UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Ciências

Campus de Bauru

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência

ELIÉVERSON GUERCHI GONZALES

INTEGRAÇÃO ENTRE A EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK, HISTÓRIA DO ELETROMAGNETISMO E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NA DISCIPLINA DE FÍSICA III, SOB A ANÁLISE DA TEORIA FUNDAMENTADA CONSTRUTIVISTA DE KATHY CHARMAZ

Bauru

2024

ELIÉVERSON GUERCHI GONZALES

INTEGRAÇÃO ENTRE A EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK, HISTÓRIA DO ELETROMAGNETISMO E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NA DISCIPLINA DE FÍSICA III, SOB A ANÁLISE DA TEORIA FUNDAMENTADA CONSTRUTIVISTA DE KATHY CHARMAZ

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.
Orientador: Prof. Dr. João José Caluzi.

Bauru
2024

Gonzales, Eliéverson Guerchi.
Integração entre a Epistemologia de Ludwik Fleck, História do Eletromagnetismo e Teoria da Aprendizagem Significativa na disciplina de Física III, sob a análise da Teoria Fundamentada construtivista de Kathy Charmaz / Eliéverson Guerchi Gonzales. – Bauru, 2024
302 f.: il.

Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientador: João José Caluzi

1. História da Física. 2. Organizadores Avançados. 3. Traduções Comentadas. 4. Ensino de Física

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ELIÉVERSON GUERCHI GONZALES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU

Aos 01 dias do mês de março do ano de 2024, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de ELIÉVERSON GUERCHI GONZALES intitulada **'Integração entre a epistemologia de Ludwik Fleck, História do Eletromagnetismo e Teoria da Aprendizagem Significativa na disciplina de Fisica III, sob a análise da Teoria Fundamentada Construtivista de Kathy Charmaz'**. A Comissão Examinadora foi constituida pelos seguintes membros: Prof. Assoc. JOAO JOSE CALUZI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Fisica / Faculdade de Ciencias - Unesp Bauru, Profa. Dra. SHIRLEY TAKECO GOBARA (Participação Virtual) do(a) Instituto de Física / Universidade Federal do Mato Grosso doSul, Prof. Dr. WELLINGTON PEREIRA DE QUEIRÓS (Participação Virtual) do(a) Instituto de Física / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Profa. Dra. SANDRA REGINA TEODORO GATTI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educacao / Faculdade de Ciencias Unesp Bauru, Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciencias e Tecnologia - UNESP. Após a exposição pelo doutorando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final _ . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Assinado digitalmente por João José Caluzi
DN: C=BR, OU= Faculdade de Ciências, O= UNESP, CN=João José Caluzi, E=joao.caluzi@unesp.br
Razão: Eu estou aprovando este documento com minha assinatura de vinculação legal
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2024.03.27 03:55:01-03'00'
Foxit PDF Editor Versão: 11.2.8

Prof. Assoc. JOAO JOSE CALUZI

Dedico este trabalho aos meus filhos Samara, Arthur, Nícolas (em memória), Alice e Henry.

À Aline, minha amiga, confidente e esposa.

À minha irmã, Kátia e aos meus sobrinhos, Maria Elisa e Vicente.

Aos meus pais, Maria da Graça e Gilberto.

AGRADECIMENTOS

Durante o planejamento, desenvolvimento e conclusão deste trabalho, percorri diversos coletivos de pensamento e, certamente, fui influenciado por diferentes estilos. Fui membro de círculos esotéricos e faço parte de círculos exotéricos. As interações intracoletivas proporcionaram uma melhor compreensão dos meus referenciais e métodos, reforçando os laços afetivos com os demais membros do coletivo, enquanto as interações intercoletivas despertaram novas curiosidades, interpretações e conexões. Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para a minha jornada até este momento. Entretanto, gostaria de expressar alguns agradecimentos específicos.À Professora Doutora Nádia Cristina Guimarães Errobitart, representando o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Foi neste Programa que iniciei a minha jornada como pesquisador e entendi o quão importante é a formação de professores pesquisadores.

Ao Professor Doutor Wellington Pereira de Queirós, por possibilitar a minha participação no Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Educação Científica e Tecnológica (GPEECT) e pelas diversas reflexões sobre a epistemologia de Fleck.

Aos coordenadores da Universidade Anhanguera-Uniderp, Romualdo Orlandeli Sanches, Hugo Koji, Adriane Cristina e Lucylea Pompeu Muller Braga, pessoas pelas quais tenho muito respeito e admiração.Aos alunos dos grupos de pesquisa GEPITS e GEPHM da Universidade Anhanguera - Uniderp, pela confiança e dedicação.

Aos professores do curso de Medicina da Universidade Anhanguera – Uniderp: Suellem Borges, Leda Bento, Marcos Bonilha e Socorro Pompilio, pela amizade, pelos incentivos e pelas parcerias.

Aos acadêmicos que participaram da minha pesquisa, que nossos encontros tenham contribuído para a formação acadêmica de cada um.

Aos amigos, Professor Júlio Piatti e Professor Lúcio Gazal, que proporcionaram momentos de discussões, aprendizado e descontração no Colégio Auxiliadora de Campo Grande - MS.

Aos membros do grupo de WhatsApp "Qual é a Sua", representado pelo Professor Moisés Barros. Por vocês existirem, tive a convicção de que estava do lado certo da força.

Aos amigos André Godoy, Carlos Pael, Maicon Nogueira, Wesley Souza e Jorge, parceiros dentro e fora de campo.

Aos amigos que cativei na Universidade Anhanguera-Uniderp, José Alexandre e Leandro Bais, pelos quais, além de nutrir uma grande admiração profissional, tenho o privilégio de desfrutar de excelentes amizades.

Um agradecimento especial à minha sogra, mulher a quem admiro pela forma como encara os desafios da vida.

Aos avós da minha esposa, Dario e Leda, por terem me acolhido como um membro genuíno da família.

À Professora Doutora Luciana Paes de Andrade, por me apoiar durante todo o doutorado, pelo voto de confiança e pelas inúmeras parcerias.

Ao Professor José Luiz Guimarães, pela parceria e pelas longas conversas sobre política, futebol, universidade e pesquisa. Obs: Agora, eu tire a "carteira de habilitação".

Ao Laboratório de Estudo em História e Epistemologia da Física (LEHEF), grupo de pesquisadores formados por pessoas que tenho grande admiração.

Ao meu amigo de doutorado, pesquisador, companheiro de congressos e das mesas de bar, Ronivan Suttini. Meu muito obrigado pelas inúmeras conversas sobre a minha pesquisa.

À Professora Doutora Sandra Gatti, pelas considerações apresentadas no exame de qualificação e por compor a banca de defesa.

Um muito obrigado à Professora Doutora Shirley Takeco Gobara, mulher a quem expresso minha admiração e respeito. Agradeço pelos ensinamentos no período de mestrado e pelas oportunidades acadêmicas que me proporcionou.

Aos professores e servidores públicos do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, em especial ao Professor Doutor Marcelo Carbone. As suas aulas são simplesmente espetaculares.

Um agradecimento especial ao Kristopher Murata, pelas caronas em pleno sábado às seis e meia da manhã, quando eu viajava todas as semanas à Bauru para cursar os créditos do doutorado. Obrigado pelos inúmeros churrascos, pelas conversas até altas horas da madrugada sobre os temas mais aleatórios e, claro, pela produção de cerveja.

Aos meus afilhados, Maria Elisa e Vicente Hiroshi. Vocês são muito especiais para mim. Obrigado por existirem.

Aos meus pais, que passaram muito tempo longe de mim, que lutaram uma vida inteira para cuidar dos seus filhos com muito amor, carinho e respeito. Nesta jornada até aqui, muito de vocês está presente. Obrigado por tudo.

Quero agradecer à minha amiga, professora, pesquisadora Kátia Guerchi Gonzales, a quem tenho a honra de ser irmão. Obrigado pelo incentivo, pelas discussões sobre a minha pesquisa, pelas leituras, pelas críticas e por tornar possível eu chegar até aqui.

Um agradecimento muito especial à pessoa que esteve ao meu lado, diariamente, durante todo o período do doutorado. Mulher por quem tenho um enorme carinho e carrego um imenso amor. Obrigado por me incentivar em todos os momentos, por me compreender, por me suportar e por ser tão incrível como és. Meu especial agradecimento a você, Aline, minha companheira, minha amiga e minha esposa.

Agradeço aos meus filhos, Samara, Arthur, Nícolas (em memória), Alice e Henry. Vocês são a minha base, amo cada um de uma forma diferente, mas com a mesma intensidade. Obrigado por me ensinarem, cada um à sua maneira, a me tornar um ser humano melhor.

Obrigado, professor Doutor Paulo Rosa, meu orientador do mestrado. Você é um dos responsáveis direto por esta pesquisa ter ocorrido. Tenho um imenso carinho, admiração e respeito por ti. Esta pesquisa tem as suas digitais. Que possamos tomar muitas cervejas e saborear vários churrascos juntos.

Por fim, após dois ciclos completos, quero agradecer e expressar o meu muito obrigado ao Professor Doutor João José Caluzi. Cheguei até aqui porque, em vários momentos - e realmente foram muitos -, você esteve por perto e nunca deixou de me incentivar e apoiar. Além de todo o conhecimento compartilhado sobre a Física, a História e a Epistemologia das Ciências, você me ensinou a ver a vida pelo lado bom. Obrigado por todas as ligações, todas as conversas, todos os ensinamentos e, é claro, por todas as cervejas que compartilhamos.

E aqueles que foram vistos dançando,
foram julgados insanos, por aqueles
que não podiam escutar a música".
Autor desconhecido

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo analisar a integração da História da Física, sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a partir de textos históricos relacionados à gênese da teoria eletromagnética clássica, a partir do experimento de Ørsted, publicado no idioma português por pesquisadores brasileiros, durante a disciplina Física III. A falta de material em História da Física, a função didática que esse material pode assumir no decorrer de uma disciplina, a possibilidade de envolver a Epistemologia da Ciência para ser um fio condutor no que tece a construção do pensamento científico foram aspectos explorados neste trabalho. A investigação foi realizada em um curso de Física de uma universidade pública, envolvendo alunos dos cursos de Física Licenciatura e Física Bacharelado. Foram realizadas seis atividades de leituras e debates, abordando as interpretações da interação eletromagnética, conforme a temática de cada texto. A seleção dos textos levou em consideração a sequência do conteúdo ministrado pelo professor, cuja proposta de ensino foi fundamentada na abordagem ausubeliana, além do conteúdo de caráter histórico e científico sobre a interação eletromagnética. Essas atividades precederam cada tópico sobre a interação eletromagnética apresentado pelo professor. Após a leitura de cada texto, foram promovidos debates para socializar a interpretação dos conteúdos dos artigos e, em seguida, os alunos, de maneira voluntária, produziram relatórios de leitura. Ao final do processo, foi aplicado um teste, cujas questões contemplaram os aspectos conceituais ministrados pelo professor e a impressão dos alunos sobre a integração das atividades de caráter histórico ao conteúdo da disciplina. Adicionalmente, foram realizadas seis entrevistas com os alunos voluntários que concluíram a disciplina. Destacamos que, durante a condução do estudo, os fundamentos da epistemologia de Fleck foram empregados para elucidar o processo de construção do conceito de interação eletromagnética e para analisar as concepções dos acadêmicos sobre a produção científica. Na análise dos dados, nos embasamos nos princípios da Teoria Fundamentada Construtivista, de Kathy Charmaz, com os quais construímos seis categorias, que foram analisadas à luz dos nossos referenciais teóricos. Os resultados deste estudo indicam que a História da Física pode ser integrada ao processo de ensino na função de organizadores avançados, conforme previsto pela TAS e que a Teoria Fundamentada Construtivista possibilitou elaborar uma teoria fundamentada, partindo da aprendizagem dos alunos, sob à perspectiva da TAS, e da concepção científica, com base na epistemologia de Fleck.

Concluímos nossa pesquisa reiterando o potencial da integração da História da Física, não apenas na construção do conceito específico em uma disciplina, como a Física III, mas também na ampliação da compreensão sobre a construção do pensamento científico.

Palavras-chave: História da Física; organizadores avançados; traduções comentadas; Ensino de Física.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the integration of the History of Physics from the perspective of the Theory of Meaningful Learning (SAD), from historical texts related to the genesis of the classical electromagnetic theory, from the Ørsted experiment published in Portuguese by Brazilian researchers. The investigation was carried out in a Physics course at a public university, involving students from the Physics Bachelor's Degree and Physics Bachelor's courses. Six reading and debate activities were carried out, addressing the interpretations of electromagnetic interaction according to the theme of each text. The selection of the texts considered the sequence of the content taught by the teacher, whose teaching proposal was based on the ausubelian approach, in addition to the historical and scientific content on electromagnetic interaction. These activities preceded each topic on electromagnetic interaction presented by the teacher. After reading each text, debates were held to socialize the interpretation of the contents of the articles, and then, the students voluntarily produced reading reports. At the end of the process, a test was applied, whose questions contemplated the conceptual aspects taught by the teacher and the student's impression of the integration of historical activities into the content of the course. In addition, six interviews were conducted with the volunteer students who completed the course. We highlight that, during the conduction of the study, the foundations of Fleck's epistemology were used to elucidate the process of construction of the concept of electromagnetic interaction and to analyze the academic conceptions of scientific production. In the data analysis, we were based on the principles of the Constructivist Grounded Theory, which provided methodological support to constitute six categories, which were analyzed in the light of our theoretical frameworks. The results of this study indicate that the History of Physics can be integrated into the teaching process in the function of advanced organizers, as foreseen in the TAS, and that the Constructivist Fundamental Theory made it possible to elaborate a grounded theory, starting from the students' learning, from the perspective of the SAT, and from the scientific conception, based on Fleck's epistemology. We conclude our research by reiterating the potential of integrating the History of Physics, not only in the construction of the specific concept in a discipline, such as Physics III, but also in expanding understanding about the construction of scientific thought.

Keywords: History of Physics; subsumer; annotated translations. Physics Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 V de Gowin das questões teóricas, metodológicas e procedimentais que foram elaboradas para analisar a origem da teoria eletromagnética. 17
Figura 2. Os principais conceitos da teoria de Ludwik Fleck, conforme descritos em seu livro de 1935. 49
Figura 3. Levantamento dos conceitos de Fleck abordados nos artigos. 51
Figura 4.Motor de Ampére. Quando a corrente i flui pelo circuito, o imã NS adquire uma velocidade angular juntamente com o prego imantado. 62
Figura 5.Ilustração do contato de dois metais com os nervos da perna de uma rã. 68
Figura 6.Condensador e pilha de Volta. 70
Figura 7. As possibilidades de ocorrência da aprendizagem de acordo com as dimensões das aprendizagens mecânica, significativa, por recepção e por descoberta**.** 73
Figura 8. As três dimensões da Aprendizagem Significativa por Recepção. 82
Figura 9. Mapa Conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa. 88
Figura 10. Etapas empírica da pesquisa. 105
Figura 11. Relação de subordinação entre referencial teórico, questão básica e metodologia. 106
Figura 12. Programa dos conteúdos da disciplina. 112
Figura 13. Sequência das atividades durante o projeto piloto realizada em 2016. 113
Figura 14. Procedimento experimental da pesquisa empírica em 2017. 115
Figura 15. Correntes filosóficas das TF Clássica, Straussiana e Construtivista. 123
Figura 16. Pontos de convergências entre as vertentes Clássicas, Straussiana e Construtivista da Teoria Fundamentada. 126
Figura 17. Mapa conceitual da estrutura Construtivista da Teoria Fundamentada 139
Figura 18.Figura usada no item 2 do questionário final. 187
Figura 19.Figura usada no item 3 do questionário final. 189
Figura 20.Figura usada no item 4 do questionário final. 190
Figura 21. Figura usada no item 5 do questionário final. 193
Figura 22.Figura usada no item 6 do questionário final. 195
Figura 23.Figura usada no item 7 do questionário final. 197
Figura 24 - Circuito elétrico percorrido por uma corrente elétrica. A agulha da bússola está direcionada para o norte, quando a corrente elétrica no fio é nula. 260
Figura 25 – Na figura (a), o fio é percorrido por uma corrente elétrica que está no sentindo sul para o norte. A ponta vermelha da bússola está direcionada para o oeste. Na figura (b), o fio é

percorrido por uma corrente elétrica que está o sentindo norte para o sul. A ponta vermelhal da bússola está direcionada para o leste..... 261
Figura 26 - Circuito elétrico composto por um quadro móvel feito com vinte voltas de fio de cobre. Próximo ao quadro há um ímã permanente. Na figura (a) o quadro está em equilíbrio. Na figura (b) o quadro se move em direção ao ímã. 262
Figura 27 - Fios paralelos percorridos por correntes elétricas em sentido oposto, uma em relação a outra..... 262
Figura 28 - Fios paralelos percorridos por correntes elétricas no mesmo sentido, uma em relação à outra..... 262
Figura 29 – Pêndulo formado com um ímã permanente. Na figura (a) o pêndulo está em posição de equilíbrio próximo a uma bobina conectada a dois LEDs. Na figura (b) o pêndulo oscila. Ao passar próximo da bobina, os LEDs emitem brilho..... 263
Figura 30. Primeiro artigo que os alunos leram na disciplina Física III. 287
Figura 31. Segundo texto lido pelos alunos na disciplina Física III. 288
Figura 32. Terceiro texto lido pelos alunos na disciplina Física III. 289
Figura 33. Quarto texto lido pelos alunos na disciplina Física III..... 290
Figura 34. Quinto texto lido pelos alunos na disciplina Física III..... 291
Figura 35. Sexto texto lido pelos alunos na disciplina Física III..... 292

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.Quantidade total de códigos criados após a exclusão dos códigos duplicados de cada entrevistado da pesquisa. 147
Tabela 2. Alunos que entregaram o relatório de leitura 205
Tabela 3.Frequência de entrega dos relatórios de leitura por aluno. 205

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Características de cinco abordagens da pesquisa qualitativa. 99
Quadro 2. Pontos de divergência entre as abordagens Clássica, Straussiana e Construtivista da Teoria Fundamentada..... 138
Quadro 3.Fragmentos da codificação inicial de A1. 146
Quadro 4. Perfil dos acadêmicos entrevistados. 148
Quadro 5.Construção do código focalizado "Formação Acadêmica e Profissional". 160
Quadro 6.Construção do código focalizado "Não foi um momento propício para eu compreender a importância do estudo do eletromagnetismo". 162
Quadro 7.A construção do código focalizado "Motivação, Experiência e apreciação do aluno no Contexto da Disciplina" da questão 02 da entrevista. 163
Quadro 8.A construção do código focalizado "Impressões sobre a avaliação acadêmica" da questão 02 da entrevista. 164
Quadro 9.A construção do código focalizado "História do eletromagnetismo no processo de aprendizagem" da questão 02 da entrevista. 166
Quadro 10. A construção do código focalizado "A didática do professor" da questão 02 da entrevista. 167
Quadro 11.A construção do código focalizado "Memória de realizar as leituras dos textos da história do eletromagnetismo" da questão 03 da entrevista. 169
Quadro 12.A construção do código focalizado "Associação das atividades de história do eletromagnetismo com os Conceitos Ensinados pelo Professor" da questão 03 da entrevista. 170
Quadro 13.A construção do código focalizado "Lembrança e apreciação das conexões com colegas e diálogos em sala" da questão 03 da entrevista. 170
Quadro 14.A construção do código focalizado "Percepção da Ciência como uma atividade intelectual humana" da questão 04 da entrevista. 172
Quadro 15.Código focalizado "Integração das atividades de história do eletromagnetismo com os conceitos ensinados pelo professor" da questão 04 da entrevista. 173
Quadro 16.Código focalizado "As atividades de pesquisa não foram consideradas na avaliação da disciplina" 174
Quadro 17.Código focalizado "Integração histórica facilitou aprendizagem em Física III".175
Quadro 18.Código focalizado "Reconhecer o conhecimento como uma construção que se desenvolve de maneira não linear". 176

Quadro 19.Código focalizado “Interpretação do fenômeno físico a partir das expressões matemáticas”. 177
Quadro 20.Código focal “Reestruturação da estrutura curricular. 178
Quadro 21.Código focalizado “Integração da HF na prática docente”. 179
Quadro 22.Codificação focalizada “Ausência de integração da História da Física com outras disciplinas”. 180
Quadro 23.Código focalizado “Textos históricos sobre experimentos instigam a curiosidade e admiração aos cientistas”. 181
Quadro 24.Codificação focalizada “Inserção da HF na prática Docente de forma estratégica, contextualizada e de acordo com a BNCC apesar das dificuldades”..... 182
Quadro 25.Codificação focalizada “Experiência na docência”. 183
Quadro 26.“Consideração do referencial de HF e sua influência na formação inicial, motivando interesse pelos estudos históricos”..... 184
Quadro 27.Explicação da primeira questão do questionário..... 185
Quadro 28.Explicação da segunda questão do questionário. 187
Quadro 29.Explicação da terceira questão do questionário. 189
Quadro 30.Explicação da quarta questão do questionário. 191
Quadro 31.Explicação da quinta questão do questionário. 193
Quadro 32.Explicação da sexta questão do questionário..... 195
Quadro 33.Explicação da sexta questão do questionário. 197
Quadro 34.Impressões dos alunos sobre as atividades da história do eletromagnetismo..... 199
Quadro 35.Codificação focalizada do item 8 do questionário. 200
Quadro 36.Interpretações dos alunos sobre o primeiro texto..... 206
Quadro 37.Interpretações dos alunos sobre o segundo texto. 208
Quadro 38.Interpretações dos alunos sobre o terceiro texto. 209
Quadro 39.Interpretações dos alunos sobre o quarto texto. 211
Quadro 40.Interpretações dos alunos sobre o quinto texto. 211
Quadro 41.Interpretações dos alunos sobre o sexto texto..... 213
Quadro 42.Codificação focalizada constituída a partir do relatório de leitura. 214

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **11**

1 A EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK: PRINCIPAIS CONCEITOS, O ENSINO DE CIÊNCIAS E POSSÍVEIS RELAÇÕES COM A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS 21

1.1. Síntese da biografia de Ludwik Fleck 21

1.2. As possíveis inspirações da epistemologia fleckiana 25

1.3. O legado de Fleck para a Epistemologia da Ciência 27

1.4. Aspectos conceituais da epistemologia fleckiana 33

1.5. A presença da epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências 50

1.6. Como o conhecimento do coletivo de pensamento é divulgado? 54

2. O FATO CIENTÍFICO E ALGUMAS INTERPRETAÇÕES DA ORIGEM DA TEORIA ELETROMAGNÉTICA CLÁSSICA POR MEIO DA EPISTEMOLOGIA FLECKIANA **60**

3. (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980)APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL: UMA POSSÍVEL ABORDAGEM PARA O ENSINO DE FÍSICA 72

3.1. Princípios da Aprendizagem Significativa de David Ausubel 72

3.2. O conceito subsunçor 75

3.3. Material potencialmente significativo 77

3.4. Tipos de Aprendizagens Significativas 78

3.5. A Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integrativa: princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa 82

3.6. Organizadores avançados 83

3.7. A Aprendizagem Significativa e a História da Física 88

4. UM PERCURSO METOLÓGICO PARA CONSTRIBUIR COM A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE INTERAÇÃO ELETROMAGNÉTICA **98**

4.1. Natureza da pesquisa e os seus pressupostos 98

4.2. Delineamento da pesquisa 106

4.3. Os desafios para a escolha dos textos históricos 107

4.4. A amostra da pesquisa empírica 108

4.5. A etapa empírica da pesquisa e os desafios em trabalhar com os textos históricos do eletromagnetismo como organizadores prévios 109

5. A CONSTRUÇÃO DE UMA TEORIA FUNDAMENTADA NA DIMENSÃO DA INTEGRAÇÃO DA HISTÓRIA DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA 119

5.1. Apresentação da Teoria Fundamentada (TF) 119

5.2. A vertente Construtivista da Teoria Fundamentada 138

5.3. A construção da codificação inicial e focalizada 145

5.3.1 A construção da codificação inicial e focalizada das entrevistas 145

5.3.1.1 A codificação focalizada de cada item da entrevista 160

5.3.1.2 Análise e codificação dos itens do questionário final 185

5.3.1.3 Análise e codificação dos relatórios de leitura 204

5.4. Construção e reflexões sobre as categorias analíticas 216

5.4.1 Material Potencialmente Significativo: potencialidades e limitações 216

5.4.2 A complexidade das expressões matemáticas: questões e reflexões 221

5.4.3 Estudo Fragmentado: um olhar sobre o currículo 222

5.4.4 Interação com os colegas em Física III 225

5.4.5 Construção do pensamento científico 226

5.4.6 Perfil e Perspectiva Docente 229

5.5. Memorando da codificação focalizada 230

CONSIDERAÇÕES FINAIS 233

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 239

APÊNDICES 257

APÊNDICE A –Relatório de leitura do texto Interação na Física 258

APÊNDICE B - TERMO CONCETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 259

APÊNDICE C – Itens do questionário aplicado no final da disciplina. 260

APÊNDICE D – Questões norteadoras das entrevistas. 264

APÊNDICE E – Memorando da entrevista realizada com A1 265

APÊNDICE F – Memorando da entrevista realizada com A2 268

APÊNDICE G – Memorando da entrevista realizada com A3 273

APÊNDICE H – Memorando da entrevista realizada com A4 276

APÊNDICE I – Memorando da entrevista realizada com A5 279

APÊNDICE J – Memorando da entrevista realizada com A5 282

ANEXOS 287

ANEXO A – Página inicial do texto: Uma tradução comentada de um texto de Maxwell 287
ANEXO B – Página inicial do texto: O experimento de Oersted. 288
ANEXO C – Página inicial do texto: Sobre os efeitos das correntes elétricas: Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. 289
ANEXO D – Página Inicial do texto: Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo. 290
ANEXO E – Página Inicial do texto: Pesquisas experimentais em eletricidade 291
ANEXO F – Página Inicial do texto: A metodologia de J. C. Maxwell e o desenvolvimento da Teoria Eletromagnética 292
ANEXO G – Plano de Ensino da disciplina Física III 293

INTRODUÇÃO

A História, a Sociologia e a Filosofia das Ciências têm se destacado ao longo do tempo no âmbito das discussões entre os pesquisadores da área de Educação Científica. Desde 1990, a inserção da História, Filosofia e Sociologia das Ciências no Ensino de Ciências tem ganhado espaço, permitindo destacar pontos que escapam dos estereótipos frequentemente encontrados nos livros didáticos, os quais não estimulam nenhum debate (Gimeniz; Rodrígues da Silva, 2010; Lima *et al.*, 2018; Pugliese, 2017; Ribeiro; Martins, 2007; Silva; Antonovick, 2016; Silva; Pimentel, 2008; Vidal; Porto, 2012).

Em um extenso artigo, Matthews (1995) apresentou algumas situações nas quais a História e a Filosofia das Ciências (HFC) podem ser integradas a um programa de Ensino de Ciências. No entanto, o autor ressaltou que é possível elaborar tal programa de ensino com essas características somente se a HFC for apropriada na formação dos futuros professores e dos que já estão em atividade.

Seguindo a abordagem de Matthews (1995), Martins (2007) enfatiza que a HFC pode ser utilizada tanto como disciplina científica quanto em estratégias de ensino. No entanto, o autor destaca a necessidade de investir na formação dos professores que desejam incorporar HFC em suas aulas, uma vez que a falta de preparo pode transmitir aos alunos concepções equivocadas quanto aos caminhos percorridos pelos cientistas na construção científica.

É relevante observar que, durante a primeira fase da institucionalização da pesquisa em Educação Científica, conforme apontam Villani, Dias e Valadares (2010), a HFC não receberam grande destaque. Enquanto alguns materiais defendiam a ideia simplista de que o conhecimento da História da Ciência poderia motivar os alunos e facilitar o aprendizado de conceitos científicos, outros não exploravam de forma eficiente a relação entre História e Filosofia da Ciência com o ensino. Apesar disso, a comunidade de pesquisadores envolvidos em projetos educacionais valorizava as contribuições da História da Ciência, inclusive na produção de material didático para complementar projetos de Ensino de Física. Conforme destacam Villani, Dias e Valadares (2010), dentre esses pesquisadores, ligados ao ensino superior também contribuíram para a História e Filosofia da Ciência ao promoverem atividades e cursos que abordavam episódios científicos importantes, como a transição da teoria geocêntrica para a heliocêntrica e o surgimento da teoria da relatividade.

Sob esse mesmo prisma, Licio e Silva, (2020) destacaram o papel dos pesquisadores, visto que uma compreensão crítica sobre as ciências e as atitudes dos cientistas em relação ao mundo e à sociedade é essencial para entender a importância da pesquisa científica na sociedade moderna. Eles enfatizam que professores e/ou pesquisadores na sala de aula podem explorar não só aspectos conceituais e cognitivos, mas também o contexto sociocultural em que ocorreu o avanço científico, os processos de validação de novos conhecimentos produzidos e os possíveis interesses ou crenças envolvidos na constituição dos conceitos, humanizando a Ciência.

Esse pensamento colaborativo que permeia uma determinada época é o que faz com que as áreas científicas se constituam. No caso da educação científica, o estudo de Nardi (2014) destaca a produção de materiais didáticos, a formação de grupos de pesquisa e os primeiros eventos na área de Ensino de Ciências como fundamentais para a consolidação da área. O autor ressalta a importância dos primeiros programas de Pós-Graduação que foram criados, especialmente após o primeiro *Encontro de Pesquisa em Educação em Ciência*, em 1997, bem como as revistas especializadas. Ele reforça que todo esse coletivo de pesquisadores, por meio de eventos, formações e da expansão de programas de pós-graduação, foi fundamental nesse processo, ajudando a consolidar a importância do Ensino de Ciências na formação acadêmica e na sociedade em geral.

Destacamos dois artigos escritos pelo historiador e filósofo das ciências, Douglas Allchin. O primeiro, intitulado "*Concepções de Mitos Científicos*", publicado em 2003, e "*Pseudo-história e Pseudociência*", publicado em 2004. Quanto ao primeiro artigo, Allchin (2003) ressaltou que tanto historiadores quanto os professores de ciências precisam estabelecer estratégias para inserir a História das Ciências nas aulas sem reforçar as narrativas falaciosas sobre a produção científica ou contribuir para a mistificação das ciências. No ano seguinte, Allchin (2004), discutiu que a pseudo-história romantiza os cientistas, destaca os dramas das descobertas e pouco discute sobre o processo científico. Para ele a romantização dos cientistas, oculta alguns aspectos importantes da Natureza da Ciência, resultando em um desserviço quando esse tipo de História das Ciências entra nas aulas de ciência, pois podem levar os alunos à compreensão equivocada de assuntos com os quais a ciência contemporânea está envolvida, como, por exemplo, o aquecimento global. Ao ensinar que a ciência é uma construção humana e que enfrenta percalços durante o processo, como as suas complexidades, o professor oportunizará aos seus alunos realizar uma leitura menos equivocada sobre os assuntos científicos que os cercam, levando-os a fazer os seus próprios questionamentos para chegar a

suas próprias conclusões (Allchin, 2004).

Ao trazer essa discussão sobre as obras que utilizam a História da Física para sustentar e contextualizar a divulgação científica, Martins (1998a, 1998b, 2001) teceu duras críticas em relação aos profissionais com formação em qualquer área da Física, e até mesmo de outras áreas do conhecimento, mas que se aventuram a escrever sobre a História da Física (HF) sem discutir as questões conceituais envolvidas nos relatos, ou pior, escrevem sobre a construção de uma ideia científica repleta de equívocos conceituais tanto do ponto de vista historiográfico como conceitual.

O pesquisador em HF deve ser meticuloso ao utilizar um texto histórico, pois há vieses que podem ter características míticas e qualidade duvidosa quanto à fundamentação histórica dos textos. Dessa forma, toda pessoa que se propõe a realizar trabalhos sobre a HC precisa ser cautelosa e efetuar um bom trabalho, com rigor metodológico e conhecimento de suas fontes de pesquisa (Martins, 2001).

Percebemos que as abordagens sobre a HC, vistas em Mathews, Allchin e Martins, possuem pontos de divergência, mas são convergentes em pelo menos um aspecto: a necessidade do rigor ao escrever sobre a HC. Nos trabalhos de Allchin (2003, 2004), fica evidente a preocupação do autor com a Natureza da Ciência. Enquanto o trabalho de Matthews (1995) destaca o enriquecimento das aulas de ciências quando a HFC passa a compor o currículo Martins (1998a; 1998b, 2001) salienta o rigor historiográfico.

Dentro do espectro da pesquisa em educação científica, há evidências de que as pesquisas sobre a HFC passaram a permear o interesse dos pesquisadores. Em duas revisões da literatura brasileira realizada por Rezende, Ostermann e Ferraz (2009) e por Teixeira, Greca e Freire (2012), no cenário internacional, foram acentuados que, embora as investigações sobre HFC apareçam em maior número na literatura em Ensino de Ciências, a sua inserção no contexto de sala de aula ainda era um desafio para esse campo da pesquisa.

O trabalho de Silva, Silva Filho e Padilha (2021) trouxe o resultado de uma revisão da literatura em HFC dos trabalhos publicados no *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, no período de 2010 a 2020. Na análise dos artigos selecionados, os autores constataram que ainda há uma carência em investigações que envolva a inserção da HFC em sala de aula. Também verificaram que dos trabalhos que envolveram a prática de ensino, poucos descreveram o referencial de aprendizagem.

A revisão da literatura realizada por Palma *et al.*(2017) apresentou um panorama das teses e dissertações do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da

USP. As publicações selecionadas pelos autores foram do período de 2012 a 2016. Dos 220 trabalhos defendidos em teses e dissertações, vinte e três abordaram a HFC no Ensino de Ciências. Desses, dez foram da área do Ensino de Física, sete do Ensino de Biologia e seis do Ensino de Química. Dos onze trabalhos em Ensino de Física, destacamos que dois foram relacionados à História da Ciência e na Formação de Professores, cujas temáticas envolveram a formação intelectual crítica do professor. Outras seis investigações focaram na História da Ciência no Ensino de Ciência, cujo objetivo foi a avaliação de sequências didáticas a partir de materiais didáticos sobre a História da Física.

Na educação básica ou no ensino superior, um dos entraves para trabalhar com a HFC em sala de aula é a carência de material didático disponíveis para professores e alunos (Morais; Guerra, 2013; Schirmer; Sauerwein, 2014; Silva, 2014; Vital; Guerra, 2017). Esses materiais podem incluir textos traduzidos, discussões sobre os experimentos clássicos que contribuíram para elaboração de um conceito, estratégias de ensino embasadas na construção do pensamento científico e propostas de mudança ou adequação no currículo (Boss, 2011; Chaib; Assis, 2011; Souza Filho *et al.*, 2007).

No que diz respeito à tradução comentada de textos científicos, tem havido um considerável esforço nos últimos anos para publicar artigos originais ou correspondências trocadas entre cientistas, permitindo que os professores acessem e utilizem tais recursos de acordo com suas propostas de ensino. Esses trabalhos visam apresentar aos alunos os caminhos percorridos na ciência para elaboração de uma teoria. Os textos de Assis (1996), Boss *et al.* (2016), Boss e Caluzi (2007) Bueno e Pacca (2009), Gobara, Errobidart e Lima (2014), Guerra, Reis e Braga (2004), Souza Filho, Caluzi e Boss (2014), Tort, Cunha e Assis (2004) oferecem contribuições significativas para a produção de material de ensino.

Quanto às investigações que abordaram a reprodução de experimentos clássicos em sala de aula, encontramos na literatura resultados para que os professores de ciências naturais possam utilizar no processo de construção dos conceitos científicos (Boss, 2011; Chaib; Assis, 2007a; Souza Filho *et al.*, 2007).

Encontramos na literatura a preocupação sobre como a História da Física é utilizada nos processos de ensino e aprendizagem. Para, além da produção de materiais de qualidade sobre a História da Física, o que não é uma tarefa trivial, é preciso analisar como esses materiais podem ser utilizados na prática de ensino e quais são os indicadores usados para avaliá-los (Alencar; Silva, 2018; Ataide; Silva, 2011; Rodrigues Junior *et al.*, 2015; Schirmer; Sauerwein, 2014; Vilas Boas *et al.*, 2013).

Diante do cenário que suscita preocupações justificáveis sobre a construção de uma História da Física que não seja romantizada, simplista e permeada de misticismo, entendemos que a Epistemologia, assim como a Natureza da Ciência, não apenas contribuam para evitar que esses elementos implicadores dificultem a compreensão da HF, como também forneçam subsídios teóricos para que os pesquisadores possam investigar a inserção da HF, na formação de professores, na construção de conceitos em Física ou na compreensão do desenvolvimento da própria Física.

Nesse contexto, definimos o objeto de pesquisa desta tese de doutorado, que é a integração da HF, via textos históricos sobre a gênese da teoria eletromagnética clássica, em uma disciplina de Física III.

A prática de ensino cujos conceitos estão relacionados com a interação eletromagnética foi objeto de investigação de alguns trabalhos. Os motivos dessas dificuldades estão relacionados a alguns fatores, como: raciocínio fragmentado do conteúdo; os conceitos são complexos e difíceis de aprender; as abordagens fenomenológica dos conceitos não são padronizados nos livros didáticos; limitações de discussões conceituais sobre os fenômenos; os conceitos de campo elétrico e campo magnético são abstratos e estão distante do domínio concreto do aluno; a priorização dos professores por demonstrações matemáticas e a carência de conceitos prévios[1] para entender os conceitos encontrados no eletromagnetismo (Dias; Barlette; Martins, 2009; Magalhães; Santos; Dias, 2002; Moreira; Pinto, 2003; Nousiainen; Koponen, 2017; Pantoja; Moreira, 2021).

Além disso, concordamos com Pugliese (2017) de que a História, a Epistemologia e a Sociologia das Ciências deveriam permear a prática docente para permitir a ocorrência da construção das teorias e a validação da argumentação a partir do campo das interlocuções e dos acordos político-econômicos. Esse movimento é divergente aos resultados obtidos na pesquisa, pois segundo este autor foram observado que os professores de Física investigados constituem concepções sobre as práticas pedagógicas que contemplam aulas quase exclusivamente expositivas, resoluções de exercícios pautadas na linguagem matemática, atividades experimentais meramente demonstrativas, mesmo os professores considerando a prática experimental relevante para a aprendizagem dos alunos e consideram importante visitas externas e leituras de textos didáticos e históricos científicos.

[1] Denota ao conceito ausubeliano conhecido por *subsunçor,* que será apresentado e definido no decorrer deste texto.

Considerando essas reflexões quanto as potencialidades da HC no Ensino de Ciências (EC) e delimitando o cenário para encontrar o nosso objeto de pesquisa, formulamos a questão que orientou a nossa investigação: Quais são as contribuições de um material estruturado de acordo com os princípios dos organizadores avançados, à luz da História da Física, para o processo de compreensão conceitual sobre a interação eletromagnética, destinado a acadêmicos de Física na disciplina de Física III?

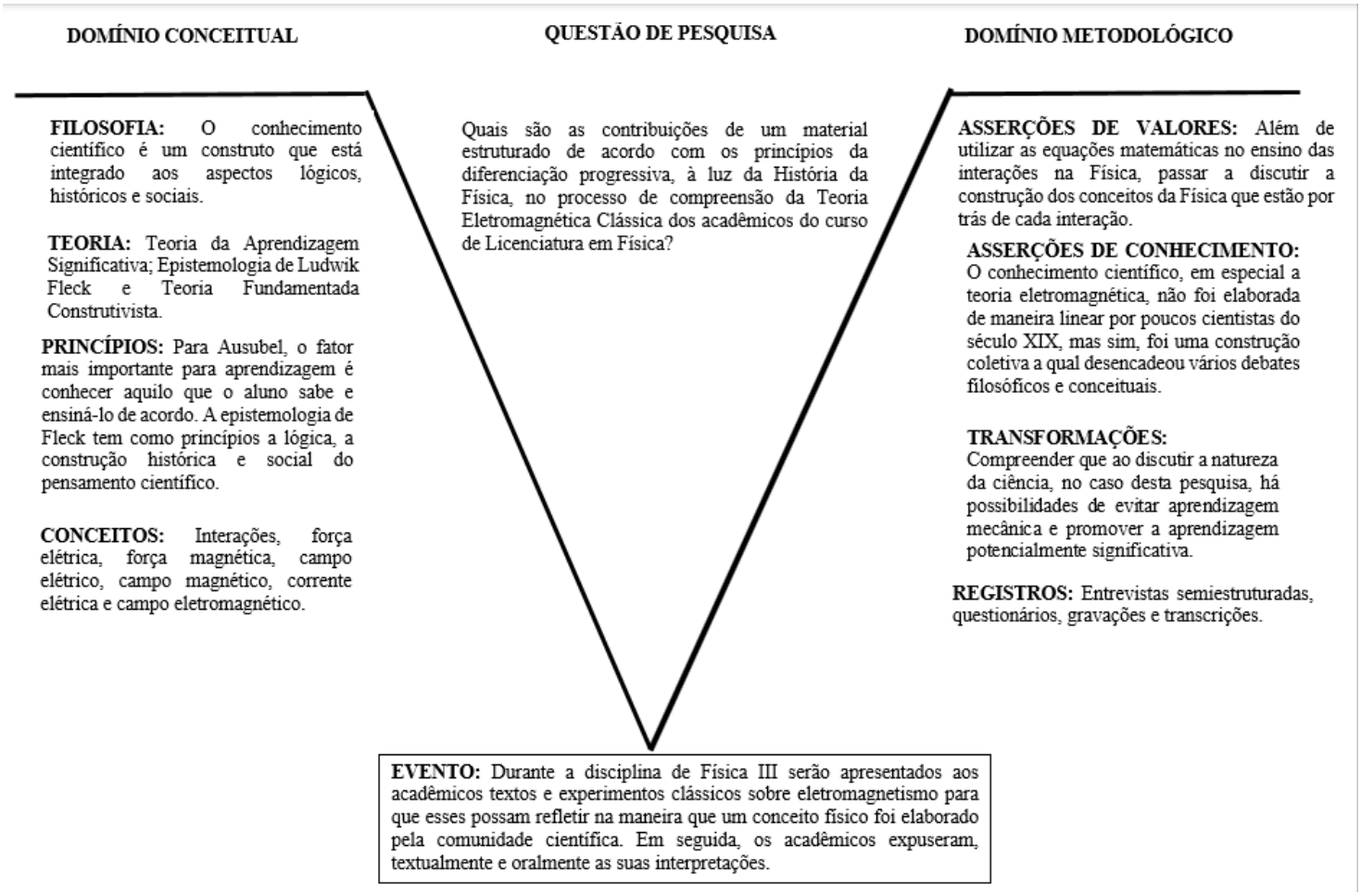
Consequentemente, após a formulação dessas questões, delineamos o objetivo geral da pesquisa: ***analisar a integração da História da Física, sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), elaborada a partir de textos históricos que tratam de elementos da gênese da teoria eletromagnética clássica, durante o desenvolvimento da disciplina Física III em um curso de Física.***

Assim, os objetivos específicos foram concebidos para guiar os estágios necessários para atingir o objetivo geral. Portanto, os quatro objetivos específicos desta pesquisa são: i) Pesquisar na literatura textos sobre o eletromagnetismo que enfatizem a busca pelo entendimento do resultado experimental do experimento de Ørsted; ii) Selecionar os textos históricos que tratam das hipóteses iniciais da interação eletromagnética; iii) Elaborar uma estratégia para que os textos desempenhem uma função didática durante as aulas de Física III. iv) Analisar se as atividades propostas aos acadêmicos auxiliaram na compreensão do conceito de interação eletromagnética; v) articular a epistemologia fleckiana à teoria de aprendizagem ausubeliana.

Na Figura 1 V de Gowin das questões teóricas, metodológicas e procedimentais que foram elaboradas para analisar a origem da teoria eletromagnética. apresentamos um V de Gowin[2] para possibilitar ao leitor uma dimensão global da pesquisa. Os referenciais teóricos ficam à esquerda do V, as questões norteadoras ficam no meio do V, os aspectos metodológicos no lado direito e na base estão o evento ou o objeto, que são as descrições dos e eventos e as fases que foram propostas para buscar as repostas das questões.

[2] Para saber mais sobre as potencialidades do V de Gowin no ensino, consulte o texto Uso do "V" de Gowin na formação docente em ciências para os anos iniciais do ensino fundamental (Leboeuf; Batista, 2013).

Figura 1 V de Gowin das questões teóricas, metodológicas e procedimentais que foram elaboradas para analisar a origem da teoria eletromagnética.



Fonte: Autoria própria.

Entre as possibilidades de pesquisa na área de História, Filosofia e Epistemologia das Ciências (HFC), duas abordagens foram seguidas nesta pesquisa: a primeira versa sobre a concepção de ciência, tomando como referência a epistemologia de Ludwik Fleck, e a segunda investiga a forma como esse pensamento científico é discutido e construído em sala de aula.

Apresentar nesta pesquisa o referencial epistemológico ilustra a maneira como entendemos a construção do pensamento científico. A nossa investigação é composta por uma etapa empírica. Portanto, assumimos que as ações do pesquisador são conduzidas a partir dos conceitos que ele utiliza para compreender o mundo ao seu redor, inclusive as suas práticas científicas.

A partir dessas considerações, discriminaremos como foi definida a estrutura deste texto. No primeiro capítulo, intitulado "Epistemologia de Ludwik Fleck: principais conceitos, o Ensino de Ciências e possíveis relações com a História das Ciências", apresentamos uma breve biografia de Fleck, um médico judeu polonês que trabalhou, por ordens dos nazistas, nos

campos de concentração durante a Segunda Guerra Mundial, e os aspectos conceituais da epistemologia fleckiana. Nesse capítulo, explicitamos os principais elementos da epistemologia fleckiana que aparecem na monografia de 1935 (Fleck, 2010). Também, dialogamos com os sete trabalhos sobre epistemologia publicados por Fleck. As percepções de alguns comentadores da obra de Fleck tangenciarão o capítulo. Mostraremos as potencialidades da epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências ao apresentarmos alguns resultados de pesquisas realizadas no Brasil.

No segundo capítulo, apresentaremos um fragmento da história do eletromagnetismo, começando com o experimento da deflexão da agulha magnética realizado por Ørsted. A proposta deste capítulo não é investigar ou analisar minuciosamente as premissas entorno do experimento, mas sim construir um texto que apresente elementos históricos da descoberta e algumas de suas repercussões. Adotaremos na escrita desse capítulo os trabalhos produzidos por pesquisadores brasileiros. Incluiremos algumas traduções comentadas e trabalhos de pesquisadores da área de História, Filosofia e Epistemologia das Ciências (HFC), destacando as interpretações do conceito de interação eletromagnética. A análise das dimensões epistemológicas no contexto do experimento de Ørsted poderá ser objeto de uma pesquisa futura.

Ressaltamos, então, que a proposta da pesquisa, nos campos da História das Ciências e da Epistemologia das Ciências, é perpassar pela construção da origem da teoria eletromagnética embasada nos pressupostos epistemológicos de Fleck. Quanto à formação do pensamento científico em sala de aula, investigamos como a ideia de interação eletromagnética é construída durante a disciplina Física III entre uma amostra composta por acadêmicos do curso de Física. Para isso, adotamos como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, foco do nosso terceiro capítulo, intitulado “Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma possível abordagem para o Ensino de Física”. Este capítulo apresenta os princípios da aprendizagem significativa, os tipos de aprendizagem significativa e a aprendizagem significativa e História das Ciências.

O quarto capítulo, “Um percurso metodológico pra contribuir com a construção do conceito de interação eletromagnética”, detalha o desenvolvimento da pesquisa, demonstrando na prática como trabalhamos a articulação da teoria de Fleck com a teoria ausubeliana, buscando atender ao objetivo da nossa pesquisa.

No último capítulo, intitulado “A construção de uma teoria fundamentada na dimensão da integração da História da Física e do Ensino de Física”, apresentamos, a partir da Teoria

Fundamentada Construtivista (TFC), movimentos analíticos que permearam os três pilares de dados essenciais desta pesquisa: entrevistas, questionário final e relatórios de leitura.

A TFC, proposta por Kayth Charmaz, tem suas origens no trabalho de Glaser e Strauss (2017), desenvovida na década de 1960. As bases epistemológicas da TFC são fundadas no interacionismo simbólico[3] e na lógica abdutiva nas quais "as explicações teóricas possíveis para os dados, a elaboração de hipóteses para cada explicação possível, a verificação empírica destas por meio da análise dos dados, e a busca de uma explicação mais plausível" (Charmaz, 2009, p. 144).

Das interações entre essas análises emergiram seis categorias que foram minuciosamente explicitadas e analisadas à luz de nossos referenciais teóricos. Essas categorias não apenas encapsulam as conclusões relacionadas à integração da História da Física no contexto do ensino, mas também proporcionam uma interpretação abrangente, representando um fechamento substancial das compreensões construídas nos capítulos anteriores. Nesse contexto, exploramos as limitações e possibilidades de um material potencialmente significativo, elaborado com a perspectiva de integrar a História da Física em uma disciplina de núcleo comum dos cursos de Física (licenciatura e bacharelado).

Destacamos o enfoque nas expressões matemáticas como elemento crucial a ser repensando para o ensino de Física, bem como a necessidade de repensar o currículo desses cursos para promover um estudo mais significativo. As motivações proporcionadas pelo compartilhamento dos significados elaborados pelos estudantes a partir dos textos originais também são evidenciadas. Além disso, a construção do pensamento científico emerge como um elemento revelador, mostrando que ensinar um conceito específico por meio de sua construção histórica amplia as compreensões não apenas na disciplina em estudo, mas também em relação à produção científica. Por fim, delineamos o perfil dos estudantes e a forma como eles integram a História da Física em suas práticas docentes.

Nas considerações finais, buscamos responder ao objetivo principal da nossa pesquisa, sintetizando as nossas conclusões que emergiram da complexa trama de dados e análises. Por fim, destacamos a relevância de avaliações contínuas sobre os métodos de ensino, enfatizando o potencial de uma perspectiva histórica para aprofundar a compreensão dos conceitos estudados pelos estudantes. Destacaremos futuras pesquisas sobre temáticas que emergiram

[3] Para saber mais, consulte o artigo Interacionismo simbólico: raízes, críticas e perspectivas atuais (Correa, 2017).

nesta tese e que não foram exploradas com profundidade por não serem o foco deste estudo. Encerramos a tese com uma reflexão sobre o impacto dessa abordagem na educação científica.

1 A EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK: PRINCIPAIS CONCEITOS, O ENSINO DE CIÊNCIAS E POSSÍVEIS RELAÇÕES COM A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

Este capítulo será dedicado ao referencial epistemológico que norteou nosso entendimento sobre a construção da teoria eletromagnética no início da década de 20 do século XIX, cujo recorte foi objeto de estudo desta tese. Os eventos históricos apresentados foram escolhidos a partir dos trabalhos de Hans Christian Ørsted (1777 - 1851), Jean-Baptiste Biot (1774 - 1862) e Félix Savart (1791 - 1841), Dominique François Jean Arago (1786 - 1853), André-Marie Ampère (1775 - 1836), Michael Faraday (1791 - 1867) e James Clerk Maxwell (1831 - 1879) que dedicaram parte de suas vidas acadêmicas ao estudo do eletromagnetismo.

A epistemologia de Ludwik Fleck (1896 - 1961) foi o referencial epistemológico escolhido para compreender a gênese da teoria eletromagnética clássica. Elementos da teoria, como o estilo de pensamento, coletivo de pensamento, protoideias, círculo esotérico e exotérico, coerção de pensamento, tráfegos intracoletivo e intercoletivo de pensamento e o fato científico, serão apresentados e empregados neste capítulo. Antes das discussões de cunho teórico dos princípios da epistemologia fleckiana, apresentaremos quem foi esse médico pesquisador polonês e quais foram as suas colaborações no campo da epistemologia e sociologia da ciência.

Ainda, neste capítulo, buscaremos trazer alguns resultados de pesquisas em História da Física, cujo objeto de estudo seja um tópico do eletromagnetismo. Utilizaremos esses trabalhos como exemplos para ilustrar os conceitos da teoria fleckiana conforme eles surgirem ao longo do texto.

1.1. Síntese da biografia de Ludwik Fleck[4]

A elaboração desta seção está fundamentada em trabalhos de pesquisadores cujo objeto de pesquisa foi a biografia de Fleck e as possíveis influências que ele teve para apresentar a sua epistemologia. As fontes de pesquisa foram o prefácio à edição brasileira do livro "*Gênese e*

[4]Esta síntese foi elaborada a partir das leituras dos textos *Microbiology and Philosophy of Science, Lwow and the German holocaust: stations of a life — Ludwik Fleck 1896-1961* (Schnelle, 1986), *Ludwik Fleck e a presente História da Ciências* (Löwy, 1994), *Fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da Ciências* (Schäfer; Schnelle, 2010).

desenvolvimento de um fato científico", escrito por Mauro Lúcio Leitão Condé[5], a introdução do mesmo livro, escrita por Lothar Schäfer[6] e Thomas Schnelle[7], o texto de Ilana Löwy[8] de 1994 e o trabalho do pesquisador Thomas Schnelle de 2012. Em seu trabalho, Mizrahy (2012) apresenta contrapontos aos textos produzidos por esses autores sobre a vida de Fleck. Para essa pesquisadora, Fleck teve algumas regalias durante o período que foi prisioneiro nos campos de concentração de Auschwitz e Buchenwald que foram omitidas em sua biografia. Entendemos que uma breve síntese sobre a biografia de Ludwik Fleck se faz necessária para sabermos quais foram as suas influências no campo da história e filosofia da ciência.

Filho de judeus poloneses, Fleck nasceu no dia 11 de julho de 1896, na cidade Lviv, na Polônia, atualmente território ucraniano. Nessa época, a cidade tinha duas grandes influências culturais: a cultura tradicional polonesa, principalmente devido à liberdade proveniente das escolas polonesas e de uma universidade antiga da cidade que permitia os professores lecionar as suas disciplinas em polonês, e a cultura austríaca, uma vez que a Polônia estava sobre os domínios do Império Austro-Húngaro, o que aproximava os círculos sociais e culturais de Lviv aos círculos da cidade de Viena.

Dentro desse cenário multicultural, Fleck conviveu e dominou os idiomas polonês e alemão. Iniciou o curso de medicina em 1914 na Universidade de Jan Kazimierz. Contudo, devido à convocação para o exército durante a Primeira Guerra Mundial, teve que interromper os seus estudos, retomando após o final da guerra. No campo da pesquisa médica, dedicou-se aos problemas relacionados à microbiologia.

Em 1920, Fleck tornou-se assistente no laboratório de pesquisa para doenças infeccionais em Przemysl, nas proximidades de Lviv, que era gerenciado pelo pesquisador em tifo, Rudolf Stefan Jan Weigl (1883 - 1957). No ano seguinte, Rudolf Weigl assumiu a cátedra de biologia na Faculdade de Medicina da Universidade de Lviv, e Fleck o acompanhou para ser seu assistente, permanecendo neste cargo até 1923. Neste ano, Fleck fundou o seu próprio laboratório bacteriológico.

Com o agravamento da situação econômica e política na Polônia, Fleck desvinculou-se do ambiente acadêmico e foi trabalhar no Laboratório Químico de Bacteriologia do

[5]Professor e pesquisador da Universidade Federal de Minas Gerais. Trabalha com História da Ciência, Historiografia da Ciência, Epistemologia e Filosofia da Linguagem.

[6]Filósofo alemão. Trabalhou na Universidade de Hamburgo. Foi comentador das obras de Fleck

[7]Sociólogo alemão que estudou em seu doutorado a epistemologia de Fleck. É membro do Ludwik Fleck Kreis.

[8]Polonesa, bióloga e historiadora das ciências. Trabalha com a história da biomedicina, com foco na história das malformações congênitas e no diagnóstico pré-natal, e no rastreamento, prevenção e tratamento de patologias relacionadas a alterações no material genético do organismo.

Departamento de Medicina do Hospital Geral de Lviv, onde permaneceu até 1925. Após esse período, continuou trabalhando no mesmo hospital, mas dentro do Laboratório Bacteriológico do Departamento de Doenças Dermatológicas e Venérea.

Em 1927, Fleck foi convidado a passar um período em Viena para estudar com o professor Rudolf Kraus (1868 - 1932), no Instituto Governamental de Soroterapia. No ano seguinte, retornou para Lviv e assumiu a direção do Laboratório Bacteriológico do Seguro de Saúde da Região, onde permaneceu até 1935, quando passou a se dedicar exclusivamente ao seu laboratório particular.

Enquanto trabalhava na Faculdade de Medicina da Universidade de Lviv, Fleck elaborou, junto com Rudolf Weigl, um procedimento de reação cutânea para o diagnóstico do tifo. Publicou, em 1931, as suas observações sobre a composição dos leucócitos em preparo de sangue, cujas conclusões divergiam dos prognósticos vigentes.

Ressaltamos que somente em 1939, juntamente com o matemático polonês Władysław Hugo Dyonizy Steinhaus (1887 - 1972), ocorreu a tentativa de explicar seus prognósticos por meio de outros leucócitos, objeto de estudo retomado por Fleck após a Segunda Guerra Mundial.

Com o início da Segunda Guerra Mundial, Lviv foi invadida, em 1939, por soviéticos. Nesse período, Fleck foi nomeado professor e chefe do Departamento de Microbiologia, no Instituto Médico Ucraniano, então Faculdade de Medicina. Tornou-se também diretor do Laboratório Sanitário Bacteriológico Municipal e conselheiro de microbiologia e sorologia do Instituto para Mãe e Filho.

Após os alemães invadirem Lviv, entre 1941 e 1944, Fleck foi obrigado a deixar os cargos que assumia e foi deportado, junto com sua família, para um gueto judeu da cidade. Apesar das condições precárias, Fleck não deixou de realizar as suas pesquisas.

Em 1942, Fleck foi levado pelos soldados da *Schutzstaffel* (SS)[9] para uma fábrica farmacêutica, uma vez que os nazistas consideravam Fleck um importante pesquisador em tifo. Nesse período, a doença era tratada como um alerta de epidemia. No início de 1943, os alemães o levaram para o campo de concentração de Auschwitz, onde trabalhou como enfermeiro. Em seguida, foi transferido para o bloco em que abrigava o Instituto de Higiene, para trabalhar no laboratório de sorologia. Durante sua passagem pelo campo de concentração, sobreviveu a uma pleurisia grave.

[9] Grupo paramilitar que foi fundado para proteger Adolf Hitler e o partido nazista.

Ainda em 1943, a SS construiu, no campo de concentração de Buchenwald, na Alemanha, um laboratório para produzir vacinas contra o tifo. Assim, em 1944, Fleck foi transferido para esse campo de concentração para ajudar outros pesquisadores na área de produção das vacinas. Durante as produções, Fleck e seus novos colegas elaboraram um esquema de sabotagem, no qual produziram vacinas que não surtiam efeitos contra o tifo. Estas vacinas foram distribuídas para os membros da SS, uma vez que a intenção era não curar os alemães que pertenciam a essa organização (Fehr, 2012).

Fleck foi libertado do campo de concentração em abril de 1945 e retornou para a Polônia junto com a sua esposa e seu filho, também sobreviventes da guerra. Após a libertação, ficou internado por vários meses para se recuperar das sequelas causadas pela prisão nos campos de concentração.

Retomando as suas atividades profissionais depois de alguns meses de recuperação, Fleck tornou-se diretor do Departamento de Microbiologia Médica da Faculdade de Medicina, na cidade de Lublin, em outubro de 1945. No ano seguinte, tornou-se livre docente sob a orientação do professor Ludwik Hirszfeld (1884 - 1954), em Breslávia, na Polônia. Foi professor extraordinário, em 1947, na Academia de Medicina e conseguiu o título de professor ordinário, em 1950, exercendo o ofício até 1952. Retornou no mesmo ano ao departamento de Microbiologia e Imunologia do Instituto "Mãe e Filho", em Varsóvia, local que outrora foi conselheiro de microbiologia e sorologia. Em 1954, foi eleito presidente da Academia Polonesa de Ciência.

Durante todo esse período, Fleck se dedicou às suas pesquisas em comportamento dos leucócitos[10] em situações de infecção e estresse. Em suas publicações pós-guerra, Fleck escreveu a respeito de suas observações realizadas 1942 sobre os comportamentos dos leucócitos, enquanto ainda estava nos guetos de Lviv. Em conjunto com alguns assistentes, pesquisaram com mais detalhes esses comportamentos. Esse fenômeno foi denominado *leucergia*[11]. Posteriormente, o resultado de sua pesquisa ficou conhecido como 'Teste Fleck", que mostrou ser um procedimento rápido para a comprovação de uma inflamação ou infecção.

[10] São células sanguíneas conhecidas popularmente como glóbulos brancos. Essas células atuam na defesa do organismo.

[11] Mecanismo de defesa que se manifesta em todos os estados de inflamação, bem como infecções, na gravidez, em grave perda sanguínea e numa série de outras situações de estresse (Schäfer; Schnelle, 2010).

No ano de 1951, Ludwik Fleck recebeu o prêmio do Estado de Segundo Grau por seus trabalhos científicos, e em 1955 foi concedido a ele a Cruz dos Oficiais da Ordem do Renascimento da Polônia.

Contudo, apesar do envolvimento com muitas atividades, produções e premiações no campo profissional, o seu estado de saúde piorou a partir de 1956, quando sofreu um infarto. Durante os exames, foi constatado um câncer originado nos gânglios linfáticos. Em 1957, Fleck e sua esposa mudaram para Israel para ficarem mais perto de seu filho, que após a guerra foi morar na Palestina. Nesta nova fase de sua vida, Fleck passou a trabalhar no Departamento de Patologia Experimental, no Instituto Israelense para Pesquisas Biológicas, e deu continuidade às suas pesquisas, em especial, aos assuntos relacionados à leucergia, conforme apontaram as suas últimas publicações.

Passados dois anos em território palestino, Fleck foi nomeado professor visitante de Microbiologia na Faculdade de Medicina em Jerusalém. Contudo, não ficou muito tempo nessa instituição, pois seus problemas de saúde foram agravados e tinha muita dificuldade com a língua hebraica. Fleck faleceu em 1964, aos 64 anos, na cidade de Ness – Ziona, em Israel, vítima de outro infarto.

Um contraponto sobre a vida e a produção científica de Fleck, em especial ao episódio da Segunda Guerra Mundial, está disponível no trabalho de Mizrahy (2012). A autora expõe que Fleck colaborou com os alemães para poder realizar suas pesquisas, inclusive usou seres humanos como cobaias para fazer testes experimentais. Como prisioneiro, tinha um tratamento diferenciado, uma vez que ficava em espaços nos quais recebia boas alimentações e era protegido do frio. Outro aspecto tratado pela autora é que, ao término do conflito, Fleck voltou para a Polônia e ocupou cargos de prestígios em centros de pesquisa renomados, o que não era comum, pois os judeus, ao voltarem para as suas cidades após a guerra, eram atacados pela população local que usavam desse subterfúgio para garantir os bens que estavam sobre sua posse.

1.2. As possíveis inspirações da epistemologia fleckiana[12]

Mesmo formado em medicina, Fleck dedicava uma boa parte de seu tempo livre às leituras nos campos da História, Filosofia e Sociologia das Ciências. Esse interesse pode ter origem no ambiente em que cresceu. Lviv tinha uma verdadeira atmosfera científica. Havia

[12] De acordou com Löwy (2012) , apesar de Fleck não citar em seu livro, os seus pensamentos no campo da epistemologia tiveram fortes influências da Escola Polonesa de Medicina.Segundo Schnelle (1986), se quisermos conhecer as inspirações sobre a Filosofia da Ciência, precisamos nos atentar a literatura citada por ele em sua obra.

vários círculos de discussões interdisciplinares na cidade, compostos por jovens cientistas, os quais Fleck frequentava. Outra influência que Fleck teve na área da filosofia foi o seu contato com os filósofos poloneses que faziam parte da escola filosófica de Lviv, representada por Kazierz Twardowski (1866 - 1938). A maioria desses filósofos eram discípulos de Twardowski. Assim, por meio de um movimento organizado pelos filósofos poloneses, surge a escola "Lviv -Varsóvia", de corrente neopositivista, influenciada pelo Círculo de Viena. A interdisciplinaridade era uma das temáticas que interessava os membros da escola, e Fleck participava regularmente das rodas de discussões sobre esse tema.

Apesar de não ser abordado em seus trabalhos sobre epistemologia, Löwy (1994) ressalta que Fleck, devido à sua participação efetiva na *Escola Polonesa de História e Filosofia da Medicina*, pode ter sido influenciado por essa instituição na formação de seus pensamentos. Além do mais, Fleck foi aluno de Władysław Szumowski (1875 - 1954)[13], professor e pesquisador em história e filosofia da medicina, além de um atencioso divulgador da Escola.

A Escola Polonesa de História e Filosofia da Medicina foi arquitetada, conceptualmente, por meio dos trabalhos de médicos pesquisadores. O fundador desta escola foi Tytus Chalubinski (1820 – 1889)[14], que trabalhava na linha de sistematização da prática da terapêutica, baseando-se nas regras gerais da fisiologia e nas práticas habituais dos bons médicos. Chalubinski introduziu a ideia de que uma doença é uma construção médica e não uma entidade natural.

A próxima geração da Escola Polonesa de História e Filosofia da Medicina foi a mais influente. Composta por membros como Wladyslaw Bieganski (1857-192)[15], Edmund Biernacki (1866 – 1911)[16] e Zygmunt Kramsztyk (1848-1920)[17], a escola passou a divulgar com maior frequência as atividades que ali eram realizadas.

---

[13] Professor de história e filosofia na Universidade Jagiellonian, pesquisador da História da Ciência médica e autor do livro de Filosofia da Medicina, livro que ficou conhecido devido à lógica e a metodologia do pensamento médico e uma ética médica. Tomando a compreensão da filosofia como uma teoria mais ampla da ciência, incluindo, em geral, todos os seus campos, extrai o conteúdo atribuível à medicina como ciência é um conjunto detalhado contra elementos empíricos racionalistas como um prático e por tratar esta área como uma arte.

[14] Tytus Chałubiński, nasceu em Zakopane, na Polônia. Foi um médico polonês, professor de patologia, amante da natureza. Foi co-fundador da Sociedade Tatra.

[15] Wladyslaw Beganski Fundador da medicina moderna Polonesa. Suas pesquisas colaboraram para o progresso da medicina e da educação médica da Polônia, embora não estivesse associado a uma universidade ou a uma instituição acadêmica. Ele era conhecido na história da medicina como um "professor sem departamento".

[16] Edmund Biernacki nasceu em Opoczno, na Polônia. Foi médico, patologista e neurologista. Trabalhou, também, com a filosofia da medicina.

[17] Zygmunt Kramsztyk nasceu em Varsóvia, na Polônia. Se especializou em oftalmologia, foi jornalista e um estudioso da área médica e literária de origem judaica.

Wladyslaw Bieganski foi um teórico da ciência das práticas médicas. Ele concebia a medicina como uma ciência semelhante às outras, pois utilizava métodos aplicáveis por outras disciplinas científicas. Contudo, segundo Bieganski, a medicina é a única das ciências que adota o sujeito consciente e reflexivo como objeto de estudo, induzindo os médicos às obrigações morais específicas.

Edmund Biernacki foi um pensador da geração de Bieganski, um pouco mais ousado. Segundo ele, a ciência da doença devia ser separada da arte de curar. De acordo com esse pensador, a ciência da doença é uma ciência que surgiu no começo do século XIX e tem um cunho experimental, enquanto a arte de curar possui um preceito histórico milenar, com pouca ligação com a psicologia e as ciências exatas.

Fundador da revista *Crítica Médica*, Zygmunt Kramsztyk pode ser considerado o intelectual mais destacado de sua geração. Além da revista, Kramsztyk organizava fóruns para que os filósofos da medicina polonesa pudessem trocar informações sobre assuntos relacionados aos diversos campos do conhecimento científico. Ele também organizava debates para discutir as relações estabelecidas entre a medicina e sociedade polonesa, bem como questões específicas da influência russa na medicina polonesa.

Segundo Löwy (1994), Fleck retomou alguns temas de Kramsztyk posteriormente, incluindo a impossibilidade de uma observação neutra e livre de um pressuposto teórico, assim como os perigos das explicações causais simplistas quando se estudam fenômenos que apresentam numerosos fatores desconhecidos.

Essa breve síntese da biografia de Fleck é apresentada para contextualizar as possíveis influências na formação das ideias desse autor quanto aos conceitos apresentados em sua epistemologia. A próxima seção abordará alguns elementos dessa epistemologia e os relacionará a uma situação histórica que envolve episódios do eletromagnetismo clássico.

1.3. O legado de Fleck para a Epistemologia da Ciência

Ludwik Fleck, como já mencionado, foi um médico pesquisador que demonstrou interesse em questões relacionadas à história, a sociologia e a filosofia das ciências. Além de seu livro sobre a gênese e desenvolvimento de um fato científico, no qual utilizou os fundamentos de sua teoria para realizar uma minuciosa análise do surgimento e compreensão da sífilis, ele escreveu outros sete artigos que refletem sobre o pensamento científico.

Em 1927, apresentou um artigo que tratava de algumas formas específicas sobre o modo médico de pensar. Nesse texto, Fleck (1986a) discutiu duas questões que mostram a natureza

dinâmica do pensamento médico. Na primeira, explora as definições atribuídas às unidades clínicas. Conforme o conhecimento na medicina avança, as definições vão se afastando das originais. A segunda está relacionada à intuição médica. Devido às pluralidades de diagnósticos para o mesmo caso clínico, por melhor que seja o diagnóstico, quase sempre faltará um sintoma característico da patologia. Dessa forma, o desafio para a medicina é encontrar um quadro patológico que possa ser construído para aumentar a concentração de casos em um único prognóstico, favorecendo a análise dos elementos comuns da mesma doença. Fleck reconhece a falta dos denominadores comuns do diagnóstico, o que diferencia o pensamento médico dos demais ramos da ciência. Fleck propõe uma abordagem mais flexível ao sugerir que o pensamento médico não deve necessariamente se empenhar em formular uma lei geral para cada morbidade, destacando a dificuldade em reconciliar as diferentes concepções que surgem de fenômenos irregulares com a busca por uma compreensão uniforme do problema

Fleck entendia que a estrutura do pensamento médico se fundamenta em quatro estágios. O primeiro, a ontogênese detalhada da doença, descreve a origem da doença, os sintomas originais à disposição do organismo quando estiver em contato com a doença e o desenvolvimento do sintoma patológico. O segundo estágio, ontogênese geral da doença, alinha a patogênese geral de uma doença com os seus fatores de disposição, como progresso, a diátese, o climatério, etc. O terceiro estágio, filogênese detalhada da doença, contempla o ambiente social ou geográfico, a história de uma pandemia local ou de uma degeneração. Por último, no quarto estágio, Fleck chamou de filogênese geral da doença.

Por fim, ressalta ao final do texto que desconhece uma área do saber que envolve tantas investigações diferentes acerca de um mesmo objeto, como ocorre na medicina. Para ilustrar essa conclusão, estabelece uma analogia entre o pensamento médico e o pensamento científico com as coordenadas gaussianas e cartesianas, respectivamente. Fleck relaciona o pensamento médico às coordenadas gaussianas porque, para pequenas variações, os pontos são mais facilmente determinados, ao passo que, para variações consideráveis, surge uma dificuldade de encontrar um modo coeso e racional para compreender os fenômenos.

No artigo, Fleck aparenta antecipar alguns aspectos que seriam posteriormente encontrados em seu livro, que levam a elaboração de uma ideia, de um conceito ou uma teoria. Os quatro estágios para a formação do pensamento médico dão indícios de algumas ideias dos campos histórico, social e cultural que, posteriormente, foram expostas no livro de 1935 sobre a gênese e o desenvolvimento de um fato científico.

Em 1929, Fleck publicou um artigo seminal intitulado "*Crise da Realidade*". Nesta obra, o médico polonês emitiu críticas perspicazes às interpretações neopositivistas do Círculo de Viena, particularmente as de Rudolf Carnap[18] (1891 – 1970), em relação à compreensão da produção do pensamento científico. Ele questionou a noção de uma ciência completa e a capacidade de teorizar uma realidade absoluta como fundamentos essenciais da empreitada científica. Em vez disso, Fleck propôs uma abordagem mais flexível e contextualizada, que reconhecesse a influência das construções sociais e históricas na formação do conhecimento científico (Nogueira, 2021).

Alguns tópicos do texto apresentam um contraponto a essa ideia. Dentre esses aspectos, destaca-se que um estado do conhecimento com o qual operamos, construído em outrora, às vezes, mostra-se resistente à produção de novos conhecimentos. Além disso, ressalta que a variável temporal suscita dúvidas e, por vezes, evidencia a divergência entre um pensamento original e um pensamento contemporâneo. Desse modo, esse conhecimento, em geral, passa a ser entendido como um produto independente da cultura na qual está inserido, assemelhando-se a um mito tradicional, algo combatido pelos princípios fleckianos, como no texto de 1927, Fleck apoiou suas ideias em “Crise da Realidade” em três pilares inter-relacionados. Esses pilares são: o peso da tradição, o peso da educação e os resultados da sequência do desenvolvimento da cognição. Os três pilares precisam estar envolvidos por uma epistemologia que contempla os fatores sociais, como também um contexto histórico-cultural. Desse modo, podem ser evitadas as contradições entre a história da cognição e a fala do professor com o seu aluno durante o estudo de temas específico (Fleck, 1986b).

No texto "*Crise da Realidade*", Fleck já esboça alguns elementos de sua epistemologia da ciência que seria apresentada, em 1935, no *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*, (Fleck, 2010). Ele argumenta sobre a necessidade de considerar o fator social na origem do conhecimento. O autor fundamenta essa ideia na noção de que cada indivíduo possuí sua própria realidade, presente em diversas esferas de suas vidas, como na vida cotidiana, práticas políticas, religiosa, profissional e até mesmo na realidade científica. Além disso, destaca a existência de uma realidade secreta de cada indivíduo, integrante de seu universo pessoal.

Dessa forma, o conhecimento adquire sua própria realidade, uma vez que os membros de uma comunidade científica possuem tradições e estilos de pensamento distintos. A relação

[18]Filósofo alemão. Nasceu Wuppertal, na Alemanha em 1981. Após 1935 mudou-se para os Estados Unidos da América. Foi membro do Círculo e Viena. É considerado um dos principais filósofos do movimento conhecido como positivismo lógico (Zalta; Nodelman, 2023).

entre sujeito e objeto do conhecimento não ocorre de forma isolada, sendo influenciada por uma realidade relativa que os envolve. A construção da cognição demanda uma inter-relação ativa e viva na reformulação entre a contemplação passiva e da única percepção possível daquilo que será estudado. Assim, toda produção de conhecimento é socialmente condicionada e não depende apenas da individualidade do sujeito, mas também de seu desenvolvimento no contexto temporal e espacial.

A realidade do estilo depende do trabalho desenvolvido pelos grupos formados por indivíduos comprometidos. Indivíduos diferentes podem desenvolver trabalhos diferentes acerca do mesmo objeto de estudo, demonstrando a existência de uma independência relativa entre eles. Contudo, o conhecimento produzido depende de outros fatores, como a formação desses indivíduos. Dessa maneira, torna - se complicado definir o efeito ou a causa dessa construção, pois as mesmas cognições que formam os seres humanos são construídas por eles mesmos.

Fleck entendia que o pensamento nas ciências naturais é democrático, pois é fundamentado por sua organização e controle em todos os momentos, afastando-se do recurso individual a alguma divindade, sendo acessível e útil para quem quiser se aproximar dele.

Apesar desse entendimento democrático das ciências naturais, o autor atentou-se para o fato de que as práticas científicas não podem ser aprendidas em nenhum livro, pois há ocultação dos percalços encontrados no caminho da construção do saber, e o que se apresenta são apenas as suas regularidades.

Tanto a busca das soluções dos problemas encontrados por um estilo científico quanto a própria escolha do problema são responsáveis pelo curso da ciência, pois serão determinantes nos aspectos técnicos, na formação de novos pesquisadores e na elaboração de conceitos, assim como terão elementos de caráter comparativos. Portanto, as práticas científicas são indispensáveis para a construção de uma realidade científica.

Em 1935, Fleck publicou um trabalho sobre a "*Observação e Percepção Científica em Geral*" (Fleck, 1986c). Este artigo foi publicado após o seu livro. Na perspectiva do médico polonês, antes de realizar a atividade da observação, o sujeito precisa ter a experiência para aprender a observar o objeto estudado. Dessa forma, a distinção entre o especialista e o leigo torna-se inevitável, uma vez que a experiência e a aquisição do conhecimento constituem um fator de coerência na ciência.

Ao estabelecer um paralelo entre a percepção científica e a percepção cotidiana, Fleck atribui à emoção um valor determinante na construção dessa percepção, uma vez que

desencadeia fatores mentais que estimulam a prontidão em perceber algo. No contexto da observação científica, o autor não isenta o trabalho do pesquisador desses fatores mentais; ao contrário, para Fleck, a observação científica envolve o pesquisador em relação à sua formação, sendo moldada pela tradição científica da área de pesquisa.

Em 1936, com o artigo "*O Problema da Epistemologia*", Fleck criticou a ideia de que a fonte do conhecimento seja puramente empírica. Para ele, em um período específico no contexto europeu, o conhecimento era predominantemente acessado por meio da educação escolar e dos livros. Embora os conteúdos desses livros possam ter fundamentos empíricos, Fleck questionou a maneira pela qual o conhecimento foi transferido de um periódico científico para um livro didático. Nesse sentido, o papel da sociologia é integrado nesse processo, não com o objetivo de verificar se a gênese do conhecimento tem bases empíricas ou especulativas, mas sim para examinar se existem outros elementos que resultam na sua disseminação dentro da sociedade.

As críticas feitas por Fleck em relação à perspectiva neopositivista da produção científica o levaram a propor três fenômenos fundamentais a serem incorporados a uma epistemologia: a diferenciação mental coletiva dos seres humanos; o fato de que a circulação do pensamento está relacionada à sua transformação; e a existência de um desenvolvimento histórico específico do pensamento, o qual não pode ser reduzido ao desenvolvimento lógico do conteúdo nem ao simples aumento da informação detalhada (Fleck, 1986d).

Após uma década desde sua última publicação sobre epistemologia, o autor polonês escreveu um artigo para discutir questões pertinentes à produção científica, intitulado "*Problemas da Ciência da Ciência*" (Fleck, 1986e). Nesta obra, Fleck estabeleceu um paralelo entre Ciência e Arte, argumentando que a Ciência não pode ser compreendida como a soma de todas as disciplinas científicas que compõe uma totalidade.

Da mesma forma, não é possível somar manifestações artísticas, como música, poesia e pintura, para entender a arte como um todo. Mesmo no campo da representação semântica, as ciências não possuem uma compreensão objetiva da imagem do mundo, uma vez que, se assim fosse, uma parte da ciência seria imutável e o conhecimento científico avançaria à medida que aumentasse a informação.

Fleck destacou que, mesmo não tendo acesso à verdadeira imagem objetiva do mundo, a ciência se aproxima dela ao buscar novas tendências, reconhecendo suas imperfeições e transformações. Nesse ponto, o autor ressalta a irrelevância da busca por um estado final e conclusivo do conhecimento e acrescentou que o estado final do conhecimento objetivado pela

ciência só seria atingido se todos os problemas levantados fossem resolvidos, o que contraria a proposta de sua epistemologia.

Em 1947, ocorreu a última publicação em vida do autor sobre a epistemologia da ciência. O título do artigo foi "*Ver, Observar, Saber*" (Fleck, 1986f). Segundo sua perspectiva, a visualização efetiva de algo demanda a prévia compreensão de sua essência e a capacidade de discernir o que é essencial, pois, com frequência, observamos sem perceber o que seria pertinente. (Fleck, 1986f).

Entretanto, para que algo seja visto, primeiro precisa definir o que é essencial, pois muitas vezes, olhamos e não vemos o que deveríamos. Em outras ocasiões, observamos minuciosamente, mas não compreendemos a totalidade.

Conforme o autor, tal fenômeno ocorre em quaisquer situações de percepção, desde as mais simples até as mais complexas. Ao observar um objeto sem estímulo perceptivo, qualquer interpretação pode ser validada, visto que o sujeito o perceberá conforme seu estilo de pensamento permite.

Fleck incorporou elementos da psicologia para embasar sua argumentação sobre a percepção. Destacou que as pessoas, frequentemente, visualizam inicialmente a totalidade do objeto para depois discernir seus elementos constituintes. Em alguns casos, esses elementos permanecem implicitamente presentes, pois a imposição da totalidade à percepção sensorial independe de seus elementos específicos.

A observação científica, de acordo com o autor, está intrinsecamente ligada ao estilo de pensamento. Adicionalmente, entre o objeto de conhecimento e o sujeito, existe o coletivo de pensamento, que influencia a construção do conhecimento, seja no contexto da vida cotidiana ou científica. Essa interferência decorre da presença de elementos sociais que condicionam não apenas o processo de observação e visualização, mas também a cognição.

O último artigo escrito sobre a epistemologia, foi publicado após sua morte. Esse artigo compôs o tema de uma palestra ministrada por Fleck e foi intitulado "*Crise na Ciência*"(Fleck, 1986g).

Nessa palestra, Fleck propôs uma reflexão sobre as conexões existentes entre as “eternas” Leis da Natureza e a verdade. Para o autor, as produções científicas de um pesquisador já consagrado nem sempre são realizadas por ele próprio, mas sim por seus assistentes. O argumento usado pelo médico polonês é que, em geral, esses pesquisadores enfrentam constantes conflitos, e seus assistentes evitam apresentar questões que possam discordar do que

é estabelecido, a fim de evitar situações desagradáveis ou contraditórias ao sistema hierárquico. Fleck denominou essa situação de “gênese do oportunismo”.

O médico polonês reiterou a ideia que construiu ao longo de seus estudos sobre epistemologia. Destacou que toda a cognição não poderia ser compreendida como a relação entre o sujeito e o objeto, mas sim como um ato social. A produção científica é social porque propicia a troca duradora de pensamento, permitindo que ideias e padrões não sejam associados a um indivíduo. Além disso, a cognição permite que todos os participantes do coletivo contribuam no processo de elaboração do pensamento.

A História da Ciência e da História do Conhecimento fortalecem o entendimento sobre a criação e desenvolvimento estrutural de um estilo de pensamento e lançam mão das gêneses de suas ideias. De acordo com Fleck, a apropriação dessas histórias clareia o coletivo de pensamento, que o estágio atual do estilo de pensamento é uma etapa do desenvolvimento do próprio estilo. Assim, não há o porquê do coletivo se prender na busca do seu estágio final. Isso favorece o clima de criatividade no interior do coletivo e, consequentemente, desaparecerão o empenho demasiado para resolver o problema do idealismo e do materialismo.

Para atenuar a inquietação sobre o conceito de verdade a partir do que foi posto, Fleck escreveu “A verdade científica passará de algo rígido e estacionário para verdade humana dinâmica, em desenvolvimento e criativa” (Fleck, 1986g, p. 157, tradução nossa). Dessa maneira, o autor polonês ratifica o seu conhecimento acerca do seu entendimento sobre a ciência, em que os três fatores que constituem a construção de um conhecimento científico – individuo, o coletivo, objeto - são indissociáveis e que as verdades construídas por um conhecimento são provisórias e não inertes.

1.4. Aspectos conceituais da epistemologia fleckiana

Para iniciar as discussões sobre as bases da teoria de Fleck, apresentaremos como as ideias de um médico judeu, sobrevivente dos campos de concentrações, conseguiram transformar-se a partir do livro de 1935, originalmente publicado em alemão, com apenas 200 exemplares vendidos, em um campo de investigação da Epistemologia da Ciência. O livro não chamou a atenção dos pesquisadores da época, em especial os historiadores e filósofos das ciências, por ser entendido como uma obra que constava apenas mais uma investigação sobre uma doença, a sífilis (Condé, 2005).

Segundo Thomaz Samuel Kuhn[19] (1922 – 1996) a obra de Fleck, lida por ele na década de 1950, influenciou-o. *A Estrutura das Revoluções Científicas*" (Fleck, 1979). O texto de Fleck foi tão significativo para Kuhn que ele o citou no prefácio da sua obra como uma das principais influências que anteciparam muitas de suas ideias. O livro de Fleck, de modo impreciso, começou a ser estudado após a tradução para o inglês na década de 1970. A tradução para o inglês, foi estimulado pelo sociólogo americano Robert King Merton (1910 - 2003), e reeditado em alemão, ganhou prestígio junto aos pesquisadores alemães e do Programa Forte da Sociologia do Conhecimento (Löwy, 1994).

Uma característica inerente da epistemologia fleckiana é a maneira como o conhecimento de um coletivo de pensamento pode ser modificado. Ao comparar a abordagem de Fleck sobre o desenvolvimento da ciência, com a perspectiva apresentada no livro "*A Estrutura das Revoluções Científicas*", é importante salientar que, para Fleck, o avanço do conhecimento científico ocorre quando o canal de comunicação entre os estilos de pensamento começa a se estreitar. Isso leva o estilo de pensamento a passar por algumas mudanças, que não podem ser entendidas como rupturas, mas sim como uma reorganização de suas práticas científicas. Após essa reestruturação, surge um novo estilo de pensamento. O posicionamento de Kuhn é diferente (Kuhn, 2013), pois para ele, a revolução científica ocorre quando um paradigma não é mais capaz de responder às proposições em determinadas circunstâncias. Então, esse paradigma precisa ser substituído por outro, ou seja, ocorre uma ruptura entre o novo modo de se pensar ou fazer ciência e o anterior (Condé, 2005).

A epistemologia fleckiana contém elementos que são pragmáticos, culturais, históricos e sociais como base para a construção e divulgação de um fato científico. Pragmática porque Fleck, médico e pesquisador no campo da microbiologia, notou que a medicina se diferenciava das demais ciências naturais e seus interesses não eram pautados em fenômenos regulares. Além disso, sustentava que a investigação para o tratamento de novas doenças muitas vezes era delineada com alta pressão sobre os pesquisadores, levando-os a produzir resultados mais imediatos, impossibilitando uma ampliação dos modelos elaborados em pesquisas anteriores (Fleck, 2010).

As questões históricas e sociais são os pilares da epistemologia de Fleck. Esses pilares ratificam que a produção científica não é individualizada, uma vez que ela não está livre de

[19] Thomas Samuel Kuhn, físico e epistemólogo estadunidense, nascido em 18 de julho de 1922 em Cincinnati, Ohio, Estados Unidos. Escreveu a obra "*A estrutura das Revoluções Científicas*" e proporcionou significativas contribuições para o campo da Epistemologia das Ciências.

influências externas. Nesse contexto, um elemento de sua epistemologia que descreve o papel da construção social do conhecimento é o coletivo de pensamento, que corresponde à parcela social da comunidade científica que compartilha as mesmas ideias, teorias ou conceitos. Esse conjunto de saberes, composto pelas condições sociais e culturais de um período, pode ser uma definição do estilo de pensamento.

