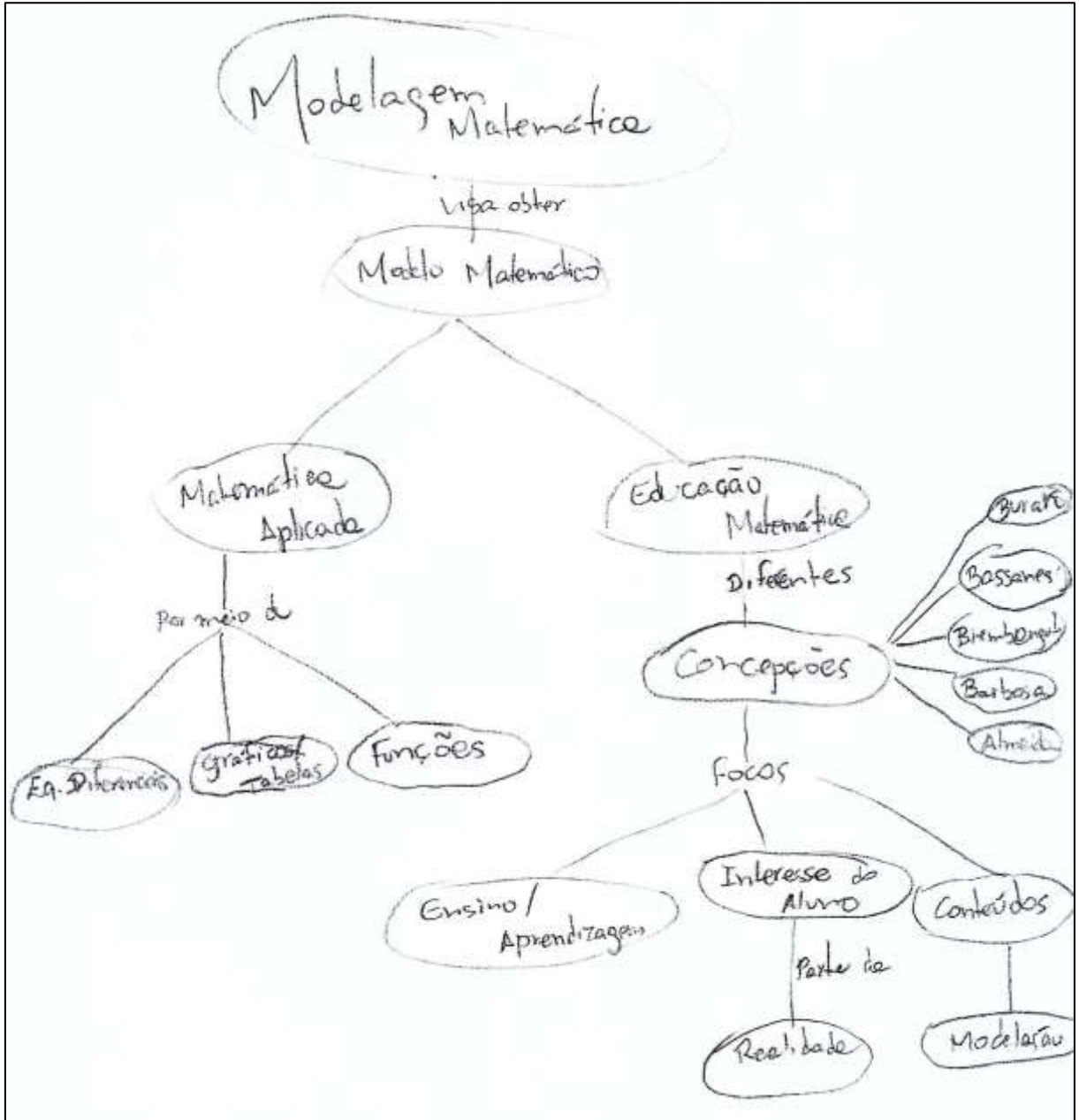
ANEXO B – MAPA CONCEITUAL INICIAL DA PROFESSORA P₁

