



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Ciências
Campus de Bauru
Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência

Gustavo Ferreira Prado

**O ENSINO DE ESTRUTURA DA MATÉRIA NA DISCIPLINA DE FÍSICA: UMA ANÁLISE DE
ESTRUTURAS CONCEITUAIS PARA A MODELAGEM DO CURRÍCULO**

Bauru

2015

GUSTAVO FERREIRA PRADO

**O ENSINO DE ESTRUTURA DA MATÉRIA NA DISCIPLINA DE FÍSICA: UMA ANÁLISE DE
ESTRUTURAS CONCEITUAIS PARA A MODELAGEM DO CURRÍCULO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a
Ciência, área de concentração em Ensino de Ciências, da Unesp
/ Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em
Educação para a Ciência.

Orientação: Profa. Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani.
Co-orientação: Profa. Dra. Denise Fernandes de Mello.

Bauru
2015

Prado, Gustavo Ferreira.

O Ensino de Estrutura da Matéria na disciplina de Física: uma análise de estruturas conceituais para a modelagem do currículo. Gustavo Ferreira Prado, 2015.


Orientador: Sílvia Regina ~~Quijada~~ Aro Zuliani

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2015


1. Ensino de Física. 2. Formação de Professores em Física. 3. Física Moderna e Contemporânea. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GUSTAVO FERREIRA PRADO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 02 dias do mês de março do ano de 2015, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro do Prédio da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. EDUARDO ADOLFO TERRAZZAN do(a) Departamento de Metodologia de Ensino / Universidade Federal de Santa Maria, Profa. Dra. SANDRA REGINA TEODORO GATTI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de GUSTAVO FERREIRA PRADO, intitulado "O Ensino de Estrutura da Matéria na disciplina de Física: Uma Análise de estruturas Concentuais para a Modelagem do Currículo". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI


Prof. Dr. EDUARDO ADOLFO TERRAZZAN


Profa. Dra. SANDRA REGINA TEODORO GATTI

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Sílvia Regina Quijadas Aro Zuliani, pela sabedoria e confiança depositadas durante o meu percurso desde a graduação. Sua dedicação à Educação, como pesquisadora e professora nos diversos níveis de Ensino, durante toda a vida, fizeram-na de uma visão singular que somente a experiência em sala de aula pode dar. Nas mais breves palavras pode ser percebida a voz da experiência de quem realmente atuou em sala de aula, frente aos reais problemas sociais, profissionais e políticos que os professores enfrentam diariamente. Esse fator, na minha visão, a diferencia essencialmente dentre diversos pesquisadores que conheço. Agradeço com admiração.

Ao professor Eduardo pela experiência, dedicação e paciência ao comentar detalhadamente cada parágrafo dos meus textos. Sua capacidade em esclarecer ideias que permaneciam embaralhadas e indissolúveis em minha mente enriqueceram muito este trabalho.

A professora Iramaia Jorge Cabral de Paulo pelas correções e visão teórica que deram maior solidez a este trabalho.

A professora Sandra Regina Teodoro Gatti pela gentileza, presteza e dedicação que mostrou pelo meu trabalho e pela área de Ensino de Ciências desde os tempos da minha graduação.

Um agradecimento especial e de muito carinho à professora Denise Fernandes de Mello, minha primeira orientadora na área de Educação em Ciências, onde os meus primeiros passos foram dados. Sua visão inovadora e destemida, com atuação direta em escolas carentes e por vezes marginalizadas sempre me farão lembrar que o nosso trabalho como educadores é, na sua essência, de interesse público. Para tanto, a educação deve chegar a todos os lugares e a todas as idades.

A toda minha família pelos momentos de apoio e dedicação.

Aos integrantes do grupo de pesquisas “Ensino de Química, investigação orientada, linguagens e formação docente” da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp. A realização do curso de formação do qual emerge este trabalho só foi possível pelo exemplo de trabalho em grupo e dedicação de vocês naquelas manhãs de sábado.

Agradeço principalmente a Deus e à Vida, pelos anos de saúde e iluminação.

PRADO, G. F. **O ENSINO DE ESTRUTURA DA MATÉRIA NA DISCIPLINA DE FÍSICA: UMA ANÁLISE DE ESTRUTURAS CONCEITUAIS PARA A MODELAGEM DO CURRÍCULO.** 2015. 119f. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2014.