Fleck se diferencia dos demais pesquisadores de sua época ao propor a coletividade na construção de um conceito científico. O processo de conhecimento está indubitavelmente relacionado com as estimativas sociais e culturais dos indivíduos que estão envolvidos nas etapas da produção científica. Assim, o fazer ciência está conectado a uma via de duplo sentido, pois à medida que o conhecimento se transforma, as realidades social e cultural são modificadas, o que ratifica a ideia de que a produção científica não ocorrer por meio de trabalhos individuais dos pesquisadores, mas sim por meio da cooperação entre cientistas, cujos interesses estão fundamentados em bases sociológicas que os unem.

Mesmo que, para um único objeto de pesquisa, existam diferentes grupos de pesquisadores construindo o seu entendimento por vias experimentais e observacionais a partir da perspectiva de cada grupo, nenhuma consideração pode ser considerada falsa. Isso ocorre porque, por meio da escolha de cada grupo, o entendimento do objeto passará a ser defendido.

Conforme o grupo se consolida, efetivando um posicionamento formal de um pensamento, surgem os acoplamentos ativos, que são derivados de uma ação sobre o objeto, e os acoplamentos passivos, oriundo daquilo que é dado ou que parece óbvio. Fleck entende que esse posicionamento formal não considera uma restrição histórica e cultural da escolha epistemológica.

Como exemplo ele afirma que no decorrer da história, houve grandes resistências entre a troca de um conceito místico-ético da sífilis para um conceito científico patogênico. Dessa maneira, haverá um estilo de pensamento que determinará a estrutura de todo conceito. Outra consideração sobre a posição formal de uma ideia são as coerências históricas próprias que perpassam o caminho dessas ideias. Essas coerências consistem em fenômenos gerais da própria história do conhecimento, que são evidentes ao observador dessas transformações (Fleck, 2010).

De acordo com Fleck (2010), as teorias passam por duas épocas: a época clássica, em todas as ideias são concordantes entre si e a época em que as teorias apresentam suas complicações. Outra perspectiva de uma teoria surge quando algumas ideias que as compõem manifestam-se antes que suas razões se tornam evidentes, promovendo, assim, algum fenômeno

particular. O convencionalismo de uma teoria é limitado a partir da análise que envolve as suas relações históricas e culturais.

As condições passivas de uma teoria estão presentes nas relações históricas e psicológicas que não podem ser explicadas; mesmo assim, passam a ideia de relações reais, objetivas ou efetivas. Ao contrário das relações passivas, estão as relações ativas, que são conhecidas e elaboradas por um coletivo de pensamento. Essas relações, ativas e passivas formam o *acoplamento passivo* e o *acoplamento ativo* de uma teoria.

Ao entramos em contato com a principal obra em epistemologia do médico polonês, notamos imprecisões ou falta de detalhamento na definição desses acoplamentos. Contudo, a proposta que envolve as ideias elaboradas por um coletivo de pensamento, os acoplamentos ativos, está vulnerável a fatores que não são controláveis pelo próprio coletivo, que entendemos como acoplamento passivo. Isso diferencia a sua epistemologia de outras, como as de Karl Popper (1902 - 1994), Imre Lakatos (1922 - 1974) e de Kuhn, pois ele assume que um pensamento não é construído somente a partir das objetividades de um coletivo, como também é fundamentado em um relativismo que transcende o próprio coletivo. Outro diferencial da epistemologia de Fleck está na linguagem da apresentação dos conceitos. Atentamos para as diferentes denotações que ele atribuiu aos termos *experimento* e a *experiência*. O primeiro pode ser entendido como uma pergunta simples que acarreta uma resposta simples, ou seja, uma ação com o olhar direcionado para o objeto. Já a experiência é um resultado da interação entre o sujeito do conhecimento, o objeto já conhecido e o objeto a ser conhecido. Essa relação decorre da construção da atmosfera de pensamento que pertence a um estilo de pensamento.

Na monografia de 1935, Fleck conduziu uma ampla discussão sobre a reação de Wassermann, que podemos trazer para ilustrar o papel do experimento e da experiência na epistemologia. Após várias tentativas com múltiplos métodos para comprovar a ideia do sangue sifilítico, houve uma mudança na conduta desses testes por parte de Wassermann e de sua equipe, que passaram a realizar testes mais refinados e com dosagens diferentes de reagentes, a experiência. O resultado coletivo desse trabalho foi a conhecida reação de Wassermann[20], que não só contribuiu para o entendimento da Sífilis como uma doença, mas também propiciou a

[20] Foi apresentado em 1906 por August Von Wassermann (1866-1925), bacteriologista alemão, nascido em Bamberg. Neste teste, uma pequena quantidade de sangue é coletada e, na análise laboratorial, é verificada a existência de reações antígeno-anticorpo em relação aos germes da sífilis. Se os resultados forem positivos, é necessário realizar outros testes e exames para confirmar a presença de sífilis.

iniciativa de novas linhas de pesquisas, além do surgimento de uma nova disciplina: a sorologia (Fleck, 2010).

É difícil, ou impossível, descrever a totalidade da história de uma área do conhecimento, uma vez que, há muitas vertentes nas elaborações e desenvolvimentos de ideias que, muitas vezes, se entrelaçam e se influenciam (Daston, 2017). Fleck usa como exemplo dessa dificuldade uma ocasião em que várias pessoas falam ao mesmo tempo e um observador precisa reproduzir por escrito esta fala. Assim é com a história do conhecimento. Muitas vezes ela não é apresentada de maneira contínua e não denota conexões.

Sobre a dificuldade da elaboração de um conhecimento científico, Fleck nos lembra que não existem erros completos ou verdades completas durante a construção de uma teoria, visto que, futuramente, algum ponto dessa teoria poderá passar por uma reformulação. Quanto aos erros, é imperativo considerá-los para saber quais os caminhos as pesquisas não devem percorrer, pois as produções das novas gerações de pesquisadores não são espontâneas, elas estão fundamentadas, de uma maneira ou de outra, em questões já discutidas por gerações passadas. Por isso, uma parte dos conceitos científicos pode ser explicados pela história, psicologia e sociologia do conhecimento.

Uma teoria do conhecimento sem uma análise histórica torna-se uma epistemologia imaginária. Nem mesmo um pesquisador que tenha os recursos intelectuais e materiais consegue chegar à evolução dos fenômenos estudados sem ter a contribuição de uma comunidade organizada de pesquisadores. Esta comunidade precisa ter apoio do saber popular, além de se embasar em trabalhos de outras gerações. Assim, não há como dissolver as ligações históricas que foram alicerces na compreensão do fenômeno.

Nenhum conhecimento científico surge do zero. Por essa razão, a protoideia, pré-ideias científicas, devem ser consideradas como pré-disposições histórica das teorias modernas. A noção de protoideias tem sua gênese fundamentada na sociologia do pensamento. Fleck não afirma que as protoideias serão encontradas sem uma investigação minuciosa, ou que para cada teoria científica tenha uma protoideia, ou seja, “nem toda ideia antiga que apresenta semelhanças com uma descoberta posterior possui uma relação histórica” (Fleck, 2010, p.66). As protoideias são importantes no desenvolvimento de um conceito. Sua importância não reside em seu conteúdo lógico e objetivo, mas em seu potencial a ser desenvolvido. Classificar as protoideias como verdadeiras ou falsas sem analisar o contexto histórico no qual a ideia surgiu não é viável. Essa análise é essencial, pois, para um cientista moderno, a ideia poderia ser

considerada falsa, enquanto para o cientista que estava inserido no contexto histórico em que a ideia surgiu, ou até mesmo para os seus criadores, ela certamente era plausível.

A formação de um sistema de opinião, elaborado a partir de dada concepção, tende a se manter constante. Para isso, esse sistema precisa manter cinco graus de intensidade, a fim de que o seu procedimento permaneça ativo:

1. O primeiro grau consiste no posicionamento diante de uma possível contradição. Isso significa que, quando uma nova concepção se torna um ponto de vista a ser considerado dentro do coletivo de pensamento, a tendência é que este a considere impensável ou inimaginável.
2. O segundo grau refere-se à não percepção das questões que não fazem parte do sistema. Dessa forma, enquanto uma teoria se encontra na fase clássica, somente perceberá fatos que se adaptam com exatidão. Quando a teoria entra na fase de complicações, outras possibilidades passam a se manifestar.
3. Muito próximo do segundo grau de intensidade, mas com uma peculiaridade, o terceiro grau prescreve que, mesmo tornando - se percebidas, as novas concepções tendem a ser silenciadas pelo sistema de opinião, ou seja, a concepção em vigência não abre espaços para exceções.
4. O quarto grau de intensidade envolve um empenho em compreender as inovações como não contraditórias ao sistema. Por conseguinte, a persistência busca uma sistematicidade lógica para explicar as opiniões contraditórias, procurando conciliá-las.
5. Por fim, o último grau de intensidade permite perceber, descrever e até representar determinados estados das coisas correspondentes às suas questões, inclusive considerando todos os pontos de vista contrários. Este grau é o mais ativo na manutenção do sistema de opiniões. Nele, os sujeitos que integram o sistema de opinião, ou do coletivo de pensamento, almejam as ficções criativas para continuarem os propósitos dos sonhos científicos não realizados.

Na história do conhecimento, não há comprovações de uma relação lógico-formal entre as concepções e suas comprovações, uma vez que “as provas seguem as concepções assim como, de maneira inversa, as concepções seguem as provas” (Fleck, 2010, p.69). As concepções, segundo Fleck, são estilísticas e se desenvolvem ou retrocedem de acordo com as suas provas. Assim, não é possível concebê-las como sistemas lógicos. Na elaboração de uma concepção, é crucial o caráter histórico e social, pois a que está em vigor contém vestígios de uma anterior. Para compreendê-la por meio da teoria comparada do conhecimento, é preciso

investigar como essas transitam de um estilo de pensamento para outro, como são elaboradas a partir das protoideias e de que maneira se conservam devido a uma harmonia de ilusão. Apenas por meio dessa comparação e investigação dos estilos de pensamento poderemos chegar ao entendimento da nossa época.

Na teoria comparada do conhecimento, não se pode limitar o processo do conhecimento a uma relação binária entre sujeito e objeto, entre o ator do conhecimento e algo a ser conhecido. O estado do saber é dependente de um terceiro elemento na relação, caso o contrário, não seria possível entender os caminhos percorridos para se chegar a um sistema fechado condizente a um estilo de pensamento. Portanto, para legitimar um processo de conhecimento, é necessário considerar as relações históricas que promoveram a interação entre o sujeito e o objeto, uma vez que a formulação do saber não é uma conquista individual do conhecimento, mas sim é um produto das atividades sociais que situam o sujeito da pesquisa. Fleck apresenta o coletivo de pensamento como:

> [...] a comunidade de pessoas que trocam pensamentos ou se encontram numa situação de influência recíproca de pensamentos, temos, em cada uma dessas pessoas, um portador do desenvolvimento histórico de uma área de pensamento, de um determinado estado do saber da cultura, ou seja, de um determinado estado do saber e da cultura, ou seja, de um estilo específico de pensamento (Fleck, 2010, p. 82).

Com a ideia do coletivo de pensamento, Fleck reconstrói a condição binária entre o sujeito e o objeto, alocando um terceiro elemento que é a participação de um coletivo pensante que comunga do mesmo estilo de pensamento.

O conhecimento deriva, em primeiro lugar, dos resultados constatados, os acoplamentos ativos, sob determinadas condições dadas. Entende-se por condições dadas aquelas que correspondem aos acoplamentos passivos que construirão o entendimento da realidade objetiva. A constatação é uma competência que cabe ao indivíduo.

O processo de conhecimento é dependente de três fatores: *o indivíduo, o coletivo e a realidade objetiva*[21]. Esses fatores não têm consonância metafísica, ou seja, são passíveis de análise, além de apresentarem outras relações entre si. Essas relações existem porque o coletivo é composto por indivíduos, e a realidade objetiva só pode ser entendida no contexto das ideias históricas e coletivas.

A construção de um estilo de pensamento é a pedra angular para a formação de um coletivo de pensamento, por isso, Fleck ressalta a importância da organização do coletivo de

[21]Segundo Fleck, a realidade objetiva é “aqui que é para ser conhecido” (Fleck, 2010, p. 83).

pensamento. Como exemplo, o autor explicita que as divulgações científicas em publicações são realizadas por meio de colaborações entre vários pesquisadores. Essas colaborações resultam das assistências técnicas, discussões entre os pares, polêmicas e trocas de ideias entre os membros do coletivo de pensamento. Assim, o coletivo de pensamento que adquire o novo saber supera a capacidade individual de cada membro.

Fleck compara as produções publicadas por pesquisadores das áreas das ciências exatas e das ciências humanas. Para ele, o coletivo de pensamento dos pesquisadores de exatas é mais evidente, uma vez que os trabalhos, ao serem publicados, carregam consigo os nomes das instituições, departamentos e, em alguns casos, até o nome do diretor. Ele também acentua que há uma hierarquia bem definida nessa área do conhecimento, e a organização pode ser observada nos grupos de pesquisas, tanto nos grupos adeptos quantos nos adversários, nas sociedades, nos congressos, nos periódicos, entre outros. Na área de ciências humanas, esta organização não era observada da mesma maneira. Contudo, ele afirmava que as palavras e os costumes da área unem as pessoas em um coletivo.

O conhecimento produzido é, por excelência, um produto social desenvolvido em consequência da atividade intelectual humana, dependente das condições sociais em que são realizados os estudos. Portanto, o pensamento é construído e reconstruído de maneira dinâmica. Um indivíduo que possui um estilo de pensamento, ao interagir com outros indivíduos para apresentar o pensamento elaborado pelo coletivo de pensamento, provavelmente modificará alguma estrutura do pensamento. Ou seja, se um coletivo de pensamento tem uma ideia *A* e um indivíduo desse coletivo externa esse pensamento para outros indivíduos, essa ideia *A* será modificada, consequentemente para uma ideia *A'*.

Isso ocorre muitas vezes devido à incompreensão integral da informação transmitida pelo emissor ao receptor. Essa nova ideia, do ponto de vista individual, pode ser verdadeira ou errônea, compreensível ou não. Depois que o pensamento permeia dentro de um coletivo de pensamento, ele poderá sofrer mudanças, ser aprimorado, influenciar outros pensamentos, ser usado como embasamento para algumas opiniões ou formar um novo hábito de pensar.

A característica social do trabalho científico gera algumas consequências para o conteúdo do trabalho. Entre essas consequências está a linguagem, que confere um valor social aos conceitos científicos. Durante a construção de uma teoria do conhecimento, a propaganda, a imitação, a concorrência, a solidariedade, a amizade e a inimizade devem ser consideradas para ocorrer a interação mental coletiva que influencia cada ato do conhecimento. Sem esses

condicionamentos sociais, não é possível obter o conhecimento, pois o ato de conhecer é uma função do contexto de uma teoria do conhecimento.

Fleck salienta que um coletivo de pensamento pode surgir a partir do momento em que duas ou mais pessoas começam a trocar ideias. Nessa troca, as ideias originais expostas por uma pessoa passam a ser transformadas ou ganham novas formas, de modo que a ideia original deixa de existir. Assim, a formação do coletivo de pensamento parte de uma atividade psíquica coletiva, na qual cada indivíduo contribui com suas ideias particularidades, construindo um produto intelectual comunitário.

Mesmo que a epistemologia fleckiana destaque a importância do coletivo de pensamento, constituí-lo não é uma tarefa simples. Uma vez composto por indivíduos que carregam crenças e superstições particulares, encontrar uma convergência de pensamento é um desafio do coletivo de pensamento. Por isso, o mesmo indivíduo pode, mesmo que inconscientemente, ser membro de mais de um coletivo de pensamento, por exemplo, um cientista pode participar de uma comunidade religiosa. Assim, ele participa de dois coletivos de pensamentos em que os estilos de pensamento são divergentes.

Ao concentrar a importância no coletivo de pensamento, Fleck não pretendia desvalorizar a produção individual. Pelo contrário, a fisiologia sensorial e a atividade psicológica de cada membro do coletivo de pensamento são importantes. Ainda assim, para a construção e estabilidade de uma teoria do conhecimento, o pensamento comunitário é a base do pensamento científico. O entendimento fleckiano do coletivo de pensamento pode ser mais bem compreendido quando o sujeito percebe que seu pensamento é oriundo do meio social em que ele vive.

Fleck propôs que a formulação de uma ideia depende da conexão entre as experiências atuais e as experiências anteriores pelas quais o sujeito tenha vivenciado. A experiência científica é o resultado das condições históricas, sociais e particulares de cada indivíduo. Por isso, o pensamento livre não faz sentido para Fleck, pois, para que esse seja elaborado, o indivíduo precisa estar livre de qualquer influência externa, como sentimentos, ideias e crenças, para objetivar o pensamento livre.

Apesar disso, não há como um pensamento ficar totalmente isento de sentimentos. Dentro da sociedade científica, uma isenção de sentimento ocorre quando há congruência homogênea de sentimento. Devido a essa congruência, há possibilidade de um pensamento ser comunicável, sem muitas distorções, tanto em palavras quanto em frases, o que caracteriza o

pensamento formal. Esse caminho para a construção do pensamento formal, em que a comunidade científica compartilha do mesmo pensamento, tem como produto o entendimento.

O entendimento do campo objetivo e do campo subjetivo de uma ideia depende dos acoplamentos ativos e passivos. Não há como uma ideia ser formulada exclusivamente por acoplamentos passivos, uma vez que haverá elementos do acoplamento ativo para influenciar sua estruturação.

Fleck foi um crítico da linha filosófica que caracteriza o conhecimento científico a partir de uma lógica que está ligada apenas às condições objetivas. Para esse epistemológico, derivar um conhecimento científico fundamentado apenas em fatos empíricos ou em pensamentos fixos e absolutos é o mesmo que ter uma devoção religiosa.

O desenvolvimento de um coletivo de pensamento proporciona a comparação entre o pensar, desde o seu início ingênuo e primitivo, até o seu formato coerente. Assim, a consolidação de um coletivo de pensamento ocorre conforme este supera novos problemas que aparecem. Porém, a cada possível solução de um novo problema, o coletivo de pensamento passa por uma mudança, o que comprova que o saber não pode ser embasado somente em fundamentos, mas também em uma dinâmica que busca novas ideias e novas verdades.

Essas reflexões quanto à construção do pensamento foram fundamentadas em uma releitura do método sociológico para o estudo de atividades intelectuais de August Comte (1798 – 1857)[22]. Fleck as utilizou tomando como menções às ideias que eram debatidas nas escolas de Viena e da França, por Wilhelm Jerusalem (1854 – 1923)[23] e Émile Durkheim[24] (1858 – 1917), respectivamente. Não apenas esses dois filósofos permearam o pensamento de Fleck sobre a questão social do conhecimento; outros filósofos são citados no segundo capítulo do livro, mas a organização de suas ideias tem grande ligação ao raciocínio de Durkheim.

Uma crítica de Fleck sobre os pensamentos desses estudiosos corresponde ao absolutismo do pensamento verdadeiro ou da observação verdadeira. No entendimento de Fleck, essa busca pela verdade absoluta acarreta uma visão ingênua da formação do pensamento. Um outro ponto de destaque é a deferência intensiva sobre a lógica das escritas de outros cientistas. Para os teóricos, cuja formação básica está nas ciências exatas, o pensamento humano é imutável, enquanto os dados experimentais são relativos. Na outra ponta, os

[22] August Comte foi um filósofo francês iniciador da corrente filosófica positivista.

[23] Wilhelm Jerusalem foi um filósofo tcheco dedicou uma parte de sua vida à pesquisa e ao ensino na Universidade de Viena.

[24] Émile Durkheim foi um sociólogo, antropólogo e filósofo francês. Foi fundador da cadeira de sociologia na academia. Desenvolveu vários trabalhos no campo das ciências sociais.

pensadores, cuja formação é humanista, consideravam as observações como algo fixo e o pensamento humano flexível.

Segundo Fleck, não há como manter um pensamento definitivo, uma vez que novos pensamentos podem provocar mudanças, alterando a estrutura de uma teoria estabelecida.

> E, se não conseguirmos saber "tudo", de acordo com a velha receita, isso se deve ao simples fato de o termo "tudo" não fazer muito sentido em nosso contexto. A cada nova descoberta, surge pelo menos um novo problema: a análise do objeto conhecido como tal. Assim o número dos problemas a serem resolvidos se torna infinito, e a designação "tudo" perde o sentido (FLECK, 2010, p.95).

Conforme um campo do conhecimento se desenvolve, mais complexo fica a compreensão dos seus conceitos. Nesse processo, o conceito que foi elaborado inicialmente passa a ser menos compreendido no final do desdobramento desse campo do conhecimento. Isso ocorre porque o resultado não pode ser deduzido por uma conclusão lógica a partir das pressuposições iniciais. A interpretação da palavra, que supostamente carrega o significado de um conceito, só é possível dentro de um contexto se estiver acompanhada de uma introdução histórica ou didática.

Para iniciar a compreensão de um campo do conhecimento, como afirmado por Comte (2022), temos dois caminhos, uma via histórica ou uma via dogmática. Segundo Fleck, uma introdução didática, por muitas vezes, não é totalmente racional por conter alguns elementos dogmáticos (Fleck, 2010). Essa introdução do sujeito a uma área do conhecimento, utilizando esses elementos dogmáticos, foi denominado ele como "bênção inicial". A princípio, pode parecer uma nomenclatura irônica, mas pensar dessa maneira é um engano. Ao usar o termo "bênção", Fleck indica que um leigo, sem possuir um conhecimento específico, passará um tempo a ter contato com os saberes sem apresentar resistência, como um religioso ortodoxo que não questiona os fundamentos de sua fé.

Para se desprender do estágio dogmático, um sujeito, que futuramente virá a ser um especialista nesse campo do conhecimento, precisará se desatar do vínculo autoritário do dogma e reorganizar uma forma racional de pensar, legitimando novamente os princípios, conduta que não será realizada por um sujeito débil, que continuará na passividade em relação à sua formação. Um exemplo destacado por Fleck quanto à "bênção inicial" que aparece no livro "*Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico*" é uma introdução feita por Julius Bernhard Citron (1878-195?) na obra "*Imunidade: os métodos de diagnóstico e terapia e suas aplicações práticas*" que trata sobre a reação de Wassermann. Nessa introdução, Fleck chamou a atenção

para os elementos do texto que podem ser legitimados[25]. Para ele, os elementos antigos deixam de ter um caráter coercitivo, ou seja, de natureza passiva, uma vez que os novos elementos passam a ter parâmetros de comparação.

Os ensinamentos de um coletivo de pensamento atual não podem descartar os conceitos de um coletivo de pensamento do passado, certo de que este coletivo de pensamento atual futuramente será um coletivo de pensamento do passado, uma vez que os conceitos passam por constantes mudanças.

As posições de um estilo de pensamento nunca devem ser categorizadas como verdadeiras ou erradas. Em algum momento, elas são satisfatórias; porém, ficarão ultrapassadas devido ao desenvolvimento do pensamento. Contudo, isso não garante que o saber especializado aumenta, mas passa por mudanças substanciais.

O estilo de pensamento correlaciona o método sociológico da teoria do conhecimento aos detalhes das ciências especializadas. É o estilo de pensamento que analisa se as mudanças das pressuposições ativamente adotadas alcançaram o seu objetivo.

Ao falar da estrutura do estilo de pensamento, é necessário se livrar da presunção de que ele seja composto apenas por um corpo de conceitos. Para construir um estilo de pensamento, é impreterível que os conceitos se relacionem entre si, e mais, o fato científico precisa ser evidenciado a partir da ótica do estilo de pensamento. Esta é uma coerção definida do pensamento, além de possuir disposição para perceber e agir de uma determinada maneira.

Um questionamento de cunho epistemológico apresentado por Fleck tece os campos das ciências e da teoria do conhecimento. Segundo ele, as descobertas geralmente acontecem a partir de falsas presunções ou experimentos irreproduzíveis. Algumas testemunhas que presenciaram a descoberta podem dizer que essa se deu por coincidência ou por uma intuição genial, o que não garante valor científico. Desta maneira, para legitimar a descoberta é preciso analisá-la a partir de um ponto de vista epistemológico, considerando a descoberta um acontecimento social. Somente um meio social propicia o surgimento de um coletivo de pensamento com a participação efetiva de seus membros.

Em um sistema fechado de opiniões, as relações de reciprocidade são estabelecidas, promovendo uma harmonia entre as pessoas que contribuíram para a formação do conhecimento e o objeto estudado. Entretanto, esse sistema fechado pode dar origem ao que

[25] Na epistemologia fleckiana legitimar novos elementos significa desvincular da proposta dogmática de uma área para promover a continuidade do saber ou legitimar uma nova área do conhecimento.

Fleck denominou "harmonia das ilusões", uma vez que o conhecimento pertencente a esse coletivo pode estabelecer um método limitado, o qual dificulta a percepção de outros elementos essenciais para a composição do conhecimento, garantindo, assim, a harmonia dentro desse sistema fechado de opiniões. A harmonia entre os membros do coletivo é fortalecida à medida que o conhecimento derivado do objeto é modificado. Como resultado, a percepção do sujeito é transformada, levando a uma harmonização com a ideia dominante.

Nenhuma teoria do conhecimento está desprendida de um estilo de pensamento. Durante a formação da teoria, as variáveis que fazem parte do seu escopo são estudadas e comparadas em uma perspectiva histórica. Pensando assim, Fleck conceitua o estilo de pensamento como coerção. Assim, um estilo de pensamento precisa conter problemas que interessam ao coletivo de pensamento, desde a etapa da sua elaboração, a definição de métodos que serão utilizados para a resolução, até o ponto de aplicação do conhecimento produzido. A consolidação de um estilo de pensamento depende da maneira com que seu fortalecimento social irá acontecer, isso é, como ele será desenvolvido por meio de sucessivas gerações. Mas, como o estilo de pensamento aglutina as gerações? Esta questão não é fácil de ser respondida. Uma vez que um estilo de pensamento é construído pelas ações de um coletivo de pensamento, esse estilo que irá estabelecer a maneira que um problema deverá ser elaborado, induzindo os membros do coletivo a conviverem sob a coerção de um dado pensamento e não permitirá que pensamentos concorrentes façam parte do coletivo.

Aparentemente, pode ser entendido que um estilo de pensamento é inflexível e não se abre para novas ideias. Contudo, a teoria fleckiana considera que essa inflexibilidade não é uma regra, pelo contrário. A mudança nas predisposições de cada estilo ocorre levando em consideração duas circunstâncias. A primeira é que sempre haverá resquício do estilo de pensamento original, enquanto a segunda assinala que cada estilo de pensamento contém rudimentos da história evolutiva. Devido a essas duas colocações, poucos conceitos novos são formados no estilo de pensamento sem influência do estilo de pensamento original, o que realça a coesão histórica dos estilos de pensamento. Por meio desta coesão, aparecem as evidências da evolução das ideias, desde as suas formas mais antiquadas até suas formas modernas. Essa relação entre as ideias iniciais e suas formulações finais é entendida como um acontecimento histórico. Contudo, enquanto as proposições do estilo de pensamento original forem suficientes para a solução do problema, de maneira singular, essa solução será denominada verdade. Uma ressalva importante é que ao analisar um estilo de pensamento antigo há de se utilizar amostras originais de sua construção e não apenas os resumos modernos sobre as percepções antigas.

A verdade não tem cunho subjetivo, muito menos relativo. Ela é dependente de um recorte momentâneo dentro de um contexto, e quem a determina é o coletivo de pensamento. Também não é por meio de convenções entre coletivos de pensamentos que se constrói a verdade, pelo contrário. Se um pensamento for verdadeiro para um coletivo de pensamento e não para outro, esse pensamento não pode ser considerado o mesmo para os dois coletivos. Assim, a verdade é uma coerção do pensamento conforme o estilo. Dada a uma possível definição de verdade e resgatando o do papel da resistência que um estilo de pensamento adota a um novo pensamento, uma estrutura menos rudimentar do fato científico pode ser explorada.

Um fato científico possui uma conexão tripla com o coletivo de pensamento: adere ao interesse intelectual do seu próprio coletivo; resiste ao coletivo de pensamento interposto ou a cada indivíduo em forma de coação de pensamento, do mesmo jeito que vivencia de maneira imediata a forma (Gestalt); expressa o fato no próprio estilo do coletivo de pensamento. Segundo Fleck (2010, p.151) “No campo do conhecimento, o Sinal de uma Resistência (*Aviso eines Widerstandes*), que se opõe à voluntariedade livre do pensamento, chama-se "fato".”

Uma descoberta científica é a reelaboração de uma estrutura de um coletivo de pensamento. Isso implica que um fato não é independente do outro, ou seja, cada fato reverbera em outro fato, produzindo, então, um saber desenvolvido de maneira harmoniosa. Quanto maior for a coesão entre os elementos dos fatos envolvidos, mais estável será o novo saber.

O estilo de pensamento tem como elemento base funcional o coletivo de pensamento. Esse coletivo aparece sempre que duas ou mais pessoas estão dispostas a trocar ideias. Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados para entender a formação de um coletivo de pensamento. Nem todo conteúdo dessas ideias compõem o coletivo, já que pode existir muitas presunções instantâneas que podem desaparecer. Também há de considerar que nenhum dos sujeitos envolvidos na conversa poderá se apropriar das presunções que foram tratadas. Outra forma de construir um coletivo de pensamento é por meio de grupos mais organizados. Nesse caso, o coletivo de pensamento é mais estável, pois é constituído por uma estrutura mais formal. É nesse cenário que a ciência se encontra, quanto uma formação específica e coletiva do pensamento. Os coletivos de pensamento estáveis conseguem legitimar as propriedades sociais de um estilo de pensamento via dispositivos legais, linguagens específicas e com vocabulários peculiares. Esses coletivos fecham as comunidades de pensamento.

Concomitantemente ao fechamento das comunidades de pensamento, surgem as limitações às quais o estilo de pensamento assumirá. Com isso, caberá ao estilo de pensamento decidir quais serão os problemas mais importantes para serem resolvidos, bem como atribuir

uma postura às características de valores e de tolerância. A validação de um pensamento é conferida a partir de suas aplicações, e a comprovação de sua veracidade vinculada à sua pressuposição. A segurança de um estilo de pensamento está fundada na coerção do modo de pensar, no hábito de pensar ou em uma oposição a qualquer pensamento alheio.

Para que um novato faça parte do coletivo estável de pensamento, ele precisa passar pelo processo de introdução didática, que pode ser considerada como um tipo de coerção de pensamento. Segundo Fleck, a pedagogia utiliza o caminho histórico das ciências para organizar seu conteúdo, pois os conhecimentos antigos são menos complexos em termos de abstração, o que torna mais fácil a compreensão.

Alinhada à inserção de um novato ao estilo de pensamento, outros dois conceitos na epistemologia fleckiana são relevantes: o círculo esotérico e o círculo exotérico. O primeiro é composto por pessoas que trabalham diretamente para a construção e manutenção do pensamento, enquanto o segundo é composto por uma grande massa de pessoas que cercam o círculo esotérico, que não tem relação imediata com a construção do conhecimento. Um coletivo de pensamento é formado por vários desses círculos. No entanto, um sujeito pode pertencer a muitos círculos exotéricos e apenas a alguns círculos esotéricos.

Outra conexão pertinente é a relação que envolve círculo esotérico e o círculo exotérico. Em geral, o segundo é composto pela massa, enquanto o primeiro pela elite, fazendo menção à estrutura sociológica. Dessa conexão podem surgir dois efeitos. A influência da massa nas produções científicas, ou seja, a opinião pública é apreciada pela elite para que seja mantida a relação de confiança. O outro efeito é o oposto do primeiro, quando a elite busca um afastamento da massa para manter os segredos e os dogmas do coletivo de pensamento. Esse efeito é característico dos coletivos religiosos de pensamento. Assim, a primeira forma de conexão prima pelo desenvolvimento e democratização do pensamento, enquanto a segunda é caricatura do conservadorismo.

Quando dois sujeitos que compõem o mesmo coletivo de pensamento se posicionam em oposição de pensamento, surge uma compreensão do pensamento em função do serviço da ideia transpessoal que “produz uma dependência intelectual recíproca entre os indivíduos e uma atmosfera (*Stimmung*) comum, nenhuma questão, uma vez levantada, pode permanecer, em princípio, sem efeito; cada uma é ponderada e ocupa seu lugar dentro do estilo de pensamento” (Fleck, 2010, p.158).

Um conceito da teoria que tem o papel de fortalecer a formação do pensamento dentro do coletivo, propiciando a confiança junto aos novatos e à opinião pública, a solidariedade

intelectual entre os pares e a adequação do estilo de pensamento em escalas ainda maiores é o tráfego intracoletivo de pensamento.

O tráfego intracoletivo de pensamento também é o que conecta o círculo esotérico ao círculo exotérico por meio da coerção de pensamento. Neste ponto, ratifica-se a relação entre a elite e a massa. Novamente, essa conexão é pautada em duas vias. Partindo do círculo esotérico para o círculo exotérico, geralmente, a coerção é mais aguda, o que deixa transparecer a correspondência de poder. Analisando a via oposta, a coerção se torna mais leve, uma vez que os membros do círculo esotérico podem se permitir a alteração entre uma ou outra inovação, para depois variar a coerção no tráfego do coletivo de pensamento.

Ao comparar dois estilos de pensamentos, pode-se notar que as diferenças entre ambos podem ser grandes ou pequenas. Um parâmetro para entender essas categorias é o tráfego de pensamento. Quanto menor for o tráfego de pensamento entre dois estilos de pensamento, maior serão as suas diferenças. Se há relações intercoletivas, elas apresentam traços comuns. Os elementos de um coletivo alheio são perceptíveis, mas apresentam estruturas arbitrárias e de pouca legitimidade. Também, o estilo de pensamento tem componentes místicas seus esclarecimentos não são comprovados ou são munidos de falhas.

Uma variável elementar no campo intercoletivo é a palavra, pois esta pode alterar seus significados do pensamento na migração intercoletiva, o que acarreta uma alteração dos valores de pensamento. Contudo, quanto mais definida for a palavra dentro de um coletivo, maior será o fortalecimento do pensamento.

Em cada mudança no estilo de pensamento surgem novas possibilidades de descobertas e, consequentemente, novos fatos são construídos. Essa transformação do estilo de pensamento é atribuída à função epistemológica do tráfego intercoletivo de pensamento.

Para um sujeito que pertence a mais de um coletivo de pensamento, a influência do estilo de pensamento sobre ele é muito mais intensa do que o seu pensamento individual. Mesmo assim, esse sujeito pode conviver com elementos de vários estilos de pensamento sem que esses sejam necessariamente contraditórios, por serem separados um dos outros. Um exemplo é um cientista que convive em um ambiente religioso.

Quanto mais próximo um estilo de pensamento estiver de outro, mais difícil se torna essa separação. Dentro dessa perspectiva, Fleck certifica que o tráfego de pensamento é fundamental para a transformação de um estilo de pensamento. Se o tráfego for intracoletivo, o coletivo se torna mais fortalecido. Já pelo intercoletivo, a mudança que ocorre no estilo de

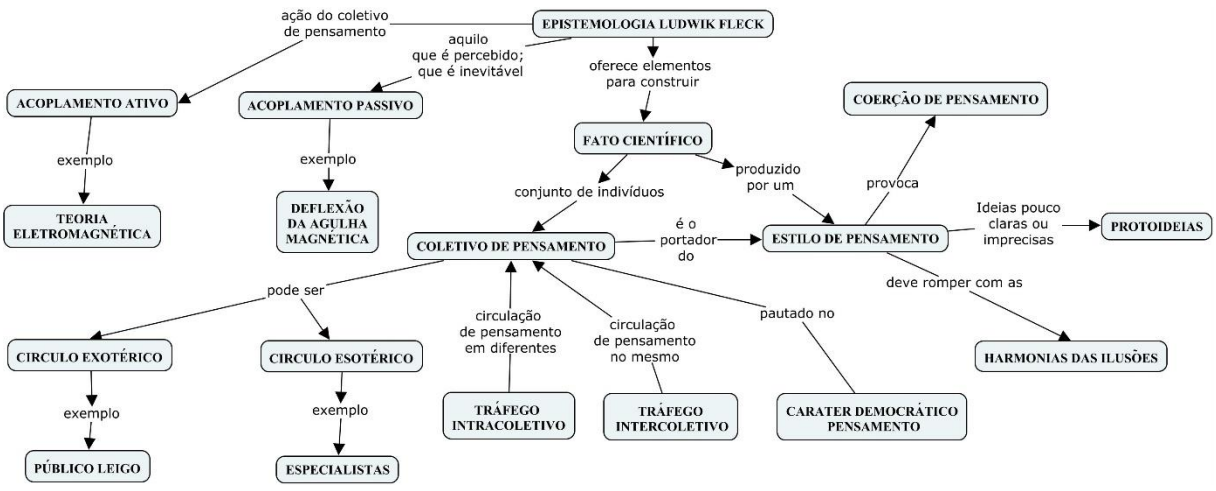
pensamento é mais evidente, pois a circulação de pensamento que ocorre entre diferentes coletivos de pensamento.

Embora não haja uma definição objetiva na obra de Fleck, compreendemos que o pensamento científico é moldado pela transformação histórica do entendimento de um objeto, considerando as coerções coletivas do pensamento, que produzem conhecimentos passíveis de serem reproduzidos, gerando assim uma atmosfera comum que contribui para a objetivação do pensamento, iniciada com referências a outros autores que seguem a linha histórica do problema, atribuindo-lhes termos próprios e utilizando signos particulares. Este sistema busca o máximo de compreensão do objeto e a máxima interação entre os indivíduos, visando criar uma atmosfera característica do pensamento científico, composta por elementos enumerados e interligados aos meios que promovem o estilo de pensamento científico.

Após verificar as etapas dos processos históricos e democráticos, bem como a estabilidade dentro de uma atmosfera colaborativa e a divulgação dos resultados do trabalho, que deve ser apreciado pelo coletivo de pensamento, pode-se legitimar que o trabalho integra o corpo do conhecimento do estilo de pensamento científico.

A epistemologia fleckiana apresenta uma carga conceitual significativa. A falta de precisão na definição dos conceitos possibilita uma interpretação mais flexível dos elementos da teoria. Portanto, elaboramos a Figura 2 para elucidar nossa compreensão dos conceitos da epistemologia de Fleck.

Figura 2. Os principais conceitos da teoria de Ludwik Fleck, conforme descritos em seu livro de 1935.



Fonte: Autoria própria.

Indicamos como interpretamos as relações existentes entre os conceitos que compõe o a epistemologia de Fleck. No entanto, compreendemos que o estilo de escrita do autor permite com que seus leitores possam pluralizar as interpretações dos conceitos, assim como as suas conexões com a leitura do mundo. Nesse ponto, concordamos com (Martins, 2020a, p. 1200), quando o autor apresenta que os elementos conceituais "não esgotam as possibilidades de caracterização do caráter aberto da obra de nosso autor uma "visão panorâmica"

1.5. A presença da epistemologia de Fleck no Ensino de Ciências

Nesta seção, apresentaremos alguns trabalhos que relacionaram seus objetos de pesquisa em Ensino de Ciências com a abordagem da epistemologia de Fleck. O ponto inicial será a discussão de dois trabalhos cujos resultados consistiram na apresentação de uma revisão da literatura sobre a presença da epistemologia na educação científica (Lorenzetti; Muenchen; Slongo, 2018; Souza; Martins, 2021).

Na pesquisa de Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2018), foram analisados 89 documentos, entre dissertações e teses, publicados no período de 1995 a 2015. Do total de documentos encontrados, as autoras separaram 37 por tratarem de investigações realizadas no campo da Educação em Ciências. Essa pesquisa, de característica descritiva, identificou o período em que o referencial fleckiano passou a compor as pesquisas em território brasileiro, principalmente na área de Educação em Ciências.

Segundo os resultados das autoras, os primeiros trabalhos realizados no Brasil que adotaram com referencial a teoria de Fleck apareceram em meados da década de 1990. Dos 37 trabalhos analisados, 21 foram desenvolvidos na Universidade Federal de Santa Catarina, com destaque aos 14 documentos do Programa de Educação Tecnológica e Científica. As temáticas que tiveram mais publicações foi a formação de professores e a emergência de um fato científicos. (Lorenzetti; Muenchen; Slongo, 2018).

A segunda revisão da literatura que encontramos foi realizada em periódicos brasileiros, abrangendo o período de 2001 a 2020, na qual os autores encontraram 32 artigos. Os autores identificaram as terminologias dos principais conceitos da teoria de Fleck e como esses conceitos foram articulados nesses trabalhos (Souza; Martins, 2021).

Entre os periódicos analisados, a "*Investigações em Ensino de Ciências*" "*Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*" foram os que apresentaram o maior número de artigos, sete cada. O primeiro registro foi em 2002, com apenas um artigo publicado nesses anos, enquanto em 2020 houve um maior número de publicações, totalizando sete artigos.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, os autores organizaram a frequência c om a que os conceitos apareceram em cada trabalho. Nota-se uma prevalência nos termos "Estilo de Pensamento" e "Coletivo de pensamento", conceitos que geralmente possuem grande importância na teoria fleckiana.

Figura 3. Levantamento dos conceitos de Fleck abordados nos artigos.

Conceitos fleckians	Número de artigos que os descrevem
Estilo de pensamento	30
Coletivo de pensamento	29
Círculo esotérico	26
Círculo exotérico	25
Circulação intercoletiva	23
Circulação intracoletiva	19
Conexões passivas	7
Conexões ativias.	7

Fonte: Souza e Martins (2021).

Os autores observaram que algumas terminologias, como "circulação de ideias" e "conexões", apareciam de maneira diferente nos trabalhos, apesar de representarem o mesmo conceito. Esta variação foi atribuída às edições dos livros do Fleck pelos autores. Afinal, entre os anos de 2002 e 2010, houve uma prevalência pela versão traduzida em espanhol. A partir de 2010, a versão do livro em português foi publicada, o que, segundo Souza e Martins (2021) pode ter sido um fator determinante para essa variação nas terminologias.

Após a apresentação das duas revisões, discutiremos os resultados de algumas das publicações que adotaram como referencial a epistemologia de Fleck.

O emprego dos elementos da epistemologia fleckiana pode ser encontrado no trabalho de (Delizoicov *et al.*, 2002) como um referencial em potencial para ser utilizado em investigações cujos objetos de pesquisa sejam a produção de conhecimento, tanto no campo do senso comum quanto no científico, em problemas que envolvem o Ensino de Ciências naturais e da saúde, assim como a análise da formação inicial ou continuada dos professores de ciências de vários níveis do ensino. Segundo os autores, a epistemologia de Fleck também é amplamente utilizada em pesquisas que envolvem a História, Filosofia e Sociologia das Ciências.

Delizoicov *et al*. (2002) ainda destacaram que a formulação das categorias Ciência Normal, Paradigma e Revolução, foram elaboradas a partir das seguintes perspectivas fleckianas: a época clássica, ou seja, o estilo de pensamento já estruturado, e o período no qual

surgem as complicações da teoria dominante; o estilo de pensamento; a transformação do estilo de pensamento.

No trabalho de Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005), encontramos a presença dos elementos históricos e epistemológicos de Fleck que contribuíram para a construção do entendimento do DNA. Os autores reconheceram que a inclusão da História da Ciência, entendida de forma mais ampla, como a história da construção do conhecimento, pode ser aliada à educação científica, quando o pressuposto é o aspecto dinâmico do saber científico. Esse entendimento foi sustentado pela disposição de elementos que a epistemologia de Fleck proporciona, principalmente para entender que o fato científico é o resultado de um contexto histórico e é mediado por um estilo de pensamento. Os autores ainda recomendam que "deve-se introduzir a História da Ciência nos cursos de formação de professores contribuindo para uma nova forma de conceber a ciência como conhecimento dinâmico, produzido por seres humanos com limitações, utilizando aparelhos nem sempre tão perfeitos" (Scheid; Ferrari e Delizoicov, 2005, p.131).

O trabalho de Queirós, Nardi e Delizoicov (2014) apresentou uma análise da História e Sociologia das Ciências sobre a construção de um fato científico em que foi evidenciada a influência de coletivos de pensamentos distintos nos trabalhos técnicos de James Prescott Joule (1818-1889), em especial, sobre a substituição do motor a vapor pelo motor elétrico. Os pesquisadores utilizaram a epistemologia de Ludwik Fleck como referência. O artigo evidencia que os trabalhos de Joule foram influenciados pelo coletivo de pensamento tecnicista da cidade de Manchester, que posteriormente originou um estilo de pensamento tecnicista. A busca por resultados mensuráveis levou Joule a recorrer aos coletivos de pensamentos de Michael Faraday e John Dalton (1766 - 1844) para quantificar a eficiência de suas experimentações, o que recaiu na influência empírica da produção científica.

A consciência dos problemas enfrentados por Joule na tentativa de substituir o motor a vapor o levou a buscar, por meio da circulação intercoletiva[26] de ideias e práticas, o estudo dos trabalhos de Faraday e de Moritz Hermann von Jacobi (1801 - 1874), uma mudança em suas pesquisas, o que, a partir da análise, originou a mudança de estilo de pensamento do tecnicista para o científico. Esses contrapontos são importantes para evitar a falsa impressão de que a construção de um fato científico seja linear e desprendida de erros.

[26] Compõe a base conceitual da epistemologia fleckiana. Foi definida na seção 1.4.

No campo das Ciências Biológicas, a epistemologia de Fleck pôde oferecer uma visão integrada dos coletivos de pensamento envolvidos no surgimento dos fatos científicos (Heidrich; Delizoicov, 2009). O trabalho apresentou como novos conceitos modificaram a ideia original sobre diabetes ao longo do tempo. A partir do trabalho de vários grupos profissionais e pesquisadores da área, o conhecimento sobre a purificação e aplicação da insulina foi construído. Cada estilo de pensamento contribuiu durante o processo, uma vez que tinham como objeto de conhecimento o paciente diabético. Esses estilos de pensamentos eram compostos pelos anatomistas, que identificaram os aspectos patológicos; os médicos, que investigaram os sintomas clínicos e realizaram o tratamento para amenizar os sintomas; e os bioquímicos, que identificaram as biomoléculas e as suas alterações na urina e no sangue, assim como o metabolismo celular ligado à doença.

Um trabalho que apresenta poucos traços convencionais do ponto de vista da pesquisa, apresentado por Martins (2020b), foi conduzido em uma convenção sobre o terraplanismo. Durante a convenção, o pesquisador fez registros dos conteúdos das palestras. O material escrito foi analisado à luz da epistemologia de Fleck. Em um trabalho como esse, podemos perceber como um estilo de pensamento compõe alguns coletivos de pensamento. Segundo o texto, críticas à produção científica, apegos religiosos e reprovações ao ensino de ciência realizado nas escolas foram utilizadas para garantir a planicidade da Terra. Foi percebido pelo autor que a comunidade científica precisa se atentar aos fenômenos da pós-verdade, pois alguns estilos de pensamentos, por exemplo o caso do terraplanismo, podem ganhar força devido às suas influências junto ao senso comum. Outro aspecto levantado pelo pesquisador foi quanto ao papel do Ensino de Ciências, que não pode ser fundamentado em uma ciência dogmática, de um conhecimento pronto e inflexível. Pelo contrário, deve discutir um ensino assentado em bases epistemológicas que permitam ao estudante problematizar os aspectos culturais, históricos e sociais do conhecimento (Martins, 2020b).

No que tange o paralelo entre as bases epistemológicas de Kuhn e Fleck, Parreiras (2006) investigou as possibilidades da epistemologia de Fleck para oferecer outras abordagens a fim de compreender o processo cognitivo presente em uma matriz das Ciências Físicas, constituída a partir da proposta de Thomas Khun. Para essa pesquisadora, a ideia de Khun sobre a revolução científica é um problema para entender a construção da História da Ciência, ao contrário da concepção de Fleck sobre as protoideias, que é uma forma pertinente de compreender como uma área da ciência é desenvolvida. Concordamos com a autora nesse aspecto, pois o tráfego intercoletivo, a atmosfera das ilusões, o acoplamento ativo e o

acoplamento passivo, por mais instabilidades epistemológicas que possam apresentar, contribuem para um entendimento do desenvolvimento de um estilo de pensamento.

Nesse contexto, apresentamos o trabalho de Trindade, Vieira e Cordovil (2019), que a partir de uma investigação, levaram os alunos do ensino fundamental de uma escola pública ao Ecomuseu do Seringal Vila Paraíso próximo a Manaus – AM e verificaram que houve possibilidade em utilizar um espaço que envolve relações socioambientais, em especial a malária, doença típica do local, para discutir temáticas relacionadas à História da Ciência. Nesse trabalho, as pesquisadoras notaram que surgiram indícios de uma interação intercoletiva de pensamentos entre os conceitos estudados em sala de aula, por meio dos livros, e as observações realizadas pelos estudantes durante a visita ao Ecomuseu.

Quanto aos acoplamentos, encontramos um estudo realizado por Magoga e Muenche (2018) no qual ficou evidente a presença do acoplamento passivo e do acoplamento ativo em um estilo de pensamento alinhado com os pressupostos freirianos, cujo coletivo de pensamento foi constituído por pesquisadores da área de Ensino de Ciência, que trabalham com a Abordagem Temática na Educação em Ciências. O resultado dessa pesquisa fortalece a ideia de que os conceitos da epistemologia fleckiana podem ser utilizados em estudos que envolvem o posicionamento teórico, político e social de um coletivo de pensamento atuante em pesquisas atuais.

A partir desses trabalhos de Trindade, Vieira e Cordovil (2019) e Magoga e Muenchen (2018), podemos refletir que, se por um lado, a ciência é desenvolvida por meio de um sincronismo entre os membros que compõem um estilo de pensamento, por outro lado, há fatores extrínsecos que colaboram para que a ciência possa avançar. Questões morais, éticas, culturais e políticas são relevantes ao analisar o contexto que envolve uma produção científica, uma vez que elas influenciam diretamente a estrutura do estilo de pensamento, o que pode resultar em uma mudança do estilo de pensamento ou na manutenção do seu *status quo*.

1.6. Como o conhecimento do coletivo de pensamento é divulgado?

Dentro do círculo esotérico, existem pesquisadores qualificados que trabalham no núcleo de um problema específico do estilo de pensamento. Esses pesquisadores estão cercados por outros que lidam com questões mais gerais ou relacionadas. A troca de informações entre os pesquisadores especializados de um coletivo de pensamento, via periódicos científicos, configura o tráfego intracoletivo de pensamento. Já o círculo exotérico tem acesso ao conhecimento produzido pelo círculo esotérico por meio de livros didáticos ou métodos pedagógicos específicos.

A ciência popular desempenha um papel na divulgação da ciência especializada. Ela é voltada para não especialistas, tratando o conhecimento de maneira superficial e simplificada, sem se focar em polêmicas. Ao invés de tratar da coerção de pensamento, a ciência popular priva por um conhecimento mais ilustrativo, direcionando os conceitos para um caminho simples. Ela é esteticamente agradável e uma avaliação indiscutível, ou seja, ela pode ser aprovada ou reprovada pelo sujeito que a acessa (Fleck, 2010).

O objetivo da ciência popular é proporcionar uma visão alternativa de mundo ao sujeito que tem contato com suas produções. No entanto, é importante ressaltar que esse sujeito terá apenas uma breve noção daquilo que é produzido pelos pesquisadores especializados, uma vez que a ciência popular funciona como um pano de fundo ao estilo de pensamento. Destacamos, também a ciência popular não é introdutória para a formação de novos pesquisadores, pois essa introdução a um estilo de pensamento geralmente ocorre por meio de livros didáticos, não pelos livros de divulgação científica. Além de oferecer uma nova perspectiva de ver o mundo, a ciência popular é utilizada para que o especialista, pertencente a um círculo esotérico, tenha uma devolutiva da opinião pública, pertencente ao círculo exotérico, sobre o conhecimento produzido. Para Fleck, “Certeza, simplicidade, plasticidade somente surgem do saber popular, pois o especialista busca nele a crença nesses valores enquanto ideal do saber. Aí reside a importância epistemológica geral da ciência popular” (Fleck, 2010, p. 168).

O especialista, para essa epistemologia, desempenha um papel importante na plasticidade daquilo que pesquisa, pois o conhecimento que por ele é construído precisa ser compreensível para outros públicos. Quanto mais distante o conhecimento estiver do círculo esotérico, maior deve ser a sua plasticidade, pois no círculo exotérico não são exigidas provas rigorosas do pensamento. O conhecimento neste círculo possui uma conotação religiosa, sem a necessidade de provas.

No campo da ciência especializada, a plasticidade corresponde ao conhecimento encontrado nos manuais científicos, organizado em um sistema denominado por Fleck como "ciências dos periódicos". O cientista que está no centro da produção científica precisa ser criativo para que suas novas ideias possam circular entre seus pares. Dessa maneira

> A estrutura geral do coletivo de pensamento faz com que tráfego intracoletivo de pensamento - pelo fato sociológico em si, sem consideração pelo conteúdo e pela legitimação lógica - leva ao fortalecimento das formações de pensamento (Denkgebilde): a confiança nos iniciados, a dependência por parte destes da opinião pública, a solidariedade intelectual dos pares, que estão a serviço da mesma ideia, são forças sociais alinhadas que criam uma atmosfera comum especifica, proporcionando às formações de pensamento solidariedade e adequação ao estilo numa medida cada vez maior (Fleck, 2010, p.158).

Quanto à plasticidade científica e relatório científico, encontramos no trabalho de (Martins, 2001, p. 201) o compromisso que um pesquisador em História da Física precisa ter para produzir nessa linha de pesquisa. No trabalho, o autor, pertencente a um círculo esotérico, faz críticas contundentes às publicações realizadas nessa área. Essas críticas podem ser enquadradas em duas: as pertencentes aos profissionais da Física e aos sujeitos que não possuem formação em Física. O autor também ressalta que não basta estudar Física para pertencer ao coletivo de pensamento dos historiadores da Física. Pelo contrário, devido a muitas produções de qualidade duvidosa realizadas por físicos que se aventuram a publicar algum relato da história da Física, os físicos em formação na graduação ou na pós-graduação correm o risco de ter sua educação científica comprometida, uma vez que esses assuntos podem fazer partes dos livros didáticos, ou até mesmo, de periódicos científicos que compõem as fontes de referência desses estudantes em formação acadêmica. Quanto à segunda categoria, por mais que o texto analisado pelo autor tenha sido escrito por um Físico de formação[27], não ficou isento de erros. Mesmo que o texto tenha como intenção atingir o círculo exotérico, os erros conceituais devem ser evitados.

Além disso, Martins (2001b) ressalta aos profissionais interessados em trabalhar na área da História da Física, que é preciso investir em suas formações para serem pesquisadores especialistas na área, e não simples aventureiros. Segundo os conceitos fleckianos, eles irão se comunicar com coletivos de pensamentos que fazem parte de um círculo esotérico. Quanto aos textos de divulgação científica, esses devem evitar detalhes técnicos, pois são destinados às pessoas pertencentes a um círculo exotérico, muitas vezes sem formação acadêmica em ciências. No entanto, esses textos não podem conter erros que distorçam as produções dos grupos esotéricos. Eles devem conter uma apresentação "simplificada, ilustrativa e apodítica" (Fleck, 2010, p.166).

A contribuição dos periódicos científicos é estabelecida a partir dos fragmentos pessoais do círculo esotérico e é marcada, também, pelos seus efeitos provisórios. Uma característica desses fragmentos pessoais e provisórios é que, mesmo procurando resolver um problema específico, o pesquisador não o desvincula de sua área do conhecimento, buscando sempre uma conexão do problema com a produção científica do momento. Essa cautela é essencial para que

[27] Marcelo Gleiser, físico contemporâneo brasileiro que escreveu o livro de divulgação científica "*A dança do universo*". Um trecho deste livro foi analisado no artigo de Martins (2001).

o trabalho do pesquisador seja legitimado pelo seu coletivo de pensamento e, assim, favoreça o tráfego intracoletivo de pensamento. Outra característica desses fragmentos é a causalidade material e os detalhes técnicos que fazem parte do desenvolvimento da pesquisa. Ambos são de aspecto pessoais do pesquisador, porém, ele busca deixá-los em segundo plano, usando sempre o plural de modéstia "nós" para fazer menção ao seu coletivo de pensamento.

Quanto aos manuais científicos, estes não surgem pela simples somatória ou seleção dos conteúdos encontrados nos periódicos. A simples somatória não resolve as contradições presentes nos resultados da pesquisa, enquanto a seleção de trabalhos isolados não atinge o objetivo dos manuais científicos, que é construir um sistema fechado. Esse sistema determina os caminhos das pesquisas subsequentes, os conceitos fundamentais a serem abordados, os métodos a serem empregados e quais pesquisadores terão os seus trabalhos contemplados no material.

Essa discussão surge do tráfego intracoletivo de pensamento, por meio das discussões, desentendimentos e concessões entre os especialistas do círculo esotérico. No entanto, quando dois pensamentos estão em conflito, mesmo após ambos apresentarem todos os argumentos, um terceiro pensamento é que decidirá quais elementos serão contemplados nos manuais. Geralmente, "é um terceiro pensamento que vence: o um pensamento tecido do conjunto de pensamentos exotéricos, alheios ao coletivo e conflituosos" (Fleck 2010, 174). Outro efeito dos manuais científicos é que as suas proposições são de caráter comprobatório e apresentam maior certeza em relação aos resultados fragmentados dos periódicos. Assim, os manuais tornam-se uma espécie de coerção de pensamento.

A relação entre as ciências dos manuais e dos periódicos, dentro do contexto de Fleck, é evidenciada na estrutura que compõe o círculo esotérico em que inicialmente são analisados os resultados das pesquisas que aparecem nos periódicos, para que em seguida sejam elaborados os manuais. Essa lógica não é difícil de entender. Enquanto os pesquisadores que contribuem para os periódicos exploram campos de pesquisa desconhecidos, trabalhando na fronteira do conhecimento e sujeitos a erros, dificuldades e frustrações, os elaboradores dos manuais seguem por um terreno mais estável e alteram suas orientações de maneira mais lenta, sempre orientados pelos pesquisadores especialistas.

Para Fleck, essa ligação entre a produção científica e a ciência dos manuais tem um caráter social. Primeiramente, ao ser questionado sobre um dado problema, o pesquisador recorre aos manuais, mesmo sabendo que, diante de uma situação problema nova, os conceitos neles contidos podem estar ultrapassados. Em seguida, o pesquisador expõe os pontos de vistas

dos demais pesquisadores que estão trabalhando com o mesmo problema. Esse caráter social da ciência apresenta posicionamentos fixos e representativos, e alguns provisórios, sem representatividade. O caráter fixo e representativo é relevante para uma teoria do conhecimento, para atribuir significados aos elementos do conhecimento, fortalecendo, assim, a influência do círculo esotérico sobre o círculo exotérico.

Em contrapartida, é o caráter provisório e não representativo que promove o avanço do desenvolvimento científico. Assim, o fato científico não é algo fixo, pois se o fosse, existiria apenas nos manuais científicos. Contudo, o fato científico, em sua origem, surge da resistência que compõe as ciências dos periódicos, as quais, posteriormente, formam as suas presunções sobre o fato. Após esse processo, o fato científico passa a compor o estilo de pensamento e, em seu estado de conhecimento popular, é encarado como conhecimento fixo, prontamente reconhecido.

Algumas considerações pontuais sobre a epistemologia de Fleck são pertinentes para concluir sua teoria do conhecimento. A primeira é que quanto mais distante dois estilos de pensamentos, mais discrepantes serão as definições que descrevem o significado de um conceito.

Podemos aplicar esse raciocínio ao usarmos a palavra *eletricidade*. Aparentemente, Willian Gilbert (1544-1603) foi um dos primeiros a usar essa palavra para descrever um fenômeno eletrostático. A explicação de Gilbert sobre os "corpos elétricos" é que eles liberavam uma[28] espécie de eflúvio que era manifestado quando friccionados (Roller; Roller, 1957). Francis Hauksbee (1660 – 1713) foi outro estudioso que dedicou um período da sua vida à investigação do fenômeno da eletricidade. O que Hauksbee considerava ser eletricidade destoava de Gilbert, pois para ele a eletricidade ela um fenômeno que tinha uma forte relação ao aquecimento dos "corpos elétricos" (Hauksbee, 1719). Quanto à palavra "eletricidade", Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739) foi outro personagem histórico que colaborou para os avanços dos estudos em eletricidade. Mesmo ao se apropriar da palavra "eletricidade" para descrever os fenômenos e resultados oriundos de suas pesquisas, o significado atribuído por ele não se alinhava ao mesmo campo semântico de Gilbert ou Hauksbee. Entre as diferenças conceituais destinada à palavra "eletricidade" encontradas nos trabalhos de Du Fay, em detrimento aos trabalhos de Gilbert e Hauksbee, está a proposta de existirem dois tipos de eletricidade, a vítrea e a resinosa (Boss; Caluzi, 2007). Outros

[28]Para Gilbert não havia "dois tipos" de eletricidade. Os seus experimentos colaboraram com o avanço da diferenciação entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

pesquisadores, como de Benjamim Franklin (1706 – 1790), Stephen Gray (1666-1736) e Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1806), também deram outras interpretações à palavra “eletricidade”.

Outra consideração encontrada na obra de Fleck é sobre o pesquisador que fica ingenuamente ligado apenas ao seu estilo de pensamento e não se atenta às produções realizadas pelos demais estilos. Para ele, os estilos de pensamentos dos quais ele não participa revelam apenas conceitos abstratos e sem aplicação, o que é característico do acoplamento ativo. Em contrapartida, dentro de seu estilo de pensamento, são predominantes os elementos do acoplamento passivo, uma vez que todas as produções realizadas por ele são tratadas como algo trivial e regular.

Recorrendo novamente à História da Física, Ampère não teve o comportamento de um pesquisador ingênuo. Uma vez pertencente a um estilo de pensamento, não hesitou em investigar e buscar a compreensão dos resultados experimentais de Ørsted. Contudo, Ampère não se apegou apenas aos elementos ativos, os resultados experimentais de Ørsted, mas também aos acoplamentos passivos de seu estilo de pensamento, pois suas explicações eram fundamentadas na Lei de Ação e Reação de Newton, e não em turbilhões que circulavam ao redor do fio, agindo sobre os polos Austral (polo Sul) e Boreal (polo Norte) da agulha magnética, como pensava Ørsted (Chaib; Assis, 2007b). Uma terceira consideração encontrada na obra de Fleck é a importância da atmosfera intelectual. Este conceito envolve o respeito que todo pesquisador deve apresentar por qualquer outro pesquisador envolvido no processo da elaboração de um conhecimento. A princípio, todo pesquisador tem direito a opinar sobre o problema a ser solucionado. No entanto, a opinião individual possui uma natureza provisória, característica da estrutura do coletivo de pensamento. A teoria de Fleck faz referência à atmosfera coletiva de pensamento das ciências exatas. A leitura sobre essa atmosfera é que ela apresenta um impulso particular para a objetivação da formação de um pensamento, assim como uma retração da pessoa do pesquisador.

A objetivação é encontrada em algumas etapas: “começa com a referência a outros pesquisadores e ao percurso histórico de um problema, para despersonalizá-lo; introduz nomes específicos: "termos técnicos"; acrescentam-se signos particulares e, eventualmente, toda uma linguagem particular de signos [...]” (Fleck, 2010, p.200).

Neste capítulo buscamos realizar uma breve síntese da epistemologia de Fleck. No próximo capítulo vamos aplicá-la em alguns aspectos da origem teoria eletromagnética clássica.

2. O FATO CIENTÍFICO E ALGUMAS INTERPRETAÇÕES DA ORIGEM DA TEORIA ELETROMAGNÉTICA CLÁSSICA POR MEIO DA EPISTEMOLOGIA FLECKIANA

Quanto mais nos afastamos do mundo da experiência cotidiana, mais nos aproximamos do mundo das ciências especializadas. Isso decorre à medida que há uma gama de conhecimentos prévios, ou seja, mais conhecimento propostos pelos especialistas. Dessa forma, conforme se aprofunda em uma área específica, aumenta o vínculo entre o pesquisador e o coletivo de pensamento. Essa correspondência entre o sujeito da pesquisa e o coletivo de pensamento é conhecida como elementos ativos do saber.

Um outro evento que surge concomitantemente são as relações passivas do saber. Essas relações emergem porque cada elemento ativo do saber corresponde a um contexto coercitivo. Uma primeira acepção de fato científico é dada por Fleck a partir dos acoplamentos ativos e passivos.

> Podemos definir o fato científico provisoriamente como uma relação de conceitos conforme o estilo de pensamento, que, embora possa ser investigável, por meio dos pontos históricos e da psicologia individual e coletiva, nunca poderá ser construída, em sua totalidade, por meio desses pontos de vistas (Fleck, 2010, p 132).

Com esta acepção prévia sobre o fato científico, Fleck indica que a construção do saber requer um estilo de pensamento, nunca acabado, mas sim que esteja em constante construção. Esse estilo de pensamento permitirá que o coletivo de pensamento, fundamentado nas experiências históricas e sociais de cada membro, conecte os novos conceitos aos antigos, com a finalidade de manter o estilo de pensamento em uma contínua transformação. Há de ressaltar que, quanto menores forem as diferenças de opiniões entre os membros de uma área do conhecimento, mais sofisticada essa área se tornará.

Ele foi um crítico em relação à observação ingênua dos pesquisadores que tentam de qualquer maneira testar as conclusões de seus trabalhos em observações ou experimentos. Segundo ele, não importa se a observação seja a primeira, a segunda ou a terceira; de qualquer maneira, se ela não for acompanhada de uma reflexão, os resultados serão apenas adaptados aos fatos.

Por isso, antes de o pesquisador fazer suas observações, ele precisa se apoiar em um estilo de pensamento para saber como fazer as perguntas certas para aquilo que irá observar. A partir dessa reflexão junto ao objeto de pesquisa, o pesquisador poderá usar seus equipamentos ou seus métodos para buscar as suas respostas frente ao problema que será investigado.

Na busca da solução de um problema, geralmente, os primeiros experimentos mostram muito mais esperanças do que os resultados; ou seja, não há como categorizar um experimento como bem-sucedido ou malsucedido a partir de uma única tentativa, sem conhecer as razões que os levaram para algum desses resultados. O exemplo citado por Fleck para respaldar essa tese foi o método de Bordet-Gengou[29], utilizado por Wassermann e seus colaboradores.

Qualquer experimento que é utilizado em uma investigação, tantos aqueles que trazem os resultados esperados quanto aqueles que não conseguem encontrá-los, são recortes do estilo de pensamento e apesar de serem relevantes em determinado período, podem perder seus valores heurísticos dentro de um recorte histórico. Uma vez que esses experimentos podem apresentar um nível de dificuldade para serem reproduzidos, além de possuírem pressupostos teóricos que não são possíveis de serem sustentados.

Dessa maneira, Fleck indagou sobre qual resultado experimental poderia expressar uma descrição válida e unívoca. A consequência dessa indagação resultou em três reflexões. A primeira envolve a observação realizada por um leigo, que provavelmente não encontrará nenhum resultado, pois nenhuma palavra expressaria sua experiência. A segunda é que algumas observações podem até apresentar resultados condizentes com observações dos especialistas, contudo, fatores como a preparação da amostra e o uso do microscópio, entre outras situações que envolvem uma análise microscópica, produzirão resultados diferentes daqueles observados. Por fim, há resultados das observações que se aproximam do objeto de pesquisa dos especialistas, mas alguns pontos não ficam tão claros, como o que pertence à preparação da difteria e o que não pertence, os estágios de transição do germe, encontrar o germe na amostra etc (Fleck, 1986c).

Esses pontos explanados pelo médico polonês, mostram que as divergências devem sempre ocorrer na limitação do objeto de observação. De qualquer maneira, o observador não tem consciência daquilo que está observando, pois "a escolha lhe é imposta diretamente de forma vinculativa, decorrente de seu modo de pensar, do conjunto de suas prontidões mentais, de suas formas mentais de pensamento - em suma, do que chamamos de estilo de pensamento" (Fleck, 1986c, p. 66, tradução nossa). Nesse mesmo artigo, Fleck descreve de outras maneiras o Estilo de Pensamento. Segundo o autor polonês, o Estilo de Pensamento é

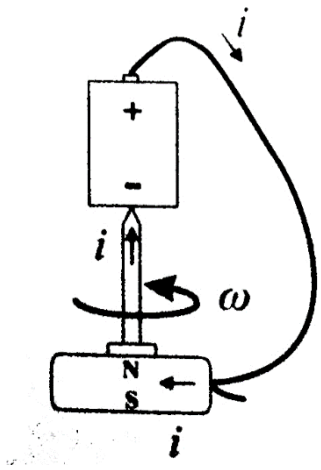
[29] Conhecido como método de fixação consiste em investigar se o sistema hemolítico pode ser usado para saber se a bacteriólise aconteceu, ou seja, verifica se a bacteriolisina é ajustada para as bactérias utilizadas. O método foi proposto pelo imunologista belga Jules Jean Baptiste Vincent Bordet (1870 - 1961) e o bacteriologista belga Octave Gengou (1875 - 1957).

> assim entendido é o resultado da educação teórica e prática de um determinado indivíduo; ao passar de professor para aluno, é um certo valor tradicional que está sujeito a um desenvolvimento histórico específico e a leis sociológicas específicas. As duas dificuldades acima referidas reduzem-se à questão do estilo de pensamento: deve-se admitir que cada um dos observadores citados realizou observações de acordo com seu estilo de pensamento. Esses estilos são mais ou menos diferentes uns dos outros; quanto mais eles diferem, mais diferentes são os resultados da observação(Fleck, 1986c, p. 66 tradução nossa).

Consideremos, agora, três experimentos que foram realizados por cientistas que estavam interessados em compreender o fenômeno da interação eletromagnética, na primeira metade do século XIX. Um exemplo dessa condição dos experimentos bem-sucedidos é o motor de Ampère.

O motor de Ampère, vide Figura 4, que envolve a área do eletromagnetismo, foi um experimento que gerou alguns embates epistemológicos entre Faraday e Ampère (Chaib e Assis, 2013).

Figura 4.Motor de Ampére. Quando a corrente i flui pelo circuito, o imã NS adquire uma velocidade angular juntamente com o prego imantado.



Fonte: (Chaib; Assis, 2013)

Apesar do experimento realizado por Faraday e reproduzido por Ampère ter apresentado o mesmo resultado, a explicação para o fenômeno divergia entre a perspectiva desses dois cientistas. Faraday admitiu que o torque que ocorria no eixo cilíndrico era devido às interações giratórias entre um polo magnético do ímã e um fio percorrido por corrente elétrica. Para Ampère, o giro do eixo cilíndrico sucedia à interação entre as correntes microscópicas no interior do ímã e a corrente elétrica externa. A fundamentação teórica de Ampère estava embasada na Lei de Ação e Reação de Isaac Newton.

Mesmo que esse experimento não contribua para nenhuma aplicação no campo do eletromagnetismo, seu papel histórico é de grande valia. Com esse experimento, dois dos

principais cientistas da época, Faraday e Ampère, que trabalharam com os fenômenos eletromagnéticos, puderam elaborar os pressupostos teóricos que envolviam a compreensão dos dados experimentais.

Na perspectiva fleckiana, se um experimento indica dados tão evidentes, simplesmente ele não serviu para aumentar o campo de ação de uma área do conhecimento, ou seja, a estrutura dessa área está bem legitimada. Agora, um experimento que revela dados desconhecidos será útil para o desenvolvimento de uma área que ainda não está bem fundamentada. Mesmo assim, com o passar do tempo, os pesquisadores analisarão os caminhos percorridos para edificar um conhecimento e não entenderão as dificuldades que foram encontradas e superadas pelos primeiros pesquisadores. Isso ocorre porque os conceitos com os quais esses novos pesquisadores lidam são apresentados em um formato acabado.

Conforme o cientista se dedica ao seu objeto de estudo e inicia o processo de construção do conhecimento, seus pensamentos podem ser alterados em consonância com o objeto do conhecimento. Essa adaptação do pensamento do cientista ao objeto de estudo é conhecida como harmonização interior do estilo de pensamento, ou efeito das ilusões. Essa harmonia acarreta o surgimento de uma crença de uma realidade que existe independente do sujeito. Contudo, uma teoria racional do conhecimento está apoiada no reconhecimento da estrutura triádica da função do conhecimento e nas ligações recíprocas entre o conhecimento e seus três fatores (o indivíduo, o coletivo e a realidade objetiva). Essa estrutura guia a análise do estilo de pensamento para o seu verdadeiro objeto.

A descrição apresentada sobre o papel do experimento na perspectiva da construção do conhecimento é inerente à epistemologia de Fleck e pode ser compreendida em seis passos:

1. o objeto se apresenta de maneira casual;
2. o ambiente psicológico que guia o caminho da investigação;
3. as ligações promovidas pela psicologia coletiva (pela experiência dos especialistas);
4. a não compreensão da primeira observação e a não possibilidade de reproduzi-la;
5. a acumulação de experiência, ou seja, a contribuição lenta e trabalhosa do que pode ser "visto na verdade";
6. o fato de uma proposição científica que não pertencente a uma primeira observação, muito menos à intenção original.

Após obter os resultados por meio do experimento, o próximo passo é atentar para não atribuir a eles uma linguagem embasada apenas da primeira observação, uma vez que qualquer tentativa de atribuir uma proposição em função das primeiras observações será apenas uma

especulação, o que não caracteriza um conceito científico. Esse cuidado com a observação imediata se deve porque o sujeito da pesquisa não possui, em um primeiro instante, a consciência da sua afirmação, já que ele não olha para o objeto de estudo livre de seus conhecimentos prévios[30].

Para não se deixar confundir com os dados coletados a partir da prática experimental o especialista precisa dividir a observação em duas partes: i) olhar inicial superficial, atentar-se aos detalhes e ii) depois lidar com a percepção da forma Gestalt[31], desenvolvida e imediata. Esse último estágio da observação só é atingido por pesquisadores que têm grande vivência no campo experimental, ou seja, pesquisadores munidos de experiência. Outro aspecto importante dessa percepção é que seu direcionamento está conectado a um estilo de pensamento (Fleck, 2010).

Outro aspecto importante dessa percepção é que seu direcionamento está conectado a um estilo de pensamento. Ao contrário da Gestalt, o olhar inicial não é contemplado por um estilo, pois os resultados são parciais e confusos, caoticamente acumulados e compostos por vários estilos. Os dados podem ser compreendidos de maneira arbitrária, não apresentando assim a coerção de pensamento. Concluindo o papel do experimento na teoria, Fleck afirma que "qualquer descoberta empírica, portanto, pode ser concebida como complemento, desenvolvimento e transformação do estilo de pensamento" (Fleck, 2010, p.142).

A gênese de um conhecimento surge conforme o estilo de pensamento é modificado. E como isso acontece? Ao fazer um experimento cuja observação está fundamentada em um estilo de pensamento e os resultados não são compatíveis ao esperado, desencadeia-se uma série de sentimentos no pesquisador, como a frustração e decepção. Mesmo nesse cenário, o pesquisador tenta indagar seus resultados, provocando a coerção de pensamento desses com o estilo de pensamento vigente, ou seja, desenvolve a resistência junto aos resultados que estão à sua frente. Nessa etapa, o papel do pesquisador, ou melhor, do coletivo de pensamento, é diferenciar, perante a essa situação incompreensível, entre o que obedece à sua vontade e o que

[30] Afirmar que um sujeito inexperiente realiza um experimento e nutra a sua observação dos resultados eximido de qualquer influência anterior, para legitimá-los, é uma assertiva arriscada. Esse mesmo sujeito carrega consigo hipóteses ou intenções bem definidas frente ao experimento, o que compromete a conclusão de seus resultados. Todavia, um pesquisador experiente, especialista em uma área do conhecimento, não tentaria discutir seus resultados a partir de uma possível observação imediata, em razão de conhecer os riscos que estaria correndo.

[31] O substantivo Gestalt, que do alemão significa forma ou entidade concreta que possui entre vários atributos a forma, deu origem a Teoria Gestalt proposta por Max Wertheimer (1880 - 1943), Wolfgang Köhler (1887 - 1967) e Mira Klein-Koffka (1886 - 1977), que utilizaram a segunda definição do substantivo. A Gestalt, de início, é dividida em partes. A Teoria Gestalt propõe que a forma percebida inicialmente é concebida das partes que a compõem (Engelmann, 2002).

resiste à sua vontade. Essa busca por algo mais sensato e seguro dentro do estilo de pensamento é o que já foi denominado acoplamento passivo. Dessa maneira, a teoria fleckiana adota que a tendência de um trabalho científico é composta por um máximo de coerção de pensamento como o mínimo de pensamento embasado na própria vontade.

A partir desse episódio caótico no qual o resultado são os dados com poucos entendimentos provindos de uma primeira observação, cujo coletivo de pensamento utiliza de seus acoplamentos passivos para manter o estilo de pensamento, nasce o fato científico:

> [...] primeiro sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois a coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (Gestalt) a ser percebida de maneira imediata. Ele sempre é um acontecimento que decorre das relações na história do pensamento, sempre é resultado de um determinado estilo de pensamento (Fleck, 2010, p. 144).

Quanto à análise epistemológica do conhecimento, duas características são importantes. A primeira é que ele não tem um fim, assim como não há um início evidente. Esse saber permeia no coletivo de pensamento e é constantemente reorganizado, o que leva os elementos passivos de um conhecimento a fazerem parte dos elementos ativos, modificando assim a estrutura de um fato. A segunda certifica que é impossível empregar apenas os elementos passivos. Entende-se, então, que os elementos passivos e ativos não podem ser diferenciados pelo caráter histórico, nem pelo lógico. Um resultado que deve ser considerado é que os elementos passivos de um campo do conhecimento futuramente podem fazer parte dos acoplamentos ativos.

Essa definição inicial sobre o fato científico e sobre as possíveis mudanças de um estilo de pensamento dá suporte, de antemão, na diferenciação do conhecimento científico e de um mito. O primeiro é legitimado pelo máximo de elementos passivos, enquanto o mito carece desses elementos e, quando os têm, eles se revelam de maneira artística.

O conhecimento científico, quando precisa de uma necessidade experimental, traz consigo princípios irracionais, que não se tornam legitimados pelo saber. Somente a experiência, característica de um pesquisador autônomo e dotado de conhecimentos ativos, é capaz de saber que um único experimento demonstra muito pouco e que o seu resultado não é confiável. Isso porque, devido à sua possibilidade de perceber a forma (Gestalt), o pesquisador experiente se embasa em pressuposto que compõe o seu estilo de pensamento, diferentemente de um pesquisador novato, que até pode aprender com a prática experimental, mas não constrói conhecimento por meio dela.

Mesmo que a epistemologia fleckiana tenha deixado lúcida o papel do experimento e da experiência, existe uma variável que deve ser considerada: o fator histórico. Existem experimentos que foram cruciais em determinado momento histórico para elaborar a concepção

de um fato científico. Contudo, esses experimentos não são possíveis de serem reproduzidos e, consequentemente, legitimados. A questão fundamental dessa impossibilidade são os motivos sociopsicológicos, que derivam da colaboração coletiva para a formação do conhecimento.

Percorrer um caminho não linear para entender como ocorreu a produção de um pensamento científico é um exercício que precisa ser realizado por qualquer pesquisador em História e Filosofia das Ciências. Sem o conhecimento das dificuldades e dos contratempos que os pesquisadores tiveram no decorrer de suas investigações, não seria possível sistematizar uma relação entre os insucessos e erros experimentais com a construção de um fato científico.

Exemplificaremos o tráfego de pensamento por meio dos primeiros relatos da interação de uma corrente elétrica e uma agulha magnética e como essas discussões conduziram ao que hoje denominamos eletromagnetismo. É claro que se pode escolher várias situações da própria gênese do eletromagnetismo para serem usadas aqui, já que após a publicação do experimento de Ørsted uma grande repercussão foi criada em volta dos efeitos que foram observados nesse experimento (Martins, 1986).

Discutiremos o episódio em que Ampère soube do experimento de Ørsted[32]. A referência usada para discutir esse exemplo é Martins (1986). François Arago (1798 – 1853), físico francês, estava em Genebra quando tomou conhecimento do trabalho de Ørsted. A princípio, Arago achava impossível o resultado do experimento e só se convenceu após assistir a sua repetição realizada pelo físico suiço Auguste de la Rive (1801-1873), auxiliado por Marc-Augustin Pictet (1752-1825). Essa expectativa de Arago fazia sentido, do ponto de vista da epistemologia fleckiana, pois ele pertencia a outro estilo de pensamento e fazia parte de outro coletivo de pensamento. As pesquisas de Arago eram da área da Astronomia e da Óptica(Souza Filho; Caluzi, 2009). Seu interesse por eletricidade e magnetismo surge após conhecer os resultados do experimento de Ørsted, o que o leva a realizar uma série de experimentos para estudar o efeito em outras circunstância. Entre eles o que denominamos hoje de “disco de Arago” e a imantação do ferro e do aço pela ação da corrente voltaica (Souza Filho; Caluzi; Boss, 2014).

A não aceitação, a priori, do resultado experimental de Ørsted por ele é uma característica do tráfego intracoletivo de pensamento. Mesmo que as ideias do coletivo de

[32] Este experimento é considerado o precursor do eletromagnetismo. Segundo Martins (1986) Ørsted colocou um fio condutor de eletricidade na agulha de uma bússola que, a princípio, estava paralela ao fio. Conectou as extremidades do fio aos polos de uma bateria voltaica e fez com que uma corrente elétrica (conflito elétrico era a denominação dada por ele) passasse pelo fio. O efeito do experimento foi que a agulha da bússola sofreu uma leve deflexão. Esse experimento será discutido em outra seção desta tese.

pensamento pareçam ser perceptíveis no âmbito do entendimento, para membros de outro coletivo ela é arbitrária e não demonstra muitos esclarecimentos.

Ao voltar para França, Arago fez duas publicações sobre o que havia visto em Genebra. A primeira foi uma tradução do texto de Pictet que tratava do trabalho de Ørsted. A segunda foi um comunicado à Academia de Ciências de Paris sobre o que ele presenciou em Genebra. Assim como Arago, os cientistas parisienses não deram muita atenção ao trabalho de Ørsted. Novamente, fica evidenciado a resistência que um coletivo de pensamento estruturado apresenta a um novo coletivo. Essa resistência é ainda mais justificada. Até aquele momento da história, havia dois estilos de pensamento bem estruturados e com uma boa produção científica de seus respectivos coletivos. Esses estilos de pensamento eram a Eletricidade e o Magnetismo.

Muitos elementos contra o resultado experimental de Ørsted foram apresentados pela academia francesa. Podemos destacar um argumento dos cientistas franceses da época contra a proposta de Oersted que dizia que a agulha teria defletido porque a corrente elétrica que percorria o fio fazia com que este se aquecer e, consequentemente, tornaria o ar em volta do fio mais quente, provocando, assim, um fluxo de ar que, eventualmente, levou a agulha magnética a se movimentar. Até aqui há duas condições importantes epistemologicamente: o contato de Arago com um novo estilo de pensamento e a influência de um coletivo de pensamento estruturado para resistir ao novo estilo de pensamento.

Em setembro de 1820, Arago reproduziu o experimento na França para a Academia de Ciências de Paris. Entre os cientistas presentes, estava André-Marie Ampère (1775-1836), que, segundo Chaib e Assis (2011)), passou a se dedicar a trabalhar sobre o tema, em busca de uma explicação desse fenômeno observado no experimento. Mais uma vez, pode ser notado o tráfego de pensamento. Contudo, apesar de Ampère conhecer as explicações de Ørsted quanto ao efeito da reflexão, ele não concordava com elas. Assim, realizou uma série de experimentos para

Esse pequeno relato sobre a maneira, do que hoje chamamos de teoria eletromagnética, foi desenvolvida pode ser interpretado, a partir da teoria de Fleck, como o surgimento de sinal de estilo de pensamento. Ainda mais, novos coletivos de pensamentos surgem com o novo estilo de pensamento, entre eles, o coletivo pertencente a Ørsted e o coletivo de Ampère.

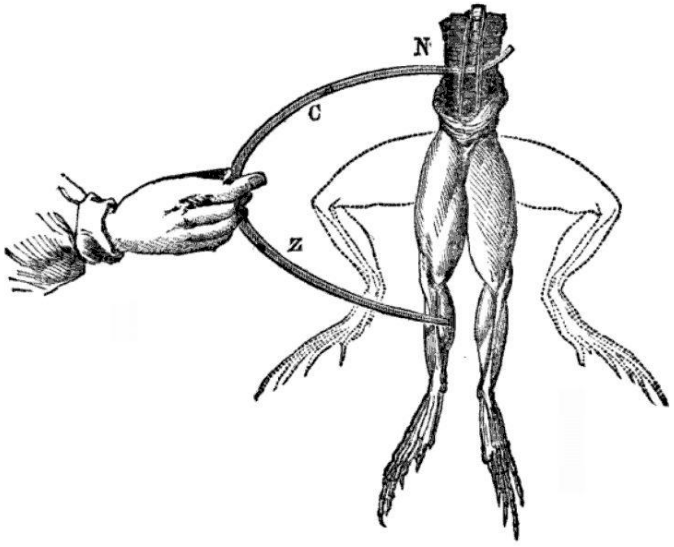
Nesse caso, houve uma circulação intracoletiva de pensamento, desde a publicação dos resultados experimentais de Ørsted até a sua apresentação na Academia de Ciências de Paris. Ademais, o resultado experimental pode ser entendido como uma conexão passiva de pensamento, uma vez que esse resultado é uma coerção da própria natureza. Dessa maneira, a

corrida para a compreensão do resultado experimental exprimi a busca de conexões ativas, elaboradas por cada coletivo de pensamento.

É pertinente destacar que esse novo estilo de pensamento não surge de uma quebra de paradigma, como poderia ser entendido pela teoria kuhniana. Pelo contrário, elementos dos estilos de pensamentos da eletricidade e do magnetismo são encontrados no estilo de pensamento do eletromagnetismo, mesmo que os coletivos de pensamentos desses tenham apresentado grandes resistências aos novos indícios da nova área de conhecimento.

Outro episódio da teoria eletromagnética que podemos apresentar, brevemente, sob a ótica fleckiana foi a invenção da pilha. Segundo Martins (1999) os entraves conceituais e metodológicos geraram uma dificuldade para Alessandro Volta (1745 – 1827) estabelecer os resultados de seus experimentos sobre o efeito elétrico entre duas placas condutoras. Volta integrou-se a essa área de pesquisa após Luigi Galvani (1737-1798) apresentar um trabalho mostrando os efeitos elétricos no corpo de uma rã dissecada devido ao contato de um material condutor de eletricidade e os nervos expostos da perna de uma rã.

Figura 5.Ilustração do contato de dois metais com os nervos da perna de uma rã.