ANEXO C – MAPA CONCEITUAL INICIAL DA PROFESSORA P₃

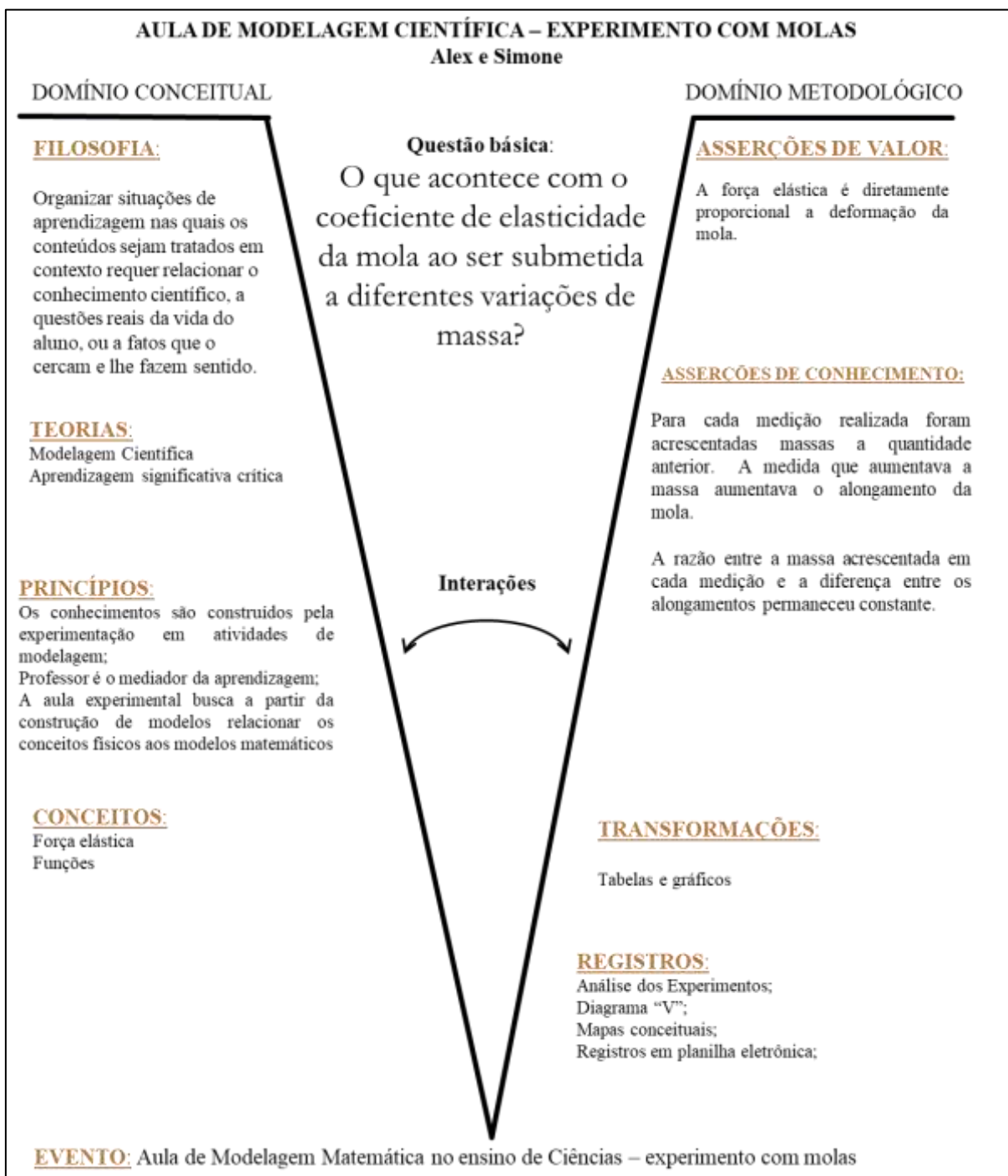


ANEXO D – MAPA CONCEITUAL INICIAL DO PROFESSOR P_4

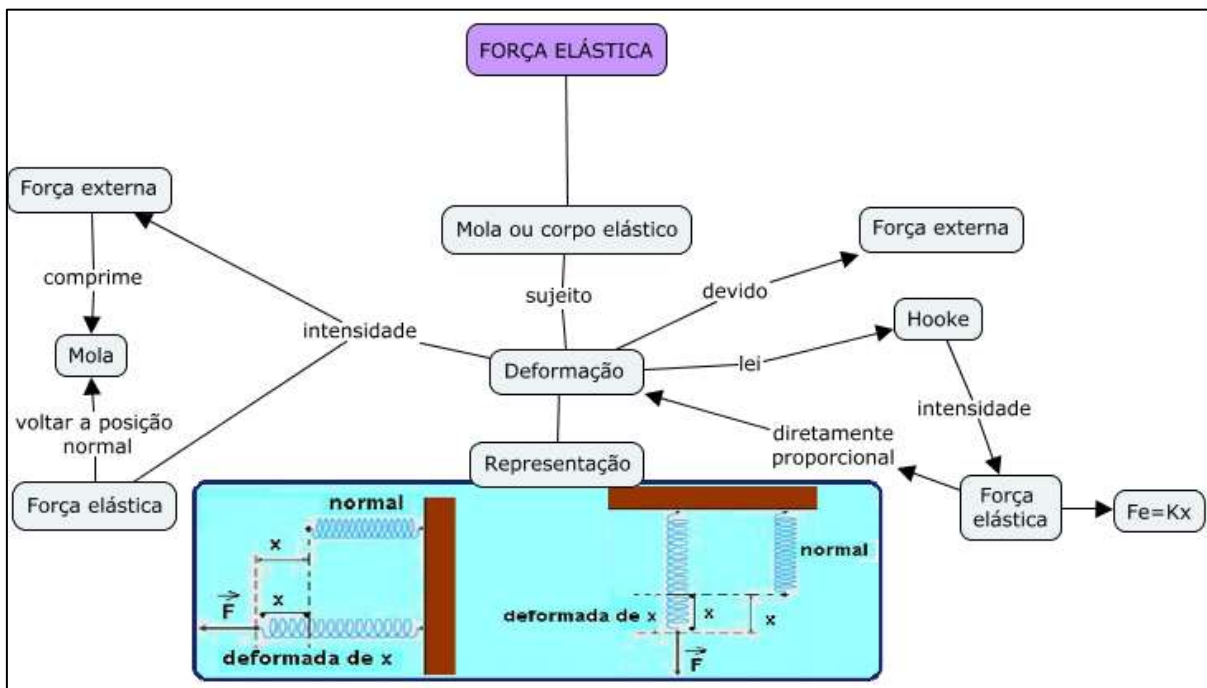


ANEXO E – MAPA CONCEITUAL INICIAL DO PROFESSOR P₅

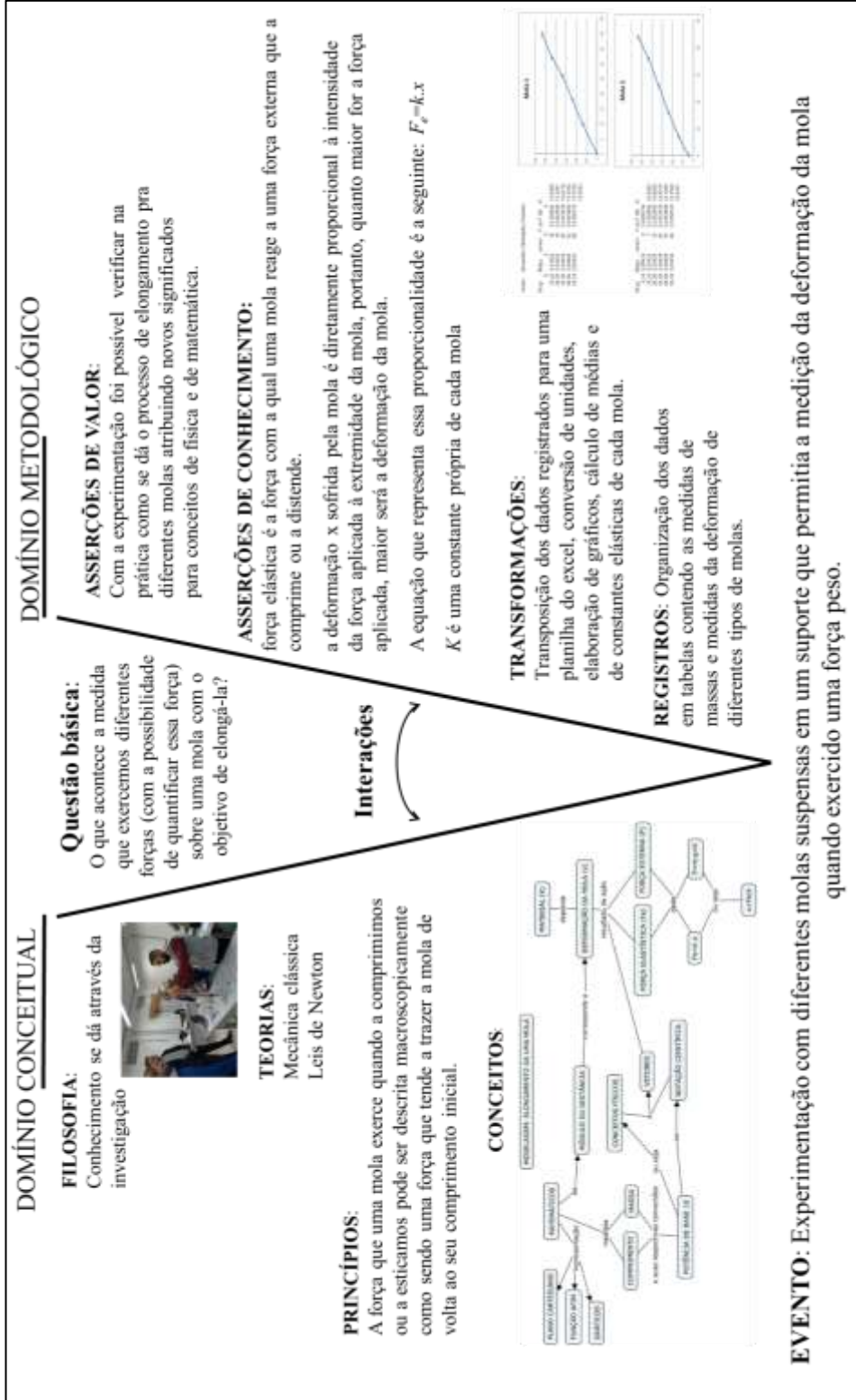
ANEXO F – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P_1 E P_4



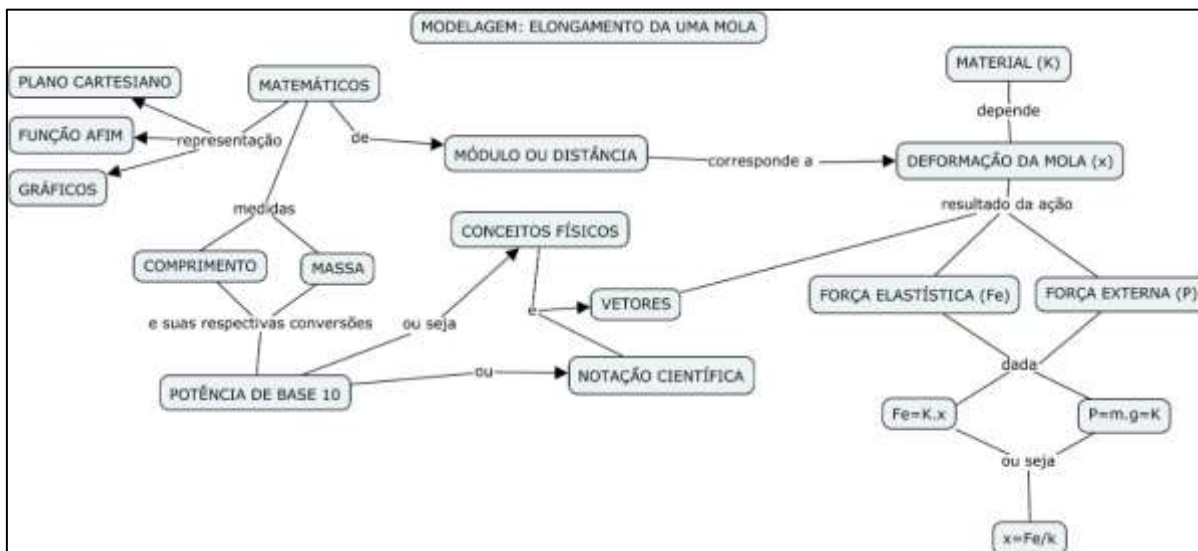
ANEXO G – MAPA CONCEITUAL SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P_1 E P_4



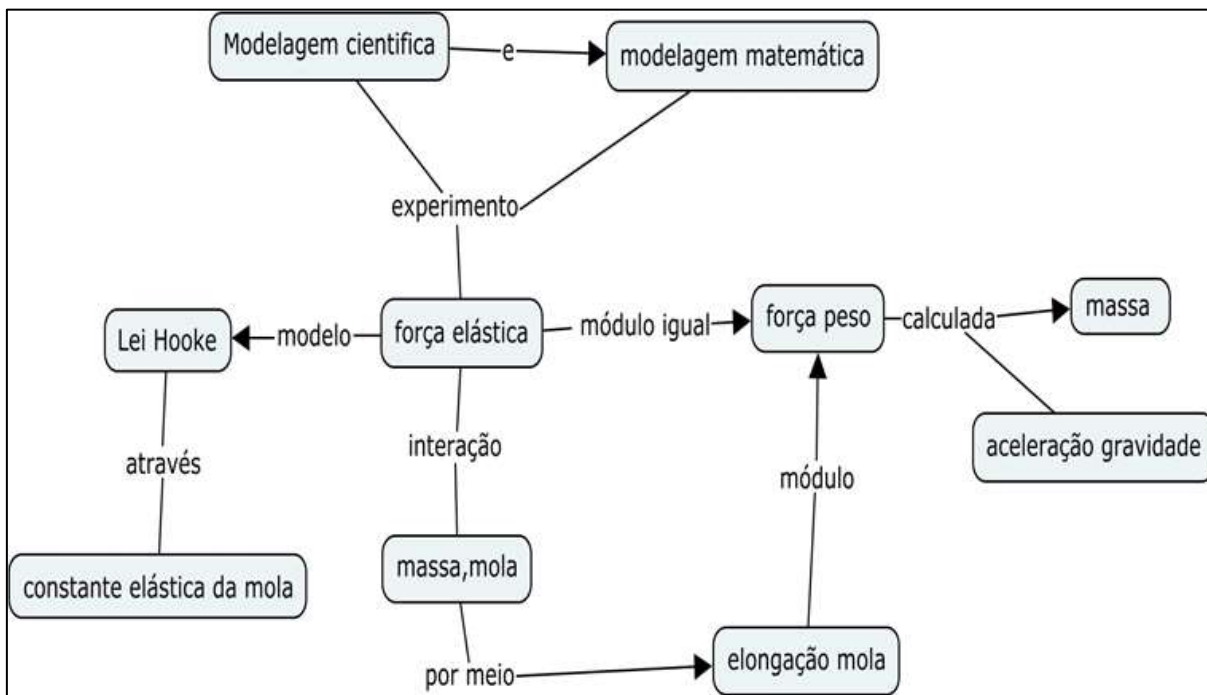
ANEXO H – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P₅ E P₆



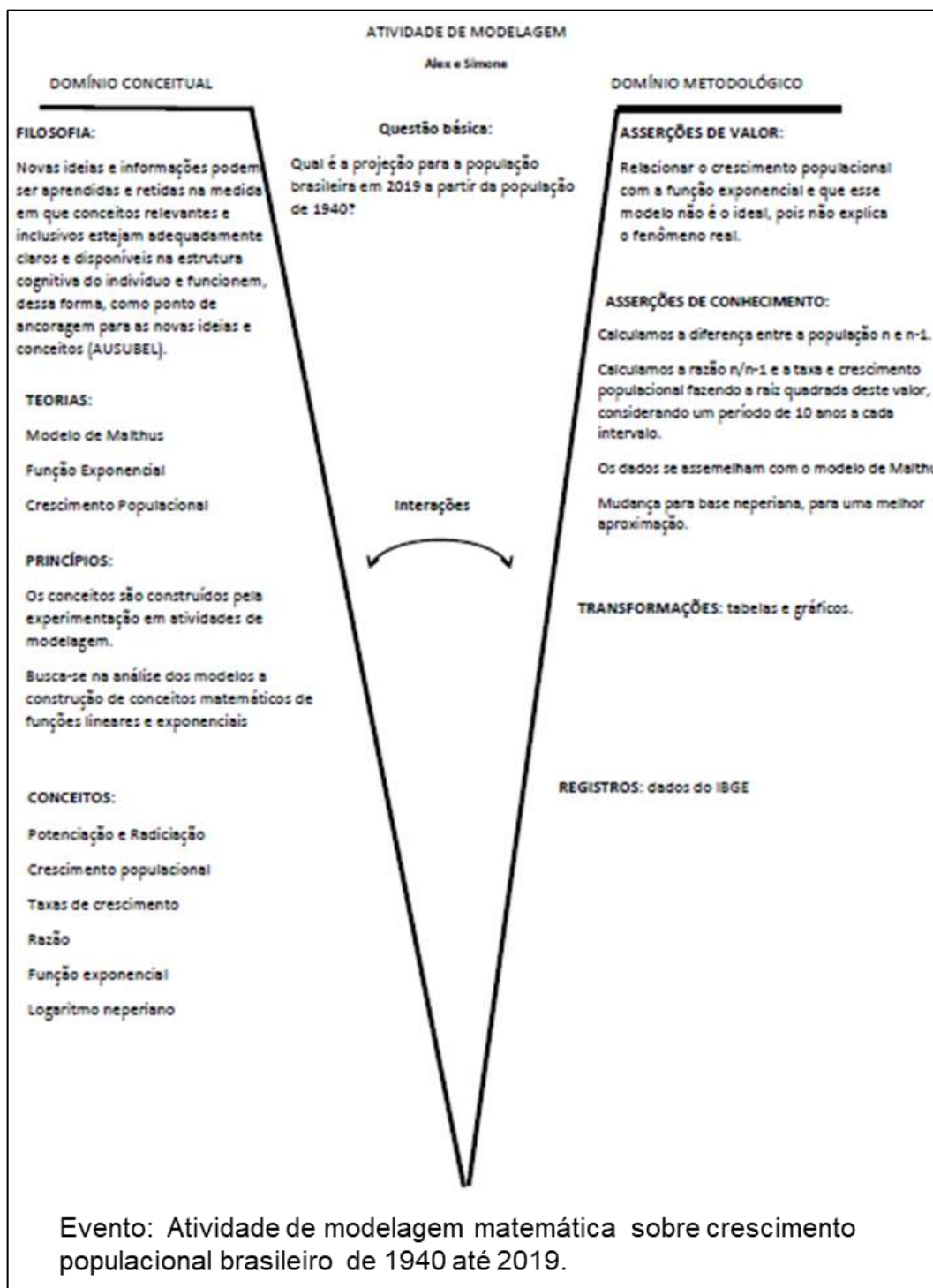
ANEXO I – MAPA CONCEITUAL SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P_5 E P_6