RESUMO

A partir dos estudos desenvolvidos no grupo de pesquisa “Ensino de Química, Investigação Orientada, Linguagens e Formação Docente”, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – campus de Bauru-SP, deste trabalho e dos referenciais teóricos utilizados, percebeu-se que grande parte dos professores do Ensino Médio o qual ministravam a disciplina de Física não abordavam o tema Estrutura da Matéria em suas aulas, seja no âmbito geral da disciplina ou na abordagem direta do Currículo do Estado de São Paulo para Ciências da Natureza. Apesar da abordagem direta do conteúdo (Estrutura da Matéria: modelos de átomos e moléculas, quantização da energia, radioatividade e partículas elementares), grande parte da construção destes conceitos, o qual compõem parte da *física moderna e contemporânea*, inicia-se na Filosofia ou na busca da superação das limitações que a abordagem *clássica das ciências* impõe.

Acreditamos que o ensino de Estrutura da Matéria depende diretamente da articulação realizada pelo professor entre os *saberes clássicos e contemporâneos* das ciências. Esta articulação, por sua vez, depende inteiramente das concepções formadas pelos professores acerca dos conceitos tratados, ou seja, de sua visão ontológica, epistemológica e conceitual do tema.

Para tanto, convidamos professores que ministravam a disciplina de Física, no Ensino Médio da região de Bauru-SP, para construir e discutirem tais conceitos em um curso de formação continuada realizado junto do grupo de pesquisas.

Assim, buscou-se, inicialmente, construir com base na História, Filosofia e Filosofia da Ciência os conceitos subjacentes à Estrutura da Matéria, para em seguida realizar uma discussão crítica de sua articulação com o Currículo do Estado de São Paulo e dos fatores que limitavam as aulas que abordassem o tema. Posteriormente às discussões, realizamos um estudo conceitual dirigido e os professores construíram um plano de aula que abordasse o tema. No âmbito da pesquisa, esta inseriu-se em momentos específicos do curso de formação, permitindo a realização de uma discussão relativa aos saberes dos professores e a respeito do currículo por eles modelado, na perspectiva de Sacristán (2000), ao planejar uma aula que abordasse o tema Estrutura da Matéria. Foram analisados os perfis conceituais, ontológicos e epistemológicos dos professores quanto ao tema e também o currículo modelado pelos professores na perspectiva de um currículo estadual, organizado por uma grade de habilidades e competências a serem desenvolvidas e atingidas pelos alunos. A estrutura curricular não modelada, por vezes, implica na desconstrução da autonomia e prática docente, causando uma inversão e/ou auto corrupção de sua proposta de ensino com qualidade. Esse fato pode ser relacionado através deste trabalho, devido à formação distinta da disciplina que alguns professores se propõem a ministrar, gerando uma incapacidade de modelar o currículo, assim como na própria prática de outros professores que por vezes se transforma, caracterizando docentes que podem passar a atuar como transmissores passivos de informações pré-estabelecidas devido a uma “*estrutura curricular mínima*”.

Palavras-chave: Estrutura da matéria, Física moderna e contemporânea, Formação de professores, Epistemologia, Ontologia.

PRADO, G. F. **THE STRUCTURE OF MATTER ON PHYSICS EDUCATION: AN ANALYSIS OF CONCEPTUAL STRUCTURES FOR CURRICULUM PERSPECTIVE CHANGE.** 2015. 119f. DISSERTATION (Masters in Science Education). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2014.

ABSTRACT

From the studies developed in the research group “Ensino de Química, Investigação Orientada, Linguagens e Formação Docente”, on Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP - campus of Bauru-SP, this work and theoretical frameworks used, it was noticed that most of the high school teachers who teach physics did not point “structure of matter” in their classes, either within the direct approach of the State of São Paulo Curriculum for Natural Sciences. Although, a direct approach to the content (Structure of Matter: models of atoms and molecules, energy quantization, radioactivity and elementary particles), much of the construction of these concepts, which make up part of modern and contemporary physics, begins in philosophy or in the effort to overcome the limitations that the classical approach of science imposes.

We believe that the education Structure of Matter depends directly on the joint carried out by Professor between classic and contemporary knowledge of science. This articulation, in turn, depends entirely on the concepts formed by teachers about the treated concepts, ie its ontological vision, epistemological and conceptual theme.

Therefore, we invite teachers who taught the discipline of physics in high school of Bauru-SP region, to build and discuss these concepts in a continuing education course conducted with the research group.

Thus, we sought to initially build on the History, Philosophy and Philosophy of Science the concepts underlying the Structure of Matter, to then perform a critical discussion of its relationship with the curriculum of the State of São Paulo and the factors that limited classes that addressed the issue. Later the discussions we conducted a conceptual study directed and teachers built a lesson plan that would address the issue. Under the survey, this was inserted at specific times of the training course, enabling the holding of a discussion concerning the knowledge of teachers and about the curriculum they modeled with a view to Sacristán (2000), when planning a lesson that approached the topic Structure of Matter.