Fonte: Wikimedia Commons[33]

Galvani observou, ver **Figura 5**, que ao conectar os nervos da perna de uma rã com um condutor metálico, sua musculatura contraia. Ele percebeu que o efeito era mais intenso quando eram utilizados dois condutores metálicos diferentes. Uma de suas conclusões foi que o corpo da rã produzia eletricidade, ou algum tipo de fluido, equivalente à eletricidade. Esse fluido ficou conhecido entre os pesquisadores como fluido galvânico, ou fluido animal, que era entendido

[33] Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Galvani-frogs-legs-electricity.jpg. Acessado em 25/01/2023.

de maneira diferente da eletricidade comum (decorrente do atrito entre os corpos - eletrostática). Para Volta, os condutores não poderiam produzir a eletricidade animal. Assim, esse fenômeno era entendido, por Volta, como um fenômeno elétrico e o corpo da rã era um detector de eletricidade. Tanto Volta quanto Galvani tinham seus coletivos de pensamento, o que fez com que cada estilo de pensamento validasse ou não suas proposições (Martins, 1999).

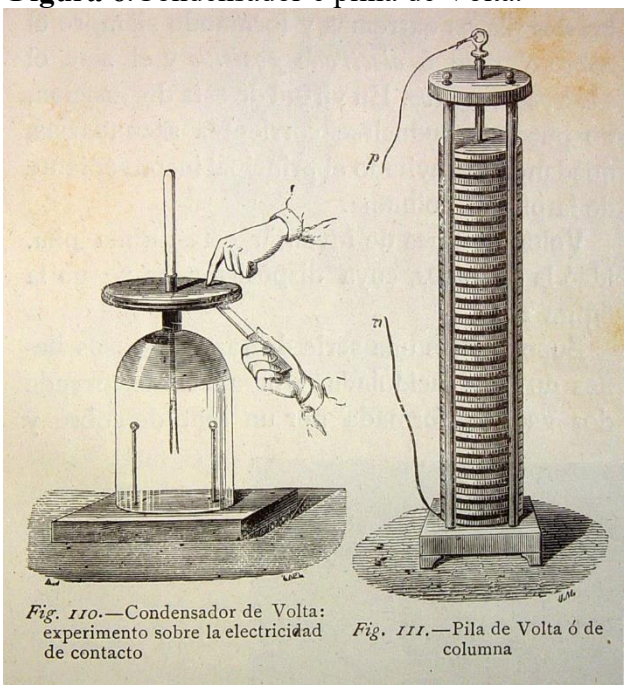
Devido a esse cenário, Volta passou a realizar vários testes para produzir mais dados a fim de validar o seu argumento teórico. Nessa tentativa, posicionou pares de placas metálicas diferentes e, ao usar seu condensador[34], ver Figura 6, conseguiu produzir efeitos elétricos de maiores intensidades. Mesmo assim, esses efeitos só poderiam ser notados por aparelhos sensíveis. Outros pesquisadores da época tentaram reproduzir o experimento de Volta. Contudo, a não compreensão do funcionamento do condensador levou esses pesquisadores a resultados diferentes. Na tentativa de potencializar o efeito de seu experimento, Volta produziu a pilha.

O fato científico sobre descoberta[35] da pilha por Volta certifica a posição de Fleck quanto à impossibilidade de se reproduzir um conhecimento que é fundamentado em uma condição histórica e social peculiar. Devido a Volta compor um coletivo de pensamento diferente de Galvani, seus resultados experimentais foram discutidos, confrontados e até mesmo refutados pelo coletivo de pensamento no qual Galvani fazia parte: Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade (Martins, 1999).

[34] Esse aparelho amplifica a quantidade de cargas elétricas em duas placas metálicas que ficavam separadas por um isolante fino. A finalidade deste aparelho era tornar as tensões perceptíveis.

[35] A palavra *descoberta* tem alguns vieses epistemológicos que não serão discutidos neste trabalho. Contudo, neste texto, ela será definida como aquilo que estava ignorado, não conhecido ou não revelado.

Figura 6.Condensador e pilha de Volta.



Fonte: (https://shorturl.at/oMS19)

Este evento da História da Física foi fundamental para o desenvolvimento do campo da eletricidade e, posteriormente, do eletromagnetismo. Observa – se que tanto Volta como Galvani, assim como seus respectivos coletivos de pensamento, conduziram diversos experimentos na tentativa de entender o problema em questão. Apesar de possuírem conhecimento prévios no campo da eletricidade, ambos pesquisadores realizaram experimentos bem-sucedidos e malsucedidos. O diferencial, especialmente para Volta, foi que, por meio das adaptações experimentais, seus resultados foram a base para a criação da pilha.

A persistência de Volta em suas práticas experimentais, na busca por uma explicação para um problema que posteriormente se revelou crucial na descoberta da pilha, pode ser interpretada como um sinal de maior coerção de pensamento em função de uma menor presença do pensamento subjetivo. Dessa forma, esse evento, influenciado pelo estilo de pensamento, evidencia a resistência do coletivo de pensamento do qual Volta fazia parte, o que foi crucial para a produção do fato científico.

Apesar de o relato sobre a pilha ter se concentrado na produção individual de dois personagens, é relevante mencionar que, na perspectiva de Fleck, o trabalho científico em comunidade pode se dar de duas formas: pode ser simplesmente aditivo ou ocorrer por meio de um trabalho coletivo, que não se limita à mera soma individual de cada membro.

3. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980)APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL: UMA POSSÍVEL ABORDAGEM PARA O ENSINO DE FÍSICA

O objetivo deste capítulo é apresentar os elementos teóricos da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Paul Ausubel[36] (1918 – 2008), a partir das ideias centrais dessa teoria cognitiva que estão contidas no livro "*Psicologia Educacional"*[37] de (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980) e do livro "*Aquisição e retenção do conhecimento: uma perspectiva cognitiva"* [38] (Ausubel, 2003). Também traremos algumas ideias centrais da teoria a partir dos artigos "*The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material"* publicado em 1960, "*A Subsumption Theory of Meaningful Verbal Learning and Retention"* plublicado em 1962, "*Facilitating meaningful verbal learning in the classroom"* publicado em 1968 e *In "Defense of Advance Organizers: a Reply to the Critics"* de 1978 (Ausubel, 1960, 1962, 1968, 1978).

Apresentaremos a compreensão de Ausubel sobre a aprendizagem significativa, distinguindo-a da aprendizagem mecânica. Descreveremos as condições necessárias para que ocorra a aprendizagem significativa, no ambiente escolar, a partir de um processo integrador, interativo e ativo entre os conceitos a serem ensinados e a estrutura cognitiva do aluno. Discutiremos os resultados de algumas pesquisas que investigaram a História da Física em contextos de sala de aula à luz da teoria de Ausubel. Concluiremos o capítulo com um esboço de como utilizamos a TAS em nossa pesquisa.

3.1. Princípios da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Existe uma relação entre observar como o aluno entende e compreende as variáveis ligadas à aprendizagem e ajudá-lo a trilhar um caminho que o leve a aprender. O ensino tem, entre as suas funções, orientar os processos pelos quais o aluno possa aprender a partir de um referencial de aprendizagem. Por isso, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) entendem que os aspectos gerais da facilitação da aprendizagem pertencem ao campo da psicologia educacional.

O ensino e a aprendizagem são processos distintos e não necessariamente extensivos. O objetivo do ensino é possibilitar a aprendizagem de conceitos, mas esse processo só é efetivo na instância que envolve as variáveis psicológicas que cercam a aprendizagem. Além disso, pode ocorrer de uma pessoa aprender sem que nada seja ensinado a ela. Por outro lado, há a

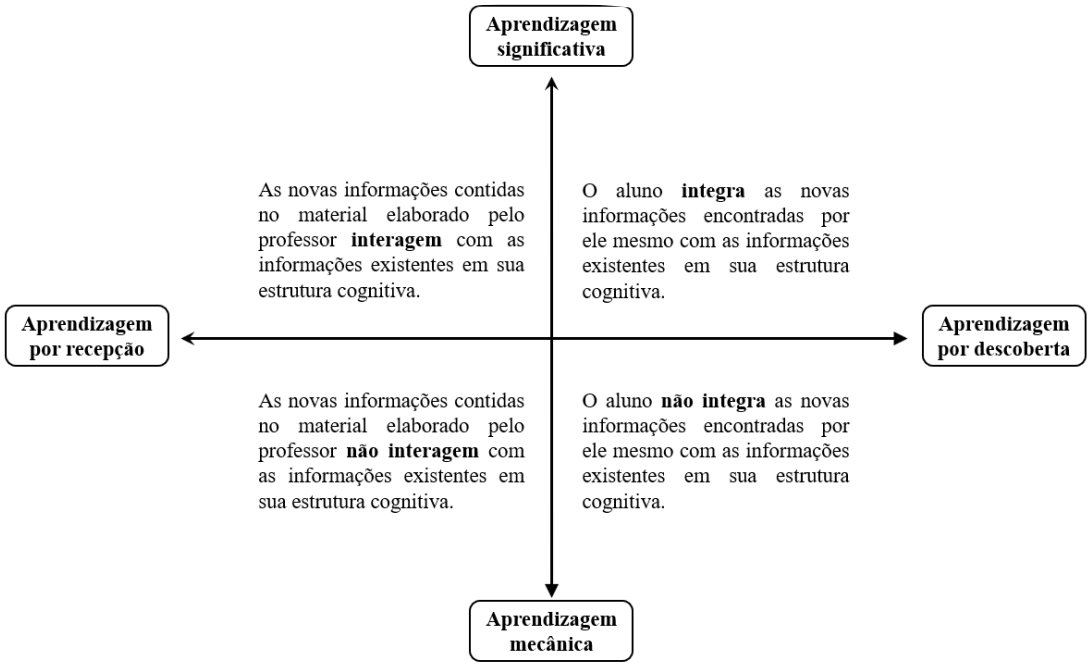
[36] Foi um psicólogo, professor e pesquisador estadunidense. Dedicou boa parte de sua pesquisa aos estudos sobre a aprendizagem, em uma perspectiva oposta o Behaviorismo (Ohles *et al.*, 1997).
[37] Esta edição brasileira é a tradução da 2ª edição do livro original *Educational Psychology* de 1968.
[38] A edição portuguesa deste livro é a tradução do livro original *The acquisition and retention of knowledge: A congnitive view*, de 2000.

possibilidade de um bom planejamento de ensino não ser capaz de viabilizar a aprendizagem do aluno. Uma teoria de aprendizagem não garante que o ensino seja eficaz. No entanto, é possível que os elementos psicológicos de uma teoria de aprendizagem possam direcionar a prática do ensino e, assim, conseguir resultados válidos a partir do que foi planejado. A determinação desses elementos psicológicos exige certas investigações, uma vez que, como já mencionado, muitas variáveis estão envolvidas no processo de aprendizagem.

A teoria da aprendizagem proposta por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) tem fundamentos da pesquisa aplicada, como assumem os próprios autores, pois o objeto de pesquisa deles é a aprendizagem dos alunos em situação de sala de aula. Os autores ainda destacam que a busca de métodos de ensino, sem considerar os aspectos de aprendizagem, apresenta muitas limitações, pois não conseguem atingir os fatores psicológicos do aprendiz.

No livro da edição brasileira Ausubel, Novak e Hanesian (1980), os autores destacaram que a aprendizagem pode ocorrer em duas dimensões, a partir dos eixos *aprendizagem receptiva* ou *aprendizagem por descoberta* e *aprendizagem significativa* ou *aprendizagem mecânica,* conforme exposto no diagrama da Figura 7.

Figura 7. As possibilidades de ocorrência da aprendizagem de acordo com as dimensões das aprendizagens mecânica, significativa, por recepção e por descoberta**.**



Fonte: Gonzales e Rosa (2014).

A *aprendizagem significa por recepção* ocorre quando os conceitos que estão no material[39] apresentado para o aluno são relacionados com os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, de maneira não arbitrária e substancial, levando a uma modificação na estrutura cognitiva. Por outro lado, na *aprendizagem receptiva mecânica*, não há interação durante o processo entre os conceitos do material e os da estrutura cognitiva, resultando em memorização.

Na dimensão *aprendizagem por descoberta*, também é possível ocorrer aprendizagem mecânica e significativa. Quando o conceito a ser descoberto não interage com os conceitos da estrutura cognitiva, resulta em um emaranhado de assuntos não compreensíveis que não ajudarão na resolução de problemas. Já a aprendizagem por descoberta significativa ocorre quando o sujeito articula ativamente as ideias ou proposições estudadas com os conceitos já organizados e definidos em sua estrutura cognitiva. Essa interação, ao ocorrer de maneira não arbitrária e relevante, torna-se significativa e pode ser internalizada.

Embora a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica possam parecer dicotômicas em contextos escolares, é importante agir com cautela ao considerar essa dicotomia. Elas podem ocorrer dentro da mesma atividade, havendo a possibilidade de transição da aprendizagem mecânica para a significativa, especialmente quando o conteúdo memorizado é integrado à estrutura cognitiva por meio de atividades de aprendizagem com um menor nível de abstração (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

A aprendizagem significativa relaciona a maneira com a qual o sujeito aprendente e consegue resolver determinados problemas a partir dos conhecimentos conceituais adquiridos de maneira não arbitrária e substancial. Para tanto, Ausubel (2003) define conceito como objetos, situações ou propriedades comuns compostas de qualidades particulares e que são representados por um símbolo.

Para ilustrar a aplicação do conceito em uma situação de ensino, utilizaremos um trecho do trabalho publicado por Chaib e Assis (2007b) sobre os efeitos da corrente elétrica. No excerto, os autores mostraram como Ampère tomou o cuidado de definir os conceitos por ele trabalhados para que, em seguida, pudesse dar continuidade ao seu trabalho experimental.

> Mas, antes de apresentar suas experiências, Ampère precisa definir os conceitos com os quais descreverá suas descobertas. E ele os define de uma maneira extremamente detalhada e precisa, utilizando exemplos empíricos para ilustrar e justificar seus argumentos. Inicialmente clarifica o que entender por tensão elétrica e por corrente

[39] Este material é denominado Material Potencialmente Significativo e tem uma lógica em sua organização. O material pode ser um vídeo, um texto, uma sequência de didática, um software etc. (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

> elétrica. Deve ser lembrado que nesta época não se conhecia nem mesmo a lei de Ohm (1789-1854). Essa lei é de 1826, relacionando a tensão aplicada V, a resistência R de um circuito e a corrente elétrica I na forma V = RI. Neste período de 1780 a 1830, estavam sendo estabelecidos e diferenciados claramente os conceitos de tensão, carga, capacitância, corrente, resistência, potencial elétrica etc (Chaib; Assis, 2007b, p.87).

Os processos educacionais são essenciais na distinção entre a aprendizagem dos significados das palavras conceituais e o significado dos próprios conceitos. Durante a formação dos conceitos, é possível que o aluno aprenda o significado conceitual sem necessariamente internalizar a palavra conceitual correspondente. Da mesma forma, é possível que o aluno se lembre do significado conceitual de uma situação em estudo, mas esqueça a palavra conceitual associada.

No contexto do estudo de idiomas, por exemplo, um aluno pode compreender o significado conceitual que envolve um objeto, mas esquecer a palavra específica que o representa na língua estudada. O mesmo princípio se aplica ao Ensino de Ciências, que possui uma linguagem técnica própria. Isso pode gerar dificuldades para os alunos na atividade de relacionar os fenômenos estudados (o significado dos conceitos) com os termos específicos utilizados na linguagem científica (as palavras conceituais). Essa discrepância linguística pode exigir esforços adicionais por parte dos educadores, uma vez que esses alunos estão inseridos em um cenário em que a estrutura da linguagem científica difere da linguagem coloquial (Bertoldi, 2020).

3.2. O conceito subsunçor

Na epígrafe no livro Psicologia Educacional, os autores deixaram o seguinte registro: “Seu eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isso: O fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). A discussão que propomos para apresentarmos o conceito subsunçor (*subsumer*) é que nem todo o conhecimento prévio em sua estrutura cognitiva servirá para a promoção da aprendizagem significativa.

O ponto central da TAS é promover uma modificação cognitiva nos conceitos subsunçores, que estão hierarquicamente organizados na estrutura cognitiva do aluno. Contudo, precisamos diferenciar os conceitos subsunçores das concepções prévias. Estas são aquelas que compõem o corpo conceitual e são construídas a partir das experiências diárias. Essas

concepções prévias, geralmente conhecidas como concepções alternativas[40], compuseram um corpo de investigação na área em Educação para a Ciência.

Em suas primeiras publicações sobre a aprendizagem, Ausubel (1960) apresentou o qual é o papel dos conhecimentos prévios relevantes para a aprendizagem significativa. Segundo o psicólogo estadunidense, a constituição de subsunçores propicia que o aluno mobilize o seu campo de conhecimento para que os conceitos contidos no material potencialmente significativo possam interagir com eles e, assim, favorecer uma assimilação substancial e não arbitrária entre esses conceitos. Dois anos depois da publicação desse artigo, Ausubel ratificou que o vínculo existente entre o material potencialmente significativo e os subsunçores é uma condição fundamental para que ocorra a Aprendizagem Significativa e acrescentou que "*materiais significativos assumem a existência de uma estrutura cognitiva que é hierarquicamente organizada em termos de traço*[41] *conceitual altamente inclusivo sob o qual estão subsumidos traços de subconceitos menos inclusivos, bem como traços de informações específicas*" (Ausubel, 1962, p. 216, tradução nossa). Logo, o material precisa ter uma relação com elementos estáveis na estrutura cognitiva para tornar viável a interação.

Caso não ocorra essa relação, a natureza da aprendizagem será mecânica, pois os conceitos ou proposições do material terão traços discretos e isolados. Assim, à medida que um novo material entra no campo cognitivo, ocorre uma interação e é apropriadamente subsumida sob um sistema conceitual relevante e mais inclusivo. Moreira (1983) enfatiza que as novas informações do material e os subsunçores não podem promover simplesmente uma associação. Segundo este autor, a relação deve ser interativa, para que o produto dessa interação possa modificar a estrutura cognitiva do aluno e, consequentemente, novos *subsunçores* sejam formados. Assim, de acordo com a proposta ausubeliana, a aprendizagem e a retenção do conhecimento ocorrem pela lógica da diferenciação progressiva.

---

[40] As concepções alternativas no Ensino de Ciências foram objetos de várias pesquisas a partir do final da década de 1970 (Viennot, 1979). Muitos trabalhos foram desenvolvidos nessa linha de pesquisa e são referências para pesquisadores que trabalharam com a formação de conceitos e com a formação de professores (Arruda; Villani, 1994, 1994; Clement; Duarte; Fissmer, 2010; Driver, 1989; Gobara *et al.*, 2002; Gravina; Buchweitz, 1994; Nardi; Gatti, 2004; Villani; Pacca, 1997). Outros trabalhos propuseram modelos que provocavam a mudança conceitual (Hewson; Hewson, 1992; Posner; Strike, 1992; Posner *et al.*, 1982) e uma proposta de perfil conceitual para que tanto as concepções alternativa como as concepções científicas pudessem compor o conhecimento do aluno (Mortimer, 1996).

[41] O termo "traço" é usado aqui simplesmente como uma construção hipotética para explicar a representação contínua de experiências passadas no sistema nervoso e na estrutura cognitiva atual. Não são feitas suposições sobre a base neurofisiológica do traço ou sobre correlações psicofisiológicas (Ausubel, 1962). [Está nota é introduzida por Ausubel].

Ainda, sobre os *subsunçores*, existem duas situações previstas pela TAS que podem ocorrer quando o aluno não tem os *subsunçores* necessários para relacionar com o material potencialmente significativo ou os têm, mas não estão prontos para se relacionarem. A primeira, já discutida neste texto, é a transição que precisa ocorrer durante a atividade entre aprendizagem mecânica e aprendizagem representacional. A segunda, é a utilização dos organizadores avançados. Trataremos dos organizadores avançados na seção 3.6.

3.3. Material potencialmente significativo

O material trabalhado com o aluno, que visa o ensino e a aprendizagem, na perspectiva da TAS foi denominado por Ausubel como *material potencialmente significativo*. Conforme já discutido neste capítulo, ao trabalhar com os tipos de aprendizagem significativa é precioso que este material contenha informações de acordo com o nível cognitivo do aluno. Para isso, cabe ao professor escolher quais os conhecimentos, as ideias, as informações ou as proposições que devem fazer parte do material para relacioná-los com os conceitos existentes na estrutura cognitiva do aluno.

Segundo Ausubel (2003), dois critérios são estabelecidos para que o material seja considerado potencialmente significativo. O primeiro, denominado *significado lógico,* consiste na não abstração excessiva do próprio material, de modo que o aluno possa relacionar os conceitos presentes com seus subsunçores[42]. Para esse processo ocorrer, o material precisa ser plausível, de maneira que seu conteúdo esteja organizado de forma não arbitrária e não literal. Este critério é válido em toda a extensão da atividade de aprendizagem relacionada a uma unidade de ensino.

O segundo critério, o *significado psicológico,* determinante para a significância do material, diz respeito à capacidade do aluno em estabelecer relações entre os conceitos presentes no material e seus subsunçores. Dessa maneira, os conceitos organizados na estrutura cognitiva do aprendiz terão condições de interagir com os conceitos presentes no material potencialmente significativo.

O termo "potencialmente" é uma alusão ao significado psicológico, já que para ocorrer a Aprendizagem Significativa por Recepção é necessário que a estrutura do aprendiz seja modificada a partir de sua interação com os conceitos contidos no material. Esse processo de

[42] São conceitos que estão organizados na estrutura cognitiva de cada pessoa, de maneira não arbitrária e substancial. Um detalhamento será dado no decorrer do texto.

mudança nas bases cognitivas tem características particulares para cada aluno. Dessa maneira, o material somente será significativo se o aluno conseguir mobilizar o que ele já sabe da sua estrutura cognitiva para proporcionar a interação entre os conteúdos do material com os seus subsunçores.

Aparentemente, essa discussão sobre o material potencialmente significado remete à passividade do aluno no processo da Aprendizagem Significativa por Recepção. Contudo, para aprender significativamente, o aluno precisa ser ativo em todo processo. É papel do aluno decidir aprender o que será ensinado, realizar as atividades propostas, aprender com o material que foi preparado e integrar os novos conceitos à sua estrutura cognitiva e expressar eventuais dificuldades e compreensão. Contudo, se o aprendiz não estiver predisposto a aprender, não há material que o faça querer (Ausubel, 2003).

A Aprendizagem Significativa por Recepção é compreendida como um processo ativo por envolver três movimentos. O primeiro diz respeito ao tipo de análise cognitiva necessária para verificar quais são os componentes da estrutura cognitiva existente mais relevantes que permitam interagir com o novo material potencialmente significativo. O segundo movimento envolve o grau de reconciliação com as ideias existentes na estrutura cognitiva. Isso implica que em relações de semelhanças e diferenças, bem como na resolução de contradições reais ou aparentes entre conceitos e proposições novos que estão armazenados. O último movimento compreende a reformulação do material de aprendizagem em função das condições intelectuais idiossincráticas e do vocabulário do aluno em particular (Ausubel, 2003; Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

3.4. Tipos de Aprendizagens Significativas

Nesta seção, apresentaremos os desdobramentos da aprendizagem significativa, ou de forma mais adequada, a Aprendizagem Significativa por Recepção[43], em suas três dimensões: Aprendizagem Representacional, Aprendizagem de Conceitos e Aprendizagem Proposicional.

Na Aprendizagem Representacional, entende-se a correspondência simbólica aos objetos ou eventos. É um movimento de associação primária, próximo do que se entende por memorização, pois o aprendiz atribui significados a símbolos arbitrários que representam unicamente um determinado objeto ou evento. Essa dimensão da aprendizagem pode parecer similar à aprendizagem mecânica, mas não é. Para que a *aprendizagem receptiva representativa*

[43]Adotamos no planejamento da disciplina Física III a dimensão da aprendizagem significativa por recepção. Dessa maneira, neste trabalho adotamos este tipo de aprendizagem.

ocorra, o aprendiz precisa significar a relação entre o símbolo apresentado e o objeto estudado. Por exemplo, para uma criança no primeiro ano de sua de sua vida, a palavra "mãe" pode significar somente a sua própria mãe. Assim, ela ainda não tem o conceito de mãe constituído, pois associa a palavra mãe a uma única pessoa entre as demais mães que a cercam. É neste sentido que, para Ausubel (1980) esta aprendizagem é a mais primária para o ser humano, já que para avançar aos demais tipos de aprendizagem, precisa passar por essa fase.

Um outro exemplo da *aprendizagem representacional* é a relação existente entre o ímã (objeto) e sua representação simbólica. Para identificar o objeto ímã, antes é preciso relacionar o símbolo – a palavra ímã – a esse objeto. Logo, essa associação entre símbolo e objeto foi constituída de maneira não literal e não arbitrária, o que pode contribuir na produção de significado para quem aprendeu.

Quando a criança consegue relacionar a palavra com outros objetos que possuem a mesma característica e estende-se para além de seus próprios objetos, extrapolando para quaisquer outros objetos que possuem as mesmas propriedades, significa que ela constituiu o conceito. Em outras palavras, se a criança consegue associar que outros adultos que a cercam também possuem relações com outras crianças, percebendo características similares entre tais adultos, incorporando essas novas informações em sua estrutura cognitiva e ampliando o uso da palavra mãe para referir-se a outros adultos para além de sua própria mãe, significa que ela constituiu o conceito de mãe. Assim, é notável que o conceito de *aprendizagem conceitual* é uma ampliação da representacional, contudo, em um grau mais abrangente e abstrato, como no exemplo mencionado, ou seja, ao atribuir significado às palavras.

Destacamos que Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.47) define conceito como "objetos, eventos, situações ou propriedades que possuam atributos essenciais comuns que são designados por algum signo ou símbolo". Observa-se ainda que há duas formas de Aprendizagem de Conceito: *formação de conceito e assimilação de conceito*. A primeira ocorre principalmente em crianças com idade pré-escolar, enquanto a segunda em crianças a partir da fase escolar e estende-se ao longo da vida (adolescência e adulta).

Assim, na *formação conceitual,* o conceito é constituído "por meio de experiência direta e através *(sic)* de estágios sucessivos de formulação de hipóteses, teste e generalização" (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 47). São os vários encontros com o objeto, por exemplo, que permitem que a crianças generalizem os atributos essenciais que constituem o conceito cultural do objeto em foco. Essa fase ocorre majoritariamente por descoberta, já que não há um planejamento prévio para este fim.

Consequentemente, à medida que a criança amplia seu vocabulário, novos conceitos são incorporados e, ao relacionar os atributos desses novos conceitos aos referentes existentes na estrutura cognitiva da criança, tem-se o que é denominado *assimilação conceitual.*

A partir desta exposição, é possível afirmar que para aprender novos termos genéricos, é preciso conhecer suas definições ou encontrá-las em determinado contexto, para que assim seja possível relacionar as palavras já significativas contidas em contextos ou em termos das definições. Nota-se ainda que a *assimilação de conceitos* é uma forma de aprendizagem receptiva significativa, no entanto, como compreende outras operações cognitivas, não pode ser notada como uma percepção simples e direta. Ainda, observa-se que, ao relacionar dois ou mais conceitos para compor uma nova ideia, tem-se outro tipo de aprendizagem significativa, que se caracteriza como de *proposições ou proposicional*. Esse tipo de aprendizagem é similar à *aprendizagem representacional,* visto que é o produto originado a partir de combinações de conceitos e ideias fundamentais – *subsunçores* - presentes na estrutura cognitiva, que ocasionam significados inéditos. No entanto, esse movimento só é possível perante o desenvolvimento de uma situação de aprendizagem potencialmente significativa. Assim, esse processo de aprendizagem significativa é o resultado promovido a partir da relação entre a ideia da nova proposição com os *subsunçores* - ideias e/ou conceitos relevantes - presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse processo divide-se em: subordinada (subsunção), superordenada (subordinante) e combinatória.

A *aprendizagem subordinativa* acontece assim que uma proposição logicamente significativa de um tema a ser ensinado e aprendido se associa com o subsunçores de forma significativa com *proposições* ou conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Dessa maneira, podemos dizer que as ideias ou conceitos estão agrupados de forma subordinativa, se a estrutura cognitiva é relevante para o desenvolvimento das atividades posteriores, ou seja, se há uma hierarquia em relação ao nível de abstração dos conceitos, de modo que se estabeleça, apropriadamente, a organização dos elementos que compõem a nova informação. Essa aprendizagem divide-se ainda em *derivativa ou correlativa.* A *derivativa* ocorre quando a nova informação é uma ilustração ou um exemplo de um *subsunçor* já presente na estrutura cognitiva do aluno. Um exemplo da aprendizagem subordinativa derivativa é a interação gravitacional entre dois corpos, cada uma com uma massa *m,* e a interação elétrica entre duas cargas. Com esses exemplos, o conceito de interação à distância entre dois ímãs pode ser explicado. A *correlativa* é quando tem a elaboração, a modificação, a extensão ou a qualificação de proposições ou *subsunçores* existentes na estrutura cognitiva do aluno. Isto posto, o novo

conceito interage, de forma não explícita, com os conceitos subordinados mais inclusivos (Ausubel, 1980). A discussão sobre a fonte das interações magnéticas entre dois ímãs, elétrica entre duas cargas ou gravitacional entre dois corpos dos corpos é um exemplo de aprendizagem subordinativa correlativa. As aprendizagens conceitual e proposicional ocorrem com a interação subordinativa.

A *aprendizagem superordenada* ocorre quando uma nova proposição interage com a estrutura cognitiva do aluno e o resultado é um novo conceito, mais amplo do que o conjunto dos conceitos existentes ou mais amplo que um *subsunçor* específico. O resultado dessa interação é a formação de subsunçores mais abrangentes. É mais comum que interação superordenada ocorra na aprendizagem conceitual do que na aprendizagem proposicional.

Usaremos a energia mecânica como exemplo da aprendizagem superordenada. Se os subsunçores energia cinética e energia potencial compuserem a estrutura cognitiva do aluno e for aprendido o conceito de energia mecânica, os conceitos de energia cinética ficam subordinados ao conceito de energia mecânica.

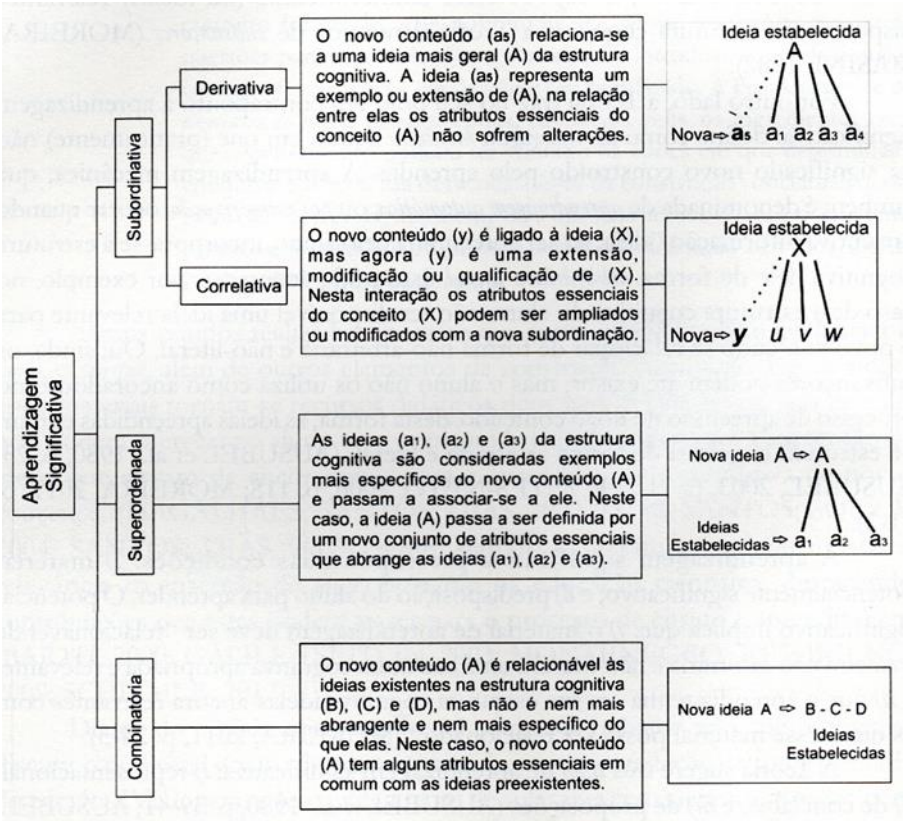
A *aprendizagem combinatória* também é uma forma de interação entre a nova informação e os subsunçores. Nesse tipo de aprendizagem, o novo conceito ou ideia é constituído sem que haja relações hierárquicas com as proposições ou ideias existentes na estrutura cognitiva. De outra maneira, "uma proposição potencialmente significativa não pode ser relacionada às ideias superordenadas nem às subordinativas na estrutura cognitiva do aluno, mas é relacionável a um conjunto de conteúdos relevantes (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980; p.33).

A maioria das interações combinatórias resulta em aprendizagem proposicional. A aprendizagem representacional também pode ocorrer pela interação combinatória. Um exemplo é a aprendizagem combinatória entre os alunos de ciências, que pode ocorrer nas relações existentes entre o calor e o volume, a massa e a energia. Embora não há uma hierarquia conceitual, esses conceitos se relacionam de maneira não arbitrária, permitindo uma congruência entre eles.

A

Figura **8** apresenta as três dimensões da Aprendizagem Significativa por Recepção. Planejamos, em conjunto com o professor da disciplina Física III, investigar se as atividades organizadas com base na HF favoreceram a *Aprendizagem Significava Receptiva Proposicional Combinatória.*

Figura 8. As três dimensões da Aprendizagem Significativa por Recepção.



Fonte: Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 57)

O objeto de investigação desta tese foi planejado para explorar as possibilidades de contribuição da *Aprendizagem Significativa por Recepção Proposicional Superordenada***.**

3.5. A Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integrativa: princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel; Novak e Hanesian (1980), as informações, ideias e conceitos de uma determinada área de conhecimento estão relacionados e organizados em uma estrutura cognitiva, constituindo uma hierarquia conceitual. Nesse sentido, para auxiliar o professor na organização dos materiais educacionais, bem como no planejamento do conteúdo a ser ensinado, alguns princípios podem ser observados pelo docente. Dentre esses princípios, destacamos a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora ou integrativa,* pois ambos consideram a hierarquia conceitual.

A *diferenciação progressiva* leva em consideração os conceitos mais gerais (inclusivos) que já foram adquiridos na estrutura cognitiva do aluno para, posteriormente, apresentar as

especificidades e os detalhamentos desses conceitos. Assim, esse princípio está diretamente relacionado com o planejamento do conteúdo a ser ensinado.

Já a *reconciliação integradora ou integrativa* visa que o material utilizado, de forma explícita, observe as relações existentes entre os conceitos presentes na estrutura cognitiva, enfatizando as semelhanças e as diferenças (Moreira, 1983). Vale observar que, neste processo, alguns conceitos vão se reorganizar ao se relacionar com as novas ideias e, assim, podem obter novos significados (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

3.6. Organizadores avançados

No início da década de 1960, David Ausubel publicou dois artigos nos quais apresentava os resultados de investigações sobre o que foi denominado organizadores avançados[44] (*advance organizers*). Em uma pesquisa com estudantes universitários matriculados em pelo menos um dos cursos ofertados sobre formação de professores, Ausubel (1960) verificou se um organizador avançado composto por 2500 palavras sobre o tema "propriedades metalúrgicas do aço carbono comum" poderia facilitar a aprendizagem e a retenção de um material não familiar, mas significativo. Considerando que a estrutura cognitiva é formada por conceitos organizados hierarquicamente, de acordo com a teoria da subsunção, a qual considera que a maior parte da mudança entre a apresentação e a recordação é decorrente de um processo interacional interveniente que se passa na estrutura cognitiva (Ausubel, 1960). Nesse trabalho, Ausubel observou que provavelmente o organizador avançado favoreceu a aprendizagem do material potencialmente significativo. De acordo com o psicólogo estadunidense, o organizador conseguiu mobilizar os conceitos mais relevantes da estrutura cognitiva dos alunos. Outro ponto mencionado é que o nível de apropriação do organizador avançado possibilitou a ancoragem entre os conceitos do material e da estrutura cognitiva.

Uma consideração relevante dos resultados dessa aplicação do organizador avançado é que, quanto mais desconhecido for o material apresentado para o aluno, mais inclusivos deverão ser os subsunçores. Assim, se não houver os subsunçores relevantes para a aprendizagem do material, o organizador avançado recepcionará os conceitos do material, servindo assim de subsunçor provisório.

---

[44] Usaremos ao longo deste texto a terminologia organizadores avançados. Em outros trabalhos, encontramos diferentes termos para tratar do mesmo conceito. No livro de Moreira (1983), o autor usou *organizadores prévios*. Na edição brasileira do livro "*Psicologia Educacional*" de Ausubel (1980) encontramos *organizadores antecipatórios* e *organizadores prévios*. Na edição portuguesa do livro "*Aquisição e Retenção de Conhecimentos*: uma Perspectiva Cognitiva" de Ausubel (2003), foi usado *organizadores avançados.*

No estudo em questão, os alunos conseguiram aprender o assunto contido no material, além de não recorrerem à memorização mecânica. Segundo Ausubel, isso ocorreu na pesquisa devido ao uso do organizador avançado, e pôde ser evidenciado de duas maneiras:

> (a) a mobilização seletiva dos conceitos existentes mais relevantes na estrutura cognitiva do aluno para uso integrativo como parte do foco de subsunção para a nova tarefa de aprendizagem, aumentando assim a familiaridade e o significado da tarefa; e (b) o fornecimento de uma ancoragem ideal para o material de aprendizagem na forma de conceitos de subsunção relevantes e apropriados em um nível aproximado de inclusão (Ausubel, 1960, p.271, tradução nossa).

Além dessas contribuições encontradas quanto à utilização do organizador avançado, Ausubel também foi autor de outra pesquisa muito parecida, mas o tema era endocrinologia na puberdade, um tema não familiarizado pelos sujeitos da amostra (Ausubel; Fitzgerald, 1962).

A pesquisa foi realizada com estudantes universitários do curso de psicologia educacional, todos matriculados em um curso sobre formação de professores para o ensino médio. Os estudantes foram divididos em um grupo controle e um grupo experimental. Os pesquisadores dividiram a investigação em duas etapas. Com o grupo controle, na primeira, apresentaram um material de ensino no formato de texto com aproximadamente 1400 palavras.

Na segunda, um novo texto com 1600 foi estudado pelos sujeitos da amostra. Por se tratar de um assunto desconhecido para cada sujeito, não havia subsunçores com os quais pudessem interagir com o material instrucional. A proposta era verificar se um material preparado antes dos sujeitos da amostra terem contato com o primeiro texto poderia gerar subsunçores para relacionarem-se com os conceitos dos textos que compunham o material de ensino. Os pesquisadores construíram a metodologia para simular uma situação de aprendizagem em que o professor ensinasse algo ao aluno cujos conceitos, presentes no material, não se relacionassem com os subsunçores dos alunos, os quais, por diversas razões, não estariam incorporados na estrutura cognitiva.

O grupo experimental recebeu dois textos introdutórios, de quinhentas palavras cada, antes de cada texto do material de ensino. Esses textos introdutórios continham um alto nível de abstração que poderiam gerar os *subsunçores* para a aprendizagem do material. O grupo controle também teve acesso a dois textos introdutórios antes de acessar o material de ensino. No entanto, esses dois textos não foram elaborados com um conteúdo mais abrangente, como o texto do grupo experimental, ou seja, os pesquisadores não caracterizaram esse texto como um organizador avançado.

Na situação do grupo controle, o organizador avançado *não terá a função de construir os subsunçores existentes*, mas sim organizar os conhecimentos prévios para possibilitar a interação dos conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno com o material ensinado. Segundo os autores da pesquisa *"[...] o resíduo do material que apareceu anteriormente na estrutura cognitiva - ou seja, sua clareza, estabilidade e organização - constitui o impacto da "condição antecedente" na transferência do paradigma de treinamento*" (Ausubel ; Fitzgerald, 1962, p. 243, tradução nossa).

Após a aplicação dos testes e realizadas as análises estatísticas, os pesquisadores concluíram que os textos apresentados ao grupo experimental, antes do estudo efetivo do material, facilitaram a aprendizagem dos alunos. Os autores consideraram que a interação positiva do organizador avançado com os sujeitos do grupo experimental ocorreu porque foi construído um conhecimento prévio antes da introdução do material de ensino, que até então era desconhecido (Ausubel; Fitzgerald, 1962).

Na obra *Psicologia Educacional*, Ausubel (1980) apresenta os organizadores avançados como um material que é adequado, relevante e de conteúdo introdutório claro e estável. Esse organizador deve ser usado antes do material potencialmente significativo. O objetivo dos organizadores avançados é ajudar o aluno "a reconhecer quais elementos dos novos materiais de aprendizagem podem ser significativamente aprendidos relacionando-os com aspectos especificamente relevantes da estrutura cognitiva existente" (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 143).

A utilização dos organizadores baseia-se essencialmente nas seguintes fundamentações lógicas:

> A importância de se possuírem ideias relevantes, ou apropriadas, estabelecidas, já disponíveis na estrutura cognitiva, para fazer com que as novas ideias *logicamente* significativas se tornem *potencialmente* significativas e as novas ideias *potencialmente* significativas se tornarem *realmente significativas* (i.e., possuírem novos significados), bem como fornecer-lhes uma ancoragem estável. 2. As vantagens de se utilizarem as ideias mais gerais e inclusivas de uma disciplina na estrutura cognitiva como ideias ancoradas ou subsunçores, alteradas de forma adequada para uma maior particularidade de relevância das mesmas, também usufruem de uma maior estabilidade, poder de explicação e capacidade integradora inerentes. 3. O facto de os próprios organizadores tentarem identificar um conteúdo relevante já existente na estrutura cognitiva (e estarem explicitamente relacionados com esta) e indicar, de modo explícito, a relevância quer do conteúdo existente, quer deles próprios para o novo material de aprendizagem (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p.144).

Os organizadores avançados facilitam a inclusão e a absorção do material potencialmente significativo de três maneiras diferentes. Primeiro, ao utilizar e estimular os

conceitos relevantes e organizados já presentes na estrutura cognitiva do aluno, possibilitam a aprendizagem significativa. Segundo, viabilizam que os conceitos específicos e relevantes sejam mobilizados, funcionando como uma ponte ou como *subsunçores* provisórios para interagir com o material potencialmente significativo. Terceiro, ao empregar os organizadores avançados, reduz-se a tendência dos alunos recorrerem à memorização, uma vez que terão conceitos prévios disponíveis para interagir diretamente com os conceitos contidos no material potencialmente significativo (Ausubel, 2003).

Com base nessas definições e nas possibilidades de aplicações dos organizadores prévios, destacamos o que Ausubel (2003) chamou de últimos objetivos dos produtos da interação promovida por esses organizadores: i) entre o organizador e as ideias mais relevantes que estão na estrutura cognitiva e ii) entre o organizador e as novas ideias não compreensíveis que estão no material potencialmente significativo.

Os organizadores avançados podem ser de natureza *expositiva* ou *comparativa*. Organizadores avançados de natureza expositiva são utilizados quando a estrutura cognitiva carece de *subsunçores* relevantes para ancorar os conceitos do material potencialmente significativo. Já os organizadores avançados de natureza comparativa são usados quando os *subsunçores* são identificados e o material potencialmente significativo é relativamente familiar aos alunos. Nesse caso, os organizadores comparativos desempenham o papel de integração entre os novos conceitos e os conceitos semelhantes já presentes na estrutura cognitiva, ou o papel de aumentar a distinção entre os novos conceitos e os conceitos existentes, que são diferentes, mas semelhantes.

A proposta de utilização dos organizadores prévios foi alvo de críticas entres os pesquisadores da psicologia da educação. Entre essas críticas, apresentamos a publicada por Barnes e Clawson (1975), na qual os autores, após analisarem 32 trabalhos, encontraram tanto inconsistências conceituais como metodológicas. Em uma das críticas, os autores escreveram que Ausubel não apresentou uma boa definição dos organizadores avançados, assim como não fez uma diferenciação entre os organizadores avançados expositivos e comparativos. Os autores propuseram nove apontamentos para serem revistos sobre os organizadores:

1. Realizar novos estudos para verificar os efeitos dos organizadores avançados.
2. A realização de investigações para verificar os efeitos dos organizadores avançados em um tempo maior que foi apresentado na pesquisa.
3. Os estudos precisam ser realizados em um tempo maior que dez dias e a amostra deve ser formada com alunos mais avançados.

4. A investigação tem que ser desenvolvida em várias áreas do conhecimento específica.
5. A amostra precisa conter alunos de todas as faixas etárias para verificar se a idade é uma variável significativa.
6. O estudo precisa envolver organizadores avançados de vários níveis. Esses organizadores devem ser elaborados de acordo com os critérios que foram defendidos por Ausubel.
7. O estudo precisa abranger os efeitos gerados pelos organizadores avançados nos níveis do domínio cognitivo como: aplicação, síntese, análise e avaliação.
8. Devem ser realizados estudos com dois grupos que recebam o mesmo tratamento, mas em um grupo se aplica um teste de reconhecimento e no outro grupo um teste de recordação.
9. A investigação precisa atender cuidadosamente todas as condições exigidas para pesquisa experimental, incluindo a atribuição aleatória de sujeitos a grupos de tratamento, manter a independência dos sujeitos, usar os testes estatísticos apropriados e testar o domínio do organizador antes da apresentação do material a ser aprendido.

Dois anos após a publicação de Barnes e Clawson (1975), outros dois pesquisadores analisaram as críticas e fizeram fortes ponderações sobre elas (Lawton; Wanska, 1977). No trabalho, Lawton e Wanska defenderam que não há problemas conceituais na teoria de Ausubel sobre os organizadores avançados e escreveram detalhadamente a sua estrutura e suas funções. Propuseram que havia a necessidade de mais pesquisas aplicadas, a fim de verificar as contribuições dos organizadores avançados em vários cenários de aprendizagem. Finalizaram o artigo com três sugestões sobre a implantação dos organizadores avançados:

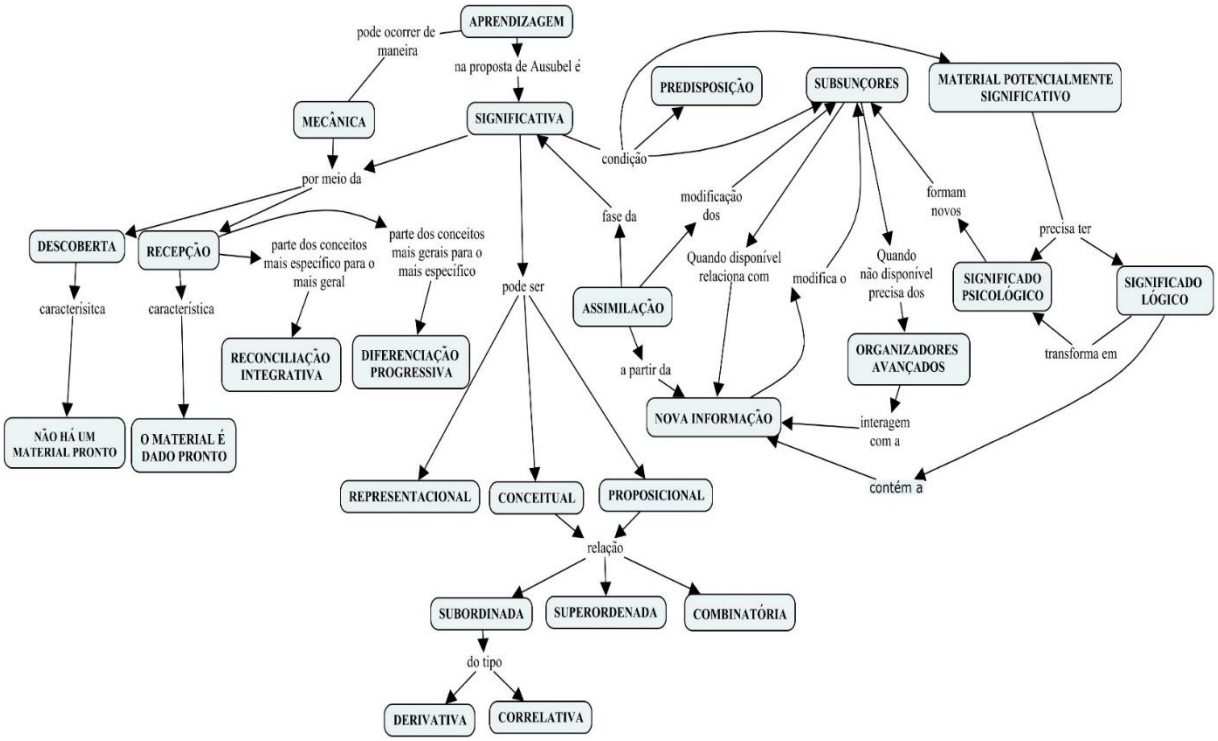
> a) ensino expositivo deve incorporar referências a conceitos super e subordinados e seus relacionamentos críticos, b) os atributos criteriosos de conceitos de alto nível ou regras de alto nível deve ser identificados durante as atividades de aprendizagem relacionadas e c) uma oportunidade para a aplicação de conceitos de alto nível e regras de alto nível deve ser fornecida pela apresentação de uma variedade de tarefas de resolução de problemas (Lawton; Wanska, 1977, p.243).

Ausubel (1978) também escreveu um artigo para contrapor as críticas deferidas por Barnes e Clawson. Em sua resposta, sugeriu para que os seus críticos lessem seus textos publicado em 1963 e 1968 com mais cuidado, pois ele admitia que os dois pesquisadores distorceram os conceitos sobre os organizadores avançados. Ausubel criticou duramente a metodologia utilizadas por Barnes e Clawson e recomendou que revisassem as técnicas de amostragem e os fundamentos metodológicos apresentadas no artigo. Ausubel reafirmou a

importância da aplicação dos organizadores avançados para promover a aprendizagem significativa e concluiu o artigo com dois pontos. Primeiro, que os autores em geral têm o direito de criticar as bases teóricas da TAS, especialmente os organizadores avançados, desde que compreendam os conceitos e critérios de sua aplicação. Segundo, que os autores que trabalham com os organizadores avançados devem ter domínio do campo metodológico da pesquisa.

Ante de finalizarmos esta seção, apresentamos um mapa conceitual, ver a Figura 9, com o objetivo de promover a reconciliação integrativa dos conceitos apresentados da TAS.

Figura 9. Mapa Conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa.



Fonte: Autoria própria.

3.7. A Aprendizagem Significativa e a História da Física

Para enfatizar a proposta de adotar uma abordagem histórica no Ensino de Física e visando uma *aprendizagem significativa*, apresentamos a seguir algumas pesquisas que inseriram a História da Ciência em um contexto pedagógico. Realizamos uma busca nas bases da Scielo e do Google Scholar, utilizando o operador booleano *AND* para conectar os descritores "Aprendizagem Significativa", "História da Física", "*Meaningful Learning*" e "*History of Physics*". Adotamos como critério de seleção os trabalhos empíricos que evidenciaram a função didática da História da Física no processo de ensino, à luz do referencial teórico de aprendizagem da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

O primeiro trabalho que apresentamos é o de Magalhães, Santos e Dias (2002), cujos autores observaram que a comunidade de pesquisadores naquele período reconhecia a importância da História da Física no Ensino de Física e salientaram que esse tema foi bem discutido em eventos nacionais e internacionais da área. Sob essa constatação, os autores destacaram que a História da Ciência contribui com resultados práticos, visto que complementa projetos de Ensino de Física e auxilia na constituição de materiais didáticos. Os autores utilizaram a História da Física como organizadores avançados e destacaram que obtiveram resultados positivos. O estudo de caso sobre os campos elétrico e magnético surgiu da experiência em sala de aula de um dos autores, que, ao conseguir resultados relevantes com a aprendizagem dos seus alunos, se motivou a trabalhar com essa abordagem no Ensino de Física. Assim, Magalhães, Santos e Dias (2002) ressaltaram a importância de mostrar aos alunos como os fenômenos eletromagnéticos estão presentes no dia a dia e são fundamentais para as pesquisas científicas modernas. Além disso, Magalhães, Santos e Dias (2002) defenderam que a abordagem histórica pode ser eficiente para organizar a estrutura conceitual, o que permite a identificação das concepções que fundamentam os conceitos e teorias. Salientaram, também, que os pesquisadores envolvidos em projetos educacionais valorizaram bastante as contribuições da História da Ciência, reconhecendo sua utilidade na produção de materiais didáticos que complementam o Ensino de Física.

Magalhães, Santos e Dias (2002) justificaram que há uma dupla razão para o trabalho da História da Ciência. De um lado, a História da Ciência tornou-se uma forma de poupar tempo na realização de pesquisas, especialmente para alguns pesquisadores renomados nas ciências exatas que passaram a utilizá-la no ensino da ciência. Por outro lado, muitos pesquisadores estavam dedicados a contribuir para essa área, atraindo jovens entusiastas para a História da Ciência por meio de suas perspectivas inovadoras. Dessa forma, muitos cientistas têm atribuído os seus avanços na área à influência de renomados professores e pesquisadores envolvidos com a história e a filosofia da ciência. Alguns depoimentos dos entrevistados revelaram essa conexão entre a História da Ciência e o progresso na pesquisa científica.

Dentre os pesquisadores que trabalharam nessa perspectiva, tem-se Pierre Lucie (1917 - 1985) e Mario Schemberg (1914 - 1990), reconhecidos por sua influência na formação de pesquisadores brasileiros. De acordo com os estudos de Magalhães, Santos e Dias (2002), Lucie e Schemberg iniciaram um ciclo virtuoso de ensino nas universidades, preparando e despertando o interesse dos futuros professores em História e Filosofia da Ciência.

Destacamos que o estudo de Magalhães, Santos e Dias (2002) contribuiu para a área da História e da Filosofia da Ciência, que foi difundida, segundo estes autores, principalmente na década de 1980. Periódicos fundados nessa época disseminavam ideias para outros interessados, como a *Revista de Ensino de Física*, que desde sua criação, em 1979, tinha artigos individuais dedicados ao tema, mas só em 1993 ganhou uma seção exclusiva para História e Filosofia da Ciência. Por outro lado, o *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, que atualmente é *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, já incluía, desde sua criação em 1984, uma seção intitulada "História e Filosofia da Física".

Por fim, o estudo de Magalhães, Santos e Dias (2002) destacou duas tendências desenvolvidas durante a última fase do processo de institucionalização da pesquisa em educação científica: reformar o conhecimento científico-cultural baseado no ensino médio e formar professores para desenvolver linhas de pesquisa correspondentes. A primeira tendência envolve uma reforma do conhecimento científico, com ênfase na informação sobre a origem dos conflitos e evolução das teorias científicas, e na reflexão sobre os pressupostos, as imagens e as intuições básicas dos avanços científicos. A formação de professores, segunda tendência, deveria promover, segundo os autores, a aquisição desses conhecimentos, a fim de enriquecer a qualidade dos conteúdos ensinados e atender aos requisitos metodológicos adequados.

Com tal propósito, Boss *et al.* (2008)utilizaram de fragmentos de textos históricos para contribuir com a formação do conceito de carga elétrica. Os textos escolhidos foram as obras originais de Stephen Gray (1666 – 1736), Charles Du Fay (1698 – 1739) e Benjamin Franklin (1706 – 1790). As atividades com os textos antecediam a aula que o professor ministraria o assunto sobre o texto, durante a disciplina Física III. Os excertos dos textos foram lidos durante os encontros. De acordo com os autores, o emprego dos textos originais como *organizadores avançados* pode promover elementos fundamentais para aquisição de conhecimento, apresentando problemas e ingredientes lógicos/empíricos na formulação de um conceito e na formulação de seus significados. Assim, a História da Ciência é defendida como um recurso que pode ser adotado para elaborar os organizadores avançados (Boss *et al,* 2008).

Os autores Boss, Souza Filhoe Caluzi, (2010) investigaram o papel da História da Física para promoverem a formação de subsunçores com o objetivo de compreender a Lei de Coulomb da eletrostática. O material utilizado foi a tradução do texto ‘Primeira Memória” de Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1803). O texto foi lindo na íntegra pelos alunos na sala de aula. Os pesquisadores aplicaram um teste antes da leitura do texto para conhecer as concepções prévias dos alunos e notaram que a maioria deles não tinham conhecimento sobre o conceito de

força elétrica. Com a atividade proposta, os autores concluíram que os alunos conseguiram construir subsunçores para continuar com os estudos da eletricidade.

Os textos históricos foram trabalhados com os alunos com a metodologia de leitura em voz alta e discussão dos parágrafos com os alunos. Esses textos são considerados *organizadores prévios*, pois geram condições cognitivas para a *aprendizagem significativa* e podem levar os alunos ao desenvolvimento de *subsunçores* que facilitem a aprendizagem significativa do conceito futuro. Essa aprendizagem, segundo Boss *et al.* (2008), ocorre quando o material de aprendizagem se relaciona de forma não-arbitrária e substancial com aspectos relevantes da estrutura cognitiva do aluno.

Da mesma forma, Lourenço (2008) investigou a possibilidade de introduzir o conhecimento histórico do eletromagnetismo em diferentes níveis de ensino. De acordo com essa pesquisadora, o assunto foi escolhido por ser uma unidade de ensino em que os alunos apresentam ideias alternativas resistentes.

Para facilitar a *aprendizagem significativa*, observou que é importante a abordagem construtivista por parte do professor e a Teoria da Aprendizagem Significativa, utilizando recursos como os mapas e os programas de modelação e simulação. Além disso, a autora destacou a necessidade do professor considerar as concepções prévias dos alunos e promover interações sociais que favoreçam a aprendizagem. A partir dessa abordagem, a História da Ciência não deve apenas existir nos currículos universitários e ser apenas uma ilustração de conceitos, mas sim uma estratégia didática importante que requer reflexão sobre sua aplicação em sala de aula (Lourenço, 2008).

A ideia de trabalhar com textos históricos como fonte primária em sala de aula para auxiliar no processo de aprendizagem dos conceitos de Física também foi explorada no estudo realizado por Boss, Souza Filho e Caluzi (2010), que por meio da *Aprendizagem Significativa* de Ausubel e da História da Ciência conduziram seus estudos com licenciandos de Física. De acordo com esses autores, a inclusão da História da Ciência na sala de aula, aliada à Teoria da Aprendizagem Significativa, melhora a compreensão do conteúdo específico, superando a aquisição mecânica de "fórmulas" e equações matemáticas. Observaram que a discussão de textos históricos antes de abordar o conteúdo específico visa fornecer *subsunçores* para facilitar a *aprendizagem significativa*. A proposta utilizou as características dos organizadores avançados para estabelecer conexões cognitivas entre o conhecimento prévio do aluno e o conteúdo que deveria ser aprendido.

Os pesquisadores também destacaram que a História da Física pode elucidar conceitos e teorias menos óbvias, contribuindo para um ensino que valorize a compreensão conceitual e a aprendizagem significativa, em vez de se concentrar exclusivamente em algoritmos para resolver exercícios. Assim, a combinação da História da Ciência com a Teoria da *Aprendizagem Significativa* pode promover a compreensão de um conteúdo específico (Boss; Souza Filho; Caluzi, 2009).

Menezes *et al.* (2009) adotaram uma abordagem semelhante, utilizando a história como elemento fundamental para o ensino de conceitos futuros, embora tenham optado por apresentar vídeos de curta duração sobre a História da Física, ao invés de textos históricos e artigos científicos. Essa abordagem alternativa envolveu compartilhar o contexto em que esses conceitos surgiram antes de introduzir os conceitos de movimento, de calor e de eletromagnetismo. Tinham como objetivo de humanizar a ciência ao apresentar a história dos cientistas por trás dos conceitos. Menezes *et al.* (2009) defendem, neste texto, a relevância da História de Física no ensino da disciplina, explicitando que ela possibilita uma compreensão mais profunda dos conceitos e dos métodos científicos. Além disso, ressaltam que o uso de tecnologias da informação e comunicação (TICs) pode ser útil para o ensino da História da Física, mas não deve ser considerado como a única possibilidade. Salientam que o estudo da História da Física, aliada às TICs como *organizadores avançados* no Ensino da Física, é um tema pouco investigado, mas essa abordagem tem potencial para contribuições significativas para o processo de ensino-aprendizagem no Ensino Médio.

O trabalho de Menezes *et al.* (2009) apresenta alguns elementos que precisam ser discutidos para refletirmos sobre o emprego da TAS no Ensino de Física. O primeiro é quanto à seleção dos assuntos. A mecânica, o calor e o eletromagnetismo compõem unidades de ensinos diferentes, se considerarmos a organização tradicional desses conteúdos (Halliday; Resnik; Walker, 2016; Nussenzveig, 2015; Tipler; Mosca, 2009b, 2009a). O segundo é sobre o material potencialmente significativo. Ao trabalhar com a Aprendizagem Significava por Recepção, o professor precisa organizar a sua unidade de ensino para poder preparar o material potencialmente significativo com as características do significado lógico e do significado psicológico. O terceiro é sobre a função didática dos vídeos. De acordo com os autores, os vídeos seriam usados como organizadores avançados. Contudo, não foi explicado como ocorreu a ação.

O resultado da pesquisa de Azevedo (2013) investigou o emprego da TAS para que os alunos assimilassem novas informações no decorrer dos estudos de eletromagnetismo. Para

alcançar esse objetivo, o autor defendeu a utilização de *organizadores avançados* e estratégias de ensino baseadas na Teoria de Ausubel. Azevedo (2013) enfatizou que uma abordagem contextualizada e relacionada ao cotidiano dos alunos e considerando seus conhecimentos prévios e experiências socioculturais, pode tornar a aprendizagem mais significativa e motivadora.

A elaboração de conteúdo com base nas preconcepções dos alunos, identificados por meio de questionários, e a conexão de suas concepções espontâneas com os conceitos a serem aprendidos podem potencializar a aprendizagem efetiva e significativa de conceitos físicos. Em muitos casos, as preconcepções dos alunos podem ser modificadas, tornando-se ideias cientificamente mais precisas.

Azevedo (2013) destacou também o papel das oficinas como estratégia de ensino que pode facilitar a aprendizagem, especialmente quando utilizadas para contextualizar os conteúdos. Ele ressaltou que as oficinas permitem despertar e estabelecer as ideias fundamentais na estrutura cognitiva do aluno, ajudando na compreensão dos conceitos propostos para o aprendizado. Segundo suas análises, as oficinas são importantes para a formação de subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos. Em sua pesquisa, o eletromagnetismo foi o assunto principal. A relação entre os textos históricos e científicos e uma oficina com estratégia de ensino auxiliou na organização da estrutura cognitiva dos alunos para os conteúdos posteriores. Nesse contexto, os *organizadores avançados* foram utilizados para ancorar os conceitos de força magnética e indução eletromagnética.

No percurso metodológico, de Azevedo (2013) incluiu um questionário para avaliar o conhecimento prévio dos alunos em eletromagnetismo, seguido pela leitura de um texto histórico e um artigo científico, com o objetivo de preparar os alunos para o conteúdo a ser ensinado. As discussões foram gravadas em áudio e vídeo, e os alunos foram motivados a responder questões e expor argumentos.

O objetivo foi avaliar o desenvolvimento cognitivo dos alunos e facilitar a aprendizagem dos conceitos de eletromagnetismo. Após essa etapa, os alunos participaram de uma oficina para construir um motor elétrico, consolidando os conceitos aprendidos anteriormente. Todas as atividades foram gravadas em áudio e vídeo para análise e o pesquisador atuou apenas como mediador. Após a aplicação da metodologia de ensino, que incluiu o uso de *organizadores avançados* e a construção do motor elétrico, foi possível avaliar a modificação e incorporação de ideias dos alunos por meio de um questionário. Constatou-se que a utilização dos

organizadores avançados mobilizou os conceitos da estrutura cognitiva dos alunos para uma *Aprendizagem Significativa* subsequente (Azevedo, 2013).

Outro trabalho que destacamos nesta seção foi elaborado por Menezes (2012). Nele, o autor que utilizou a História da Ciência como suporte para as aulas de Física, visando romper com os paradigmas que reforçam uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica. Assim como Menezes *et al.* (2009), ele propôs um roteiro de atividades que utilizou vídeos curtos para apresentar a evolução do conhecimento científico relacionado aos conteúdos abordados em sala de aula. Neste estudo em específico, foram abordadas a evolução dos conceitos de movimento, calor e eletricidade. A História da Física foi utilizada como um *organizador avançado* para envolver os estudantes e incentivá-los a aprofundar seu entendimento na evolução do conhecimento científico. A combinação da História da Física com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como organizadores avançados proporcionou contribuições significativas para o processo de ensino e aprendizagem da disciplina no ensino médio.

Costa e Batista (2017) propuseram uma Unidade Didática para o ensino de partículas elementares no Ensino Médio. Consideraram aspectos da História e Filosofia da Ciência e a abordagem da Aprendizagem Significativa. O objetivo foi promover uma aprendizagem significativa e discutir o desenvolvimento da construção do conhecimento científico. Para isso, foram desenvolvidas sequências didáticas que consideraram os conhecimentos prévios dos alunos, abordando desde as primeiras explicações para a constituição da matéria até as evidências da detecção do bóson de Higgs.

A maioria dos alunos considerou que fatores externos e o contexto político influenciam na construção e no desenvolvimento da Ciência. Eles debateram os atrasos na Ciência decorrentes dessas interferências e citaram, por exemplo, a perseguição sofrida por quem defendia certas teorias. Ao final da aplicação da Unidade Didática, os alunos avaliaram as atividades e os recursos utilizados durante as aulas, expressando que as aulas trouxeram informações novas e interessantes. Dessa forma, a proposta conseguiu desmistificar as noções equivocadas em relação aos conteúdos científicos estudados, e foi possível identificar indícios de *Aprendizagem Significativa* dos alunos por meio da análise de mapas conceituais.

Três anos depois, Costa e Batista (2020) apresentaram uma proposta didática fundamentada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), da Historiografia e da Didática da Ciência. O objetivo foi ensinar um tópico de física moderna utilizando uma abordagem histórico-didática e apoiada por simulações computacionais. A proposta visou

facilitar *a Aprendizagem Significativa* de conceitos científicos e noções sobre a Natureza da Ciência. As atividades propostas incentivaram os alunos a encontrar respostas para suas dúvidas, e um texto sobre a "Teoria Eletrofraca" foi usado como organizador prévio para o conteúdo a ser discutido.

As conclusões de Costa e Batista (2020) indicaram que a representação da estrutura da matéria e da estrutura atômica em função das partículas elementares permitiu uma definição mais precisa dos termos "Partículas Elementares e Modelo Padrão", além de uma compreensão mais científica e abrangente da Natureza da Ciência por parte dos alunos. O uso de mapas conceituais foi importante para avaliar e desenvolver a aprendizagem dos alunos, pois foi possível observar evidências de aprendizagem significativa. Os alunos organizaram hierarquicamente os conceitos estudados e apresentaram a diferenciação progressiva e reconciliação integradora, indicando uma compreensão mais aprofundada e integrada dos temas estudados.

Notamos, também, que na pesquisa de Pereira *et al.* (2017) os autores, assim como Magalhães, Santos e Dias (2002), exploraram a HF com o propósito de propiciar aos alunos do 3º ano do Ensino Médio a compreensão da construção de um conceito. Contudo, não foi detalhado como ocorreu a integração da HF com o Ensino de Física e qual foi a função didática do material elaborado. Segundo os autores, foi construída uma estratégia que possibilitasse a integração entre o ensino da História da Física e o ensino da Física curricular, explicitando o que está por trás das fórmulas apresentadas, o que, segundo os autores, tornou a disciplina mais agradável e acessível aos alunos.

A proposta de trabalho apresentada por Pereira *et al.* (2017), vai ao encontro da nossa compreensão de como podemos um integrar a HF nas aulas de Física. No entanto, alguns cuidados precisam ser tomados. Não basta ter um material sobre a HF e adotar um referencial teórico de aprendizagem para ensinar Física aos alunos. É necessário estar bem claro qual e o papel didático do material e quais foram as suas contribuições ou se de fato contribuiu para a aprendizagem do aluno. Nesse ponto discordamos com o resultado do trabalho apresentado nessa investigação. Além do mais, segundo Pereira *et al.* (2017) "A História da Física seria usada como uma forma de atrair os alunos para a Física". Entendemos a HF possa ser um elemento de motivação para os alunos aprenderem Física. Todavia, é preciso compreender qual a definição de motivação, de acordo com o referencial adotado, e como essa motivação contribui para a aprendizagem.

No trabalho de Loreian, Darroz e Rosa (2020), os autores analisaram os periódicos nacionais com Qualis A1 e A2 disponíveis online no sistema de avaliação Capes, Área de Ensino, entre 2008 a 2019. O objetivo foi identificar os materiais utilizados como organizadores prévios em propostas que visam a *aprendizagem significativa* de conceitos físicos. Foram selecionados seis trabalhos apresentando a descrição da metodologia de cada um deles, os resultados e as considerações dos autores. A investigação mostrou que os recursos tecnológicos, histórias em quadrinhos, tirinhas, oficinas didáticas e textos são os mais utilizados como organizadores prévios, relacionando os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios dos alunos. A proposta subjacente foi demonstrar a relação e distinção entre os novos conhecimentos e aqueles já existentes, preenchendo as lacunas existentes devido à falta de *subsunçores.* Os resultados indicaram que a utilização de *organizadores avançados* contribuiu para a melhoria da aprendizagem dos alunos, sugerindo a necessidade de mais estudos para explorar novos resultados (Loreian; Darroz; Rosa, 2020).

Velásquez (2021) conduziu um estudo que explorou diferentes *organizadores avançados* para o ensino de cinemática. O autor abordou conteúdos próprios da cinemática, estabelecendo conexões com situações cotidianas, como corridas de Fórmula 1, movimentos próprios da natureza, decolagens de aviões, jogos de beisebol, moinhos, etc.

Nesse contexto, esse autor conduziu uma pesquisa com um grupo de estudantes do sexto semestre do curso técnico em Produção Agrícola, na disciplina de Física I. Os alunos foram divididos em grupo experimental e controle, ambos utilizando recursos tecnológicos e realizando pré-testes e pós-testes. Enquanto o grupo experimental recebeu instruções por meio de mapas mentais, vídeos curtos, leituras de reforço e diagramas de fluxo, o grupo controle foi instruído utilizando esquemas, gráficos e resolução de problemas com o auxílio do software *Idroo*, um quadro branco online que pode ser integrado ao *Skype*. Dentre os resultados, Velásquez (2001) apontou que os estudantes do grupo experimental demonstraram mais interesse e motivação no desenvolvimento da unidade de cinemática devido à incorporação de *organizadores avançados*, em comparação com os estudantes do grupo controle, que receberam a unidade de forma tradicional. Concluiu-se que a utilização de *organizadores avançados* contribui para o desenvolvimento da habilidade de resolução de problemas e obtenção de informações sobre as variáveis envolvidas nos diferentes tipos de movimento, conforme o evidenciado pela comparação dos resultados entre os grupos experimental e controle.

A utilização de Episódios de Ensino (EPs) para promover a aprendizagem significativa em Física, baseada na TAS foi investigada por (Giacomelli; Rosa, 2021). Essa estratégia,

segundo os autores, ampliou as possibilidades sobre o uso de *organizadores prévios* para além de textos históricos, artigos e vídeos. No estudo, envolvendo dois EPs com licenciandos em Física, os pesquisadores abordaram conteúdos relacionados à Mecânica Quântica. Os resultados indicaram que os EPs podem ser atividades potencialmente significativas, mobilizando conhecimentos prévios na estrutura cognitiva dos estudantes e relacionam-se de forma substancial com os novos conhecimentos. Os dois episódios de ensino explorados foram "Microscópio de raios gama de Heisenberg" e "Gato de Schrödinger", envolvendo quatro acadêmicos de um curso de licenciatura em Física de uma universidade comunitária no interior do Rio Grande do Sul.

O estudo constatou que os significados produzidos pelos estudantes por meio dos Episódios de Ensino (EPs) são organizados hierarquicamente em suas estruturas cognitivas, embora não sigam necessariamente em sequências rígidas. A hipótese inicial de que os EPs poderiam contribuir para a aprendizagem significativa foi confirmada, pois a análise dos dados revelou a ocorrência da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa durante a realização dos EPs. Portanto, os autores evidenciaram que o uso de EPs possibilitou a mobilização de conhecimentos pré-existentes dos estudantes, relacionando-os de forma substancial com os novos conhecimentos (Giacomelli; Rosa, 2021).

A partir dessa síntese dos resultados de pesquisas que integraram a História da Física, o Ensino de Física e a Aprendizagem Significativa, podemos destacar dois pontos que embasam a proposta da nossa pesquisa de doutorado. Primeiro, a constatação de que a História da Física pode ser uma estratégia de ensino para promover a *Aprendizagem Significativa.* No segundo ponto, destacamos que a História da Física, combinada com diferentes recursos – como textos, artigos, vídeos, simuladores, entre outros – enquanto *organizadores prévios*, favorece a formação de subsunçores para o aluno aprender os assuntos do material potencialmente significativo.

Considerando as discussões e possibilidades encontradas nos estudos discutidos nesta seção, destacamos os indicativos direcionados à História Física e ao uso dos *organizadores avançados* como facilitadores da aprendizagem de novos conceitos em Física. Assim, enfatizamos que nosso estudo oferece instrumentos e estratégias que podem contribuir para a área de Ensino de Física, ao integrar os elementos históricos, a partir da perspectiva epistemológico de Fleck, aspectos teóricos da aprendizagem significativa e o ensino do eletromagnetismo na formação de futuros professores de Física.

4. UM PERCURSO METOLÓGICO PARA CONSTRIBUIR COM A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE INTERAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Neste capítulo, descrevemos o planejamento e a execução da pesquisa, abordando sua natureza qualitativa nos âmbitos teórico e empírico. Chamaremos de "etapa teórica" os estágios da pesquisa nos quais buscamos compreender a história das primeiras discussões sobre o eletromagnetismo clássico. Partimos de recortes históricos sobre a eletricidade e magnetismo, pois, segundo nosso referencial epistemológico, a gênese e o desenvolvimento de um fato científico requerem considerações históricas para a compreensão do estágio presente de um campo do conhecimento. Essa premissa histórica é notada na epistemologia fleckiana por meio do conceito de protoideias[45]. Após a análise dos textos sobre eletricidade e magnetismo, fizemos uma busca por textos sobre a origem do eletromagnetismo, encontrando trabalhos relevantes para a área de História das Ciências no Brasil. Dentre esses textos, destacamos as produções cujo gênero é a *tradução comentada*[46] de obras originais que abordam a eletricidade, o magnetismo e o eletromagnetismo.

4.1. Natureza da pesquisa e os seus pressupostos

Esta pesquisa é de natureza qualitativa, uma vez que os dados e os seus respectivos tratamentos não se relacionam a nenhuma situação que gere resultados de procedimentos estatísticos ou outros recursos quantitativos. A análise qualitativa prioriza a investigação de conceitos, a organização desses conceitos e a relação teórica para expor os resultados. Na pesquisa qualitativa, a investigação se baseia na compreensão, fundamentada em diversas tendências metodológicas, ver o

Quadro **1**, que examina um problema social (Khan, 2014). Os dados são oriundos de entrevista e observações, como podem ser retirados de documentos, filmes ou gravações de vídeo. A escolha pela pesquisa qualitativa pode ser justificada pela preferência ou experiência do pesquisador, pela natureza do problema (que deve ser a principal razão pela escolha), pela possibilidade de explorar um campo do conhecimento com pouca investigação ou até mesmo

[45] Este conceito foi apresentado na página 36.

[46] Nesta tese, adotaremos por tradução comentada de um texto que não foi originalmente escrito no idioma português brasileiro, mas que foi traduzido do original por pesquisadores brasileiros da área da História da Física. Os comentários dos tradutores, geralmente estão entre chaves ou parênteses. Os comentários dos tradutores podem se manifestar de diferentes maneiras. Dentre elas, citamos as discussões sobre a própria tradução, a análise do texto-fonte e do contexto em que esse texto foi escrito.

se aprofundar em um campo que possui muita informação de caráter quantitativo (Strauss; Corbin, 2008).

Quadro 1. Características de cinco abordagens da pesquisa qualitativa.

Característica	Pesquisa Narrativa	Fenomenologia	Teoria Fundamentada	Etnografia	Estudo de caso
Foco	Explorando a vida de um indivíduo.	Compreender a essência da experiência.	Desenvolvendo uma teoria baseada em dados da área.	Descrevendo e interpretando um grupo de compartilhamento de cultura.	Desenvolver uma descrição e análise aprofundada de um caso ou de vários casos.
Tipo de problema mais adequado para projeto	Precisando contar histórias de experiências individuais.	Necessidade de descrever a essência de um fenômeno vivido.	Fundamentando uma teoria nas opiniões dos participantes.	Descrever e interpretar os padrões compartilhados de cultura de um grupo.	Fornece uma compreensão aprofundada de um caso ou casos.
Histórico da Disciplina	Baseando-se nas humanidades, incluindo antropologia, literatura, história, psicologia e sociologia.	Baseando-se em filosofia, psicologia e educação.	Desenho da sociologia.	Baseando-se na antropologia e na sociologia.	Baseando-se em psicologia, direito, ciência política, medicina.
Unidade de análise	Estudando um ou mais indivíduos.	Estudando vários indivíduos que compartilharam a experiência.	Estudar um processo, ação ou interação envolvendo muitos indivíduos.	Estudar um grupo que compartilha a mesma cultura.	Estudar um evento, um programa, uma atividade, mais de um indivíduo.
Forma de coleta dos dados	Usando principalmente entrevistas e documentos.	Utilizando principalmente entrevistas com indivíduos, embora documentos, observações e arte também possam ser considerados.	Usando principalmente entrevistas	Utilizando principalmente observações e entrevistas, mas talvez recolhendo outras fontes durante um período prolongado no terreno.	Usando múltiplas fontes, como entrevistas, observações, documentos, artefatos.

Estratégia para coleta de dados	Analisar dados para histórias, "restaurar" histórias, desenvolver temas, muitas vezes usando uma cronologia.	Análise de dados em busca de afirmações significativas, unidades de significado, descrição textual e estrutural. descrição da "essência".	Análise de dados por meio de codificação aberta, codificação axial, codificação seletiva.	Análise de dados por meio da descrição do grupo de compartilhamento de cultura; temas sobre grupos.	Análise de dados por meio da descrição do caso e temas do caso, bem como temas cruzados.
Relatório escrito	Desenvolver uma narrativa sobre as histórias de vida de um indivíduo.	Descrever a "essência" da experiência.	Gerando uma teoria ilustrada em uma figura.	Descrever como funciona um grupo de compartilhamento de cultura.	Desenvolver uma análise detalhada de um ou mais casos.

Fonte: Adaptado de Khan (2014).

A natureza da pesquisa qualitativa pode ser desenvolvida a partir de três componentes: os dados, os procedimentos e os relatórios. Várias fontes podem constituir os dados, como entrevistas, observações, filmes e registros. Os procedimentos são particulares do pesquisador. Neste estágio, o pesquisador registra os eventos, escolhe a amostragem não estatística, organiza, codifica e interpreta os dados, além de relacioná-los com as proposições analisadas. Quanto aos relatórios, são elaborados para promover a divulgação dos resultados da pesquisa por meio de artigos, jornais, palestras, entre outros (Charmaz, 2009; Strauss; Corbin, 2008).

Quando pensamos em pesquisa com abordagem qualitativa, entende-se que, por detrás dela, existem bases filosóficas, mesmo que tacitamente, que favorecem a qualificação da pesquisa devido às reflexões que são provocadas no pesquisador. Logo, a filosofia viabiliza essa reflexão a partir de quatro pressupostos: *ontológico, epistemológico, axiológico e metodológico* (Creswell, 2014; Prigol; Behrens, 2019).

Nesta pesquisa, os pressupostos epistemológicos e metodológicos foram evidenciados. Isso ocorreu porque o pesquisador não apenas buscou constituir dados para serem analisados a partir da amostra escolhida, mas também, relacionou o referencial de análise, a Teoria Fundamental Construtivista[47], com o referencial epistemológico fleckiano.

Durante todo o primeiro semestre letivo de 2017[48], o pesquisador acompanhou a turma de alunos na disciplina Física III, o que propiciou uma maior aproximação entre o pesquisador

[47] No capítulo 5 explanaremos a estrutura da Teoria Fundamental Construtivista (Charmaz, 2000, 2009, 2014).

[48] A constituição dos dados ocorreu em 2017, antes do pesquisador interromper o doutorado.

e os sujeitos da pesquisa. Essa aproximação permitiu que o pesquisador conhecesse melhor os participantes, pois estava no espaço e no período que envolviam a situação natural de estudo. Tanto a aproximação quanto a convivência com os participantes em seu campo de atuação são características do pressuposto epistemológico (Creswell, 2014).

No aspecto do pressuposto metodológico, algumas particularidades do pesquisador se manifestam, devido a elementos indutivos que surgem de sua vivência. Ao longo da pesquisa, algumas situações puderam direcionar o pesquisador a tomar decisões que impactem diretamente em uma revisão do plano de pesquisa. Estratégias de coleta de dados ou intervenções relacionadas à amostra elaborada podem sofrer mudanças. Como resultado, novas inquietações surgem acompanhadas de outras perguntas, que direcionam a pesquisa a outras estratégias que não foram previstas na fase inicial (Creswell, 2014).

Nesse sentido, Mól (2017) defende que o pesquisador precisa dialogar constantemente com sua metodologia de pesquisa[49], pois sua experiência na pesquisa permite que ele reflita em cada etapa da investigação, o que pode resultar em ajustes metodológicos na condução do estudo. No caso desta pesquisa, algumas mudanças procedimentais foram realizadas devido a novos elementos que surgiram no decorrer do projeto piloto, ver Figura 07. Detalhes dessas alterações serão apresentados no decorrer deste capítulo.

Na esfera do levantamento de dados, várias técnicas podem ser utilizadas, como entrevistas, questionários, opiniário, gravações e coleta documental (Charmaz, 2014; GIL, 2021; Marconi; Lakatos, 2021; Rosa, 2015). Contudo, o pesquisador precisa ser rigoroso no processo de validação dos instrumentos, pois essa etapa não pode ser desconsiderada, uma vez que a apresentação e análise dos dados dependem diretamente da maneira como foram produzidos.

É importante também se atentar aos problemas relacionados à fidedignidade externa do estudo, como o *status* do pesquisador, a escolha da amostra, as condições e situações sociais, os conceitos analíticos e o procedimento de coleta de dados. Outros problemas podem surgir na pesquisa em relação à fidedignidade interna, como a utilização de descritores de baixo nível de inferência, envolvimento de vários pesquisadores, interação entre participantes e pesquisadores, validação de resultados por pares e coleta "mecânica" de dados (Greca, 2002).

Nesta pesquisa, foram elaborados quatro instrumentos de coletas de dados: três questionários, relatórios de leituras, registros de vídeos e entrevistas. Os questionários, uma das

[49] Entenderemos como "o estudo dos métodos pelos quais fazemos pesquisa ou, em outras palavras, o estudo dos métodos que nos permitem obter novos conhecimentos" (Rosa, 2015, p. 22).

ferramentas mais comuns da pesquisa, foram compostos exclusivamente por questões fechadas, as quais possuem opções de respostas determinadas e basta ao respondente assinar a sua escolha, ou por abertas, situação que remete o respondente a elaborar as respostas por suas próprias palavras (Rosa, 2015). Os questionários continham apenas questões abertas e foram validados em duas etapas.

Primeiro, foram revisados por pares. O pesquisador elaborou as questões de cada questionário e enviou para o orientador respondê-las. Ajustes gramaticais, de semântica e contexto das questões foram realizados. Os acadêmicos do curso de Física do ano de 2016 que cursaram a disciplina Física III responderam aos questionários. Novamente, alguns ajustes foram realizados. Destacamos que em duas questões, uma do questionário dos subsunçores e outra do questionário das concepções prévias, a numeração da figura não era a mesma da legenda. Após o apontamento feito por um aluno, realizamos a correção das legendas. Em uma figura do teste subsunçor não havia uma notação para apontar qual era o polo de maior potencial da bateria e qual era o ponto de menor potencial. Nesse caso, o aluno não teria condições de determinar qual seria o sentido da corrente elétrica. Após a sinalização feita por um aluno, acrescentamos os pontos A e B para indicar qual era o polo de maior potencial. Na seção 4.2, abordaremos como utilizamos os questionários nesta pesquisa.

O relatório de leitura foi formulado para o acadêmico registrar as suas interpretações sobre as leituras dos artigos sobre a história do eletromagnetismo que foram lidos nas aulas de Física III. O relatório foi inspirado nas fichas de leituras, que é um recurso com o qual o leitor pode fazer suas anotações sobre o texto lido (Marconi; Lakatos, 2021). Disponibilizamos um modelo do relatório no apêndice A.

Ao longo da pesquisa, foram conduzidas sete entrevistas, sendo seis delas realizadas com os estudantes que frequentaram a disciplina Física III, e uma entrevista realizada com o docente responsável por ministrar a referida disciplina. A entrevista com o professor ocorreu no final de 2017. As entrevistas com os estudantes ocorreram em 2023, seis anos após a conclusão da disciplina pelos participantes. A decisão de conduzir as entrevistas surgiu após a avaliação de qualificação do pesquisador.

A recomendação da banca de avaliação, durante a qualificação, foi que o pesquisador conversasse com os alunos que realizaram as atividades relacionadas à história do eletromagnetismo, com a finalidade deles concederem uma entrevista, com a finalidade de verificar se houve resquício da participação do pesquisador no decorrer da disciplina Física III.

O critério de seleção dos entrevistados foi baseado na realização de ao menos uma atividade escrita sobre os textos.

O pesquisador entrou em contato com nove acadêmicos, dos quais dois não demonstraram interesse em participar das entrevistas e um não concluiu a disciplina. Portanto, as entrevistas foram conduzidas com seis alunos, sendo que quatro deles obtiveram graduação em bacharelado e dois em licenciatura em Física.

As entrevistas foram de natureza não estruturada focalizada. Conforme explicado por Marconi e Lakatos (2021), nesse tipo de entrevista o entrevistador elabora um roteiro com tópicos relativos ao assunto abordado e busca, por meio de perguntas, os motivos, as razões ou os esclarecimentos da resposta do entrevistado.

A entrevista é um recurso que possibilita o acesso para saber "como são as pessoas, o que elas fazem, o que elas fizeram, o que pretendem fazer, o que sabem, o que valorizam, o que almejam, o que temem, no que creem e muito mais" (Gil, 2021, p. 98). Este autor elenca sete vantagens que o pesquisador pode ter ao utilizar a entrevista como instrumento de coleta de dados. Dentre as vantagens, destacamos a reconstrução dos eventos que permite ao entrevistado relatar situações do passado que seja de interesse do pesquisador; a obtenção de dados em profundidade, que possibilita ao entrevistado expressar ideias ou conceitos mais ricos em detalhes, diferentemente do questionário; o acesso à realidade interna dos indivíduos, que viabiliza acessar a percepção da experiência interna das pessoas, suas crenças, sentimentos e valores; a flexibilidade, que além de permitir um agendamento do local e do tempo, conforme a disponibilidade do entrevistado, permite ao pesquisador explorar algum assunto que não estava programado, desde que tenha consentimento do entrevistado.