ANEXO K – MAPA CONCEITUAL SOBRE A LEI DE HOOKE DOS PROFESSORES P_2 E P_3



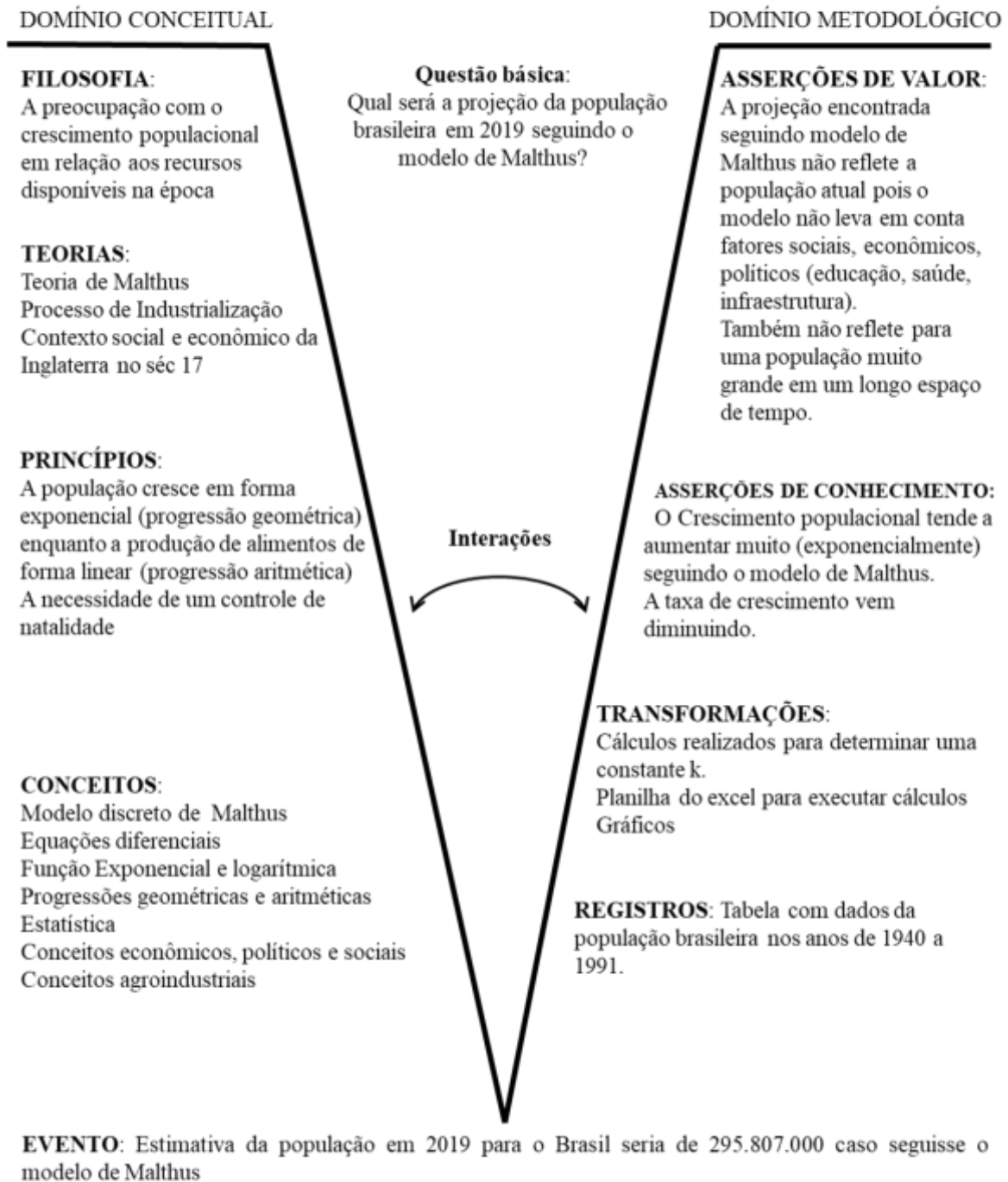
ANEXO L – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE MALTHUS DOS PROFESSORES P_1 E P_4



ANEXO M – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE MALTHUS DOS PROFESSORES P_5 E P_6

Aplicação do Modelo de Malthus para a população brasileira em 2019

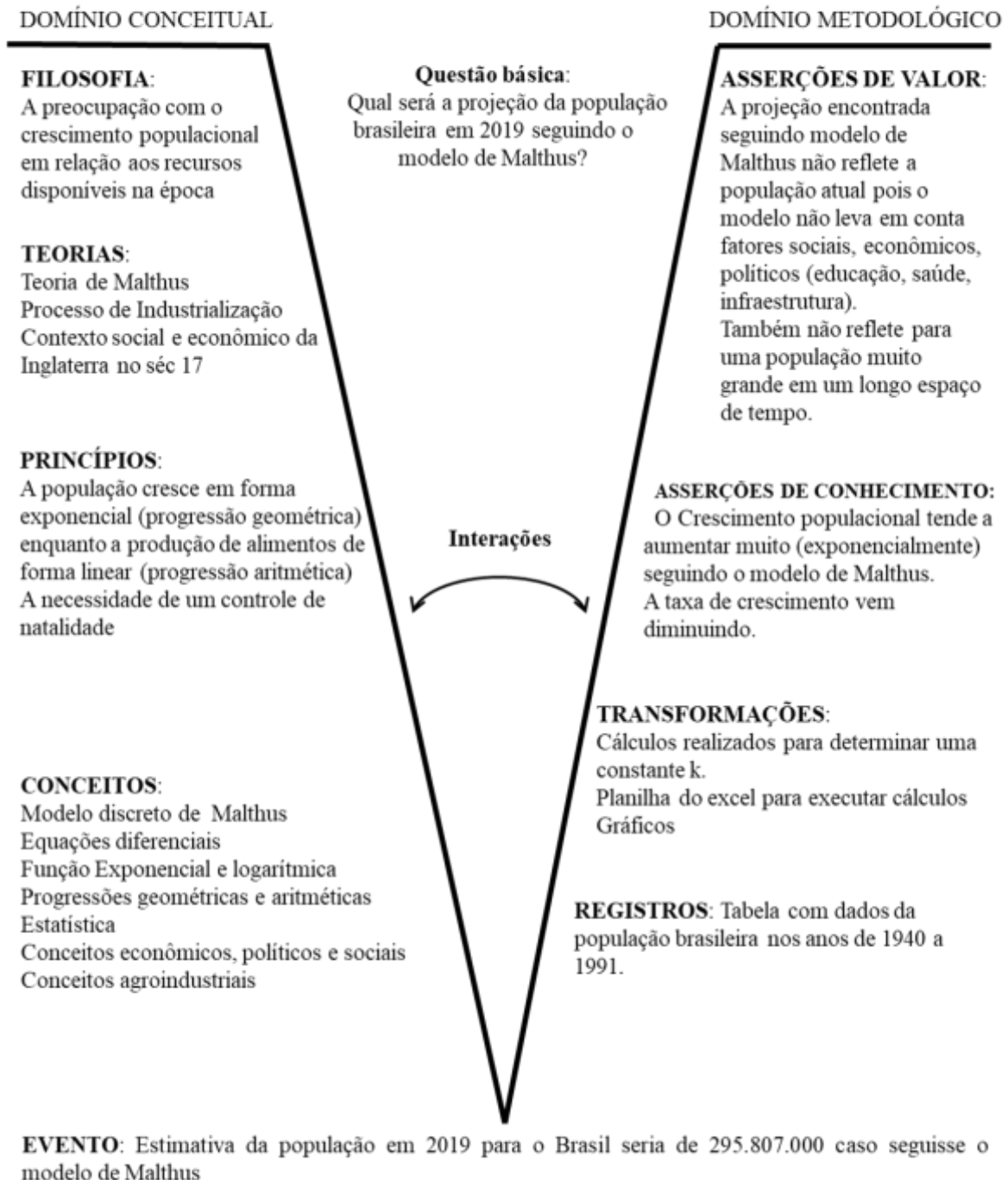
Alexandre Xavier e Suziane Dias Almansa



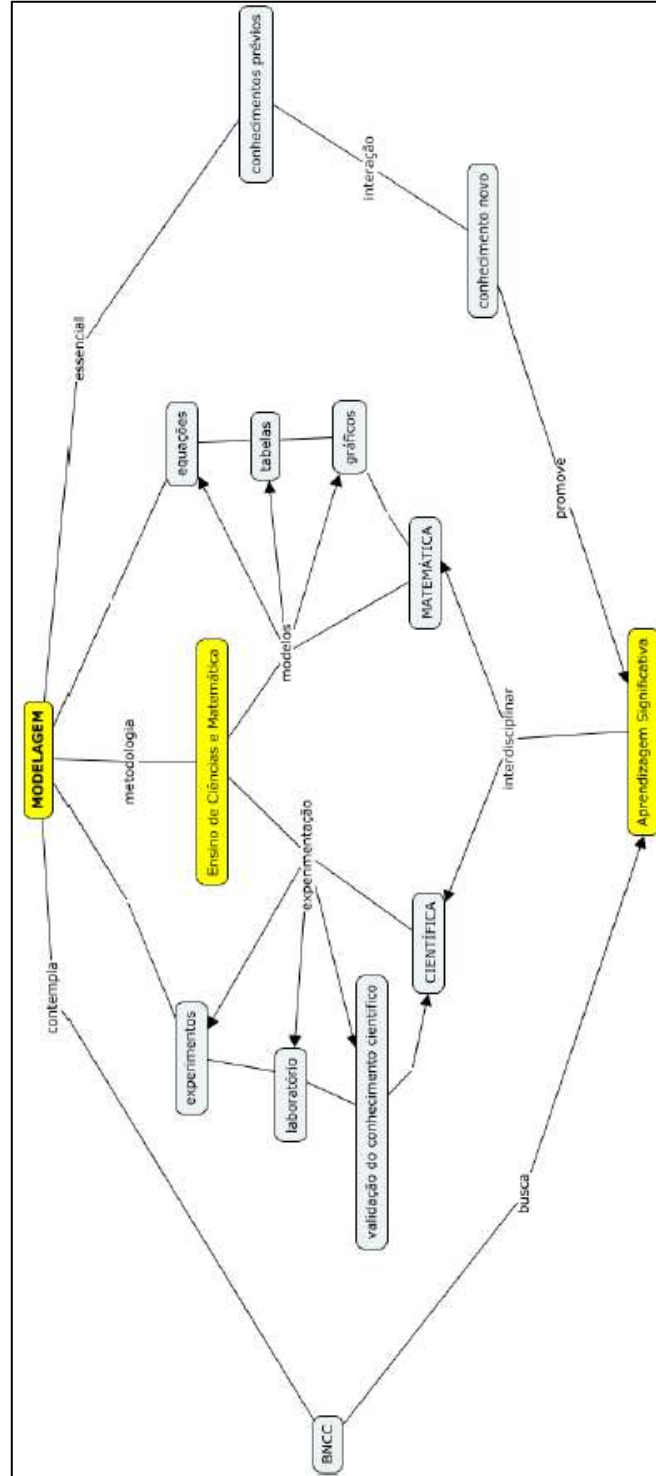
ANEXO N – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE MALTHUS DAS PROFESSORAS P_2 E P_3