We have analyzed the curriculum shaped by the teachers from the perspective of a state curriculum, organized by a grid of skills and competencies to be developed and achieved by students, which sometimes involves the deconstruction of the autonomy and teaching practice, causing an inversion and / or self corruption of his teaching proposal with quality. This may be related through this work, due to the formation of distinct discipline that some teachers intend to teach, generating an inability to shape the curriculum, as well as the very practice of other teachers who sometimes turns, featuring teachers who can pass to act as passive transmitters of pre-established information due to a minimum curriculum.

Keywords: Structure of matter, Modern and contemporary physics, Physics teacher education.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EEM – Estrutura Elementar da Matéria.

EM – Estrutura da Matéria.

EFAP – Escola de Formação e Aperfeiçoamento dos Professores (Estado de São Paulo).

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais.

FMC – Física Moderna e Contemporânea.

PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Perfil epistemológico da visão pessoal de massa, Bachelard (1984) | 31 |
| Figura 2. Três domínios da mudança epistemológica, organizada por Pozo e Crespo (2009, p.111). | 34 |
| Figura 3. Três domínios da mudança ontológica, organizada por Pozo e Crespo (2009, p.111) | 34 |
| Figura 4. Três dimensões e respectivos domínios da mudança conceitual aplicada à compreensão da química, organizada por Pozo e Crespo (2009, p.111) | 35 |
| Figura 5. Tabela organizativa de substâncias simples segundo Lavoisier. (fonte: University of Illinois at Urbana-Champaign) | 39 |
| Figura 6. Elementos e estruturas moleculares de John Dalton em <i>A New System of Chemical Philosophy</i> . Em 1808, 1810 e 1827. (fonte: University of Illinois at Urbana-Champaign) | 41 |
| Figura 7. Tabela periódica de elementos, por Medeleev (fonte: University of Illinois at Urbana-Champaign) | 42 |
| Figura 8. Marcha do descobrimento. Fonte: Pais (1997) | 43 |
| Figura 9. "Standard Model of Elementary Particles", PBS NOVA, Fermilab, Office of Science, United States Department of Energy, Particle Data Group | 44 |
| Figura 10. Quadros de representação para a estrutura da água em função da temperatura | 57 |
| Figura 11. Quadros de representação para a estrutura do ferro em função da temperatura | 58 |
| Figura 12. Três domínios da mudança epistemológica aplicada à compreensão da química, organizada por Pozo e Crespo (2009, p.143) | 59 |
| Figura 13. Três domínios da mudança ontológica aplicada à compreensão da química, organizada por Pozo e Crespo (2009) | 59 |
| Figura 14. Três dimensões e respectivos domínios da mudança conceitual aplicada à compreensão da química, organizada por Pozo e Crespo (2009) | 60 |
| Figura 15. Sujeitos participantes da pesquisa | 68 |
| Figura 16. Sequência de instrução para a mudança conceitual, proposta por Pozo e Crespo (2009, p.267) | 68 |
| Figura 17. Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Adenir | 72 |
| Figura 18. Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Adenir | 73 |
| Figura 19. Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Alberto | 77 |
| Figura 20. Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Alberto | 78 |
| Figura 21. Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Maurício | 83 |
| Figura 22. Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Maurício | 84 |
| Figura 23. Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Mauro | 88 |
| Figura 24. Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Mauro | 89 |
| Figura 25. Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Antônio | 93 |