Gil (2021) também elencou sete desvantagens quanto ao uso da entrevista, das quais destacaremos quatro: i) *a falta de motivação ou o excesso de motivação do entrevistado*, que podem atrapalhar a entrevista, tanto pela carência de informação quanto pelo excesso de informação; ii) *a dependência* da capacidade das pessoas para verbalizar suas ideias, ou seja, as ações do pesquisador ficam limitadas se o entrevistado apresenta dificuldades para elaborar e externas as suas ideias; iii) *o temor da violação do anonimato*, o entrevistado pode não se sentir confortável com os assuntos abordados na entrevista ou ficar inseguro por ter as suas ideias divulgadas; iv) *dependência da memória do entrevistado*, dependendo do objetivo da pesquisa, é fundamental que o entrevistado recorra às suas lembranças para poder elaborar as respostas para o pesquisador.

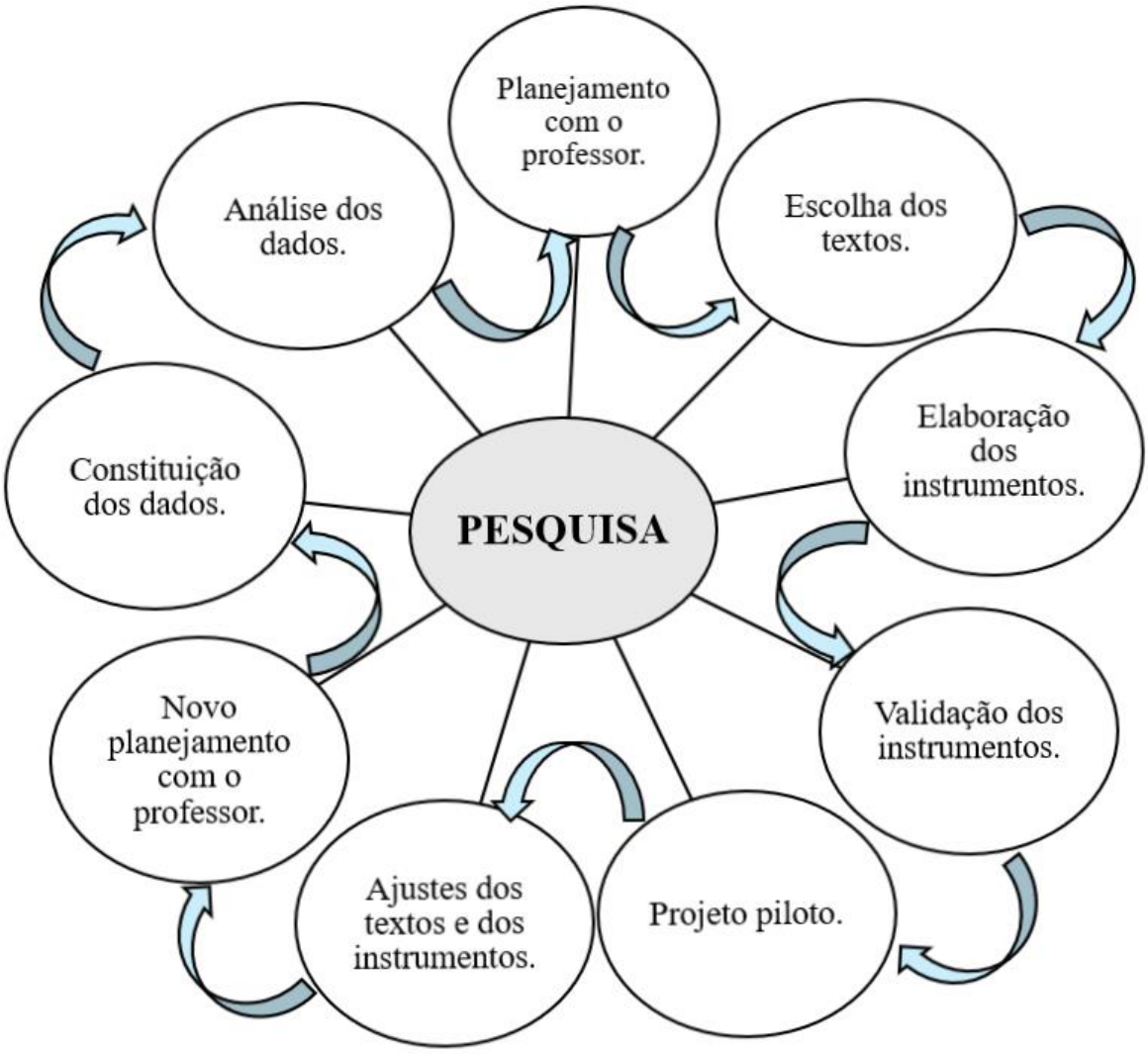
Um aspecto que precisa ser abordado em pesquisas experimentais da área da educação é a relação de confiança que deve ser criada entre o pesquisador e o sujeito da pesquisa. Além disso, os participantes precisam ser informados sobre todas as etapas da pesquisa e sobre como serão coletadas as suas informações que colaborarão para o decorrer da pesquisa. Para isso, é recomendando que o pesquisador explique os objetivos da investigação, a maneira que os participantes fornecerão os seus dados, como esses dados serão utilizados e armazenados (Gil, 2021; Rosa, 2015). Para deixar registradas as ações da pesquisa e pedir a autorização dos dados, o pesquisador elaborou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e entregou para os participantes, para eles ficarem cientes das etapas da pesquisa.

Outra abordagem metodológica da nossa investigação envolve a análise documental dos textos sobre a origem do eletromagnetismo. Para Gil (2021), documento é aquilo que qualifica algo e é usado para conhecer o seu conteúdo, por meio de informações que são registradas em um suporte. Podem ser considerados para uso da pesquisa "1. documentos pessoais; 2. documentos administrativos; 3. material publicado em jornais e revistas; 4. publicações de organizações; 5. documentos disponibilizados na internet; 6. registros cursivos; e 7. artefatos físicos e vestígios." (Gil, 2021, p. 131). Segundo Lima Junior *et al.*(2021), a análise documental pode ser usada na metodologia qualitativa por considerá-la como meio que proporcional a compreensão detalhada e aprofundada dos assuntos que são investigados. De acordo como Rosa (2015), a análise documental interessa à pesquisa por duas razões: i) pode ser um fim em si mesmo e ii) geralmente é a etapa inicial de uma pesquisa empírica.

Diante da definição de documento encontrada no trabalho de Gil (2021), há possibilidade de usar os documentos como uma fonte de dados para a análise qualitativa, conforme posto por Lima Junior *et al.*(2021) e pela primeira razão exposta por Rosa (2015) quanto ao interesse em trabalhar com análise documental na pesquisa. Reconheceremos os textos históricos originais, as traduções comentadas e os textos que tratam da história do eletromagnetismo escritos por comentadores como documentos. Para fins de análise desses materiais, nos inspiraremos nos elementos da epistemologia de Fleck. Assim, construiremos um percurso metodológico para verificar se as hipóteses apresentadas no objetivo desta pesquisa são validadas. Na

Figura **10**, destacamos cada etapa empírica da pesquisa, que iniciou com o planejamento da disciplina com o professor e finalizou com a análise dos dados.

Figura 10. Etapas empírica da pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

A decisão de integrar a História da Física na disciplina Física III do curso de Bacharel e Licenciatura em Física foi fundamentada em resultados de trabalhos que investigaram a contribuição da inclusão de atividades dessa natureza como elementos facilitadores da aprendizagem (Ataide; Silva, 2011; Boss *et al.*, 2016; Boss; Souza Filho; Caluzi, 2010).

A partir das leituras dessas traduções comentadas e dos textos escritos por comentaristas sobre os trabalhos dos cientistas do passado, escolhemos uma amostra textual que serviu como fonte de elementos históricos na composição de dados da etapa teórica da pesquisa. Escolhemos seis entre os selecionados para o desenvolvimento da etapa teórica da pesquisa, os quais foram utilizados na abordagem da pesquisa empírica.

4.2. Delineamento da pesquisa

Para a constituição de dados da pesquisa, elaboramos três questionários que foram aplicados em diferentes momentos da disciplina. O primeiro questionário, aplicado na primeira aula, teve o objetivo de conhecer os subsunçores dos alunos. O segundo questionário, aplicado na segunda aula, teve o objetivo de identificar as concepções espontâneas dos alunos sobre as interações eletromagnéticas. O terceiro questionário, aplicado no último encontro, apresentou problemas sobre os assuntos que foram abordados que foram estudados com o pesquisador.

Além dos questionários, os alunos escreveram um relatório das suas interpretações sobre os textos de cunho histórico, estudados em cada encontro. Outra estratégia para constituir os dados foi a elaboração de memorando de campos pelo pesquisador. Por meios desses, o pesquisador registrava as suas concepções sobre os encontros e sobre as entrevistas. Ao todo foram realizadas sete: uma com o professor da disciplina e seis com alunos voluntários que cursaram a disciplina.

Nesta pesquisa, adotamos uma abordagem qualitativa com um delineamento empírico experimental. Realizaremos uma intervenção em uma situação real de ensino, com o propósito de analisar o resultado o dessa intervenção (Rosa, 2015). Segundo esse autor, o procedimento metodológico deve estar subordinado à questão básica da pesquisa e ao referencial teórico, como demonstrado no esquema da Figura 11.

Figura 11 Em seu estudo sobre a metodologia qualitativa, Greca (2002), em seu estudo sobre metodologia qualitativa, já havia notado que poucos trabalhos, na época de publicação do artigo, discutiam as relações entre o referencial teórico adotado, as questões de pesquisa, o objeto de estudo, a metodologia e as respostas para essas questões.

Figura 11. Relação de subordinação entre referencial teórico, questão básica e metodologia.

Fonte: Rosa (2015).

4.3. Os desafios para a escolha dos textos históricos

Na primeira etapa da pesquisa, realizamos um mapeamento dos conceitos do eletromagnetismo, que foram elaborados e propostos no início da década de 1820, ano que o dinamarquês Ørsted apresentou seu experimento[50] sobre a deflexão de uma agulha imantada devido a ação corrente elétrica[51]. A partir da leitura do trabalho de Martins (1986) sobre o resultado do experimento de Ørsted e suas consequências, elencamos os principais assuntos sobre o eletromagnetismo e os principais personagens que se dedicaram ao avanço dos estudos nessa nova área da ciência.

Além disso, verificamos na bibliografia da disciplina Física III, do curso de Física na qual ocorreu a etapa da pesquisa empírica, quais foram os livros textos escolhidos pelo docente responsável pela disciplina. A partir desse levantamento, acessamos cada livro com a finalidade de observar como os conceitos do eletromagnetismo estavam organizados e se havia algum tipo de comentário a respeito do experimento de Ørsted. Os livros escolhidos foram "Curso de Física Básica: Eletromagnetismo" (Nussenzveig, 2015), "Fundamentos de Física: Eletromagnetismo" (Halliday; Resnick; Walker, 2016), "Física III: Eletromagnetismo" (Young; Freedman, 2010).

Com base no texto sobre a história do experimento de Ørsted e na organização do conteúdo sobre o eletromagnetismo em cada livro didático e do plano de ensino da disciplina

[50] No artigo de Martins (1986) há uma descrição do experimento de Ørsted e uma abordagem histórica sobre as questões que direcionaram a realiza do experimento. O título do artigo é "Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo". Outra fonte que aborda o resultado do experimento de Ørsted, a interpretação odo experimento e as discussões no meio científico pós a divulgação do experimento com a agulha imantada é o artigo 'As diferentes versões do experimento realizado por Hans Christian Ørsted – A ação da corrente elétrica obre a agulha imantada- e seu significado para a Física" (Souza Filho, *et al.*, 2010). Gardelli (2018)escreveu um artigo que trata das ideias anteriores ao experimento de Ørsted e culmina em sua relação com o resultado experimental. O título deste artigo é "Antecedentes históricos ao surgimento do Eletromagnetismo".

[51] Ørsted não usou este termo para expressar o movimento de cargas elétricas pelo fio. O dinamarquês usava a terminologia *conflito elétrico* para descrever o que atualmente chamamos de corrente elétrica (Chaib; Assis, 2011).

Física III, elaboramos o recorte histórico com o qual trabalhamos na construção de uma síntese[52] da origem do eletromagnetismo, disponível no capítulo 3 desta tese.

Selecionamos as obras de traduções comentadas e de comentadores da História da Física, cujas temáticas são as colaborações de Hans Christian Ørsted (1777 – 1851), François Jean Dominique Arago (1786 – 1853), André-Marie Ampère (1775 – 1836), Jean-Baptiste Biot (1774 – 1862), Felix Savart (1791-1841), Michael Faraday (1791 – 1867) e James Clerck Maxwell (1831 – 1879) na origem e desenvolvimento do eletromagnetismo. Após a leitura desses textos, realizamos uma reunião com o professor da disciplina para planejarmos os encontros que o pesquisador teria com os alunos.

Buscamos na literatura textos que pudessem compor o material que foram usados como organizadores avançados. No capítulo 3, apresentamos trabalhos publicados nos quais os textos sobre a História da Física foram empregados em atividades de ensino. Logo, de posse dos elementos teóricos da epistemológicos de Fleck, o estilo de pensamento, o coletivo de pensamento e a protoideia, encontramos os seis textos[53] que poderiam auxiliar os alunos na aprendizagem dos conceitos da interação eletromagnética.

Dessa maneira, integramos a História da Física e TAS para elaborar um material que pudesse cumprir a função didática como organizador avançado. Ademais, esses textos precisavam estar em consonância ao planejamento da disciplina do professor, pois não elaboramos um curso paralelo de história do eletromagnetismo, mas sim integramos as atividades de natureza históricas dessa área da Física na disciplina Física III.

4.4. A amostra da pesquisa empírica

A amostra foi composta por 13 acadêmicos do terceiro semestre do curso de Física de uma universidade pública do Estado de Mato Grosso do Sul, onde o curso foi ofertado no período diurno em 2017[54]. A disciplina Física III foi escolhida para o desenvolvimento do estudo, fundamentando essa escolha em duas justificativas. A primeira, baseia-se no interesse

[52] Síntese, neste contexto, não conota a uma escrita superficial em relação ao eletromagnetismo. Pelo contrário, denota que construímos um texto que discorreu sobre os fatos que envolvem a origem do eletromagnetismo com base nas leituras de artigos ou livros que trabalharam com traduções comentadas, comentadores da história do eletromagnetismo e em alguns textos originais. Não é o objetivo deste trabalho escrever a história do eletromagnetismo, mas utilizar da produção histórica sobre a temática, sob à luz da epistemologia de Fleck e depois analisar as suas contribuições para a aprendizagem dos conceitos de Física III .

[53] As páginas iniciais de cada texto estão disponíveis nos Anexos A, B, C, D, E e F.

[54] O doutorando teve acesso aos dados apresentados nesta tese no ano de 2017, no decorrer de um doutorado que foi interrompido.

do pesquisador em estudar a história do eletromagnetismo e a epistemologia de Fleck. Portanto, elaborou-se a possibilidade de interpretar a história do eletromagnetismo sob a ótica da teoria fleckiana. A segunda justificativa, de cunho pedagógico, é fundamentada na metodologia de ensino que foi construída pelo professor responsável pela disciplina. O professor já havia ministrado várias vezes, ao longo de sua carreira docente na mesma universidade, a disciplina Física III. Por ser um pesquisador em Ensino de Física, o professor responsável pela disciplina desenvolveu um material, conforme os pressupostos de Ausubel, para ser utilizado em suas aulas de Física III. A proposta do pesquisador não foi validar ou avaliar o material utilizado pelo professor, mas elaborar um recurso didático que pudesse contribuir com o material já existente.

4.5. A etapa empírica da pesquisa e os desafios em trabalhar com os textos históricos do eletromagnetismo como organizadores prévios

Nesta seção, relataremos como foi desenvolvida a pesquisa empírica. A pesquisa foi realizada em uma situação real[55] de aula, ou seja, não foi criado um curso paralelo para que os alunos pudessem participar de encontros, estudar materiais ou desenvolver atividades fora do horário das aulas. Um dos interesses desta pesquisa foi observar se a proposta pedagógica dos organizadores avançados (os textos históricos) colaboraria com a aprendizagem significativa de conceitos referentes ao eletromagnetismo.

No início da construção metodológica, houve uma dúvida acerca da escolha da disciplina que poderíamos trabalhar com os textos. Para sanar essa dúvida, verificou-se em qual período do curso de Física, da universidade em que foi realizada a pesquisa, os alunos teriam pela primeira vez contato com o conceito de interação eletromagnética. De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso, a disciplina Evolução das Ideias da Física II proporcionaria aos acadêmicos o primeiro contato com esse conceito. Essa disciplina, cuja carga horária era de 68h, foi oferecida no segundo semestre e não exigia pré-requisitos para cursá-la. A Física III[56], com carga horária de 102h, seria a próxima disciplina do curso em que os acadêmicos estudariam o eletromagnetismo. Para poderem efetuar a matrícula nessa disciplina, os alunos precisavam estar aprovados em cálculo I.

---

[55] Este termo é muito complexo e demanda muitas discussões, tanto no campo da filosofia quanto da psicologia. Como não é de interesse desta pesquisa entrar nessas discussões, o emprego do termo, neste contexto, terá o significado encontrado no dicionário Michaelis: Real, que não é imaginário; que tem existência no mundo dos sentidos; concreto, objetivo. Aquilo que não é falso ou imitativo, que não é aparente, é verdadeiro.

[56] A ementa e bibliografia da disciplina podem ser consultadas no anexo G.

Ao estudar a ementa das duas disciplinas, optou-se pela Física III, pois a carga horária era consideravelmente maior. Além disso, teríamos a possibilidade de introduzir a História da Física, particularmente a história do eletromagnetismo, durante aulas, promovendo o debate entorno das primeiras ideias conceituais, em uma disciplina caracterizada pelas muitas demonstrações matemáticas. Após a escolha da disciplina, o próximo passo foi agendar uma reunião com o professor responsável para iniciar o planejamento. O horário das aulas era das 07h30 às 09h30, às segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras. Assim, a disciplina tinha um total de três encontros por semana, totalizando 12 h de aula.

No início do semestre letivo de 2016-1, o professor e o pesquisador planejaram a disciplina, que naquele momento foi projeto piloto. Um dos objetivos foi avaliar se os textos escolhidos e a dinâmica de debate contribuiriam para a aprendizagem dos alunos. Outro objetivo consistiu na validação dos questionários.

O planejamento da disciplina foi realizado em conjunto com o professor de Física III. Devido ao conhecimento prévio do material que o professor usaria na disciplina e o fato de uma relação amistosa com o docente, o pesquisador sugeriu os momentos da disciplina para trabalhar com os textos da história do eletromagnetismo, o que foi prontamente aceito. Durante a elaboração do planejamento da disciplina, também foram definidos os encontros nos quais os testes escritos seriam aplicados, como também a realização do experimento de Ørsted com os alunos. Na elaboração da metodologia de pesquisa empírica para esta investigação, dedicamos atenção especial à relação entre os elementos epistemológicos e os conceitos da teoria de aprendizagem em cada etapa. No entanto, esse relacionamento não foi explicitado para os alunos, uma vez que nosso objetivo não foi discutir as bases do eletromagnetismo pela ótica da epistemologia com os acadêmicos. No contexto da pesquisa empírica, o nosso objetivo foi avaliar se os textos selecionados colaborariam para a formação de conceitos e, consequentemente, com a aprendizagem dos acadêmicos.

Organizamos a disciplina para promover a intervenção em três condições. A primeira remeteu à aplicação dos dois testes iniciais, um para conhecer as concepções prévias[57] dos alunos e outro para mapearmos os conceitos *subsunçores.*

O primeiro teste foi aplicado no segundo encontro da disciplina, uma vez que o primeiro encontro o professor apresentou os combinados pedagógicos e explicou que no decorrer da disciplina seria realizada uma pesquisa. O docente esclareceu que as atividades desenvolvidas

[57] No capítulo da referência de aprendizagem há uma discussão sobre o conceito de concepções prévias e conceitos subsunçores.

em conjunto com o pesquisador fariam parte da composição das notas da disciplina. No mesmo encontro, o pesquisador foi apresentado para a turma. O professor informou aos alunos que a participação na pesquisa não era obrigatória. Ainda na segunda aula, o pesquisador apresentou as questões da sua pesquisa, os objetivos e a proposta metodológica. Também foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para os alunos assinarem. O segundo teste foi aplicado antes de entramos na unidade de eletromagnetismo, que teve início com o estudo dos campos magnéticos gerados por uma corrente elétrica estacionária.

Além da leitura e dos debates sobre o conteúdo dos textos, a proposta de intervenção previa uma atividade experimental. O experimento analisado foi a deflexão da agulha magnetizada de Ørsted. Durante a demonstração do experimento, o pesquisador fazia perguntas relacionadas aos fenômenos físicos envolvidos na prática. O objetivo era provocar os alunos para que eles externassem suas concepções frente ao fenômeno observado. O experimento e os textos foram os organizadores avançados da pesquisa. Essa estratégia foi utilizada para que os alunos pudessem relacionar os seus *subsunçores* aos novos conceitos presentes no material preparado pelo professor da disciplina, conforme visto na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

O programa da disciplina, disponível na .

Figura **12**, não contemplava a sequência de conteúdo encontrada nos livros didáticos sugeridos na ementa (Halliday; Resnik; Walker, 2016; Nussenzveig, 2015; Tipler; Mosca, 2009b). Os conteúdos foram organizados sob a perspectiva ausubeliana da diferenciação progressiva, iniciando pelos conceitos mais gerais e avançando para os mais específicos.

Figura 12. Programa dos conteúdos da disciplina.

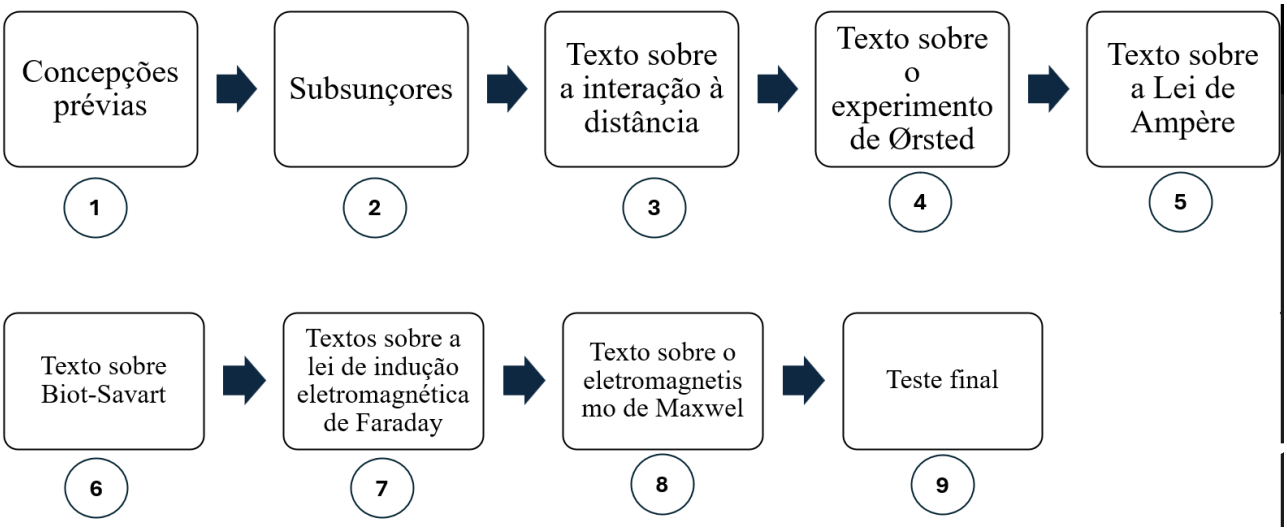
3. Programa:

Unidade I - Campos no vácuo (60 horas).
1 - Campos: definição de campo e de fonte de um campo - cargas e correntes - Fluxo e rotacional de um campo vetorial;
I.2 - O campo elétrico: Leis de Gauss e Coulomb e o potencial eletrostático;
I.3 - O campo magnético: Leis de Gauss e Biot-Savart e o potencial vetorial;
I.4 - Campos dependentes do tempo: equações de Maxwell;
I.5 - Energia e momento do campo eletromagnético: armazenamento e fluxos;
I.6 - Formas de geração de energia, eficiência energética e sustentabilidade;
I.7 - Obstáculos epistemológicos e o ensino de Física;
I.8 - Concepções espontâneas em eletricidade e magnetismo;
I.9 - Formas de superação das concepções espontâneas: o modelo de mudança conceitual e o modelo dos perfis
conceituais.
Unidade II - Circuitos elétricos (30 horas).
II.1 - Definições de corrente, densidade de corrente e de circuito elétrico;
II.2 - Componentes de um circuito elétrico: fontes de tensão, resistores, indutores e capacitores;
II.3 – Cálculo de circuitos equivalentes e dimensionamento de um circuito elétrico;
II.4 - Segurança em circuitos elétricos e dispositivos de proteção: raios e descargas elétricas atmosféricas;
II.5 - Perdas de energia em circuitos elétricos e sustentabilidade;
II.6 - Contextualizando o ensino de Física e a construção de significados;
II.7 - Representações dos conceitos em Física e a Matemática como linguagem;
II.8 - Ciência, Tecnologia e Sociedade e o ensino de Física.
Unidade III - Campos e meios materiais (12 horas).
III.1 - Campos elétricos em meios materiais e o vetor deslocamento elétrico;
III.2 - Campos Magnéticos em meios materiais e o vetor H;
III.3 - Materiais e sua resposta à aplicação de campos magnéticos;
III.4 – Aplicações, tecnológicas de materiais magnéticos.

Fonte: Plano de Ensino Física III (2017).

A programação elaborada pelo pesquisador e professor responsável pela disciplina previa que os alunos realizariam as atividades relacionadas com a pesquisa em nove encontros seguidos, conforme indicado na Figura 13. As leituras dos textos deveriam ocorrer em um horário exta-aula. No decorrer das aulas, os alunos se reuniriam, discutiriam as suas impressões e cada grupo elaboraria o seu roteiro de leitura para depois ocorrer a socialização das conclusões. Dessa maneira, o professor trabalhava com os alunos na primeira hora da disciplina e na segunda hora, os alunos desenvolvia as atividades com o pesquisador.

Figura 13. Sequência das atividades durante o projeto piloto realizada em 2016.



Fonte: Autoria própria

Os textos estudados pelos alunos também passaram por um procedimento de validação, tanto em conteúdo quanto de logística, pois o momento em que o pesquisador trabalharia com eles era relevante para a pesquisa. Da mesma maneira os testes foram aplicados com os alunos matriculados na disciplina Física III em 2016, validamos os textos com os mesmos alunos. A proposta era observar como os alunos interagiriam com os textos e quais seriam as suas percepções sobre o material. Os textos foram estudados ao longo de duas semanas, no decorrer da disciplina. A estratégia de ensino consistia em disponibilizar os textos na íntegra e pedir aos alunos que fizessem a leitura fora do horário de aula.

Na segunda semana, os alunos tiveram encontros somente com o pesquisador, pois o professor da disciplina se ausentou devido a compromissos institucionais. Em cada encontro, foi discutido apenas um texto. Como as atividades de validação não compunham as notas dos alunos na disciplina, a participação foi muito baixa, a ponto de, em um encontro, aparecerem somente dois alunos, e em outro, apenas um aluno. Um ponto que destacamos é o comprometimento do professor da disciplina com a pesquisa. Em todas as aulas, o professor comentava sobre a importância para os alunos de estudarem a História da Física e os incentivava a participar da pesquisa. Mesmo assim, o interesse pela leitura dos textos foi muito baixo.

O mesmo aconteceu quando testamos os relatórios de leitura. A adesão para entregar o material foi muito baixa. De posse dos poucos relatórios de leitura, verificamos que havia necessidade de ajuste no instrumento. A única modificação que fizemos foi deixar o campo destinado ao título do texto preenchido.

Notamos que os alunos que participaram da validação dos instrumentos não ficaram entusiasmados com a abordagem histórica do eletromagnetismo concomitante à disciplina Física III. Em conversa com o pesquisador, os alunos que entregaram os relatórios disseram que as atividades das demais disciplinas tomavam muito tempo, por isso eles não faziam as leituras dos textos fora do horário de aula. Outro apontamento dos alunos foi que eles tiveram dificuldade quanto à extensão dos textos.

Os resultados dessas devolutivas também apareceram no trabalho de Boss, *et al.* (2016). Esses autores discutiram as dificuldades que os alunos apresentaram para lerem e entenderem as traduções de fontes primárias. No mesmo trabalho, os autores solicitaram aos alunos que fizessem sugestões de elementos que poderiam ser adicionados às traduções de fontes primárias para favorecer o entendimento. Os alunos sugeriram que os pesquisadores poderiam inserir nos textos comentários em forma de notas, figuras, uso de experimentos históricos, biografias do autor da obra traduzida, entre outros.

Com base nos resultados dos relatórios de leitura e nas observações dos alunos a respeito das dificuldades na leitura dos textos, reestruturamos o material para a leitura e o registro de suas impressões. A sugestão adotada para tornar os textos mais acessíveis foi usar excertos de cada um deles. Dessa maneira, conseguimos manter as traduções dos textos originais, permitindo aos alunos a oportunidade de ler textos escritos por cientistas de outra época.

No ano seguinte, 2017, o professor e o pesquisador planejaram novamente a disciplina. Foram realizadas as adequações dos textos, das fichas de leitura e dos questionários. Os textos históricos foram estudados antes do professor iniciar a unidade que abordava o tema do texto, conforme a Figura **14**.

Além de inserir os textos em momentos diferentes, comparado ao projeto piloto, realizamos a substituição do primeiro texto. O texto trabalhado com os alunos em 2016, “Interações na Física – Ação à distância versus ação por contato”, escrito pelo professor André Assis (Assis, 2006), foi substituído. Este texto, composto por 16 páginas, discutia os tipos de interações, apresentava exemplos de fenômenos explicáveis tanto pela ação à distância quanto pela ação por contato, e explorava a ideia de interação mediadas por campos.

Embora o texto pudesse ser usado como uma introdução ao conceito de interação entre corpos, ao planejarmos o projeto da pesquisa, decidimos priorizar os textos que fossem traduções comentadas. Com base nos resultados do projeto piloto, durante o replanejamento, procuramos um texto sobre interação entre corpos escrito por um personagem dos estudos iniciais do eletromagnetismo.

Após essa busca, optamos por substituir o artigo do professor Assis, pelo texto “Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distância” (Tort; Cunha; Assis, 2004). Este texto atendia às características desejadas para iniciar a discussão sobre o conceito de interação, uma vez que era o primeiro tópico ensinado pelo professor. O artigo é uma tradução comentada de um texto original de um cientista que contribuiu para o desenvolvimento do eletromagnetismo e contém 10 páginas, seis a menos que o primeiro texto usado no projeto piloto.

Figura 14. Procedimento experimental da pesquisa empírica em 2017.

Fonte: Elaboração própria.

Na primeira aula do semestre letivo, os alunos foram dispensados para poderem participar de um evento do curso. No segundo encontro, o professor apresentou o plano de ensino, comentou sobre a pesquisa e passou a palavra para o pesquisador explicar a pesquisa. Nessa aula, os alunos assinaram o TCLE e responderam ao teste de concepções prévias.

Em todos os encontros com o texto, a primeira parte da aula foi dedicada à leitura dos fragmentos do texto. Nos primeiros quinze minutos da segunda hora, os alunos foram divididos em grupos, compostos por no máximo três integrantes, para compartilharem o entendimento da leitura com os colegas. Após encerrarem as discussões, cada grupo escolheu um representante

para socializar os pontos discutidos. Essa dinâmica foi repetida nos outros cinco encontros nos quais usamos os textos históricos.

A programação do primeiro assunto da disciplina contemplou a "definição de campo". Logo, o primeiro texto lido pelos alunos abordava uma discussão sobre a interação a distância e interação por contato[58]. Escolhemos esse texto para que os alunos pudessem compreender que, para chegar à concepção de campo, seja de natureza gravitacional, elétrica ou magnética, encontrada nos livros textos, foram realizados muitos embates e debates. A natureza do texto é uma tradução comentada sobre os pensamentos de Maxwell quanto a ação à distância (Tort; Cunha; Assis, 2004).

Na última aula da seção 1.2, cuja temática era O campo elétrico, Leis de Gauss e Coulomb e o potencial eletrostático, o pesquisador aplicou o teste subsunçor, pois na primeira aula da seção 1.3, o professor abordaria o campo magnético.

Após a aplicação dos dois testes e da discussão dos dois textos sobre interação e antes do professor iniciar a seção 1.3, o pesquisador levou um kit experimental didático para realizar o experimento de Ørsted antes que o professor iniciasse a unidade de campo magnético. O kit experimental didático era composto por uma fonte de energia elétrica, fios condutores de eletricidade, uma agulha e uma bússola. Durante o desenvolvimento do experimento, os alunos foram questionados sobre o comportamento da agulha. Nesta etapa, nos atentamos para a compreensão dos acadêmicos quanto à interação entre a corrente elétrica e a agulha imantada.

Após o trabalho experimental, os alunos leram uma síntese intitulada "Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo" do professor Roberto Martins[59]. O texto teve como objetivo didático apresentar que a descoberta do eletromagnetismo por Ørsted não foi acidental, uma vez que o físico dinamarquês estudava e pesquisava os assuntos sobre eletricidade e magnetismo, além de compartilhar da corrente filosófica alemã conhecida como *Naturphilosophie*, que interpretava a natureza como um todo orgânico, composta de uma alma ativa (MARTINS, 1986).

O próximo assunto trabalhado pelo professor envolveu a Lei de Ampère. Assim, o texto lido pelos alunos foi" Uma tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre

[58] TORT, A. C.; CUNHA, A. M.; ASSIS, A. K. Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, p. 273–282, 2004. A página de apresentação do texto encontra-se no Anexo A.

[59] MARTINS, R. d. (1986). Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, 89-114. A síntese deste texto foi escrita pelo orientador desta pesquisa. A página de apresentação do texto encontra-se no Anexo B.

eletrodinâmica" (Chaib; Assis, 2007b)[60]. Neste trabalho, Ampère discute o experimento de Ørsted e propõe uma nova interpretação sobre ele. Os autores tecem comentários sobre a primeira obra de Ampère e a traduz na íntegra. Ao longo do texto, Ampère apresenta sua interpretação quanto ao conceito de tensão elétrica, corrente elétrica e sobre o sentido desta.

O próximo texto trabalhado com os alunos antecipou a aula sobre as Lei de Biot-Savart. O texto abordou o primeiro trabalho de Biot e Savart sobre o eletromagnetismo. A tradução comentada[61] continha as ideias de Biot e Savart com relação ao fenômeno da agulha imantada interagir com a corrente elétrica de um fio condutor. A interpretação dos cientistas abordou que a interação ocorre em função da ação direta do fio com as moléculas magnéticas de um polo da agulha, uma análise conceitual diferente da apresentada por Ørsted e por Ampère. Os autores concluíram que o torque sofrido pela agulha é inversamente proporcional à distância entre a posição do fio e aposição do centro da agulha.

O último texto e, consequentemente, o último organizador avançado, era uma tradução comentada do artigo de Faraday sobre a indução eletromagnética publicado em 1831[62]. Como este texto é extenso, 53 páginas, foram feitos recortes do mesmo para tornar possível a discussão em sala de aula. Os parágrafos selecionados tratam das observações sobre a indução eletromagnética, interpretadas por Michal Faraday (1791 – 1867). Em um primeiro momento do artigo, Faraday discorre sobre o fenômeno indução eletromagnética proporcionada por duas correntes elétricas, tomando por referência o experimento de Ampère. Em uma segunda parte do artigo, Faraday apresenta uma explicação para o experimento de Arago, fazendo com que o ímã se aproxime de um metal condutor e repetindo o processo inverso, aproximando um metal condutor de eletricidade a um ímã.

Na última etapa da coleta de dados, foram realizadas entrevistas individuais com os alunos, com o propósito de conhecer suas opiniões quanto a metodologia empregada durante a disciplina de Física III. Em 2023, seis anos após a constituição dos dados da pesquisa, foi

[60] Chaib, J., & Assis, A. (2007). Sobre os efeitos das correntes elétricas- Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. Revista da Sociedade Brasileira de História das Ciências, 5(1), pp. 85-102. A página de apresentação do texto encontra-se no Anexo C.
[61] ASSIS, K. T.; CHAIB, J. P. M. Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo. Caderno de História e Filosofia da Ciência, v. 16, n. 2, p. 303-306, 2006. A página de apresentação do texto encontra-se no Anexo D.
[62] FARADAY, M. Pesquisas experimentais em eletricidade. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 28, n. 1, 2011. 152-204. Tradução: ASSIS, A.K.T.; HARUANA, L.F. A página de apresentação do texto encontra-se no Anexo E.

realizado o convite para os alunos que cursaram a disciplina em 2017 e seis se voluntariaram para serem entrevistados.

É importante destacar que em nenhuma atividade realizada na pesquisa os alunos foram contemplados com notas ou algum tipo de “regalia” na disciplina. A turma de 2017 dedicou-se mais às atividades da pesquisa. Os alunos que participaram efetivamente da pesquisa não foram contemplados com certificação ou qualquer tipo de declaração, pois o objetivo era elaborar um material que pudesse ser inserido no contexto da disciplina Física III. Em todas as aulas, o professor atentava os alunos para a importância, em termos de aprendizagem, das atividades propostas pelo pesquisador sobre a história do eletromagnetismo.

5. A CONSTRUÇÃO DE UMA TEORIA FUNDAMENTADA NA DIMENSÃO DA INTEGRAÇÃO DA HISTÓRIA DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo, evidenciaremos a maneira como arquitetamos da construção dos dados[63] ao longo da pesquisa, a aplicação da metodologia de pesquisa, os pressupostos teóricos que compõem o referencial adotado para a análise dos dados e os resultados emergentes do nosso estudo. Para isso, dividiremos o capítulo em quatro seções. Na primeira, percorreremos o desenvolvimento histórico da Teoria Fundamentada, com foco em três vertentes dessa teoria: A Clássica – também conhecida como Glesseriana -, a Straussiana e a Construtivista. Destacaremos os principais pontos de convergência e de divergência dessas vertentes. Na segunda seção, discutiremos a Teoria Fundamentada na perspectiva Construtivista, escrita pela autora Kathy Charmaz. Retomaremos alguns elementos conceituais destacados na seção 5.1 e justificaremos a escolha dessa vertente da Teoria Fundamentada. Na terceira seção, destacaremos os procedimentos de construção dos dados da pesquisa empírica e a elaboração dos códigos iniciais e focalizados, e na quarta seção, as categorias analíticas e a teoria substantiva.

5.1. Apresentação da Teoria Fundamentada (TF)

A Teoria Fundamentada (TF) foi desenvolvida ao longo da década de 1960 por dois sociólogos, Barney Galland Glaser[64] (1930-2022) e Anselm Leonard Strauss[65] (1916 – 1996). Charmaz (2009) destaca que esses pesquisadores conceberam a teoria como uma resposta à discordância em relação aos métodos e análises sistemáticas empregados no campo da pesquisa qualitativa naquela época. A motivação para a criação da TF originou-se da investigação sobre o processo de morte em hospitais[66] conduzida por Strauss e Glaser. Nesse contexto, propuseram um estudo analítico cuja sistemática fosse projetada para gerar teorias capazes de explicar os

[63] A terminologia "construção de dados" estará presente em nossa análise para evidenciar que a proposta metodológica está alinhada com os referenciais epistemológicos e de análises. Interpretamos, em ambos os referenciais, que os dados não estão disponíveis para serem encontrados ou coletados, mas são construídos de acordo com a intervenção do pesquisador no cenário da pesquisa.

[64] Sociólogo estadunidense, foi pesquisador na Universidade de Columbia – São Francisco – e um dos elaboradores da Teoria Fundamentada.

[65] Sociólogo estadunidense, foi professor na Universidade de Columbia – São Francisco – e um dos elaboradores da Teoria Fundamentada

[66] Para saber mais sobre esta investigação, consulte *The Discovery of Grounded Theory Strategies for Qualitative Research* (Glaser; Strauss, 2017b).

processos sociais. Essa abordagem tinha como foco uma análise qualitativa que transcendesse meramente a descrição do fenômeno, contrapondo-se à tradição positivista de cunho hipotético-dedutivo na pesquisa qualitativa (Charmaz, 2009; Kenny; Fourie, 2015; Santos *et al.*, 2018).

A proposta de uma nova pesquisa qualitativa por parte de Glaser e Strauss instigou outros pesquisadores a explorarem a Teoria Fundamentada (TF) de várias perspectivas, especialmente no que se refere ao tratamento de dados. Em alinhamento com os avanços nas pesquisas qualitativas da época, emergiram críticas à abordagem da TF. Ademais, uma discordância significativa surgiu na relação entre Glaser e Strauss. Charmaz (2009) assinala que as discrepâncias nas visões filosóficas dos dois autores foram um dos motivos que contribuíram para a deterioração da parceria.

Os pressupostos epistemológicos e metodológicos de Glaser fundamentavam-se nas bases positivistas adotadas pela Universidade de Colúmbia. O desdobramento[67] dessas bases formalizou uma denotação atribuída ao entendimento da construção dos códigos, etapa fundamental da Teoria Fundamentada (TF). Em uma análise das convergências e divergências entre as dimensões Clássica - teoria elaborada por Glaser e Strauss -, Straussiana - proposta por Corbin e Strauss - e Construtivistas - desenvolvida por Charmaz - na TF, Kenny e Fourie (2015) destacaram a posição de Glaser, no qual admitiu que as análises realizadas pelos seres humanos tendem a influenciar inconscientemente a pesquisa devido aos preconceitos ou interpretações. Os autores afirmam que "a TF Clássica pode ser criticada como uma metodologia inconsistente, pois emprega um procedimento de codificação interpretativista dentro de um paradigma objetivista e positivista" (Kenny; Fourie, 2015, p. 1274, tradução nossa).

Glaser adotou uma abordagem mais empiricamente controlada para a Teoria Fundamentada (TF), empregando métodos codificados rigorosos e destacando descobertas resultantes por meio de uma linguagem mais específica. Charmaz (2009, p.22), ao apresentar sua versão construtivista da TF, enfatizou a coerência de Glaser ao seguir as premissas da TF Clássica. Segundo Charmaz, Glaser "defendeu a teoria fundamentada como um método de descoberta, tratou as categorias como algo cujo surgimento se dava a partir dos dados, baseou-se no empirismo objetivo e, frequentemente, restrito, e analisou um processo social básico".

A base filosófica de Strauss o afastou de Glaser, levando-o a seguir uma trajetória distinta na Teoria Fundamentada. Enquanto Glaser optou por manter as premissas

[67] Nesta tese, ilustraremos três abordagens da TF. Acentuaremos a nossa atenção na vertente construtivista, pois será a partir dela que faremos a análise dos dados. Outras abordagens podem ser encontradas no trabalho de Allen (2010) e Creswell (2014).

metodológicas da TF Clássica, Strauss percebeu que alguns aspectos dessa teoria poderiam ser reconsiderados. No trabalho de Leite, (2015, p. 77), observa-se que a discrepância filosófica entre os idealizadores da Teoria Fundamentada surgiu porque "seus fundadores, especialmente Glaser, não desconsideravam as orientações quantitativas do paradigma positivista; ao contrário, incentivavam a integração de métodos para fortalecer e ampliar a compreensão dos objetos de investigação".

Após o rompimento com Glaser, Strauss estabeleceu uma parceria com Juliet M. Corbin[68] (1942 -) e juntos desenvolveram uma nova versão da Teoria Fundamentada (TF), publicada em 1990 (Corbin; Strauss, 2014). Nessa abordagem, conhecida como TF Straussiana, os autores enfatizaram mais os procedimentos técnicos em detrimento dos métodos comparativos, característicos da TF Clássica. Ademais, destacaram os fundamentos filosóficos que os orientaram, ressaltando dois pilares epistemológicos que, segundo eles, diferenciam a TF Straussiana da TF Clássica: o envolvimento com a tradição do interacionismo de Chicago e a filosofia do pragmatismo (Corbin; Strauss, 2014).

Uma característica adicional da TF Straussiana devidamente registrada pelos autores no livro, relaciona-se ao comprometimento metodológico observado entre os pesquisadores seguidores dessa abordagem teórica.

> [...] a pesquisa qualitativa não pretende ter muita estrutura ou abordagem rígida de análise. É um processo interpretativo, muito dinâmico e de fluxo livre, e a menos que os investigadores compreendam os princípios básicos do que estão a tentar fazer, perderão estes aspectos da análise. A sua investigação torna-se superficial e não consegue fornecer os novos insights sobre o comportamento humano que dão à investigação qualitativa a sua vantagem dinâmica (Corbin; Strauss, 2014, p. 24).

A mudança em questão está vinculada à formação acadêmica de Strauss. Durante seu doutorado, na Universidade de Chicago, aproximou-se da corrente filosófica pragmatista. Alguns estudiosos consideram que a Teoria Fundamentada (TF) Straussiana se afastou mais da TF Clássica em termos metodológicos do que filosóficos, uma vez que sua base teórica exibe características do pós-positivismo. Nesse contexto, Strauss assumiu que a sociedade, a realidade e o indivíduo interagem por meio da linguagem, e os significados sociais subjetivos emergem das ações realizadas, das práticas de resolução de problemas e do estudo minucioso de cada ação (Charmaz, 2009).

---

[68] Juliet M. Corbin, socióloga estadunidense, foi professora da *San Jose State University School of Nursing* e pesquisadora do *International Institute for Qualitative Methodology, University of Alberta.*

A tendência construtivista foi proposta por Kathy Charmaz[69] (1939-2020). Charmaz, orientada por Anselm Strauss e em contato frequente com Glaser durante seu curso, demarcou claramente sua vertente filosófica da TF em sua obra "*Constructing Grounded Theory: a practical guide through qualitative analysis*"[70] de 2006. Segundo Charmaz, a TF Construtivista baseia-se na perspectiva histórica simbólica e destaca um retrato interpretativo do objeto estudado, não sendo um quadro fiel a ele (Charmaz, 2009).

A abordagem construtivista da TF apresenta influências filosóficas e metodológicas oriundas da abordagem Straussiana. A corrente construtivista adota o Interacionismo Simbólico e o Pragmatismo com uma ênfase particular no raciocínio abdutivo[71]. Contudo, é relevante destacar que ocorreu uma tentativa de rompimento com a perspectiva pós-positivista previamente adotada por Strauss e Corbin (Santos *et al*., 2018).

Essa ruptura enfrentou críticas por parte Kenny e Fourie (2015). Segundo esses autores, Charmaz buscou adotar uma postura filosófica que se situasse entre o pós-modernismo e o positivismo. Entretanto, na visão Kenny e Fourie, esse posicionamento tendeu mais para uma ontologia relativista pós-moderna, permitindo a análise de múltiplas realidades. Tal perspectiva é acompanhada por uma epistemologia relativista pós-moderna, na qual o pesquisador desempenha um papel influente processo de investigação, além de um caráter interpretativo pós-moderno em relação à metodologia.

Segundo Kenny e Fourie (2015, p. 1284), "em vez de representar um meio termo entre o pós-modernismo e o positivismo, o paradigma construtivista de Charmaz está intimamente correlacionado com uma filosofia pós-modernista".

Na

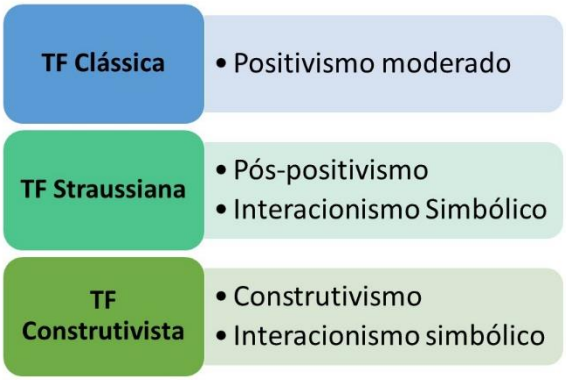
[69] Foi professora e pesquisadora em sociologia e elaboradora da Teoria Fundamentada Construtivista. Atuou como docente na Sonoma State University. Fez parte primeiro grupo de estudantes de doutorado da Universidade da Califórnia, em São Francisco, sob a orientação de Anselm Strauss.

[70] A obra traduzida para o idioma português foi publicada em 2009, cujo título é "A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa" (Charmaz,2009).

[71] Segundo Charmaz (2009, p. 145) "inferência abdutiva implica a consideração de todas as explicações teóricas possíveis para os dados, a elaboração de hipóteses para cada explicação possível, a verificação empírica destas por meio da análise dos dados, e a busca de uma explicação mais plausível".

Figura 15, é possível observar as correntes filosóficas que fundamentam as três perspectivas da TF. Essas correntes nortearam na elaboração de seus métodos e, por conseguinte, embasaram os argumentos que sustentam as interpretações dos dados.

Figura 15. Correntes filosóficas das TF Clássica, Straussiana e Construtivista.



Fonte: Adaptado de Kenny e Fourie (2015).

Dada as posições filosóficas de cada corrente da TF, apresentaremos as diferenças entre as metodologias dessas vertentes da TF. Nas três propostas discutidas neste trabalho, observamos que os processos metodológicos estão intrinsicamente vinculados às bases filosóficas que as fundamentam.

Em relação à concordância metodológica entre as três abordagens da TF, destacamos a amostragem teórica, a análise comparativa dos dados, a elaboração dos memorandos e a diferenciação entre as teorias substantiva e formal (Dantas *et al.*, 2009; Hunter *et al.*, 2011; Kenny; Fourie, 2015; Santos *et al.*, 2018).

A amostragem teórica envolve os procedimentos para a coleta de dados e, consequentemente, a construção da teoria. À medida que o analista coleta, codifica e analisa os dados, ele decide quais dados utilizará, com o propósito de desenvolver sua teoria. O processo de escolha dos dados é orientado pela teoria emergente, seja ela substantiva ou formal. As decisões iniciais para a escolha teórica de dados se baseiam em uma visão sociológica geral do assunto ou área problemática.

Para tomar as decisões iniciais, o pesquisador não deve basear-se em uma teoria preconcebida. Ademais, ele poderá iniciar a pesquisa apoiado em um corpo de conceitos locais que aparentam algumas características principais ou gerais da estrutura e do objeto a ser

estudado. Nessa fase, é necessário que o pesquisador levante indagações como: a que grupos ou subgrupos a coleta de dados será direcionada? Qual é a teoria que fundamenta a coleta de dados? De que maneira os dados poderão ser comparados? (Glaser; Strauss, 2017).

Charmaz (2009) argumenta que, no desdobramento do processo da amostragem teórica, o pesquisador necessita desvincular-se de preconcepções acerca do significado de amostragem, dado que a definição de amostragem teórica, no contexto da TF, distingue-se de outras modalidades de amostragem.

> A amostragem inicial fornece um ponto de partida, não de elaboração e refinamento teórico. Não podemos pressupor que conhecemos as nossas categorias antecipadamente, e muito menos que estas estejam contidas nas nossas questões de pesquisa iniciais. A lógica da teoria fundamentada pressupõe construirmos as categorias por meio dos métodos comparativos de análise de dados (Charmaz, 2009, p.139).

Na etapa do método comparativo constante, a codificação e análise conjunta são empregadas para gerar teoria de maneira estruturada. O processo envolve a aplicação da codificação explícita e de procedimentos analíticos. No entanto, é importante destacar que, mesmo apresentando um caráter mais estruturado, não é por meio do método comparativo que a teoria será integralmente elaborada, pois os dados encontram-se em uma fase transitória. A eficácia desse método de análise comparativa torna-se evidente quando aplicado em conjunto com a amostragem teórica, uma vez que a partir dele novos dados podem ser coletados ou compilados.

O método comparativo constante proporciona ao pesquisador as condições para desenvolver uma teoria que seja integrada, consistente, plausível e aderente aos dados. Nessa etapa, o pesquisador tem a oportunidade de identificar possíveis equívocos na codificação ou de flexibilizar a análise para aprimorar a construção de sua teoria (Glaser; Strauss, 2017).

O exercício das comparações constantes compreende a prática de analisar um dado sob a perspectiva de outro, tanto dentro como entre documentos, visando determinar se esses dados compartilham conceitos similares ou distintos. Os dados que apresentam afinidade conceitual são agrupados e categorizados como tais. Essa etapa é considerada crucial, pois as comparações permitem aos pesquisadores condensar seus dados em conceitos, desenvolver esses conceitos nas dimensões e propriedades pertinentes, e discernir entre eles. (Charmaz, 2009; Corbin; Strauss, 2014).

A elaboração de memorandos revela-se crucial para a TF na medida em que permite ao pesquisador esboçar suas ideias e organizar os códigos em categorias específicas. Esta etapa desempenha um papel intermediário entre a coleta de dados e a redação final da pesquisa

(Charmaz, 2009). É possível que um código seja atribuído a mais de uma categoria, sendo incumbência do pesquisador utilizá-lo naquela que considerar mais relevante para o objeto de estudo. Nesse sentido, é imperativo que o pesquisador analise minuciosamente todas as partes de suas anotações em busca de propriedades comuns entre os códigos. A obtenção de uma teoria consistente requer que o pesquisador descreva minuciosamente a história entorno da construção dos códigos e categorias (Glaser; Strauss, 2017). Corbin e Strauss (2014) afirmam que a redação de memorandos proporciona ao pesquisador uma interação preliminar com os dados. Um conceito isolado à margem não sustenta esse diálogo, tampouco indica as possíveis inter-relações entre os conceitos. A TF Construtivista alinha-se à abordagem Straussiana, especialmente no que tange aos memorandos. De acordo com a própria autora,

> Redigir memorandos sucessivos em todas as partes do processo de pesquisa o mantém envolvido na análise, bem como o ajuda a elevar o nível de abstração de suas ideias. Determinados códigos destacam-se e assumem a forma de categorias teóricas à medida que você escreve sucessivos memorandos.
> Os memorandos captam os seus pensamentos, apreendem as comparações e conexões que você faz, e cristalizam as questões e as direções a serem buscadas. Ao conversar consigo mesmo durante a redação do memorando, surgem ideias novas e novos *insights* durante o ato da escrita. O fato de anotar as coisas toma o trabalho real e controlável, além de estimulante (Charmaz, 2009, p.106).

O último ponto de convergência entre as três TF reside na diferença entre a teoria substantiva e a teoria formal. Segundo Glaser e Strauss (2017, p.32, tradução nossa), a teoria substantiva é definida como "aquela desenvolvida para uma área substantiva ou empírica de investigação sociológica, como atendimento ao paciente, relações raciais, educação profissional, delinquência ou organizações de pesquisa". Quanto à teoria formal, esses autores a descreveram como aquela desenvolvida para uma formalidade ou investigação conceitual sociológica, que envolve "comportamento desviante, organização formal, socialização, congruência de status, autoridade e poder, sistemas de recompensa ou mobilidade social" (Glaser e Strauss,2017, p.32, tradução nossa).

A teoria substantiva tem por característica emergir de uma área específica. Seus resultados podem ser relevantes acerca de um objeto investigativo ou pode estimular a elaboração de uma teoria formal. Geralmente, a construção de uma teoria formal, via teoria substantiva, é um processo composto por autores diferentes. Por isso, de acordo com Glaser e Strauss (2017), os pesquisadores precisam focar os seus objetivos na elaboração de uma ou de outra. Segundo Charmaz (2009) grande parte das TF são de caráter substantivas, pois os trabalhos são elaborados a partir de problemas delimitados de acordo com as suas áreas específicas. Na

Figura 16, apresentamos uma síntese dos pontos de convergência das três vertentes da TF.

Figura 16. Pontos de convergências entre as vertentes Clássicas, Straussiana e Construtivista da Teoria Fundamentada.

Fonte: Autoria própria.

Após a exposição dos pontos de convergência entre as TF Clássica, Straussiana e Construtivista, procederemos à análise das suas divergências. Identificam-se três distinções fundamentais entre essas TF: a base filosófica, previamente abordada nesta seção; o método de análise dos dados e a utilização da literatura (Hallberg, 2006; Kenny; Fourie, 2015; Santos *et al.*, 2018).

A proposta de análise dos dados de Glaser e Strauss (2017b) contestava duas abordagens de análise da época[72]. Nessa proposta, os autores propunham um método comparativo constante

[72] A primeira abordagem pressupõe que, caso um pesquisador deseje converter dados qualitativos em quantitativos para testar suas hipóteses, ele deve primeiramente codificá-los antes de proceder à análise. Esses códigos devem ser reunidos, avaliados e rigorosamente testados, a fim de constituírem, posteriormente, uma evidência para uma determinada proposição. Por outro lado, a segunda abordagem, voltada para a geração de ideias teóricas, dispensa a etapa de codificação antes da análise dos dados. Nesse caso, à medida que o pesquisador desenvolve a teoria, realiza-se uma revisão do material, e os dados são revisados e reintegrados à teoria (Glaser; Strauss, 2017).

de codificação e análise, com o propósito de gerar uma teoria mais sistemática por meio da codificação explícita e procedimentos analíticos. Embora a abordagem dos autores seja mais sistemática do que a segunda, não se alinha completamente à primeira, uma vez que o desenvolvimento da teoria é concebido para testes provisórios e não para comprovação de hipóteses. Além do mais, o método de análise comparativa carece de um conjunto vinculado à amostragem teórica.

No sistema de análise dos dados, inicialmente ocorre a separação dos dados, desdobrando-se no processo de codificação. Este processo não é linear, pois engloba etapas descontínuas em cada ação que o pesquisador realiza sobre os dados, característica inerente à TF Clássica. Existem aspectos da codificação que os pesquisadores adeptos à TF precisam compreender, incluindo as distinções entre codificação substantiva e codificação teórica, entre codificação aberta e codificação seletiva, bem como a natureza cíclica da comparação constante e da amostragem teórica ao longo da análise em direção aos níveis de maior abstração conceitual. Além dessas compreensões, os adeptos à TF devem contar com a habilidade e a confiança ao empregar os aspectos da codificação que forem desenvolvidos ao longo do tempo (Holton, 2010).

O processo de codificação da TF Clássica prevê duas modalidades distintas: a codificação substantiva e a codificação teórica. A codificação substantiva consiste na formação de conceitos, em consonância com a teoria, a partir da análise dos dados empiricamente coletados referentes ao objeto de investigação. Essa codificação requer a realização de duas etapas fundamentais: a codificação aberta e a codificação seletiva (Holton, 2010; Kenny; Fourie, 2015; Santos *et al.*, 2018).

Na codificação aberta, o pesquisador compara os dados entre si, codificando-os com uma palavra-chave para identificar códigos substantivos emergentes nos dados. Esse processo é realizado manualmente, por meio da leitura das transcrições das entrevistas ou de documentos, submetendo-as ao procedimento de criação de códigos manifestados em palavras ou frases provenientes das fontes de dados. O pesquisador inicia a codificação examinando os dados de todas as maneiras possíveis, a partir de indagações relacionadas aos próprios dados. Durante o estágio da codificação aberta, uma estratégia que pode ser adotada é elaborar questionamentos junto às fontes para iniciar a formação dos primeiros códigos. Essas questões devem abranger a relação dos dados com o estudo, a premissa de uma categoria e o motivo pelo qual os participantes forneceram esses dados. É por meio dessa primeira reflexão que o pesquisador

encontrará detalhes descritivos para começar a construir padrões para os seus dados (Holton, 2010; Santos *et al.*, 2018).

Uma estratégia recomendada pelos autores da TF Clássica consiste na codificação dos dados, realizada linha por linha. Esse procedimento tem por finalidade verificar e saturar categorias, assegurando, assim, a relevância na geração de códigos. Dessa maneira, o pesquisador garante a pertinência da teoria emergente, possibilitando a escolha de uma direção na amostragem teórica. Nesta etapa, inicia-se construção inicial dos conceitos. Posteriormente, tais conceitos são comparados e agrupados, marcando o início a formação das categorias conceituais. Nesse ponto, o objetivo central é acessar o texto (dados brutos) para permitir a interação mais próxima entre dados e pesquisador (Dantas *et al.*, 2009).

A codificação seletiva tem como propósito aprimorar e integrar categorias iniciais, identificando a potencial a categoria central por meio da codificação aberta. Após concluir a codificação aberta, restringe-se a codificação exclusivamente às variáveis que apresentem conexões suficientemente significativas com a variável central, permitindo a elaboração de uma teoria substantiva. A codificação seletiva inicia somente após o pesquisador ter certeza de ter identificado a variável principal. Nessa fase, o pesquisador conduz a codificação com base na categoria central e categorias correlatas. Posteriormente, as questões das entrevistas podem ser alinhadas aos conceitos que surgiram dos dados.

O processo de codificação é encerrado quando não emergem novas propriedades ou categorias, ou seja, quando a categoria central e as categorias relacionadas estão saturadas. Dessa forma, o pesquisador estabelece a base para a teoria emergente. A revisão dos dados coletados é finalizada quando o pesquisador elabora e integra a variável central, suas propriedades e as suas conexões teóricas com outras categorias relevantes (Dantas *et al.*, 2009; Glaser; Holton, 2004; Holton, 2010; Santos *et al.*, 2018).

A codificação teórica representa o ápice da abstração, expressando como os códigos substantivos delineiam a narrativa sobre as relações e composição teórica das categorias. Essa etapa possibilita ao pesquisador a construção das inter-relações entre os conceitos substantivos, sendo, portanto, desafiadora, visto que é por dela que emerge uma teoria fundamentada (Charmaz, 2009; Holton, 2010; Kenny; Fourie, 2015; Santos *et al.*, 2018). Os códigos teóricos não necessitam de adornos excessivos; é suficiente que sejam estruturados de maneira a permitir integração com o modelo teórico construído com a teoria fundamentada finalizada (Holton, 2010). Essa integração é crucial na TF, uma vez que nas palavras de Glaser e Holton (2004, p. 13, tradução nossa) “Os códigos teóricos proporcionam um alcance integrativo, quadros amplos

e uma nova perspectiva. Eles ajudam o analista a manter o nível conceitual ao escrever sobre conceitos e suas inter-relações"

A análise de dados na abordagem Straussiana da TF tem como característica a atribuição do pesquisador como sujeito ativo na análise, na elaboração da teoria e na seleção dos critérios para coleta e retorno aos dados (Santos *et al.*, 2018). Strauss propôs a sua TF e enfatizou que os pesquisadores devem adaptar o método de maneira criativa e flexível de acordo com o seu problema de pesquisa, diferenciando-se assim da versão clássica, que apresenta uma rigidez metodológica, sendo concebida não como um conjunto de passos inflexíveis, mas sim como um conjunto de diretrizes a serem ajustadas pelos investigadores. Essa orientação gerou críticas por parte de Glaser, que argumentou que a flexibilização metodológica proposta por Strauss poderia resultar em conflitos e estimular o surgimento forçado de categorias, visto que nem sempre as questões investigadas são significativas, mesmo com a presenças de códigos (Allen, 2010).

Os objetivos da teoria Straussiana foram presentar um conjunto de métodos para pesquisas em teoria fundamentada e estimular os leitores a adotarem tais métodos com flexibilidade. Uma a crítica feita a essa proposta é que os autores não conseguiram expressar detalhadamente os significados de cada processo, embora tenham apresentado inúmeros exemplos de aplicação da TF.

As divergências entre Strauss e Glaser tornaram-se evidentes. Com a publicação das obras de Strauss, particularmente em sua vertente Corbin e Strauss (2014), o autor detalhou aspectos metodológicos da TF. Além disso orientou pesquisadores iniciantes quanto ao emprego da TF e proporcionou aos pesquisadores mais experientes a aplicação do formato inovador da referida teoria. A nova abordagem apresentada por Strauss suscitou críticas por parte de Glaser (1992), que discordou da reformulação da TF, argumentando que esta não continha elementos suficientes para ser reconhecida como tal. Essa discordância evidenciou a divergência entre os dois autores. Contudo, as divergências foram predominantemente de natureza metodológica, não envolvendo questões ontológicas ou epistemológicas. (Heath; Cowley, 2004).

Charmaz (2009) observou a discrepância metodológica entre as abordagens Clássicas e Straussiana da TF. A autora salientou que Strauss encaminhou a teoria para um método de verificação, propiciando o desenvolvimento de novos procedimentos técnicos. Por outro lado, Glaser permaneceu consistente com a concepção original, na qual a TF era considerada um

método empírico de descoberta. Neste enfoque, as categorias são criadas a partir dos dados, sendo restritas e analisadas por meio de um processo social básico.

Strauss e Corbin propuseram a versão teoria fundamentada com base em suas próprias experiências de pesquisa. Nessa abordagem, destaca-se uma apreciação mais pragmática em comparação com a perspectiva de Glaser, evidenciando uma tentativa de rejeição do aspecto positivista, bem como a exclusão de uma posição positivista. Conforme apontado por Hallberg (2006), Strauss e Corbin assumiram que a realidade não pode ser completamente conhecida; entretanto, ela pode ser interpretada. Dessa forma, todo o processo de investigação adquire uma subjetividade, uma vez que a "realidade" é uma construção originada por meio de um processo que envolve tanto o pesquisador quanto os dados.

O processo de codificação, que na TF Clássica compreendia duas etapas, foi expandida para três por Strauss e Corbin. Além da codificação aberta e substantiva, eles introduziram uma etapa intermediária denominada codificação axial (Hunter *et al.*, 2011).

A codificação axial constitui uma etapa crucial na qual as categorias são inter-relacionadas, viabilizando a especificação mais acurada de suas propriedades e dimensões. O propósito subjacente a essa codificação é prover ao pesquisador um instrumental para elucidar as relações conceituais entre os conceitos/categorias e suas propriedades, contribuindo para o desenvolvimento teórico. Além disso, possibilita a reintegração dos dados previamente fragmentados pelo pesquisador durante a codificação linha a linha (Hallberg, 2006; Charmaz, 2009).

A vertente construtivista da TF consegui se afastar das vertentes Clássica e Straussiana quanto à análise de dados. Conforme ressaltado por (Khan, 2014), a TF Construtivista não busca uma verdade única e duradoura, mas sim considerar a condição humana presente no mundo real, na qual a verdade é fundamentada na perspectiva do referencial teórico que orienta a interpretação do mundo. Dessa forma, compreendemos que os pesquisadores não conduzem suas investigações de forma independente de suas teorias; ao contrário, constroem-nas por meio de interações com pessoas, lugares e perspectivas de pesquisa. Nesse contexto, tanto os dados quanto as teorias não são descobertos, mas sim construídos pelo pesquisador e participante da pesquisa (Allen, 2010).

Charmaz destacou diversas versões da teoria fundamentada, enfatizando a vertente construtivista e, por conseguinte, incentivando os pesquisadores a ampliarem seus horizontes. A autora sustentou sua abordagem com argumentos sólidos, como a afirmação que a teoria fundamentada foi desenvolvida para lidar com as dinâmicas sociais, as quais estão em constante

transformação. Nesse sentido, argumentou que métodos e perspectivas necessitam ajustar-se a tais mudanças (Allen, 2010).

A TF construtivista também é difere da TF Clássica, notadamente nos produtos finais do projeto, como relatórios, artigos, livros, entre outros. Entretanto, a ausência do desenvolvimento de uma teoria fundamentada ou de teorização na área substantiva é considerada uma fragilidade da teoria construtivista, revelando, inicialmente, um elevado grau de complexidade para o pesquisador ao iniciar as análises dos dados em estudo. Um desafio adicional enfrentado pelos pesquisadores na TF de Charmaz refere-se ao manejo da amostragem teórica, uma vez que, nesta fase, é necessário ao pesquisador teorizar sobre as categorias que foram construídas (Morse *et al.*, 2021).

As diretrizes de codificação da TF Construtivista são adaptáveis e propiciam a integração entre o imaginário do pesquisador e os dados. Além disso, destaca-se um diferencial em relação às outras abordagens, que é a receptividade do analista diante dos dados para lidar com a ambiguidade e ser aberto na criação das categorias (Kenny; Fourie, 2015). Nesse contexto, Charmaz (2009) propôs duas etapas para codificação: a codificação inicial e a codificação focalizada. A autora da TF Construtivista define que codificar é nomear fragmentos de dados em classificações que, simultaneamente, categorizam, resumem e representam cada segmento dos dados. Essa constituiu a primeira etapa para iniciar as interpretações analíticas sobre os dados enunciados pelos participantes da pesquisa, dos enunciados reais presentes nos dados à elaboração das interpretações analíticas. Conforme a própria autora, "A codificação é o elo fundamental entre a coleta dos dados e o desenvolvimento de uma teoria emergente para explicar esses dados" Charmaz (2009, p.70).

A codificação inicial, também conhecida como aberta, constitui a fase em que o pesquisador deve manter-se receptivo a todas as direções teóricas possíveis que emergem de suas leituras dos dados. Isso ocorre devido ao fato de que cada linha dos dados oferece a oportunidade de formar novas ideias e de orientações para investigações subsequentes (Santos *et al.*, 2018).

Na TF Construtivista, a codificação inicial ~~é~~ assemelha-se à codificação aberta, entretanto, o pesquisador deve atentar-se às ações para cada fragmento dos dados, em vez de agrupar os dados junto às categorias pré-existentes. Outra distinção na codificação inicial da teoria de Charmaz é que os códigos devem ser construídos por palavras que expressem ações. Nesse contexto, o pesquisador pode empregar uma linguagem voltada para a ação, em detrimento de uma linguagem voltada para o tópico.

Neste ponto, Charmaz apresenta mais uma modificação de sua TF. A autora destaca em seu texto que a linguagem desempenha um papel crucial na forma como o pesquisador codifica os dados. A inclinação construtivista simbólica é destacada na TF Construtivista quando a autora afirma que "o mundo empírico não aparece para nós em um estado natural e isolado da experiência humana. Pelo contrário, nós conhecemos o mundo empírico por meio da linguagem e das atitudes que tomamos diante dele" (Charmaz, 2009, p.73). Dessa maneira, nenhum pesquisador pode se considerar neutro, pois a linguagem reflete a maneira pela qual os significados da realidade observada são construídos. O uso específico da linguagem revela opiniões e valores ao atribuir significados a termos específicos e ao defendermos as nossas perspectivas.

Sob essa perspectiva, podemos afirmar que os nossos códigos derivam da linguagem, dos significados e da forma como nos relacionamos com o mundo empírico e com a perspectiva de mundo empírico dos participantes da pesquisa. Conforme a orientação de Charmaz (2009, p.73) a "codificação nos estimula a problematizar a linguagem dos nossos participantes [...] deve nos inspirar a examinar os pressupostos ocultos em nossa própria utilização da linguagem, bem como o uso que os nossos participantes fazem dela".

Para elaborar os códigos iniciais, o pesquisador precisa utilizar códigos curtos e no gerúndio, evidenciando que a análise está em construção e em andamento. A codificação inicial pode ser efetuada palavra por palavra, sendo mais comum em pesquisas realizadas com documentos, ou linha por linha, o que facilita a identificação das particularidades dos dados. A codificação inicial também pode ser incidente por incidente, envolvendo um estudo comparativo dos incidentes identificados nos textos, decorrentes das ideias do pesquisador.

Outro objetivo nesta etapa é buscar padrões nos códigos. A estrutura do código não deve consistir em uma descrição dos dados, mas sim em utilizar termos que correspondam a uma palavra ou frase capaz de resumir, destacar ou enfocar o conteúdo apresentado (Melo; Silva, 2022; Prigol; Behrens, 2019)

A orientação dada por Charmaz (2009) para a codificação inicial envolve identificar os termos gerais extraídos do texto, como experiência ou evento, e criar códigos que representem o significado ou a ação da informação emitida pelo participante. Se o pesquisador considerar esses termos gerais significativos, o próximo passo é qualificá-los. Contudo, os códigos criados devem ser ajustados ao conteúdo da informação do participante, e não ao contrário. Para isso, a autora elenca algumas ações para que o pesquisador possa desenvolver a etapa da codificação inicial: manter o código em aberto, se aproximar ao máximo dos códigos, manter a escrita do

código simples e precisa, usar de códigos curtos, conservar as ações e comparar os dados. Nas palavras da própria autora "permaneça aberto ao que o material sugere e fique atento a isso. Mantenha os seus códigos curtos, simples, ativos e analíticos. As duas primeiras diretrizes acima refletem a sua postura em relação à codificação. As diretrizes restantes sugerem como realizar a codificação" (Charmaz, 2009, p. 77).

Após concluir a etapa da codificação inicial, o pesquisador verificará quais foram os códigos que apareceram com maior frequência e, conforme o seu julgamento, selecionará aqueles que representam os códigos iniciais mais significativos para contrastá-los com os dados mais amplos (Charmaz, 2009). Realizada essa separação, os códigos serão sintetizados, organizados e classificados (Melo; Silva, 2022). Além disso, a transição da codificação linear para a codificação focalizada não é totalmente linear, pois o pesquisador pode voltar à codificação inicial quantas vezes for necessário para reavaliar os códigos. Os códigos elaborados e compreendidos na codificação focalizada darão origem às categorias de análise, que demonstrarão as ações e a experiência vivenciada pelo participante da pesquisa frente ao objeto de investigação (Prigol; Behrens, 2019).

A proposta da codificação dos dados na perspectiva construtivista de Charmaz é enfatizada por algumas técnicas genéricas de TF. Dentre essas técnicas, destacam-se a redação de memorandos, comparações constantes, amostragem teórica e saturação. Embora essa estrutura seja mais flexível, ela contém elementos da TF Clássica (Kenny; Fourie, 2015). A flexibilização proposta por Charmaz recebeu críticas de Glaser[73], principalmente pela perda de identidade da TF Clássica.

Glaser (2002) afirmou que a TF não tem por objetivo a conceituação dos dados, tampouco uma descrição completa das experiências dos participantes. O autor da TF Clássica ainda intensificou suas críticas à proposta construtivista, ao afirmar que Charmaz discorre sobre uma vertente para a pesquisa qualitativa que possui as premissas da TF. Além disso,

> [...] é totalmente irrelevante para a TF como realmente originada para gerar uma teoria conceitual sobre, digamos, um processo social básico ou um ponto de corte fundamental [...]CHARMAZ remodela TF quando na verdade está oferecendo uma abordagem construtivista aos métodos da Análise Qualitativa dos Dados. A força da pesquisa Análise Qualitativa dos Dados obscureceu e influenciou sua visão da TFD e, portanto, ela nega e bloqueia sua verdadeira natureza conceitual (Glaser, 2002, p. par.28, n.p., tradução nossa).

[73] Conforme já apresentado, Glaser e Strauss foram os autores da TF Clássica dos dados. A proposta da abordagem construtivista da TF foi publicada no ano 2000, quatro anos após o falecimento de Strauss. Logo, as críticas da TF Construtivista publicadas pelos autores originais da TF foram proferidas apenas por Glaser.

Glaser (2002) também criticou o aspecto epistemológico construtivista subjacente de Charmaz em relação ao processo de codificação. Ele considera inadequado que o entrevistador e o pesquisador compartilhem o mesmo nível de compreensão sobre a construção e composição relatada. De acordo com Kenny e Fourie (2015, p. 1279, tradução nossa), Glaser caracterizou essa condição como "[...] uma violação grosseira da TFD [...] que a perspectiva do participante deve sempre ser primordial e deve sempre corrigir e refinar as abstrações do pesquisador".

Adicionalmente, Glaser (2002) ressalta a necessidade de o pesquisador tomar precauções para evitar atribuir sua própria visão de mundo aos dados da pesquisa, pois isso poderia distorcê-los. A crítica é mais contundente quando o autor escreve que "estou bastante satisfeito em ver que a maioria dos pesquisadores com quem trabalhei se esforçam ao máximo para não interferir em seus próprios pontos de vista nos dados. Além disso, as abstrações que emergem tornam-se independentes do viés do pesquisador com o qual Charmaz se preocupa" (Glaser, 2002, par.14, n.p, tradução nossa).

Charmaz defendeu a sua posição ao afirmar que um pesquisador não pode alterar sua posição diante da pesquisa social, uma vez que ele, os participantes e os dados constituem componentes do mundo no qual a investigação é conduzida. Conforme a própria autora declarou: "Minha abordagem admite, de modo explícito, que qualquer versão teórica oferece um retrato interpretativo do mundo estudado, e não um quadro fiel dele" (Charmaz, 2009, p. 25).

Em concordância com Charmaz, Allen (2010) afirmou que a abordagem construtivista apresenta diretrizes claras e oferece delineamento direto para os pesquisadores que desejam adotá-la. Além disso, explica e fornece aos pesquisadores um argumento convincente de que, uma vez que a TF foi desenvolvida para analisar os processos sociais, as perspectivas de pesquisa precisam evoluir à medida que esses processos sociais passam por mudanças. Dessa maneira, o pesquisador constrói sua teoria por meio da interação com as pessoas, assumindo que os dados não representam fatos, mas sim construções.

O último ponto de divergência entre as vertentes Clássica, Straussiana e Construtivista da TF apresentadas neste trabalho corresponde ao uso da literatura durante o processo. A estratégia referente à revisão da literatura em cada vertente está fortemente vinculada à filosofia adotada por seus respectivos autores. Glaser, ao adotar uma abordagem mais positivista, aconselha o pesquisador da TF Clássica a evitar revisão da literatura no início da pesquisa, uma vez que o investigador precisa ter acesso aos dados sem possuir conhecimento prévio sobre o objeto de investigação (Kenny; Fourie, 2015). Glaser argumenta que a descoberta de novas

teorias se inicia à medida que elas emergem da análise dos dados. Portanto, consultar uma literatura relevante desvia o pesquisador do caminho para a construção de uma teoria emergente (Heath; Cowley, 2004).

De acordo com a abordagem Clássica, o pesquisador deve explorar a literatura no desfecho de seu estudo. Nessa etapa, torna-se possível estabelecer comparações entre os resultados da investigação e as conclusões de outros trabalhos. Essa recomendação coaduna-se com a natureza positivista de não impor restrições, contaminações ou a busca exclusiva por uma teoria emergente nos dados. Essa abordagem aumenta as chances de o pesquisador identificar um conceito inédito na literatura, possibilitando a elaboração de um conjunto de hipóteses conceituais integradas com o propósito de construir uma teoria indutiva em uma área específica. O pesquisador, ao adotar essa postura, permanece receptivo ao que os dados apresentam, evitando organizar suas informações por meio de hipóteses pré-concebidas.

Uma crítica relacionada ao emprego da revisão da literatura no início da TF Clássica é destacada pelos autores ao afirmarem que "A revisão da literatura pré-estudo da análise de dados qualitativa é uma perda de tempo e um descarrilamento de relevância para o estudo Teoria Fundamentada" (Glaser; Holton, 2004, p.46 tradução nossa).

A revisão da literatura na abordagem Straussina apresenta uma perspectiva distinta quando contrastada com a vertente Clássica. Os autores orientam que os resultados encontrados na literatura devem ser aplicados em todas as fases da pesquisa, visando distinguir um pesquisador de mente desocupada e um investigador com perspectiva aberta. Tal abordagem representa uma provocação ao pressuposto positivista de Glaser. Strauss, ao buscar se desvincular da corrente filosófica de Glaser, adota a premissa de que o pesquisador exerce inevitável influência sobre a investigação, caracterizando-se assim por um viés pós-positivista (Heath; Cowley, 2004; Kenny; Fourie, 2015; Santos *et al.*, 2018).

Realizar uma revisão da literatura pode estimular o pesquisador a explorar áreas ou tópicos dentro de um campo que não foram desenvolvidos ou necessitam de estudos adicionais para alcançarem consistência. Nesse sentido, o pesquisador pode identificar lacunas em sua área de investigação e propor soluções com base em seus estudos. Adicionalmente, a literatura amplia o estímulo do pesquisador na formulação de sua proposta para abordar um problema ainda não totalmente elucidado, mesmo que tenha sido exaustivamente estudado no passado.

Outro aspecto crucial na abordagem Straussina da revisão da literatura é que, ao deparar-se com um trabalho discrepante em relação à sua própria experiência, a reflexão sobre esse resultado pode inspirar o pesquisador a conceber novas abordagens para reestruturar sua

investigação. Uma última recomendação sobre o uso da leitura na perspectiva Straussina ressalta que pode aguçar a curiosidade sobre o tema de interesse do pesquisador (Corbin; Strauss, 2014).

Conforme Corbin e Strauss (2014) os pesquisadores devem possuir considerável experiência nos campos da literatura profissional e disciplinar, adquirida ao longo da formação acadêmica. Tal formação visa tanto a preparação para estudos com intuito de ingressar em determinado cargo quanto para o acompanhamento da área de pesquisa de interesse. A natureza da literatura acessada pelo pesquisador pode abranger biografias, memórias, manuscritos, relatórios e outros materiais que se mostram pertinentes à área sob investigação.

Os autores da vertente Straussiana também orientaram os pesquisadores a não se preocuparem em abranger toda a literatura da área de investigação antes de iniciar seus estudos, dado que essa seria uma tarefa impossível. Outra recomendação proferida pelos autores é a necessidade de os pesquisadores estarem atentos para que a imersão na literatura não os restrinja a ponto de dificultar a descoberta de resultados autênticos em suas investigações.

No livro "*Basics of Qualitative Research:* Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*",* Strauss e Corbin indicaram a existência de dois tipos de literatura relevantes para a construção da teoria fundamentada: a literatura técnica e a literatura não técnica. A primeira envolve publicações de pesquisa, como relatórios de pesquisa, artigos teóricos ou filosóficos e outras informações de cunho profissional e disciplinar. Essa categoria proporciona ao pesquisador a capacidade de realizar comparações, aprimorar a sensibilidade, encontrar materiais descritivos e formular perguntas para observações e entrevistas iniciais, além de estimular análises. Dessa forma, ela se torna uma ferramenta valiosa para o pesquisador que busca fundamentar suas análises de maneira sólida.

Por outro lado, a literatura não técnica é composta por cartas, biografias, diários, relatórios, fitas de vídeo, memórias, jornais, catálogos, memorandos e outros materiais. Essa categoria engloba informações que podem se referir aos dados primários, especialmente em pesquisas com elementos históricos ou biográficos, na qual é essencial verificar a autenticidade das informações. Além disso, esses materiais podem ser referentes a dados complementares, sendo úteis quando o pesquisador precisa aprimorar suas entrevistas ou observações (Corbin; Strauss, 2014).

Após abordar o emprego da literatura nas perspectivas Clássicas e Straussina, delinearemos a proposta da vertente Construtivista para a função da literatura na TF. Charmaz (2009) reconhece que a pesquisa na literatura deve seguir a orientação da vertente Straussiana.

Entretanto, ela sugere que essa busca seja conduzida após a análise dos dados, permitindo ao pesquisador verificar se algum estudo pode contribuir para o desenvolvimento de novas análises, sem comprometer a criatividade (Santos *et al.*, 2018).

Conforme proposto pela abordagem Construtivista da TF, o pesquisador planeja a elaboração da revisão bibliográfica e do referencial teórico relacionados à teoria que será desenvolvida por ele. Essa revisão orienta a forma como a qual o pesquisador integra sua teoria com base em trabalhos anteriores. Ao longo da revisão da literatura, o pesquisador tem a oportunidade de analisar outras teorias e ajustá-las conforme o objeto de estudo em questão. A proposta de uma revisão bibliográfica contribui para o fortalecimento dos argumentos da teoria fundamenta conferindo-lhe credibilidade.

Na perspectiva Construtivista da TF, a revisão da literatura e o referencial teórico favorecem que o pesquisador compare sua teoria fundamentada com outras abordagens que investigaram o mesmo tema. A partir dessa comparação, o pesquisador poderá formular críticas às suas categorias recém-criadas, ampliar suas ideias sobre os códigos e evidenciar como sua teoria fundamentada contribuirá com o campo de pesquisa. Conforme destacado por Charmaz (2009, p.225), "o envolvimento com a bibliografia vai além de uma breve seção de um artigo ou de um capítulo de uma tese. Entrelace a sua discussão bibliográfica ao longo de todo o trabalho". Com isso, compreendemos que a revisão da literatura enriquece cada etapa da pesquisa. Por outro lado, adiar a revisão da literatura não diminuirá a relevância dessa atividade (Charmaz, 2009; 2014).

Diferentemente da TF Clássica, a revisão da literatura sob a perspectiva Construtivista é conduzida ao longo de todo o processo de pesquisa. Essa fase não deve se limitar à mera enumeração, resumo e síntese dos principais trabalhos, Isso viabiliza que o pesquisador "comece situando o seu trabalho dentro da literatura relevante. Desde que começou o seu estudo, você deve ter percorrido novos terrenos substantivos e escalado alturas teóricas não imaginadas" (Charmaz, 2009, p. 223).

No Quadro 2, há uma síntese dos pontos de divergências das três TF que abordamos nesta seção. A vertente construtivista da TF tem elementos que podem ter alusão ao referencial epistemológico que adotamos.

Quadro 2. Pontos de divergência entre as abordagens Clássica, Straussiana e Construtivista da Teoria Fundamentada

Abordagem da Teoria Fundamentada	Corrente filosófica	Sistema de codificação	Processo de codificação	Literatura	Relação do pesquisador com os participantes
Clássica	Positivismo moderado	Original para descobrir a teoria	1. Substantiva a) Aberta b) Seletiva 2. Teórica	No final da investigação	Independe
Straussiana	Pós-positivismo e Interacionismo Simbólico	Rigorosa para criar a teoria	1. Aberta 2. Axial 3. Seletiva/Integração	Em todas as etapas da investigação	Ativa
Construtivista	Construtivismo e Interacionismo Simbólico	Em aberto para construir a teoria	1. Inicial 2. Focalizada	Em todas as etapas da investigação e após o final da análise	Coautor da teoria

Fonte: Adaptado de (Hunter *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2018).

Na próxima seção, retomaremos os elementos da vertente Construtivista da TF, pois os nossos dados foram construídos e analisados de acordo com as premissas encontradas na proposta da TF de Charmaz.

5.2. A vertente Construtivista da Teoria Fundamentada

Na seção anterior deste trabalho, foram expostos os conceitos da TF, destacando os aspectos convergentes e divergentes entra as abordagens Clássica, Straussiana e Construtivista. Nesta seção, nos limitaremos à abordagem dos conceitos da vertente Construtivista, os quais foram empregados na elaboração e análise dos dados da presente pesquisa.