Aplicação do Modelo de Malthus para a população brasileira em 2019

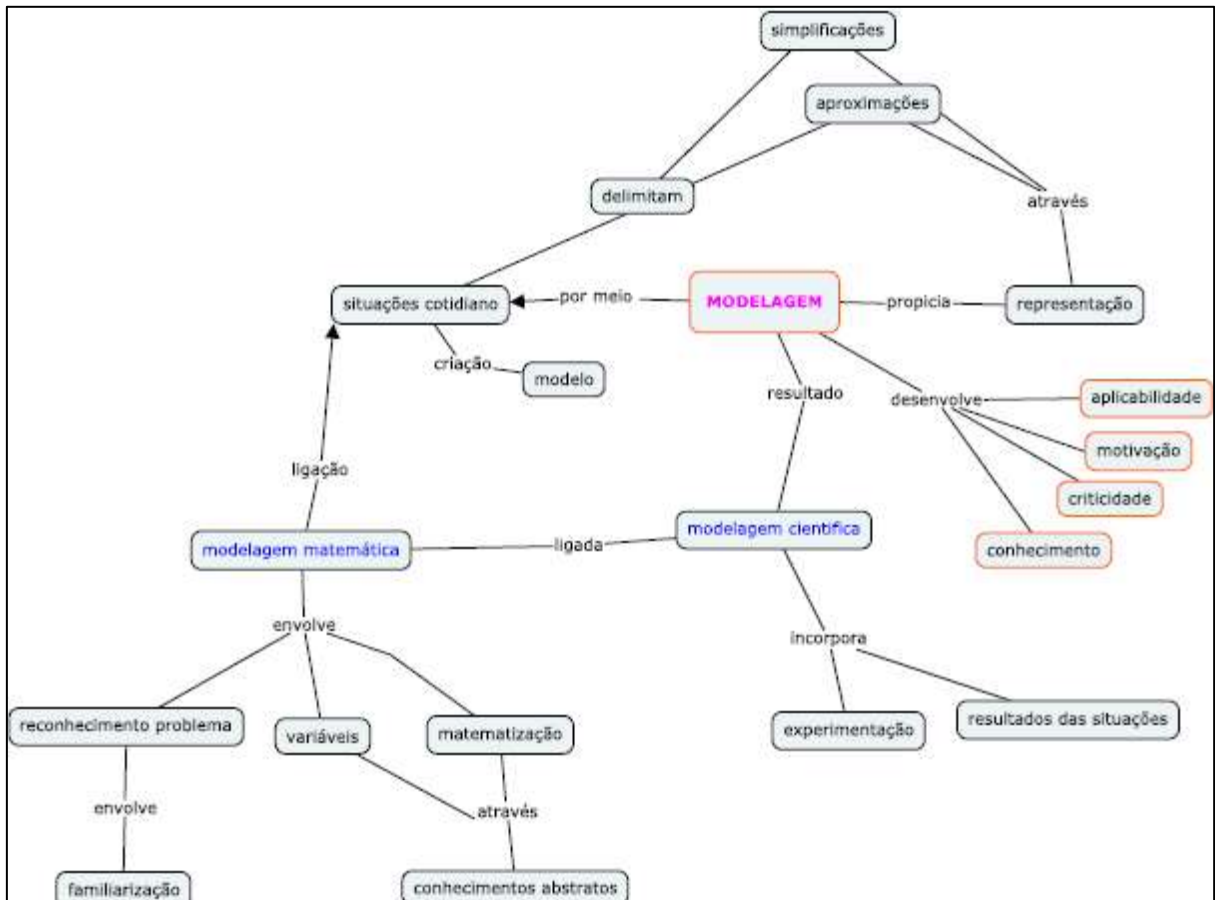
Alexandre Xavier e Suziane Dias Almansa



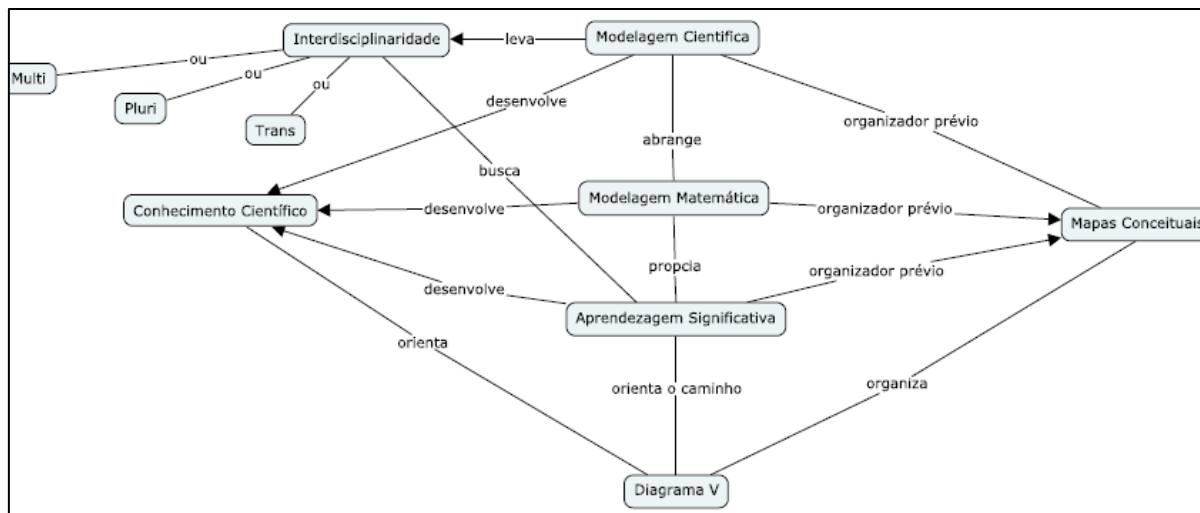
ANEXO O – MAPA FINAL DA PROFESSORA P₁



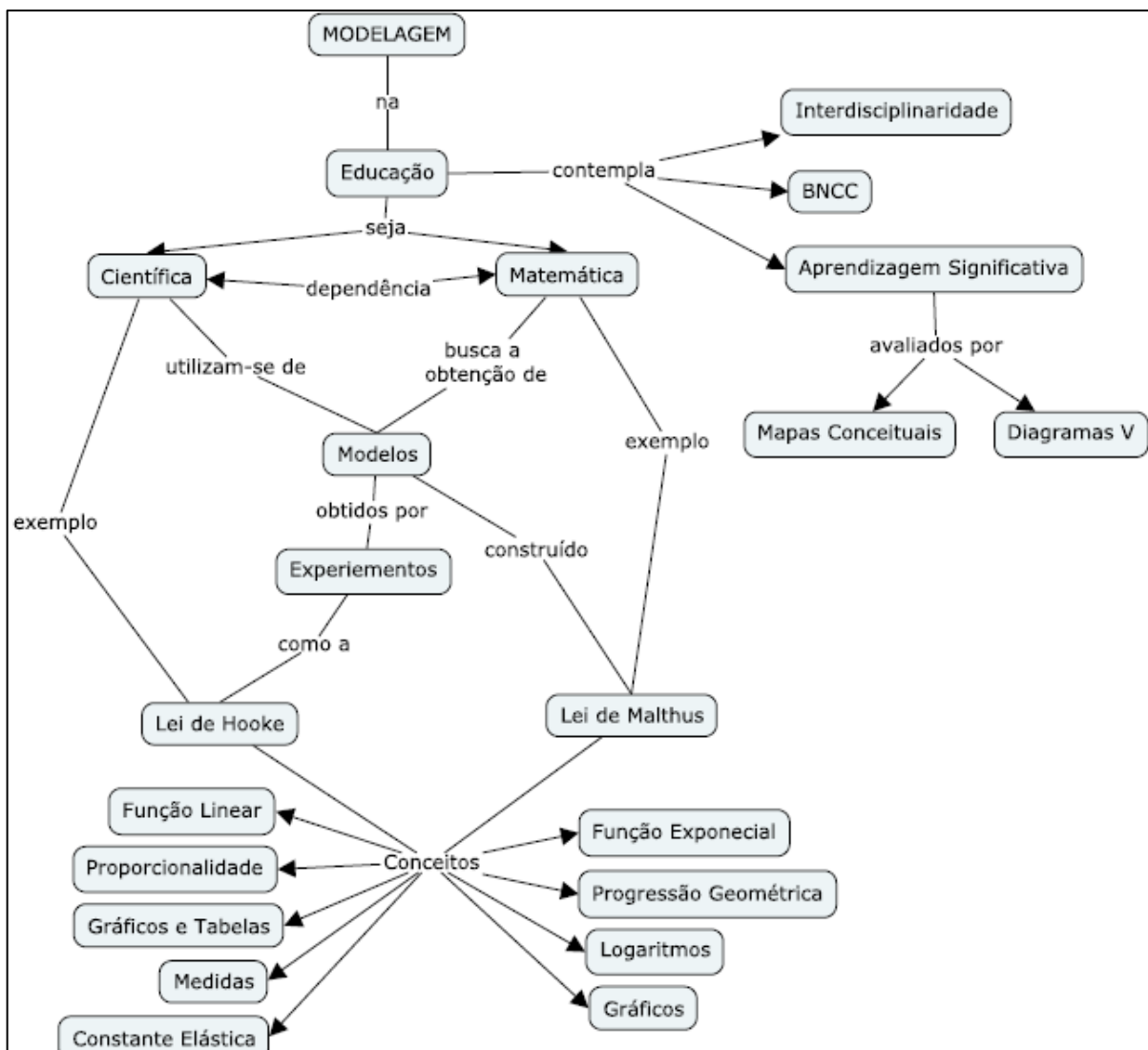
ANEXO P – MAPA FINAL DA PROFESSORA P₂



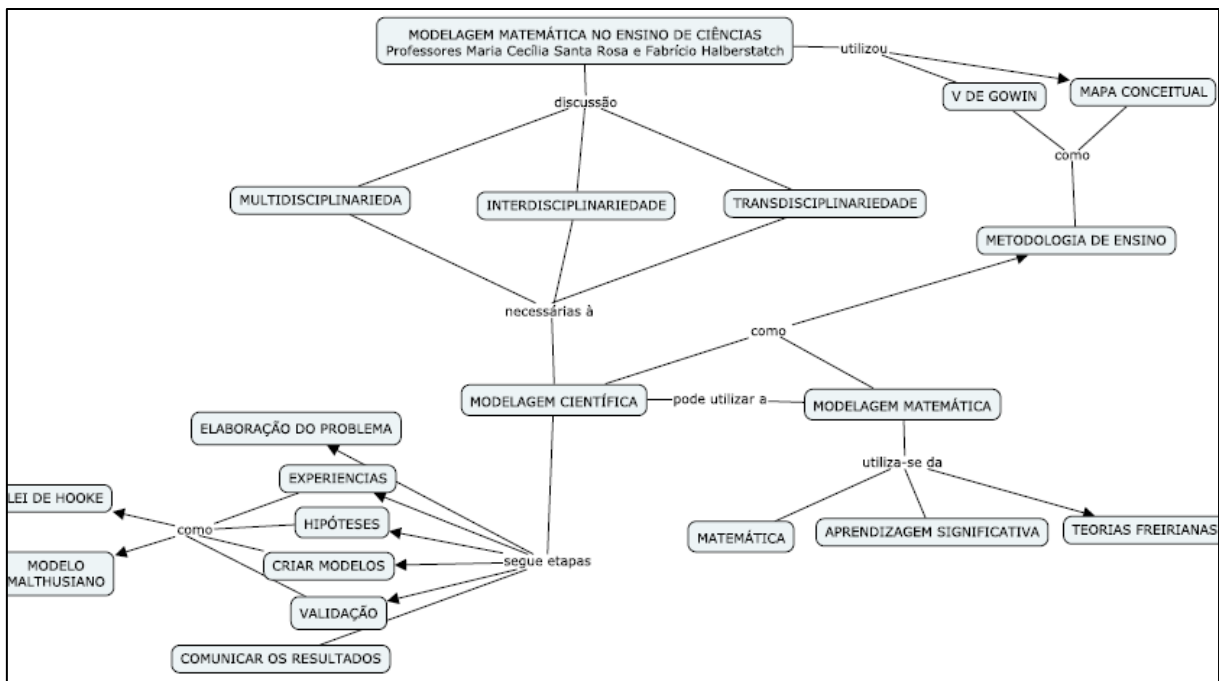
ANEXO R – MAPA FINAL DO PROFESSOR P_4



ANEXO S – MAPA FINAL DO PROFESSOR P₅



ANEXO T – MAPA FINAL DA PROFESSORA P₆



APÊNDICE A – A MODELAGEM NA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NO BRASIL