| | |
|--|----|
| Figura 26. Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Antônio | 94 |
| Figura 27. Perfil superior alcançado pelos sujeitos | 97 |
| Figura 28. Perfil inferior alcançado pelos sujeitos | 97 |
| Figura 29. Subconjuntos de significados | 98 |
| Figura 30. A objetivação do currículo no processo de seu desenvolvimento. Sacristán (2000, p.105).110 | |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1. Proposições apresentadas por Cañal (2000) para uma atividade investigativa | 51 |
| Quadro 2. Primeiro bloco de encontros e práticas desenvolvidas | 52 |
| Quadro 3. Segundo bloco de encontros e práticas desenvolvidas | 53 |
| Quadro 4. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Adenir) | 72 |
| Quadro 5. Expressão textual do sujeito Adenir | 75 |
| Quadro 6. Unidades de significado do sujeito Adenir | 76 |
| Quadro 7. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Alberto) | 77 |
| Quadro 8. Expressão textual do sujeito Alberto | 80 |
| Quadro 9. Unidades de significado do sujeito Alberto | 81 |
| Quadro 10. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Maurício) | 82 |
| Quadro 11. Expressão textual do sujeito Maurício | 86 |
| Quadro 12. Unidades de significado do sujeito Maurício | 87 |
| Quadro 13. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Mauro) | 88 |
| Quadro 14. Expressão textual do sujeito Mauro | 91 |
| Quadro 15. Unidades de significado do sujeito Mauro | 92 |
| Quadro 16. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Antônio) | 93 |
| Quadro 17. Expressão textual do sujeito Antônio | 96 |
| Quadro 18. Unidades de significado do sujeito Antônio | 97 |
| Quadro 19. Conjuntos de unidades de significado | 99 |
| Quadro 20. Subconjuntos das unidades de significado | 100 |
| Quadro 21. Síntese das informações que compõem o plano de aula | 101 |
| Quadro 22. Síntese das informações que compõem o plano de aula | 102 |
| Quadro 23. Fases atendidas no primeiro plano de aula | 102 |
| Quadro 24. Fases atendidas no segundo plano de aula | 103 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1. Introdução | 13 |
| 2. O que estamos ensinando enquanto Ciência? | 20 |
| 2.1 Posicionamento docente frente a Ciência | 21 |
| 3. Estruturas Conceituais, Epistemológicas e Ontológicas | 27 |
| 4. O que entendemos neste trabalho como sendo Estrutura da Matéria..... | 35 |
| 5. Algumas propostas para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Brasil | 46 |
| 6. Metodologia..... | 48 |
| 6.1. Proposta do curso de formação continuada | 48 |
| 6.1.1. Metodologia do curso | 50 |
| 6.2 Instrumentos de coleta de dados | 55 |
| 6.2.1. Instrumento de construção do perfil conceitual | 55 |
| 6.2.2. Instrumento de construção do plano de aula | 61 |
| 6.3. Metodologia de tratamento dos dados | 65 |
| 7. Tratamento dos dados | 68 |
| 7.1. Questionário de concepções | 69 |
| 7.2 Planos de aula | 98 |
| 8. Resultados | 101 |
| 9. Discussões | 103 |
| 10. Considerações finais | 109 |
| Referências..... | 111 |
| Apêndice I..... | 114 |
| Apêndice II..... | 118 |

1. INTRODUÇÃO

A questão central deste trabalho surge de uma inquietação pessoal sobre as metodologias empregadas no ensino do tema “Estrutura da Matéria”, presentes, predominantemente, nos currículos de Física e Química, e se transforma ao tentar compreender os significados atribuídos, por parte de um grupo de professores de Física, a esse conceito que permeia a história da ciência.

Para compreensão do que chamamos aqui de “Estrutura da Matéria”, doravante EM, precisamos entender que seu significado é fruto de uma construção histórica pautada em modelos representativos: pictóricos, matemáticos ou até mesmo metafísicos, da natureza elementar de todas as coisas materiais. Buscar significados para EM sem compreender que o tema é parte de uma construção histórica nos parece algo inoportuno, talvez sem sentido e que tornaria sua percepção no mínimo incompleta. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias no escopo da educação nacional informam que:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. **Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas.** (BRASIL, 2000, p.22, grifo nosso).

Os primeiros questionamentos referentes à EM são parte dos primeiros questionamentos da humanidade (REALE, 1997), assim como os modelos explicativos subjacentes desenvolvidos, que compõem parte da história do surgimento da filosofia grega. As primeiras questões envolvendo a natureza da matéria e suas propriedades apareceram, aproximadamente, há 27 séculos com a cultura grega (Caruso e Oguri, 2006). Na cidade de Mileto, na Jônia, atual Turquia, entre os séculos VII a.C. e VI a.C, diversos pensadores, dentre os quais o expoente foi Tales (623/4 a.C – 556/8 a.C), buscavam a compreensão da natureza física ou realidade física da natureza segundo a orientação de que deveria existir um “princípio” natural para todas as coisas.

O “princípio” proposto pelos pensadores jônicos, hoje se sistematiza, de modo semelhante, na busca por estruturas elementares da matéria. As finalidades e aplicações que justificam seus estudos sofreram muitas mudanças, acompanhadas filosoficamente e cientificamente do conhecimento e necessidades do homem, porém sua essência permanece, a elementaridade, ou seja, um sistema de partículas indivisíveis (elementares) que poderiam, quando organizadas, formar toda a matéria que compõe do universo.

Hoje, a busca pela definição desse modelo de partículas, conhecido como Modelo Padrão, constitui uma área específica de estudos da Física e é responsável pelos laboratórios e experimentos científicos de maiores investimentos já realizados pelo homem.

No plano da educação escolar brasileira, os conteúdos que constituem o tema EM estão incluídos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+) e transitam entre as disciplinas de Física, Química e Biologia.

Uma compreensão atualizada do conceito de energia, dos modelos de átomo e de moléculas, por exemplo, não é algo “da Física”, pois é igualmente “da Química”, sendo também essencial à Biologia molecular, num exemplo de conceitos e modelos que transitam entre as disciplinas. (BRASIL, 2000, p.8)

Mesmo que vinculados à Biologia, os conteúdos de EM apresentam-se estruturados com maior explicitação na disciplina Física, seguido da Química. Ao anunciar os conhecimentos da disciplina Física o PCN de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias introduz em seu primeiro parágrafo a seguinte definição:

A Física é um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias. (BRASIL, 2000, p.22).