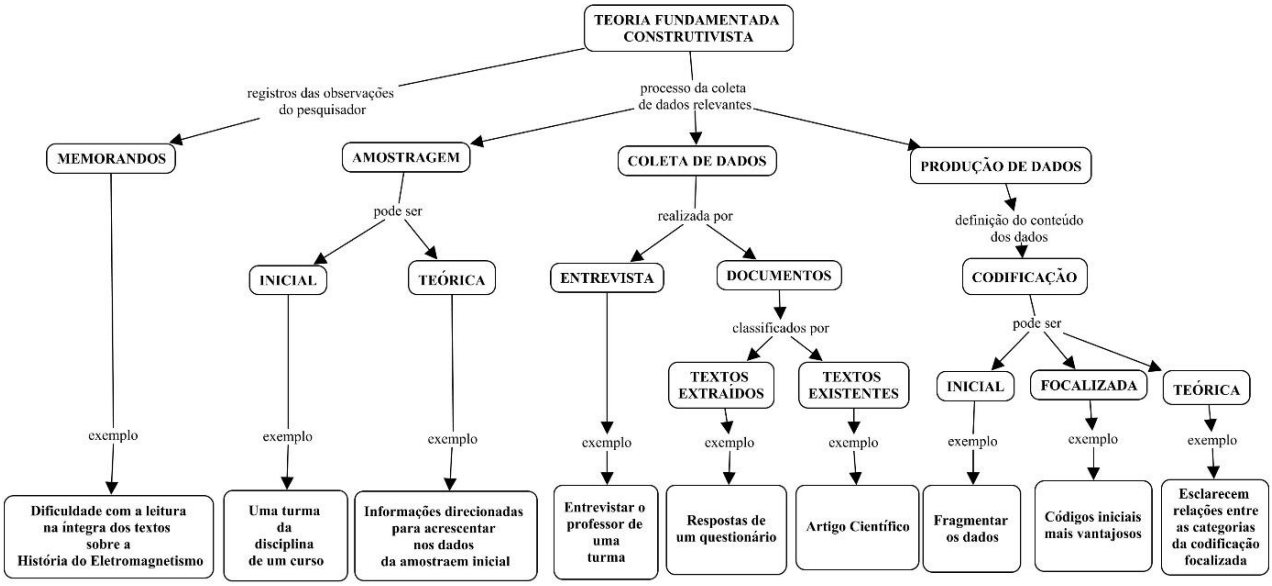
Como foi tratado na seção 5.1, a TF Clássica adota uma postura filosófica na qual o pesquisador desenvolve sua teoria estritamente a partir dos seus dados, desvinculada de qualquer conexão com o contexto. Tal abordagem conduziu Charmaz a propor uma TF na qual o pesquisador, o participante da pesquisa e o ambiente em que estão inseridos fazem parte de um todo que dará condições para ser elaborada uma teoria fundamentada, pois "os significados implícitos dos participantes de pesquisa, bem como as suas opiniões sobre as suas próprias experiências - e as teorias fundamentadas concluídas dos pesquisadores - são construções da realidade" (Charmaz 2009, p.25).

Da mesma forma que a elaboração de uma teoria fundamentada não se encontra dissociada das relações externas do contexto sujeito-objeto, conforme afirmam Prigol e Behrens (2019), a compreensão do mundo pelo pesquisador, de acordo com nossa concepção, também não está alheia a tais influências. Esse entendimento nos conduz à abordagem Construtivista da TF, uma vez que o referencial epistemológico apresentado nesta tese, alinhado à nossa visão de mundo, estabelece que o conhecimento científico não resulta exclusivamente da interação entre sujeito e objeto. É imperativo considerar os componentes da história e da sociologia que estão presente no contexto do objeto investigado (Fleck, 2010).

Os pesquisadores que adotam a TF Construtivista podem flexibilizar as estratégias ao longo do processo da criação da teoria relacionada ao objeto investigado. Não é imprescindível que a construção e análise dos dados permaneçam inflexíveis durante a codificação, a redação do memorando, a constituição da amostragem, o processo de comparação dos dados e a elaboração da teoria. Cada pesquisador, ao intensificar a interação com os participantes da pesquisa, desenvolve sua própria posição epistemológica e ontológica para definir o problema de investigação e tomar as suas decisões (Charmaz, 2014).

Mesmo que as premissas da vertente Construtivista da TF estejam vinculadas à construção da realidade por meio da integração entre pesquisador, participante e contexto social, há uma estrutura que o pesquisador necessita conceber para fundamentar sua teoria. Entretanto, Charmaz (2009) argumenta pela não linearidade desse processo, permitindo que o pesquisador retorne aos dados sempre que necessário (Charmaz, 2000, 2009; Morse *et al.*, 2021). Na Figura 17, apresentamos de maneira esquemática os elementos gerais que compõe o processo da TF Construtivista.

Figura 17. Mapa conceitual da estrutura Construtivista da Teoria Fundamentada



Fonte: Autoria própria

Reforçamos que a TF Construtivista não ocorre linearmente. Logo, ao observarmos o mapa conceitual da Figura 17, não podemos entender que cada processo é efetuado separadamente, mas sim podem ocorrer dentro de uma mesma etapa, correspondente ao mesmo nível hierárquico, como é o caso dos memorandos, da amostragem, da coleta de dados e da produção dos dados. Dos conceitos que compõem o mapa conceitual Figura 17, ainda não foram definidos os documentos na perspectiva da TF Construtivista. Os documentos são textos que o

pesquisador utiliza em sua pesquisa para produzir os dados relevantes. Conforme encontrados no trabalho de Charmaz (2009), os documentos podem ter duas naturezas: os textos extraídos e os textos existentes. Os textos extraídos são aqueles cujo conteúdo é produzido pelo próprio participante da pesquisa, enquanto os textos existentes são documentos que não foram produzidos para a pesquisa, mas que ajudarão o pesquisador no processo de investigação. No caso desta tese, as análises serão realizadas em textos extraídos, como o questionário, os testes dos subsunçor e as notas de leitura dos alunos.

A produção do texto final do processo analítico é chamada de redação do manuscrito. Nesse texto, Charmaz (2009, 2014) indica que o pesquisador apresente a forma e o conteúdo analítico da investigação. A escrita precisa trilhar sobre as ideias e nos temas centrais analisados e não em seus autores. Ao evidenciar em seu texto uma compreensão nova do fenômeno estudado, seja por meio de uma nova análise do objeto, ou uma obra original de uma área já estabelecida ou a ampliação de ideias, o pesquisador colaborará com a sua área de atuação. O texto da teoria fundamentada precisa conter os argumentos do autor, dialogar com a literatura, analisar as categorias e mostrar a análise que apoiem os seus argumentos analíticos.

A exposição dos argumentos deve pautar reflexões que venham toar a pretensão do pesquisador quanto a compreensão do leitor sobre a sua análise. O pesquisador precisa focar no que aparenta ser mais significativo em todo processo, apresentar ao leitor aquilo que foi feito e o porquê foi feito. Um bom argumento também precede de um equilíbrio entre os resultados da análise e os exemplos empíricos. Para isso, é imprescindível que o texto apresente a teoria fundamentada ao leitor da origem da elaboração até o seu fechamento (Charmaz, 2009, 2014).

Ao usar a TF Construtivista em uma investigação, o pesquisador está sujeito a encontrar algumas dificuldades, tais como a não saturação dos dados antes de fechar a teoria, o contato com uma grande quantidade de dados e não conseguir construir categorias significativas do objeto de investigação, o desconforto em internalizar que a teoria construída emerge dos dados e do contexto social que envolve a investigação e de que os dados emergem o receio em escrever a sua teoria. Mesmo com essas dificuldades com as quais o pesquisador deverá atentar-se, a TF Construtivista pode evidenciar alguns elementos que não são encontrados em outras vertentes da análise qualitativos. Dentre esses elementos, destacamos:

1) a teoria elaborada assume várias realidades entre os participantes e o pesquisador;
2) a construção mútua de dados por meio da relação participantes e pesquisador;
3) o reconhecimento da subjetividade para a construção de instrumentos para acessar os dados e para analisá-los;

4) a autonomia do pesquisador em gerar as suas próprias categorias de análise e apresentar os seus dados consonantes ao seu contexto;
5) a análise dos dados direciona o fechamento da investigação;
6) a flexibilidade do pesquisador frente a construção dos dados e de suas análises durante todo o processo de investigação (Morse *et al.*, 2021).

A área de maior abrangência da TF é a enfermagem, com a uma certa preferência da vertente Straussiana (Girardon-Perlini; Simon; Lacerda, 2020; Gomes *et al.*, 2015). Apesar das críticas recebidas, a vertente Construtivista da TF tem perpassado pelas pesquisas brasileiras do campo da educação ou do ensino, como referencial de análise. Notamos que o número de trabalhos na área da matemática sobressai as demais áreas (Almeida; Borssoi; Silva, 2015; Borssoi; Almeida, 2015; Melo; Silva, 2022; Ritter *et al.*, 2021; Schmitz; Ritter; Silva, 2022; Tortola; Silva; Dalto, 2023; Tortola; Silva, 2021).

Também, observamos que há múltiplas interpretações, como também equívocos por parte dos pesquisadores sobre a aplicação da TF Construtivista em suas investigações. No trabalho que investigou o ambiente de ensino de modelagem matemática Almeida; Borssoi e Silva (2015) analisaram duas pesquisas em modelagem matemática à luz da TFC. Os dados foram produzidos via textos existentes. As autoras fizeram a codificação inicial incidente por incidente. Foram elaboradas quatro categorias teóricas para uma pesquisa e cinco para outra, contudo as autoras não evidenciaram se o trabalho produziu uma teoria substantiva ou formal.

A pesquisa de Tortola e Silva (2021), os autores investigaram como os modelos matemáticos são formulados nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Os relatórios das atividades desenvolvidas pelos professores foram as fontes de dados. Os pesquisadores fizeram a codificação inicial palavra por palavra, uma possibilidade prevista na TF Construtivista quando é trabalhado com documentos, neste caso, especificamente, textos extraídos. Após a codificação inicial, os autores realizaram a codificação focalizada e evidenciaram três categorias que sustentaram a teorização da investigação, porém não evidenciaram a teorização. Em outro estudo Tortola, Silva e Dalto (2023) evidenciaram a maneira com a qual os professores em formação continuada (res)significam o modo como ensinam seus alunos ao planejarem as suas aulas com uma atividade de modelagem matemática. A fonte de dados foram textos extraídos, compostos por relatórios elaborados pelos professores, que continham informações sobre o uso da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Esse trabalho não apresentou a estratégia usada para elaborar a codificação inicial. Realizaram a

codificação axial e criaram duas categorias a partir da codificação focalizada. O trabalho não explicita a teoria fundamentada sobre o objeto de investigação.

Em uma pesquisa em ambiente de ensino e de aprendizagem com atividades de modelagem matemática, os pesquisadores dispuseram de uma unidade de ensino composta de recursos tecnológicos sequencialmente estruturados como unidades de ensino para promover a aprendizagem significativa dos estudantes. A fonte de dados foram registros dos alunos; relatórios elaborados pela professora após cada aula ou encontro de orientação e ficha de acompanhamento das atividades dos grupos; arquivos de vídeo, tanto das aulas quanto dos encontros com os grupos para orientação dos trabalhos. Nesse trabalho, apesar de indicarem que usaram a TF Construtivista, os autores não indicaram como ocorreram os processos de codificação e qual foi a teoria fundamentada elaborada com a investigação.

Mesmo não deixando evidente todos os processos encontrados na TF Construtivista, Silva e Kalhil (2017) elaboraram uma Teoria Substantiva para explicar o porquê da dificuldade dos alunos aprenderem genética. Para isso, elas elaboraram a codificação inicial linha por linha, não fizeram a codificação focalizada, mas elaboraram a codificação axial. Apresentaram a sua teoria substantiva que evidenciou os motivos da não aprendizagem da genética. A fonte de dados foi entrevista semiestruturada. As autoras apontaram que trabalhar com a TF Construtivista foi um grande desafio, devido à complexidade do processo.

Ao investigarem o uso da TF Construtivista como possibilidade metodológica no percurso de uma pesquisa na Educação Profissional e Tecnológica, Melo, Silva (2022) realizaram entrevistas semiestruturadas com professores que trabalham com essa modalidade de ensino. Foram realizadas a codificação inicial linha por linha, a codificação focalizada e teórica. Foram criadas cinco categorias no decorrer da codificação focalizada e apresentada a categoria central. Os autores usaram o software Atas TI durante o processo de codificação e constituíram a teoria fundamental que apresentou a não-integração presente em cursos de Ensino Médio Integrado a partir das concepções dos docentes de formação básica e docentes de formação profissional. Segundo os pesquisadores, a TF Construtivista contribui para um distanciamento de uma análise focada apenas na descrição dos dados e permitiu alcançar uma maior abstração a partir dos dados empíricos.

A TF Construtivista também foi usada para analisar os dados de uma revisão da literatura no campo da História e Filosofia das Ciências. Jorge e Peduzzi (2021) desenvolveram um estudo exploratório, com foco na produção científico-acadêmica encontrada em dissertações e em teses, a nível nacional de Programas de Pós-Graduação (PPG), sobre arte

ciência na área da Física. A fonte de dados foram os textos extraídos, pois foram analisados os fichamentos e resenhas das teses e das dissertações. Os autores não explicaram como os códigos iniciais foram criados, apesar de apresentá-los, o mesmo ocorreu com contudo a codificação focalizada. A teoria fundamentada da investigação contemplou que os trabalhos apresentados atentaram para características da História e Filosofia das Ciências de potencial pouco explorado e que é necessário aproximar um novo ponto de vista da arteciência dos professores ou dos cientistas.

Para encontrar elementos que constituem a identidade docente em relação à temática ambiental de professores formadores em uma universidade pública da região oeste do Paraná, Nascimento (2022) entrevistou seis professores para identificar como se mostram as decisões em relação à natureza em seu trabalho em sua prática docente e na vida pessoal. A autora realizou a codificação inicial linha a linha, em seguida, foi feita a codificação focalizada e apresentou os memorandos sobre a característica dos participantes e da realização das entrevistas. A autora não deixou evidente a construção da sua teoria fundamentada, como orientado por Charmaz (2009), mas indicou que para se formar agentes transformadores, há necessidade de um ensino de qualidade que preze pelas relações inter-relações entre os seres vivos e o espaço, o entendimento das consequências da poluição e contaminação ambiental, o impacto das desigualdades sociais, entre outras.

Sobre a leitura que cada pesquisador faz sobre o emprego da TF Construtivista, destacamos os trabalhos de Pereira, Ruppenthal e Marzari (2022) e Soares *et al.* (2021). Nos dois trabalhos os pesquisadores apresentam a TF Construtivistas, indicam os meios pelos quais acessaram os dados, mas não descreveram como construíram as suas codificações, conforme a vertente Construtivista.

Outro ponto que merece destaque da função da TF no processo de pesquisa, compõe a confusão entre os pesquisadores do emprego dos elementos da teoria. Como retratado na seção 5.1, as três principais vertentes da TF tem tanto os pontos de convergência como os de divergências. Logo, utilizar duas vertentes nas análises pode dificultar a elaboração fidedigna da teorização da investigação. Ritter *et al.* (2021) pesquisadores investigaram a percepção dos professores de escolas públicas sobre o ensino remoto durante a pandemia da Covid-19. Os dados foram obtidos por entrevistas. A codificação inicial foi incidente por incidente. Os autores evidenciaram a codificação focalizada e mostraram a teoria fundamentada da investigação. Contudo, em determinados pontos das análises, os pesquisadores apresentaram o modelo pragmático de Strauss e Corbin. Segundo os autores, esse modelo os ajudou a elaborar

a categoria central, o que não é conveniente, a codificação é um ponto de divergência entre as teorias Straussiana e Construtivista.

O mesmo ocorreu no trabalho que gerou uma teoria substantiva para as habilidades matemáticas que influenciam no aprendizado de Química (Schmitz; Ritter; Silva, 2022). Na escrita da formulação de sua teoria fundamentada sobre os impactos da Base Nacional Comum (BNCC) no trabalho dos professores de ciência, Krützmann, Alves e Silva (2023) apresentaram os detalhes da geração dos dados e das codificações, como explicitaram a teoria substantiva. Contudo, os autores orientaram-se nas premissas de Charmaz (2009, 2014) para codificar os dados e no modelo pragmático de Strauss e Corbin (2008).

Ao teorizar sobre o processo de desenvolvimento da metodologia "Aula Baseada em Problema" no processo da formação inicial de professores de Ciências/Química, Marques (2022) estudou oito licenciandos de uma universidade pública, que cursaram a disciplina didático-pedagógica ministrada de forma remota pela professora-pesquisadora. A autora apresentou a codificação inicial incidente por incidente, o processo de codificação focalizada, as categorias emergentes e os seus memorandos. Os memorandos descreveram cada etapa da pesquisa e foi integrado a uma categoria. Após as suas análises, o manuscrito foi apresentado, como a teoria substantiva. A pesquisadora destacou que, mesmo a Teoria Fundamentada nos Dados de Charmaz envolver certa complexidade em sua execução, a TF fornece orientações e detalhamentos que direcionam o pesquisador no processo de análise e teorização sobre os dados.

O compilado desses trabalhos indica que adotar a TF Construtivista em uma pesquisa pode gerar resultados robustos, cujos indicativos estão na descrição do processo, como pode possibilitar interpretações que transcendem os direcionamentos propostos nesta vertente da TF, afinal, de acordo com Charmaz (2009, p.15, grifo nosso) "Ao adotar os métodos da teoria fundamentada, você poderá conduzir, controlar e organizar a sua coleta de dados e, além disso, *construir* uma *análise original* dos seus dados.

Escolhemos produzir os nossos dados à luz da TF Construtivista para elaborarmos uma teoria fundamentada sobre o uso de textos da história do eletromagnetismo em um contexto de sala de aula de um curso de Física, a fim de colaborarmos com a área de Ensino de Física quanto à utilização de materiais da História da Física, a partir de uma análise de dados baseada em critérios bem definidos, associada a epistemologia fleckiana, que eleva a relevância do contexto histórico e social no processo da formação do pensamento científico e assim, propiciar novas contribuições e reflexões nessa área de investigação.

5.3. A construção da codificação inicial e focalizada

Nesta seção, descreveremos as construções do código inicial e do código focalizado a partir das entrevistas, questionário e dos relatórios de leitura. Apresentaremos a etapas da codificação inicial, linha por linha, para as entrevistas e incidente por incidente, para o questionário e para os relatórios de leitura, destacando a quantidade de códigos construídos para cada instrumento. Em seguida, mostraremos os códigos focalizados que originaram as nossas categorias. Encerraremos a seção evidenciando a codificação teórica.

A construção da codificação inicial, linha por linha, foi a etapa subsequente à transcrição das entrevistas. Entre a transcrição das entrevistas e a codificação, foram redigidos seis memorandos. Esses textos contêm as impressões iniciais do pesquisador diante dos dados obtidos a partir das falas dos seis participantes. Para garantir o anonimato dos participantes que concederam as entrevistas e a confidencialidade dos dados, adotamos códigos para representá-los. Assim, os códigos A1, A2, A3, A4, A5 e A6 representam cada um dos alunos que foram entrevistados.

5.3.1 A construção da codificação inicial e focalizada das entrevistas

A entrevista consistiu em nove perguntas, as quais abordaram as recordações dos participantes acerca das atividades relacionadas à história do eletromagnetismo propostas pelo pesquisador em Física III, bem como suas impressões sobre o planejamento geral da disciplina.

A primeira indagação visou identificar o perfil do participante, permitindo-nos determinar se ele cursou licenciatura ou bacharelado, se foi aprovado na disciplina no ano em que a pesquisa foi conduzida e se prosseguiu com estudos em Física. Na segunda pergunta, os participantes compartilharam suas percepções sobre o planejamento da disciplina. As questões três e quatro tinham como objetivo reconhecer as lembranças relacionadas aos temas de cada atividade correspondente à história do eletromagnetismo.

Na quinta questão, os participantes expressaram suas opiniões sobre se a integração da História da Física (HF) com uma disciplina do Núcleo da Física Geral e Experimental (NFGE)[74] contribui para o processo de aprendizagem. Na sexta questão, buscamos compreender a visão dos participantes sobre a integração da HF com a Física III. A sétima questão explorou os contextos durante a graduação nos quais os participantes tiveram contato com a HF.

As perguntas oito e nove foram elaboradas para averiguar se os participantes atuam como docentes e, em caso de respostas afirmativas, se incorporam a HF em suas práticas

[74] Para representar a denominação Núcleo da Física Geral e Experimental, usaremos a sigla NFGE.

pedagógicas. Realizou-se uma adaptação nas questões 8 e 9 para os participantes bacharéis em Física, que disseram não ter experiência docente. Nesse cenário, as questões abordaram situações futuras em que os bacharéis poderiam vir a lecionar. As questões completas encontram-se disponíveis no Apêndice D.

Após a transcrição das entrevistas, iniciamos a codificação inicial. Por adotarmos a estratégia linha por linha, primeiro configuramos as páginas das transcrições de acordo com as normativas de produção textuais previstas na Norma Brasileira 14724/2011 (NBR 147214/2011). Conforme o pesquisador realizava a leitura das falas transcritas, era escrito um código para cada linha. Os códigos foram separados segundo as nove perguntas que compuseram a entrevista. Cada código foi destinado a colunas correspondente à questão da entrevista, conforme o Quadro 3. Como prevê a TF Construtivista, a codificação inicial linha a linha gera uma quantidade significativa de códigos, pois é a etapa que pesquisador intensifica sua impressão subjetiva e criativa diante dos dados.

Quadro 3.Fragmentos da codificação inicial de A1.

Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05	Questão 06	Questão 07	Questão 08	Questão 09
Terminou o curso	Lembrança de quando cursou a disciplina.	Não tem lembrança detalhada dos textos.	Recordando sobre os textos estudados.	Refletindo sobre as disciplinas do curso.	Necessidade de um currículo integrado.	Contato com a HF no curso.	Não atua como docente.	O tempo pode ser um limitador para o uso da HF em aula.
Bacharel	A disciplina não tinha a mesma característica das demais.	Buscando na memória os conteúdos dos textos.	Os textos sobre interações tiveram mais destaques.	Inserção da HF nas disciplinas.	Possibilidade de uma aprendizagem menos fragmentada de um conceito.	Disciplinas específicas de HF.		HF como elemento motivador.
Mestre	Flexibilidade da disciplina.	Relação entre os assuntos dos textos e os conceitos ensinados pelo professor.	Conceito de campo abstrato.	Relembrando as disciplinas que teve no curso.	Colaboração para entender a produção do conhecimento científico.	A história fragmentada não desperta interesse.		Usaria a HF pelo contato que teve na graduação.
	Aula dialogada com o professor.	Recordação dos cientistas que apareceram nos textos.	Lembrança sobre o argumento do éter.	Apresentação das obras prontas dos cientistas renomados.	Fragmentação do conhecimento.	Dificuldade em entender a HF fragmentada.		A HF nas disciplinas facilitou a aprendizagem dos conceitos.

Fonte: Autoria própria

O quantitativo dos códigos iniciais indica que o pesquisador, adepto à TF Construtivista, dispõe da liberdade de criar os seus próprios códigos, independentemente de já ter utilizado um código para interpretar uma linha do texto analisado. Contudo, é importante observar que o resultado do número de códigos pode apresentar desafios para a elaboração da teoria fundamentada. Portanto, após a codificação, é recomendada a comparação dos dados dentro do texto de cada participante e entre os textos de todos os participantes da pesquisa. Dessa maneira, os códigos duplicados são identificados e, consequentemente, a quantidade total pode reduzir.

A duplicidade dos códigos no contexto da fala de cada participante pode ser um indicativo que a sua estrutura é significativa para a análise dos dados. Dessa maneira,

identificamos os códigos duplicados e os separamos, para que no final da etapa de codificação pudéssemos retomá-los para verificar a sua estrutura e substancialidade e assim, definir se eles poderiam compor a codificação focalizada.

Na codificação das entrevistas, encontramos 48 códigos repetidos oriundos da análise de cada entrevista. A codificação referente a A2 apresentou maior duplicidade, totalizando 21 códigos repetidos. Destacamos que, na análise da entrevista, observamos o maior número de códigos, sendo gerados 152 códigos para o participante A2, enquanto na transcrição de entrevista de A4 foram criados 51 códigos, o menor número de códigos entre os participantes da entrevista. Quanto ao comparativo da codificação entre as questões[75], ressaltamos que a questão 2 teve a maior frequência, com 113 códigos, enquanto a questão 8 apresentou o menor número de códigos. A Tabela 1 exibe o quantitativo dos códigos com referência às questões e aos participantes após a exclusão dos códigos duplicados de cada participante.

Tabela 1.Quantidade total de códigos criados após a exclusão dos códigos duplicados de cada entrevistado da pesquisa.

Participante	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05	Questão 06	Questão 07	Questão 08	Questão 09	Total de códigos
A1	3	19	5	13	11	15	3	24	10	103
A2	3	47	10	21	30	23	10	1	7	152
A3	3	12	9	1	3	12	6	5	6	57
A4	3	8	5	3	2	8	4	2	3	38
A5	3	9	2	4	5	14	5	1	8	51
A6	3	18	7	10	16	11	16	1	13	95
Total de códigos	18	113	38	52	67	83	44	34	47	496

Fonte: Autoria própria

A entrevista de menor duração foi concedida por A4, com aproximadamente 15 minutos. As demais entrevistas tiveram duração média de 30 minutos. Ressalta-se que a quantidade de códigos não corresponde ao total de linhas analisadas na entrevista, pois a exclusão dos códigos resulta na redução da exposição de códigos ao leitor.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 1 , verificamos que o número de códigos produzidos na questão 2 teve maior frequência para A2. A entrevista com A2 foi a mais longa, durou cerca de 48 minutos e esse participante expressou satisfação em ter cursado Física III com a inclusão dos textos apresentando alguns aspectos histórico do eletromagnetismo. Na questão 2 da entrevista, pedimos aos entrevistados que expressassem suas lembranças da disciplina Física III. Boa parte dos códigos da questão 2 foram relacionados ao planejamento

[75] Não consideramos a questão 1 para essa comparação, visto que ela foi direcionada ao perfil de cada participante.

das aulas, professor da disciplina, conforme podemos notar no trecho de sua fala: “Naquela época, eu sentia que foi uma, uma disciplina diferente, no sentido de ser mais flexível em certos aspectos. A gente chama dinâmica de aula entre... além de conversar com professor, a gente podia também... tinha algumas situações em que a gente podia conversar entre nós mesmos” (Entrevista com A2, 2023).

O reforço de algumas falas dos entrevistados permite ao pesquisador estabelecer conexões com códigos de distintas naturezas. Em outras palavras, a quantidade de códigos está mais relacionada à orientação da fala do entrevistado do que à extensão da entrevista. Essa assertiva pode ser fundamentada pela comparação entre o número de códigos gerados na fala de A6 e na entrevista de A5, ambas com duração em torno de 30 minutos.

Vale ressaltar que não se considera diminuta a quantidade de códigos atribuídos a A1, A5 e A6 no contexto da questão 8, mesmo que apareçam apenas uma vez. Isso ocorreu porque o código inicial atribuído foi "Não atuou como docente", dado que a questão abordava a experiência docente dos participantes. Portanto, para fins quantitativos, o menor número de códigos foi identificado na resposta do participante A3 à questão 4.

A questão 1 teve como objetivo conhecer um pouco do perfil, vide Quadro 4, de cada participante. Com ela verificamos que A1 e A3 fizeram o curso de Licenciatura em Física, enquanto A2, A4, A5 e A6 cursaram Bacharelado em Física. No ano que a pesquisa foi desenvolvida, A1 e A5 frequentaram a disciplina até aplicação da última prova, mas não foram aprovados na disciplina. Os entrevistados A1 e A2 concluíram o mestrado em Ensino de Física e Ciências dos Materiais, respectivamente. Os participantes A3, A4 e A6 estão cursando o mestrado. O aluno A3 pesquisa em Ensino de Física, A4 em Física Teórica e A6 em Física da Matéria Condensada. Já A5 não continuou com os estudos em Física.

Quadro 4. Perfil dos acadêmicos entrevistados.

Aluno	Atividades após a finalização da Graduação em Física
A1- Licenciado	Mestrado Ensino de Física
A2 - Bacharel	Mestrado Ciências dos Materiais
A3 - Licenciado	Mestrado Ensino de Física
A4 - Bacharel	Mestrado em Física Teórica
A5 - Bacharel	Não continuou os estudos em Física
A6 - Bacharel	Mestrado Física da Matéria Condensada

Fonte: Autoria própria

A temática da questão 2 originou uma quantidade significativamente maior de códigos iniciais em comparação com as demais. Nesse contexto, os alunos revisitaram suas experiências como estudantes de Física III no ano de 2017, oferecendo diversas reflexões sobre o planejamento da disciplina, a dinâmica entre professor e alunos, o material didático empregado, os métodos de avaliação, as dificuldades na assimilação de conceitos, as estratégias didáticas adotadas pelo docente, a participação do pesquisador na disciplina e as discussões relacionadas ao material histórico do eletromagnetismo. No decorrer das entrevistas, os participantes da pesquisa manifestaram conforto ao compartilharem suas lembranças.

A aluna A1 percebeu uma diferença no planejamento da disciplina quando comparado a outras do núcleo de Física Geral. Especificamente, ela ressaltou uma abordagem distinta na organização dos conteúdos, como a inversão da ordem usual de tópicos presente nos materiais disponibilizados pelo professor – um livro não publicado e as apresentações de *Slides*. "Eu lembro que o professor eu acho que ele é? Colocou uma ordem um pouquinho diferente em relação aos conteúdos, se eu não me engano, eu acho que ele deixou a parte de campo magnético por...não deixou os circuitos por último. Ele seguiu uma ordem assim um pouco diferente do que está nos livros (Entrevista com A1, 2023). Sobre as dificuldades com a disciplina, A1 evidenciou que "[...]era uma disciplina bem puxada, né? Porque essa parte de eletromagnetismo, eletricidade e magnetismo. É uma disciplina muito puxada". A aluna A1 enfrentou desafios relacionados à metodologia de ensino na disciplina, especialmente com as exposições de equações por meio de slides e a ausência de resolução de exercícios durante as aulas. De acordo com A1, essa abordagem específica não a possibilitava resolver os exercícios propostos pelo professor, conforme expresso em sua fala "Sim, é bom que eu lembro, né um pouco que eu tinha dificuldade era em relação a metodologia, né? Não tinha muita resolução de exercícios. E isso achei muita dificuldade, né, para resolver problemas, né? Desse conteúdo, então, era uma aula mais expositiva muitos de slides. Não tinha tanta parte de resolução de exercícios, então era uma coisa que eu tinha dificuldade, né?" (Entrevista com A1, 2023).

O entrevistado A2 destacou em sua fala os momentos de diálogos que com o professor, a diferença no planejamento da disciplina, a presença do pesquisador nas aulas e as atividades da história do eletromagnetismo.

A2: "Naquela época, eu sentia que foi uma, uma disciplina diferente, no sentido de ser mais flexível em certos aspectos. A gente chama dinâmica de aula, entre... além de conversar com professor a gente podia também... tinha algumas situações em que a gente podia conversar entre nós mesmos".

Em relação à presença do pesquisador nas aulas e às atividades de história do eletromagnetismo, A2 fez o seguinte comentário “Assim, sobre a disciplina e eu lembro que tinha uma, um aspecto que eu particularmente...uma dimensão histórica de você aprender sobre aquela... aquelas leis físicas, né? Como foi desenvolvida aquelas ideias da época que...Então, eu lembro que tinha aulas que a gente tinha que ler textos, inclusive tinha fragmentos dos artigos originais que eu acho que foi a primeira. Foi a primeira disciplina que eu tive, né? Que a gente no curso teve que tipo isso é um artigo. Isso (o artigo) foi uma coisa que foi originalmente publicada para ser discutido” (Entrevista com A2, 2023).

Na mesma linha de A2, a entrevista de A3 revelou as suas lembranças quanto à diferença da Física III das demais disciplinas do núcleo comum da Física Geral e Experimental e das atividades propostas pelo pesquisador.

A3: “De fundo ela tinha uma estrutura tradicional, mas ela tinha uma estrutura do professor também. Ela mesclava ali aulas bem tradicionais com uma estrutura não convencional [...]. Eu lia com colegas do texto. Também, não vou lembrar nome, mas a gente discutindo os textos em sala de aula também são momentos muito... muito foram bastante. Para mim, essa leitura e essa discussão do texto em sala de aula” (Entrevista com A3, 2023).

As impressões de A4 sobre a disciplina foram moldadas pelos conteúdos abordados. Além disso, ele mencionou as leituras dos textos da história do eletromagnetismo em sala de aula.

A4: “E eu lembro, de como foi introduzido o conceito de campo vetorial. Eu lembro que foi disponibilizado, também um trabalho de Faraday, eu acho. São essas coisas vagas de campo elétrico da disciplina [...] muito pouco eu lembro de ter... de ter lido como eu falei, né o texto do Faraday, que falava sobre campo elétrico. Mais só. Talvez um... alguma coisa sobre a Lei de Ampére, mas é assim, eu não lembro do conteúdo também” (Entrevista com A4, 2023).

As memórias de A5 sobre a Física III baseiam-se na estrutura da disciplina e nas atividades realizadas com o pesquisador. Quanto à estrutura da disciplina A5 disse “Eu acho que era uma estrutura diferente, não era muito o que a gente tá acostumado a seguir no livro não” (Entrevista com A5, 2023). O entrevistado destacou a presença do pesquisador: “Eu lembro assim. Também, quando você começou a fazer pesquisa. A gente leu alguns textos que traziam uma parte histórica... também para a gente. Assim, o nome que vem muito na cabeça é o Ørsted” (Entrevista com A5, 2023).

A questão 2 da entrevista com A6 introduziu alguns elementos distintos que não foram abordados nas declarações dos outros alunos. A6 destacou que apreciou a disciplina,

expressando satisfação com a forma como o professor planejou as aulas. Além disso, ele ressaltou que as atividades relacionadas à história do eletromagnetismo proporcionaram maior motivação para seus estudos. A satisfação em participar da disciplina foi evidenciada no seguinte trecho da descrição.

A6: “Bom, mas para mim foi bem proveitosa. [...] E eu lembro que esse trabalho que ele passava vai me ajudar bastante a entender a matéria e depois... depois. Os trabalhos, resumo era mais ou menos nessa época que você (o pesquisador) entra na sala. Eu lembro que eu gostava bastante” (Entrevista com A6, 2023).

A fala de A6 revela que o professor utilizava de outros recursos didáticos, além do quadro branco e apresentação de Slides e, que era notável, o envolvimento que o professor tinha com o conteúdo que ministrava.

A6: “Tem professor que parece que está literalmente passando o livro no quadro. Isso é um pouco chato [...]. Ele (o professor) sempre passava as matérias do jeito dele, a gente usava o livro como apoio. E eu lembro dele, sei lá até para dar os exemplos que ele que ele queria passar ele pegava o objeto. Eu lembro que ele adorava falar de toróide, né? [...] Ele sempre inventava uma maneira diferente” (Entrevista com A6, 2023).

Para conduzir a lembrança dos entrevistados às atividades desenvolvidas pelo pesquisador, utilizamos as questões 03 e 04 da entrevista. Na questão 03, pedimos aos entrevistados para eles falarem sobre as lembranças dos textos da história do eletromagnetismo que foram lidos e discutidos em aula. Em geral, os alunos deram mais foco à lembrança de terem lido os textos, aos nomes dos cientistas que aparecerem nos textos e pouco perpassaram pelos temas do eletromagnetismo, conforme podemos notar nos excertos das transcrições.

A1: “Eu lembro um pouco mais ou menos, né? Não lembro muito, eu lembro que você levou um texto de sobre Ørsted que eu acho que…tem o experimento que levou para sala”.

A2: “Eu não lembro exatamente. Eu lembro que a gente lia sobre esses nomes, os grandes nomes, né”?

A3: “Não, de cabeça eu não lembro não. Lembro não, não lembro de nome não, não lembro de cabeça não”.

A4: “Assim, o que me chamou atenção e que eu lembro, que ficou marcado, era que Faraday não era um especialista na área, quando ele estudou essas coisas, né”?

A5: “Não lembro. Até esse do Ørsted, eu acho que não era o título... assim era... um cientista, no caso”.

A6: “Acho que não lembro. Assim, eu lembro que sempre tinha, mas foram quantos no total? É que eu não me lembro muito bem”.

Quanto aos relatos sobre o tema da questão 04, percebemos que A1 explorou em suas lembranças que os textos trabalhados pelo pesquisador abordavam os conteúdos programáticos de Física III.

A1: “Eu lembro que eu vi essa parte de indução, de desenvolvimento do eletromagnetismo. Eu vi um pouco a História da Física, mas eu não fazia Física, não tinha feito Física III. Então, passou um pouco batido, mas isso (estudar os textos da história do eletromagnetismo) junto com a disciplina... eu acho que foi mais interessante” (Entrevista com A1, 2023).

Das lembranças compartilhadas por A2, daquilo que mais prendeu a sua atenção das leituras dos textos de história do eletromagnetismo, acentuamos a discussão feita para construir a ideia de interação.

A2: “Me chamou atenção porque realmente foi uma discussão que ela foi fomentada na sala de aula, porque é um... é muito contraintuitivo a gente pensar em campo. Que eu lembro que eles... até desenvolveram aquele conceito do éter, né? Que na época que tinha que existir um éter, que seria ligação entre as duas... as duas sobre os fenômenos do eletromagnetismo”.

Outro ponto que exemplifica as memórias de A2 dos aspectos que prenderam sua atenção ao estudar os textos, decorre das relações humanas com as quais os cientistas lidam, durante o período que estão trabalhando com um novo problema. Essa memória também compôs a fala de A4.

A2: “Posso estar confundindo os nomes, mas o Ampére... ele teve que ele teve que se afastar da família e tal para poder desenvolver aquelas teorias que levou por muito tempo para desenvolver. Eu não sei, eu achei... eu achei isso, me chamou atenção na época. Eu, tipo assim, ele tinha como fazer isso, sabe”?

A4: “Assim, o que me chamou atenção e que eu lembro, que ficou marcado, era que Faraday não era um especialista na área, quando ele estudou essas coisas, né? Então, é isso que me chamou atenção o de resto, não lembro se chamou atenção na época”.

Ademais, as traduções comentadas das obras originais, característica de quatro dos seis textos estudados, foram destacadas nas falas de A3 e A6.

A3: “Não, dos assuntos, mais ou menos lembro. Acho que a gente trabalhou o texto do Maxwell. Foram textos que eu lembro que, na época, eu achei muito interessante, gostei muito, mas realmente, minha memória não é muito boa”.

A6: “Eu, em detalhe, eu acho que não vou conseguir te dizer. Mas eu lembro especificamente, pelo que era um artigo traduzido, tipo original, e era muito era muito interessante”.

Na exposição de suas memórias sobre a questão 04, a ênfase de A5 foi atribuída aos momentos de leituras e discussões dos textos durante os encontros com o pesquisador.

A5: “Eu lembro muito da gente lendo os textos. Mas, assim... fora conversa... assim... discussão. Acho que sim, nada muito específico. É só a imagem do que a gente fez mesmo”.

Ao elaborarmos a questão 05, tivemos por objetivo saber se as atividades que envolviam a história do eletromagnetismo no cenário de Física III ajudaram no entendimento da disciplina. Em sua fala, A1 apresentou dúvidas sobre o porquê das atividades desenvolvidas para fins da pesquisa não foram incorporadas na composição de notas da disciplina.

A1: “Olha, pensando assim, na parte de avaliação, não muito. Mas porque não era alguma coisa que o professor talvez não fazia... as avaliações baseadas no texto, né”?

Os entrevistados A3, A4 e A6 explanaram pontos significativos relacionados às suas opiniões quanto à integração da HF em Física III. Os aspectos analíticos dessas falas serão discutidos ao retratarmos os códigos focalizados. Nesta seção descritiva, evidenciaremos suas perspectivas frente a uma situação que até aquele momento da graduação ambos não tinham vivenciado. Enquanto A3 e A6 expressaram que estudar a história do eletromagnetismo no contexto da Física III contribuiu com a formação dos conceitos ensinados pelo professor, A4 focou na importância em uma introdução que contextualize o estudo de conceitos difíceis de serem aprendidos.

A3: “Esse estudo todo da teoria, eu já acho muito importante para entender a Física, né? A parte de cálculos da física faz, faz muito mais sentido para mim e ver... se estudar muito mais a construção da teoria, né? Então para mim foi um foi muito bom e facilitou o aprendizado, o meu aprendizado na disciplina”.

A4: “Acho que sim, porque ele trouxe de alguma forma contextualização histórica, né? E isso querendo ou não, é legal, motiva a gente a estudar esses conceitos”.

A6: “Você acompanhar as coisas na ordem que elas foram desenvolvidas, tenho certeza que ajuda bastante, porque às vezes você estuda alguma coisa sem um embasamento histórico ou teórico, de como ela foi desenvolvido... sempre fica meio perdido”.

Enquanto para A3 e A6 a metodologia de ensino planejada pelo professor e pelo pesquisador colaborou com a aprendizagem dos conceitos de Física III, e para A4 a estratégia exerceu uma forma de introdução para os temas que seriam estudados, o mesmo não aconteceu

com A5, que não conseguiu a aprovação da disciplina naquele semestre. Contudo, para esse entrevistado, as atividades não atrapalharam os seus estudos.

A5: “Olha, eu não passei naquele ano, né? De Física III. Então, acho que [...] mas também não é não teve interferência negativa dos textos. Era mais eu que não estava no momento estudar muito”.

Dentre as opiniões de A2, a integração da HF em Física III permitiu a sua compreensão do contexto que envolve a produção científica. O entrevistado criticou que a partir de sua vivência como aluno, teve uma visão bem linear do pensamento científico. E essa visão, por vezes, era reforçada no decorrer das disciplinas do curso.

A2: “Então, assim, aquilo (o trabalho do cientista) é, esse tipo de coisa, ele também contribuiu para entender. Como que a ciência era feita e como ela continua sendo feita hoje? Assim, a Ciência né, uma coisa que eu aprendi nesse começo de Física III é que a ciência, ela não pode ser sozinha, ela tem que ser discutida, ela tem que ser desenvolvida”.

Na sequência da entrevista, vislumbramos a opinião dos entrevistados quanto à realização das atividades da história do eletromagnetismo integrada à disciplina Física III. Conforme analisaremos com a codificação focalizada, manifestações sobre a necessidade de uma maior integração entre as disciplinas do curso, a elucidação do desenvolvimento científico e o papel da contextualização no processo de aprendizagem foram os motivos favoráveis a essa estratégia didática. Para os entrevistados A1 e A2, o curso poderia ter um currículo mais integrado, para que os alunos construam uma visão de Ciência menos fragmentada.

A1: “Eu, aí pensando, né? Acho que não só a questão de... do eletromagnetismo. Mas, qualquer outro tema da Física, né? É importante que a gente tem esse entendimento de como que esse processo é construído, né? Se a gente pensa na parte de conhecimento científico, o porquê as coisas são desenvolvidas e qual o interesse econômico social político, porque que a gente está estudando aquilo, é... faz muito mais sentido, né”?

A2: “A minha opinião, que eu acho, que é como deve ser. Eu acho que deve ser ensinado dessa forma, ela (a Ciência) tem que ser mostrada como as coisas que aconteceram. Assim, da mesma forma... assim, hoje eu vejo o que é a construção do conhecimento humano. Ela (a Ciência) não funciona em livros, separados por prateleiras, separada a Física da prateleira da Matemática. Hoje eu vejo que assim, a nossa construção (do conhecimento científico) como humanidade, do nosso conhecimento, da nossa história... ela é toda integrada”.

Apresentando o mesmo posicionamento de A1 e A2, mas com uma abordagem visando a socialização da aprendizagem, A3 e A6 discorreram sobre a importância de dialogar com

colegas e professores o processo da construção do pensamento científico. Essa dinâmica, associada a um tema específico de uma disciplina, pode colaborar com a aprendizagem de um conceito.

A3: “Colaborou bastante. E as discussões dos textos, inclusive, colaborou justamente por ser ... discussão. Por não ser uma aula monótona parada, porque às vezes você tinha ali ... a sequência de aula que era muita conta (linguagem matemática) e aí e as contas no *Power Point*... e aí fica muito maçante”.

A6: “É que às vezes as coisas são bem corridas, tem matéria que nem consegue chegar ao fim do planejamento, mas... se ela for planejada com antecedência e que para incluir essas discussões, eu acho que é maravilhoso”.

A preocupação com a carga horária da disciplina que integra a atividades de HF em suas temáticas não é uma preocupação apenas de A6. No processo analítico explanaremos mais esse tópico.

A apreciação de A5 sobre a integração da HF em Física III tangenciou a importância para os alunos que estudam e trabalham com Ciências terem uma formação com foco mais amplo da profissão. Contudo, esse processo deve acontecer gradativamente no decorrer do curso, caso contrário, o aluno não conseguirá compreender o porquê estar estudando certas temáticas. Esse argumento apresentado por A5 é uma crítica as duas disciplinas do primeiro ano do curso que versam sobre a HF.

A5: “Eu acho assim, a gente ali falando do que eu vivenciei no curso de Física, a gente teve um ano de disciplina de história de filosofia da física como um todo... só que daí eu acho que para o período de um ano você pegar a (História) Física inteira, mesmo... dos primórdios até agora, a Física do século passado [...]. Não tem muito aproveitamento de aprendizagem estudar a HF no primeiro ano do curso”.

A opinião de A4 destoou dos demais entrevistados. Para ele, a HF deveria estar presente em momentos após o aluno estudar as temáticas das disciplinas do núcleo de Física Geral e Experimental, porque do modo que ocorreu em Física III, não colaborou a aprendizagem dos conceitos.

A4: “Ok, eu acho legal. Ela em paralelo, né? Só que eu acho pouco proveitoso. Porque ali a gente está construindo o conceito. Por exemplo, eu não lembro de quase nada do que eu li na época, porque os conceitos não estavam sólidos, não estavam concretizados. Então, eu acharia interessante, pelo menos do ponto de vista pessoal, rever aquela toda aquela contextualização, né”?

Com o objetivo de compreender outros momentos do curso de Física nos quais os entrevistados tiveram contato com a História da Física (HF) e suas impressões, elaboramos a questão 07. Os seis entrevistados recordaram que o primeiro contato com a HF na graduação em Física ocorreu por meio das disciplinas "Evolução das Ideias da Física I e II", oferecidas, respectivamente, no primeiro e segundo semestre do curso. Alguns também mencionaram momentos específicos nos quais professores discutiram a história de uma teoria. O que nos chamou a atenção na reflexão dos alunos sobre esse assunto foi a afinidade e o interesse que demonstraram pela abordagem da HF na formação acadêmica. Contudo, suas críticas enfocaram duas dimensões dessa abordagem: o momento do curso em que a HF é ensinada e a maneira como os professores apresentam a HF aos alunos. Os excertos das transcrições corroboram com essa impressão.

A1: "Assim a gente tem pelo menos ali (no primeiro ano). Quando fiz a grade (matriculou-se na disciplina) a gente tinha História da Física separado de Física. Então, tinha uma História da Física no primeiro semestre, mas ali você não... às vezes, tinha alguma discussão, né? De alguma construção histórica, mas de um conteúdo que você não viu ainda eu... não fazia tanto sentido".

A2: "Eu acho foi Evolução das Ideias da Física I e Evolução das ideias Evolução das Ideias da Física II. Duas matérias que foram feitas só para a gente estudar isso (a História da Física). Só que aí a gente estava na história de uma forma separada da prática, da... das contas e de equações. Era meio só uma evolução mesmo, como aconteceu cada coisa assim. Mas, não foi interessante. Até que tinha certas discussões em sala de aula também e tal, só que a gente no final das contas, era mais difícil de sabe...juntar uma coisa com a outra.

A3: "Na disciplina... que era obrigatória, a gente teve de Evolução da História (das Ideias) da Física I e (Física) II e em Física Moderna, que... não... não gostei, é que eu me lembre que... da forma que foi abordada".

A4: "Olha, infelizmente, em nenhum outro ponto além dessa disciplina (Física III) e no começo da graduação (Evolução das Ideias da Física I e Evolução das ideias Evolução das Ideias da Física II), em que a gente entra quase cego em relação aos conceitos, né? Então, depois de Física III eu não me lembro [...] mas eu não me lembro de ter uma abordagem contextual assim, em outras disciplinas no curso".

A5: "Tive no primeiro ano do curso, com a disciplina chamada Evolução das Ideias da Física I e I. Teve na disciplina, né de Física III, do professor. Nas disciplinas de Física Moderna,

que eu não vou me recordar o nome agora, a gente acaba tendo um pouquinho de contato com a história".

A6: "Bom, primeiro foi com Evolução das Ideias da Física, são duas matérias... e a gente tinha que apresentar nela. Inclusive, era bem interessante. Eu diria que se eu pudesse escolher, eu a colocaria um pouco depois. Que ela (a HF) foi no primeiro semestre, né? As pessoas também, perdido no primeiro semestre, acho que no segundo... terceiro fica melhor que no primeiro e o segundo".

Ao se aproximar do final da entrevista, buscamos saber se os entrevistados atuam na docência ou já tiveram alguma experiência como docentes. Dos seis entrevistados, A2, A4 e A5 não exerceram nenhuma atividade docente, enquanto A6 atuou como docente apenas no estágio docente do mestrado. Os únicos entrevistados que exerceram à docência foram A1 e A3. No momento da entrevista, A3 estava afastada da atividade docente devido ao curso de mestrado, enquanto A1 encontrava-se em efetivo exercício.

Por ter experiência com a docência, perguntamos a A3 se ela utilizava a HF ao planejar suas aulas. Sua resposta foi positiva, expondo que usava a HF para contextualizar suas aulas e demonstrar aos alunos como as teorias e Leis da Física não estão isoladas das outras áreas do saber.

A3: Sim, mas não de forma não te forma igual né? Não trazendo textos. Mas eu buscava trazer contextos históricos da Ciência, da Física, interligados ao que os alunos estavam tendo dentro de outras disciplinas também, como: Geografia, História, e Biologia, para fazer essa interligação, esse link de todas as disciplinas que por mim, por várias vezes, tratavam do mesmo conteúdo.

A resposta de A1 para a questão 9 gerou o maior número de códigos iniciais dessa questão. Existem dois motivos que podem explicar essa diferença: A1 cursou Licenciatura em Física e fez o mestrado em Ensino de Ciências, o que propiciou a geração da maioria dos códigos dessa questão. Em suas aulas, A1 destacou que contextualiza o ensino e incentiva os alunos a compreenderem os aspectos políticos e sociais que interferem na produção científica com base na HF. Além disso, por trabalhar com o itinerário formativo[76] no ensino médio, na dimensão da Ciência da Natureza e suas Tecnologias, A1 recorre à HF para planejar suas temáticas de ensino.

[76] O currículo do ensino médio proposto pela Base Nacional Comum Curricular é formado pelos itinerários formativos, que devem atender, a partir da oferta de diferentes arranjos curriculares, a relevância para o contexto local e a disponibilidade dos sistemas de ensino (Brasil, 2018).

A1: “Eu tento levar sim, né com a parte histórica e eu acho que eu vejo interesse da turma assim quando você ao invés de introduzir já com a parte conceitual de teoria e tal. Você dá aquela, aquela contextualizada, aquela história, né”? Crítico por trás disso (da HF), né? Quem investiu nesses nessas pesquisas e tal? Então, sempre eu tento levar essa, esse discurso, né? Sempre que dá”. Contudo, a disponibilidade de tempo para poder utilizar a HF com mais enfoque em suas aulas, é motivo de preocupação, como vemos trechos da transcriação da resposta da entrevistada.

A1: “Então, depende muito do tempo, do tempo de aula. Assim, mesmo no primeiro ano, é um *insight*, né? Dou um comentário durante a aula, porque não tem como eu preparar uma atividade (de HF) para eles desenvolverem, mas assim, então, dependendo...depende muito da carga horária mesmo, né”?

A última pergunta dirigida aos entrevistados envolveu a abordagem e as fontes de inspiração que os motivaram a incorporar a História da Física (HF) em suas aulas. Para aqueles entrevistados que não possuíam experiência na docência, adaptamos a pergunta. Solicitamos que compartilhassem se utilizariam a HF em suas aulas, caso assumissem, em um futuro próximo, um cargo de professor de Física, e as razões pelas quais optariam por tal abordagem. A presente questão foi formulada com base na informação de que, dentre os 4 bacharéis entrevistados, 3 deles desempenham atividades de pesquisa, conferindo-lhes a capacidade de atuar no âmbito do Ensino Superior na qualidade de docentes.

Na dimensão da abordagem, A1 manifestou que o seu objetivo ao usar a HF em suas aulas é conscientizar os seus alunos que, no plano de fundo da produção científica, há interesses de uma classe dominante.

A1: “Eu penso que é para fazer sentido mesmo para o estudante o que ele tá aprendendo, né? Entender que uma pesquisa científica, ela é construída a partir de um interesse, né? Com os nossos impostos, a gente que financia essas pesquisas”.

Também, por meio da HF A1 trabalha a conscientização da representatividade de negros e mulheres no âmbito na produção científica.

A1: “Então, levando essa parte da história, uma coisa também que eu gosto bastante é de levar referências de pessoas negras e mulheres cientistas. Assim, então, sempre eu tento, assim, pesquisar muito dessa parte da história. Teve alguma mulher que contribuiu nessa pesquisa, né? Alguma pessoa negra? Aí, eu gosto muito de levar isso, porque são representatividade também”.

As lembranças de A3 sobre o período em que lecionava versaram por outro caminho, ao compararmos com o relato de A1. Em suas aulas, A3 utilizava a HF para construir pontes com outras áreas do conhecimento e assim, ensinar aos seus alunos que as disciplinas estão conectadas uma com as outras e que a história permite que seja construída essa comunicação.

A3: "O modo parte... o modo como eu enxergo as coisas no geral, né? Que um conteúdo realmente permeia vários outros, né? Então, o que você aprende numa disciplina, você pode aplicar em outra. E vice-versa. Essa comunicação, boa parte do que faz essa comunicação... é a história".

A hipótese de A2, A4 e A6 sobre o potencial uso da História da Física (HF) em suas convergiu para a sua contribuição no processo de aprendizagem. Ambos afirmaram que incorporariam a HF em suas aulas devido às experiências vivenciadas durante a graduação. Eles perceberam que o uso da HF proporcionou um melhor aproveitamento na assimilação de conceitos. Além disso, expressaram a intenção de utilizar a HF como meio de demonstrar aos seus futuros alunos que compreender o processo de construção científica contribui significativamente para a formação acadêmica.

A2: "Assim, de experiência pessoal minha, porque as disciplinas que eu tive esse contato (com a HF) e esse desenvolvimento, foram disciplinas que melhor fixou na minha cabeça ou então, desenvolveu ideias melhores mesmo, que assim, hoje eu não sou, por exemplo, eu não sou um físico teórico, que trabalha com eletromagnetismo, mas hoje sou um cientista melhor, porque eu aprendi sobre ser um cientista".

A4: "Então, eu acho muito interessante buscar, ler bastante sobre essa parte da História da Física, porque eu acho interessante de fato, eu acho que contribui para nossa formação".

Uma observação feita por A6 merece destaque. Mesmo não atuando como docente, esse entrevistado fez menção ao tempo que é investido para que outras atividades sejam integradas ao planejamento da disciplina.

A6: "Eu super espero que sim (usar a HF em suas aulas). Se eu for um professor um dia, eu... meu ideal é que eu planejo a minha disciplina com afinco o suficiente, para ter o tempo de passar essas coisas (episódios da HF). É porque hoje em dia, tudo o tempo... é tudo, né? Você... que você tem que passar matéria, você tem que dar prova. Eu imagino que muitos professores acabam frustrando, não conseguem passar o que eles planejaram... que eles passarem, por causa da falta de tempo, né? Mas, eu com certeza. Espero que eu possa fazer essa experiência".

O posicionamento de A5 quanto ao uso da HF foi mais contido, considerando que ele viesse lecionar futuramente. Em sua perspectiva, a HF pode ser empregada em uma disciplina tanto como elemento para contextualizar um assunto quanto para contribuir com a aprendizagem do aluno. Contudo, A5 privilegiaria, sobretudo, as disciplinas de Física Clássica.

5.3.1.1 A codificação focalizada de cada item da entrevista

Após a redação dos códigos para cada participante em relação a cada pergunta da entrevista, procedemos a comparação dos códigos focalizados entre os alunos. Dessa forma, conseguimos formular as primeiras categorias de análise das entrevistas.

Salientamos que a carga de subjetividade é bem intensa nessa etapa, pois esses códigos são criados a partir do movimento analítico do pesquisador, que envolve o retorno aos códigos iniciais, aos memorandos e as entrevistas.

O perfil do entrevistado foi conhecido pela formulação da Questão 1. Com os códigos iniciais, construímos a codificação focalizada "Formação Acadêmica e Profissional", conforme exposto no Quadro 5.

Quadro 5.Construção do código focalizado "Formação Acadêmica e Profissional".

Código Focalizado	Códigos iniciais da questão 01 da entrevista
Formação Acadêmica e Profissional	Concluiu o curso
	Licenciatura
	Bacharelado
	Aluno de mestrado
	Mestre
	Não continuou com os estudos em Física

Fonte: Autoria própria

A análise focalizada na "Formação acadêmica e profissional" sugere a existência de dois coletivos de pensamento entre os seis participantes da entrevista que cursaram a disciplina Física III. Essas diferenças conceituais podem ser atribuídas à divergência na organização e nos objetivos das duas modalidades, conforme explicitado no Projeto Pedagógico do Curso (PPC)[77] desses cursos.

O PPC1 indica a possibilidade de um coletivo de pensamento associado ao estilo de pensamento da licenciatura. Este documento destaca, dentre os objetivos para o curso de Física Licenciatura, a formação de profissionais comprometidos com a educação e capazes de

[77] Designaremos como PPC1 o Projeto Pedagógico do Curso de Física Licenciatura e como PPC2 o Projeto Pedagógico do Curso de Física Bacharelado. Essas nomenclaturas serão utilizadas para preservar a identificação da universidade na qual a pesquisa foi conduzida, evitando a citação direta dos documentos ao longo do texto.

compreender e intervir nas diversas realidades sociais. O segundo coletivo de pensamento é composto pelos bacharéis que, de acordo com o PPC2, compartilham o estilo de pensamento voltado para a formação de profissionais capazes de identificar e solucionar problemas relacionados às áreas da tecnologia moderna, especialmente aquelas ligadas à física clássica, moderna e contemporânea.

No primeiro semestre, tanto os alunos da licenciatura quanto os alunos do bacharelado cursam disciplinas praticamente idênticas. A partir do segundo semestre, eles iniciam disciplinas direcionadas aos objetivos específicos de seus respectivos currículos. Em conformidade com a perspectiva de Fleck (2010), os alunos experienciam "uma coerção definida de pensamento e mais: a totalidade das disposições mentais, a disposição para uma e não para outra maneira de perceber e agir" (Fleck, 2010, p. 110).

Esta análise é relevante, pois os alunos participaram das mesmas atividades planejadas tanto pelo professor quanto pelo pesquisador em Física III. Ao longo das entrevistas, solicitamos aos entrevistados que expressassem suas percepções sobre o planejamento da disciplina, as atividades realizadas pelo pesquisador e como poderiam aplicar a História da Física em suas aulas.

Dos 113 códigos iniciais correspondentes a questão 02, foram criados 5 códigos focalizados:

1. “Não foi um momento propício para eu compreender a importância do estudo do eletromagnetismo”;
2. “Motivação, Percepção e apreciação do aluno no Contexto da Disciplina”;
3. “Impressões sobre a avaliação acadêmica”;
4. “História do eletromagnetismo no processo de aprendizagem” e
5. “A didática do professor”.

O código “Não foi um momento propício para eu compreender a importância do estudo do eletromagnetismo” foi criado devido à relevância da fala de A1 sobre as suas impressões da disciplina Física. Destacamos os códigos iniciais:

1. “Não compreende o papel da disciplina”,
2. “Dificuldade acadêmica com a disciplina”,
3. “Recorda da Dificuldade de compreensão acadêmica da disciplina”,
4. “Dificuldade do emprego dos conceitos na resolução de problemas”,
5. “Não compreensão das demonstrações das equações” e
6. “Não consegui aprovação na disciplina”.

Esses códigos corroboram com as presunções ausubeliana da pré-disposição em aprender e de que o material tem que ser potencialmente significativo para o aluno aprender. A fala de A1 evidencia que naquele momento de sua vida, não estava preparada para estudar Física III “na época, eu até converso com outros colegas, eu acho que não tinha talvez maturidade ou enfim eu fui um pouco relapsa na disciplina” (Entrevista com A1, 2023). Aparentemente, outros obstáculos dificultaram que A1 pudesse compreender os temas ensinados pelo professor. Dentre eles, o formato da disciplina em uma abordagem divergente da tradicional colaboraram para que A1 não fosse aprovada na disciplina. Essa informação nos propiciou a geração dos códigos:

1. “Relaciona a dificuldade com a aula expositiva” e
2. “Pouca resolução de exercícios em aula”.

Segundo A1 na disciplina “[...] não tinha muita resolução de exercícios. E isso... achei muita dificuldade, né? Para resolver problemas” (Entrevista com A1, 2023). O código inicial “Não compreensão das demonstrações das equações” ratifica que A1 manifestou, ou seja, também não se adaptou à proposta metodológica do professor “Então era uma aula de exposição é professor colocava bastante a questão de abrir as equações e tudo mais demonstrar, né?” (Entrevista com A1). Alguns códigos iniciais que nos guiaram a criação desse primeiro código focalizado estão no Quadro 6.

Quadro 6.Construção do código focalizado “Não foi um momento propício para eu compreender a importância do estudo do eletromagnetismo”.

Código Focalizado	Alguns códigos iniciais da Questão 02 da entrevista
Não foi um momento propício para eu compreender a importância do estudo do eletromagnetismo.	Autoavaliação acadêmica
	Não consegui aprovação na disciplina
	Refez a disciplina
	Nível de abstração da disciplina
	Dificuldade acadêmcia com a disciplina
	Poucas resolução de exercícios em aula
	Dificuldade do emprego dos conceitos na resolução de problemas
	Dificuldade na apropriação conceitual

Fonte: Autoria própria

Detalhamos minuciosamente a formação do código "Não foi um momento propício para eu compreender a importância do estudo do eletromagnetismo", pois podemos estabelecer uma relação com os princípios ausubeliano para explicar as dificuldades enfrentadas por A1 em compreender os conceitos do eletromagnetismo durante o curso de Física III. Em primeiro lugar, devido ao fato dela não estar em um momento favorável de sua vida, A1 não desenvolveu

uma predisposição, para a aprendizagem. Em segundo lugar, o alto grau de abstração dos temas e a percepção sobre as escolhas dos materiais de estudo e dos recursos – o material potencialmente significativo - do professor não contribuíram para ocorrer a interação do novo conteúdo com os subsunçores já existentes, mesmo participando das leituras e discussões de três dos seis textos e da demonstração do experimento de Ørsted da deflexão da agulha magnética.

A elaboração do código focalizado "Motivação, Experiência e apreciação do aluno no Contexto da Disciplina" abrange a predisposição do aluno em aprender, a identificação com o livro que foi usado para estudar, dos diálogos realizados durante a aula, os anseios pelo grau de dificuldade de compreensão dos conceitos e da metodologia de ensino proposta pelo professor. Salientamos que um dos materiais disponibilizado pelo professor foi um livro não publicado, cuja organização dos assuntos atendem o princípio da diferenciação progressiva, um dos elementos da TAS. Mesmo assim, alguns alunos, como A2, optaram em estudar em outros livros, como o Física Básica 3 do Moysés Nussenzveig. No Quadro 7, apresentamos alguns códigos iniciais que compuseram essa codificação focalizada.

Quadro 7.A construção do código focalizado "Motivação, Experiência e apreciação do aluno no Contexto da Disciplina" da questão 02 da entrevista.

Código Focalizado	Alguns códigos iniciais da Questão 02 da entrevista
Motivação, Percepção e apreciação do aluno no Contexto da Disciplina	Interação com outros aluno
	Dificuldade do emprego dos conceitos na resolução de problemas
	Dificuldade na apropriação conceitual
	A disciplina não tinha a mesma característica das demais de Física Geral.
	Aula dialogada com o professor.
	Diálogo com os colegas.
	Motivação em aprender os conceitos da disciplina.
	Dificuldade em escrever a ficha de resumo
	Contribuição das discussões conceituais.
	Dificuldade em estudar com o livro do Moysés Nussenzveig.
	Lembrando de um livro que gostava.
	Troca de experiência entre professor e aluno.
	Percepção de uma estrutura tradicional da disciplina

Fonte: Autoria própria

De acordo com Ausubel (2003), muitas pessoas estão suscetíveis a receber informações de maneira arbitrária, o que demandará esforços cognitivos para assimilar o conteúdo apresentado. Em disciplinas acadêmicas de maior complexidade, torna-se necessário buscar recursos que facilitem a aprendizagem. Assim, a intenção de aprender significativamente está mais associada ao processo de disposição mental do que à motivação em si.

Nas transcrições das entrevistas, percebemos nas falas dos alunos que cada um teve uma motivação diferente. A colaboração de A2 foi bem expressiva para a construção do código focalizado exposto no Quadro 7, Para esse aluno “uma disciplina diferente, no sentido de ser mais flexível em certos aspectos. A gente chama dinâmica de aula, entre... além de conversar com professor a gente podia também...tinha algumas situações em que a gente podia conversar entre nós mesmos” (Entrevista com A2, 2023).

De modo geral, esses diálogos que foram promovidos durante as aulas, geraram motivações que, por sua vez, influenciam as disposições mentais, as quais mediam as ações para que a aprendizagem ocorra. Contudo, Ausubel (2003) enfatiza que, embora a motivação possa facilitar a aprendizagem significativa, ela não é condição suficiente. Para se tornar um elemento contributivo para a aprendizagem significativa, é necessário estimular a motivação por meio de fatores cognitivos. Caso contrário, a motivação não contribuirá efetivamente para o processo de aprendizagem, resultando em algo semelhante aos impulsos gerados para o entendimento da aprendizagem em animais, os quais são treinados a partir de necessidades básicas como fome, sede e dor.

O código em foco, "Impressões sobre a avaliação acadêmica", foi elaborado com base nas considerações dos entrevistados sobre a abordagem e os instrumentos de avaliação utilizados pelos professores. No Quadro 8, foram listados alguns códigos iniciais que orientaram a construção desse código. Esses códigos têm origem nas falas de A2 e A3.

Quadro 8.A construção do código focalizado “Impressões sobre a avaliação acadêmica” da questão 02 da entrevista.

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 02 da entrevista
Impressões sobre a avaliação acadêmica	Recordação do sistema de avaliação do professor.
	Instrumentos de avaliação da disciplina.
	Lembrança das avaliações teóricas.

Fonte: Autoria própria

Destacamos duas observações em relação à avaliação. Além das provas escritas, o professor solicitou aos alunos a construção de uma maquete que representasse uma cidade por meio da geração e utilização da energia elétrica. A segunda observação refere-se às atividades de leitura, escrita e discussões de textos com o pesquisador. Nessas atividades, não foram atribuídas notas para compor a avaliação final da disciplina. Ressaltamos que todas as atividades relacionadas a pesquisa foram realizadas de forma voluntária pelos acadêmicos.

Segundo Ausubel, a atribuição de notas na avaliação é indispensável, seja como meio de incentivo ou mesmo imprescindível, no contexto da cultura da competitividade, como os

concursos e a atribuição de bolsas de estudos. Contudo, o professor que elabora as suas avaliações com o objetivo de que seus alunos reproduzam literalmente o que foi ensinado, colabora para o reforço da aprendizagem mecânica.

Mesmo que em alguns momentos seja necessário avaliar a capacidade individual do aluno, não há impedimentos para que a avaliação seja realizada em grupo. Para Ausubel, isso é possível devido ao caráter não autoinstrutivo do processo educativo, uma vez que existem movimentos realizados que interferem diretamente na aquisição do conhecimento pelo aluno, tais como a seleção, a organização e a apresentação do material instrucional, a condução de ensino por profissionais preparados no campo pedagógico e a predisposição do aluno em aprender.

Em qualquer prática de ensino cuja abordagem seja a promoção da aprendizagem significava, a estrutura cognitiva do aluno é influenciada, de forma substantiva, pela integração dos conceitos ensinados com os subsunçores dos alunos e de forma sistemática, que envolve as práticas de ensino apropriadas na apresentação dos novos conceitos, do material potencialmente significativo, das avaliações que não reforcem a aprendizagem mecânica e por meio da manipulação das variáveis cognitivas, sociais ou motivacionais.

O aluno desempenha um papel fundamental no processo da sua aprendizagem. Cabe a ele, ao decidir aprender o que será ensinado, realizar as atividades propostas, aprender com o material que foi preparado e buscar integrar os novos conceitos à sua estrutura cognitiva. Além disso, ainda compete ao aluno dedicar – se a aprender os conceitos, mesmo aqueles que demandam mais esforços cognitivos e dialogar com o professor para expressar eventuais dificuldades e compreensão (Ausubel 2003).

Dessa maneira, o código "Impressões sobre a avaliação acadêmica" nos permite analisar as escolhas realizadas pelo professor no âmbito da avaliação. As provas teóricas não eram compostas por questões que reproduziam os exercícios que compunham a lista de atividades extraclasse. Praticamente, a prova era composta por duas seções: uma com abordagem na descrição conceitual do fenômeno e a outras com aplicação de expressões matemáticas. Além das provas teóricas, na composição da nota da disciplina havia a apresentação de uma maquete que representava a estrutura funcional de uma cidade. Segundo o próprio professor, "ela (a maquete) tem a função de ser um projeto que dentro da, dentro da teoria os ausubeliana, ele funciona como uma ferramenta de reconciliação integrativa, porque tem que usar todos os conceitos que foram trabalhados no curso de Física III para a construção da sua maquete, né"? (Entrevista com o professor, 2017).

Lembremos que a disciplina foi planejada na perspectiva da TAS. Então, de acordo com as premissas ausubeliana, os instrumentos de avaliação adotados pelo professor não reforçaram a aprendizagem mecânica, pelo contrário, eles foram incorporados ao processo para contribuir com a promoção da aprendizagem significativa do aluno.

O código em foco, "História do eletromagnetismo no processo de aprendizagem", foi derivado dos códigos iniciais nos quais os entrevistados identificaram as atividades desenvolvidas em sala de aula relacionadas à história do eletromagnetismo. Cinco dos seis egressos mencionaram que o pesquisador promoveu atividades como leituras, debates e escritas abordando os temas estudados em Física III. Apenas A1 não abordou as atividades nesse ponto da entrevista. No Quadro 9, foram elencados alguns códigos iniciais que serviram como base para a construção desse código específico.

Quadro 9.A construção do código focalizado "História do eletromagnetismo no processo de aprendizagem" da questão 02 da entrevista.

Código Focalizado	Alguns códigos iniciais da Questão 02 da entrevista
História do eletromagnetismo no processo de aprendizagem	Emprego da HF na disciplina.
	Recordação das discussões sobre o conteúdo da HF.
	Primeiro contato com a HF integrada a uma disciplina "específica".
	Primeiro contato com os textos originais.
	Diferença da Física III sobre as outras disciplinas da Física Básica.
	Lembrando de um assunto das atividades de HF.
	Discussão sobre o conceito de campo.
	Recordando as temáticas sobre a Lei de Faraday e equações de Maxwell.
	Leitura dos textos de história do eletromagnetismo.
	Destaque ao texto de Orsted.
	Atividades de escrita da história do eletromagnetismo.
	Tinha interesse pelas atividades.

Fonte: Autoria própria

Os quatro primeiros códigos iniciais presentes no Quadro 9 foram extraídos da fala de A2. Suas impressões sobre a disciplina destacaram seu envolvimento com as atividades conduzidas pelo pesquisador. Aparentemente, houve uma motivação em ler fragmentos dos textos, pois era a primeira vez que este egresso teve contato com as obras originais escritas pelos cientistas cujas teorias, leis ou conceitos compunham o conteúdo da disciplina que estava cursando.

A integração da história do eletromagnetismo junto ao planejamento da disciplina chamou a atenção de A2, A3 e A6. Para esses egressos, as atividades de cunho histórico auxiliaram na compreensão dos assuntos abordados pelo professor. A2 e A4 recordaram dos diálogos em torno da formação do conceito de campo e mencionaram a leitura dos textos de

Faraday e Maxwell. Em relação às recordações dos textos, A5 lembrou-se da leitura do texto sobre a deflexão da agulha magnética.

O último código focalizado da questão 2 foi “A didática do professor”. Assumiremos como didática, o planejamento da disciplina para se alcançar os objetivos de ensino, os conteúdos e os métodos adotados pelo professor para ensinar os seus alunos (Castiblanco Abril; Nardi, 2014).

Os três primeiros códigos iniciais presentes no Quadro 10 foram retirados do relato de A1. Reconhecemos que naquele momento da vida acadêmica, A1 teve dificuldades na aprendizagem de Física III. Entretanto, na própria organização da sua fala para expressar as suas memórias da disciplina, apareceu que “[...] na época, eu até converso com outros colegas, eu acho que não tinha talvez maturidade ou enfim eu fui um pouco relapsa na disciplina” (Entrevista com A1, 2023). Mesmo que A3 tenha refletido sobre os seus contratempos, os códigos iniciais apontaram para uma dificuldade a respeito da estrutura das aulas ministradas pelo professor. Como mencionado, a disciplina foi planeja em uma abordagem ausubeliana, iniciando dos conceitos mais gerais para os mais específicos, de acordo com as premissas da diferenciação progressiva (Ausubel, 2003; Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Quadro 10. A construção do código focalizado “A didática do professor” da questão 02 da entrevista.

Código Focalizado	**Alguns códigos iniciais da Questão 02 da entrevista**
A didática do professor	Dificuldade acadêmica com a disciplina
	Relaciona a dificuldade com a aula expositiva
	Não compreensão das demonstrações das equações.
	Flexibilidade da disciplina.
	Aula dialogada com o professor.
	Troca de experiência entre professor e aluno.
	Aula dialogada com o professor.
	O professor adotava várias estratégias didáticas.
	Identificou que o professor gostava do assunto que lecionava.
	Evitava ficar somente no quadro.

Fonte: Autoria própria

As percepções de A2, A3 e A6 sobre a didática do professor envolveram os códigos "Aula dialogada com o professor" e "Troca de experiências entre professor e aluno". Esses dois códigos podem indicar uma predisposição dos alunos para se envolverem com a disciplina. Além disso, esses três egressos, juntamente com A5, enfatizaram o formato da disciplina. Para eles, a dinâmica das aulas ministradas pelo professor, somada aos momentos nos quais eram

discutidos elementos do eletromagnetismo, fez com que a experiência em Física III fosse diferente das outras disciplinas do núcleo comum de Física Geral e Experimental.

Os três últimos códigos do Quadro 10 foram interpretados a partir das lembranças de A6, que também destacou as características das aulas dialogadas do professor em sala. Durante os diálogos, o professor discutia a constituição do fenômeno físico estudado e motivava os alunos a buscar mais informações sobre o assunto durante os momentos com o pesquisador. Não foi retirado nenhum código específico para o código "A didática no ensino do professor" da entrevista de A4.

De acordo com Ausubel (2003) , o professor integra o processo de aprendizagem, uma vez que ele é o responsável pela preparação do material potencialmente pelas condições de sua utilização. Ressaltamos que, da perspectiva da TAS, o professor pode tanto facilitar a aprendizagem significativa quanto reforçar a aprendizagem mecânica. Outra função relevante desempenhada pelo professor no processo de aprendizagem é de “ajudar a alimentar o objetivo relacionado de pensamento crítico em relação ao conteúdo das matérias, através do encorajamento dos estudantes a reconhecerem e a desafiarem os pressupostos subjacentes às novas proposições e a distinguirem entre factos e hipóteses e entre inferências legítimas e ilegítimas” (Ausubel, 2003, p. 56).

O estímulo ao pensamento crítico pode ser realizado por meio da promoção de diálogos em sala aula, com objetivo do professor abrangendo a compreensão dos subsunçores dos alunos, a promoção de organizadores avançados, a facilitação da reconciliação integrativa e a resolução de problemas. Portanto, as ações planejadas pelo professor para ensinar um novo conceito envolve a intencionalidade de organizar e disponibilizar o material potencialmente significativo, cujo conteúdo interage com os subsunçores existentes no cognitivo.

A disciplina Física III, cursada pelos entrevistados, foi planejada sob a abordagem da TAS, incluindo as intervenções das atividades de pesquisa. As ações do professor durante o curso foram elaboradas de modo a contemplar cada aspecto da TAS, indicando uma diferença em relação a uma abordagem tradicional de ensino. Portanto, a partir dos relatos, observamos que os alunos perceberam as nuances distintas do planejamento do professor.

A codificação inicial da questão 3 permitiu a elaboração de três códigos focalizados que proporcionaram uma visão mais condensada das lembranças das atividades relacionadas à história do eletromagnetismo, vivenciadas pelos acadêmicos. Os três códigos foram denominados por:

1. "Memória de realizar as leituras dos textos da história do eletromagnetismo";

2. "Associação das atividades de história do eletromagnetismo com os Conceitos Ensinados pelo Professor" e
3. "Lembrança e apreciação das conexões com colegas e diálogos em sala".

A maioria dos códigos iniciais compôs o código "Memória de realizar as leituras dos textos da história do eletromagnetismo". Os seis entrevistados recordaram-se de terem lido algum dos seis fragmentos de textos históricos sobre eletromagnetismo. No entanto, os seis egressos do curso de Física enfatizaram que se lembravam pouco dos conteúdos das leituras. Em suas lembranças, destacaram-se os nomes dos cientistas, mencionando terem lido o texto da indução eletromagnética de Faraday (A1 e A4), o texto de Maxwell sobre sua interpretação da teoria eletromagnética (A3), o texto que abordava o trabalho de Ampère (A4) e o experimento da deflexão da agulha magnética de Ørsted (A1 e A2).

Durante a codificação inicial, um código chamou nossa atenção. Para o entrevistado A6, as leituras das traduções comentadas das obras originais despertaram seu interesse: "Eu sempre gostei muito desses textos originais [...] É mais... uma leitura mais ambientada na época, digamos assim. Eu acho que se torna mais interessante" (Entrevista com A6, 2023). A6 revelou ser um apreciador da História da Física (HF) e, após cursar Física III, acessou outras leituras originais com tradução comentada. Segundo ele, "Você entende mais como a pessoa pensava na época que ela estava realizando experimento ou desenvolvendo a teoria dela" (Entrevista com A6, 2023). Apresentamos no Quadro 11 os códigos iniciais que compuseram o código "Memória de realizar as leituras dos textos da história do eletromagnetismo".

Quadro 11.A construção do código focalizado “Memória de realizar as leituras dos textos da história do eletromagnetismo” da questão 03 da entrevista.

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 03 da entrevista
Memória de realizar as leituras dos textos da história do eletromagnetismo.	Lembrança dos textos históricos.
	Vaga lembrança dos conteúdos dos textos históricos.
	Lembrança do texto de Orsted.
	Recordação do texto de Faraday.
	Recordação dos cientistas que apareceram nos textos.
	Dificuldade em dar detalhes das suas recordações.
	Não tem recordação dos conteúdos dos textos de história do eletromagnetismo.
	Propensão à leitura do texto do Maxwell.
	Lembrando do que leu um texto de Ampére.

Fonte: Autoria Própria

O segundo código focal da questão 3 permeou na dimensão “Associação das atividades de história do eletromagnetismo com os Conceitos Ensinados pelo Professor”, como visto no

Quadro 12. A fala de quatro (A1, A2, A4 e A6) dos seis entrevistados nos permitiram criar esse código. Consideramos que a relação entre a lembrança das atividades de leituras, debates e a associação com a aprendizagem é um indicativo de que as atividades propostas pelo pesquisador podem ter contribuído para a formação de subsunçores, ou seja, essas atividades podem ser consideradas organizadores avançados.

Quadro 12.A construção do código focalizado "Associação das atividades de história do eletromagnetismo com os Conceitos Ensinados pelo Professor" da questão 03 da entrevista.

Código Focalizado	**Alguns códigos iniciais da Questão 03 da entrevista**
Associação das atividades de história do eletromagnetismo com os Conceitos Ensinados pelo Professor	Textos significativos para a formação acadêmica
	Relação entre os assuntos dos textos e os conceitos ensinados pelo professor.
	Os textos ajudaram na preparação para estudar os conteúdos de Física III.
	As atividades da história do eletromagnetismo contribuíram no processo de aprendizagem dos conceitos.

Fonte: Autoria própria

O último código focalizado da questão 3 ressalta a socialização do conhecimento nas atividades de história do eletromagnetismo. As recordações das partiram apenas de A3 e os códigos iniciam estão no Quadro 13. Lembramos que a questão três remetia apenas à lembrança dos textos que foram disponibilizados pelo pesquisador, não a maneira trabalhada com eles.

Com base no relato de A3, interpretamos que as atividades coletivas, como os diálogos em pequenos grupos para discutir as interpretações dos textos e os debates com todos os alunos da turma, contribuíram para a compreensão dos conteúdos dos textos ou colaboraram para o entendimento dos assuntos ensinados pelo professor. Segundo A3, "Eu lia com colegas o texto. Também, não vou lembrar nome, mas a gente discutindo os textos em sala de aula também são momentos muito... muito foram bastante. Para mim, essa leitura e essa discussão do texto em sala de aula" (Entrevista com A3, 2023). Apesar de A3 ter frequentado os encontros e demonstrar em sua fala que realizou as leituras e debates, não foi encontrada nenhuma ficha de leitura em seu nome.

Quadro 13.A construção do código focalizado "Lembrança e apreciação das conexões com colegas e diálogos em sala" da questão 03 da entrevista.

Código Focalizado	**Códigos iniciais da Questão 03 da entrevista**

Lembrança e apreciação das conexões com colegas e diálogos em sala	Conectando-se com os colegas durante as leituras dos textos.
	Apreciação aos momentos de leitura em sala.
	Lembrança de socializar o entendimento das leituras
	Lembrança dos diálogos sobre os textos em sala.

Fonte: Autoria própria

A partir dos três códigos focalizados da questão 3, observamos que os alunos recordaram os aspectos mais gerais dos textos. Embora não tenham conseguido lembrar detalhes das leituras, interpretamos que o contato com os textos e as suas discussões contribuíram com a aprendizagem. Segundo Ausubel, as pessoas tendem a reter em sua estrutura cognitiva os conceitos ou proposições mais gerais, desde que os tenham aprendido significativamente. Com o tempo, ocorre uma perda gradual dos elementos mais específicos estudados. Contudo, se ocorreu o processo de assimilação, transformando a estrutura cognitiva, o aluno retomará os conceitos ou proposições dissociáveis da forma final (Ausubel, 2003).

No que diz respeito à "Associação das atividades de história do eletromagnetismo com os Conceitos Ensinados pelo Professor', a apresentação do material ao aluno é uma responsabilidade exclusiva do professor. O material precisa conter os significados psicológicos e lógicos[78]. Se os tópicos organizados permitirem aos alunos atribuírem significados para os conceitos ou proposições dos materiais, eles terão condições de relacioná-los com os seus subsunçores. Portanto, entendemos que ao relacionar as atividades da história do eletromagnetismo à estrutura da disciplina preparada pelo professor, o aluno conseguiu atribuir significados ao material estudado.

A última codificação focalizada da questão três, "Lembrança e apreciação das conexões com colegas e diálogos em sala", remete à contribuição que as atividades em grupo podem promover no processo de aprendizagem. Se considerarmos a perspectiva fleckiana da construção de um fato, Fleck (2010), e a limitarmos ao processo de aprendizagem, veremos que a circulação intracoletiva da compreensão de um texto favorece a aprendizagem dos conceitos ou proposição pelos membros desse coletivo que apresentaram dificuldades com a atividade. Essa troca é possível devido à socialização das compreensões entre os membros do coletivo.

A natureza da questão 4 também envolveram as lembranças dos entrevistados acerca dos textos ou atividades relacionadas à história do eletromagnetismo. Diferentemente da

[78] Na seção 3.2 desta tese apresentamos as definições dos significados lógico e psicológico.

questão 3, na qual perguntamos aos entrevistados se recordavam dos textos estudados em Física III, o objetivo da questão 4 foi identificar os textos que mais despertaram interesse aos alunos.

Após a análise dos códigos iniciais da pergunta 4, construímos três códigos focalizados:

1. "Percepção da Ciência como uma atividade intelectual humana";
2. "Integração das atividades de história do eletromagnetismo com os conceitos ensinados pelo professor" e
3. "As atividades de pesquisa não foram consideradas na avaliação da disciplina".

Os entrevistados A1, A2 e A6 recordaram-se que durante da dinâmica das discussões em grupo do que dos assuntos abordados nos textos, os alunos comentavam sobre a concepção científica como uma atividade humana. Embora não tenham mencionado nenhum assunto específico, para os três entrevistados, o momento de diálogo entre os alunos e o pesquisador contribui para a compreensão dos textos. Consideramos para essas ideias expostas o código "Percepção da Ciência como uma atividade intelectual humana". No Quadro 14, apresentamos a relação desses códigos com os seus respectivos códigos iniciais.

Quadro 14.A construção do código focalizado "Percepção da Ciência como uma atividade intelectual humana" da questão 04 da entrevista.

Código Focalizado	**Códigos iniciais da Questão 04 da entrevista**
Percepção da Ciência como uma atividade intelectual humana.	Boa receptividade dos textos de História do Eletromagnetismo
	As leituras fortalecem a admiração pelos cientistas.
	Destacou a comunicação entre os cientistas.
	Reforçando que a formação de Faraday foi o seu destaque dos textos.

Fonte: autoria própria

No código focalizado do Quadro 14, observa-se que os entrevistados construíram uma visão de ciência que se distancia de uma abordagem linear e absolutista. Embora os objetivos das atividades propostas pelo pesquisador não se concentrassem, diretamente, na discussão da formação do pensamento científico, elas permitiram aos estudantes relacionarem o tema estudado com o desenvolvimento desse pensamento.

Possivelmente, esse resultado está relacionado à visão de Ciência do pesquisador, pois, por mais que as atividades tenham sido elaboradas para contribuir com a aprendizagem significativa dos alunos, a escolha dos textos e a dinâmica da socialização das interpretações das leituras refletem o estilo de pensamento do pesquisador. Como afirma Fleck (2010, p.166), "Por mais que qualquer visão de mundo seja insignificante para as pretensões de um especialista, ela forma, assim mesmo, o pano de fundo que determina os traços gerais do seu estilo de pensamento".

Durante a entrevista A2, A4 e A6 evidenciaram que a HF colaborou para a compreensão do contexto que envolve a produção científica. Segundo eles, isso é importante, uma vez que o aluno será profissional da Física e entenderá a sua profissão de maneira mais ampla.