Nome da IES (Sigla - UF)	Nome do Curso	Nível: Mestrado Profissional I (MP), Mestrado Acadêmico (MA) e ou Doutorado (D)	Nome da disciplina	Ementa
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ – RJ)	ENSINO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE	MA e D	Modelagem Computacional de Sistemas Biológicos	Introdução à Modelagem Computacional- Conceitos básicos de modelagem computacional - Introdução à modelagem computacional de sistemas biológicos - Introdução ao MATLAB - Métodos Matemáticos: Redes booleanas, Equações diferenciais, Simulação estocástica - Modelagem Computacional de Sistemas Biológicos - Regulação genica - Sinalização Celular - Metabolismo - Modelos Integrados - Modelagem Computacional de Doenças: Câncer - Introdução à biologia de sistemas do câncer.
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO (FUPF – RS)	ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	MP	Modelagem Matemática na Educação Básica (disciplina não obrigatória)	Modelos e modelagem matemática. Técnicas de modelagem. Modelagem científica. Discussões envolvendo aplicações didáticas no contexto da educação básica.
UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI (UNIVATES – RS)	ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS	MP	Modelagem Matemática	Estudo e análise de conteúdos específicos de Matemática, buscando aprofundar e atualizar conceitos relevantes para o ensino de Ciências Exatas, enfocando a modelagem matemática e utilizando como ferramentas recursos tecnológicos.
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL (PUC – RS)	EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	MA e D	Modelagem nas Ciências e Matemática para professores	Modelos e modelagem. Matemática: conceitos de modelos e métodos de pesquisa. Modelagem na Educação: conceito e método de ensino. Como e quando fazer Modelagem nas Ciências. Como fazer ensino com pesquisa na Educação Básica - Modelação.
UNIVERSIDADE CRUZEIRO DO SUL (UNICSUL – SP)	ENSINO DE CIÊNCIAS	MA e D	Modelagem no Ensino em Ciências, Matemática e Tecnologias (disciplina do doutorado)	Não encontrada no site
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL (UCS – RS)	ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	MP	Modelos e Transposição Didática no Ensino e Aprendizagem	Modelos como elementos de predição, guias da investigação, organizadores de dados, justificadores de resultados. Ênfase nos modelos didáticos: modelos mentais e modelos conceituais. Os modelos como auxiliares à transposição didática, em especial no que diz respeito à passagem saber sábio - saber a ensinar, e saber a ensinar - saber ensinado. Atividades de elaboração, construção e exploração de modelos.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA (UEPB – PB)	ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	MA	Modelagem Matemática	Não encontrada no site
	ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	MP		Não encontrada no site
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA (UEL – PR)	ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	MA e D	Modelagem Matemática e suas perspectivas na Educação Matemática	Não encontrada no site
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA (UNIOESTE – PR)	EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	MA e D	Modelagem Matemática na Educação Matemática (Me D)	Histórico, concepções e perspectivas. Ensino e Aprendizagem no contexto da Modelagem. Educação Básica e Modelagem. Formação de Professores em Modelagem Matemática.
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" (UNESP – SP)	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	MA e D	Modelagem em Educação Matemática	Modelagem Matemática na perspectiva de uma Tendência em Educação Matemática. Modelagem Matemática e relações com as demais Tendências em Educação Matemática. Modelagem Matemática e a Educação Básica e/ou Superior.
	EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA	MA e D	Experimentação, modelos e evolução da Química	A disciplina abordará o papel da experimentação e da evolução dos modelos utilizados na interpretação dos dados experimentais nas várias fases do desenvolvimento da Química, da pré-história aos dias atuais. Com relação ao modelo atômico-molecular atual, será abordada a necessidade da migração do nível macroscópico para o microscópico para a compreensão dos fenômenos químicos, e as implicações destas características da área na formação inicial de professores e na Educação em Ciências.
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA – BA)	ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS	MA e D	MODELAGEM MATEMÁTICA	Não encontrada no site
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA (UFJF – MG)	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	MP	Modelagem Matemática	Não encontrada no site
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO (UFOP – MG)	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	MP	Modelos e Modelagem Matemática	Modelagem matemática no âmbito educacional. O estudo de modelos clássicos e a evolução de modelos, conceituando técnicas matemáticas e métodos estatísticos utilizados. O desenvolvimento, realização e avaliação de atividades de modelagem matemática voltadas à sala de aula.
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO (UFOP – MG)	ENSINO DE CIÊNCIAS	MP	Modelagem Biológica	Equações Diferenciais e Métodos Numéricos. Introdução à Ecologia de Populações. Dinâmica Populacional. Modelagem baseada em condições reais.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC (UFABC – SP)	ENSINO E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DA MATEMÁTICA	MA	Modelos em Química: validade, usos e limites	Visão atual sobre a construção da ciência química. Limites de validade das teorias utilizadas na Química envolvendo: ligação química; reações químicas; equilíbrio químico; reações ácido-base; reações de oxidação-redução; termoquímica; cinética química.
			Teorias e Modelos de Ensino Aprendizagem	Conceituação de ensino e de aprendizagem. Estudo das principais teorias de ensino e aprendizagem. Análise da perspectiva de complementaridade entre as diversas abordagens teóricas do processo de ensino e aprendizagem: tradicional, comportamentalista, humanista, cognitivista, sociocultural. Implicações das teorias de ensino e aprendizagem para o ensino de ciências.
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ – RJ)	ENSINO DE FÍSICA	MP	MODELAGEM COMPUTACIONAL	Métodos numéricos e modelagem de fenômenos físicos. Métodos básicos; precisão numérica. Integração de equações diferenciais. Métodos de Monte-Carlo. Aplicações ao ensino de Física.
	ENSINO DE MATEMÁTICA	MA e D	Modelagem Matemática	Conceitos básicos e modelos elementares. Princípios variacionais. Não linearidade. Exemplos de modelos. Universalidade. Derivação de modelos a partir de leis da natureza. Princípios de conservação. Modelos de difícil formalização. Experimentos Computacionais com Modelos.
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS – RS)	EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE	MA e D	Método para o Ensino e Pesquisa*	Não encontrada no site
	ENSINO DE FÍSICA	MP, MA, D	Tópicos de Modelagem Computacional Aplicada ao Ensino de Física (MA e D)	Perspectivas teóricas e metodológicas na modelagem computacional aplicada ao ensino de Física; Modelos Científicos; epistemologia do conhecimento científico.
			Modelagem Computacional no Ensino de Física (MA e D)	Fundamentação epistemológica sobre modelagem em Física; modelagem aplicada ao ensino de Física; modelagem computacional aplicada ao ensino de Física.
	ENSINO DE MATEMÁTICA	MP e MA	Modelagem na Educação Matemática	Definições e perspectivas de Modelagem Matemática enquanto abordagem pedagógica. Abordagem teórica de Modelagem Matemática. Uso de software de Modelagem. Implicações do trabalho com Modelagem Matemática para a Educação Básica.
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ – RJ)	EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	MP	Educação Matemática Crítica: análise e construção de modelos matemáticos com o uso das TICs	Não encontrada no site

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL (ULBRA – RS)	ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	MA e D	Tópicos Avançados de Matemática - Cálculo e Modelagem	Não encontrada no site
--	---------------------------------	--------	---	------------------------

*Método para o Ensino e Pesquisa de Sistemas Complexos em Ciências, baseado em modelagem etnomatemática aliada à Noção Complexa de Saúde

APÊNDICE B – ROTEIRO PARA A ENTREVISTA

1- Você acredita que a disciplina contribuiu para a sua formação docente? De que formas?

2- Há algo que foi tratado na disciplina que influenciou ou acredita que influenciará na sua prática docente?

3- Como você entende a relação existente entre as modelagens científica e matemática?

4- Quais as potencialidades ou contribuições que essa visão sobre a relação entre as modelagens para a prática do professor?

5- E quais seriam os desafios advindos dessa visão (sobre a relação entre as modelagens científica e matemática)?

6- Destaque os pontos positivos e negativos sobre a organização da disciplina em especial no que se refere às atividades desenvolvidas em aula e as tarefas.

APÊNDICE C – RESUMO DO PLANEJAMENTO DAS AULAS

ENCONTRO	ATIVIDADES
	<p>Atividades para o primeiro encontro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Responder questionário inicial sobre o perfil do aluno participante da disciplina. - Leitura material sobre mapas conceituais e V de Gowin: <p>Moreira (2016): disponível em http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios3.pdf Moreira (2005): disponível em http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf</p>
1º	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação da disciplina; - Pesquisa/TCLE; - Mapa conceitual sobre modelagem; - Discussão dos mapas.
	<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leituras sobre Epistemologia de Toulmin: <p>Leitura obrigatória, elaboração e envio de mapa conceitual sobre esse artigo: Ariza e Harres (2002), disponível em https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10055 Leitura complementar: Guerrero (2007), disponível em https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87866/216400</p>
2º	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de Mapas Conceituais elaborados sobre Toulmin; - Discussão Epistemologia de Toulmin; - Atividade: Em grupos, os alunos deverão pensar e discutir um exemplo de evolução conceitual na ciência. - Discussão no grande grupo das conclusões a que chegaram; - Problematização: a evolução conceitual se dá apenas dentro de uma disciplina ou é necessária a interação entre conceitos de diferentes áreas?
	<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leituras sobre Interdisciplinaridade: <p>Leitura obrigatória, elaboração e envio de V de Gowin pelo Moodle sobre esse artigo: Pombo (2008), disponível em: http://e-revista.unioeste.br/index.php/ideacao/article/view/4141 Leitura complementar: Japiassu (1976) – Primeira Parte: Domínio do Interdisciplinar.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesquisar uma definição de interdisciplinaridade e postar no Moodle no recurso Fórum destinado para tal (apresentar a referência utilizada). As referências deverão ser distintas. Cada aluno também deverá tecer um comentário em uma das definições apresentadas pelos seus colegas.

3ª	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão sobre os V de Gowin elaborados; - Jogo (Multi, Pluri, Inter, Trans): reunir os alunos em grupos. Cada grupo receberá um conjunto de frases que são características de uma das possibilidades (multi, pluri, inter ou transdisciplinaridade). Deverão associar cada uma das frases a essas possibilidades, que depois serão coladas em cartazes contendo essa diferenciação. - Apresentação das definições sobre o que é interdisciplinaridade. - Problematização: a interdisciplinaridade na educação em ciências (possibilidades e desafios).
<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leituras sobre modelagem científica: <p>Leitura obrigatória, elaboração e envio de mapa conceitual pelo Moodle sobre a temática modelagem científica amparado nos artigos a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gilbert e Boulter (1998) - Veit, Brandão e Araújo (2013), disponível em: http://www.if.ufrgs.br/gpef/veit_brandao_araujo_CNMEM_2013.pdf <p>Leitura complementar: Krapas et al. (1998) ,Greca e Moreira (2001)</p>	
4º	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão sobre os mapas conceituais elaborados; - Discutir como foi a experiência de cada aluno em relação à modelagem científica enquanto alunos (EB e Ensino Superior); - Descrição do TRABALHO FINAL e definições dos grupos de trabalho (com distribuição de alunos de diferentes formações);
<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <p>Em grupos (componentes diferentes do trabalho final) pesquisar um artigo científico ou relato de experiência que trate sobre a utilização da modelagem científica em sala de aula. Os grupos deverão planejar a melhor forma de apresentar o trabalho e explicitar se há uma abordagem exclusiva à modelagem às ciências (Física, Química ou Biologia) ou se há também a utilização de modelagem matemática.</p>	
5º	<p>Apresentação dos artigos sobre modelagem científica;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discussão: Potencialidades e desafios encontrados no trabalho com modelagem científica.
<ul style="list-style-type: none"> - Leituras sobre modelagem matemática: <p>Leitura obrigatória, elaboração e envio de mapa conceitual pelo Moodle sobre a temática modelagem matemática amparado na “Parte I” do livro intitulado “Modelagem Matemática no Ensino” – Biembengut e Hein (2011).</p> <p>Leitura complementar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Martins et al. (2013), disponível em: http://www.exedrajournal.com/wp-content/uploads/2014/09/12.pdf - Barbosa (2001), disponível em: http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/funcoes_modelagem/modulo_I/modelagem_barbosa.pdf 	