Por razões históricas e epistemológicas a disciplina Física possui, usualmente, nos currículos e livros didáticos, uma divisão artificial, entre conceitos *clássicos*, e *contemporâneos ou modernos*. Entre os conceitos clássicos podemos citar áreas de estudo da Física como:

- Mecânica (cinemática, dinâmica e gravitação);
- Eletricidade e magnetismo;
- Óptica geométrica;
- Ondulatória;
- Termologia e termodinâmica.

Entendemos aqui por *clássico(a)* o conjunto de todos os conceitos e práticas científicas (filosóficas e epistemológicas) que não possui ou não necessita de tratamento quânticos e relativísticos nas disciplinas de física, química e biologia.

Essa organização também é meramente artificial, uma vez que este corpo de conhecimentos poderia ser formatado distintamente, de acordo com as necessidades pedagógicas e filosofias próprias de quem assim desejasse, inclusive suprimindo conceitos os quais hoje fazem com que ele seja demasiado extenso e conseqüentemente inoperante em sua totalidade, segundo nossa visão.

Conforme colocado acima, o fator que o mantém invariante é a ausência de formalismo matemático e explicativo quântico ou relativístico nas descrições de fenômenos naturais ou induzidos pela ação humana na forma de ciência e tecnologia.

Já a *Física Moderna e Contemporânea* (FMC) na visão deste trabalho engloba os fenômenos que necessitam desse tratamento quântico ou relativístico, assim como os desdobramentos e novas descobertas da Física atual. Muitos dos fenômenos *clássicos*, porém, podem ser relacionados diretamente com os *contemporâneos* e constituir um só “corpo de estudos” levando em conta a epistemologia da ciência em cada período, assim como as distintas necessidades históricas ou sociais. Os conceitos de Estrutura da Matéria, por exemplo, emergem na Filosofia, ganham respaldo matemático e preditivo na Química, passam a ser objeto de estudo também da *Física Clássica*, principalmente com a Teoria Cinética dos Gases, e atualmente, após a descrição do Movimento Browniano, a desconstrução do átomo clássico e a modelagem da partículas e interações fundamentais da natureza são objeto de estudo da FMC.

Uma possível organização destes conceitos seria o ensino da FMC em tópicos complementares ou textos dispersos ao longo dos livros didáticos, não necessariamente atrelados aos conteúdos, normalmente ressaltando curiosidades e inovações tecnológicas, o que é atualmente bastante praticado pelos autores de livros didáticos (DOMINGUINI, 2012) e propostas curriculares, criando uma cisão artificial dos conceitos *clássicos* e *contemporâneos*.

Segundo nossa visão, essa disposição propicia a criação de um caráter de “não importância” a seus conteúdos através de tópicos complementares ou deslocados no currículo, assim como suprime os fatores limitantes de conceitos *clássicos* que levaram muitas vezes aos estudos *contemporâneos*. Assim, opera de forma a subtrair a importância dos fenômenos *clássicos*, que podem deixar de possuir significado para o cotidiano e interesse das pessoas, gerando, conseqüentemente, uma incompreensão dos *contemporâneos*, uma vez que parecem ter surgido como mágica para a humanidade através de devaneios de gênio incompreendidos.

Dessa forma, os conceitos que constituem a Física Moderna e Contemporânea podem ser apresentados de forma vinculada a outros *clássicos* ou de forma desvinculada. Os PCNs indicam para um ensino vinculado no tratamento dos temas *clássicos* e *contemporâneos* das ciências, gerando uma visão mais harmônica das ciências e criando a possibilidade de discussões segundo o cotidiano dos alunos.

A Ótica e o Eletromagnetismo, além de fornecerem elementos para uma leitura do mundo da informação e da comunicação, poderiam, numa conceituação ampla, envolvendo a codificação e o transporte da energia, ser o espaço adequado para a introdução e discussão de modelos microscópicos. A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos. (BRASIL, 2000, p.26)

O ensino de conceitos *contemporâneos* das ciências, mesmo quando realizado de forma a evidenciar mais fortemente seu caráter conceitual e histórico, já que por vezes os cálculos inerentes são bastante complexos, pode gerar um aprendizado mais efetivo de temas *clássicos* das ciências ao longo do currículo, conforme ressaltam os PCNs.

A possibilidade de um efetivo aprendizado de Cosmologia depende do desenvolvimento da teoria da gravitação, assim como de noções sobre a constituição elementar da matéria

e energética estelar. **Essas e outras necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à Física contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso.** (BRASIL, 2000, p.26, grifo nosso).