Sobre as recordações dos temas que mais sobressaíram para esses alunos, A2 destacou que a leitura do texto do Maxwell sobre a interação à distância entre corpos[79] despertou sua curiosidade para compreender o conceito de campo. A2 mencionou que, na época, o conceito de campo eletromagnético não estava consolidado e que o texto discutiu como era o pensamento científico da época para explicar o fenômeno da interação entre os corpos. Compartilhamos um trecho da fala de A2 sobre sua leitura do texto de Maxwell.

A2: "Que eu lembro que eles até desenvolveram aquele conceito do éter, né? Que na época que tinha que existir um éter, que seria ligação entre as duas... as duas sobre os fenômenos magnetismo, sendo que não era... era uns campos magnéticos, que é uma coisa que você... não é tangível. Você não vê, você não tá vendo essa... uma ligação direta entre os fenômenos ali. Eu acho muito interessante isso, porque chega a ser uma coisa que parece até meio mágica. Eu lembro que tinha essa discussão lá na disciplina e fomento para desenvolver meio que um senso científico do tipo assim" (Entrevista com A2, 2023).

O texto sobre os experimentos de Faraday foi mencionado por A4. O entrevistado não discorreu sobre os aspectos conceituais, mas destacou a formação acadêmica de Faraday. A6 salientou que apreciou as leituras das traduções comentadas, pois valoriza a leitura da HF. Suas motivações como leitor da HF são para compreender como é o processo da formação científica.

Quadro 15.Código focalizado "Integração das atividades de história do eletromagnetismo com os conceitos ensinados pelo professor" da questão 04 da entrevista.

[79] A2 se refere ao texto intitulado "Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distância" (Tort; Cunha; Assis, 2004).

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 04 da entrevista
Integração das atividades de história do eletromagnetismo com os conceitos ensinados pelo professor.	Importância em conhecer outras interpretações dos textos.
	A construção do pensamento além dos textos.
	Discussão com os colegas sobre a abstração do conceito de campo.
	É significativo conhecer a origem do estudo de um fenômeno.
	Tem interesse em leitura das traduções dos textos originais.
	Crítica à apresentação dos conteúdos do primeiro semestre
	Falta de discussão da História da Física ao longo do curso.
	Relação entre os conceitos da disciplina e os conceitos presentes no texto de História.
	Percepção da e Integração da HF para a compreensão da disciplina de Física III
	Esforço para construir um pensamento científico.
	Lembrança do texto de Ampère.
	Não compreensão conceitual por meio da História da Física.
	Conceito de campo abstrato.
	O éter como mediador da interação.
	Entusiasmo com o entendimento da construção do conceito de interação.

Fonte: Autoria própria

O Código do Quadro 15 indica que os alunos conseguiram associar elementos conceituais dos textos com as práticas de ensino do professor. Essa associação sugere que as leituras e discussões dos textos, antes dos temas ensinados pelo professor, contribuíram para a formação de subsunçores sobre a interação eletromagnética. A transcrição da entrevista de A2 corrobora com a nossa observação.

Apesar de o objetivo da questão não relacionar as atividades realizadas em Física III com as demais disciplinas do curso, as memórias de A1 evidenciaram que a integração da HF com uma disciplina do NFGE contribui para a construção dos conceitos científicos. Isso difere das disciplinas apresentadas no início do curso, pois os alunos não tinham subsunçores para relacionar os assuntos que compunham a ementa dessas disciplinas. A1 retomou a ideia de que as atividades de pesquisa não foram exigidas nas avaliações da disciplina. Dessa forma, elaboramos o código, ver o Quadro 16, “As atividades de pesquisa não foram consideradas na avaliação da disciplina”

Quadro 16.Código focalizado “As atividades de pesquisa não foram consideradas na avaliação da disciplina”

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 04 da entrevista
As atividades de pesquisa não foram consideradas na avaliação da disciplina.	Não compreensão da ausência dos textos na avaliação da disicplina

Fonte: Autoria própria

Os alunos notaram a diferença do planejamento da disciplina, não apenas pela presença das atividades desenvolvidas pelo pesquisador, mas na abordagem atribuída pelo professor.

Notamos que os instrumentos de avaliação adotados pelo professor e a intencionalidade das atividades da história do eletromagnetismo não foram compreendidos por A1. Em todos os encontros o professor incentivava os alunos a desenvolverem as atividades propostas pelo pesquisador e deixava evidentes que elas não seriam abordadas nas avalições da disciplina.

Como a disciplina foi planejada de acordo com os pressupostos ausubelianos, as avalições da disciplina não tinham o objetivo de proporcionar ao aluno a reprodução das atividades nas provas, pois isso, segundo Ausubel (2003) tende a desencorajar a aprendizagem significativa. As atividades do pesquisador foram propostas para serem organizadores avançados. Assim, de maneira indireta, essas atividades poderiam contribuir com os alunos durante as avalições. Afinal de acordo com Ausubel (2003, p.109) "o esquecimento do material apreendido de forma significativa também tem tendência a deixar um resíduo de ideias ancoradas subliminares alteradas".

A análise dos códigos iniciais referentes à questão 5 revelou a identificação de 4 códigos focalizados:

1. "Integração histórica facilitou aprendizagem em Física III";
2. "Reconhecer o conhecimento como uma construção que se desenvolve de maneira não linear";
3. "Interpretação do fenômeno físico a partir das expressões matemáticas";
4. "Reestruturação da estrutura curricular".

Nesta questão, os alunos foram solicitados a comentar se a integração da HF colaborou com a aprendizagem na disciplina Física III e explicitar as razões da resposta.

O código i) "Integração histórica facilitou aprendizagem em Física III", foi constituído pelos códigos iniciais, ver o Quadro 17, que relacionaram as atividades de história do eletromagnetismo com os temas ensinados pelo professor.

Quadro 17.Código focalizado "Integração histórica facilitou aprendizagem em Física III".

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 05 da entrevista
Integração histórica facilitou aprendizagem em Física III	Abordagem metodológica diferenciada.
	Relevância dos assuntos de eletromagnetismo.
	A introdução dos textos ajudou no entendimento da disciplina.
	Os textos ajudaram a introduzir os conteúdos de Física III.
	As atividades de história serviram como motivadoras para estudar Física III.
	As atividades de história do eletromagnetismo contribuíram para a aprendizagem dos conceitos em Física III.
	Os textos desempenharam um papel significativo no processo de aprendizagem da disciplina.
	As atividades de história colaboraram com a construção dos conceitos.
	Colaboração dos textos no entendimento na produção científica.

Fonte: Autoria própria

Com exceção de A5, os demais entrevistados afirmaram que as atividades colaboraram com a aprendizagem. Para A5, as atividades não atrapalharam seus estudos, contudo não o ajudaram a entender os temas de Física II.

A5: “olha... eu não passei naquele ano, né? De Física III. Então, acho que...mas também não é não teve interferência negativa do texto assim. Era mais eu que não estava no momento estudar muito. Não fiquei só... assustei com conteúdo e falava porque isso (os conteúdos da disciplina) aqui não vai entrar na minha cabeça, mas eu continuei nas aulas né? (Entrevista com A5, 2023).

Na ótica ausubeliana, a dificuldade de A5 pode estar relacionada à organização da disciplina, uma vez que, aparentemente, o material potencialmente significativo, nesse caso, a sequência de atividades elaboradas pelo professor e pelo pesquisador, não possuiu significado lógico para esse aluno. Dessa maneira, A5 não tinha subsunçores para integrar as novas afirmações e não desenvolveu motivação para aprender os temas da disciplina.

O código “Reconhecer o conhecimento como uma construção que se desenvolve de maneira não linear” apresenta semelhança com o código “Percepção da Ciência como uma atividade intelectual humana”, referente à questão 4. Portanto, esse código tem demonstrado importância na elaboração da nossa teoria fundamentada. Os códigos iniciais que deram origem a essa codificação focalizada estão listados no Quadro 18.

Quadro 18.Código focalizado “Reconhecer o conhecimento como uma construção que se desenvolve de maneira não linear”.

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 05 da entrevista
Reconhecer o conhecimento como uma construção que se desenvolve de maneira não linear	Processo de aprendizagem dos cientistas.
	Construção humanística da ciência.
	Compreensão da construção de uma teoria.
	Estuda um novo conceito sem saber da sua origem.
	Concepção não linear do conhecimento científico
	Curiosidade sobre o desenvolvimento da ciência.
	Processo da socialização científica.
	Apresentação dos cientistas desvinculados das suas teorias ou das unidades de medidas.

Fonte: Autoria própria

O entrevistado A2 evidenciou um comentário, enquanto expressava seu pensamento sobre a questão 5, que originou código "Interpretação do fenômeno físico a partir das expressões matemáticas", ver o Quadro 19. De acordo com esse aluno, o ensino, por algumas vezes, atribui mais ênfase nas equações matemáticas, e pouco é comentado sobre o desenvolvimento histórico do fenômeno estudado.

A2: Porque quando a gente vai aprender uma coisa do zero, a gente não tem essa noção na nossa... o processo de aprendizagem de que assim pô, eu não tenho base nenhuma. Não sei por onde ir agora. Assim, eu vou ter que ler um monte de equação. As equações... elas estão me dizendo alguma coisa, alguma coisa está variando aqui, alguma coisa está sendo constante. mas por que isso? Da onde que vem esse negócio aí?"

Quadro 19.Código focalizado "Interpretação do fenômeno físico a partir das expressões matemáticas".

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 05 da entrevista
Interpretação do fenômeno físico a partir das expressões matemáticas	Foco no tratamento matemático no ensino.
	Discussão do porquê do tratamento matemático.

Fonte: Autoria própria

O currículo do curso de Física, tanto na modalidade licenciatura quanto no bacharelado, destina uma parte da carga horária ao estudo da Matemática. A linguagem matemática é utilizada na Física como uma forma estruturante de operar com as teorias da Física que representam uma realidade (Pietrocola, 2002). A observação de A2 já foi apresentada por Moreira (2021, p.2), que escreveu "Se o ensino da Física der mais atenção aos conceitos físicos do que ao formalismo matemático estará contribuindo para uma maior compreensão da Física e para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes". Logo, concordamos com A2, que é necessário abordar o fenômeno físico a partir do corpo conceitual da própria Física e, posteriormente, estruturá-lo com a linguagem matemática.

É importante ressaltar que A2 é bacharel em Física e seu mestrado é em Física Teórica. Mesmo assim, ele realizou uma crítica ao excessivo uso da linguagem matemática no ensino dos fenômenos físicos.

O código "Reestruturação da estrutura curricular" foi elaborado a partir das observações feitas pelos entrevistados sobre a organização curricular do curso de Física. No entanto, gostaríamos de fazer duas observações a respeito deste código: i) esta pesquisa não tem a intenção de analisar a estrutura curricular do curso de Física da universidade onde foi realizada a investigação; ii) elaboramos este código porque os códigos iniciais nos direcionaram à variável "currículo do curso", conforme pode ser observado no Quadro 20. No entanto, embora o objetivo desta pesquisa não seja analisar o currículo do curso de Física da universidade em questão, evidenciaremos os códigos gerados a partir das falas dos entrevistados, uma vez que os elementos que compõe esses códigos demonstraram ser relevantes para os alunos.

Quadro 20.Código focal "Reestruturação da estrutura curricular.

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 05 da entrevista
Reestruturação da estrutura curricular.	Dificuldade com os conteúdos da disciplina.
	Obstáculos na aprendizagem de tópicos mais abstratos.
	Falta de subsunçores para aprender assuntos complexos.
	Reestruturação da estrutura curricular.
	Sem subsunçores, a explicação do professor não é suficiente para o aluno a aprender.
	Poucas disciplinas apresentavam o contexto histórico dos assuntos.

Fonte: Autoria própria.

A respeito do código do Quadro 20, podemos afirmar que se o curso de Física da universidade onde ocorreu a pesquisa fosse planejado de acordo com a abordagem ausubeliana, as observações dos alunos deveriam ser consideradas.

Na questão 06 da entrevista, buscamos compreender a opinião dos alunos sobre a integração da HF em uma disciplina do NFGE, como a Física III. A partir dos códigos iniciais, formulamos cinco códigos focalizados: i) "Integração da HF na prática docente"; ii) "Compreensão dos Fatores econômicos, políticos e sociais no desenvolvimento das Ciências"; iii) "Reestrutura curricular do curso de Física"; iv) "Motivação para aprender temas de Física III por meio de estudos de textos históricos"; v) "Desmotivação em apreender conceitos físicos apenas usando equações matemáticas".

Ao analisarmos os códigos iniciais que deram origem aos códigos das respostas desta questão, observamos que algumas codificações focais foram retomadas. Conforme argumentado por Charmaz (2009), não são apenas as repetições dos códigos que expressam seu significado, mas também a importância que o pesquisador atribui para o código. Dessa maneira,

os códigos focalizados nesta questão corroboraram com os códigos criados sobre as respostas das questões anteriores.

O código “Integração da HF na prática docente”, apresentados no Quadro 21, foi formado com os códigos iniciais de mesma natureza do código focalizado “Integração das atividades de história do eletromagnetismo com os conceitos ensinados pelo professor” que compôs as respostas da questão 04.

Quadro 21.Código focalizado “Integração da HF na prática docente”.

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 06 da entrevista
Integração da HF na prática docente.	Compreensão da HF na prática docente
	Conhecendo a história da sua profissão.
	HF como elemento facilitador da aprendizagem
	Inserção da HF na prática doscente.
	Relatando uma experiência em sala de aula.

Fonte: Autoria própria.

Na questão sete, o pesquisador buscou saber dos entrevistados se em outros momentos do curso eles tiveram contato com a HF. Após a análise das respostas, da formação dos códigos iniciais, chegamos cinco códigos focais:

1. “Comparação entre a HF nas disciplinas”
2. “Ausência de integração da História da Física com outras disciplinas”;
3. “Textos históricos sobre experimentos instigam a curiosidade e admiração aos cientistas”;
4. “Carência conceitual no início do curso” e
5. “Disciplinas focadas em equações matemáticas”.

As respostas desta questão, que originaram os cinco códigos focais, corroboraram como os códigos focais gerados por outras questões, como “Interpretação do fenômeno físico a partir das expressões matemáticas”, “Carência conceitual no início do curso” e “Reestruturação da estrutura curricular”, códigos das encontrados nas respostas da questão 05, corresponde aos códigos “Disciplinas focadas em equações matemáticas” e “Comparação entre a HF nas disciplinas”.

Realizada essa observamos, analisaremos os outros três códigos. Iniciamos com a codificação “Ausência de integração da História da Física com outras disciplinas”. Este código

foi gerado a partir dos códigos iniciais dos entrevistados A1, A2 e A4, disponíveis no Quadro **22**.

Quadro 22.Codificação focalizada "Ausência de integração da História da Física com outras disciplinas".
Fonte: Autoria própria

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 07 da entrevista
Ausência de integração da História da Física com outras disciplinas	A história fragmentada não desperta interesse.
	Comparação entre a HF vista em Física III e em outras disciplinas.
	Dificuldade em entender a HF fragmentada.
	Disciplinas específicas de HF
	HF isolada das demais disciplinas

A crítica de A1 destaca a necessidade de uma abordagem mais contextualizada não apenas em relação à Física III, mas a qualquer outra disciplina da Física. Para A1 é fundamental compreender como o conhecimento é construído, mas os interesses políticos, sociais e econômicos que envolvem esse conhecimento.

A1: "Eu aí pensando, né? Acho que não só a questão de eletromagnetismo. Mas, qualquer outro tema da Física, né? É importante que a gente tem esse entendimento de como que esse processo é construído, né? Se a gente pensa na parte de conhecimento científico, o porquê as coisas são desenvolvidas qualquer interesse econômico social político. Porque que a gente está estudando aquilo é faz muito mais sentido, né? Quando você tá vendo isso junto com os conteúdos" (Entrevista com A1, 2023).

Apesar do código do Quadro 22 ser semelhante aos códigos que tratam do currículo do curso de Física, entendemos a importância de expressá-lo neste ponto da análise.

O código "Textos históricos sobre experimentos instigam a curiosidade e admiração aos cientistas" foi gerado a partir da entrevista de A6. A sua relação com os códigos iniciais está no Quadro 23. Para esse entrevistado, os textos estudados em aula, principalmente os de natureza de tradição comentada, despertava sua curiosidade para saber mais sobre a teoria estuda e sobre a vida dos cientistas envolvidos no processo de construção daquele conhecimento.

Quadro 23.Código focalizado "Textos históricos sobre experimentos instigam a curiosidade e admiração aos cientistas".

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 07 da entrevista
Textos históricos sobre experimentos instigam a curiosidade e admiração aos cientistas	Admiração aos cientistas que desenvolveram os primeiros experimentos.
	Os textos lidos nas aulas experimentais despertavam a sua curiosidade sobre o experimento estudado.

Fonte: Autoria própria

Analisaremos este código a partir de duas perspectivas. A primeira, adotando a abordagem fleckiana da introdução didática. A2 faz parte de um coletivo de pensamento que influência as suas ações de acordo com o estilo de pensamento dos profissionais da Física, mesmo que de maneira inconscientemente. De acordo com Fleck (2010, p.99) "A introdução didática [...], não é simplesmente racional, pois o estágio momentâneo do saber permanece pouco claro sem o conhecimento da história, assim como a própria história permanece pouco clara sem o conhecimento [...]".

A segunda análise concentra-se mais no código focal. Instigar a curiosidade remete ao elemento motivação, cuja abordagem ausubeliana foi explorada nesta análise[80]. Portanto, consideremos que a HF, para A6, estimula a motivação e, consequente, a predisposição para aprender.

Na penúltima questão da entrevista, procuramos verificar se os entrevistados estavam exercendo atividades como docentes e, caso afirmativo, se utilizavam a HF em suas aulas. De acordo com os códigos iniciais, eláramos dois códigos focalizados:

1. "Inserção da HF na prática Docente de forma estratégica, contextualizada e de acordo com a BNCC apesar das dificuldades" e
2. "Experiência na docência".

O código "Inserção da HF na prática Docente de forma estratégica, contextualizada e de acordo com a BNCC apesar das dificuldades", presente no Quadro 24, trouxe elementos que não haviam sido mencionados nas entrevistas. Este código representa a experiência docente de A1, que é o único que exerce atividade docente no momento da entrevista. A1 afirmou que utiliza a HF em suas aulas, apesar da limitação da carga horária[81] disponível para as aulas de

[80] Ver Quadro 7. A construção do código focalizado "Motivação, Experiência e apreciação do aluno no Contexto da Disciplina" da questão 02 da entrevista.
[81] A matriz curricular que A1 se refere foi atualizada na Resolução/SED N. 4.270 (SED/MS, 2024).

Física no Ensino Médio. Contudo, como já apresentado, em suas aulas do Itinerário Formativo, consegue disponibilizar maior tempo em suas atividades.

De acordo com A1, o seu objetivo em levar as discussões da HF é construir um contexto para que seus alunos não tenham uma visão estereotipada da construção do pensamento científico, como uma ciência inventada por homens brancos, com *status* de "gênios" e trabalham sozinhos. A palavra *inventada* foi extraída da fala de A1. Notamos que essa preocupação é compartilhada pelo coletivo de pensamento que trabalha com a HF (Gatti; Nardi; Silva, 2010; Martins., 2005; Santos; Silva, 2015; Silva; Silva Filho; Padilha, 2021).

Outras contribuições para a elaboração desta codificação focalizada foi de A3, que também tem experiência na atividade docente. Ela usava a HF em suas aulas para contextualizar não apenas com os temas da própria Física, como também com os assuntos que permeiam outras áreas do conhecimento.

Quadro 24.Codificação focalizada "Inserção da HF na prática Docente de forma estratégica, contextualizada e de acordo com a BNCC apesar das dificuldades".

Código Focalizado	**Códigos iniciais da Questão 08 da entrevista**
Inserção da HF na prática Docente de forma estratégica, contextualizada e de acordo com a BNCC apesar das dificuldades	Carga horária como obstáculo da inserção da HF.
	Combate a ideia de que os cientistas são gênios e trabalham sozinhos.
	Contextualização histórica
	Contextualizava as suas aulas com a HF.
	Dificuldade com diminuição da carga horária devido a mudança da BNCC.
	Dificuldade de entendimento dos assuntos por falta de subsunçores.
	Estratégia pedagógica para a inserção da HF.
	Etapa curricular de acordo com a BNCC.
	HF na contextualização do tema.
	HF na introdução dos temas.
	História da Astronomia na prática docente.
	Incorpora a História da Física na docência apesar das dificuldades.
	Influência da carga horária para a inserção da HF.
	Influências sociais na construção do pensamento científico.
	Inserção da HF na prática Docente.
	Integrou a HF com outras áreas do conhecimento.
	Obstáculo para a inserção da Hf no primeiro ano do EM
	Pouco tempo para trabalhar com a HF.
	Usou textos de História da Ciência em suas aulas.

Fonte: Autoria própria

Interpretamos o código do Quadro 24 como uma espécie de demarcação entre o coletivo de pensamento dos licenciados em Física e dos bacharéis em Física, uma vez que A1 e A3

cursaram licenciatura, enquanto os outros quatro entrevistados cursaram Física Bacharelado. Isso é evidenciado pelos códigos iniciais da questão 8, que foram gerados apenas a partir das transcrições de A1 e A3, enquanto os outros quatro entrevistados não conseguiram produzir repostas para esta questão.

Elaboramos o Quadro 25 a partir da experiência que os entrevistados tiveram com o exercício da docência.

Quadro 25.Codificação focalizada "Experiência na docência".

Código Focalizado	Códigos iniciais da Questão 08 da entrevista
Experiência na docência	Experiência docente
	Experiência na docência somente para cumprir os créditos do mestrado.
	Já atuou na docência
	Tem experiência como docente
	Não atua como docente.
	Não atuou como docente.

Fonte: Autoria própria

Este código focalizado reforça a nossa interpretação sobre a existência de dois coletivos de pensamento formados pelos alunos que cursaram a disciplina Física III.

A experiência na docência é bastante evidente entre os licenciandos em Física, uma vez que um dos objetivos do curso de Licenciatura em Física, da universidade onde ocorreu a pesquisa, é a formar profissionais comprometidos com a educação, conforme mencionamos no código focalizado "Formação Acadêmica e Profissional".

O último item da entrevista abordou as estratégias elaboradas pelos entrevistados para utilizar a HF nas aulas, bem como se havia alguma motivação específica para o uso da HF. Para explorar a perspectiva de todos os entrevistados em relação a este item, perguntamos aos bacharéis se, futuramente ao exercerem a atividade docente, pretendiam utilizar da HF em suas aulas. Também solicitamos que eles falassem sobre o que motivou a sua resposta.

Dessa maneira, elaboramos três codificações focalizadas para este item:

1. "Consideração do referencial de HF e sua influência na formação inicial, motivando interesse pelos estudos históricos";
2. "A HF contribui para a formação dos cientistas" e
3. "Inserção da HF na prática docente".

Os dois últimos códigos focais apareceram em outros itens, reforçando a relevância dessas temáticas para a nossa pesquisa. Entretanto, o código "Consideração do referencial de HF e sua influência na formação inicial, motivando interesse pelos estudos históricos", trouxe diferentes elementos para serem abordados em nossa análise. Como podemos ver no Quadro

26, os códigos iniciais que geramos refletem as motivações e potencialidades do emprego da HF de acordo com as perspectivas dos entrevistados. Apenas o entrevistado A4 não soube dizer utilizaria a HF em suas aulas, apesar de evidenciar o seu apreço pelas leituras de textos da HF. Os demais entrevistados contribuíram para a construção deste código.

Quadro 26."Consideração do referencial de HF e sua influência na formação inicial, motivando interesse pelos estudos históricos".

Código Focalizado	**Códigos iniciais do Item 09 da entrevista**
Consideração do referencial de HF e sua influência na formação inicial, motivando interesse pelos estudos históricos.	A HF ajuda no entendimento de eletromagnetismo e termodinâmica.
	A HF contribui para a formação profissional.
	A HF deve ser usada de maneira específica ao assunto.
	A HF nas disciplinas facilitou a aprendizagem dos conceitos.
	A HF para contextualizar.
	A HF promoveu a troca de experiência entre o pesquisador e os alunos.
	Atribuindo relevância em utilizar a HF em disciplinas de Física Clássica.
	Disse que a HF pode ser contextualizar a Física Clássica.
	HF como elemento motivador.
	Influência do contato com a HF na formação inicial.
	Influência do contato da HF na formação inicial
	O emprego da HF nas disciplinas diminui o caráter matemático ao curso de Física.
	Os acadêmicos de Física não devem ser formados apenas para resolver problemas e matemática.
	Preferência para um Referencial teórico.
	Refletindo sobre o referencial de HF.
	Refletindo sobre o referencial teórico
	Trabalho interdisciplinar
	Usaria a HF pelo contato que teve na graduação.

Fonte: Autoria própria

Os entrevistados A1, A2 e A3 disseram que a motivação para o uso da HF em suas aulas tem relação com as disciplinas que cursaram na graduação, enquanto os alunos A5 e A6 manifestaram que a motivação é que a HF possibilitou a eles uma formação acadêmica mais ampla.

Destacamos nos excertos das transcrições das entrevistas de A1, A2 e A3, em que os três identificaram nas disciplinas que envolveram a HF o motivo em utilizar seus elementos em suas atividades docentes.

A1: "Assim, mas é da graduação mesmo, né? Então, dentro das disciplinas de Práticas de Ensino e da Teoria de Aprendizagem, a gente acaba seguindo tem alguma vertente que se apega mais né? [...] Eu tento puxar um pouquinho para o Vygotsky que eu não tenho não sigo

nenhuma teoria a risca porque não tem como mas assim essa parte de do sócio histórico sócio-histórico cultural, né? Eu penso que é para fazer sentido mesmo para o estudante o que ele tá aprendendo (Entrevista com A1, 2023).

A2: “Assim, de experiência pessoal minha, porque as disciplinas que eu tive esse contato esse desenvolvimento foram disciplinas que melhor fixou na minha cabeça[...]”. (Entrevista com A2, 2023).

A3: “Então o que você aprende numa disciplina, você pode aplicar em outra. E vice-versa. Essa comunicação, boa parte do que faz essa comunicação... é a história. E de momentos na universidade, de discussões universidade, de disciplinas que eu tive e essa integração que teve de história” (Entrevista com A3, 2023).

Na fala de A1, também ficou evidente a relação que foi criada entre a HF e uma Teoria de Aprendizagem. Novamente, há um indicativo do estilo de pensamento no qual A1 está inserida.

5.3.1.2 Análise e codificação dos itens do questionário final

Antes da prova final da disciplina, o pesquisador conduziu a aplicação de um questionário[82] composto por oito questões abertas. Este questionário foi respondido por sete alunos.

O primeiro item do questionário abordou a maneira como ocorre a interação entre o próton e o elétron no átomo de hidrogênio. As respostas dos alunos estão apresentadas no Quadro 27.

Quadro 27.Explicação da primeira questão do questionário.

Aluno	Explicação
A2	Através da força eletromagnética.
A4	A interação entre duas partículas que possuem carga elétrica ocorre por meio de interações eletromagnéticas.
A6	De acordo com o modelo de Bohr, os elétrons orbitam o átomo em caminhos definidos por nível de energia.
A12	O próton possui carga elétrica positiva e o elétron possui carga elétrica negativa. O valor, em módulo, dos dois são iguais. Pela leia de atração, cargas com sinais opostos se atraem. Assim, a interação entre próton e elétron é atrativa, fazendo o elétron girar em torno do núcleo.
A17	A interação entre o elétron e o próton seria por meio de forças eletromagnéticas visto que o elétron tem carga negativa (-) assim como o próton (+), o que seria análogo à força gravitacional entre o sol e os planetas.
A18	A interação é eletromagnética, simulando o sistema planetário.
A19	Não li esse texto. Não tenho ideia de como responder.

[82] Os itens do questionário estão no Apêndice C.

A20	Tomando o sistema planetário como modelo e considerando que a principal interação nesse caso é a gravitacional, no modelo atômico a interação elétron-próton seria eletromagnética.

Fonte: Autoria própria

Notamos que nenhum dos alunos explicou a existência de um meio que intermedia a interação entre o próton e o elétron. Nesse caso, não conseguimos identificar que os alunos construíram o conceito de campo elétrico, mesmo que tenha aparecido nas repostas de A2, A17 e A18 que a interação ocorre devido à força de natureza eletromagnética. Esta explicação se assemelha à interpretação dada por Ampère para a interação entre dois fios condutores com corrente. O artigo intitulado "*A tradução da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica*" foi o texto da terceira atividade de leitura conduzida pelo pesquisador.

Os alunos A4 e A20 elaboraram suas respostas em função da interação eletromagnética, mas não evidenciaram qual a natureza desta interação. O aluno A12 explicou que a interação ocorre pela lei da atração. Contudo, não descreveu o seu entendimento sobre essa lei e, de acordo com a estrutura da resposta, o argumento remete a uma ação direta entre o próton e o elétron.

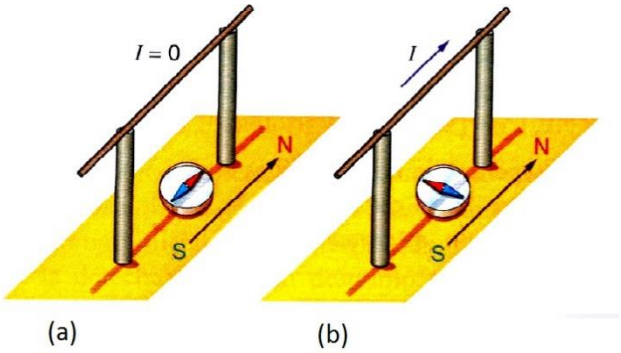
O aluno adotou a analogia do sistema solar para explicar a interação entre o próton e o elétron. Essa analogia não aparece em nenhum texto e não foi usada pelo professor. Contudo, na primeira aula, o professor recorreu à interação gravitacional para usar como organizador avançado, para iniciar a apresentação do conceito de interação por meio de um campo. De acordo como o professor "Começando com os conceitos mais gerais, no caso do eletromagnetismo é o conceito de Campo. usando como subsunçores o campo gravitacional, então os alunos na sequência, eles fazem na Física II, deveriam fazer pelo menos na Física II, o estudo do campo gravitacional. Então, esse estudo do campo gravitacional eu utilizo como subsunçor resumido para a construção do conceito de campo eletromagnetismo" (Entrevista com o professor, 2017).

A resposta de A19 chamou nossa atenção pelo fato de o aluno ter relacionado o enunciado do item com os textos que foram lidos no decorrer das atividades realizadas com o pesquisador. Dessa maneira, interpretamos que, para A19, as atividades de história do eletromagnetismo não integraram o planejamento do professor para a disciplina, ou seja, o material potencialmente não apresentou um significado lógico para esse aluno.

No segundo item do questionário, os alunos precisavam explicar o motivo do movimento da agulha de uma bússola devido à presença de um fio condutor percorrido por uma

corrente elétrica, colocado próximo a ela. No item havia duas imagens, conforme a **Figura 18**. As respostas deste item estão organizadas no quadro 28.

Figura 18.Figura usada no item 2 do questionário final.



Fonte: Adaptado do blog El Físico Loco[83]

O objetivo deste item foi que os alunos pudessem explicar a diferença na posição da agulha entre a imagem (a) e (b). As respostas dos alunos estão organizadas no Quadro 28.

Quadro 28.Explicação da segunda questão do questionário.

Aluno	**Explicação**
A2	Uma corrente estabelecida no fio gera um campo magnético circular em torno dele. Esse campo altera a direção da agulha.
A4	Quando há uma corrente elétrica, sempre existe um campo magnético. Logo, na figura 1 (a) não há campo magnético e a bússola está orientada pelo campo magnético terrestre. Na figura 1 (b), como existe uma corrente, então existe um campo magnético cuja orientação é determinada pela regra da mão direita, aqui a bússola segue esta orientação.
A6	Na figura1, como não há corrente elétrica fluindo, não há campo magnético senão o terrestre. Por isso, a bússola aponta para o norte magnético da terra. Na figura 2, há corrente fluindo e essa corrente gera um campo magnético $\vec{B}$, orientado pela regra da mão direita, como ilustrado na figura.
A12	A relação é que a força magnética é perpendicular ao fio onde passa corrente elétrica que nada mais é do que cargas em movimento. Assim, na figura 1 (a), a bússola não irá interagir com a corrente no fio, já que a corrente é nula.
A17	A corrente elétrica no fio gera um campo magnético radial em torno do fio. Esse campo magnético tem sentido leste a oeste no plano da bússola, o que influencia sua orientação fazendo-a apontar no mesmo sentido do campo magnético.
A18	Aplicando a regra da mão direita vemos que a Fm (força magnética), atuará na bússola, a relação é que o fio gera um campo magnético que altera a direção da bússola.
A19	Sem resposta.

[83] Fonte: Blog el Físico Loco. Disponível em http://elfisicoloco.blogspot.com.br/2013/02/experimento-de-oersted.html. Acessado em 05/09/2016.

A20	A corrente elétrica que atravessa o fio gera um campo magnético ao seu redor, esse campo interage com a agulha imantada da bússola movendo-a.

Fonte: Autoria própria

Neste item, os alunos A2, A4, A6, A17, A18 e A20 explicaram que o movimento da agulha ocorre devido à presença de um campo magnético gerado pela corrente elétrica que percorre o fio. A4, A6 e A17 detalharam a orientação do campo magnético, com A6 fazendo uso do recurso matemático para a apresentação desse conceito. Essa associação entre o símbolo matemático e o conceito remete à aprendizagem significava representacional.

De acordo com as respostas de A6, A17 e A18 podemos inferir indícios de aprendizagem significativa a respeito da interação eletromagnética entre o fio condutor e a agulha da bússola. Isso se deve ao fato de A6 e 17 descreverem a orientação do vetor campo magnético, que depende do sentido da corrente elétrica, conforme observado pelos dois alunos. Entretanto, A18 escreveu que há uma ação da força magnética, demonstrou ter o subsunçor do conceito vetorial de força e o relacionou à solução do problema.

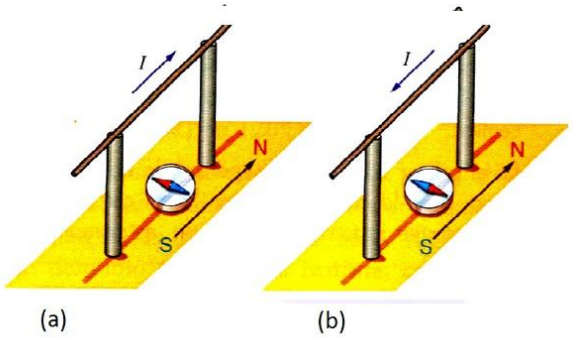
Esse indicativo decorre do fato de os alunos explicarem o fenômeno da deflexão da agulha da bússola a partir de proposições científicas que compunham o material potencialmente significativo.

Embora A2 e A20 apresentarem o conceito de campo magnético, ambos elaboram uma explicação parcial para o problema, pois não abordaram a orientação do campo magnético. Dessa forma, podemos interpretar que esses alunos possuem o subsunçor campo magnético, mas ainda não formaram o subsunçor vetor campo magnético.

Quanto ao aluno A12, ele também relacionou o movimento da agulha da bússola à corrente elétrica do fio, porém utilizou o argumento da força eletromagnética. Assim como no item 1, A12 não explicou se há um intermediário entre os dois corpos que interagem. Portanto, interpretamos que o conceito de campo não foi compreendido pelo aluno.

O item 3 também explorou a relação entre o campo magnético gerado por uma corrente elétrica em um fio condutor e a deflexão da agulha da bússola, conforme a Figura 19. No entanto, neste item, os dois fios são percorridos por correntes elétricas em sentidos opostos.

Figura 19.Figura usada no item 3 do questionário final.



O objetivo deste item foi que os alunos pudessem explicar o porquê da diferença na posição da agulha entre a Figura 1 b e a Figura 1 a. As respostas dos alunos estão organizadas no Quadro 29.

Quadro 29.Explicação da terceira questão do questionário.

Aluno	Explicação
A2	O sentido da corrente altera o sentido do campo criado que por sua vez, gera uma força de sentido contrário na agulha.
A4	Pela regra da mão direita, o sentido do campo magnético se altera se o sentido da corrente se altera.
A6	Como houve mudança no sentido da corrente, houve também mudança no sentido do campo magnético $\vec{B}$ gerado por ela.
A12	A mudança no sentido da bússola deve-se bruscamente pela mudança no sentido da corrente.
A17	A mudança no sentido da bússola se deve pela mudança no sentido da corrente elétrica. Quando a corrente elétrica se move no sentido oposto, o campo magnético "gira" no sentido oposto também, fazendo a agulha da bússola se orientar no sentido oposto.
A18	Porque a "polaridade" do fio foi invertida. Os elétrons se movem no sentido contrário, logo pela regra da mão direita vemos para onde a bússola se moverá.
A19	Sem resposta
A20	A mudança no sentido da corrente gera campos magnéticos opostos e, portanto, o sentido da agulha é diferente em cada caso.

Fonte: Autoria própria

Neste item, com exceção dos alunos A12 e A19, os demais alunos relacionaram a diferença da posição da agulha com a inversão do sentido da corrente elétrica que proporcionou a mudança no sentido do vetor campo magnético. Destacamos a explicação de A2, que abordou

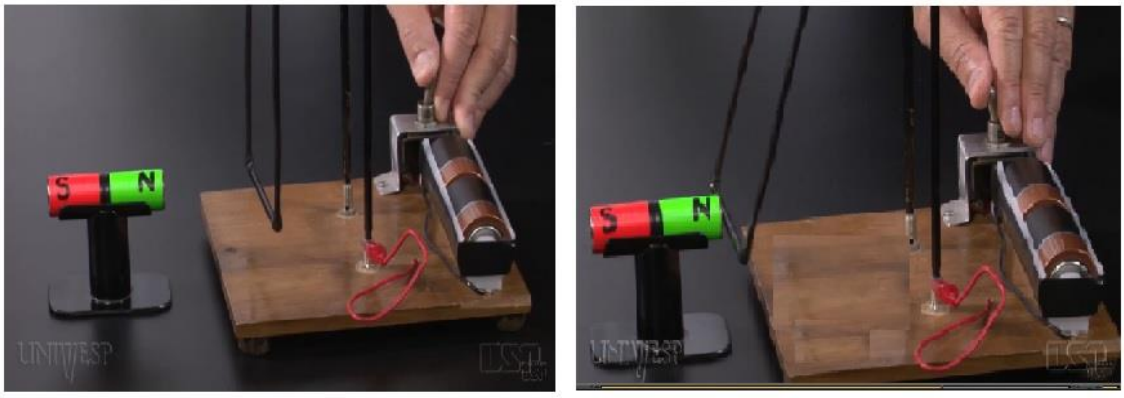
a ação da força eletromagnética devido à presença do campo magnético. Essa explicação de A2 indica que em sua estrutura cognitiva o conceito de interação eletromagnética está bem assimilado, pois sua resposta tem elementos que descrevem a resolução dos problemas de maneira completa.

O aluno A4 recorreu à regra da mão direita para explicar o sentido do vetor campo magnético, o que nos permite inferir que o conceito de vetor campo magnético existe na estrutura cognitiva, mas ainda não está completo.

Quanto ao aluno A19, não temos indicativos de traços de aprendizagem significativa, pois não resolveu nenhum problema que envolvia o experimento de Ørsted. O aluno A12 explicou o efeito que está diante do problema, porém não especificou a causa de a agulha da bússola mudar de sentido bruscamente.

O quarto item contemplou a indução eletromagnética. O problema consistiu em um ímã fixo colocado próximo de um circuito no formato de um quadro móvel, conforme indicado na Figura 20.

Figura 20.Figura usada no item 4 do questionário final.



Fonte: Portal de vídeo e -aula USP[83]

Os alunos precisavam explicar o motivo que levou o quadro mudar de posição, quando comparadas a figura a com a figura b. As explicações dos alunos estão no

Quadro 30.

Quadro 30.Explicação da quarta questão do questionário.

Aluno	Explicação
A2	A corrente estabelecida no quadro móvel está gerando um campo magnético no quadro de forma que o quadro se aproxima do polo norte do imã. Se a corrente for invertida o quadro se afasta.
A4	A corrente elétrica gerada quando o circuito é fechado, induz um campo magnético com um sentido de forma que o campo magnético do ímã é atraído pelo campo magnético produzido.
A6	Houve mudança na leitura pois, quando imã é aproximado do quadro, ocorre uma variação no campo magnético $\vec{B}$ e, por conseguinte, variação no fluxo magnético. Segundo a Lei de Faraday, a variação do fluxo magnético nesse circuito induziu uma diferença de potencial ε_{ind} de modo que $\varepsilon_{in}d = -\frac{d\phi_B}{dt}$. A corrente induzida gerada por essa f.e.m induzida tem seu sentido dado pela Lei de Lenz, e é tal que gere uma força magnética de sentido oposto à variação do fluxo ϕ_B.
A12	Na figura ~~3~~ 20 (a), a corrente é nula e o campo magnético gerado pelo imã é constante, pois o imã está estático em relação a espira, logo, não há corrente elétrica induzida na espira e portanto, ela não interage com o imã. Já na figura 3 (b), há corrente elétrica, logo irá aparecer corrente elétrica induzida na espira e agora ela irá interagir com o campo magnético criado pelo imã. Se os polos do imã forem trocados ou a corrente elétrica invertida, a espira irá ser repelida pelo imã.
A17	A proximidade do quadro ao imã se deve ao campo magnético gerado pela corrente elétrica que o atravessa. Quando a chave é fechada e o circuito recebe corrente elétrica, o campo magnético do fio interage com o campo magnético do imã, fazendo o fio ser atraído em direção ao imã.
A18	Houve uma mudança, pois essa haste faz o papel de uma espira e ao passar corrente por uma espira é "criado" um campo magnético, e no desenho esse campo tem a polaridade Sul para o lado do imã, logo é atraído.

A19	Ao fecharmos a chave, fechando o circuito, haverá uma corrente elétrica que passa pelo quadro. A presença de carga elétrica em movimento no quadro fez com que o mesmo interaja com o campo magnético presente devido ao imã.
A20	Esse fenômeno acontece porque ao fechar o circuito, uma corrente elétrica atravessa o fio. Essa corrente gera um campo magnético ao redor do fio e este interage com o campo magnético do imã atraindo-o.

Fonte: Autoria própria

Conforme indicado no

Quadro 30, os alunos A2, A17, A18, A19 e A20 explicaram que a atração entre quadro e o ímã, indicada na figura b, ocorreu porque a corrente no quadro gerou um campo magnético ao seu redor. A2 complementou ao escrever que a inversão do sentido da corrente elétrica proporcionaria um afastamento do quadro móvel.

Ao recorrer aos pressupostos ausubelianos, a resposta de A2 apresenta indício de aprendizagem significativa proposicional superordenada, pois a sua forma de resolver o problema, além de indicar a presença do campo magnético, contemplou a sua relação com o vetor campo magnético.

Sobre a resolução do problema apresentado por A17, observamos dois pontos que envolvem a formação conceitual. O primeiro é a compreensão do conceito de corrente elétrica. Ao escrever que o circuito *recebe* corrente elétrica, interpretamos que o subsunçor corrente elétrica não está bem definido em sua estrutura cognitiva.

O segundo ponto corresponde à dinâmica da interação eletromagnética, que também se estende para o aluno A20. A partir da explicação para este item, os alunos alegram que o movimento da barra ocorre porque há uma interação entre o campo magnético do ímã e o campo magnético do fio. Aqui, fica evidente que, apesar de mencionarem as fontes dos campos

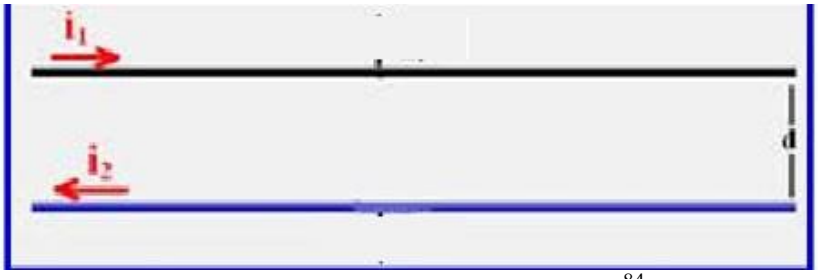
magnéticos, eles não conseguiram relacionar os conceitos para elucidar a resolução do problema, ou seja, não ocorreu a aprendizagem superordenada.

Na explicação de A4, A6, A12, os alunos afirmaram que a interação ocorre devido a origem de uma corrente elétrica induzida. Nesse caso, apensar de A6 demonstrar que conhece a relação entre os símbolos matemáticos e os conceitos físicos que envolvem o fenômeno, ou seja, há indícios de aprendizagem significativa representacional, os três alunos evidenciaram que o conceito de indução eletromagnética não foi assimilado pela estrutura cognitiva.

Salientamos que no encontro anterior à aula do professor sobre a Lei de Ampère, o pesquisador trabalhou com os alunos o texto "*Sobre os efeitos das correntes elétricas – Tradução comentada da primeira obra de Ampère*" (Chaib; Assis, 2007b). Na discussão do texto, foi abordada a interação existente entre a corrente elétrica em fio condutor e um ímã.

No quinto e no sexto item do questionário, contemplamos o experimento da interação entre dois fios paralelos percorridos por corrente elétrica, conforme descrito no texto do experimento de Ampère. No item 5, apresentamos os dois fios percorridos pelas correntes i_1 e 1_2 no sentido oposto, como ilustrado na Figura 21, enquanto no item 6 as correntes i_1 e 1_2 estavam mesmo sentidos, como pode ser visto na Figura 22.

Figura 21.Figura usada no item 5 do questionário final.



Fonte: Website Física e Vestibular[84].

De maneira geral, sete dos oito alunos formularam explicações para o problema do item 5, como podemos notar no Quadro 31, utilizando o argumento que a interação entre os dois fios condutores percorridos por corrente elétrica ocorrida devido a existência dos campos magnéticos gerados pelas correntes elétricas i_1 e i_2.

Quadro 31.Explicação da quinta questão do questionário.

Aluno	Explicação
A2	Sim, há uma força entre eles, pois os dois estão gerando campos magnéticos, de modo que estes estão se atraindo (correntes em sentidos opostos).

[84] Fonte: disponível em https://fisicaevestibular.com.br/novo/universidades-2018/albert-einstein-enfermagem-e-medicina-2018/resolucao-comentada/. Acessado em 01/09/2016.

A4	Ambas as correntes produzem campos magnéticos. Como as correntes estão em sentidos opostos, então os campos magnéticos produzidos também serão de sentidos opostos. Logo, os campos produzidos irão interagir entre si (atração). Os fios estão em interação onde a distância tenderá a diminuir.
A6	Sim. Se observarmos o sentido dos campos magnéticos $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$, percebemos que pelo princípio da superposição e não de se somar na região entre os fios e além dos fios (assumindo I_1=I_2).
A12	Existe uma força magnética de atração entre as duas correntes já que ambas estão em sentido contrários.
A17	Sim, existe uma repulsão entre os fios. Como as correntes elétricas i1 e i2 estão em sentidos opostos, os campos magnéticos criados em cada um deles tem sentidos opostos, o que faz com que haja uma repulsão entre eles.
A18	Existe, os fios podem se atrair ou repelir (não me lembro qual desses ocorrerá) mas um fio interagirá com outro via campo e força magnética, então aplicando a força de Lorentz vemos que ($\vec{F} = \vec{v} \times \overrightarrow{B}$) a força só pode ser repulsiva (lembrei enquanto escrevia).
A19	Não me lembro.
A20	Sim. Correntes com sentidos opostos geram atração entre os fios.

Fonte: Autoria própria

Os alunos A2, A4, A6, A17 e A18 elaboraram suas respostas em função da interação entre os dois fios ocorrer devido aos campos magnéticos gerados pelas duas correntes elétricas. Embora os três alunos apresentem o conceito sobre a fonte do campo magnético, A2 e A4 não conseguiram relacionar os conceitos para explicar o fenômeno. Nesse caso, há indícios da aprendizagem conceitual, pois ambos tenham os subsunçores da fonte do campo magnético. Entretando, ao vermos a explicação de A17, podemos interpretar que o aluno indicou que foi capaz de mobilizar sua estrutura cognitiva para resolver o problema. Contudo, A17 afirmou que os sentidos dos dois vetores campo magnéticos são opostos[85], não conseguindo assim estabelecer relações entre a orientação do vetor campo magnético, o sentido da corrente elétrica e a natureza da interação.

Embora A6 não apresenta se a interação é do tipo atração ou repulsão, ele demonstra que consegui mobilizar o conceito de superposição, que podemos considerar mais sofisticado por apresentar maior abstração. Dessa maneira, A6 indica que os conceitos que envolvem a interação eletromagnética entre dois fios contínuos percorridos por uma corrente elétrica, foram construídos em sua estrutura cognitiva. Além disso, A6 apresentou que consegue mobilizar

[85] Interpretamos que A17 tenha assumido a orientação do vetor campo magnético entre os dois fios.

esses conceitos para resolver, a partir dos conceitos da Física e com auxílio do recurso matemático dos vetores, o problema do item 5.

Os alunos A12 e A18 usaram o argumento da força magnética para explicar a interações entre os fios. Notemos que A18 conseguiu vincular o conceito de campo magnético e força magnética para solucionar o problema. Além disso, ao recorrer à expressão matemática para expressar a força e Lorentz, conseguiu mobilizar sua estrutura cognitiva por meio dos conceitos físicos que envolvem o fenômeno, a linguagem matemática e a sua relação com uma compreensão da Física para validar o argumento para a solução do problema.

A solução apresentada A20 não apresentou as bases conceituais que envolvem a solução do problema e não conseguiu apresentar um argumento para a sua afirmação. Nesse caso, podemos interpretar que o aluno tenha memorizado a relação entre os sentidos da corrente e a natureza da interação entre eles. Quanto ao acadêmico A19, não temos elementos analíticos para a sua resposta, pois não indicou se há interação entre os dois fios. De uma maneira geral, aparentemente as informações do material potencialmente significado não apresentaram significados lógicos.

No item 6 do questionário, novamente apresentamos dois fios contínuos e paralelos percorridos por corrente elétrica. Nesse caso, as correntes i_1 e 1_2 estavam no mesmo sentido, conforme podemos verificar na Figura 22.

Figura 22.Figura usada no item 6 do questionário final.

Fonte: Website Física e Vestibular[86].

Ao elaborarmos o item seis, objetivamos que os alunos apresentassem a mesma relação conceitual empregada no item cinco, mas que pudessem identificar a diferença no resultado do problema, visto que as correntes elétricas, neste item, estão no mesmo sentido. A respostados dos alunos sobre o item seis estão no Quadro 32.

Quadro 32.Explicação da sexta questão do questionário.

Aluno	Explicação

[86] Fonte: disponível em https://fisicaevestibular.com.br/novo/universidades-2018/albert-einstein-enfermagem-e-medicina-2018/resolucao-comentada/. Acessado em 01/09/2016.

A2	Sim. A mesma interação do caso anterior, mas agora os fios estão se repelindo, pois, a corrente tem o mesmo sentido nos dois fios.
A4	Da mesma forma anterior, as correntes produzirão campos magnéticos. Porém, agora as correntes estão com o mesmo sentido, e, portanto, os campos terão mesmo sentido e se interagem de forma repulsiva
A6	Sim. Nesse caso, dado o sentido das correntes e o princípio da superposição, os campos gerados se anularão (assumindo $I_1=I_2$)
A12	Existe uma força magnética de repulsão entre as duas correntes já que ambas estão em sentidos iguais.
A17	Como o sentido de i_1 e i_2 agora é o mesmo, então os campos magnéticos gerados tem o mesmo sentido, o que faz com que eles se atraiam.
A18	Mesmo raciocínio da anterior, os fios terão interação via campo e força magnética e nesse caso ao aplicando a força de Lorentz vemos que haverá atração entre os fios.
A19	Sim, não me lembro.
A20	Correntes com o mesmo sentido geram repulsão entre os fios.

Fonte: Autoria própria

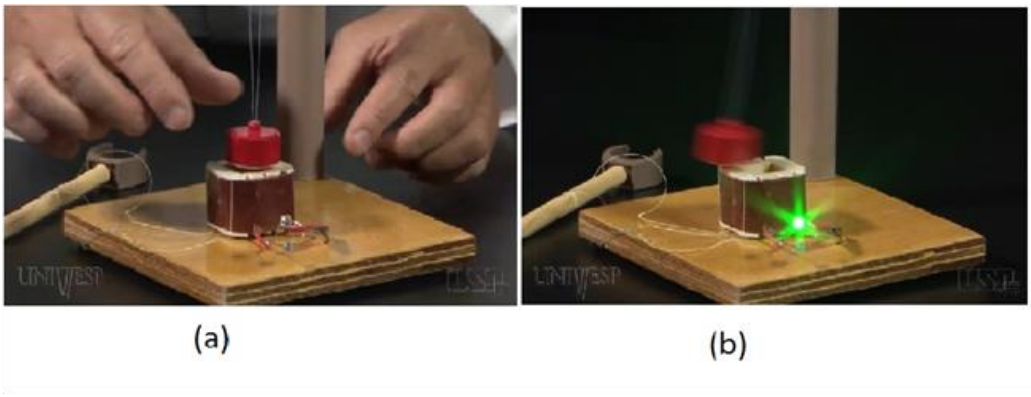
Todos os oito alunos indicaram que há interação entre os dois fios. A2, A4, A6, A12. A17, A18 e A20 citaram em suas respostas o item cinco para fundamentarem as explicações do item seis. A19 respondeu que há interação entre os fios, mas não justificou sua resposta.

Neste item, A17 e A18 afirmaram que houve atração entre os fios, mantendo a coerência da resposta formulada para o item 5. Contudo, os dois alunos não conseguiram correlacionar a orientação do vetor campo magnético com o sentido da corrente elétrica. Porém, podemos interpretar que, tanto a estrutura cognitiva de A17 quanto a de A18 possuem indicativos que possuem os conceitos de interação eletromagnética para resolver problemas, como o apresentado no item 6.

Destacamos, agora, a solução apresentada por A6. Novamente, o aluno demonstrou que consegue mobilizar os conceitos mais gerais da interação eletromagnéticas com a linguagem vetorial. No entanto, diferente do item 5, esse aluno expressou que a interação eletromagnética resultará em um vetor resultante nulo entre os dois fios, assumindo que as intensidades dos dois fios sejam iguais. Dessa maneira, ocorreria a repulsão eletromagnética entre os dois fios. Ressaltamos que, aparentemente, a estrutura cognitiva de A6 conseguiu identificar o problema e mobilizar os conceitos da Física e da Matemática para resolvê-lo. Contudo, não conseguiu chegar na resolução do problema.

O problema do item sete do questionário, Figura 23, envolveu a Lei da indução eletromagnética de Faraday. Nesse problema, aos alunos deveriam explicar o motivo do LED brilhar.

Figura 23.Figura usada no item 7 do questionário final.



Fonte: Vídeo da e-aulas USP[87]

Os alunos A2, A6, A17, A19 e A20 relacionaram o brilho do LED com o movimento do ímã, conforme apresentado no Quadro 33. Desses alunos, somente A6 e A19 explicaram que a variação do fluxo do campo magnético produz uma corrente elétrica induzida na bobina, que provoca o brilho do LED. A4 e A18 não evidenciaram que o fluxo do campo magnético variou devido ao movimento do ímã. Mesmo assim, entendemos que estes dois alunos, juntamente com A6 e A19, apresentaram indícios de aprendizagem significativa proposicional.

Quadro 33.Explicação da sexta questão do questionário.

Aluno	Explicação
A2	O imã induz uma corrente na bobina, pois quando ele cai seu campo está variando no tempo.
A4	A lei de Faraday-Lenz nos informa que um campo que possui fluxo variável induz outro campo magnético de forma a buscar equilíbrio. Como existe campo magnético, então existe uma corrente induzida na bobina de mesmo sentido do campo magnético induzido.
A6	O pêndulo, movimentando o imã, fez variar o fluxo magnético φB que atravessa a bobina, de modo a induzir nela uma tensão dada pela Lei de Faraday: $\varepsilon ind = -d\varphi B/dt$. Essa tensão gerou uma corrente, que por sua vez, fez a lâmpada acender.
A12	As lâmpadas emitiram brilho pois o campo magnético (B) gerado pelo imã está variando, fazendo variar o seu fluxo (φB), criando um campo elétrico (E) que, por sua vez, faz as cargas (q) presentes na bobina de fio de cobre se movimentarem, criando corrente elétrica (i) e passando pelo led, fazendo-o acender.
A17	Quando o imã oscila acima da bobina ele gera uma variação no campo magnético através da bobina, o que faz uma corrente induzida na bobina, que faz o LED acender.

[87] Disponível em http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=6004. Acessado em 07/09/2016.

A18	A variação do fluxo do campo magnético gera uma força eletromagnética e essa força como é em um circuito fechado gera uma corrente induzida que acende o LED.
A19	O imã preso do pêndulo possui (gera) campo magnético. Ao movimentarmos o mesmo sobre a bobina, estamos variando o fluxo de campo magnético na mesma, que em reposta apresenta uma corrente elétrica induzida, passando pelo LED e acendendo-o.
A20	O movimento do imã em relação à bobina induz nesta uma corrente. Essa corrente acende o LED.

Fonte: Autoria própria

Embora o aluno A2 relacionou a corrente elétrica induzida ao movimento do ímã, ele afirmou que a variação do campo – deixou de falar qual é a natureza – que induziu a corrente na bobina. O aluno A6, novamente recorreu à linguagem matemática para embasar sua resposta.

Na explicação do aluno A12, a variação do fluxo do campo magnético produz um campo elétrico, que por sua vez, produz uma corrente elétrica. Mesmo o aluno apresentando alguns conceitos que de fato estão envolvidos no fenômeno, ao relacioná-los para explicar o porquê de o LED acender, não foi capaz de mobilizá-los. Dessa maneira, reconhecemos que há sinais de aprendizagem significativa conceitual, pois A12 conseguiu mobilizar sua estrutura cognitiva para reconhecer o problema e identificou os conceitos que são necessários para resolvê-lo.

Por fim, os alunos A17 e A20 reconheceram que o fenômeno ocorre devido à presença corrente elétrica induzida no LED. Contudo, aparentemente para A17, o conceito de fluxo magnético não tenha se formado. Quanto ao aluno A20, ~~o~~ possivelmente a fonte da corrente elétrica induzida não seja um conceito que compõe a sua estrutura cognitiva. Mesmo assim, reconhecemos que esses dois alunos têm traços de aprendizagem significativa conceitual

Ao refletirmos sobre os problemas que foram propostos que envolviam os conceitos do eletromagnetismo, elegemos três observações que consideramos pertinentes. A primeira é que, com exceção do aluno A19 que deixou de responder 4 questões, os demais alunos mostraram indícios de aprendizagem significativa, seja na dimensão representacional, conceitual ou proposicional. Como a aprendizagem é idiossincrática, assim como a interpretação dos problemas (Ausubel, 1980), é natural que alguns alunos, como o A6, consigam organizar as proposições de outras áreas e mobilizar a sua estrutura cognitiva para resolver os problemas. Nesse caso, A6 apresenta indícios de aprendizagem significativa proposicional combinatória.

A segunda envolve a maneira pela qual os alunos A6 e A18 utilizaram para fundamentar suas argumentações. Ambos empregaram a linguagem matemática para elucidar os problemas 4 e 7, no caso de A6 e o problema 5 para no caso de A18.

A terceira observação é que nenhum aluno mencionou, na formulação da resolução dos problemas, as leituras dos textos sobre a história do eletromagnetismo. O que apareceu foi a relação feita pelo aluno A19 entre a sua resposta para o problema 1 e a falta de lembrança dos textos para respondê-lo.

Para retomar as atividades realizada pelo pesquisador no decorrer da disciplina com as leituras dos textos e os respectivos debates em sala de aula e verificar se a integração da história do eletromagnetismo colaborou com a aprendizagem dos alunos, elaboramos a questão oito do questionário. As impressões dos alunos sobre as atividades proposta pelo pesquisador estão no Quadro 34.

Quadro 34.Impressões dos alunos sobre as atividades da história do eletromagnetismo.

Aluno	Explicação
A2	Sim. É muito bom aprender sobre os cientistas junto com suas contribuições para a ciência, ver como muitas vezes eles erravam e como preparavam os experimentos, tira o status "mítico" que muitos possuem.
A4	Os textos estudados, abordando trechos da história do eletromagnetismo, colaboram com a contextualização das leis da física. Ao aprender os conceitos e leis da física sem este suporte, o aluno entende que as teorias surgiram instantaneamente ou estavam escritas desde as origens da humanidade. Estudando os textos, nós resgatamos a forma com que as teorias foram construídas. Com certeza, os textos colaboram para a formação acadêmica.
A6	Certamente colaboraram. Os estudos sobre eletromagnetismo ficaram, de certa forma, mais instigantes ao conhecermos o processo demandado para que aquelas letras e números fizessem algum sentido. Lembro-me particularmente mais dos que trataram dos experimentos de Oersted, Biot, Savart e Faraday. Conhecer o processo histórico e científico é uma prova a mais na validade de todas elas, e nos instiga a pensar sempre mais sobre as coisas que nos postulam no dia a dia acadêmico.
A12	Sim, colaboraram para a minha formação acadêmica pois ao ter contato com esses textos sobre a história do eletromagnetismo faz a gente pensar nos processos que os cientistas utilizavam para fazer suas descobertas e, após essas leituras a discussão, o conteúdo ministrado pelo professor de Física F III teve mais sentido histórico, social etc.
A17	Sim, esses textos me ajudaram a ter uma visão melhor a respeito da construção das ciências. Ter a noção que os cientistas realmente trabalhavam exaustivamente, refletiam e se correspondiam ao longo da construção das suas teorias, e de que nada vem pronto, da forma como nos é apresentado. Foi muito importante para o meu entendimento de o que é ser um físico e de como a sociedade influencia a ciência, inclusive me deu motivação saber que até mesmo os mitos da física erravam como nós.

A18	Contribuíram muito, como licenciado é fundamental que eu conheça a história da ciência e isso não foi totalmente passado na disciplina de evolução das ideias da física, logo foi crucial os textos e o trabalho ministrados pelo pesquisador para a minha formação acadêmica e futuramente para minha atuação como professor, além de solidificar os conceitos aprendidos em sala.
A19	Se sim, não muito. Embora eu entenda a importância do conhecimento das condições historiográficas social, econômica da época, não sinto que me ajudou a entender e compreender melhor o conteúdo. Acho que a parte de história de qualquer área é de certo modo irrelevante frente a compreensão da área relacionada. Acho também que quem gosta de dar o conteúdo naturalmente pesquisa sobre a história do mesmo. Sendo uma pessoa que gosta de psicologia e filosofia algo entre cinco ou seis livros relacionados a história e desenvolvimento de ambos.
A20	Sim. Acredito que usar a história da ciência como uma ferramenta de ensino pode ser muito importante para o aprendizado de um assunto, sobretudo da física, que é uma ciência em constante mudança. Com os textos, podemos aprender como a evolução dos conceitos e entendimento dos fenômenos aconteceram. Como os cientistas da época eram influenciados pelo seu tempo e também é importante para que não tenhamos a ideia de "heróis da ciência", como se estes cientistas fossem seres iluminados. Entender o processo histórico é fundamental para que isso não aconteça. Além disso, podemos ver que não existem ideias absolutas em ciência. Veja por exemplo, a ruptura entre a física clássica e física moderna.

Fonte: Autoria própria

Diferentemente das análises sob a perspectiva ausubeliana que realizamos sobre os problemas que envolveram conceitos de Física III, adotaremos na questão oito referencial analítico da Teoria Fundamenta Construtivista, pois nesta questão os alunos puderam expor aquilo que pensavam e sentiram a respeito de uma proposta de ensino na qual eles estiveram envolvidos, juntamente com o pesquisador e com o professor da disciplina.

Adotaremos a codificação inicial incidente por incidente para iniciar a nossa análise. Em seguida construiremos a codificação focalizada e por fim, elaboraremos as categorias, que nos darão suporte para escrever a nossa teoria substantiva. Após a leitura das respostas dos oito alunos, geramos 26 códigos iniciais. Em seguida, removemos os códigos repetidos, o que resultou em 18 códigos iniciais.

O próximo passo foi a codificação focalizada. Ao retomarmos aos códigos iniciais, agrupamos aqueles que apresentaram semelhanças. Em seguida, geramos três códigos focalizados, conforme demonstrado no Quadro 35.

Quadro 35.Codificação focalizada do item 8 do questionário.

Códigos Focalizados	Potencialidades e desafios da história do eletromagnetismo no processo de aprendizagem	O desenvolvimento do pensamento científico por meio das atividades da história do eletromagnetismo	As contribuições e as limitações da HF na formação acadêmica
Códigos Iniciais	A HF contribui para entender a história do conceito	Os desafios humanos na produção científica.	Relacionou as atividades históricas do eletromagnetismo com a formação acadêmica e a contribuição com futura atividade docente.
	As atividades sobre a história do eletromagnetismo propiciaram a formação do significado lógico do material apresentado pelo professor.	A HF contribui para compreender o processo do desenvolvimento científico	Os textos colaboraram com a formação acadêmica.
	Os textos motivaram o estudo dos temas	A influência social na produção científica.	A HF contribui para refletir sobre os problemas do dia a dia dos acadêmicos
	Lembranças dos textos de Faraday, Biot-Savart e Ørsted.	Entendimento sobre a construção científica	As leituras e discussões sobre os textos colaboraram com a formação acadêmica.
	Quem leciona sobre um tema precisa conhecer a história desse tema.	Os textos ajudaram a desmistificar que a ciência é produzida apenas por gênios.	Os textos não colaboraram com a formação acadêmica.
	O conhecimento histórico sobre uma temática é irrelevante para a sua compreensão.	As atividades sobre a história do eletromagnetismo evitaram o reforço de que as teorias científicas já surgem prontas	
	As leituras e discussões sobre os textos colaboraram com a aprendizagem		

Fonte: Autoria própria

O código "Potencialidades e desafios da história do eletromagnetismo no processo de aprendizagem" contemplou a impressão dos alunos sobre as atividades da história do eletromagnetismo na formação de conceitos durante as aulas de Física III. Os alunos A4, A6, A12, A18 e A20, os demais alunos afirmaram que as atividades de leitura contribuíram com a aprendizagem dos temas do eletromagnetismo na disciplina.

Ao retornarmos às respostas desses cinco alunos, interpretamos sinais de que para eles, as atividades propostas pelo pesquisador tiveram significado lógico[88], pois os assuntos dos textos e as socializações das interpretações pelos colegas foram acessíveis para a estrutura cognitivas. Além do significado lógico, as impressões dos alunos A4, A6 e A18 indicam que, possivelmente, as atividades com os textos desempenharam o papel didático dos organizadores avançados.

Destacamos a fala de A6, para ratificar a nossa interpretação sobre as atividades sobre a história do eletromagnetismo terem realizada a função de organizadores avançados. Para esse aluno "Os estudos sobre eletromagnetismo ficaram, de certa forma, mais instigantes ao conhecermos o processo demandado para que aquelas letras e números fizessem algum sentido". Essa colocação é adjacente ao que os alunos entrevistas disseram sobre as aulas que os professores ministraram com foco na linguagem matemática. Consequente a fala de A6, as leituras e as discussões dos textos apresentaram os conceitos e as suas respectivas construções a partir de um prisma mais geral, comparado com o material utilizado pelo professor da disciplina.

Segundo nossa interpretação, as atividades com os textos proporcionaram a A12 elementos de motivação cognitiva para aprender os temas ensinados pelo professor, conforme a perspectiva ausubeliana (Ausubel, 2003).

A análise da concepção de A19 quanto às atividades produzidas pelo pesquisador apresentou um contorno diferente. Para ele, as atividades não colaboraram para a compreensão dos temas de Física III e não influenciaram em sua formação acadêmica, uma vez que em sua concepção, a HF é irrelevante.

Com a codificação "O desenvolvimento do pensamento científico por meio das atividades da história do eletromagnetismo", reunimos os códigos iniciais que representaram as falas dos alunos quanto à colaboração da história do eletromagnetismo no entendimento da formação do pensamento científico.

Os códigos iniciais criados a partir dos textos de A2, A4, A6, A12, A17, e A20 nos direcionaram para essa codificação focalizada. Segundo esses alunos, as atividades que envolveram a história do eletromagnetismo contribuíram para a compreensão de uma produção científica que não é tão linear, como mostrada nos livros didáticos ou até mesmo em algumas disciplinas do curso de graduação.

[88] O conceito de significado lógico do material instrucional foi discutido no capítulo 4 desta tese.

As leituras e debates sobre os textos evidenciaram que mesmo os autores destacados nos livros didáticos que tem o seu nome atribuído a uma teoria ou a um capítulo de livro, como a Lei de Ampère, a indução eletromagnética de Faraday e as Equações de Maxwell, encontraram obstáculos no decorrer de seus estudos, tiveram problemas pessoais e dialogaram com os seus pares. A resposta de A17 indica que as atividades permitiram a ele uma maneira diferente de compreender o desenvolvimento científico.

A17: "Sim, esses textos me ajudaram a ter uma visão melhor a respeito da construção das ciências. Ter a noção que os cientistas realmente trabalhavam exaustivamente, refletiam e se correspondiam ao longo da construção das suas teorias, e de que nada vem pronto, da forma como nos é apresentado".

Mesmo a reflexão sobre a construção do pensamento científico não compondo o nosso objetivo de pesquisa, esse tema apareceu fortemente na questão oito do questionário e nas falas dos alunos que concederam as entrevistas. Ao debruçarmos sobre essas falas dos alunos, com as premissas da epistemologia de Fleck, conseguimos identificar que há um estilo de pensamento que direciona a formação acadêmica dos alunos no curso de Física da universidade que ocorreu a investigação. Esse direcionamento ocorre devido à coerção de pensamento junto aos membros iniciantes de um coletivo de pensamento. Segundo Fleck (2010, p. 175) "Uma vez que figura nos manuais [um novo pensamento], passa a ser ensinado e geralmente utilizado, formando a coluna central do sistema - torna-se, assim, uma coerção do pensamento".

Ainda sobre a maneira que uma teoria, uma ideia ou um conceito é ensinado pelo círculo esotérico, Fleck (2010, p.99) complementa que "Toda introdução didática numa área envolve um tempo em que predomina um ensino puramente dogmático. Prepara-se um intelecto para uma área, acolhe-se o mesmo num mundo fechado". Assim, interpretamos que a maneira com a qual os professores aprendem, eles tendem a ensinar.

No caso específico desta pesquisa, que foi desenvolvida em uma disciplina do núcleo de Física Básica, cujo planejamento do professor abordou uma teoria de aprendizagem específica, podemos especular que houve uma circulação intercoletiva de pensamento, caracterizada por elementos didáticos e metodológicos de ensino, promovida pelo professor e pelo pesquisador, direcionado aos alunos. Dessa maneira, uma nova percepção sobre o ensino pode ter se formado entre os alunos, iniciando assim uma nova compreensão sobre a formação acadêmica.

A última codificação focalizada denotou a contribuição das atividades no processo de formação acadêmica. As respostas dos alunos, com exceção de A19, corroboram com a nossa

interpretação, de que a integração de elementos da HF em disciplinas que compõe o núcleo da Física Básica corrobora para uma formação acadêmica mais ampla. Destacamos as observações de A6 e de A18. Para o primeiro, as atividades que envolvem os aspectos da história das ciências o levaram a refletir sobre a sua formação acadêmica, pois conseguiu relacionar os processos que envolvem a produção científica com a jornada acadêmica de uma estudante da Física.

Alinhado à perspectiva dos outros seis alunos que evidenciaram a colaboração da HF na formação acadêmica, mas excedendo os limites dessa formação em direção à futura atividade acadêmica, o aluno A18 associou o modo com o qual a disciplina Física III foi planejada e apresentada com a sua futura jornada como professor de Física.

A partir da análise do item oito do questionário, em aspectos da percepção pessoais dos alunos sobre a proposta didática apresentada pelo pesquisador e pelo professor, deduzimos que a proposta de pesquisa ultrapassou a expectativa de contribuir com a aprendizagem significativa dos alunos que cursaram Física III. Os resultados das resoluções dos problemas, em consonância com as falas apresentadas sobre as concepções dos alunos frente a abordagem pedagógica, propiciaram a eles compreenderem a produção científica a partir de uma abordagem mais humanística, afastando-se assim dos estereótipos como uma ciência que é engessada, linear e produzidas apenas por pessoas privilegiadas.

5.3.1.3 Análise e codificação dos relatórios de leitura

Os relatórios de leitura foram outro recurso que elaboramos para construção dos dados da pesquisa. Conforme explicado no capítulo quatro desta tese, esses relatórios foram produzidos pelos alunos no encerramento dos debates sobre o texto que abordava a temática que, posteriormente, seria ensinada pelo professor.

Ao todo foram produzidos seis relatórios de leitura, correspondente aos seis textos trabalhados pelo pesquisador no decorrer da disciplina Física III. Conforme já comentado neste relatório de pesquisa, as atividades desenvolvidas pelo pesquisador não compuseram as notas para a avaliação da disciplina, uma vez que o pesquisador e o professor pretendiam verificar o envolvimento dos alunos com a HF, a partir das realizações das atividades.

Embora os alunos tivessem um bom envolvimento com as leituras e os debates, o mesmo não aconteceu com as produções textuais. Conforme os depoimentos dos entrevistados A1 e A2, identificamos duas possíveis explicações para a baixa adesão às atividades de produção textual. Segundo A1, a não realização das atividades escritas está associada ao fato de não serem avaliadas pelo professor com fins de atribuição de nota. A2 foi mais contundente

ao afirmar que os colegas se interessavam pelas leituras e pelos debates, mas não tinham "vontade" de produzir os relatórios de leituras.

De qualquer maneira, conseguimos reunir alguns relatórios para analisar a interação que os participantes tiveram com os textos. Na Tabela 2, apresentamos a quantidade de alunos que entregaram o relatório de leitura, de acordo com cada texto.

Tabela 2. Alunos que entregaram o relatório de leitura

Ordem dos textos	Título do artigo	Número de relatórios	Alunos que entregaram o relatório
Primeiro	Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distância.	13	A2, A4, A5, A6, A8, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17 e A18
Segundo	Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo.	5	A9, A11, A12, A13 e A15
Terceiro	Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre a eletrodinâmica.	3	A2, A12 e A18
Quarto	Tradução comentada do primeiro artigo de Biot e Savart sobre o eletromagnetismo.	5	A1, A2, A4, A6 e A12
Quinto	Tradução comentada do primeiro texto de Faraday sobre a indução de correntes elétricas.	6	A1, A2, A4, A5, A8 e A18
Sexto	A metodologia de J.C Maxwell e o desenvolvimento da Teoria Eletromagnética.	5	A1, A2, A5, A17 e A18

Fonte: Autoria própria

De acordo com a Tabela 2, o primeiro texto teve o maior número de relatórios entregues, enquanto o terceiro texto resultou na menor entrega. Na Tabela 3, apresentamos a frequência de entrega dos relatórios de leitura em ralação a cada aluno.

Tabela 3.Frequência de entrega dos relatórios de leitura por aluno.

Frequência	Alunos
5	A2
4	A12 e A18
3	A1, A4 e A5
2	A6, A8, A11, A13, A15 e A17
1	A9, A14 e A16

Fonte: Autoria própria

O aluno mais participativo na entrega dos relatórios foi A2, com 5 relatórios produzidos. Esse aluno também respondeu ao questionário e concedeu a entrevista. A partir dessas constatações, podemos inferir que A2 demonstrou interesses às atividades que envolveram a história do eletromagnetismo.

Em contrapartida, não atribuirmos a falta de entrega dos relatórios de leituras como indicativo de desinteresse dos alunos com as atividades desenvolvidas pelo pesquisador, mas também não fornece nenhum indicativo de que houve interesse.

O relatório de leitura[89] era composto por quinze campos que deveriam ser preenchidos pelos alunos. Esses campos compreendiam a identificação do aluno, as identificações dos artigos, informações a respeito do texto e um campo para o aluno escrever as suas opiniões sobre o artigo. Apresentaremos os campos *evidências encontrada* e *minhas opiniões pessoais sobre o assunto*. Focaremos a análise, pelos dados apresentados no campo das opiniões dos alunos.

Descreveremos as evidências encontradas por cada aluno. Entretanto, o processo analítico será composto pelas opiniões pessoais dos alunos sobre os textos. A etapa descritiva será a nossa amostragem teórica[90].

No **Quadro 36**, apresentamos as interpretações dos alunos sobre as conclusões dos autores do artigo "Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distância". Deixaremos evidentes nesta seção somente.

Quadro 36.Interpretações dos alunos sobre o primeiro texto.

Aluno	**Evidências encontradas**	**Minhas opiniões pessoais sobre o assunto**
A2	Linhas de força (limalha de ferro), interação entre planetas, experimento de Ørsted.	A interação à distância existe (campos) e é fundamental para a física, sem utilizar de ferramentas como e éter.
A4	Sem resposta.	Sem resposta.
A5	Trabalhos apontados por Maxwell, como de Newton, Sir W. Thonsom etc.	Muitas das coisas que estudamos em física, apenas sabemos como funciona, mas não porque acontecem. Quanto mais sabemos, mais inimaginável parece ser.
A6	Carta de Newton a Bentley, experimento das linhas de força;	Força a distância seria o resultado das alterações nas propriedades do espaço diante de uma "anomalia" elétrica, magnética etc.

[89] Disponibilizamos o relatório usado com o primeiro texto no Apêndice A. Os outros cinco relatórios tinham a mesma estrutura. A diferença estava no cabeçalho.
[90] Definimos este conceito na seção 5.1

A8	Trechos de cartas, explicação dos conceitos básicos.	Sem resposta.
A11	Sem resposta.	Esse assunto é de extrema importância para compreender as diferentes formas de interações existentes.
A12	Experimentos de Faraday com limalhas de ferro para visualizar as linhas de força".	Muito interessante trazendo a discussão sobre ações à distância, que traz a ideia de campo e toda a história de personagens importantes ao longo desse contexto citado por Maxwell.
A13	Experimentos feitos por pesquisadores, como Faraday.	Não tem.
A14	Sem reposta.	Sem resposta.
A15	Linhas observadas em limalhas de ferro.	Concordo com as conclusões, mas acredito que a concepção de "éter" é errada.
A16	Sem resposta.	Sem resposta.
A17	O campo magnético, as correntes de força...	Concordo com o conceito de campo e interação à distância citadas por Maxwell.
A18	Experimento de Ørsted, experimentos com linha de força.	O conceito de campo é muito central na física e o bom conhecimento dele ajuda na resolução de problemas da física.

Fonte: Autoria própria

Neste primeiro texto, o objetivo foi possibilitar a construção de organizadores avançados para servirem de ponte entre a estrutura cognitiva e o material, que seria ensinado na primeira e na segunda aula pelo professor sobre as quatro interações fundamentais – gravitacional, eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte – modelos atômicos, carga e elétrica e interação eletromagnética. Nessas aulas o professor discutiu a semântica do termo campo e como na Física esse conceito é encontrado.

Após as discussões sobre os textos, os treze alunos entregaram o relatório de leitura. A2, A6, A12, A15 e A18 indicaram que as evidências do texto foi a ideia de linhas de força. Esse assunto compôs o texto de Maxwell. Os trabalhos de outros cientistas citados pelo físico escocês foram destacados por A2, A5, A12, A12, A13 e A18. Destacamos que A4, A14 e A16 entregaram os relatórios em branco. Além do mais, realçamos a resposta de A8, que notou a forma de comunicação entre os cientistas e as abordagens de alguns conceitos sobre o eletromagnetismo.

No Quadro 37, apresentamos os textos produzidos pelos alunos referentes ao relatório de leitura do texto Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. Este texto não é uma tradução

comentada. Ele é uma síntese do artigo Martins (1986) realizada pelo orientador do pesquisador. No decorrer do debate deste texto, um aluno ficou surpreso em saber que o autor do texto era próximo do pesquisador. Outro aluno disse que tinha lido um artigo do mesmo autor em outra disciplina. Os dois alunos ficaram atônitos de terem lido um artigo escrito por um autor que eles pudessem ter contato.

Quadro 37.Interpretações dos alunos sobre o segundo texto.

Aluno	Evidências encontradas	Conclusões dos alunos
A9	Sem resposta.	Sem resposta.
A11	Sem resposta.	Que as descobertas de Oersted não só contribuíram para o entendimento do fenômeno como também para a criação de novos experimentos e conceitos da física.
A12	Movimento da agulha da bússola sendo provocada pela corrente elétrica em suas proximidades.	Bom para tirar a ideia sobre o "acaso" do experimento de Oersted, para mostrar que um experimento pode gerar várias teorias diferentes e benéficas para entender a origem da descoberta do eletromagnetismo.
A13	As evidências que mais chamas atenção são as cartas escritas pelos cientistas da época, as quais são o material de pesquisa.	O estudo da origem de grandes teorias e experimentos é de suprema importância, pois nos ajuda a pensar corretamente. Nada surde do nada, sempre há algo ou alguém por trás das mentes brilhantes dos séculos passados e dos que estão por vir.
A15	As evidências que levam aos fatos se baseiam em artigos, cartas e outros registros da época.	Concordo com os fatos descritos pelo texto, pois acredito que a ciência não se constrói de forma tão simples e lúdica quanto descrita em diversos materiais didáticos.

Fonte: Autoria própria

O relatório desse texto foi entregue por 5 alunos. Desses alunos, dois não escreveram as evidências apontadas pelo autor do texto. O aluno A12 enfatizou o experimento de Ørsted, que

foi destacado no texto. A repercussão do resultado do experimento também foi abordada pelo autor do texto e isso foi destacado pelos alunos A13 e A15.

O terceiro texto, intitulado "*Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre a eletrodinâmica*" foi lindo antes do professor ensinar a Lei de Ampère. Apenas três alunos entregaram o relatório de leitura. As impressões dos alunos sobre o texto estão no Quadro 38.

Quadro 38.Interpretações dos alunos sobre o terceiro texto.

Aluno	Evidências encontradas	Conclusões dos alunos
A2	Experimentalmente Ampére atesta que há uma repulsão ou atração entre os fios, dependendo do sentido da corrente.	É muito interessante ver como os grandes cientistas que estudamos hoje se reuniam para, dentre outras coisas, discutir suas descobertas e teorias, muitas vezes entrando em conflito (como Ørsted e Ampére). Mas, principalmente, é interessante notar como esses conflitos fizeram a ciência avançar.
A12	Sem resposta.	Muito interessante, a saber, primeiro como os cientistas trocavam carta ou marcavam reuniões para discutir sobre suas ideias, a segunda, em como todo processo de evolução da ciência é aproveitada de geração em geração, e, por fim, entender o processo pelo qual foi construída a ideia de eletrodinâmica e a percepção de corrente elétrica influências objetos imantados, moléculas austrais ou boreais e influenciar as próprias correntes no fio.
A18	Fios com corrente se atraem/repelem. A bússola se move na presença de uma corrente elétrica.	É muito interessante como os cientistas famosos interagiam e ajudaram a construir o conhecimento que temos hoje e principalmente como eles não usavam/ compreendiam o conceito de campo.

Fonte: Autoria própria

Dos três alunos, apenas os alunos A2 e A18 escreveram quais foram as evidências encontradas no texto. Os dois alunos revelaram que a interação entre os fios condutores percorridos por corrente elétrica pode ser de natureza atrativa ou repulsiva, dependo do sentido

das correntes elétricas. A18 complementou que Ampère observou que a corrente elétrica interage com a agulha da bússola.

O quarto texto, "*Tradução comentada do primeiro artigo de Biot e Savart sobre o eletromagnetismo*", foi estudado antes do professor ensinar a Lei de Biot-Savart. Esse texto foi o mais curto, um total de seis páginas. No texto sobressai a relação existente entre a ação da corrente elétrica e a posição da agulha emantada. Ainda no texto, foram ressaltadas a terminologias "moléculas de magnetismo" e a explicação dos dois cientistas sobre o fenômeno da interação eletromagnética

No

Quadro 39, revelamos os registros dos alunos. Foram entregues cinco relatórios, com

Aluno	Evidências encontradas	Conclusões dos alunos
A1	Sem a ação do campo magnético terrestre, a agulha se orienta perpendicular ao fio.	Através deste experimento, mesmo sem citar o campo magnético, pode-se classificar seu comportamento da força magnética.
A2	Forças exercidas sobre as partículas retirando seu estado de equilíbrio.	É interessante como uma experiência simples de Oersted inicia todo um novo ramo da física.
A4	O torque varia com a distância.	Sem resposta.
A6	A agulha orientava-se perpendicularmente ao fio com corrente.	O experimento foi brilhante. Abriu as portas para que o estudo do eletromagnetismo desenvolvesse o conceito de ação à distância.
A12	Objeto imantado se movimenta quando existir uma corrente elétrica em sua proximidade.	Importante para a compreensão do início do eletromagnetismo.

todos esses alunos apresentando as suas evidências. Apenas o aluno A4 não escreveu as suas conclusões sobre o texto.

Aluno	Evidências encontradas	Conclusões dos alunos
A1	Sem a ação do campo magnético terrestre, a agulha se orienta perpendicular ao fio.	Através deste experimento, mesmo sem citar o campo magnético, pode-se classificar seu comportamento da força magnética.
A2	Forças exercidas sobre as partículas retirando seu estado de equilíbrio.	É interessante como uma experiência simples de Oersted inicia todo um novo ramo da física.
A4	O torque varia com a distância.	Sem resposta.
A6	A agulha orientava-se perpendicularmente ao fio com corrente.	O experimento foi brilhante. Abriu as portas para que o estudo do eletromagnetismo desenvolvesse o conceito de ação à distância.

A12	Objeto imantado se movimenta quando existir uma corrente elétrica em sua proximidade.	Importante para a compreensão do início do eletromagnetismo.

Quadro 39.Interpretações dos alunos sobre o quarto texto.
Fonte: Autoria própria

Os cinco alunos observaram diferentes evidências neste texto. Na resposta de A1, notamos uma tentativa em aproximar a ação do campo magnético terrestre ao fenômeno observado, o que fez parte da estratégia de Biot e Savart para calcular a ação da força magnética da corrente elétrica do fio sobre a agulha da bússola. A observação desse efeito também foi realizada por A6. O aluno A4 focou na explicação do fenômeno que foi dada pelos dois cientistas.

O penúltimo texto lido e debatido, "*Tradução comentada do primeiro texto de Faraday sobre a indução de correntes elétricas*", foi trabalhado antes do professor ensinar a Lei da indução eletromagnética de Faraday. Seis alunos entregaram o relatório de leitura, como indicado no Quadro 40.

Nesse texto, os tradutores destacaram na introdução os parágrafos que Faraday escreveu sobre os resultados da indução eletromagnética entre correntes e sobre a magnetização de uma agulha a partir da corrente induzida.

Quadro 40.Interpretações dos alunos sobre o quinto texto.