6º	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão sobre os mapas conceituais elaborados; - Discussão: Quais potencialidades e desafios no trabalho com modelagem matemática em sala de aula?
<p>Atividades para o próximo encontro: Em grupos (componentes diferentes do trabalho final) pesquisar um artigo científico ou relato de experiência que trate sobre a utilização da modelagem matemática em sala de aula. Os grupos deverão planejar a melhor forma de apresentar o trabalho e explicitar se há uma abordagem exclusiva à modelagem matemática ou se há também um trabalho em relação ao desenvolvimento de um modelo científico.</p>	
7º	<p>Apresentação dos artigos sobre modelagem matemática;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discussão: Quais potencialidades e desafios no trabalho com modelagem matemática em sala de aula?
<p>Atividades para o próximo encontro: Cada aluno deverá elaborar (por escrito) até três perguntas a serem realizadas aos pesquisadores convidados no próximo encontro, levando em conta o material a ser lido, previamente indicado e repassado pelos convidados.</p>	
8º	<p>Momento inicial sem os convidados -> conferência das questões elaboradas pelos alunos e possíveis melhorias. Seleção das que serão realizadas aos convidados. Segundo momento -> Conversa com profissionais que trabalham com modelagem: Educador na área das ciências; Físico, Biólogo ou químico profissional.</p>
<p>Atividades para o próximo encontro: Cada aluno deverá elaborar (por escrito) até três perguntas a serem realizadas aos pesquisadores convidados, levando em conta o material a ser lido, previamente indicado e repassado pelos convidados.</p>	
9º	<p>Momento inicial sem os convidados -> conferência das questões elaboradas pelos alunos e possíveis melhorias. Seleção das que serão realizadas aos convidados. Segundo momento -> Conversa com profissionais que trabalham com modelagem: Educador matemático; matemático profissional (Biomatemática).</p>
<p>Atividades para o próximo encontro: Estudo prévio sobre o tema: constante elástica de molas.</p>	
10º	<p>Problematização inicial: Quais conceitos, teorias, modelos que se destacaram no estudo do tema constante elástica de molas. Experimento: Verificar os alongamentos produzidos em uma mola vertical (ou uma combinação de duas molas), quando aplicadas várias forças (pesos) distintas. Procedimento matemático/estatístico a ser utilizado na modelagem: regressão linear.</p>

	<p>Conclusão: Há um modelo elaborado? Que teorias estão envolvidas nesse modelo, que o fundamentam ou podem ser justificadas por meio dele? Que conceitos físicos e matemáticos envolvidos na modelagem realizada? Quais as potencialidades e desafios da experimentação na modelagem?</p>
<p>Atividades para o próximo encontro: Estudo prévio sobre o tema: modelo de Malthus.</p>	
11º	<p>Problematização inicial: Quais conceitos, teorias, modelos que se destacaram no estudo do tema. Modelagem matemática: Modelo Malthusiano Procedimento matemático/estatístico a ser utilizado na modelagem: regressão linear. Conclusão: Há um modelo elaborado? Que teorias estão envolvidas nesse modelo, que o fundamentam ou podem ser justificadas por meio dele? Que conceitos matemáticos estão envolvidos na modelagem realizada? Em modelo é viável?</p>
<p>Atividades para o próximo encontro: Preparação da apresentação para “qualificação” das propostas referentes ao trabalho final.</p>	
12º	<p>- “Qualificação” das propostas de ensino referentes ao TRABALHO FINAL.</p>
<p>Atividades para o próximo encontro: - Leituras sobre a relação entre modelagem e o currículo: Leitura obrigatória, elaboração e envio de V de Gowin sobre cada um dos artigos a seguir: - Pinto (2017), disponível em: http://www.scielo.br/pdf/bolema/v31n59/0103-636X-bolema-31-59-1045.pdf - Piccinini, das Neves e de Andrade (2017), disponível em: http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0071-1.pdf Leituras complementares: - Leite e Ritter (2017), disponível em: http://e-revista.unioeste.br/index.php/temasematizes/article/view/15801/11581 Ribeiro e Ramos (2017), disponível em: http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/11971/2/A_pesquisa_em_sala_de_aula_no_ambito_do_ensino_de_Ciencias_a_perspectiva_da_Base_Nacional_Comum_Curricular_do_Ensino.pdf - Kovalski (2016).</p>	
13º	<p>- Discussão sobre os V de Gowin elaborados; - Elaboração conjunta de mapa conceitual sobre as relações entre a modelagem e o currículo escolar.</p>

<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <p>- Leituras sobre a avaliação na modelagem para o ensino e aprendizagem: Leitura obrigatória, elaboração e envio de V de Gowin sobre cada um dos artigos a seguir:</p> <p>- Pavanello e Nogueira (2006), disponível em: http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1275/1275.pdf</p> <p>- Dantas, Massoni e Santos (2017), disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v25n95/1809-4465-ensaio-S0104-40362017002500807.pdf</p> <p>Leituras complementares:</p> <p>- Mocrosky, Paulo e Bicudo (2010), disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/644</p> <p>- Dias et al. (2017), disponível em: https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/cadernosdeeducacao/article/view/7574</p>	
14º	<p>- Discussão sobre os V elaborados;</p> <p>- Situação: Atividade construção de mapa conceitual coletivo sobre avaliação na modelagem no ensino e aprendizagem.</p>
15º	Não haverá aula presencial (finalização do TRABALHO FINAL);
<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <p>Preparação da apresentação referente ao trabalho final; Envio prévio da unidade didática pelo Moodle (em torno de 3 dias antes do encontro).</p>	
16º	- Apresentação do TRABALHO FINAL.
<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <p>- Questionário via Moodle.</p>	
17º	<p>- Mapa Conceitual sobre o que foi tratado na disciplina;</p> <p>- Apresentação dos mapas; Confraternização Final.</p>

APÊNDICE D – RESUMO DO RELATÓRIO DAS AULAS

ENCONTRO	ATIVIDADES
	Atividades para o primeiro encontro: - Responder questionário inicial sobre o perfil do aluno participante da disciplina. - Leitura material sobre mapas conceituais e V de Gowin: Moreira (2016).
1º - 15/03/18	- Apresentação da disciplina; - Pesquisa/TCLE; - Mapa conceitual sobre modelagem; - Discussão dos mapas.
	Atividades para o próximo encontro: - Leituras sobre Epistemologia de Toulmin: Leitura de um dos artigos a seguir com elaboração e envio de mapa conceitual: Leitura dos professores P_1 , P_3 e P_5 : Ariza e Harres (2002). Leitura dos professores P_2 e P_4 : Guerrero (2007).
2º - 22/03/18	- Apresentação de Mapas Conceituais elaborados sobre Toulmin; - Discussão Epistemologia de Toulmin; - Assistir o vídeo de Bizzo (2017), disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=26_wwlOhDH0 - Atividade: Discutir sobre quais são os principais conceitos abordados no vídeo, relativos à Teoria da Evolução. - Problematização: a evolução conceitual se dá apenas dentro de uma disciplina ou é necessária a interação entre conceitos de diferentes áreas?
	Atividades para o próximo encontro: - Leituras sobre Interdisciplinaridade, elaboração e envio de V de Gowin pelo Moodle sobre o artigo indicado: P_1 - Bartz, Meneghetti e Poffal (2015); P_2 -Thiesen (2008); P_3 - Lavaqui e Batista (2007); P_4 - Pombo (2008); P_5 - Mozena e Ostermann (2014).
3º - 29/03/18	- Discussão sobre os V de Gowin elaborados; - Jogo (Multi, Pluri, Inter, Trans): reuniu-se os alunos em grupos. Cada grupo recebeu um conjunto de frases que são características de uma das possibilidades (multi, pluri, inter ou transdisciplinaridade). Associaram cada uma das frases a essas possibilidades, que depois foram coladas em cartazes contendo essa diferenciação. - Apresentação das definições sobre o que é interdisciplinaridade. - Problematização: a interdisciplinaridade na educação em ciências (possibilidades e desafios).

<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <p>- Leitura sobre modelagem científica, elaboração e envio de mapa conceitual pelo Moodle sobre o artigo indicado:</p> <p>Leitura dos professores P_3 e P_4: Veit, Brandão e Araujo (2013)</p> <p>Leitura dos professores P_1, P_2, P_5 e P_6: Justi (2007)</p>	
4º - 05/04/18	<p>- Discussão sobre os mapas conceituais elaborados;</p> <p>- Discutir como foi a experiência de cada aluno em relação à modelagem científica enquanto alunos (EB e Ensino Superior);</p>
<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <p>Em grupos, pesquisaram um relato de experiência tratando sobre a utilização da modelagem científica em sala de aula. Os grupos puderam planejar a melhor forma de apresentar o trabalho e explicitar se havia uma abordagem exclusiva à modelagem às ciências (Física, Química ou Biologia) ou se havia também a utilização de modelagem matemática.</p>	
5º - 12/04/18	<p>Apresentação dos artigos sobre modelagem científica;</p> <p>- Discussão: Potencialidades e desafios encontrados no trabalho com modelagem científica.</p>
<p>- Leituras sobre modelagem matemática:</p> <p>Indicou-se previamente a cada professor um pesquisador sobre o tema modelagem matemática: P_1 - Jonei Cerqueira Barbosa; P_2 - Rodney Carlos Bassanezi; P_3 - Maria Sallet Biembengut; P_4 - Dale Bean; P_5 - Lourdes Maria W. de Almeida; P_6 - Dionísio Burak.</p>	
6º - 26/04/18	<p>- Apresentação sobre cada autor. Solicitou-se previamente que versassem sobre os seguintes aspectos:</p> <p>Qual a concepção/definição de modelagem científica utilizada?</p> <p>Qual a proposta de modelagem científica proposta?</p> <p>São utilizados conceitos matemáticos no processo de modelagem científica? Se sim, quais?</p> <p>O que é modelado? De que forma? Onde? Com quem?</p> <p>Quais os referenciais teóricos adotados?</p> <p>Quais os resultados obtidos?</p> <p>Quais são as críticas e sugestões do grupo em relação ao trabalho com modelagem descrito no artigo?</p> <p>- Discussão: Quais potencialidades e desafios no trabalho com modelagem matemática em sala de aula?</p>
<p>Atividades para o próximo encontro:</p> <p>Em grupos pesquisaram um relato de experiência que trate sobre a utilização da modelagem matemática em sala de aula. Os grupos puderam planejar a melhor forma de apresentar o trabalho e explicitar se havia uma abordagem exclusiva à modelagem matemática ou se havia também um trabalho em relação ao desenvolvimento de um modelo científico.</p>	

7º - 03/05/18	Apresentação dos artigos sobre modelagem matemática; - Discussão: Quais potencialidades e desafios no trabalho com modelagem matemática em sala de aula?
Atividades para o próximo encontro: Cada aluno deveria elaborar (por escrito) até três perguntas a serem realizadas aos pesquisadores convidados no encontro seguinte, levando em conta o material a ser lido, previamente indicado e repassado pelos convidados.	
8º - 10/05/18	Conversa por videoconferência com profissional que trabalha com modelagem científica: Prof. Dr. Italo Gabriel Neide (Univates).
Atividades para o próximo encontro: Leitura de material previamente indicado e repassado pelos convidados.	
9º - 24/05/18	Conversa com profissionais que trabalham com modelagem matemática: Conversa sobre Biomatemática: Prof. Dr. Luiz Alberto Diaz Rodrigues e Profa. Dra. Diomar Cristina Mistro (UFSM) Conversa sobre modelagem na Educação Matemática: Profa. Dra. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt
Atividades para o próximo encontro: Estudo prévio sobre o tema: força elástica.	
10º - 31/05/18	Problematização inicial: Quais conceitos, teorias, modelos que se destacaram no estudo do tema constante elástica de molas. Experimento: Verificar os alongamentos produzidos em uma mola vertical (ou uma combinação de duas molas), quando aplicadas várias forças (pesos) distintas. Procedimento matemático/estatístico a ser utilizado na modelagem: regressão linear. Conclusão: Há um modelo elaborado? Que teorias estão envolvidas nesse modelo, que o fundamentam ou podem ser justificadas por meio dele? Que conceitos físicos e matemáticos envolvidos na modelagem realizada? Quais as potencialidades e desafios da experimentação na modelagem?
Atividades para o próximo encontro: Elaboração de V de Gowin e mapa conceitual sobre a Lei de Hooke. Preparação da apresentação para “qualificação” das propostas referentes ao trabalho final.	
11º - 07/06/18	- Apresentação dos V de Gowin e mapas conceituais tratando da Lei de Hooke; - “Qualificação” das propostas de ensino referentes ao TRABALHO FINAL.