No Estado de São Paulo foi implantada, a partir de 2008, uma nova proposta curricular que visa a “ação integrada e articulada” (SÃO PAULO, 2008, p. 5) da educação estadual. A proposta possui como objetivos “organizar melhor o sistema educacional de São Paulo” (SÃO PAULO, 2008, p. 5), já que, segundo o documento oficial:

“A criação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), que deu autonomia às escolas para que definissem seus próprios projetos pedagógicos, foi um passo importante. Ao longo do tempo, porém, essa tática descentralizada mostrou-se ineficiente.” (SÃO PAULO, 2008, p. 5).

O documento declara que a tática de conferir autonomia às escolas para propor seus próprios projetos pedagógicos é uma tática ineficiente, porém não especifica quais os parâmetros operacionalizados para se conferir o grau totalitário de ineficiência ao sistema escolar estadual, nem, tampouco, em que medida e prazo foram realizados esforços e investimentos suficientes para conferir a devida autonomia às unidades escolares após a promulgação da referida lei.

Segundo Lopes et al.(2009) a construção do currículo estadual não se deu através de um processo democrático, uma vez que não foram consultados ou representados os docentes, gestores e a comunidade escolar envolvida, conferindo uma perspectiva ideológica excludente ao processo. O currículo apresenta como princípios centrais: “a escola que aprende, o currículo como espaço de cultura, as competências como eixo de aprendizagem, a prioridade da competência de leitura e de escrita, a articulação das competências para aprender e a contextualização no mundo do trabalho”. (SÃO PAULO, 2008, p.6). Sua organização curricular com foco central na grade de habilidades e competências é questionada por “contribuir para uma desvalorização de conteúdos e para um empobrecimento da discussão cultural no currículo, reforçando o caráter instrumental de forma mais ampla”, uma vez que não existe foco e articulação dos dois conceitos entre os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e a comunidade disciplinar de ensino de física. (SILVA; LOPES, 2007 e LOPES et al., 2009).

Na perspectiva da proposta para com o aluno “é com essas competências e habilidades que ele contará para fazer sua leitura crítica do mundo, para compreendê-lo e propor explicações, para defender suas ideias e compartilhar novas e melhores formas de ser, na complexidade em que hoje isso é requerido.” (SÃO PAULO, 2008, p. 13).

Em função de uma possível desvalorização de conteúdos Lopes et al.(2009) inferem que no currículo de Ciências da Natureza ocorre um “empobrecimento da discussão cultural” e “uma formação baseada no imediatismo e na informação escolar vinculada ao trabalho, livre de qualquer reflexão de exercícios da crítica”. Para os autores trata-se da “instalação da semicultura nos sujeitos, através de um processo de semiformação”, levando a uma visão “a-crítica, a-histórica e pragmática” do currículo que

institui uma educação “com fins para a instrumentalização dos alunos para a operação das tecnologias”, diluindo as relações “sociológicas, políticas, econômicas, ambientais, e valorativas que podem associar-se à ciência e à tecnologia”.

A Proposta Curricular do Estado de São Paulo da disciplina Física apresenta a seguinte divisão de conteúdos:

- **1ª Série** – Tema: Movimentos: variações e conservações
 - 1º Bimestre:
 - Grandezas do movimento: identificação;
 - Caracterização e estimativa de valores;
 - Quantidade de movimento linear: variação e conservação;
 - Leis de Newton.
 - 2º Bimestre:
 - Trabalho e energia mecânica;
 - Equilíbrio estático e dinâmico.
 - 3º Bimestre:
 - Universo: elementos que o compõem;
 - Interação gravitacional;
 - 4º Bimestre:
 - Sistema Solar;
 - O Universo, sua origem e compreensão humana;

- **2ª Série** – Tema: Calor, ambiente e usos de energia.
 - 1º Bimestre:
 - Fenomenologia: calor, temperatura e fontes;
 - Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria;
 - Aquecimento e clima;
 - 2º Bimestre:
 - Calor como energia;
 - Máquinas térmicas;
 - Entropia e degradação da energia;
 - 3º Bimestre:
 - Som: fontes, características físicas e usos;
 - Luz: fontes e características físicas;
 - 4º Bimestre:
 - Luz e cor;
 - Ondas eletromagnéticas;
 - Transmissões eletromagnéticas.

- **3ª Série** – Tema: Equipamentos elétricos.
 - 1º Bimestre:
 - Circuitos elétricos;
 - Campos e forças eletromagnéticas.
 - 2º Bimestre:
 - Campos e forças eletromagnéticas (continuação);
 - Motores e geradores;
 - Produção e consumo de energia elétrica.
 - 3º Bimestre:
 - Matéria: suas propriedades e organização;
 - Átomo: emissão e absorção da radiação;
 - Núcleo atômico e radioatividade.
 - 4º Bimestre:
 - Partículas elementares;
 - Eletrônica e informática (semicondutores, microeletrônica).
 - Transmissões eletromagnéticas.