Aluno	Evidências encontradas	Conclusões dos alunos
A1	A corrente da bateria induzia uma corrente similar ao outro fio, mas por um instante. Seu resultado era mais significativo quando utilizado uma garrafa de Leyden do que propriamente da corrente de uma bateria voltaica.	Sem resposta.
A2	O cobre quase não apresenta efeitos de indução, enquanto o ferro sim. Um imã atravessando uma hélice de fio condutor produz corrente observável no galvanômetro.	Interessante ver o início de algo que hoje é indispensável. A indução eletromagnética e outros fenômenos eletromagnéticos moldaram o estilo de vida da sociedade moderna.
A4	Quando dois fios se aproximavam, a corrente	Sem resposta.

	induzida era na direção contrária à corrente indutora. Quando se afastavam, a corrente induzida era na mesma direção. Quando estacionários (os fios), não havia corrente.	
A5	Convulsões em sapos e suas intensidades. Movimento da agulha no galvanômetro.	Foi um trabalho importante, mesmo não possuindo desenvolvimento matemático, que proporcionou posteriormente a realização de outros trabalhos que são a base do eletromagnetismo atual.
A8	Diferença da utilização de materiais como ferro e cobre no mesmo meio.	Texto bem explicativo de fácil entendimento, com experimentos pouco complexos, bem didáticos e de possível reprodução.
A18	Deflexões na agulha do galvanômetro. A maior deflexão em função de um maior número de espiras. Também se deflete se usarmos um imã.	É interessante ver como o conhecimento científico foi produzido, e principalmente como Faraday mesmo sem o conhecimento matemático chegou a conclusões tão importantes.

Fonte: Autoria própria.

Os alunos A1, A4 e A18 fizeram essa observação no campo do relatório destinado às evidências encontradas no texto. Destacamos os detalhes da explicação de A4. Os alunos A2, A5 e A18 evidenciaram o movimento da agulha imantada do galvanômetro quando um ímã atravessava uma espira ou uma hélice. O aluno A18 atentou-se ao detalhe da relação entre o número de espira e o efeito da deflexão da agulha.

Uma questão considerável nas escritas de A2 e A8 correspondem aos testes experimentais realizados por Faraday com diferentes materiais para verificar quais deles promoviam o fenômeno da indução eletromagnética. Essa observação dos alunos é um ponto importante para nós, pois aqui podemos interpretar, à luz na epistemologia de Fleck, dois elementos importantes que envolvem a construção de um pensamento científico: a experiência de um cientista frente ao seu objeto de estudo e que a ciência é construída a partir do estilo de pensamento do pesquisador inserido no processo.

O primeiro elemento epistemológico que apontamos remete à formação de Michael Faraday, que foi considerado um exímio experimentador. O segundo elemento está conectado ao primeiro, pois as suas produções eram em grande parte experimentais e com os resultados analisados qualitativamente, devido à carência de uma formação acadêmica formal (Dias; Martins, 2004).

Após o trabalho com o texto dos experimentos de Faraday, antes de iniciar os estudos sistemáticos indução eletromagnética, o professor retomou as temáticas de interação, fontes de campo, corrente elétrica estacionária, a ação do campo magnético sobre os materiais e sobre o fluxo de campo. Esta retomada teve o objetivo promover a reconciliação integrativa das temáticas estudadas até aquele ponto da disciplina.

O último texto estudado, "*A metodologia de J.C Maxwell e o desenvolvimento da Teoria Eletromagnética*", não foi uma tradução comentada, assim como o texto do experimento de Ørsted. Esse artigo foi escolhido pelo pesquisador por dois motivos. O primeiro, apresentar aos alunos a construção da teoria eletromagnética sob a perspectiva de Maxwell e propiciar uma reconciliação integrativa dos temas que permearam a leitura dos cinco textos anteriores. Esse texto antecedeu aula sobre as equações de Maxwell, ministrada pelo professor da disciplina. Cinco alunos entregaram o relatório de leitura, conforme ilustrado no Quadro 41.

Quadro 41.Interpretações dos alunos sobre o sexto texto.

Aluno	Evidências encontradas	Conclusões dos alunos
A1	Maxwell previu uma partícula tendo seu movimento conectado com o movimento turbulento, que representa as conexões mecânicas reais entre os fenômenos eletromagnéticos conhecidos.	A principal conclusão de Maxwell é de que a luz é uma onda eletromagnética, onde elabora sua teoria eletromagnética da luz, e obtém que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é igual a razão entre unidades de corpos.
A2	Sem resposta.	É importante ver como os grandes cientistas da história desenvolviam seus métodos de pesquisa e de descobertas passando por equívocos e acertos, que sempre ajudavam a implementar a teoria e o próprio método empregado para se testar essa teoria.
A5	Trabalhos de Maxwell e seus métodos: "*On physical lines of force*", "*On faraday's lines f force*", "*A dynamic theory of the electromagnetic field*".	Só de colocar a data dos trabalhos de Maxwell mostra que não foi instantâneo sua formulação do eletromagnetismo, utilizando até mesmo outros trabalhos de outros cientistas e foi humilde em algumas de suas afirmações. Concordo com o autor do texto que afirma que a grande sacada de Maxwell foi usar o formalismo lagrangiana, mas acho que poderia ter explicado o porquê dessa formulação e não a laplaciana, por exemplo.
A17	A analogia com a mecânica Newtoniana, a forma como ele trata das linhas de força de Faraday.	O desenvolvimento do pensamento de Maxwell em relação às teorias que estava desenvolvendo é interessante para se compreender a gênese do pensamento científico, e para a compreensão do desenvolvimento da ciência.

A18	Comportamento ao redor de um fio. Interações entre imãs, fios e materiais ferromagnéticos.	É de extrema importância vermos como a construção de um fato científico se deu para desmistificarmos os "gênios" da física e entendermos que nós assim como eles podemos errar desde que tenhamos a humildade para assumir nossos erros. E também o trabalho de Maxwell em matematizar é extremamente importante para uma quantificação das coisas e por termos a possibilidade de trabalharmos com isso.

Fonte: Autoria própria.

Nesse texto, o autor ressaltou a contribuição de James Clerk Maxwell no campo do eletromagnetismo, a partir da interpretação de Maxwell sobre a natureza da interação eletromagnética devido um agente mediador e ao estilo de pensamento de Maxwell, caraterizado pela interpretação mecânica dessa interação (Abrantes, 1988).

Os alunos A2 e A17 atentaram-se à apresentação do autor do artigo sobre o tratamento mecânico adotado por Maxwell para interpretar o fenômeno eletromagnético. Ademais, A17 destacou que Maxwell considerou a proposta das linhas de forças propostas por Faraday.

Enquanto A5 enfatizou os títulos dos trabalhos de Maxwell sobre o eletromagnetismo, A1 realçou os aspectos que envolvem a interação eletromagnética ao redor do fio.

Após a apresentação dos resultados das produções realizadas pelos alunos acerca das leituras e debates, cuja referência foi a coluna "Evidências encontradas" dos relatórios de leitura, discorreremos aos aspectos analíticos das conclusões dos alunos sobre as leituras e momentos de socialização dos textos. Retomaremos os elementos das codificações inicial – incidente por incidente e focalizada da TF Construtivistas.

Ao todo, identificamos trinta e três códigos iniciais, que originaram dois códigos focalizados, como indicado no Quadro 42. Desses códigos iniciais, apenas dois foram repetidos. Essa codificação focalizada indica algumas evidências de que os alunos escreveram suas conclusões em função de dois aspectos dos textos: os conceitos que compõe a teoria eletromagnética e a construção do pensamento científico.

Quadro 42.Codificação focalizada constituída a partir do relatório de leitura.

Códigos focalizados	**Identificação dos conceitos da teoria eletromagnética a partir dos textos sobre a história do eletromagnetismo**	**O desenvolvimento do pensamento científico por meio das atividades da história do eletromagnetismo**
Alguns Código	Destacou a ação à distância. Identificou a proposta da ideia de campo.	Mudança no pensamento científico.

	A ideia do éter não é aplicável.	Enfatizou o papel dos cientistas na produção científica.
	Identificou a explicação de Maxwell sobre o conceito de campo.	Desdobramentos de novas investigações a partir do experimento de Ørsted.
	Destacou a importância do conceito de Campo para a Física.	Destacou as diferentes interpretações para o resultado de um experimento
	Entendimento da relação entre a eletricidade e magnetismo via experimento de Ørsted.	Desmantelou que o resultado do experimento de Ørsted foi por acaso.
	Importância do conhecimento de experimentos clássicos para a formação de conceitos.	A ciência não é uma construção linear e acabada como aparece nos livros didáticos.
	Compreensão na construção dos conceitos de eletromagnetismo	Destaque na comunicação entre os cientistas.
	O desconhecimento sobre o conceito de campo.	Os debates científicos fazem a Ciência avançar.
	Ação da força magnética sem a explicação via campo	Construção gradativa da teoria eletromagnética.
	Relação entre o experimento e a formulação do conceito sobre a ação à distância	A Ciência é construída em processos
	Importância do texto para compreender o início do eletromagnetismo	Destaque na comunicação entre os cientistas.
	O trabalho de Faraday foi relevante para o desenvolvimento do eletromagnetismo, mesmo sem o uso da linguagem matemática.	Repercussão do experimento de Ørsted
	A natureza eletromagnética da luz.	Apreciação ao conhecer as discussões originais de um fenômeno.
	Relação da linguagem matemática com os pressupostos de Maxwell.	Desmistificação da figura de que todo cientista é gênio e trabalha sozinho.

Fonte: Autoria própria

Como apresentado na Tabela 3, o aluno A2 entregou cinco relatórios de leitura. Deixou de entregar apenas o relatório do texto sobre o experimento de Ørsted. Esse aluno, em suas conclusões de suas leituras e reflexões, ressaltou a dinâmica da produção científica, como a metodologia e a comunicação entre os cientistas. Quanto aos conceitos do eletromagnetismo, o aluno fez uma menção à construção da ideia de campo, assunto abordado no primeiro texto.

Os alunos A5 e A18 escreveram as suas conclusões com o foco nos conceitos do eletromagnetismo que surgiam nos textos. Quanto aos alunos A5, A6 e A8, o primeiro entregou três relatórios de leitura e os dois último apenas dois. Contudo, os relatórios entregues por cada um deles evidenciaram que os conceitos do eletromagnetismo sobressaíram em suas conclusões.

A partir dos dados oriundos das entrevistas, do questionário e dos relatórios de leitura e de suas respectivas análises, apresentaremos na próxima seção as categorias que elaboramos para embasar a nossa teoria fundamentada substantiva.

5.4. Construção e reflexões sobre as categorias analíticas

Nesta etapa da análise, apresentaremos as categorias que foram constituídas com base nos códigos focalizados, os quais evidenciaram elementos que contribuíram para alcançarmos o objetivo deste trabalho. Destacamos que a codificação teórica, que denominamos categoria, representa um nível avançado de codificação focalizada. Essas categorias nos auxiliaram na escrita de uma história analítica substancial, à luz de nossos referenciais teóricos. Observamos ainda que, a profusão de elementos nesse domínio transcende a mera articulação linguística, englobando uma complexa rede de conceitos e nuances. Permeada por uma densa teia de códigos iniciais, cada uma dessas categorias evidencia-se como uma manifestação de indiscutível complexidade que relacionou os elementos presentes nas entrevistas, no questionário final e nos relatórios de leitura. Assim, nesse tópico analítico, constituímos seis categorias distintas, cujos parâmetros serão minuciosamente expostos a seguir.

5.4.1 Material Potencialmente Significativo: potencialidades e limitações

Esta categoria foi elaborada a partir das seguintes codificações focalizadas:

1. "Integração histórica facilitou a aprendizagem em Física III";
2. "Associação das atividades de história do eletromagnetismo com os Conceitos Ensinados pelo Professor";
3. "Integração das atividades de história do eletromagnetismo com os conceitos ensinados pelo professor";
4. "Memória de realizar as leituras dos textos da história do eletromagnetismo";
5. "A didática no ensino do professor";
6. "Impressões sobre a avaliação acadêmica";
7. "História do eletromagnetismo no processo de aprendizagem";
8. "Motivação para aprender temas de Física III por meio de estudos de textos histórico";
9. " Consideração do referencial de HF e sua influência na formação inicial, motivando interesse pelos estudos históricos",
10. "Identificação dos conceitos da teoria eletromagnética a partir dos textos sobre a história do eletromagnetismo" e

11. “Potencialidades e desafios da história do eletromagnetismo no processo de aprendizagem”.

Tais códigos focalizados foram derivados dos itens 2, 3, 4, 5, 6 e 9, contidos no roteiro de entrevista conduzido com os participantes, da questão 8 do questionário final e das conclusões dos alunos de cada um dos seis relatórios de leitura. Juntos, permitiram-nos refletir sobre o material ter a característica de ser potencialmente significativo desenvolvido no contexto do nosso estudo, adotando a perspectiva ausubeliana. Vale destacar que nesta abordagem é fundamental adaptar os materiais de ensino para alcançar o êxito no processo de ensino e aprendizagem, conforme preconizado por Ausubel (2003). Nesse contexto, as atividades e/ou materiais de ensino são organizados de maneira a facilitar a assimilação de novos conceitos pelos alunos.

Os materiais elaborados para a disciplina Física III foram planejados e organizados, conforme detalhado no capítulo 4 deste relatório de pesquisa. As análises das entrevistas nos mostraram que o material potencialmente significativo proporcionou momentos nos quais os alunos puderam conectar as novas informações aos conhecimentos prévios existentes em suas estruturas cognitivas, embora isso não tenha aparecido explicitamente nas falas de A1, A3 e A5 e tenha surgido de maneira mais geral nas falas de A2, A4 e A6.

No entanto, é importante notar que, segundo Ausubel (2003), o processo de esquecimento é natural, e mesmo os conceitos ou proposições específicas aprendidas significativamente podem ser esquecidos com o tempo, ficando assim os aspectos mais gerais, que é o resultado da interação entre o conceito aprendido e o subsunçor modificado.

A didática do professor também foi evidenciada, destacando-se que o docente não apenas manifestava apreço pelo tema ensinado, mas também empregava diversas estratégias didáticas, como a apresentação de vetores com o uso de isopor, simulações virtuais, apresentação de um toróide, projeção de vídeos sobre geração de energia elétrica e a aplicação dos conceitos do eletromagnetismo em um Tokamak. Esses recursos e a troca de experiências foram elementos fundamentais para propiciar momentos de diálogos no decorrer das aulas. A valorização da didática do professor, mencionando o uso de diferentes estratégias didáticas, reforça a importância de oferecer uma variedade de abordagens para enriquecer o material e atender à diversidade de estilos de aprendizagem.

Nesse contexto, os alunos mostraram-nos a potencialidade do material instrucional[91] visto que valorizam a abordagem mais interativa da disciplina Física III, indicando uma integração mais efetiva dos conceitos. Além do mais, a ênfase nas discussões conceituais e nas estratégias didáticas diferenciadas em Física III indicam um esforço para tornar o conteúdo mais lógico e significativo.

A motivação para aprender, considerada um elemento essencial na promoção da aprendizagem significativa, é enfatizada pelos alunos ao reconhecerem que a diversidade de recursos didáticos, na disciplina de Física III, contribuiu para a formação de subsunçores. Em consonância com a perspectiva de Ausubel, a motivação é impulsionada pela relevância dos conteúdos apresentados, evidenciando um maior engajamento quando os alunos conseguem perceber a utilidade e aplicabilidade dos novos conhecimentos em relação às suas bases cognitivas preexistentes, proporcionando um maior engajamento no processo de aprendizagem. Nesse sentido, o material potencialmente significativo – configurado pelas atiidades da disciplina planejada pelo professor -, com o aditivo da História da Física, motivou os alunos a compreenderem a constituição histórica de alguns conceitos do eletromagnetismo, indicando indícios de uma aprendizagem significativa.

Assim, podemos inferir que, no nosso contexto, a motivação de alguns alunos esteve intrinsecamente ligada à atribuição de significados, especialmente na compreensão do processo de construção histórica do conceito. Nesse sentido, alinhamos nossa perspectiva com Ausubel, a qual sustenta que os alunos, ao perceberem sentido e valor nas novas informações assimiladas, desenvolvem uma ação mais acentuada para a motivação intrínseca, o que, por sua vez, pode propiciar benefícios significativos ao processo de aprendizagem.

Essas afirmações são pautadas em várias ênfases dos participantes da pesquisa, quando observaram que: os textos históricos ajudaram na preparação para estudar os conteúdos de Física III; contribuíram para o processo de aprendizagem e que os textos foram significativos para a formação acadêmica. O destaque ainda está na compreensão do contexto sobre a construção do conceito estudado, o que segundo os alunos, contribui para a formação profissional. Essa contribuição está relacionada ao estudo da origem do problema, aos caminhos percorridos pelos cientistas e pela sua empregabilidade no período histórico, desvencilhando do ensino focado nas fórmulas matemáticas, descontextualizadas. Essas observações emergiram nos três instrumentos que elaboramos para produzir os dados da pesquisa.

[91] Como abordado no capítulo 4, o material potencialmente significativo foi composto pela organização da disciplina em conjunto com as atividades de história do eletromagnetismo desenvolvidas pelo pesquisador.

A avaliação, neste contexto, foi um aspecto salientado pelos acadêmicos, ao explicitarem e recordarem o sistema de avaliação da disciplina. Para nós, a avaliação é componente fundamental do material, visto que a entendemos como parte do processo de aprendizagem. Entendemos, à luz do nosso referencial de aprendizagem, que a avaliação facilita a aprendizagem e ajuda os professores expressarem seus objetivos e suas expectativas quanto ao aprendizado dos alunos (Ausubel, 2003).

Os alunos, nesse processo, revisam, esclarecem e consolidam o assunto antes da avaliação. Porém, "é importante avaliar os resultados últimos da aprendizagem em relação aos objetivos, tanto do ponto de vista do rendimento dos alunos como do ponto de vista dos métodos e materiais de ensino" (Ausubel, 1980, p.501).

Para examinar o processo de incorporação dos novos conceitos e proposições é necessário que o aprendiz manifeste clareza nos significados. Desse modo, ao avaliar esses conhecimentos, não devemos nos limitar, enquanto professores, a avaliações em que os estudantes apenas identifiquem critérios ou os elementos fundamentais de um princípio, uma vez que isso poderia resultar em verbalizações memorizadas.

Ausubel, mostra-nos que "os testes de compreensão devem, no mínimo, ser expressos em diferentes linguagens e apresentados num contexto algo diferente do material de aprendizagem originalmente encontrado (Ausubel, 2013, p.131). Ou seja, precisamos pensar em propostas que os estudantes apresentem de maneira diferente da apresentada no material instrucional.

Ademais, uma variedade de instrumentos de avaliação pode ser empregada para identificar a aprendizagem de diferentes aspectos no âmbito educacional. Estes englobam a observação direta, autorrelatos, avaliação pelos pares, ensaios de pesquisa, testes dissertativos, avaliações orais, portfólios de trabalhos, testes práticos, entre outros. Em nosso caso, lançamos mão de fichas de leitura e do questionário final. O relatório de leitura, em nosso caso, visou estimular o desenvolvimento da compreensão textual e promover a análise, a síntese de informações e a capacidade de expressar ideias de forma organizada, principalmente, a respeito da história do eletromagnetismo.

Além disso, ao preencher o relatório, o aluno foi incentivado a refletir sobre o conteúdo, interagindo assim com a informação da construção histórica do conceito por meio de textos originais traduzidos. Dessa maneira, a escolha do relatório de leitura deveu-se a potencialidade de aprendizagem que está na sua capacidade de engajar o estudante de maneira reflexiva e crítica, contribuindo para a assimilação efetiva do conteúdo, para além da memorização.

O pós-teste foi dividido em duas partes. Na primeira, de natureza conteudista, avaliou-se como os alunos aplicaram seus conhecimentos para resolver os problemas relacionados à interação eletromagnética, à luz das temáticas apresentadas nos textos de história do eletromagnetismo. A segunda parte, referente ao item oito do questionário, buscou captar as percepções dos alunos acerca das atividades conduzidas pelo pesquisador.

Todavia, vale observar que nem todos os alunos se dedicaram à realização das atividades escritas propostas pelo pesquisador. Salientamos ainda que, os alunos denominaram a atividade de preenchimento dos relatórios de leitura como desafiadora. Assim, temos os seguintes dados de entrega das fichas de leitura da turma que era composta por vinte e dois acadêmicos: treze alunos entregaram as fichas de leitura do primeiro texto; cinco alunos entregaram as fichas do segundo texto, três alunos entregaram as fichas do terceiro texto, cinco alunos entregaram as fichas do quarto texto, seis alunos entregaram as fichas do quinto texto e cinco alunos entregaram as fichas do sexto texto. O pós-teste foi respondido por oito alunos.

Apesar dos alunos que participaram da entrevista ressaltarem e reconhecerem o potencial dessas formas de avaliação, eles nos revelam que não compreenderam os motivos que as fichas de leitura e os textos em si não eram cobrados nas provas escritas da disciplina. Nesse sentido, destacaram que pelo fato de serem atividades voluntárias, focaram nas demais atividades que eram mensuradas para compor a nota da disciplina.

Isso nos mostra que mesmo em um curso de nível superior é fundamental enfatizar a contribuição dos diferentes instrumentos avaliativos, visto que, de acordo com as falas dos alunos no decorrer das entrevistas, as atividades avaliativas mensuráveis de mesma natureza não contemplam a análise da formação dos conhecimentos . Além disso, notamos que é preciso indicar ao acadêmico que os instrumentos de avaliação não devem ser utilizados apenas para mensurar a avaliação de uma disciplina, mas sim podem contribuir para uma aprendizagem significativa.

Mesmo com o baixo índice de voluntários que realizaram as atividades escritas, entendemos que a participação dos alunos que realizaram as atividades nos proporcionou uma compreensão quanto ao papel da HF para a formação acadêmica.

Concluímos que, o papel do material em motivar os alunos e envolvê-los ativamente no processo de aprendizagem foi contemplado, principalmente por ser uma atividade voluntária. Afinal, conforme a proposta de Ausubel, observa-se uma convergência em direção a práticas pedagógicas que buscam favorecer a aprendizagem significativa, promovendo a integração, a

relevância, a motivação e o envolvimento ativo dos estudantes no seu próprio processo de aprendizagem.

Por fim, enfatizamos o comprometimento do professor da disciplina para com as atividades desenvolvidas pelo pesquisador. Em todos encontros, enfatizou-se aos alunos a importância de seu envolvimento com as atividades de pesquisa, visto que os estas foram planejadas para contribuir no processo de aprendizagem das temáticas abordadas em Física III.

5.4.2 A complexidade das expressões matemáticas: questões e reflexões

A segunda categoria foi constituída pelas seguintes codificações focalizadas:

1. "Disciplinas focadas em equações matemáticas";
2. "Interpretação do fenômeno físico a partir das expressões matemáticas" e
3. "Desmotivação em aprender conceitos físicos apenas usando equações matemáticas".

Vale observar que esses códigos foram constituídos a partir das questões 5, 6 e 7 e, também, permearam a categoria 1 das entrevistas.

O destaque na fala dos acadêmicos, reiteradamente, sobre a problemática de ensinar conceitos físicos a partir e/ou somente por meio de expressões matemáticas mostrou-nos que esse dado carecia de atenção. Observações tais como: "as disciplinas tinham abordagens intensas na linguagem matemática", "foco no tratamento matemático no ensino", "excesso de demonstrações matemáticas no bacharelado", "Desmotivação em aulas que são usados apenas as equações matemáticas", "falta de contextualização das equações matemáticas no bacharelado", reforçam a prática docente de professores que estão inseridos dentro de um estilo de pensamento em que provavelmente foi ensinado.

Dessa maneira, o estilo de pensamento influencia fortemente nas tomadas de decisões enquanto professor. Nesse contexto, o processo de ensino pode transformar-se, para o aprendiz, em um conjunto de informações aparentemente destituídas de significado lógico. No entanto, o aluno pode recorrer a expressões matemáticas para replicar a técnica de resolução apresentada, visando alcançar o resultado desejado em situações específicas, como foi o caso dos alunos A6 e A18, quando apresentaram as suas respostas no questionário sobre os fenômenos da interação eletromagnética. Esse procedimento pode ter alguma relação com a aprendizagem mecânica, pois ela caracteriza-se pela aplicação automática e, muitas vezes, pela reprodução imediata das informações.

No contexto do ensino, as aspirações acadêmicas convergem em direção ao outro ponto, na qual se busca: "discutir do porquê do tratamento matemático", "contextualizar historicamente as aulas de cálculo", "discorrer sobre a fundamentação do conceito antes de ver as equações matemáticas" e, principalmente, "compreender o mundo sob a ótica da História da Física".

Diante desse quadro, entendemos que uma alternativa seria reestruturar tais disciplinas de modo que fossem abordados os elementos mais abrangentes de uma determinada temática até os mais específicos. Na abordagem ausubeliana esse processo é denominado de diferenciação progressiva e tal estratégia baseia-se na construção de uma hierarquia conceitual, permitindo que a nova informação se relacione de forma relevante com os substratos cognitivos presentes na estrutura mental do aluno.

Além disso, destacamos que a integração da HF emerge como uma estratégia didática que pode ser adotada pelo professor nesse contexto. Afinal, a HF não apenas explora aspectos gerais, como apresenta os motivos sociais, políticos, econômicos e os obstáculos que os cientistas se depararam e que influenciaram a criação de conceitos para solucionar problemas específicos. Desse modo, adicionalmente, também explicitamos que a HF pode evidenciar a formulação matemática constituída no contexto histórico como um instrumento essencial para representar e resolver determinadas questões.

A partir dessa reflexão, podemos afirmar que expressões matemáticas rotuladas apenas com nomenclaturas, sem a compreensão conceitual, não fazem sentido, como já tinha sido observado na primeira categoria

5.4.3 Estudo Fragmentado: um olhar sobre o currículo

A terceira categoria foi elaborada a partir dos seguintes códigos focalizados:

1. "Não foi um momento propício para eu compreender a importância do estudo do eletromagnetismo";
2. "Ausência de integração da História da Física com outras disciplinas";
3. " Comparação entre a HF nas disciplinas";
4. "Reestruturação da estrutura curricular";
5. " Carência conceitual no início do curso";
6. “As contribuições e as limitações da HF” na formação acadêmica e "Reestrutura curricular do curso de Física".

Quanto ao currículo do curso, os seis alunos entrevistados enfatizaram a necessidade de repensar a estrutura curricular do curso de Física. Tal afirmação está evidenciada principalmente nos códigos focalizados:

1. "Reestruturação da estrutura curricular";
2. " Carência conceitual no início do curso" e
3. "Reestrutura curricular do curso de Física".

Diante disso, podemos afirmar que, embora os materiais potencialmente significativos sejam geralmente projetados para serem compatíveis com a estrutura cognitiva dos alunos e delineados em uma estrutura lógica facilitadora, os limites encontrados no contexto de uma disciplina nos levam a refletir sobre essa limitação desse material, para além da organização ausubeliana de uma disciplina isolada.

Salientamos, por meio dos nossos dados que, ao considerar a implementação desta abordagem teórica em um curso de graduação, talvez seria necessária uma possível expansão para as demais disciplinas do curso. Isso se deve à ausência de fundamentos essenciais para a compreensão, não apenas dos textos e das atividades propostas na disciplina de Física III, mas também dos temas enfatizados destacados pelos estudantes, que são abordados em outras disciplinas. Tal lacuna nos encaminha para uma reestruturação que envolva currículo integral do curso de Física, particularmente no âmbito do primeiro ano.

Cabe ainda destacar que, os entrevistados salientaram questões relacionadas às demais disciplinas do curso, evidenciando as dificuldades enfrentadas por eles ao perceberem obstáculos na apropriação conceitual, notadamente naquelas com características tradicionais.

Aspectos como a complexidade na resolução de problemas, particularmente em relação a equações matemáticas e aos desafios em compreender os conteúdos ministrados por meio de aulas expositivas, também foram enfatizados. A perspectiva ausubeliana destaca a importância de conectar novos conhecimentos aos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz e essas características do ensino tradicional mostram-nos a ausência de estímulo que potencializam a internalização do novo conhecimento de forma integrada e duradoura, ou seja, tendem ao estímulo de uma aprendizagem mecânica.

Em contrapartida, os participantes enfatizaram que as aulas da disciplina Física III, com a abordagem proposta, proporcionaram interações significativas entre os alunos, contribuindo assim para a construção do conhecimento por meio das discussões conceituais. A HF, nos relatos, é identificada como um elemento motivador que estimulou a aprendizagem de novos conceitos.

Em nosso caso, os dados produzidos a partir das falas dos acadêmicos, evidenciaram que alguns aspectos no currículo do curso de Física precisam ser repensados, tanto na reorganização de oferta das disciplinas quanto na proposta da metodologia de ensino. Embora nesta pesquisa não objetivamos discutir o currículo do curso, refletiremos esta questão sob dois aspectos. O primeiro remete ao perfil do professor que ministrou a disciplina Física III. Esse professor é bacharel e licenciado em Física e dedicou uma parte de sua carreira acadêmica ao Ensino de Física. O perfil acadêmico do professor indica que ele faz parte do círculo esotérico de um coletivo de pensamento que, de acordo com Fleck (2010), é determinado por uma coerção do estado do saber e da cultura, ou seja, por um estilo de pensamento. Esse estilo de pensamento "não é uma peculiaridade individual, mas de um grupo: baseia-se em certa educação e treinamento e em certa tradição histórica definida" (Fleck, 1986d, p. 84, tradução nossa).

Dessa maneira, as práticas de ensino do professor são influenciadas pelas percepções de ensino que o direcionam e o fazem perceber o ensino, usando elementos conceituais, metodológicos e epistemológicos que são adotados pelo seu coletivo de pensamento.

O segundo ponto trata-se da reflexão curricular do curso de Física, visto que qualquer sistema fechado em consonância a um estilo de pensamento apresenta resistência a qualquer tipo de inovação, ou seja, o estilo de pensamento dominante, que determina as compreensões do coletivo de pensamento, persistirá contra a qualquer contradição (Fleck, 2010).

Logo, um primeiro passo para discutir sobre as questões da estrutura curricular do curso e às tendências das práticas pedagógicas dos professores, é identificar os elementos que constituem o estilo de pensamento dominante do curso. Dessa maneira, a abertura para uma reavaliação do currículo do curso dependeria de uma circulação intercoletiva pensamento, proporcionada pelos membros dos coletivos de pensamento pertencentes ao estilo de pensamento dominante e os membros do coletivo de pensamento que preconiza a reavaliação do currículo.

Entretanto, para uma abordagem ausubeliana de proposta curricular, os princípios diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, que visam a não fragmentação de temas que transitam em mais de uma disciplina de um curso de graduação, devem ser levados em consideração. Além disso, aspectos da organização sequencial das disciplinas, da consolidação e os organizadores prévios devem ser tratados como núcleos centrais na estrutura de um curso, pois assim, podemos aumentar a disponibilidade de subsunçores necessários para uma aprendizagem significativa, minimizando os anseios dos acadêmicos quanto a carência conceitual.

5.4.4 Interação com os colegas em Física III

Constituída por duas codificações focalizadas:

1. "Motivação, Percepção e apreciação do aluno no Contexto da Disciplina" e
2. "Lembrança e apreciação das conexões com colegas e diálogos em sala", essa categoria trata, especialmente, da socialização do pensamento e da sua contribuição para a aprendizagem em uma perspectiva motivadora.

Na ótica da epistemologia de Ludwik Fleck (2010), a dinâmica de circulação do pensamento delineia um complexo processo no qual as ideias, os conceitos e os saberes, são habilmente disseminados e compartilhados no âmago de uma comunidade científica. Fleck atestou que a cognição científica transcende o âmbito individual, sofrendo notável influência das interações sociais e culturais entre os membros dessa comunidade. Este fenômeno implica numa incessante troca de ideias, contribuindo de forma inequívoca para a construção coletiva de conceitos e para o exercício de uma influência recíproca entre os cientistas.

Fleck destacou, de modo proeminente, a importância intrínseca dos coletivos de pensamento na moldagem das perspectivas individuais e no avanço evolutivo do conhecimento científico. Nesse contexto, a circulação de pensamento emerge como um elemento vital na consecução de um estilo de pensamento e na coerção didática de conceitos específicos, evidenciando a necessidade intrínseca de compartilhamento e colaboração no seio da prática científica.

Desse modo, podemos dizer que as discussões coletivas sobre os conteúdos, por sua vez, contribuem para minimizar os obstáculos que sobressaíram nas falas dos alunos durante as entrevistas. Tais como as dificuldades na aplicação dos conceitos na resolução de problemas, a apropriação desafiadora de determinadas ideias e até mesmo as complicações encontradas na redação das fichas de leitura. Nesse contexto, compreendemos que a interação e colaboração tornam-se peças-chave para desvelar os difíceis aspectos da aprendizagem e fomentar um entendimento coletivo mais claro.

Desse modo, as ideias da circulação do pensamento, apresentadas por Ludwik Fleck, ao nosso ver, podem ser relacionadas com os aspectos de motivação para aprender de David Ausubel. Afinal, Fleck destaca a circulação de pensamento como um elemento fundamental na construção coletiva de conceitos e na evolução do conhecimento científico. Essa influência mútua entre os membros de uma comunidade científica, ressalta a importância das interações sociais e culturais na formação das perspectivas individuais.

Por sua vez, na TAS, notamos a importância da relevância e da conexão com o conhecimento prévio do aluno para que a aprendizagem seja significativa. Ele argumenta que o novo conhecimento deve ser relacionado de maneira significativa com o que o aluno já conhece para que a aprendizagem seja mais duradoura. Nesse sentido, entendemos que a interação e a discussão ativa no contexto da sala de aula desempenham um papel crucial. As discussões contribuem para a clarificação de conceitos, promovem a reflexão, estimulam a assimilação do conhecimento e ajudam a manutenção dos conceitos pelos alunos.

Por fim, salientamos que, em relação às práticas tradicionais de ensino, que exercem uma autoridade entre professor e aluno, surge uma dinâmica de elite e multidão, com confiança de um lado e dependência do outro. Já entre indivíduos com aptidões intelectuais similares, como entre os alunos, desenvolve-se uma união de pensamentos, criando uma atmosfera compartilhada que facilita a compreensão mútua.

Além disso, de acordo com os relatos dos participantes da pesquisa, nas aulas que o professor se propõe a dialogar com os alunos, essa ideia da circulação de pensamento também é fortalecida. Isso não apenas possibilita que o aluno se sinta pertencente ao mesmo coletivo de pensamento, mas também promove uma atmosfera colaborativa e participativa no ambiente de aprendizagem.

Esse senso de companheirismo, presente no intercâmbio de ideias, fortalece os padrões de pensamento, favorecendo a coesão e a adaptação ao estilo. Além disso, esse movimento, que denominamos aqui como Interação Motivadora em Física III, foi proporcionada tanto pelo professor quanto pelo pesquisador, conforme relatado pelos alunos, visto que, a discussão colaborativa dos textos possibilitou que os alunos percebessem a relevância do conteúdo para a compreensão do conceito de eletromagnetismo.

5.4.5 Construção do pensamento científico

Na sala de aula, os alunos puderam deparar-se com as complexidades da História da Física, o que pode ter proporcionado um olhar aos complexos pilares que sustentam a produção científica. Conscientes de que essa construção não é realizada de modo solitário, mas sim permeada por influências externas, os estudantes constituíram suas próprias perspectivas e assim, a partir da fala deles e dos códigos iniciais, constituímos os cinco códigos focalizados nesta categoria.

Os códigos focalizados "Reconhecer o conhecimento como uma construção que se desenvolve de maneira não linear"; “O desenvolvimento do pensamento científico por meio das atividades da história do eletromagnetismo” e "A HF contribui para a formação dos cientistas",

reforçam o entendimento, de que na constituição do conhecimento existe a figura do coletivo de pensamento - um elemento vital na epistemologia científica. Esse coletivo de pensamento, que representa uma fatia da comunidade científica, unida por ideias e teorias compartilhadas, foi observado pelos estudantes durante as discussões das obras originais.

Nesse contexto, a HF tornou-se um portal para compreender o coletivo de pensamento como a expressão compartilhada de saberes, moldada pelas condições históricas e sociais de um determinado período. Além disso, os diferentes textos trabalhados em sala de aula mostraram que o a teoria eletromagnética não foi elaborada por pesquisadores solitários, munidos de um corpo conceitual inquestionável, cuja vida fosse dedicada exclusivamente para a produção científica. Pelo contrário, os alunos identificaram que todo o processo do desenvolvimento de um pensamento científico envolve uma colaboração gradual e coletiva entre os cientistas.

Perceberam que, mesmo diante de um único objeto de pesquisa, no nosso caso a interação eletromagnética, os diferentes cientistas construíam múltiplos entendimentos a respeito desse objeto de investigação. Nesse mosaico diversificado, cada grupo escolheu uma trilha particular para percorrer. Contudo, à medida que os grupos consolidavam seus pensamentos, surgiam os acoplamentos ativos, resultantes da ação direta sobre o eletromagnetismo. Assim, os alunos perceberam que a diversidade de perspectivas se entrelaçava, no campo do eletromagnetismo, e que a verdade podia ser tecida de diferentes maneiras, cada uma contribuindo para a compreensão do fenômeno.

A HF também ofereceu uma compreensão profunda da Ciência como uma atividade intelectual humana, enfatizando a influência dos fatores econômicos, políticos e sociais em seu desenvolvimento, visto especialmente, nos códigos focalizados "Percepção da Ciência como uma atividade intelectual humana" e "Compreensão dos Fatores econômicos, políticos e sociais no desenvolvimento das Ciências".

Lembramos que Fleck (2010) destacou que o pensamento científico é moldado por fatores sociais e culturais, e essa visão transcende a linearidade típica da aprendizagem. Desse modo, ao adotar a perspectiva de Ludwik Fleck (2010), que reconhece o conhecimento como uma construção não linear, torna-se evidente que HF desempenha um papel relevante na formação dos profissionais que trabalham com esta ciência.

No contexto da disciplina, foi possível perceber, pelas falas dos alunos, que eles compreenderam que a construção científica é um movimento análogo como trilhar uma estrada de mão dupla, pois à medida que o conhecimento se modifica, as realidades sociais e culturais

também são alteradas, destacando que a produção científica não somente é influenciada, mas também influenciada por uma sociedade.

Destacamos também, que para fazer parte de um grupo consolidado de pensamento, um iniciante precisa passar por um processo de introdução didática, que pode ser visto como uma espécie de orientação. Ludwik Fleck (2010) destacou que, na educação, podemos usar a História das Ciências para organizar o conteúdo, já que os conhecimentos antigos são menos abstratos e mais fáceis de entender. Foi nessa perspectiva que procuramos organizar o material potencialmente significativo para trabalhar com a História da Física e, consequentemente, contribuir com a aprendizagem sobre o conceito da interação eletromagnética em Física III.

Descrever integralmente a história de uma área do conhecimento é uma tarefa árdua, senão impossível, devido à profusão de vertentes nas elaborações e desenvolvimentos de ideias. Muitas vezes, essas correntes intricadas se entrelaçam, exercendo influências mútuas, tornando a narrativa complexa e multifacetada. Na disciplina de Física III, foram selecionados textos originais que o coletivo de pensamento composto pelo pesquisador e professor considerava adequados, em termos de conteúdo, estética e linguagem, para a compreensão da interação eletromagnética. No entanto, é importante salientar que existiam outras possibilidades para apresentar como o conceito do eletromagnetismo foi constituído, por meio de diferentes textos, que poderiam igualmente ser considerados valiosos.

Todavia, percebemos por meio do código focalizado "Textos históricos sobre experimentos instigam a curiosidade e admiração aos cientistas" que tais textos não apenas auxiliaram os alunos na formação do conceito em foco, mas também possibilitaram que os acadêmicos constituíssem o conceito de produção científica. Tal processo não apenas os motivou, mas também intensificou a admiração dos alunos pelos próprios cientistas que perpassaram como autores originais de cada texto.

É relevante assinalar que, neste contexto, a exposição a textos históricos que narram experimentos, não apenas instiga a curiosidade sobre os cientistas, mas também os leva a admirar o processo de desenvolvimento da Ciência. Revela-se notável, a partir da análise delineada nesta categoria, que acadêmicos ou cientistas em início de carreira, integrados a um específico coletivo de pensamento, ao internalizar esses elementos durante o desenvolvimento de seu estilo cognitivo, tornam-se capacitados a discernir a complexidade do conhecimento científico.

Esse processo os habilita a contextualizar suas descobertas em um cenário mais abrangente e a compreender os conceitos por eles utilizados, já estabelecidos em determinada área, entrelaçando suas contribuições e/ou compreensões a partir da trama histórica da Ciência.

5.4.6 Perfil e Perspectiva Docente

A última categoria nos direcionou à compreensão, a partir dos códigos focalizados, que não apenas delinearam o perfil dos participantes da pesquisa que nos concederam as entrevistas, mas também destacam os elementos que nos permitiram examinar suas perspectivas sobre as oportunidades de incorporar a História da Física na prática docente. Sob essa ótica, os códigos focalizados, "Formação Acadêmica e Profissional", "Têm experiência como docente", "Não atuou como docente", "Inserção da História da Física na prática docente" e "Inserção da História da Física na prática Docente de forma estratégica, contextualizada e de acordo com a BNCC apesar das dificuldades", foram analisados à luz de nossos referenciais.

Iniciamos nossa discussão retomando que, relacionado à integração de um iniciante a um estilo de pensamento, dois conceitos importantes na ideia de Fleck (2010) se fazem necessários: círculo esotérico e o círculo exotérico.

Relembramos que um coletivo de pensamento é composto de vários desses círculos, e que uma pessoa pode pertencer a mais de um coletivo de pensamento, ora na esfera dos círculos exotéricos e ora na camada dos círculos esotéricos. Consequentemente, entendemos que os acadêmicos, embora fizessem a mesma disciplina, já inicialmente não pertenciam ao mesmo coletivo de pensamento, visto que alguns estavam cursando a licenciatura e outros o bacharelado em Física.

Todavia, apesar dos acadêmicos pertencerem a grupos distintos de coletivos de pensamentos, ou seja, pertenciam a dois diferentes estilos de pensamento, eles tinham uma intersecção em comum. No momento da entrevista essa constatação ficou ainda mais evidenciada, uma vez que de todos os participantes, somente um deles não havia realizado ou estava realizando uma pós-graduação *stricto sensu*. Os alunos que cursaram a licenciatura deram sequência aos estudos em programas de pós-graduação na área do Ensino, enquanto os acadêmicos do bacharelado foram para os cursos de pós-graduação em Física Teórica ou Física Aplicada.

Desse modo, embora os bacharelandos não tivessem realizado uma licenciatura em Física, todos eles, exceto o que não fez/faz um mestrado, não tinha experiência docente. Isso implicou diretamente nas compreensões dos bacharelandos, que seguiram carreira acadêmica, sobre os modos que inseriram ou poderiam inserir a HF no ensino desta ciência. Sob a questão,

temos que o estilo de pensamento que permeia as falas dos nossos participantes cogita o aspecto fundamental da contextualização histórica em suas aulas de Física, como estratégia pedagógica, principalmente na introdução dos assuntos. Essa constatação foi aferida a partir das falas dos acadêmicos, e agora professores, que integram a História da Física em suas práticas enquanto docentes.

Percebemos que os pensamentos dos participantes desta pesquisa relacionam-se com as ideias de Fleck (2010), pois percebem a relevância da HF no exercício do ensino, visto que, na construção do conhecimento, não podemos simplificar o processo de aprendizado apenas como uma relação entre quem aprende e o que é aprendido. O estado do conhecimento é influenciado por um terceiro elemento na relação, as relações sociais que moldaram a interação entre quem aprende e o conteúdo.

Portanto, ao introduzir a História da Física na prática de ensino, estamos reconhecendo que o conhecimento científico é moldado por interações sociais ao longo da história, enriquecendo assim a compreensão dos conceitos físicos. Esse estilo de pensamento é reforçado, embora explicitado os desafios e dificuldades enfrentadas por eles em relação a carga horária destinada para a Física no Ensino Médio.

5.5. Memorando da codificação focalizada

O propósito desta pesquisa consiste em desenvolver uma teoria analítica embasada nas experiências cotidianas da sala de aula, incorporando um elemento externo - a história do eletromagnetismo - cujos dados são gerados pelos agentes dos processos de ensino e aprendizagem, ou seja, pelos alunos e pelo professor da disciplina. As etapas da Teoria Fundamentada Construtivista foram meticulosamente planejadas e executadas, desde a elaboração dos instrumentos para a produção de dados até a escrita dos memorandos, as codificações iniciais, a codificação focalizada, a elaboração das categorias - codificação teórica - e a busca por novos dados a partir da amostragem teórica.

Na fase inicial de codificação das entrevistas, foram gerados quatrocentos e noventa e seis códigos que representaram nossa compreensão das falas dos seis alunos entrevistados. A questão 8 do questionário proporcionou a criação de dezoito codificações iniciais a partir das impressões dos alunos que responderam ao teste final, enquanto a análise dos relatórios de leitura definiu trinta e três códigos iniciais a partir do campo "minhas conclusões".

Após a organização dos *códigos iniciais*, a leitura cuidadosa e a reflexão sobre cada termo, procedemos à construção dos *códigos focalizados*. Durante essa fase da análise,

revisitamos as entrevistas para observar e comparar os códigos iniciais atribuídos a cada participante, posteriormente imprimindo nossa compreensão aos códigos que compartilhavam significados semelhantes e àqueles que indicavam relevância específica. Ao finalizar a leitura dos códigos iniciais, elaboramos os primeiros códigos focalizados.

A escrita dos códigos focalizados ocorreu em três estágios. Inicialmente, os códigos iniciais foram separados e associados a cada questão que compunha a entrevista, a questão oito do questionário e os relatórios de leitura. Em seguida, agrupamos os códigos iniciais conforme a similaridade de seus significados, criando um código que representasse essa categoria de códigos iniciais. Finalmente, adotamos o mesmo procedimento que usamos na geração dos códigos iniciais que apresentavam maior relevância.

No passo seguinte, verificamos as similaridades entre os códigos focalizados e os agrupamos de acordo. A seguir, encontramos um código que representasse os grupos dos códigos focalizados. Realizada essa etapa, agrupamos os códigos iniciais de acordo com seus respectivos códigos focalizados, pois, a partir de uma nova análise, geramos os *códigos teóricos*, que *denominamos categorias*.

Todo esse processo exige muitas idas e vindas às fontes dos dados brutos - as entrevistas, os questionários e os relatórios de leituras - e o retorno aos códigos iniciais, para certificar que nenhuma informação será omitida no corpo dos códigos analisados.

Com os códigos focalizados elaborados, procedemos às comparações entre os itens das entrevistas, a questão oito do questionário e os relatórios de leitura. Essa comparação nos proporcionou a elaboração das categorias, que constituíram os pilares da teoria substantiva.

Ressalta-se que os procedimentos analíticos da TF Construtivista denotam um alto nível de subjetividade do pesquisador. Charmaz (2009) reconhece que a ação do pesquisador no processo de elaboração dos códigos iniciais não deve ficar fixada às categorias pré-existentes, mas sim permitir que o pesquisador construa todas as etapas de sua teoria fundamentada a partir dos processos emergentes da construção e análise dos dados.

No caso específico desta pesquisa, o pesquisador conduziu todo o processo sem auxílio de qualquer categoria pré-estabelecida. Contudo, ao nos aproximarmos dos dados, ficou evidente que o referencial epistemológico e a teoria de aprendizagem que embasaram a pesquisa orientaram o pesquisador em todo o processo de codificação, categorização e escrita da teoria fundamentada substantiva.

Quanto à elaboração dos memorandos, registrar os momentos de cada entrevista permitiu ao pesquisador se aproximar das falas de cada entrevistado. As revisões das

transcrições e das gravações foram fundamentais para a elaboração dos dados iniciais. Esse movimento, registrado pelo pesquisador, compôs uma parte da amostragem teórica, uma vez que, ao encerrar o processo de criação das codificações focalizadas, o pesquisador revisitou cada memorando das seis entrevistas. Esses memorandos estão disponíveis no Apêndice E.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante toda pesquisa, as duas questões orientadoras de nosso trabalho foram: 1) Os conceitos da epistemologia de Ludwik Fleck possibilitam a compreensão da gênese da teoria eletromagnética clássica como uma atividade produzida por um coletivo de cientistas? 2)Quais são as contribuições de um material estruturado conforme os princípios dos organizadores avançados, à luz da História da Física, para o processo de compreensão conceitual sobre a interação eletromagnética, voltado para acadêmicos de Física na disciplina de Física III?

Chegamos, assim, ao objetivo desta pesquisa, que consiste em analisar a integração da História da Física com os elementos da teoria eletromagnética clássica, durante a condução da disciplina Física III em um curso de Física, utilizando a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Essa análise fundamentou-se em um curso de Física III estruturado pela TAS, textos históricos, questionários, experimentos, discussão em grupo entre outros.

Desde a concepção inicial do projeto de pesquisa, tínhamos como proposta desenvolver categorias com base na epistemologia de Fleck para analisar os dados provenientes dos questionários, dos relatórios de leituras e das entrevistas. Essa abordagem foi planejada em consonância com a visão do pesquisador sobre a correlação existente entre a História das Ciências e a sua compreensão sob a perspectiva de uma Epistemologia das Ciências. Dessa forma, utilizamos epistemologia fleckiana como subsídio para a construção e a interpretação do episódio da origem da teoria eletromagnética clássica.

Ao acessar materiais referentes ao experimento de Ørsted e, por conseguinte, examinar sua repercussão no meio científico europeu, optamos por investigar os pressupostos teóricos, metodológicos e sociais que fundamentavam os estilos de pensamentos de cientistas como o próprio Ørsted, François Arago, Jean-Baptist Biot, Félix Savart, Ampère, Faraday e Maxwell. Com a identificação desses estilos de pensamentos, elaboramos categorias para associá-las aos dados produzidos pelos alunos.

Durante esta pesquisa, identificamos vestígios, mas não os analisamos, de que os desdobramentos do resultado experimental apresentado por Ørsted foram compreendidos por pelo menos quatro estilos de pensamento. O primeiro é representado pelas interpretações do próprio Ørsted, que explicou o fenômeno a partir da presença de dois vórtex ao redor do fio, originados por dois tipos de corrente elétrica. O segundo, proposto pela eletrodinâmica de Ampère, interpreta o experimento considerando uma interação direta entre a corrente elétrica do fio e uma microcorrente elétrica no interior do ímã. O terceiro, de Biot e Savart, envolve o torque magnético exercido pelas forças magnéticas provenientes das moléculas magnéticas do

imã e das moléculas magnéticas que se formam no fio pela passagem da corrente elétrica. Por fim, o quarto é representado pela explicação de Faraday baseadas nas linhas de força.

Assumimos que o fenômeno da deflexão da agulha magnética observado por Ørsted pôde ser interpretado por outros estilos de pensamentos, além dos quatros citados. De qualquer maneira, novas investigações podem gerar explicações para as características de cada estilo de pensamento e a dinâmica da circulação intercoletiva e intracoletiva de pensamento referente ao experimento citado.

A perspectiva científica, alinhada à abordagem teórica de aprendizagem adotada pelo professor, possibilitou a seleção dos materiais de natureza histórica utilizados como organizadores avançados. Destacamos que o acesso aos textos e a função didática atribuída a cada um deles foram orientados pelo estilo de pensamento, em consonância com o coletivo de pensadores ao qual o pesquisador pertence.

Ao analisar os dados, observamos que a intervenção do pesquisador não apenas possibilitou aos alunos a formação de subsunçores para relacioná-los ao material potencialmente significativo apresentado pelo professor, mas também evidenciou que as atividades sobre a história do eletromagnetismo permitiram aos estudantes compreender elementos que integram a construção do pensamento científico.

Diante desse contexto, empreendemos a busca por um referencial de análise que viabilizasse a correlação entre a proposta de aprendizagem planejada com o professor e a nossa concepção de ciência. Optamos por ancorar nossa investigação nas bases da pesquisa qualitativa, selecionando a Teoria Fundamentada Construtivista como suporte teórico. Esta escolha nos forneceu elementos para construção de uma teoria que envolvesse os pressupostos da TAS e da epistemologia de Fleck.

A abordagem Construtivista da Teoria Fundamentada nos permitiu, por meio de uma análise abrangente, gerar as codificações inicial e focalizada. Essas condições direcionaram-nos para as categorias

1. “Material potencialmente significativo: potencialidades e limitações”,
2. “As complexidades das expressões matemáticas: questões e reflexões”,
3. “Estudo fragmentado: um estudo sobre o currículo”;
4. “Interação motivadora no Ensino de Física”,
5. “Construção do pensamento científico” e
6. “Perfil e perspectiva docente”.

A partir destas categorias, delineamos a nossa teoria fundamentada sobre a integração da HF na disciplina Física III.

O planejamento e andamento da disciplina Física III demandou harmonia entre o professor, o pesquisador, o material elaborado pelo professor, os organizadores avançados - definido pelos textos escolhidos pelo pesquisador -, os momentos de diálogo e a predisposição dos alunos para aprenderem. Desse modo, foi possível identificar, a partir dos dados emergentes da pesquisa, que as atividades desenvolvidas com os textos constituíram os organizadores avançados, de acordo com a proposta didática planejada para essas atividades.

No entanto, de acordo com os dados procedentes da pesquisa, para os alunos que não conseguiram atingir as motivações cognitivas necessárias, com o propósito de se relacionar com as atividades de natureza histórica sobre as interações eletromagnéticas no andamento da disciplina Física III, a estratégia de ensino não proporcionou um significado lógico.

Para os alunos envolvidos no processo de aprendizagem, a integração da história da gênese do eletromagnetismo à disciplina Física III proporcionou momentos de interação entre os colegas e o pesquisador. Isso possibilitou a discussão de aspectos conceituais de um fenômeno físico que, conforme nossos dados, algumas vezes é apresentado predominantemente por meio da linguagem matemática. Além disso, a aproximação dos alunos ao problema de origem do eletromagnetismo favoreceu a ressignificação de algumas concepções sobre a construção do pensamento científico. Em particular, a ideia de que a ciência é instituída por cientistas que trabalham isoladamente, sem comunicação e sem encontrar obstáculos, tanto pessoais quanto profissionais, ao longo de um estudo sobre o objeto investigado, foi questionada e transformada.

A participação ativa e a receptividade dos alunos do curso de Bacharelado em Física em relação às atividades propostas nesta pesquisa permitiram identificar que, mesmo integrados a um coletivo de pensamentos, em que a linguagem matemática prevalece no cerne do ensino, esses alunos mostraram disposição para refletir sobre sua formação acadêmica. Essa reflexão ocorreu a partir da perspectiva relaciona à concepção da construção do pensamento abordado e discutido em uma disciplina do núcleo da Física Básica.

Com base nos dados provenientes das falas dos acadêmicos, se apontou alguns elementos no currículo do curso de Física que demandam uma reconsideração, tanto na reestruturação da oferta das disciplinas quanto na formulação da metodologia de ensino. Embora esta pesquisa não tenha como objetivo principal a discussão aprofundada do currículo

do curso, abordamos em nossas análises os dois aspectos que foram enfatizados nas falas dos alunos sobre essa temática.

O primeiro sugere que o perfil acadêmico do professor, juntamente com seu envolvimento na pesquisa, contribuiu com duas variáveis fundamentais. A partir delas, foi possível integrar a HF no ensino de Física III, permitindo que o aluno desenvolvesse predisposição para aprender de forma significativa as unidades de ensino planejadas para a disciplina. O segundo apontamento aborda a reflexão curricular do curso de Física sob ótica dos acadêmicos.

Quanto à natureza da aprendizagem significativa, a análise dos três instrumentos empregados para coletar os dados sugere que os textos possibilitaram a alguns alunos a associação do conteúdo ministrado pelo professor aos conceitos presentes nos artigos que discutiram os fenômenos da interação eletromagnética. As evidências encontradas nas respostas aos problemas dos questionários e nos relatórios de leitura indicam que a estratégia adotada propiciou a manifestação de traços de aprendizagem significativa aos alunos.

No contexto amplo da pesquisa, a utilização da abordagem da Teoria Fundamentada Construtivista possibilitou a integração dos dados gerados por nossos instrumentos com os postulados da TAS, tratando a concepção de Ciência não como uma atividade pronta e finita, mas intrinsecamente suscetível às influências históricas e sociais que a envolvem. A redação dos memorandos desempenhou um papel crucial nos processos de codificação e na elaboração de análises das seis categorias.

Nesse cenário, reiteramos o potencial da integração da História da Física na construção do conceito específico da interação eletromagnética e na elucidação do processo de desenvolvimento do pensamento científico. Ademais, nas falas dos alunos evidenciou-se que a proposta da pesquisa oportunizou ao acadêmico a conhecer melhor sua futura profissão, reconhecer-se como um sujeito ativo de sua aprendizagem e construir pontes sociais que transcenderam os limites invisíveis de uma disciplina.

Na perspectiva apresentada, compreendermos que a HF pode ser integrada em uma disciplina do núcleo da Física básica, abrangendo não apenas estudantes de licenciatura, mas também os acadêmicos do bacharelado. Essa integração decorre da função didática atribuída ao material composto pelos elementos da HF. Para atingir esse propósito, é necessário conhecer as bases conceituais da teoria de aprendizagem adotada, assegurando assim a consecução dos objetivos de ensino.

Ao examinarmos as falas do professor da disciplina, dos alunos que exercem a atividade docente e dos alunos que pretendem ingressar na carreira docente, notamos um ponto relevante relacionado ao tempo empregado para integrar os elementos da HF ao conteúdo de uma disciplina específica da Física.

Em nossa investigação, foram reservados sete encontros de duas horas para realizarmos as atividades de leitura, os debates e para aplicar os testes, dentro da carga horária da disciplina. Decidimos realizar as leituras dos textos em sala com os alunos, dado que o projeto piloto indicou que os alunos não realizaram as leituras fora do contexto da aula, o que acarretou um aumento da carga horária destinada as atividades. Contudo, ao adotarmos um referencial de aprendizagem, para destinar a função didática do material histórico no âmbito da disciplina, é possível ajustar a carga horária de modo que as atividades destinadas a HF fiquem alinhadas aos objetivos de ensino.

Salientamos que, a partir dos nossos resultados, encontramos evidências de que a leitura dos textos aproximou os alunos do conteúdo da disciplina. Contudo, as observações dos alunos ressaltaram que o momento de debate e socialização das ideias sobre os temas de cada texto foram fundamentais para a compreensão dos artigos.

Com base em nossos resultados, apresentamos a nossa teoria fundamentada substantiva, que é a tese deste trabalho: *a integração da HF em uma disciplina central da Física Básica transcende a esfera meramente cognitiva, não se restringindo apenas aos aspectos relacionados à assimilação dos conceitos. Essa integração propicia ao estudante a oportunidade de compreender as práticas científicas sob uma perspectiva mais abrangente do que aquela oferecida pelos manuais ou pelas disciplinas tradicionais. Além disso, possibilita a compreensão dos trajetos percorridos pelos cientistas ao longo de suas investigações, aproximando-o da dinâmica envolvida na formulação de soluções para problemas originais.*

No entanto, destacamos que a atividade docente não escapa às premissas relacionadas à organização do material de ensino, e a abordagem com o aluno é influenciada pelo estilo de pensamento do professor. Desse modo, o pensamento do docente provavelmente moldará a compreensão científica adquirida pelo aluno.

Ao final, compreendemos que toda atividade científica está sujeita à influência de um estilo de pensamento, compartilhado por um coletivo de pensamento. Esta pesquisa envolveu as premissas de três teorias de naturezas distintas, que oportunizaram o desenvolvimento deste trabalho.

Dessa forma, encerramos essa jornada com a seguinte proposição: um fato não é simplesmente concebido por algo fixo e objetivo; o acesso ao fato envolve uma construção incessante, partindo dos aspectos cognitivos, históricos e sociais, os quais são definidos por um estilo de pensamento. Compreendemos, portanto, que as pesquisas em Educação para a Ciência possam prosseguir apoiadas às premissas que envolvam a investigação dos objetos à luz de referenciais, permitindo a integração dos aspectos lógicos, cognitivos, históricos e sociais à subjetividade do pesquisador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, P. C. C. A metodologia de JC Maxwell e o desenvolvimento da teoria eletro-magnética. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 58–75, 1988. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/10075/9300. Acesso em: 10 fev. 2024.

ALENCAR, R. de M.; SILVA, S. Y. A. da. A utilização da história da ciência como instrumento facilitador para o aprendizado da física clássica no ensino básico. **Temporalidades**, v. 10, n. 1, p. 159–171, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/temporalidades/article/view/6062. Acesso em: 8 fev. 2024.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education** , v. 13, n. 3, p. 179–195, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1023/B:SCED.0000025563.35883.e9. Acesso em: 4 mar. 2023.

ALLCHIN, D. Scientific myth-conceptions. **Science Education** , v. 87, n. 3, p. 329–351, 2003. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.10055. Acesso em: 5 fev. 2024.

ALLEN, L. A Critique of Four Grounded Theory Texts. **The Qualitative Report** , v. 15, n. 6, p. 1606–1620, 2010. Disponível em: https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol15/iss6/16.

ALMEIDA, L. M. werle de; BORSSOI, A. H.; SILVA, K. A. P. da. Teoria Fundamentada em Dados: uma metodologia para pesquisas em Modelagem Matemática. **Perspectivas da Educação Matemática** , v. 8, n. 18, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/908. Acesso em: 21 jan. 2024.

ARRUDA, S. de M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 11, n. 2, p. 88–99, 1994. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165586. Acesso em: 25 fev. 2023.

ASSIS, A. K. T. Interações na física – ação à distância versus ação por contato. *In*: SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 87–102.

ASSIS, A. K. T. Sobre os corpos flutuantes-tradução comentada de um texto de Arquimedes. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência** , v. 16, p. 69–80, 1996.

ATAIDE, M. C. E. S.; SILVA, B. V. da C. AS METODOLOGIAS DE ENSINO DE CIÊNCIAS: CONTRIBUIÇÕES DA EXPERIMENTAÇÃO E DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA. **HOLOS** , v. 4, p. 171–181, 2011. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/620. Acesso em: 8 fev. 2024.

AUSUBEL, D. P. A Subsumption Theory of Meaningful Verbal Learning and Retention. **The Journal of General Psychology** , v. 66, n. 2, p. 213–224, 1962. Disponível em: https://doi.org/10.1080/00221309.1962.9711837. Acesso em: 20 fev. 2023.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. : Lisboa, 2003. v. 1

AUSUBEL, D. P. Facilitating meaningful verbal learning in the classroom. **The Arithmetic Teacher** , v. 15, n. 2, p. 126–132, 1968. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/41187349. Acesso em: 20 fev. 2023.

AUSUBEL, D. P. In Defense of Advance Organizers: A Reply to the Critics. **Review of Educational Research** , v. 48, n. 2, p. 251–257, 1978. Disponível em: https://doi.org/10.3102/00346543048002251. Acesso em: 24 fev. 2023.

AUSUBEL, D. P. The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. **Journal of Educational Psychology** , v. 51, n. 5, p. 267–272, 1960. Disponível em: http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/h0046669. Acesso em: 20 fev. 2023.

AUSUBEL, D. P.; FITZGERALD, D. Organizer, general background, and antecedent learning variables in sequential verbal learning. **Journal of Educational Psychology**, US, v. 53, p. 243–249, 1962.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. : Interamericana, 1980.

AZEVEDO, R. L. Uso de Organizadores Prévios na Aprendizagem Significativa do Eletromagnetismo / Using Previous Organizers Meaningful Learning in the Electromagnetism. **Acta Scientiae** , v. 15, n. 2, p. 304–320, 2013. Disponível em: http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/379. Acesso em: 23 fev. 2023.

BARNES, B. R.; CLAWSON, E. U. Do Advance Organizers Facilitate Learning? Recommendations for Further Research Based on an Analysis of 32 Studies. **Review of Educational Research** , v. 45, n. 4, p. 637–659, 1975. Disponível em: https://doi.org/10.3102/00346543045004637. Acesso em: 20 fev. 2023.

BERTOLDI, A. Alfabetização científica *versus* letramento científico: um problema de denominação ou uma diferença conceitual? **Revista Brasileira de Educação** , v. 25, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/j/rbedu/a/zWmkbLPy9cwKRh9pvFfryJb/?lang=pt&format=html. Acesso em: 25 fev. 2023.

BORSSOI, A. H.; ALMEIDA, L. M. W. de. Percepções sobre o uso da Tecnologia para a Aprendizagem Significativa de alunos envolvidos com Atividades de Modelagem Matemática. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias** , v. 10, n. 2, p. 36–45, 2015. Disponível em: //reiec.unicen.edu.ar/reiec/article/view/191. Acesso em: 21 jan. 2024.

BOSS, S. L. B. *et al.* A UTILIZAÇÃO DE TRADUÇÕES DE FONTES PRIMÁRIAS NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: BREVES CONSIDERAÇÕES SOBRE DIFICULDADES DE LEITURA E ENTENDIMENTO. *In*: GATTI, S. R. T.; NARDI, R. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências - A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula.** São Paulo: Editora Escrituras, 2016. p. 171–197.

BOSS, S. *et al.* HISTÓRIA DA CIÊNCIA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: O CONCEITO DE CARGA ELÉTRICA HISTORY OF SCIENCE AND MEANINGFUL LEARNING: THE ELECTRIC CHARGE CONCEPT. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba-PR** , 2008.

BOSS, S. L. B. **Tradução Comentada de Artigos de Stephen Gray (1666-1736) e Reprodução de Experimentos Históricos com Materiais Acessíveis - subsídios para o ensino de eletricidade.** 2011. 350 f. - UNESP - Universidade Estadual Paulista - Campus de Bauru, Bauru - SP, 2011.

BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 29, p. 635–644, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/j/rbef/a/tQd3xw3LbccVxYdZx9Mtyjd/?lang=pt. Acesso em: 2 mar. 2023.

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. HISTÓRIA DA CIÊNCIA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: O EXPERIMENTO DE COULOMB. *In*: BASTOS, F. **Ensino de ciências e matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

BRASIL, M. da Educaçao. F. U. F. de M. G. do S. **Anexo da Resolução nº 27, Cograd.** [*S. l.: s. n.*], 2018.

BRASIL, M. da Educaçao. C. N. de E. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular**. [*S. l.: s. n.*], 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/. Acesso em: 2 fev. 2024.

BUENO, M. C. F.; PACCA, J. Combinando a leitura de originais da ciência com outras atividades para construir o conhecimento na sala de aula. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS** , v. 7, 2009.

CASTIBLANCO ABRIL, O. L.; NARDI, R. **Didática da Física**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014. Disponível em: https://www.culturaacademica.com.br/catalogo/didatica-da-fisica/. Acesso em: 4 fev. 2024.

CHAIB, J.; ASSIS, A. K. T. **Eletrodinâmica de Ampère**. Campinas: UNICAMP, 2011.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 29, p. 41–51, 2007a. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/vG43rxQYKR8rNfSPmYJ3bGJ/. Acesso em: 8 fev. 2024.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Motor de Ampère :elementos para um ensino crítico da Física. *In*: SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas.** São Carlos: Tipografia, 2013. p. 55–70.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Sobre os efeitos das correntes elétricas–Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência** , v. 5, n. 1, p. 85–102, 2007b.

CHARMAZ, K. **A Construção da Teoria Fundamentada: Guia Prático para Análise Qualitativa**. 1ª ediçãoed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

CHARMAZ, K. **Constructing grounded theory**. 2. eded. : SAGE Publications, 2014. (Introducing qualitative methods). Disponível em: http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=1928784A4649A492B5F5C1F20B75FEED. Acesso em: 17 jan. 2024.

CHARMAZ, K. **Grounded theory: objectivist and constructivist methods**. Thousand Oaks, Calif.: Sage, 2000.

CLEMENT, L.; DUARTE, D. A.; FISSMER, S. F. Concepções Espontâneas em Física: Calouros de um Curso de Licenciatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia** , v. 3, n. 2, 2010. Disponível em: https://revistas.utfpr.edu.br/rbect/article/view/704. Acesso em: 25 fev. 2023.

COMTE, A. **Discurso sobre o Espírito Positivo**. : Montecristo Editora Ltda., 2022.

CONDÉ, M. L. L. Paradigma versus estilo de pensamento na história da ciência. **Ciência, História e Teoria. Belo Horizonte: Argvmentvm** , 2005.

CORBIN, J.; STRAUSS, A. **Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory**. : SAGE Publications, 2014.

CORREA, A. S. Interacionismo simbólico: raizes, críticas e perspectivas atuais. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais** , v. 9, n. 17, p. 176–200, 2017. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6737540. Acesso em: 22 jul. 2025.

COSTA, M. da; BATISTA, I. de L. Abordagem histórico-didática para o ensino da Teoria Eletrofraca utilizando simulações computacionais de experimentos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 37, n. 1, p. 242–262, 2020. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8086212. Acesso em: 23 fev. 2023.

COSTA, M.; BATISTA, I. de L. Noções de alunos do Ensino Médio a respeito da estrutura da matéria: investigação de uma abordagem histórico-didática para o ensino de Física de Partículas. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias** , v. 12, n. 2, p. 1–23, 2017. Disponível em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-66662017000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 24 fev. 2023.

CRESWELL, J. W. **Investigação Qualitativa E Projeto De Pesquisa**. Porto Alegre: Penso Editora, 2014. Disponível em: https://www.sbs.com.br/produto/investigacao-qualitativa-e-projeto-de-pesquisa.html. Acesso em: 28 fev. 2023.

DANTAS, C. de C. *et al.* Grounded theory - conceptual and operational aspects: a method possible to be applied in nursing research. **Revista Latino-Americana de Enfermagem** , v. 17, p. 573–579, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rlae/a/JgPLBk4WD8bFVGSjwQnkHqC/?lang=en&format=html. Acesso em: 9 jan. 2024.

DASTON, L. The History of Science and the History of Knowledge. **KNOW: A Journal on the Formation of Knowledge** , v. 1, n. 1, p. 131–154, 2017. Disponível em: https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/691678. Acesso em: 19 fev. 2023.

DELIZOICOV, D. *et al.* Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial Fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , p. 52–69, 2002. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10054. Acesso em: 6 fev. 2024.

DIAS, A. C. G.; BARLETTE, V. E.; MARTINS, C. A. G. A OPINIÃO DE ALUNOS SOBRE AS AULAS DE ELETRICIDADE: UMA REFLEXÃO SOBRE FATORES INTERVENIENTES NA APRENDIZAGEM. **Experiências em Ensino de Ciências** , v. 4, n. 1, p. 102–113, 2009. Disponível em: https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/306. Acesso em: 8 fev. 2024.

DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education** , v. 11, n. 5, p. 481–490, 1989. Disponível em: https://doi.org/10.1080/0950069890110501. Acesso em: 25 fev. 2023.

ENGELMANN, A. A psicologia da gestalt e a ciência empírica contemporânea. **Psicologia: teoria e pesquisa** , v. 18, p. 1–16, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ptp/a/XSh64nGNFPWSrfbBMXvLp7t/?lang=pt. Acesso em: 19 fev. 2024.

FARADAY, M. **Pesquisas experimentais em eletricidade**DOI:10.5007/2175-7941.2011v28n1p152. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 28, n. 1, p. 152–204, 2011. Disponível em: http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/19778. Acesso em: 2 mar. 2023.

FEHR, J. Fleck, sua vida, sua obra. *In*: CONDÉ, M. L. L. **Ludwik Fleck: Estilos de Pensamento na Ciência**. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012. p. 35–50.

FLECK, L. Crisis in Science [1960]. *In*: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. (org.). **Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1986g. (Boston Studies in the Philosophy of Science). p. 153–158. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4498-5_8. Acesso em: 9 jan. 2023.

FLECK, L. **Genese E Desenvolvimento De Um Fato Cientifico**. Belo Horizonte: Febrafactum, 2010. v. 1 Disponível em: https://www.amazon.com.br/Genese-Desenvolvimento-Um-Fato-Cientifico/dp/8563299069. Acesso em: 4 mar. 2023.

FLECK, L. **Genesis and Development of a Scientific Fact.** Chicago: University of Chicago, 1979.

FLECK, L. On the crisis of 'reality'[1929]. *In*: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. (org.). **Knowledge. Critical Concepts**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1986b. v. 5.

FLECK, L. Problems of the Science of Science [1946]. *In*: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. (org.). **Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck**. Dordrecht: Springer Netherlands,

1986e. (Boston Studies in the Philosophy of Science). p. 113–127. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4498-5_6. Acesso em: 4 mar. 2023.

FLECK, L. Scientific observation and perception in general [1935]. *In*: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. **Cognition and fact: materials on Ludwik Fleck**. : D. Reidel Boston, 1986c. p. 59–78.

FLECK, L. Some specific features of the medical way of thinking [1927]. **Cognition and fact: materials on Ludwik Fleck** , p. 39–46, 1986a.

FLECK, L. The Problem of Epistemology [1936]. *In*: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. (org.). **Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1986d. (Boston Studies in the Philosophy of Science). p. 79–112. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4498-5_5. Acesso em: 4 mar. 2023.

FLECK, L. To Look, to See, to Know [1947]. *In*: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. (org.). **Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1986f. (Boston Studies in the Philosophy of Science). p. 129–151. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4498-5_7. Acesso em: 4 mar. 2023.

GARDELLI, D. Antecedentes históricos ao surgimento do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 35, n. 1, p. 118–137, 2018. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6584452. Acesso em: 19 fev. 2024.

GATTI, S. R. T. [UNESP; NARDI, R. [UNESP; SILVA, D. da. História da ciência no ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. , 2010. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/134423. Acesso em: 7 fev. 2024.

GIACOMELLI, A. C.; ROSA, C. T. W. da. Significados construídos por acadêmicos de licenciatura em Física durante a execução de experimentos de pensamento históricos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)** , v. 23, 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/j/epec/a/bwchYP9LxJMhjp4JP6hXGRN/. Acesso em: 24 fev. 2023.

GIL, A. C. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 1ªed. São Paulo: Atlas, 2021. v. 1

GIMENIZ, S. R.; RODRÍGUES DA SILVA, M. A história da Ciência nos livros didáticos de Biologia do ensino médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia** , v. 3, n. 2, p. 59–78, 2010. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6170773. Acesso em: 4 mar. 2023.

GIRARDON-PERLINI, N. M. O.; SIMON, B. S.; LACERDA, M. R. Teoria Fundamentada nos Dados: aspectos metodológicos em teses da enfermagem brasileira. **Revista Brasileira de Enfermagem** , v. 73, p. e20190274, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/reben/a/V9StvDXmpbXMbtLjCwpYTjm/?lang=pt. Acesso em: 21 jan. 2024.

GLASER, B. G. Constructivist Grounded Theory?. **Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research** , v. 3, n. 3, 2002. Disponível em: https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/825. Acesso em: 11 jan. 2024.

GLASER, B. G. **Emergence Vs Forcing: Basics of Grounded Theory Analysis**. : Sociology Press, 1992.

GLASER, B. G.; HOLTON, J. Remodeling Grounded Theory. **Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research** , v. 5, n. 2, 2004. Disponível em: https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/607. Acesso em: 11 jan. 2024.

GLASER, B. G.; STRAUSS, A. L. **The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research**. London New York: Routledge, 2017a.

GLASER, B. G.; STRAUSS, A. L. **The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research**. London New York: Routledge, 2017b.

GOBARA, S. T. *et al.* Estratégias para Utilizar o Programa Prometeus na Alteração das Concepções em Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 24, p. 134–145, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/j/rbef/a/gh7VpwRvrjWFZBbGS4bbzrv/abstract/?lang=pt. Acesso em: 25 fev. 2023.

GOBARA, S. T.; ERROBIDART, N. C.; LIMA, R. da F. Textos originais traduzidos como recursos para a contextualização histórica no ensino de ciências: o caso da velocidade de propagação do som. *In*: CARNEIRO, MARCELO CARBONE; CALUZI, J. J.; ROTHBERG, D. **História e Filosofia das ciências e ensino de ciências II**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014. p. 107–128.

GOMES, I. M. *et al.* Teoria fundamentada nos dados na enfermagem: revisão integrativa. **Revista de Enfermagem UFPE online** , v. 9, n. 1, p. 466–474, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistaenfermagem/article/view/10360. Acesso em: 21 jan. 2024.

GONZALES, E. G.; ROSA, P. R. da S. Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da Educação de Jovens e Adultos. **Investigações em Ensino de Ciências** , v. 19, n. 2, p. 477–504, 2014. Disponível em: https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/91/0. Acesso em: 7 fev. 2024.

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudancas nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. , 1994. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/116895. Acesso em: 25 fev. 2023.

GRECA, I. M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** , v. 2, n. 1, 2002. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4152. Acesso em: 28 fev. 2023.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. B. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 21, n. 2, p. 224–248, 2004.

HALLBERG, L. R.-M. The "core category" of grounded theory: Making constant comparisons. **International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being** , v. 1, n. 3, p. 141–148, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1080/17482620600858399. Acesso em: 3 jan. 2024.

HALLIDAY, D.; RESNIK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física-Vol. 3-Eletromagnetismo. **Rio de Janeiro: Editora LTC** , v. 3, n. 10, 2016.

HAUKSBEE, F. **Physico-mechanical Experiments on Various Subjects**. : J. Senex, 1719.

HEATH, H.; COWLEY, S. Developing a grounded theory approach: a comparison of Glaser and Strauss. **International Journal of Nursing Studies** , v. 41, n. 2, p. 141–150, 2004. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020748903001135. Acesso em: 3 jan. 2024.

HEIDRICH, D. N.; DELIZOICOV, D. Fleck e a construção do conhecimento sobre Diabetes Mellitus e insulina: contribuições para o ensino. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** , v. 9, n. 2, 2009. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4001. Acesso em: 6 fev. 2024.

HEWSON, P. W.; HEWSON, M. G. The status of students' conceptions. **Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies** , p. 59–73, 1992.

HOLTON, J. The Coding Process and Its Challenges. **The Grounded Theory Review** , v. 9, p. 21–40, 2010.

HUNTER, A. *et al.* Navigating the grounded theory terrain. Part 1. **Nurse Researcher** , v. 18, n. 4, p. 6–10, 2011. Disponível em: http://rcnpublishing.com/doi/abs/10.7748/nr2011.07.18.4.6.c8636. Acesso em: 9 jan. 2024.

JORGE, L.; PEDUZZI, L. O. Q. NO DISCURSAR DO EDUCAR, UM HISTÓRICO-(DES)FILOSOFAR DA ARTECIÊNCIA: É POR AÍ QUE VAMOS COMEÇAR. **Experiências em Ensino de Ciências** , v. 16, n. 2, p. 323–345, 2021. Disponível em: https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/928. Acesso em: 21 jan. 2024.

KENNY, M.; FOURIE, R. Contrasting Classic, Straussian, and Constructivist Grounded Theory: Methodological and Philosophical Conflicts. **The Qualitative Report** , 2015. Disponível em: https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol20/iss8/9/. Acesso em: 2 jan. 2024.

KHAN, S. Qualitative Research Method: Grounded Theory. **International Journal of Business and Management** , v. 9, n. 11, p. p224, 2014. Disponível em: https://ccsenet.org/journal/index.php/ijbm/article/view/39643. Acesso em: 3 jan. 2024.

KRÜTZMANN, F. L.; ALVES, D. K. C.; SILVA, C. C. D. Os impactos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no trabalho de professores de Ciências dos anos finais do Ensino Fundamental. **Ciência & Educação (Bauru)** , v. 29, p. e23015, 2023. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132023000100215&tlng=pt. Acesso em: 21 jan. 2024.

KUHN, T. S. A Estrutura das Revoluções Científicas. , v. São Paulo, n. 12, 2013.

LAWTON, J. T.; WANSKA, S. K. Advance Organizers as a Teaching Strategy: A Reply to Barnes and Clawson. **Review of Educational Research** , v. 47, n. 2, p. 233–244, 1977. Disponível em: https://doi.org/10.3102/00346543047002233. Acesso em: 20 fev. 2023.

LEBOEUF, H. A.; BATISTA, I. de L. O USO DO "V" DE GOWIN NA FORMAÇÃO DOCENTE EM CIÊNCIAS PARA OS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **Investigações em Ensino de Ciências** , v. 18, n. 3, p. 697–721, 2013. Disponível em: https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/121. Acesso em: 4 mar. 2023.

LEITE, F. Raciocínio e procedimentos da Grounded Theory Construtivista. **Questões Transversais** , v. 3, n. 6, 2015. Disponível em: https://revistas.unisinos.br/index.php/questoes/article/view/11310. Acesso em: 3 jan. 2024.

LICIO, J. G.; SILVA, C. C. O que Richard Feynman tem a nos ensinar sobre natureza da ciência?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 37, n. 1, p. 146–172, 2020. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8086208. Acesso em: 23 fev. 2023.

LIMA, N. W. *et al.* Um Estudo Metalinguístico sobre as Interpretações do Fóton nos Livros Didáticos de Física Aprovados no PNLDEM 2015: Elementos para uma Sociologia Simétrica da Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** , p. 331–364, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4719. Acesso em: 4 mar. 2023.

LIMA JUNIOR, E. B. *et al.* ANÁLISE DOCUMENTAL COMO PERCURSO METODOLÓGICO NA PESQUISA QUALITATIVA. **Cadernos da FUCAMP** , v. 20, n. 44, 2021. Disponível em: https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2356. Acesso em: 28 fev. 2023.

LOREIAN, I.; DARROZ, L. M.; ROSA, C. T. W. da. Organizadores prévios no processo de ensino de Física: o que dizem os periódicos da área. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas** , v. 16, n. 37, p. 210–223, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/7690. Acesso em: 24 fev. 2023.

LORENZETTI, L.; MUENCHEN, C.; SLONGO, I. I. P. A crescente presença da epistemologia de Ludwik Fleck na pesquisa em educação em ciências no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia** , v. 11, n. 1, 2018. Disponível em: https://revistas.utfpr.edu.br/rbect/article/view/6041. Acesso em: 6 fev. 2024.

LOURENÇO, I. M. M. H. **A história da física no ensino da física: A evolução da descoberta do electromagnetismo na história e no ensino da física**. 2008. 218 f. - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008. Disponível em: https://run.unl.pt/handle/10362/1940. Acesso em: 23 fev. 2023.

LÖWY, I. Fleck em seu tempo, Fleck em nosso tempo: Gênese e desenvolvimento de um pensamento. *In*: CONDÉ, M. L. L. **Ludwik Fleck: Estilos de pensamento na Ciência**. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012. p. 11–34.

LÖWY, I. Ludwik Fleck e a presente história das ciências. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos** , v. 1, p. 7–18, 1994.

MAGOGA, T. F.; MUENCHEN, C. A abordagem temática na educação em ciências: a caracterização de um estilo de pensamento. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia** , v. 11, n. 2, p. 131–157, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2018v11n2p131. Acesso em: 25 fev. 2023.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 9ªed. São Paulo: Atlas, 2021. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597026580/epubcfi/6/36[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml16]!/4/252/2. Acesso em: 28 fev. 2023.

MARQUES, G. D. Q. **Aprendizagem baseada em problemas na formação inicial de professores de ciências: uma análise a partir da teoria fundamentada nos dados**. 2022. 259 f. Tese - Universidade Estadual do Oeste do Paraná/ UNIOESTE, Cascavel, PR, 2022.

MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. Contribuições da história da ciência no ensino de ciências: alternativa de inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio. **Enseñanza de las ciencias** , n. Extra, p. 1–4, 2005. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp71conhis.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

MARTINS, A. F. P. A Obra Aberta de Ludwik Fleck. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** , p. 1197–1226, 2020a. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/20523. Acesso em: 7 jan. 2023.

MARTINS, R. Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. **Acta Scientiarum** , v. 21, n. 1, p. 823–835, 1999.

MARTINS, R. de A. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 1- Física clássica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 15, n. 3, p. 243–264, 1998a. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6886. Acesso em: 18 fev. 2023.

MARTINS, R. de A. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2 - Física moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 15, n. 3, p. 265–300, 1998b. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6887. Acesso em: 8 fev. 2024.

MARTINS, R. de A. Como não escrever sobre história da física: um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 23, n. 1, p. 113–129, 2001. Disponível em: https://www.academia.edu/1084194/Como_n%C3%A3o_escrever_sobre_hist%C3%B3ria_da

_f%C3%ADsica_um_manifesto_historiogr%C3%A1fico_MARTINS_Roberto_de_Andrade. Acesso em: 18 fev. 2023.

MARTINS, R. de A. Física e História. **Ciência e Cultura** , v. 57, n. 3, p. 25–29, 2005. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0009-67252005000300015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 18 fev. 2023.

MARTINS, L. A.-C. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação** , v. 11, n. 02, p. 305–317, 2005. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-73132005000200011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 fev. 2024.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 24, n. 1, p. 112–131, 2007. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056. Acesso em: 4 mar. 2023.

MARTINS, R. de A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência** , n. 10, p. 89–114, 1986.

MARTINS, A. F. P. Terraplanismo, Ludwik Fleck e o mito de Prometeu. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 37, n. 3, p. 1193–1216, 2020b.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 12, n. 3, p. 164–214, 1995. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084. Acesso em: 4 mar. 2023.

MELO, M. S. de; SILVA, R. R. da. A Teoria Fundamentada de Dados como proposta metodológica: contribuições para pesquisas na Educação Profissional e Tecnológica. **Editora Nova Paideia - Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa** , p. 285–306, 2022. Disponível em: https://ojs.novapaideia.org/index.php/editoranovapaideia/article/view/249. Acesso em: 12 jan. 2024.

MENEZES, A. P. S. *et al.* A História da Física contada em vídeos de curta duração: TIC como organizador prévio no Ensino de Física na Amazônia. **Revista Iberoamericana de Educación** , v. 50, n. 6, p. 1–11, 2009. Disponível em: https://rieoei.org/RIE/article/view/1945. Acesso em: 23 fev. 2023.

MIZRAHY, E. Ludwik Fleck: pesquisador e prisioneiro. **Arquivo Maaravi: Revista Digital de Estudos Judaicos da UFMG** , v. 6, n. 10, p. 19–44, 2012. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/maaravi/article/view/14122. Acesso em: 5 fev. 2024.

MÓL, G. de S. Pesquisa qualitativa em ensino de química. **Revista Pesquisa Qualitativa** , v. 5, n. 9, p. 495–513, 2017. Disponível em: https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/140. Acesso em: 28 fev. 2023.

MORAIS, A.; GUERRA, A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 35, p. 01–09, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/w6tJKQgQh7PY6wGTxQ8hGjw/. Acesso em: 8 fev. 2024.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 43, 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/. Acesso em: 25 fev. 2023.

MOREIRA, M. A. **Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino de Física - Marco Antonio Moreira - Traça Livraria e Sebo**. , 1983. Disponível em: https://www.traca.com.br/livro/316830/. Acesso em: 25 fev. 2023.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. de O. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da Lei de Ampère, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 25, p. 317–325, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/rgb99D4rtLgnHM99JrXZWFH/?lang=pt. Acesso em: 8 fev. 2024.