<p>Atividades para o próximo encontro: Estudo prévio sobre o tema: modelo de Malthus.</p>	
12º - 28/06/18	<p>Problematização inicial: Quais conceitos, teorias, modelos que se destacaram no estudo do tema.</p> <p>Modelagem matemática: Modelo Malthusiano</p> <p>Procedimento matemático/estatístico a ser utilizado na modelagem: regressão linear.</p> <p>Conclusão: Há um modelo elaborado? Que teorias estão envolvidas nesse modelo, que o fundamentam ou podem ser justificadas por meio dele? Que conceitos matemáticos estão envolvidos na modelagem realizada? Em modelo é viável? Elaboração de V de Gowin sobre a Lei de Malthus e posterior apresentação.</p>
<p>Atividades para o próximo encontro: - Leituras sobre a relação entre modelagem e o currículo ou avaliação na modelagem: Leitura obrigatória, elaboração e envio de V de Gowin sobre cada um dos artigos a seguir: P_5 - Piccinini, Neves e Andrade (2017); P_1 - Pinto (2017); P_6 - Ribeiro e Ramos (2017); P_4 - Dias et al. (2017); P_2 - Pavanello e Nogueira (2006); P_3 -Dantas, Massoni e dos Santos (2017).</p>	
13º - 05/07/18	- Discussão sobre os V de Gowin elaborados;
<p>Atividades para o próximo encontro: Preparação da apresentação referente ao trabalho final; Envio prévio da unidade didática pelo Moodle.</p>	
14º - 12/07/18	<p>- Apresentação do TRABALHO FINAL;</p> <p>- Mapa Conceitual sobre o que foi tratado na disciplina;</p> <p>- Apresentação dos mapas;</p> <p>Confraternização Final.</p>

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO INICIAL

LEVANTAMENTO PRÉVIO SOBRE OS ALUNOS DA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

LEVANTAMENTO PRÉVIO SOBRE OS ALUNOS DA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Trata-se de um questionário inicial sobre o perfil dos alunos que irão cursar a disciplina.

* Required

1. Email address *

2. Qual o seu nome? *

3. Qual a sua idade em anos? *

4. Qual a sua formação inicial? *

Check all that apply.

- Licenciatura em Matemática
- Licenciatura em Física
- Licenciatura em Química
- Licenciatura em Ciências Biológicas
- Other: _____

5. O que estás cursando no PPGECQVS da UFSM? *

Mark only one oval.

- Sou aluno regular do Mestrado
- Sou aluno regular do Doutorado
- Sou aluno especial do Mestrado
- Sou aluno especial do Doutorado

Experiência profissional como docente

6. Você possui experiência profissional como docente? *

Mark only one oval.

- Sim *Skip to question 6.*
- Não *Skip to question 8.*

Tempo de experiência docente

LEVANTAMENTO PRÉVIO SOBRE OS ALUNOS DA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

7. Indique seu tempo de experiência como docente (em semestres). *

8. Indique em quais níveis você atuou como docente. *

Check all that apply.

- Ensino Fundamental - Anos Iniciais
- Ensino Fundamental - Anos Finais
- Ensino Médio
- Ensino Superior
- Pós-Graduação

Utilização de mapas conceituais e V's de Gowin

9. Você conhece e ou já construiu um MAPA CONCEITUAL? *

Mark only one oval.

- Não sei o que é um mapa conceitual.
- Já li sobre ou tive contato, mas nunca construí nenhum mapa conceitual.
- Sei o que é uma mapa conceitual e construí apenas 1.
- Sei o que é e construí de 2 a 4 mapas conceituais.
- Sei o que é e construí 5 ou mais mapas conceituais.

10. Você conhece e ou já construiu um V de Gowin? *

Mark only one oval.

- Não sei o que é um V de Gowin.
- Já li sobre ou tive contato, mas nunca construí nenhum V de Gowin.
- Sei o que é uma V de Gowin e construí apenas 1.
- Sei o que é e construí de 2 a 4 V's de Gowin.
- Sei o que é e construí 5 ou mais V's de Gowin.

Motivações e expectativas

11. Você cursou alguma disciplina sobre a Epistemologia da Ciência? Onde e quando? *

LEVANTAMENTO PRÉVIO SOBRE OS ALUNOS DA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

12. O que o levou a cursar a disciplina de Modelagem no Ensino de Ciências? *

13. Quais as suas expectativas em relação à disciplina de Modelagem no Ensino de Ciências? *

14. Você já desenvolveu algum trabalho (de pesquisa e ou na sua atuação docente) sobre modelagem? *

Mark only one oval.

Sim

Não *Stop filling out this form.*

Experiência com modelagem

15. Descreva sucintamente sua (s) experiência (s) com a modelagem. *

A copy of your responses will be emailed to the address you provided

APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do projeto: FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE MATEMÁTICA SOBRE O CAMPO CONCEITUAL DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN

Programa: Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (UFSM)

Pesquisadores responsáveis:

Prof.^a Dr.^a Maria Cecília Pereira Santarosa (orientadora) - maria-cecilia.santarosa@ufsm.br

Prof.^a Dr.^a Isabel Krey Garcia (coorientadora) - ikrey69@gmail.com

Prof. Me. Fabrício Fernando Halberstadt (pós-graduando) – ffhalberstadt@gmail.com

Instituição/Departamento: PPGEC da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Você está sendo informado sobre o projeto de pesquisa “FORMAÇÃO PERMANENTE DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE MATEMÁTICA SOBRE O CAMPO CONCEITUAL DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN”, por ser aluno da disciplina “Modelagem Matemática no Ensino de Ciências” do Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (UFSM), contexto escolhido para a investigação. Consideramos seu consentimento essencial para a produção dessa pesquisa que tem por objetivo investigar, à luz da Epistemologia de Stephen Toulmin, a evolução conceitual sobre a modelagem no ensino de ciências e matemática em professores em formação continuada enquanto alunos de mestrado e doutorado na disciplina “Modelagem Matemática no Ensino de Ciências” do Programa de Pós-Graduação

Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGECQVS) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Esta investigação faz parte da pesquisa de doutorado do pós-graduando Fabrício Fernando Halberstadt no âmbito do Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (UFSM). Mais especificamente, o acadêmico acompanhará todas as etapas de planejamento e desenvolvimento das aulas da disciplina “Modelagem no Ensino de Ciências e Matemática” do PPGECQVS (UFSM), inclusive estando presente em todas as aulas as quais estarão sob responsabilidade da professora titular (Prof.^a Dr.^a Maria Cecília Pereira Santarosa).

Esclarecemos que o acadêmico Fabrício Fernando Halberstadt buscará coletar dados por meio de: um questionário inicial que buscará identificar o perfil e as concepções prévias dos alunos da disciplina; das produções dos alunos da disciplina (mapas conceituais, resenhas, artigos, V de Gowin, unidades didáticas, etc.) a serem exigidas pela professora titular como atividades avaliativas parciais; gravações feitas por ele em ambiente de aula e posteriormente transcritas; entrevista ao final da disciplina; anotações do pesquisador durante a observação das aulas em seu diário de campo.

Os dados auferidos serão analisados *a posteriori* pelos pesquisadores com o intuito de identificar as concepções dos alunos participantes da disciplina, bem como as possíveis contribuições da disciplina para a sua evolução conceitual. Lembramos que o sujeito da pesquisa poderá se negar a participar a qualquer momento da pesquisa e sem sofrer nenhum tipo de penalidade. Inclusive, poderá solicitar que algum ou nenhum dado auferido sobre sua participação na disciplina seja utilizado na pesquisa. Sua negativa parcial ou total em participar da pesquisa não acarretará nenhum prejuízo de sua avaliação enquanto aluno da disciplina, inclusive no que se refere aos critérios avaliativos da mesma.

O conteúdo das produções será utilizado estritamente para fins de pesquisa acadêmica dos pesquisadores. Você será esclarecido quanto a quaisquer dúvidas durante todo o desenvolvimento das atividades e terá acesso aos resultados obtidos.

A sua participação é voluntária. Caso não queira assinar o termo de consentimento para participar dessa pesquisa, nenhum dado seu será utilizado na

pesquisa. O sujeito da pesquisa poderá deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem penalização alguma.

Não identificamos qualquer risco potencial na sua participação na pesquisa, mas, caso sinta algum constrangimento em responder certas questões do questionário e ou entrevista estará livre para não respondê-las, assim como para se desvincular da pesquisa a qualquer momento.

Para realizar esse trabalho de campo queremos solicitar o seu consentimento, garantindo, através desse termo, que:

- Em hipótese alguma, seu nome ou as informações coletadas na entrevista serão divulgados sem sua prévia autorização. Somente os pesquisadores terão acesso às informações coletadas, a menos que requeridas por lei ou por sua solicitação;
- Nos trabalhos acadêmicos decorrentes dessa pesquisa poderão ser mencionadas e ou descritas partes de seus trabalhos acadêmicos realizados na disciplina, falas gravadas durante as aulas e transcritas posteriormente, falas suas nas entrevistas e respostas dos questionários, porém **sem divulgar o nome do sujeito da pesquisa**. Para tanto serão utilizadas, mediante escolha aleatória, denominações como Aluno A, Aluno B, Aluno C, e assim sucessivamente.
- Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. Para qualquer esclarecimento estarão à disposição nos e-mails indicados na descrição inicial do projeto neste termo, pelos quais você tem acesso à orientadora do projeto, à coorientadora e ao pesquisador.

Consentimento da participação da pessoa como sujeito:

Eu, _____, CPF _____ abaixo assinado, aceito participar como sujeito do estudo “FORMAÇÃO PERMANENTE DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DE MATEMÁTICA SOBRE O CAMPO CONCEITUAL DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN”. Afirmo que fui suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para

mim sobre o referido estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que, a participação na mesma é isenta de despesas e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo.

Eu, voluntariamente, aceito participar desta pesquisa. Portanto, concordo com tudo que está escrito acima e dou meu consentimento.

Santa Maria, _____ de _____ de 2019.

Assinatura do sujeito da pesquisa

Declaramos que obtivemos de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa para a participação neste estudo.

Assinatura da orientadora da pesquisa
Prof.^a Dr.^a Maria Cecília Pereira Santarosa

Assinatura da coorientadora da pesquisa
Prof.^a Dr.^a Isabel Krey Garcia

Assinatura do orientando da pesquisa
Prof. Me. Fabrício Fernando Halberstadt

APÊNDICE G – FRASES UTILIZADAS NO JOGO SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE

As cores orientam os blocos de frases que cada grupo recebeu. Por exemplo, as frases grafadas em cor vermelha foram distribuídas a um mesmo grupo de professores. Deste modo, todos grupos receberam frases de cada um dos conceitos.

DISCIPLINARIDADE

Caracterizada pela separação em ramos do saber.

Presença acentuada de *experts* especializados em determinado conhecimento bastante específico.

Marcada por um modelo analítico no qual existe um conjunto finito de elementos constituintes e que cada um desses elementos permite depois reconstituir o todo.

Marcada pela superespecialização do conhecimento a qual permitiu grandes avanços científicos, entretanto implica desafios para a formação humana.

As grades curriculares das escolas devem prever os conteúdos inerentes a cada disciplina. Essa organização deve ser seguida à risca durante o ano letivo por cada disciplina.

Conjunto específico de conhecimentos com suas próprias características sobre o plano do ensino, da formação dos mecanismos, dos métodos, das matérias.

Significa a exploração científica especializada de determinado domínio homogêneo de estudo, isto é, o conjunto sistemático e organizado de conhecimentos que apresentam características próprias nos planos de ensino, da formação, dos métodos e das matérias; esta exploração consiste em fazer surgir novos conhecimentos que se substituem aos antigos.

MULTIDISCIPLINARIDADE

Quando acontece nas escolas, os projetos são pautados pela escolha de um tema comum a várias disciplinas, que é trabalhado de maneira isolada e disciplinar na sala de aula, sem nenhuma relação entre si.

Justaposição de disciplinas diversas, desprovidas de relação aparente entre elas.
Ex.: música + matemática + história.

Ocorre quando, para solucionar um problema, busca-se informação e ajuda em várias disciplinas, sem que tal interação contribua para modificá-las ou enriquecê-las.