O tema Estrutura da Matéria é, contrariamente às indicações do PCN, constituinte na grade do terceiro ano do Ensino Médio, no segundo semestre letivo (3º e 4º bimestres), deslocado e sem articulação com o restante do currículo, em um semestre que apresenta grandes dificuldades para os professores, como discutiremos mais à frente.

A importância do estudo e da inserção da FMC no Ensino Médio vem sendo discutida pela comunidade científica, por profissionais dedicados à criação de materiais didáticos e professores, porém a prática destes conteúdos pouco tem se efetivado na sala de aula.

Apresentando destaque na iniciativa de discutir os temas de Física Moderna no currículo de Física, as teses de doutorado de Terrazan (1994) e Ostermann (2000) mostram o crescente, porém ainda tímido, panorama brasileiro na abordagem do tema, frente ao contexto internacional, assim como as principais metodologias para a abordagem dos assuntos referentes à Física Moderna.

Estudos anteriores do grupo “Ensino de Química, Investigação Orientada, Linguagens e Formação Docente”, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – campus de Bauru-SP, aliado ao seu caráter de extensão e formação docente, nos fez perceber que grande parte dos professores de Física do Ensino Médio não ensinavam os conteúdos referentes ao segundo semestre do terceiro ano.

Para buscar uma forma de redimensionar esses conteúdos, do segundo semestre, de forma a buscar a efetivação de seu ensino e a compreensão de sua inoperância, estruturou-se um curso de formação docente para professores da rede pública. Foi divulgado para as escolas da rede pública por meio da Diretoria de Ensino da região de Bauru o convite para a realização do curso de formação intitulado “Questionamentos e possibilidades no ensino de Estrutura da Matéria com o currículo atual: iniciando uma análise Histórico-Filosófica, Epistemológica e Conceitual das Estruturas Elementares da Matéria”. Este compunha parte de um conjunto de outros dois cursos de formação nas áreas de Química e Biologia, organizados pelo grupo de pesquisas.

Dentre os objetivos que fundamentavam o curso podemos citar:

- A problematização da educação científica que os professores desenvolvem em suas práticas pedagógicas.
- A proposição de uma leitura sobre a relação entre Educação Científica e a História e Filosofia da Ciência, visando fornecer subsídios teóricos aos professores para que possam refletir sobre a sua inserção no ensino de Ciências.
- A análise das possibilidades do Currículo do Estado de São Paulo para a inserção da proposta de Ensino por Investigação na escola.
- Analisar as possibilidades de inserção de atividades interdisciplinares com base no Currículo do Estado de São Paulo.
- Desenvolver um exercício teórico-prático com os professores para analisar as possibilidades e limitações da inserção na escola do que foi proposto e elaborado no curso.

O Curso foi ministrado na Universidade Estadual Paulista – Unesp – campus de Bauru, no primeiro semestre de 2013, entre os meses de abril e agosto, com duração de 60 horas, sendo 40 horas presenciais, com encontros aos sábados pela manhã e 20 horas de atividades à distância (atividades de leitura e

atividades de aplicação na escola), sendo ministrado por diversos docentes e especialistas convidados em cada área de conhecimento abordada, além dos próprios integrantes do grupo de pesquisas.

No âmbito da pesquisa, inserida em momentos específicos do curso, buscamos compreender o modo como os professores abordam e constroem atividades sobre o tema, nos levando aos seguintes questionamentos que apresentam este trabalho:

- *Qual o significado de um tema tão vasto como Estrutura da Matéria para os professores?*

Além disso,

- *Qual a importância que eles atribuem para esse tema?*

Resumidamente, poderíamos dizer:

- *O que é a “Estrutura da Matéria”, em seu significado mais amplo, para os professores?*

Desse modo, a partir do último questionamento citado, ao longo do curso, o procedimento foi levantar os perfis conceituais sobre Estrutura da Matéria através de questionários e discuti-los junto dos professores e de um plano de aula criado por eles ao término do curso.

O conhecimento dos saberes apresentados pelos professores, além de fornecer informações sobre a construção do conhecimento nos conceitos em que estão envolvidos, permite nortear e delinear ações práticas que sejam mais efetivas na formação continuada e nortear práticas que venham a desenvolver a articulação crítica dos professores quanto a disposição dos conteúdos do currículo oficial do Estado de São Paulo.

2. O QUE ESTAMOS ENSINANDO ENQUANTO CIÊNCIA?

A dificuldade pode começar aqui, na concepção de Ciência do professor.