MORSE, J. M. *et al.* The Challenges to and future (s) of Grounded Theory. *In*: MORSE, J. M. *et al.* **Developing Grounded Theory. The Second Generation Revisite**. 2. ed. New York: Routledge, 2021. p. 289–320.

MORTIMER, E. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. **Investigações em Ensino de Ciências** , v. 1, 1996.

MOURA, B. A. **A filosofia natural de Benjamin Franklin: traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz**. : Editora UFABC, 2019. Disponível em: https://books.scielo.org/id/6qjv9. Acesso em: 25 jan. 2024.

NARDI, R. Memórias do Ensino de Ciências no Brasil: a constituição da área segundo pesquisadores brasileiros, origens e avanços da pós-graduação. **Revista do Imea** , v. 2, n. 2, p. 13–46, 2014. Disponível em: https://revistas.unila.edu.br/IMEA-UNILA/article/view/341. Acesso em: 23 fev. 2023.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceituai e ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)** , v. 6, p. 115–144, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/j/epec/a/M3YCG49X3CWZkqLn9WWx3dJ/abstract/?lang=pt. Acesso em: 25 fev. 2023.

NASCIMENTO, J. E. do. **Temáticas ambientais na universidade e seus agentes na formação de professores.** 2022. 201 f. Tese - Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Unioeste, Cascavel, PR, 2022. Disponível em: https://tede.unioeste.br/handle/tede/6583. Acesso em: 21 jan. 2024.

NOGUEIRA, F. S. **Ludwik Fleck e o Círculo de Viena: História, Ciência e Linguagem**. : Editora Appris, 2021.

NOUSIAINEN, M.; KOPONEN, I. T. Pre-Service Physics Teachers' Content Knowledge of Electric and Magnetic Field Concepts: Conceptual Facets and Their Balance. **European Journal of Science and Mathematics Education** , v. 5, n. 1, p. 74–90, 2017. Disponível em: https://eric.ed.gov/?id=EJ1129986. Acesso em: 8 fev. 2024.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Eletromagnetismo (vol. 3)**. : Editora Blucher, 2015.

OHLES, F. *et al.* **Biographical Dictionary of Modern American Educators**. : Greenwood Publishing Group, 1997.

PALMA, L. C. R. *et al.* Um levantamento de teses e dissertações de um programa de pós-graduação sobre a aproximação da história da ciência e o ensino de ciências. **ACTIO: Docência em Ciências** , v. 2, n. 1, p. 401–419, 2017. Disponível em: https://revistas.utfpr.edu.br/actio/article/view/6788. Acesso em: 8 fev. 2024.

PANTOJA, G. C. F.; MOREIRA, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas em indução eletromagnética: um estudo sobre a conceitualização de estudantes de nível superior. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 38, n. 3, p. 1420–1452, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/75550. Acesso em: 8 fev. 2024.

PARREIRAS, M. M. M. **Ludwik Fleck e a historiografia da ciência: diagnóstico de um estilo de pensamento segundo as ciênciasda vida.** 2006. Dissertação - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da UFMG, Belo Horizonte, 2006.

PEDUZZI, L.; NICOLODELLI TENFEN, D.; CORDEIRO, M. Aspectos da Natureza da Ciência em animações potencialmente significativas sobre a História da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 29, p. 758–786, 2012.

PEREIRA, N. V. *et al.* História da física: uma proposta de ensino a partir da evolução de suas ideias. **Research, Society and Development** , v. 4, n. 4, p. 251–269, 2017. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/93. Acesso em: 23 fev. 2023.

PEREIRA, L. S. L.; RUPPENTHAL, R.; MARZARI, M. R. Análise da inclusão de um licenciando com deficiência visual em estágio supervisionado, à luz dos princípios da Teoria Fundamentada de Dados. **Benjamin Constant** , v. 28, n. 65, p. 1-18 e286509, 2022. Disponível em: https://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/881. Acesso em: 21 jan. 2024.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento Físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 19, n. 1, p. 93–114, 2002. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165616. Acesso em: 11 fev. 2024.

POSNER, Ge. J. *et al.* Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science education** , v. 66, n. 2, p. 211–227, 1982.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A. A revisionist theory of conceptual change. **Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice** , p. 147, 1992.

PRIGOL, E. L.; BEHRENS, M. A. Teoria Fundamentada: metodologia aplicada na pesquisa em educação. **Educação & Realidade** , v. 44, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/j/edreal/a/rDDFsHvBCQyWKpthzPjMGzk/abstract/?lang=pt. Acesso em: 28 fev. 2023.

PUGLIESE, R. M. A história da física e a física escolar: incoerências entre a ciência e o ensino. | Khronos. **Khronos** , v. 4, p. 32–44, 2017. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/khronos/article/view/133607. Acesso em: 4 mar. 2023.

QUEIRÓS, W. P. de [UNESP; NARDI, R. [UNESP; DELIZOICOV, D. A produção técnico-científica de James Precott Joule: uma leitura a partir da epistemologia de Ludwig Fleck. **Investigações em Ensino de Ciências** , p. 99–116, 2014. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/135423. Acesso em: 6 fev. 2024.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F.; FERRAZ, G. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 31, p. 1402.1-1402.8, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/DgWWHWhhSvFvpysyvf78MVd/?lang=pt&format=html. Acesso em: 5 fev. 2024.

RIBEIRO, R. M. L.; MARTINS, I. O potencial das narrativas como recurso para o ensino de ciências: uma análise em livros didáticos de Física. **Ciência & Educação (Bauru)** , v. 13, p. 293–309, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/j/ciedu/a/GbJXhWmsB5gRcBgSBVs6wJH/?lang=pt. Acesso em: 4 mar. 2023.

RITTER, D. *et al.* Percepções de professores de Matemática sobre as aulas remotas: uma análise à luz da teoria fundamentada nos dados. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática** , v. 12, n. 3, p. 1–19, 2021. Disponível em: https://revistaposhmg.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2965. Acesso em: 21 jan. 2024.

RODRIGUES JUNIOR, E. *et al.* Implicações didáticas de história da ciência no ensino de Física: uma revisão de literatura através da análise textual discursiva. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 32, n. 3, p. 769–808, 2015. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5280655. Acesso em: 8 fev. 2024.

ROLLER, D.; ROLLER, D. H. D. CASE 8. The Development of the Concept of Electric Charge Electricity from the Greeks to Coulomb. *In*: CASE 8. THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF ELECTRIC CHARGE ELECTRICITY FROM THE GREEKS TO COULOMB. Cambridge - Massachusetts: Harvard University Press, 1957. p. 543–639. Disponível em: https://www.degruyter.com/document/doi/10.4159/harvard.9780674598713.c5/html. Acesso em: 3 fev. 2023.

ROSA, P. R. da S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino**. Campo Grande: Editora da UFMS, 2015. Disponível em: https://editora.ufms.br/produto/uma-introducao-pesquisa-qualitativa-em-ensino/. Acesso em: 28 fev. 2023.

SANTOS, J. L. G. dos *et al.* Análise de dados: comparação entre as diferentes perspectivas metodológicas da Teoria Fundamentada nos Dados. **Revista da Escola de Enfermagem da USP** , v. 52, p. e03303, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/reeusp/a/6kdkNZjdfNf7f5kT5vkmhsj/?lang=pt. Acesso em: 2 jan. 2024.

SANTOS, M. E. M.; SILVA, E. L. Aspectos sócio-históricos relativos à Eletricidade e Pilha: Contribuições para a Formação de Professores. **Scientia Plena** , v. 11, n. 6, 2015. Disponível em: https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/2535. Acesso em: 12 fev. 2024.

SCHÄFER, L.; SCHNELLE, T. Fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck. *In*: GÊNESE E DESENVOLVIMENTO DE UM FATO CIENTÍFICO. Belo Horizonte: Editora: Fabrefactum, 2010. p. 9–42.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação** , v. 11, n. 02, p. 223–233, 2005. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-73132005000200006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 6 fev. 2024.

SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. P. S. Recursos Didáticos e História e Filosofia da Ciência em sala de aula: uma análise em periódicos de ensino nacionais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** , v. 14, n. 3, p. 061–077, 2014. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4293. Acesso em: 8 fev. 2024.

SCHMITZ, G. L.; RITTER, D.; SILVA, C. C. da. A Importância da matemática no ensino de química: uma análise a partir da Teoria Fundamentada nos Dados: The importance of math in teaching chemistry: an analysis based in Grounded Theory. **Revista Cocar** , v. 17, n. 35, 2022. Disponível em: https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/5331. Acesso em: 21 jan. 2024.

SCHNELLE, T. Microbiology and Philosophy of Science, LwÓw and the German Holocaust: Stations of a Life — Ludwik Fleck 1896–1961. *In*: COHEN, R. S.; SCHNELLE, T. (org.). **Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1986. (Boston Studies in the Philosophy of Science). p. 3–36. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4498-5_1. Acesso em: 9 jan. 2023.

SED/MS. **ResoluçãoSED Nº 4.270 DE 24/01/2024**. , 2024. Disponível em: http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/sed/legased.nsf/db43d98dcb91798304256e600057d8ff/7a7778bd72fc1e5a04258abb0070ca0d?OpenDocument. Acesso em: 12 fev. 2024.

SILVA, B. V. da C. History and philosophy of science in teachers' training courses: a study in UFPI physics course. **Revista Ciências&Ideias** , v. 5, p. 39, 2014.

SILVA, B. G. D.; ANTONOVICK, J. O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES NO LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA. **Revista Educar Mais** , n. 1, 2016. Disponível em: https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/500. Acesso em: 4 mar. 2023.

SILVA, C. C. da; KALHIL, J. B. A aprendizagem de genética à luz da Teoria Fundamentada: um ensaio preliminar. **Ciência & Educação (Bauru)** , v. 23, p. 125–140, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/kq5jc47qxJhtwjXD3Tb6xSq/?lang=pt. Acesso em: 12 jan. 2024.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 25, n. 1, p. 141–159, 2008. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165974. Acesso em: 4 mar. 2023.

SILVA, W. L. da; SILVA FILHO, W. V. da; PADILHA, I. T. Revisão de literatura com foco em história e filosofia da ciência: a contribuição do Caderno Brasileiro de Ensino de Física entre 2010 e 2020. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação** , v. 7, n. 12, p. 2675–3375, 2021. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/3494. Acesso em: 16 mar. 2023.

SOARES, M. R. *et al.* As pesquisas acadêmicas sobre modelagem matemática na educação matemática (de 1979 a 2015): compreensões das áreas de educação e ensino da CAPES. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia** , v. 14, n. 1, p. 139–163, 2021. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8076158. Acesso em: 21 jan. 2024.

SOUZA FILHO, M. P. *et al.* Demonstração didática da interação entre correntes elétricas. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 29, p. 605–612, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/Bg8fBvHpSvpFhvzNcfXmLfS/?lang=pt. Acesso em: 5 fev. 2024.

SOUZA FILHO, M. P. de; CALUZI, J. J. Sobre as experiências relativas à imantação do ferro e do aço pela ação da corrente voltaica: uma tradução comentada do artigo escrito por François Arago. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 31, p. 1603.1-1603.12, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/w6CgmXh3r95PLRTcMTZQm8b/?lang=pt. Acesso em: 19 fev. 2024.

SOUZA FILHO, M. P. de; CALUZI, J. J.; BOSS, S. L. B. A descoberta do fenômeno da indução de correntes elétricas em metais: uma tradução comentada de dois comunicados feitos por françois arago à Academia de Ciências de Paris. *In*: CARNEIRO, MARCELO CARBONE; CALUZI, J. J.; ROTHBERG, D. **História e filosofia das Ciências e o Ensino de Ciências II.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014. v. 3, p. 129–146.

SOUZA, B. A. de; MARTINS, A. F. P. Um panorama da epistemologia de Ludwik Fleck em periódicos brasileiros da área de pesquisa em ensino de ciências. **Revista Insignare Scientia - RIS** , v. 4, n. 6, p. 84–105, 2021. Disponível em: https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12368. Acesso em: 6 fev. 2024.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa Qualitativa: Técnicas e Procedimentos para o Desenvolvimento de Teoria Fundamentada**. Tradução: Luciane de Oliveira da Rocha. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions. **Science & Education** , v. 21, n. 6, p. 771–796, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11191-009-9217-3. Acesso em: 5 fev. 2024.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros, v. 1: mecânica, oscilações e ondas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009a. v. 1

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros. Vol. 2: eletricidade e magnetismo, óptica .** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009b. v. 2

TORT, A. C.; CUNHA, A. M.; ASSIS, A. K. Uma traduçao comentada de um texto de Maxwell sobre a açao a distância. **Revista Brasileira de Ensino de Física** , v. 26, p. 273–282, 2004.

TORTOLA, E.; SILVA, K. A. P. D. Sobre Modelos Matemáticos nos Anos Iniciais: das pesquisas às práticas. **Em Teia | Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana** , v. 12, n. 3, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/250564. Acesso em: 21 jan. 2024.

TORTOLA, E.; SILVA, K. A. P. da; DALTO, J. O. Professores em ação: (res)significando o ensino por meio da Modelagem Matemática. **Bolema: Boletim de Educação Matemática** , v. 37, p. 168–193, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bolema/a/Dkfc47JqjTHV8g3QXXDgLwd/?lang=pt. Acesso em: 21 jan. 2024.

TRINDADE, D. S. A. da; VIEIRA, E. I. da T.; CORDOVIL, R. V. Uma proposta de ensino de ciências na amazônia por meio da epistemologia de Ludwik Fleck. **Revista Areté** , 2019. Disponível em: http://repositorioinstitucional.uea.edu.br//handle/riuea/2779. Acesso em: 6 fev. 2024.

VELÁSQUEZ, H. A. R. Efectividad de los organizadores previos para el aprendizaje significativo de la cinemática. **Revista de Investigación Proyección Científica** , v. 3, n. 1, p. 117–131, 2021. Disponível em: https://www.revistacusam.com/index.php/revista/article/view/64. Acesso em: 24 fev. 2023.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação (Bauru)** , v. 18, p. 291–308, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/j/ciedu/a/wDvDPF9X9LjwmnFMqYPRwyP/?lang=pt&format=html. Acesso em: 4 mar. 2023.

VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. **European Journal of Science Education** , v. 1, n. 2, p. 205–221, 1979. Disponível em: https://doi.org/10.1080/0140528790010209. Acesso em: 25 fev. 2023.

VILAS BOAS, A. *et al.* História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** , v. 30, n. 2, p. 287–322, 2013. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165485. Acesso em: 8 fev. 2024.

VILLANI, A.; DIAS, V. S.; VALADARES, J. M. The Development of Science Education Research in Brazil and Contributions from the History and Philosophy of Science. **International Journal of Science Education** , v. 32, n. 7, p. 907–937, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09500690902855711. Acesso em: 23 fev. 2023.

VILLANI, A.; PACCA, J. L. de A. CONSTRUTIVISMO, CONHECIMENTO CIENTÍFICO E HABILIDADE DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS. **Revista da Faculdade de Educação** , v. 23, p. 196–214, 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/j/rfe/a/RFGthchVXyzqVkSsWr3mMNG/abstract/?lang=pt. Acesso em: 25 fev. 2023.

VITAL, A.; GUERRA, A. A IMPLEMENTAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA REFLEXÃO SOBRE AS IMPLICAÇÕES DO COTIDIANO

ESCOLAR. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)** , v. 19, p. e2780, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/epec/a/Sz7pLxFjRLn7bxD8VqgztZd/. Acesso em: 8 fev. 2024.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. 12ª ediçãoed. : Editora Pearson. São Paulo, 2010. v. 3

ZALTA, E. N.; NODELMAN, U. **Author and Citation Information for "Rudolf Carnap"**. , 2023. Disponível em: https://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=carnap. Acesso em: 7 fev. 2024.

ZANETIC, J. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos** , v. 13, p. 55–70, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hcsm/a/JDfShKQ4dxHXV7zWDx85ZcC/?lang=pt&format=html. Acesso em: 25 jan. 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A –RELATÓRIO DE LEITURA DO TEXTO INTERAÇÃO NA FÍSICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Ciências

Campus de Bauru

Texto I – Reflexão sobre o texto: "Interação na Física – Ação à distância versus ação por contato"

Prezado (a) acadêmico (a). Nesta primeira atividade, discutiremos os principais elementos do texto **"Interação na Física – Ação à distância versus ação por contato".** Neste documento encontra-se uma sequência para a elaboração do relatório de leitura. Lembre-se que a conversa entre os demais membros do grupo é importante para poder socializar e estruturar suas ideias. No final da reflexão, os membros do grupo elegerão um representante que organizará, embasado na discussão interna do seu grupo, que socializará as conclusões de cada grupo.

Relatório de leitura

Título do texto:

Data de publicação do texto:

Autor (es):

Qualificação do autor (es):

Procedência do texto:

Assunto ou tema:

Área do conhecimento a que se refere:

Com que áreas da disciplina o texto se relaciona:

Objetivo (s) do texto:

Conceitos básicos:

Questões levantadas pelo autor:

Evidências apontadas:

Fatos levantados:

APÊNDICE B - TERMO CONCETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Ciências

Campus de Bauru

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Nome do participante:_____
Data de nascimento: __/__/___.

Eu, _____,
declaro, para os devidos fins ter sido informado verbalmente e por escrito, de forma suficiente a respeito da pesquisa: **Utilizando a História e Filosofia da Física para elaborar um material potencialmente significativo no ensino de interação eletromagnética.** O projeto de pesquisa será conduzido por **Eliéverson Guerchi Gonzales,** do Programa de Pós-Graduação em **Educação para a Ciência,** orientado pelo Prof. Dr. João José Caluzi**,** pertencente ao quadro docente da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências UNESP, campus de Bauru. Estou ciente de que este material será utilizado para apresentação de: uma Teses, observando os princípios éticos da pesquisa científica e seguindo procedimentos de sigilo e discrição. A pesquisa tem dois objetivos gerais: interpretar a elaboração do pensamento científico no campo do eletromagnetismo de acordo com a perspectiva epistemológica de Ludwik Fleck e elaborar um material potencialmente significativo, compostos por textos que trazem elementos históricos, para serem trabalhados com os acadêmicos do curso de Física que cursam a disciplina de Física III na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**.** Fui esclarecido sobre os propósitos da pesquisa, os procedimentos que serão utilizados e riscos e a garantia do anonimato e de esclarecimentos constantes, além de ter o meu direito assegurado de interromper a minha participação no momento que achar necessário.

Campo Grande, MS, _____de_____de_____.

_____
Assinatura do participante

_____ _____

Eliéverson Guerchi Gonzales
(Doutorando)

João José Caluzi
(Orientador)

APÊNDICE C – ITENS DO QUESTIONÁRIO APLICADO NO FINAL DA DISCIPLINA.

Prezado acadêmico,

Obrigado por responder ao nosso teste. Suas respostas serão de grande ajuda no desenvolvimento de minha pesquisa.

Lembro que o seu nome será guardado em sigilo. Se o espaço destinado para sua resposta não for o suficiente, utilize o verso da folha. Para isso, por favor, identifique a questão que será respondida.

Eliéverson Guerchi Gonzales

1 – Bohr elaborou seu modelo a partir das pesquisas de Rutherford, em que o átomo seria constituído de um núcleo muito pequeno, em volta do qual giravam os elétrons. É um modelo parecido ao sistema planetário. Assim, o sol seria o núcleo, e os planetas seriam os elétrons. De acordo com este modelo e tomando o átomo de hidrogênio, como ocorre a interação entre o elétron que gira em torno do núcleo, que é formado por um próton?

2 - Na Figura 24 (a) [92], há uma bússola embaixo de um fio condutor de eletricidade. A bússola, assim como o fio, está no sentido sul-norte. Na Figura 24 (b), o fio é percorrido por uma corrente elétrica no sentido sul-norte. No entanto, a parte vermelha da bússola está apontando para p oeste. Qual a relação entre a corrente elétrica no fio e a nova posição da agulha da bússola? Justifique sua resposta.

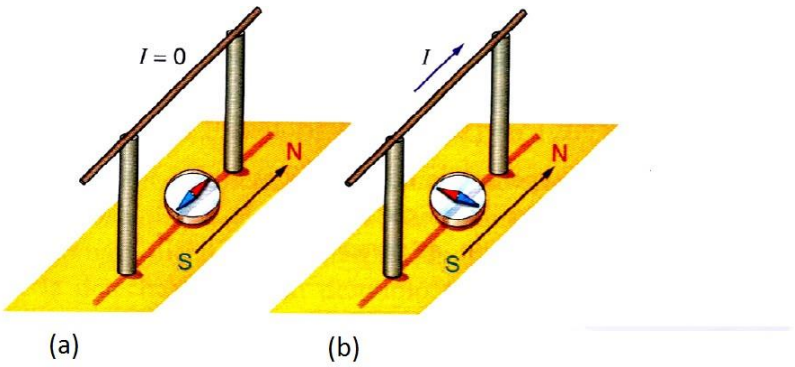


Figura 24 - Circuito elétrico percorrido por uma corrente elétrica. A agulha da bússola está direcionada para o norte, quando a corrente elétrica no fio é nula.

[92] Fonte: http://elfisicoloco.blogspot.com.br/2013/02/experimento-de-oersted.html. Acessado em 10/09/2016.

3 – Na Figura 25(a)[93] há uma corrente elétrica percorrendo o fio no sentindo norte, enquanto a ponta vermelha da bússola aponta para oeste. Já na Figura 25(b), o sentindo da corrente elétrica está para o sul, enquanto a ponta vermelha da bússola está para o oeste. Por que houve esta mudança no sentido do posicionamento da agulha da bússola? Justifique sua resposta.

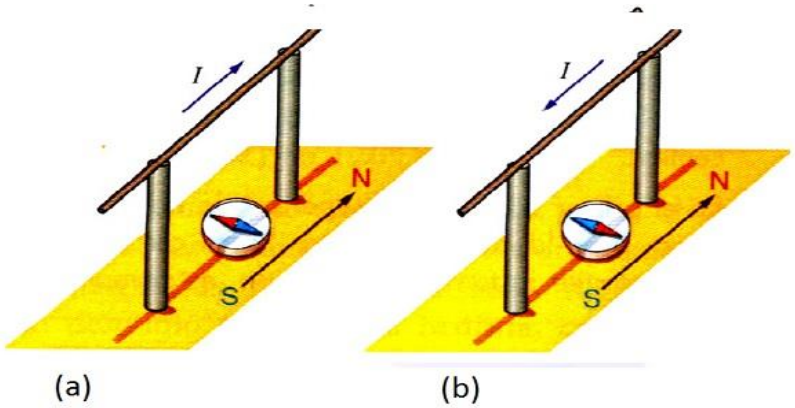
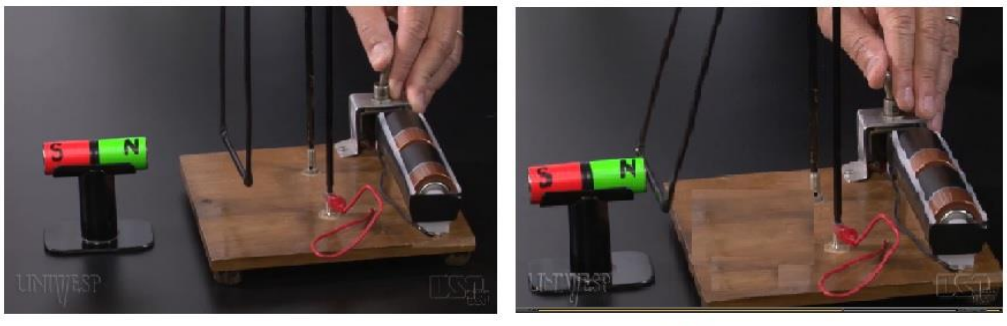


Figura 25 – Na figura (a), o fio é percorrido por uma corrente elétrica que está no sentindo sul para o norte. A ponta vermelha da bússola está direcionada para o oeste. Na figura (b), o fio é percorrido por uma corrente elétrica que está o sentindo norte para o sul. A ponta vermelhal da bússola está direcionada para o leste.

4 – Na Figura 26 (a)[94], o imã permanente está próximo de um quadro móvel feito com vinte voltas de fio de cobre, envolvido com massa epóxi, e conectado a uma fonte de energia elétrica. O quadro permanece em equilíbrio enquanto o circuito estiver aberto. Na Figura 26 (b), com o circuito fechado, o quadro móvel se aproxima do ímã. Por que houve uma mudança da posição do quadro móvel quando comparado a Figura 26 (a) com a Figura 26 (b)? Justifique sua resposta.



[93] Fonte: http://elfisicoloco.blogspot.com.br/2013/02/experimento-de-oersted.html. Acessado em 05/09/2016.

[94] Fonte: Vídeo da e-aulas USP http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=5982. Acessado em 05/09/2016

Figura 26 - Circuito elétrico composto por um quadro móvel feito com vinte voltas de fio de cobre. Próximo ao quadro há um ímã permanente. Na figura (a) o quadro está em equilíbrio. Na figura (b) o quadro se move em direção ao ímã.

5 – Os fios da Figura 27 são percorridos por correntes elétricas i_1 e i_2, respectivamente. Existe algum tipo de interação entre os fios? Justifique sua resposta.

Figura 27 - Fios paralelos percorridos por correntes elétricas em sentido oposto, uma em relação a outra.

6 - Os fios da Figura 28 são percorridos por correntes elétricas i_1 e i_2, respectivamente. Existe algum tipo de interação entre os fios? Justifique sua resposta.

Figura 28 - Fios paralelos percorridos por correntes elétricas no mesmo sentido, uma em relação à outra.

7 – Em um experimento sobre eletromagnetismo, o professor constrói um pêndulo, cuja extremidade há um ímã permanente. No ponto abaixo do ímã, há uma bobina na posição de equilíbrio, confeccionada com fios de cobre, cujas extremidades estão conectadas a duas lâmpadas de LED *(Light Emitting Diode)*, de acordo com a Figura 29 [95](a). Quando o pêndulo é deslocado até uma altura h, em relação à posição de equilíbrio e solto em seguida, o ímã passa a oscilar e não toca a bobina. Com isso, percebe que os LEDs emitem luminosidade, conforme a Figura 29 (b). O que levou as lâmpadas a emitirem brilho? Justifique sua reposta.

[95] Fonte: Vídeo da e-aulas USP. http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=6004. Acessado em 07/09/2016.

Figura 29 – Pêndulo formado com um ímã permanente. Na figura (a) o pêndulo está em posição de equilíbrio próximo a uma bobina conectada a dois LEDs. Na figura (b) o pêndulo oscila. Ao passar próximo da bobina, os LEDs emitem brilho.

8 – Ao longo da disciplina de Física III, você teve contato com alguns textos que abordaram fragmentos da história do eletromagnetismo. Esses textos colaboraram com a sua formação acadêmica? Escreva sobre a escolha da sua resposta.

APÊNDICE D – QUESTÕES NORTEADORAS DAS ENTREVISTAS.

1- Você concluiu o curso de Física? Você fez bacharel ou licenciatura?

2- Fale-me sobre as suas lembranças da disciplina de Física III, ministrada pelo professor XXXXX.

3- Você lembra quais foram os textos sobre a história do eletromagnetismo trabalhados na disciplina?

4- Dos textos que você se recorda, algum te chamou atenção? Fale o que você se recorda do texto.

5- Você acha que os textos colaboraram para o entendimento da disciplina Física III? Se a resposta for positiva, em quais aspectos os textos colaboraram para sua aprendizagem? Se a resposta for negativa, por que não colaborou?

6- Qual é sua opinião sobre a integração das discussões de História da Física, em especial do eletromagnetismo, junto à disciplina Física III?

7- Ao longo da sua graduação, quais foram os outros momentos que você teve contato com a História da Física ou História das Ciências?

8- Você atua como docente? Se a resposta for positiva, faz uso da História das Ciências em suas aulas? Se a resposta for negativa, por que não usa a História das Ciências em suas aulas?

9 - Como você usa a História das Ciências em suas aulas? O que te motivou a usar História das Ciências em suas aulas? Em caso de resposta negativa, por qual motivo você não usa a História das Ciências em suas aulas?

APÊNDICE E – MEMORANDO DA ENTREVISTA REALIZADA COM A1

A acadêmica A1 apresentou que a organização ausubeliana da disciplina não propiciou à acadêmica a compreensão dos empregos dos conceitos em situação de resolução de problemas.

Entendemos que a acadêmica A1 expôs que a História da Física, ofertada no primeiro semestre do curso, não colabora na construção de subsunçores sobre um conceito específico das disciplinas de Física subsequentes, o que nos leva a refletir que a disposição da estrutura curricular do curso pode não favorecer a aprendizagem significativa do acadêmico no âmbito da TAS.

A acadêmica A1 apresentou que a História da Física integrada à disciplina de Física III favoreceu a relação entre os conceitos específicos de uma disciplina com o seu desenvolvimento histórico, o que indica a possibilidade de criação dos conceitos subsunçores.

A partir dessa fala da acadêmica A1, podemos notar que a estrutura curricular do curso de Física poderia integrar, de acordo com as disciplinas do Núcleo Comum de Física Geral e Experimental, com as disciplinas do Núcleo de Formação Pedagógica ou do Núcleo Práticas de Ensino, para o aluno ter uma formação acadêmica menos fragmentada com o objetivo de promover a articulação entre as dimensões práticas e teóricas dos docentes. No curso de licenciatura em Física, onde ocorreu a investigação, Física III compõe as disciplinas do Núcleo Comum de Física Geral e Experimental, enquanto as disciplinas de Instrumentação e Prática de Ensino de Física e Práticas de Ensino de Física estão no Núcleo Práticas de Ensino e disciplinas como Fundamentos da Didática e Psicologia e Educação compõem o Núcleo de Formação Pedagógica (Brasil, M. da Educaçao. F. U. F. de M. G. do S., 2018).

A acadêmica A1 reforçou ao longo de sua fala que a história do eletromagnetismo favoreceu a compreensão dos conceitos de interação eletromagnética e a Lei da Indução de Faraday.

Embora a acadêmica A1 tenha salientado que na parte da avaliação a História do Eletromagnetismo não tenha auxiliado para obtenção de notas na disciplina, visto que para ela os conteúdos dos textos deveriam ser cobrados na avaliação escrita da disciplina, a integração da História do Eletromagnetismo com a disciplina colaborou para o entendimento geral da dos conceitos apresentados pelo professor da disciplina.

Esse posicionamento da acadêmica nos levou a refletir sobre o processo de avaliação, pois aparentemente a aluna não se dedicou mais incisivamente aos estudos dos textos, uma vez que estes não eram cobrados na avaliação escrita da disciplina. Além disso, esse posicionamento da acadêmica nos parece contraditório, visto que em outros momentos ela destacou que a História do Eletromagnetismo favoreceu a compreensão dos conteúdos específicos da disciplina. Logo, entendemos que a acadêmica não reuniu as potencialidades dos conteúdos dos textos com os conceitos específicos cobrados nas avaliações da disciplina, dificultando assim a promoção da Aprendizagem Significativa.

A acadêmica apontou que gostaria de ver a abordagem de outros temas da Física sendo trabalhados nas disciplinas específicas concernente à História da Física. A acadêmica A1 comentou que em suas aulas faz uso da História da Física, mesmo com os desafios inerentes à rotina da prática docente, como a limitação da carga horária da disciplina Física na educação básica.

Dentre as dificuldades encontradas pela participante em usar a História da Física em suas aulas estão a diminuição da carga horária da disciplina Física, conforme publicado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e a falta de conceitos subsunçores para a construção de novos conceitos (Brasil, 2018).

No decorrer da fala da acadêmica A1, notamos que a História da Física foi incorporada em sua prática docente. De acordo com essa participante da pesquisa, os alunos têm uma compreensão do mundo mais completa quando os temas ensinados na educação básica se relacionam com os contextos da época em que foram desenvolvidos e com a conjuntura do mundo atual.

Apesar da dificuldade em trabalhar com a HF em suas aulas, incluindo a carga horária atribuída à Física no Ensino Médio, a participante busca nas aulas das disciplinas que compõe a parte diversifica do currículo do Ensino Médio, discutir a temática da Física contextualizada com a História. Ela destacou que aborda alguns aspectos da História da Física por influência das atividades realizadas nas disciplinas Prática de Ensino e Teorias de Aprendizagem ao longo da formação inicial.

Além disso, a participante apresentou que, após cursar o mestrado, etapa da vida acadêmica que se apropriou do referencial histórico-cultural de Vygotsky, passou a destacar em suas aulas a produção científica realizada por pessoas negras e por mulheres. A participante realçou a importância de apresentar aos alunos que a produção científica também é construída por pessoas que, em geral, não são reconhecidas no meio científico, ou não têm os seus trabalhos

destacados devido a vieses misóginos ou por preconceito relacionados à cor da pele. Entendemos que com a estratégia adotada para ensinar Física aos seus alunos, ancorada em seu referencial teórico, permite que a participante trabalhe com uma Educação Científica que desenvolva em seus alunos o respeito às diversidades e a busca pelo direito à igualde e à luta contra injustiça social.

Conclusão da entrevista com A1

A acadêmica evidenciou, no decorrer da entrevista, que pertence a um coletivo de pensamento formado por professores e pesquisadores, cujo estilo de pensamento contempla a compreensão das Ciências a partir da História da Física. A participação nesse coletivo de pensamento influenciou sua prática docente. A participante destacou a prática de contextualizar as suas aulas sempre que possível com questões ligadas à História da Física. Essa abordagem tem inspiração na experiência vivenciada graduação, na qual se deparou com muita dificuldade em aulas que privilegiavam uma linguagem matemática mais incisiva.

Nessas contextualizações, a participante busca apresentar aos seus alunos a contribuição científica de pesquisadores negros e mulheres, com a finalidade de revelar que a ciência é uma construção social, na qual todas as pessoas, independentemente da cor da pele, do sexo ou gênero, têm capacidade de produzir Ciência.

O olhar mais crítico para as características sociais dos autores da produção científica foi aprofundado no decorrer da sua pesquisa de mestrado, o que corrobora com o seu posicionamento, que fez menção a um currículo do curso de formação inicial mais integrado. Essa proposta visa focar em uma apresentação mais humanizada das Ciências aos acadêmicos, seja na licenciatura ou no bacharelado.

APÊNDICE F – MEMORANDO DA ENTREVISTA REALIZADA COM A2

O participante A2 concluiu o bacharelado e, posteriormente, obteve o título de mestre em Ciências dos Materiais. Desde o início da entrevista, o acadêmico evidenciou a disciplina Física III, ministrada pelo professor da disciplina, ressaltando sua organização distintiva em diversos aspectos quando comparada com às demais disciplinas de Física Básica do curso.

Uma disparidade notável, destacada pelo participante, foi a abordagem mais interativa das aulas, tanto na interação entre professor e aluno quanto na dimensão aluno-aluno. Além das discussões sobre os conceitos da disciplina, o participante ressaltou que o professor compartilhava sua experiência como pesquisador, estabelecendo uma conexão entre os temas abordados na disciplina e as possíveis finalidades profissionais que no campo da Física.

Outro aspecto distintivo da disciplina envolve sua ementa. O professor apresentou as bibliografias selecionadas para os alunos organizarem seus estudos e disponibilizou um livro de sua autoria – não publicado - para os alunos. Apesar de não recordar o nome do livro utilizado para o estudo, o participante A2 mencionou ter enfrentado dificuldades para entender as explicações encontradas no livro de Moysés – "Curso de Física Básica, v3, H Moysés Nussenzveig". As aulas do professor seguiram a sequência do material desenvolvido pelo próprio docente, conforme observado observação pelo participante A2.

Além dessas duas observações, o participante A2 recordou a presença de um aluno de doutorado, que contribuiu com algumas atividades relacionadas à História da Física, especificamente, a História do Eletromagnetismo, durante parte da disciplina. Essa inclusão da História da Física em uma disciplina de Física Básica surpreendeu o participante A2, que não havia vivenciado algo semelhante ao longo de seu bacharelado.

Embora o participante A2 tenha dificuldades em recordar detalhes específicos das atividades relacionadas à História da Física no decorrer da disciplina, ele mencionou momentos de reflexões e debates sobre a ementa de Física III em conjunto com o material de história do eletromagnetismo. Além disso, recordou-se de atividades que incluíam a produção de textos e respostas a testes propostos pelo doutorando, contribuindo para a pesquisa em andamento simultânea à programação da disciplina.

O participante A2 observou que as atividades propostas pelo doutorando não foram consideradas na composição das notas da disciplina. Para a avaliação da disciplina, os alunos

foram submetidos a provas escritas e apresentaram uma maquete ao professor responsável pela disciplina.

A respeito das atividades relacionadas à história do eletromagnetismo, A2 destacou seu envolvimento nas leituras dos excertos dos textos e nas discussões com os colegas. Ele mencionou que enfrentava dificuldades ao lidar com a ficha de leitura devido à restrição de tempo, já que as atividades relacionadas à história do eletromagnetismo eram realizadas exclusivamente durante as aulas. Sua participação ativa nas discussões prejudicava a gestão do tempo para produção escrita.

Para o participante A2, essas discussões despertaram curiosidades e questionamentos. Ele se recorda que no início da disciplina, os primeiros textos e discussões sobre a história do eletromagnetismo, permearam sobre a ideia de campo. As leituras e os debates serviram de motivações para ele se dedicar ao entendimento mais detalhado desse conceito.

Durante sua fala, o participante A2 contou que atualmente não trabalha com a Física, mesmo tendo o título de mestre em Física Teórica. Por esse distanciamento da Física, ele apresentou dificuldade em lembrar dos detalhes do eletromagnetismo que foram discutidos em Física III. Contudo, o texto sobre a observação da deflexão da agulha imantada, realizada por Ørsted, pairou nas lembranças do participante, que expressou o quanto a leitura do texto e as discussões como os colegas e com o doutorando ajudaram no entendimento da fonte do campo eletromagnético.

Um ponto bastante explorado pelo participante A2 foi a contribuição dos primeiros textos para a formação do conceito de interação ocorrida por campos. O participante ficou muito entusiasmado ao relatar que entendeu a apresentação da construção do conceito de interação entre duas partículas, discutidas nos primeiros textos. A leitura o ajudou a elucidar que nem sempre as interações foram compreendidas a partir do campo eletromagnético, mas que durante um tempo, os cientistas explicavam essa interação pelo argumento do éter. Reforçou que o conceito de campo, representado pela perspectiva da ciência, tem um alto grau de abstração e isso exige do estudante um grande esforço.

A fala do participante A2 elucidou a construção humanística da ciência, ou seja, para que um conceito ou uma teoria seja elaborada e publicada, os cientistas deparam com várias dificuldades, frustrações e até com momentos de isolamento familiar, como no caso do episódio do texto sobre a eletrodinâmica de Ampère. O participante A2 destacou que o trecho da carta enviada por Ampère ao seu filho, que compunha o texto sobre a história da primeira obra publicada por Ampère sobre eletrodinâmica, fez com que ele refletisse sobre a produção

científica como uma atividade realizada por seres humanos, que passam por momentos de dúvidas, angústias e muito trabalho teórico e experimental. Essas atividades de leitura e discussões dos textos em aula o ajudaram a compreender a construção do pensamento científico sobre o conceito de campo eletromagnético.

As leituras dos fragmentos dos artigos, acompanhadas pelas discussões em aula, colaboraram, como uma espécie de preparação, para a aprendizagem conceitual dos fenômenos que foram abordados na disciplina e para a compreensão matemática dos fenômenos. A colaboração envolveu os questionamentos sobre a maneira com que os cientistas elaboravam seus argumentos para comunicar aos seus pares os resultados ou procedimentos de seus trabalhos, as informações sobre a formação acadêmica de cada cientista e sobre o processo de humanização da ciência.

O participante A2 ressaltou que os conceitos do eletromagnetismo são complexos e abstratos e que o seu ensino caracterizado apenas por deduções matemáticas, sem discussões sobre a ontologia do conceito, dificulta a aprendizagem do acadêmico. No caso específico da disciplina, os fragmentos de textos e as discussões entre os alunos e entre os alunos e o pesquisador permitiram que houvesse uma aproximação dos processos que envolvem o desenvolvimento de um pensamento científico e a construção conceitual de uma teoria, permitindo assim uma compreensão mais global do assunto. Dessa maneira, ele se posicionou contra um currículo que trata os temas de maneira fragmentada, sem conexão entre as disciplinas que abordam os mesmos assuntos ou assuntos semelhantes.

Segundo a fala de A2, quando o professor contextualiza o tema, aborda o assunto central, a maneira como ele foi desenvolvido, as razões sociais e até mesmo econômicas que envolveram o interesse dos cientistas em estudá-lo, desperta nos alunos maior interesse em aprender. Essa fala de A2 não ficou restrita apenas às disciplinas do núcleo de disciplinas das Físicas.

O participante A2 não trabalhou como docente. Mesmo assim, em um futuro profissional que viesse a lecionar, pretende planejar as suas aulas com elementos da História da Física, caso tenha uma carga horária que o favoreça a fazer esse planejamento, uma vez que para ele a integração da História da Física em um assunto que compõe a ementa ajuda o aluno não só a aprender o conteúdo, como também colabora na formação do futuro cientista.

Muitas vezes, os professores não têm conhecimento ou não se atentam aos eventos extrassala com os quais os estudantes lidam no decorrer de suas disciplinas. Em especial, o participante A2 relatou que a sua participação nas aulas de Física III no início foi mais intensa.

Por esse motivo, ele recorda bem das primeiras atividades que envolviam a história do eletromagnetismo. Inclusive, A2 comentou sobre a leitura e discussão da tradução comentada de um texto sobre a Lei de Biot-Savart, assim que lhe foi apresentado um esquema das atividades preparadas pelo pesquisador. Devido a problemas pessoais, o seu rendimento acadêmico caiu consideravelmente naquele momento de sua vida, não somente em Física III, mas nas outras disciplinas que ele cursava naquele momento.

Além das atividades com abordagem histórica do eletromagnetismo ajudarem na aprendizagem das temáticas da disciplina Física III e na compreensão mais abrangente da produção científica, essas atividades serviram para aproximar mais o acadêmico de outros colegas de sala. Laços de amizades foram construídos e transpassaram os limites da disciplina. Um motivo marcante das construções dessas pontes de amizades foram as conversas sobre o conteúdo dos textos durante as aulas de Física III que se estendiam para horários fora da sala.

Ao construir esses laços de amizades e discutirem com mais frequências os assuntos da disciplina, A2 percebeu em seus colegas que não participavam com muita efetividade das discussões que a escrita dos resumos era uma atividade que os agradava, diferentemente de A2, cuja preferência era as discussões e achava desagradável a escrita da ficha de leitura.

Conclusões sobre a fala do participante A2

Ao ser integrada em aulas das disciplinas de Física, a História da Física pode contribuir com a aprendizagem do acadêmico sobre os assuntos que compõem a ementa da disciplina e possibilitar ao aluno entender o processo da construção do conhecimento de uma área a partir de um ponto de vista mais amplo, deixando de lado uma atuação da história que se aprende apenas em datas, fragmentos descontextualizados e nomenclatura dos pesquisadores. Essas observações realizadas a partir dos relatos de A2 estão de acordo com os resultados de trabalhos que abordaram a História da Física em uma dimensão enfoca nos detalhes dos entornos do pensamento científico (Marques; Caluzi, 2005; Martins, R. de A., 2005; Moura, 2019; Peduzzi; Nicolodelli Tenfen; Cordeiro, 2012; Zanetic, 2006).

Apesar do participante A2 externar muitos detalhes das atividades que foram realizadas pelo pesquisador durante sua intervenção com materiais compostos por conteúdos do eletromagnetismo, foi possível verificar em sua fala que os momentos com os quais houve uma integração entre o planejamento da disciplina, as aberturas para dialogar sobre o conteúdo da disciplina da profissão futura dos acadêmicos, o conteúdo da disciplina, as leituras dos excertos dos textos, as discussões sobre as leituras dos textos e a socialização das interpretações dos alunos. Nesse contexto, surgiu um elemento que não apenas proporcionou possibilidade de uma

aprendizagem significativa, como também oportunizou ao acadêmico a conhecer melhor sua futura profissão, reconhecer-se como um sujeito ativo de sua aprendizagem e construir pontes sociais que transcenderam os limites invisíveis de uma disciplina.

APÊNDICE G – MEMORANDO DA ENTREVISTA REALIZADA COM A3

A participante A3 demonstrou muito interesse em colaborar com a investigação. Expressou que recordou da disciplina, os instrumentos de avaliação como a prova teórica e a maquete de uma usina de geração de energia. Também lembrou que o professor da disciplina proporcionava momentos de interação com os alunos e com o pesquisador. Outra observação foi de que a disciplina tinha uma estrutura que se parecia com as disciplinas ditas tradicionais – aquelas que seguem rigorosamente o livro texto adotado pelo professor – mas se diferenciava pelas dinâmicas encontradas nas práticas de ensino do professor.

Contudo, a respeito das atividades propostas pelo pesquisador que incluíam a história do eletromagnetismo, pouco se lembrou. O que ficou marcado para a participante A3 foram os momentos de leituras dos excertos dos textos no decorrer das aulas e as discussões que eram fomentadas pelo pesquisador e do texto de Maxwell sobre a ação a distância. Detalha que esses momentos foram valorosos, pois proporcionaram trocas de entendimento entre os alunos e uma maior aproximação dela com os seus colegas.

A participante A3 considerou que a integração das atividades propostas da história do eletromagnetismo integradas à disciplina Física contribuiu com aproveitamento da disciplina, principalmente porque houve uma sintonia entre as atividades propostas pelo doutorando e os recursos didáticos utilizados pelo professor para ministrar as suas aulas. Ainda sobre os recursos didáticos apresentados na disciplina, A3 destacou que o professor apresentou estratégias para que os alunos pudessem construir os subsunçores para aprender os assuntos que seriam ensinados por ele.

Além disso, A3 reforçou que as leituras dos textos sobre a história do eletromagnetismo e principalmente as discussões fomentadas com os seus colegas e com o doutorando sobre os temas de cada texto foram essenciais para que ela pudesse compreender os conceitos da disciplina, principalmente o entendimento das equações matemáticas que eram deduzidas pelo professor.

Destacou, ainda, que essas atividades prévias, com sistematizações de conceitos e discussões de cunho conceitual antes da apresentação do conteúdo, amenizaram a dificuldade em entender conceitos com alto nível de abstração como a interação mediada por campos. Contudo, reforçou que as aulas que tinha uma carga matemática mais intensa, a sua motivação

era menor para aprender, pois tinha dificuldade em relacionar a linguagem puramente matemática aos conceitos presentes no fenômeno físico estudado.

As atividades desenvolvidas com abordagem na história do eletromagnetismo proposta em Física III foram diferentes de outras abordagens históricas com as quais A3 teve contato. As disciplinas *Evolução das ideias da Física I* e *Evolução das ideias da Física II* foram as primeiras experiências da acadêmica com a História da Física (HF), no primeiro e no segundo semestre, respectivamente. No terceiro semestre, realizou atividades da história do eletromagnetismo no contexto da disciplina Física III e depois, no quinto semestre, em Introdução à Física Moderna.

As suas lembranças a levou para a maneira que a HF foi conduzida em Física Moderna. Mesmo revelando a importância das temáticas históricas levadas pelo professor de Física Moderna, A3 sentiu falta de um aprofundamento nas discussões das temáticas históricas, uma vez que, de acordo com o relato da acadêmica, a função da HF no contexto da disciplina foi de justificar a apresentação das equações. Devemos, neste ponto, considerar que cada disciplina tem o seu objetivo pedagógico e que cada professor tem liberdade para escolher a metodologia utilizada em suas aulas, desde que perpasse pelas orientações previstas na seção 5.6 do PPC.

Atualmente, A3 está cursando o mestrado, mas em outro momento atuou como docente no ensino médio. Em seu tempo na docência, A3 informou que usava a abordagem da HF em suas aulas. Apresentava aos alunos o contexto histórico dos temas que seriam ensinados. Entretanto, falou que as suas pesquisas sobre os assuntos não eram sistemáticas, mas sim intuitivas. As motivações em levar a HF aos seus alunos estão contidas em duas dimensões: i) a sua visão de mundo, pois de acordo com A3 é preciso que os conceitos permeiem todas as áreas do saber, permitindo que haja comunicação entre as disciplinas, pois assim é possível compreender o mundo em sua totalidade; ii) o contato que teve com a HF durante a sua graduação.

Mesmo depois do pesquisador apresentar as páginas iniciais dos textos e a sequência das atividades de história do eletromagnetismo, A3 não consegui lembrar de maiores detalhes dos conteúdos. Contudo, insistiu que as atividades, da maneira que foram planejadas, ajudaram no entendimento dos assuntos ensinados pelo professor. Sobre a sua concepção da produção do conhecimento científico, A3 disse que as atividades não modificaram a sua ideia de ciência. Como a sua mãe é cientista, com um viés na visão social do conhecimento científico, as atividades contribuíram ainda mais com sua concepção da produção científica.

Considerações da entrevista de A3

As atividades de eletromagnetismo foram planejadas para servirem de organizadores prévios, uma vez que seus conceitos se apresentaram mais gerais e abstratos em comparação aos temas ensinados pelo professor. No caso da participante A3, as atividades a auxiliaram a compreender os conteúdos trabalhados, embora não tenha detalhado em quais assuntos as atividades contribuíram para a sua aprendizagem. Entretanto, a estrutura de suas falas nos permite inferir que as discussões dos textos em sala com os colegas e as dinâmicas das aulas do professor propiciaram uma compreensão mais ampla da disciplina.

A participante A3 utilizou como parâmetro a proximidade que teve com a HF em outras disciplinas. Um ponto necessário de atenção é que, em sua prática docente, A3 integrou a HF a outras disciplinas do currículo. Suas motivações foram, primeiramente, sua percepção de mundo e de ciência, influenciados pelo convívio com a sua mãe. A segunda motivação foi atribuída à sua formação inicial, destacando algumas disciplinas que abordaram o conteúdo de HC.

Dois aspectos destacados na fala de A3 são que, independentemente do recurso didático adotado pelo professor, aulas que empregam a dialética aumentam a intensidade do envolvimento do aluno com o assunto estudado, tanto em termos de motivação quanto de dedicação. O segundo destaque é que experiências marcantes ao longo da graduação têm um impacto direto na prática docente e na visão de mundo do futuro professor.

APÊNDICE H – MEMORANDO DA ENTREVISTA REALIZADA COM A4

O participante A4, formado em bacharelado em Física e atualmente cursando o mestrado em Física Teórica, trouxe à tona suas recordações da disciplina Física III, caracterizando-a como tendo uma estrutura tradicional – seguia rigorosamente a sequência dos livros didáticos de Física III – e relatou que lembra da intervenção do pesquisador durante a disciplina.

A respeito da disciplina ter um caráter tradicional na ótica de A4, é importante considerar a sua formação como bacharel. Na proposta curricular do curso de bacharelado em Física, não há disciplinas que do núcleo pedagógico, a menos que o acadêmico escolha cursar alguma disciplina optativa. Logo, segundo Fleck, é possível observar o que faz parte do estilo de pensamento no qual estamos imersos. Por essa razão, e por não ser parte de um coletivo de pensamento dos licenciados em Física, A4 pode não ter percebido que a disciplina foi estruturada em um formato que se distancia do tradicional.

Logo no início de sua fala, A4 disse que, após o contato feito pelo pesquisador, ficou refletindo sobre a disciplina Física III. Recordou que no início da disciplina foram realizadas atividades para discutir o conceito de campo vetorial. As equações de Maxwell e a Lei da indução eletromagnética de Faraday também foram mencionadas por A4.

As memórias de A4 das atividades de história do eletromagnetismo em Física III revelaram que essas atividades colaboraram para o entendimento dos temas tratados pelo professor. No entanto, a sua fala abordou principalmente aspectos da construção do pensamento científico e não tanto sobre o conteúdo da disciplina. Seu relato sobre o assunto que mais o marcou nos textos é um exemplo disso. Segundo A4, o assunto que mais recorda é sobre a formação acadêmica de Faraday e não sobre os experimentos realizados por ele.

Em alguns pontos da fala, A4 concorda que as atividades de história do eletromagnetismo ajudaram como uma forma de introdução ao conteúdo, ou até mesmo como um elemento motivador para estudar os temas de Física III. No entanto, ao refletir um pouco mais, A4 sugeriu que se as atividades fossem oferecidas no formato de um curso paralelo à disciplina, favoreceriam a aprendizagem dos alunos. Para ele, não se recordar dos conteúdos dos textos foi um indício de que as atividades não colaboraram para a compreensão do conceito de interação eletromagnética.

Outra observação de A4 está relacionada ao conteúdo dos textos. Segundo esse participante, ele recordou que faltou conhecimento prévio para entender o teor dos textos. No

entanto, as atividades favoreceram a contextualização dos assuntos ensinados pelo professor. Foi justamente essa contextualização que gerou o elemento motivador para aprender os assuntos. Outra possibilidade, conforme observado por A4, para desenvolver atividades de caráter histórico, seria planejá-las para serem realizadas no final da disciplina. Dessa maneira, de acordo com Ausubel, as atividades teriam o caráter didático da reconciliação integrativa.

O participante A4 recordou de ter contato com a História da Física em três momentos do curso. Nos dois primeiros semestres, quando estudou as disciplinas Evolução das Ideias da Física I e Evolução das Ideias da Física II, e depois quando cursou Física III. Ao estudar as duas disciplinas com abordagem histórica nos dois primeiros semestres, expressou que faltava uma base conceitual para compreender as temáticas ensinadas. Neste ponto, sua colocação foi coerente com as dificuldades que encontrou para compreender os assuntos dos textos de história do eletromagnetismo antes do professor ensinar os conceitos.

Ainda cursando o mestrado em Física teórica, A4 não teve experiência em lecionar. Mesmo assim, disse que tem interesse por leituras que envolvem a História da Física. Para ele, entender como a Física foi desenvolvida ajuda na formação mais geral do cientista.

Considerações finais da entrevista do participante A4

A entrevista com A4 trouxe elementos que tangenciam a diferença entre um licenciado em Física e um bacharel. Notemos que em sua fala, quanto ao planejamento da disciplina, mesmo depois de concluído o curso, não foi notado que a disciplina teve um planejamento que destoava das disciplinas que seguiam rigorosamente os sumários dos livros, como foi observado por A1 e por A3. Essa observação nos possibilita fazer um recorte, guiado pela epistemologia de Fleck, sobre dois estilos de pensamentos presentes nos cursos de Física: o estilo de pensamento da formação docente, cujo coletivo pensamento são os licenciandos, e o estilo de pensamento da formação de cientistas, composto pelo coletivo de pensamento dos bacharéis.

Embora o relato de A4 não tenha mencionado os conteúdos das atividades de história do eletromagnetismo apresentadas pelo pesquisador, ele se recorda delas no decorrer dos seus estudos em Física III. Para A4, as atividades propiciaram a contextualização dos temas que foram ensinados pelo professor, mas não favoreceram o processo de aprendizagem dos conceitos de interação eletromagnética.

Para o participante A4, estudar a HF sem antes ter formada uma base conceitual sobre o tema, não é uma estratégia que ajude o aluno no processo de aprendizagem. Sua fala vai ao encontro das experiências que teve como alunos em duas disciplinas cujos, planejamentos abordavam a História da Física (HF) nos dois primeiros semestres do curso.

Outro momento do curso que A4 teve contato com a HF foi justamente em Física III. Apesar de observar que o papel da HF em Física III teve uma dimensão e um tratamento diferente em comparação com as disciplinas Evolução das Ideias da Física I e Evolução das Ideias da Física I, o participante sustentou sua observação sobre a necessidade de um conhecimento prévio dos conceitos, uma introdução geral, para que os alunos possam aprender os conceitos de Física com as atividades embasadas na História da Física.

A respeito dos conceitos de eletromagnetismo que A4 relatou ter visto nas atividades desenvolvidas, a Lei da Indução Eletromagnética de Faraday foi trabalhada em dois momentos. No primeiro, com a leitura de uma tradução comentada, e o segundo, com um experimento. Quanto à fala das equações de Maxwell, em nenhum momento esse assunto foi abordado pelo material organizado pelo pesquisador. Logo, as impressões que A4 teve das atividades de história do eletromagnetismo podem apresentar algumas confusões entre o que foi apresentado pelo professor da disciplina e pelo pesquisador.

Um aspecto que ficou evidente na entrevista com A4 é que, em sua percepção, utilizar a história do eletromagnetismo em um curso paralelo à disciplina Física III poderia facilitar a aprendizagem dos alunos, uma vez que eles teriam acesso aos conceitos na disciplina, e as atividades de caráter histórico seriam uma forma de reconciliação integrativa, como aparece na Teoria da Aprendizagem Significativa.

APÊNDICE I – MEMORANDO DA ENTREVISTA REALIZADA COM A5

O participante A5 concluiu o curso de Física na modalidade bacharelado e não continuou seus estudos em Física. Durante a entrevista, A5 lembrou que cursou Física III com o professor responsável pela disciplina. Também se lembrou de ter realizado algumas atividades sobre a história do eletromagnetismo sob a orientação do pesquisador. Suas recordações das atividades permearam a leitura do texto que tratou da experiência de Ørsted com a deflexão da agulha imantada e dos diálogos que foram realizados após as leituras dos textos.

Quanto à estrutura da disciplina, ele lembrou que ela não foi ministrada como as demais disciplinas do núcleo da Física, ou seja, o professor não seguiu a sequência tradicional dos assuntos que estão nos sumários dos livros-texto. Apesar dessa lembrança, A5 não conseguiu detalhar em quais outros pontos a disciplina Física III, planejada pelo professor regente, se diferenciava das outras disciplinas cursadas que compunham o núcleo da Física.

O texto de Ørsted foi um destaque na fala de A5. Segundo ele, as discussões com os colegas foram importantes para que ele pudesse compreender o texto, pois observava as interpretações dos seus colegas e refletia sobre as suas. Esse movimento de expor a sua interpretação e ouvir as falas de seus colegas o ajudaram a compreender melhor o texto.

Ao cursar a disciplina durante a realizada da pesquisa, A5 não conseguiu a aprovação. Ele encontrou muita dificuldade com o nível de compreensão da disciplina, não pelos recursos didáticos adotados pelo professor ou pelas atividades de história do eletromagnetismo preparadas pelo pesquisador, mas por não estar em um momento bom da vida para conseguir se dedicar à disciplina. Contudo, frequentou a disciplina até a última avaliação escrita e tentou realizar as atividades que foram propostas.

Na perspectiva de A5, as atividades de história do eletromagnetismo cooperaram para promover momentos de debate sobre as bases conceituais do eletromagnetismo. Diferentemente de outros momentos do curso em que nas aulas houve mais contato com os assuntos da Física apresentados com muito apelo da linguagem matemática e pouca discussão conceitual, em Física III conseguiu refletir sobre as definições conceituais dos fenômenos do eletromagnetismo e teve a oportunidade de se aproximar da dinâmica que envolve o desenvolvimento da ciência.

As abordagens históricas trazidas para o curso abrangem uma formação científica mais completa e aproxima o aluno de sua profissão. Para A5, os conceitos, as deduções matemáticas, as práticas experimentais e outros aspectos que envolvem a formação de um cientista são

ensinados de tal modo que, aparentemente, os cientistas e os estudiosos não tiverem obstáculos para encontrar soluções para determinados problemas e nem rejeição ou ponderações de seus trabalhos. Com a inserção da HF na formação científica, o aluno conseguirá ter uma visão mais substantiva de sua profissão, pois encontrará no passado que as soluções de problemas ou a explicação de um fenômeno exigem muitos esforços, habilidade de argumentação e enfrentam alguns contratempos.

Mesmo ao fazer a afirmação da importância de fundir a HF na formação científica, A5 fez algumas ressalvas. Uma consideração é que a HF apresentada de maneira isolada, sem um momento apropriado para o aluno refletir sobre leituras, apresentação de experimentos clássicos ou debater com seus colegas as temáticas, pode gerar um efeito reverso, que é o desinteresse em estudar a HF. Outra apreciação de A5 é que o estudo da HF precisa ocorrer em um período do curso em que o aluno tenha conhecimento prévio – os subsunçores para a TAS – para acompanhar a disciplina. De acordo com a sua experiência, estudar a HF nos dois primeiros semestres do curso não foi proveitoso, pois não tinha condições de entender as aulas e interpretar os textos que precisavam ler.

Independente de não ter conseguido a aprovação em Física III no semestre que foi realizada a pesquisa, A5 reconheceu que a inserção da HF - história do eletromagnetismo - teve um impacto em sua formação, diferentemente das disciplinas Evolução das Ideias da Física I e Evolução das Ideias da Física II, vistas no primeiro ano do curso, e das leituras de história da Física Moderna, vistas na disciplina Estrutura da Matéria, no quinto semestre.

Essas reflexões compartilhadas por A5 sobre a inclusão da HF na formação acadêmica em um curso de Física também compõe suas impressões ao vê-lo como professor de uma disciplina. Até o momento da entrevista, A5 não teve a experiência docente, no entanto, não hesitou em compartilhar que pretende explorar a HF se um dia for lecionar alguma disciplina de Física, principalmente em Física Clássica. Para ele, a HF integrada aos conteúdos de Termodinâmica e Eletromagnetismo, com momentos que propiciem debates sobre o desenvolvimento dos conceitos e seus respectivos contextos, proporciona um entendimento mais amplo da temática estudada e um melhor entendimento da formação do pensamento científico, como foi a sua experiência em Física III.

Para ajudar A5 a buscar em sua memória maiores detalhes das atividades de história do eletromagnetismo em Física III, o pesquisador apresentou e explicou o planejamento de sua intervenção na disciplina. Apesar disso, A5 não conseguiu lembrar de mais nenhuma informação que pudesse colaborar com a pesquisa.

Considerações finais da entrevista com A5

A entrevista com A5 evidencia a necessidade de uma abordagem integrada entre os elementos da pesquisa, o ensino e a atenção aos participantes. Destacamos o caso de um aluno que não conseguiu aprovação na disciplina, mas demonstrou comprometimento ao não abandonar as aulas e participar de algumas atividades de pesquisa, as quais não compuseram as notas da disciplina.

A leitura do texto de Ørsted e as discussões realizadas durante as aulas foram as únicas lembranças específicas mencionadas na fala de A5. Todavia, destacamos que o participante envolveu-se com outras atividades da disciplina, elaboradas pelo pesquisador, e que notou a diferença na formatação da disciplina ao compará-la com outras disciplinas do núcleo da Física.

O participante A5 expressou apreço pelos momentos de debates das leituras dos textos. O destaque atribuído à contribuição das interpretações de outros colegas sobre o mesmo texto evidencia que, no decorrer das aulas, as discussões desempenharam um papel significativo para a formação dos acadêmicos.

Percebemos que crítica apresentada por A5 em relação à formação do bacharel em Física fundamenta-se em suas experiências no curso. Ao abordar os pontos significativos para sua formação e aspectos que poderiam ser aprimorados, A5 colabora para que novas estratégias de ensino ou até mesmo um novo formato do currículo sejam discutidos.

Identificamos que o interesse de A5 sobre a HF paira sobre a perspectiva de promover uma formação mais crítica para os acadêmicos de Física, que ultrapasse a importância da identificação dos subsunçores dos alunos e que aborde a contextualização dos desafios enfrentados pelos cientistas na resolução de problemas ou na explicação de fenômenos.

Nesta pesquisa, exploramos as dimensões que a HF pode alcançar quando integrada a uma disciplina específica. Contudo, as contribuições de A5 permitem reflexões sobre a investigação de outras estratégias de ensino e de processos de avaliação afim de proporcionar uma formação mais abrangente para os bacharéis em Física.

APÊNDICE J – MEMORANDO DA ENTREVISTA REALIZADA COM A5

A entrevista realizada com o participante A6 proporcionou refletir sobre alguns aspectos da formação de um cientista que até então não haviam permeado nas falas dos demais participantes que foram entrevistados. Atualmente, A6 cursa o mestrado em Física da Matéria Condensada, e sua pesquisa está relacionada ao eletromagnetismo.

Durante o relato, ao recordar do período que cursou bacharel em Física, A6 demonstrou que observou a estrutura da disciplina Física III e a condução das aulas pelo professor. Dentre os detalhes da disciplina notados pelo participante, destacam-se a ementa da disciplina, o afastamento do professor da sequência tradicional do conteúdo, os recursos didáticos frequentemente usados pelo professor, os instrumentos de avaliação da disciplina, o acesso ao livro não publicado do professor e a sintonia entre o pesquisador e o docente. Além dessas observações, A6 destacou que o seu interesse pela disciplina aumentou com as atividades que envolviam a história do eletromagnetismo.

Em certo momento da entrevista, A6 não demonstrou que a Física III cursada por ele tinha diferenças de outras disciplinas que compunham o Núcleo Comum da Física Geral e Experimental (Brasil, M. da Educaçao. F. U. F. de M. G. do S., 2018). Contudo, após refletir sobre sua concepção sobre a disciplina, realçou que a condução da disciplina destoou das demais desse núcleo. Reforçou que o professor de Física III materializava os exemplos por meio de objetos como isopores e toróides, além de discutir as bases conceituais dos fenômenos antes de usar a linguagem matemática para formalizar o estudo.

As atividades relacionadas à história do eletromagnetismo contribuíram para a aprendizagem dos conceitos presentes nos fenômenos eletromagnéticos que constavam na ementa da disciplina. Contudo, A6 destacou que a atividade que mais apreciou foram as leituras dos fragmentos dos textos das traduções comentadas das obras originais. Essa preferência está vinculada ao interesse de A6 pela literatura da HF, especialmente de obras originais. O participante salientou que teve pouco contato com a HF na graduação.

De acordo com o participante da pesquisa, seu interesse por esse tipo de leitura está vinculado à curiosidade em relação ao desenvolvimento da ciência, especialmente aos processos que envolvem a construção do pensamento científico. Isso abrange desde as trocas de informações entre os cientistas até os motivos iniciais que os levaram a explicar determinado fenômeno. Para A6, compreender as etapas da construção científica é significativo.

Aprender uma teoria apoiada em um contexto histórico, que apresente seu problema original, contribui para a compreensão conceitual do aluno, especialmente se for uma disciplina que tem na ementa temáticas complexas e de alto nível de abstração. Para A6, o aluno precisa ter um conhecimento básico – subsunçores – para acompanhar as aulas das disciplinas que exigem mais esforço cognitivo. Mesmo que o professor tenha uma boa performance na explicação e que sejam disponibilizados diversos recursos, se o aluno não tiver os subsunçores para interagir com os novos conceitos, o seu rendimento acadêmico fatalmente será comprometido.

A contextualização do problema com a abordagem da HF é uma estratégia que o professor pode elaborar para ensinar aos seus alunos assuntos mais complexos. Contudo, segundo A6, a contextualização precisa ser compreensível; caso contrário, não despertará interesse ao aluno para aprender. O participante vivenciou algo semelhante em outra disciplina. Na ocasião, o professor realizou a leituras de textos sobre a HF, mas o conteúdo do texto não ficou plausível aos alunos.

O fator tempo disponível para que a HF seja integrada a uma disciplina foi abordado por A6. Existe a preocupação de que as disciplinas têm uma ementa para cumprir e, em algumas vezes, a carga horária destinada não é o suficiente. Nesse caso, o participante é favorável à integração da HF em uma disciplina, uma vez que essa estratégia promove tanto a aprendizagem quanto a construção do conceito. Nota-se que o professor precisa de um bom planejamento para que a inserção de atividades da HF não prejudique o cumprimento previsto na ementa. Novamente, nossa atenção inclina-se à estrutura curricular de um curso que forma professores e cientistas.

Embora A6 seja bacharel em Física, chamou-nos a atenção as suas considerações sobre os aspectos pedagógicos que envolvem uma disciplina. Mesmo assumindo que não tem entendimento dos conceitos que compõe a formação docente, o participante ratificou a importância de uma formação acadêmica contextualizada e que ofereça aos estudantes momentos para que suas ideias possam ser apresentadas e defendidas, uma vez que na vida profissional, o acadêmico se deparará constantemente com situações nas quais precisará expor os seus pensamentos. Logo, as atividades que foram realizadas tanto com o pesquisador quanto com o professor da disciplina em Física III possibilitaram aos estudantes momentos de socialização das suas ideias.

Durante a graduação, A6 teve contato com a HF em vários cenários. O primeiro foi nos dois primeiros semestres do curso, com as disciplinas Evolução das Ideias da Física I e

Evolução das Ideias da Física II. Ao falar dessas disciplinas, A6 destacou que gostou de cursá-las, mas preferiria que elas fossem oferecidas após o primeiro ano do curso, pois assim o aluno teria mais maturidade para relacionar os temas abordados com a sua formação acadêmica. Além dessas disciplinas, ratificou que gostou de estudar a história do eletromagnetismo em Física III e lembrou de ter visto alguns artigos de HF em Física Matemática. Contudo, não se lembra dessa leitura, pois os textos não foram discutidos em aula. Por fim, disse que em algumas aulas nos laboratórios os professores tangenciavam por alguns aspectos históricos dos experimentos. O participante recordou que admirava a criatividade dos cientistas que elaboram os primeiros experimentos.

Quanto à experiência na docência, A6 relatou que teve apenas no estágio docente do mestrado. No entanto, demonstrou ser otimista quanto ao uso da HF integradas nas disciplinas do núcleo da Física para promover, ao menos, duas implicações: discutir o contexto da origem do problema e promover o debate conceitual em torno do fenômeno. Tanto que, se algum dia lecionar, pretende planejar as suas aulas para combinar os assuntos da disciplina com seus episódios históricos. Ressaltou que seu gosto por leituras da HF e as experiências que teve durante a graduação são motivos para contextualizar suas aulas com a HF. Contudo, A6 disse que é preciso elaborar bem o planejamento da disciplina, pois muitas vezes o tempo não é o suficiente para que o professor contemple a ementa e as avaliações.

Durante a sua fala sobre o uso da HF em suas aulas, A6 lembrou da importância que as atividades do eletromagnetismo em Física III tiveram em sua formação. Ele relatou que vivenciar a troca de experiências com o professor da disciplina e com o pesquisador foi significativo. Ainda, inferiu que nessa troca de experiências, todos os sujeitos envolvidos no processo aprendem algo que agrega à formação acadêmica.

Considerações da entrevista do Habbib - A6

Investigar a implicação didática em uma disciplina que reúne alunos de bacharelado e da licenciatura permite ao pesquisador identificar pontos de divergências e convergências nas falas dos acadêmicos, contribuindo para a avaliação da ação pedagógica, percebida por eles sob duas perspectivas diferentes. A linguagem empregada por A6 ao expressar sua percepção sobre a integração da história do eletromagnetismo em Física III evidencia vestígios da demarcação de seu coletivo de pensamento, nesse caso, formado por bacharéis em Física.

A formação de um licenciando em Física não compartilha, nem deveria, os mesmos objetivos apresentados na formação de bacharéis em Física. Contudo, conforme observado por

A6, algumas atividades curriculares podem promover trocas de experiências entre os envolvidos, contribuindo para a formação acadêmica de todos os participantes.

O participante A6, bacharel em Física, não deixou de tecer algumas críticas sobre sua formação acadêmica. Ao cursar Física III, A6 notou diferenças significativas no planejamento da disciplina. Atentou-se aos recursos didáticos utilizados pelo professor para facilitar a compreensão de conceitos abstratos, como a interação eletromagnética. Além disso, participou ativamente das atividades posposta pelo pesquisador, desenvolvendo uma percepção de ensino que enfoca a contextualização das teorias e debates em sala de aula.

A contextualização, segundo A6, pode ser efetivada por meio da HF, especialmente porque expressou interesse em conhecer o desenvolvimento do pensamento científico e admiração pelas colaborações, tanto teórica quanto experimentais, dos cientistas do passado. A respeito da promoção de debates durante as aulas, A6 salientou que é necessário aos estudantes aprenderem a apresentar suas ideias, habilidade essencial em situações futuras, como participação em congressos, defesas de pesquisa frente a uma banca ou na docência.

A entrevista com A6 revelou que as atividades relacionadas à história do eletromagnetismo, proposta pelo pesquisar, contribuíram para sua formação acadêmica. Embora A6 não tenha discriminado os assuntos abordados na leitura dos textos, nos debates em aula, na escrita das fichas de leitura e a realização dos experimentos, essas atividades permitiram compreender sua profissão de maneira mais ampla, especialmente no que diz respeito aos processos de construção do pensamento científico.

A linguagem matemática é uma forma pela qual os profissionais da Física expressam seus entendimentos sobre a natureza. Embora consciente da importância matemática para a compreensão das teorias da Física, A6 manifestou que as disciplinas nas quais os professores adotaram apenas o recurso do quadro e das deduções matemáticas não conseguiram despertar seu interesse. Também, a partir da experiência compartilhada por A6, consideramos que a leitura de textos da HF sem discussões e trocas de ideias não é suficiente para que o acadêmico compreenda o contexto e identifique os motivos que geraram a identificação do problema original do tema estudado.

ANEXOS

ANEXO A – Página inicial do texto: Uma tradução comentada de um texto de Maxwell

Figura 30. Primeiro artigo que os alunos leram na disciplina Física III.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 3, p. 273 - 282 (2004)
www.sbfisica.org.br

Uma tradução comentada de um texto de Maxwell
sobre a ação a distância

(A commented Portuguese translation of a paper by Maxwell on action at a distance)

Alexandre C. Tort[1], Alexander M. Cunha[2] e A.K.T. Assis[2]

[1]*Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*
[2]*Instituto de Física 'Gleb Wataghin', Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil*
Recebido em 17/05/04; Aceito em 22/07/04

Apresentamos uma tradução comentada de um importante texto de James Clerk Maxwell publicado em 1873. Neste artigo, Maxwell discute argumentos a favor e contra a ação a distância.
Palavras-chave: James Clerk Maxwell, ação a distância, Isaac Newton, Michael Faraday.

A commented Portuguese translation of a text by James Clerk Maxwell published in 1873 is offered. In this important paper, Maxwell discusses arguments in favour and against the concept of action at a distance.
Keywords: James Clerk Maxwell, action at a distance, Isaac Newton, Michael Faraday.

1. Introdução

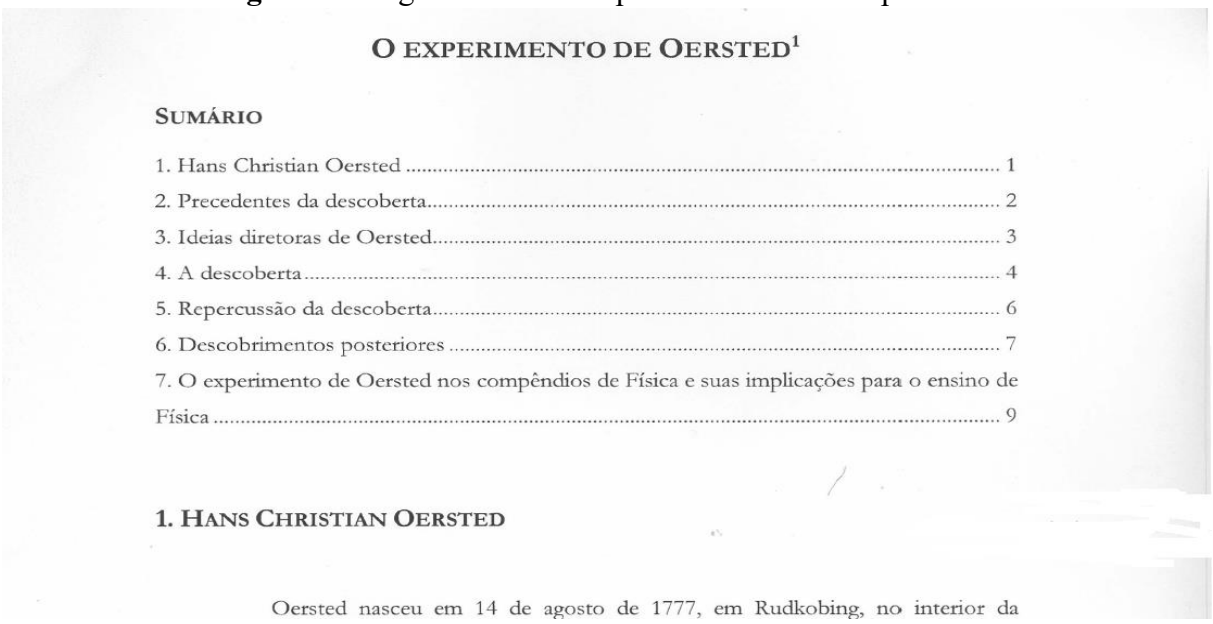
Apresentamos uma tradução comentada de um texto de James Clerk Maxwell (1831-1879) intitulado *On*

volta a este tema de um ponto de vista mais abrangente e filosófico, sem entrar em detalhes matemáticos. É um texto fascinante pela clareza e profundidade, assim como pela forma equilibrada e ponderada com que

Fonte: Tort, Cunha e Assis (2004).

ANEXO B – Página inicial do texto: O experimento de Oersted.

Figura 31. Segundo texto lido pelos alunos na disciplina Física III.



O EXPERIMENTO DE OERSTED[1]

SUMÁRIO

1. Hans Christian Oersted 1
2. Precedentes da descoberta 2
3. Ideias diretoras de Oersted 3
4. A descoberta 4
5. Repercussão da descoberta 6
6. Descobrimentos posteriores 7
7. O experimento de Oersted nos compêndios de Física e suas implicações para o ensino de Física 9

1. HANS CHRISTIAN OERSTED

Oersted nasceu em 14 de agosto de 1777, em Rudkobing, no interior da

Fonte: Autoria própria.

ANEXO C – Página inicial do texto: Sobre os efeitos das correntes elétricas: Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica.

Figura 32. Terceiro texto lido pelos alunos na disciplina Física III.

Onthe effects of electric currents – Commented translation of Ampère's first work related to electrodynamics

JOÃO PAULO MARTINS DE CASTRO CHAIB
ANDRÉ KOCH TORRES ASSIS
Unicamp

RESUMO: Apresentamos a tradução comentada da primeira obra de A. M. Ampère sobre os fenômenos eletrodinâmicos. Neste artigo Ampère descreve suas observações da ação entre correntes elétricas e suas conseqüências qualitativas.

Palavras-chave: Ampère, eletrodinâmica, eletromagnetismo.

ABSTRACT: We present a commented Portuguese translation of the first work of A. M. Ampère related to the electrodynamic phenomena. In this article Ampère describes his observations of the action between electric currents and their qualitative consequences.

Key-words: Ampère, electrodynamics, electromagnetism.

Introdução

Esta é uma tradução do primeiro trabalho publicado por Ampère (1775-1836) voltado para a eletrodinâmica, intitulado "Sobre os efeitos das correntes elétricas". Esse trabalho foi lido nos dias 18 e 25 de setembro de 1820 para a Academia Real de Ciências da França e apresentado por escrito à Academia em 2 de outubro de 1820.[1] O texto nunca foi traduzido para o português. Mesmo para o inglês existe apenas uma tradução parcial realizada por O. M. Blunn.[2]

A continuação desse artigo também foi publicada em 1820.[3] Novamente há uma tradução parcial deste segundo artigo para o inglês, realizada por O. M. Blunn.[4] Essas duas traduções parciais dos dois artigos de Ampère estão combinadas em um único texto em inglês, o que dificulta a localização de onde termina o primeiro trabalho e onde começa o segundo. Além disso, foram omitidas traduções de trechos importantes desses artigos. A tradução do primeiro artigo para o português apresentada aqui é completa.

Fonte: Chaib e Assis (2007b).

ANEXO D – Página Inicial do texto: Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo.

Figura 33. Quarto texto lido pelos alunos na disciplina Física III.

CDD: 530.14109

Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo

A. K. T. ASSIS

Instituto de Física 'Gleb Wataghin'
Universidade Estadual de Campinas
13083-970 CAMPINAS, SP

assis@ifi.unicamp.br /
http://www.ifi.unicamp.br/~assis/

J. P. M. C. CHAIB

Instituto de Física 'Gleb Wataghin'
Universidade Estadual de Campinas
13083-970 CAMPINAS, SP

jopachaib@yahoo.com.br

Resumo: *É feita uma tradução comentada do primeiro trabalho de Biot e Savart sobre eletromagnetismo. Eles passaram uma corrente constante em um longo fio retilíneo e observaram a posição de equilíbrio de uma pequena agulha imantada colocada próxima ao fio. Depois mediram o período para pequenas oscilações da agulha ao redor desta posição de equilíbrio, para diferentes distâncias da agulha ao fio. Concluíram que o torque magnético exercido pelo fio sobre a agulha é inversamente proporcional à distância entre o fio e o centro da agulha. Expressaram este fato em termos da força magnética exercida pelo fio sobre moléculas magnéticas na agulha. A força que atua sobre as moléculas seria perpendicular à linha ligando cada molécula ao fio e perpendicular ao eixo do fio, com sua intensidade sendo inversamente proporcional à distância ao fio.*

Palavras-chave: *Lei de Biot e Savart. Oersted. Eletromagnetismo.*

Introdução

Em 1820 Oersted (1777-1851) descobriu a deflexão de uma agulha imantada causada por um fio conduzindo uma corrente constante.[1] Esta descoberta marca o início do eletromagnetismo, ou seja, do estudo sistemático da relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

[1] H. C. Ørsted, *Cad. Hist. Fil. Ci.*, v. 10, p. 115-122 (1986), "Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética." Tradução de R. de A. Martins.

Fonte: Assis e Chaib (2006).

ANEXO E – Página Inicial do texto: Pesquisas experimentais em eletricidade

Figura 34. Quinto texto lido pelos alunos na disciplina Física III.

DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n1p152

PESQUISAS EXPERIMENTAIS EM ELETRICIDADE[++]

M. Faraday
Tradução de A. K. T. Assis e L. F. Haruna
Instituto de Física – UNICAMP
Campinas –SP

Resumo

Apresentamos uma tradução para o português do trabalho de Faraday de 1831 no qual ele apresenta sua descoberta fundamental da indução de correntes elétricas.

Palavras-chave: *Faraday, indução de correntes elétricas.*

Abstract

We present a translation into Portuguese of Faraday's work from 1831 in which he presented his fundamental discovery of the induction of electric currents.

Keywords: *Faraday, induction of electric currents.*

Introdução

Michael Faraday (1791-1867) descobriu a indução de correntes elétricas em 1831. Em novembro deste ano, apresentou sua descoberta para a *Royal Society* e publicou um trabalho sobre o tema em 1832. Apresentamos a seguir uma tradu-

[+] Experimental researches in Electricity

[*] *Recebido: novembro de 2010.*
Aceito: dezembro de 2010.

Fonte: Faraday (2011).

ANEXO F – Página Inicial do texto: A metodologia de J. C. Maxwell e o desenvolvimento da Teoria Eletromagnética

Figura 35. Sexto texto lido pelos alunos na disciplina Física III.

A METODOLOGIA DE J. C. MAXWELL E O DESENVOLVIMENTO DA TEORIA ELETRO-MAGNÉTICA

Paulo C. C. Abrantes
Depto. de Filosofia – UnB
Brasília – DF

Não é somente através de descobertas e do seu registro pelas sociedades eruditas que a ciência avança. O verdadeiro lugar da ciência não é o volume de Transactions, mas a mente viva, e o avanço da ciência consiste em orientar as mentes dos homens por um canal científico; seja isto realizado pelo anúncio de uma descoberta, a formulação de um paradoxo, a invenção de uma frase científica ou a exposição de um sistema de doutrina. Cabe ao historiador da ciência determinar a magnitude e a direção do impulso comunicado ao pensamento humano por cada um desses meios... (1)

J. C. Maxwell

I. Introdução

ANEXO G – Plano de Ensino da disciplina Física III

INFI – INSTITUTO DE FÍSICA **Período Letivo: 2017/1**
FÍSICA – BACHARELADO
FÍSICA - LICENCIATURA

Disciplina: FÍSICA F III
C.H.: 102 horas
Professor(es):

1. Ementa:
Carga Elétrica; Lei de Coulomb; Campo Elétrico; Lei de Gauss; Potencial Elétrico; Capacitores e Dielétricos; Corrente e Resistência; Equação da Continuidade; Força Eletromotriz e Circuitos de Corrente Contínua; Campo Magnético; Lei de Ampère; Lei de Faraday; Indutância; Propriedades Magnéticas da Matéria.

2. Objetivo:
Ao final da disciplina os alunos deverão ser capazes de:

1. Calcular campos e potenciais elétricos em diferentes arranjos de distribuições de carga e correntes estacionárias;

2. Projetar circuitos em série, paralelo e mistos envolvendo resistores, capacitores, indutores e fontes de tensão;

3. Construir circuitos elétricos residenciais;

4. Aplicar as equações de Maxwell à propagação de ondas eletromagnéticas;

5. Projetar situações didáticas para o ensino de eletromagnetismo no Ensino Médio.

3. Programa:
Unidade I - Campos no vácuo (60 horas) I.1 - Campos: definição de campo e de fonte de um campo - cargas e correntes - Fluxo e rotacional de um campo vetorial; I.2 - O campo elétrico: Leis de Gauss e Coulomb e o potencial eletrostático; I.3 - O campo magnético: Leis de Gauss e Biot-Savart e o potencial vetorial; I.4 - Campos dependentes do tempo: equações de Maxwell; I.5 - Energia e momento do campo eletromagnético: armazenamento e fluxos; I.6 - Formas de geração de energia, eficiência energética e sustentabilidade; I.7 - Obstáculos epistemológicos e o ensino de Física; I.8 - Concepções espontâneas em eletricidade e magnetismo; I.9 - Formas de superação das concepções espontâneas: o modelo de mudança conceitual e o modelo dos perfis conceituais. Unidade II - Circuitos elétricos (30 horas) II.1 - Definições de corrente, densidade de corrente e de circuito
elétrico; II.2 - Componentes de um circuito elétrico: fontes de tensão, resistores, indutores e capacitores; II.3 - Cálculo de circuitos equivalentes e dimensionamento de um circuito elétrico; II.4 - Segurança em circuitos elétricos e dispositivos de proteção: raios e descargas eléticas atmosféricas; II.5 - Perdas de energia em circuitos elétricos e sustentabilidade; II.6
- Contextualizando o ensino de Física e a construção de significados; II.7 - Representações dos conceitos em Física e a Matemática como linguagem; II.8 - Ciência, Tecnologia e Sociedade e o ensino de Física. Unidade III - Campos e meios materiais (12 horas) II.1 - Campos elétricos em meios materiais e o vetor deslocamento elétrico; III.2 - Campos Magnéticos em meios materiais e o vetor H; III.3 - Materiais e sua resposta à aplicação de campos magnéticos; III.4 - Aplicações tecnológicas de materiais magnéticos.

4. Procedimentos:
1. Aulas expositivas dialogadas; 2. Atividades em grupo em sala de aula; 3. Atividades individuais; 4. Atividades demonstrativas e de simulação.

5. Recursos:
1. Sala de aula equipada com computador e projetos multimídia; 2. Softwares de simulação; 3. Materiais de consumo: pilhas, capacitores, resistores, indutores, fios e placas para montagem