Gama de disciplinas que se propõe simultaneamente, mas, sem fazer aparecer as relações que possam existir entre elas. [Destina-se a um] sistema de um só nível e de objetivos múltiplos; [mas] sem nenhuma cooperação.

Consiste em estudar um objeto sob diferentes ângulos, mas sem que tenha necessariamente havido um acordo prévio sobre os métodos a seguir ou sobre os conceitos a serem utilizados.

Mais de uma disciplina; aparentemente, não tem relação uma com a outra; cada disciplina permanece com sua metodologia própria; não há um resultado integrado.

PLURIDISCIPLINARIDADE

Justaposição de disciplinas mais ou menos vizinhas nos domínios do conhecimento.
Ex: domínio científico: matemática + física.

Justaposição de diversas disciplinas, situadas geralmente no mesmo nível hierárquico e agrupadas de modo a fazer aparecer as relações existentes entre elas; [destina-se a um] sistema de um só nível e de objetivos múltiplos; [no qual] há cooperação, mas sem coordenação.

Ocorrem algumas relações entre as disciplinas, com certa cooperação, mas sem nenhuma coordenação.

Sistema de um só nível e de objetivos múltiplos; cooperação, mas sem coordenação; há troca entre elas, ainda que não seja organizada; propõe estudar o mesmo objeto em várias disciplinas ao mesmo tempo.

Estuda um objeto de uma disciplina pelo ângulo de várias outras ao mesmo tempo. Traz algo a mais a uma disciplina, mas restringe-se a ela, está a serviço dela.

Diz respeito ao estudo de um tópico de pesquisa não apenas em uma disciplina, mas em várias ao mesmo tempo. Por exemplo, uma pintura de Giotto pode ser estudada não apenas dentro da história da arte, mas também dentro da história das religiões, da história européia e da geometria. O tópico em questão será ulteriormente enriquecido pela associação das perspectivas das várias disciplinas.

INTERDISCIPLINARIDADE

Pressupõe a inter-relação dos conceitos de várias disciplinas de maneira a se aprofundar o conhecimento de determinado objeto de estudo.

Surge na segunda metade do século passado, em resposta a uma necessidade verificada principalmente nos campos das ciências humanas e da educação: superar a fragmentação e o caráter de especialização do conhecimento, causados por uma epistemologia de tendência positivista em cujas raízes estão o empirismo, o naturalismo e o mecanicismo científico do início da modernidade.

Está sempre situada no campo onde se pensa a possibilidade de superar a fragmentação das ciências e dos conhecimentos produzidos por elas e onde simultaneamente se exprime a resistência sobre um saber parcelado.

Caracteriza-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto. Visa à recuperação da unidade humana pela passagem de uma subjetividade para uma intersubjetividade e, assim sendo, recupera a ideia primeira de cultura (formação do homem total), o papel da escola (formação do homem inserido em sua realidade) e o papel do homem (agente das mudanças do mundo).

Interação entre disciplinas. Estabelecer pontes entre as disciplinas outrora construídas.

Visa garantir a construção de um conhecimento globalizante, rompendo com as fronteiras das disciplinas.

Tanto em sua dimensão epistemológica quanto pedagógica, está sustentada por um conjunto de princípios teóricos formulados, sobretudo, por autores que analisam criticamente o modelo positivista das ciências e buscam resgatar o caráter de totalidade do conhecimento.

É um movimento importante de articulação entre o ensinar e o aprender. Compreendida como formulação teórica e assumida enquanto atitude, tem a potencialidade de auxiliar os educadores e as escolas na ressignificação do trabalho pedagógico em termos de currículo, de métodos, de conteúdos, de avaliação e nas formas de organização dos ambientes para a aprendizagem.

Interação existente entre duas ou mais disciplinas. Essa interação pode ir da simples comunicação de ideias à integração mútua dos conceitos diretores da epistemologia, da terminologia, da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização referentes ao ensino e à pesquisa.

Ocorre a cooperação entre várias disciplinas provoca intercâmbios reais, isto é, exige verdadeira reciprocidade nos intercâmbios e, conseqüentemente, enriquecimentos mútuos.

Construção de representações do mundo que se encontram estruturadas e organizadas em função de um projeto humano (ou de um problema a resolver), em um contexto específico e para destinatários específicos, apelando a diversas disciplinas, objetivando chegar a um resultado original não dependente das disciplinas de origem.

TRANSDISCIPLINARIDADE

Resultado de uma axiomática comum a um conjunto de disciplinas (ex. Antropologia considerada como a “ciência do homem e de suas obras”).

Trata-se da construção de um sistema total, sem fronteiras sólidas entre as disciplinas, ou seja, de uma teoria geral de sistema e estruturas, que inclua estruturas operacionais, estruturas de regulamentação e sistemas probabilísticos, e que una estas diversas probabilidades por meio de transformações reguladas e definidas.

Coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas do sistema de ensino inovado, sobre a base de uma axiomática geral. [destina-se a um] sistema de níveis e objetivos múltiplos; [há] coordenação com vistas a uma finalidade comum dos sistemas.

Busca um nível máximo de interação entre as disciplinas. Nesse caso não haveria fronteiras entre as disciplinas, seria um sistema total, com objetivos de sistemas globais. Porém, esse nível encontra-se em nível utópico, afinal requer uma mudança muito profunda em relação a como a ciência se organiza atualmente.

Busca a unidade do conhecimento na relação entre a parte e o todo, entre o todo e a parte. Adota atitude de abertura sobre as culturas do presente e do passado, uma assimilação da cultura e da arte. O desenvolvimento da capacidade de articular diferentes referências de dimensões da pessoa humana, de seus direitos, e do mundo é fundamento básico.

APÊNDICE H – TRABALHO FINAL DA DISCIPLINA

Orientações para o Trabalho Final da disciplina Modelagem Matemática no Ensino de Ciências

O trabalho final consistirá na elaboração de uma unidade didática que aborde a modelagem. A unidade deverá ser constituída do necessário número de planos de aula que cada grupo considerar adequado.

Em um primeiro momento, na aula do dia xx de xxxxx de 2019, ocorrerá a qualificação dos trabalhos, isto é, cada grupo apresentará seu trabalho para os demais colegas a fim de ocorrer uma avaliação prévia dos mesmos. Dessa forma, nesta data cada grupo apresentará as suas ideias para a unidade didática, não o trabalho em si. Para tanto, possuirão xx minutos para a apresentação, que será seguida de xx minutos para avaliação, perguntas e sugestões dos colegas, professora e pesquisador.

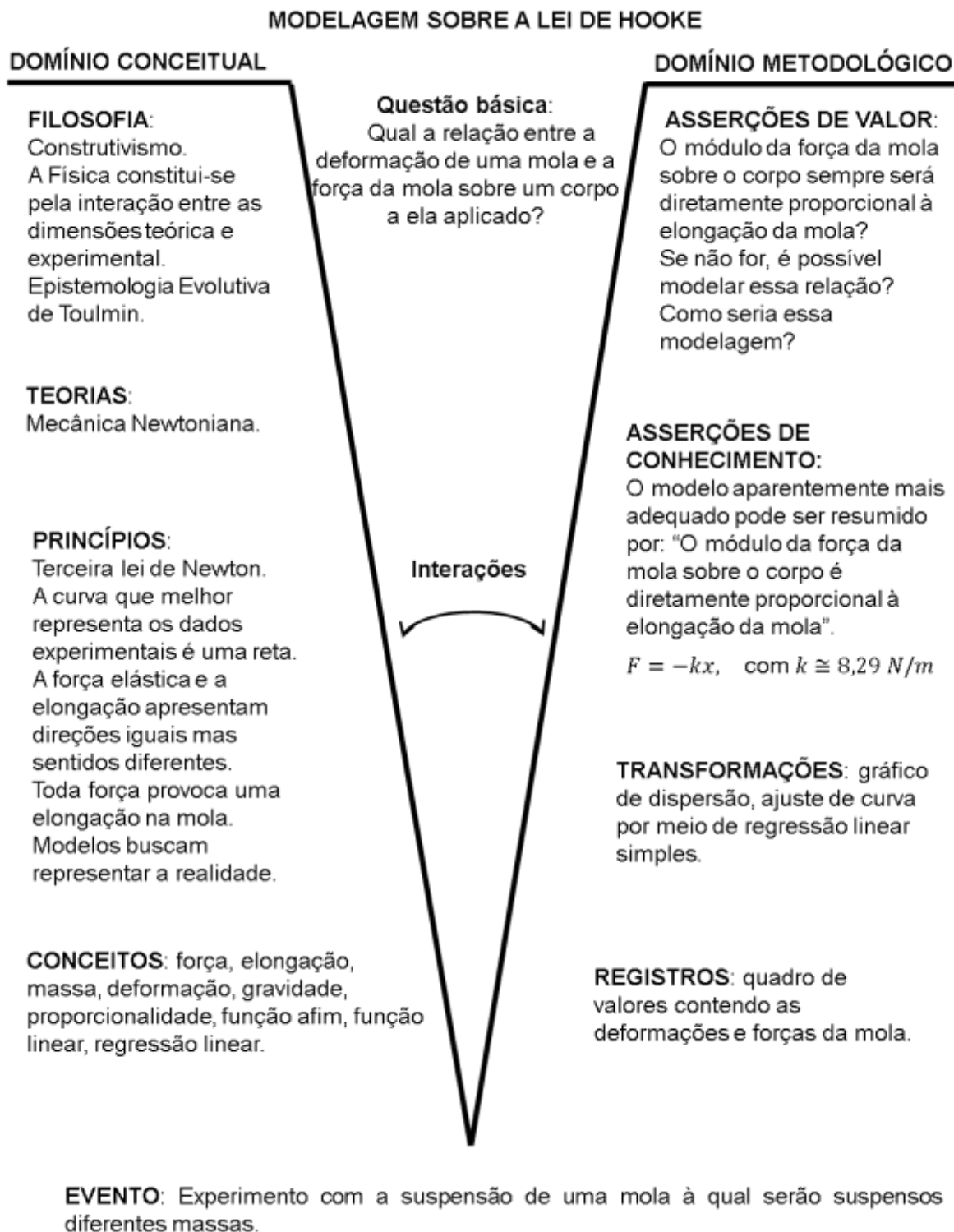
A apresentação do trabalho ocorrerá na aula do dia xx de xxxxxx de 2019. Para tanto deverão enviar a unidade via Moodle até o dia xx de xxxxxxx de 2019. Neste dia, cada grupo terá xx minutos para sua apresentação, seguida de xx minutos para arguição por parte dos colegas, professora e pesquisador.

Não será fornecido nenhum tipo de modelo para a unidade didática, entretanto a organização das atividades propostas deverá ser justificada, prioritariamente e preferencialmente por referenciais adequados.

A avaliação da atividade levará em conta os seguintes critérios:

- Evolução ao longo do processo de construção da unidade;
- Uso da modelagem científica;
- Uso de modelagem matemática;
- Justificativa das atividades elencadas na unidade;
- Criatividade;
- Apresentação (qualificação e final);
- Prazos de envio (qualificação e final);
- Estrutura da unidade (organização e clareza de ideias).

APÊNDICE I – V DE GOWIN SOBRE A LEI DE HOOKE



APÊNDICE J – QUESTIONÁRIO FINAL

QUESTIONÁRIO FINAL DA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

QUESTIONÁRIO FINAL DA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Este questionário é destinado aos alunos da disciplina e tem por objetivo a sua avaliação (da disciplina, dos professores, atividades realizadas e expectativas dos alunos).

* Required

1. Qual o seu nome? *

2. A disciplina Modelagem Matemática no Ensino de Ciências atendeu suas expectativas iniciais para com ela? Explique. *

3. Destaque os pontos positivos e negativos quanto ao conteúdo tratado ao longo da disciplina. *

4. Destaque os pontos positivos e negativos quanto ao desempenho dos professores da disciplina. *

5. Destaque os pontos positivos e negativos sobre a sua atuação enquanto aluno da disciplina. *

QUESTIONÁRIO FINAL DA DISCIPLINA MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

6. Destaque os pontos positivos e negativos quanto às atividades realizadas em aula (leituras, V's de Gowim, mapas conceituais, etc.). *