Temos, hoje, múltiplas interpretações para essa palavra, Ciência, as quais podem se caracterizar segundo diferentes concepções: antropológicas, históricas, filosóficas, entre outras.

Buscando um melhor entendimento sobre a concepção de Ciência, podemos analisar a perspectiva dialética do sujeito, professor, gerada junto de todos esses aspectos normalizados. Estudos, ideais, sociedade envolvida, ambiente escolar, política, currículo, formação inicial e continuada, mídia e economia são apenas algumas das variáveis que poderiam interferir na visão de um professor acerca da Ciência. Devido ao número de variáveis envolvidas, esse sistema parece um tanto quanto caótico, e realmente será, caso levemos em conta suas múltiplas perspectivas.

O professor de Ciências, naturalmente, forma uma visão bastante abrangente dos fatores que influenciam e são influenciados pela Ciência, compondo uma imagem própria sobre o que é Ciência e como ela deve ser ensinada. A prática docente depende inteiramente dessa visão pessoal, muitas vezes implícita e caótica, mediada pelos fatores culturais, sociais, e outros citados que o intermedeiam.

Alguns padrões exibidos pelos professores, quanto a posicionamentos implícitos em suas práticas, podem hoje ser analisados e gerar resultados que ampliem o horizonte das pesquisas em Ensino de Ciências, sendo que, ao serem questionados sobre tais questões, poderão, em muitas circunstâncias, exibir um posicionamento a respeito da prática científica ou ao Ensino de Ciências que difere de sua prática em sala de aula.

Segundo Pozo e Gómez (2009), dentre os vários fatores e aspectos que podem ser analisados na prática dos professores em sala de aula um toma destaque: durante muito tempo o ensino de ciências foi baseado na aplicação irrestrita de um “método científico”, “positivista”, por parte de muitos professores.

Hoje, nos parece que a prática do professor em sala de aula já não é a mesma desses tempos. Torna-se mais difícil uma caracterização da prática do professor, principalmente em um contexto no qual uma nova proposta curricular é implantada num caráter de obrigatoriedade e carência de formação específica para sua utilização.

A compreensão da utilização dos métodos positivistas no ensino, assim como os outros posicionamentos e posteriores desdobramentos hoje existentes requerem uma breve análise de suas origens. Buscamos nesta perspectiva histórica melhor compreender o posicionamento dos professores hoje, ao trabalhar com conteúdos existentes na nova proposta curricular estadual.

2.1 POSICIONAMENTO DOCENTE FRENTE A CIÊNCIA

Compreender a prática científica atual, assim como sua evolução histórica e conceitual, conforme tratado anteriormente, compõe parte da visão do professor acerca da Ciência que irá ministrar: Física, Química ou Biologia, e implica em posicionamentos implícitos ou explícitos, assim como em escolhas frente ao currículo de ciências ao longo de sua carreira docente. A prática científica surge junto da utilização de métodos para exploração de fenômenos.

A noção de método, sistematicamente estruturada e difundida, remonta ao conhecido *Método* de René Descartes (1596-1650). Entre os séculos XIV e XVII, período conhecido como Renascimento europeu, grandes pensadores (Leonardo da Vinci, Benedetti, Bacon), matemáticos (Tartáglia, Cardan, Viète) e astrônomos (Copérnico, Tycho Brahé) consolidam e desenvolvem suas áreas respectivas com a utilização não apenas da experiência e observação da natureza, mas agora com grande apoio da matemática. A forma de se investigar a natureza passa a se desprender da fé e religião. O Renascimento faz florescer a prática científica. O método de investigação ou “condução do raciocínio humano” proposto em *Discours de la Méthode* (Discurso sobre o Método), em 1637, por René Descartes assevera que todos os homens têm, por natureza, a mesma razão e capacidade de pensar com lógica.

No início do discurso sobre o método, Descartes aponta:

O bom senso é a coisa mais bem distribuída no mundo: pois cada um pensa estar tão bem provido dele, que mesmo aqueles mais difíceis de se satisfazerem com qualquer outra coisa não costumam desejar mais bom senso do que têm. Assim, não é verossímil que todos se enganem; mas pelo contrário, isso demonstra que o poder de bem julgar e distinguir o verdadeiro do falso, que é propriamente o que se denomina bom senso ou razão, é por natureza igual em todos os homens, e portanto a diversidade de nossas opiniões não decorre de uns serem mais razoáveis que os outros, mas somente de que conduzimos nossos pensamentos por diversas vias, e não consideramos as mesmas coisas. Pois não basta ter o espírito bom, mas o principal é aplicá-lo bem. (Descartes, 1996).

A matemática para Descartes tem por característica a certeza. Assim, busca-se um método universal para encontrar a verdade sobre os fatos. Este método consistia de quatro passos a serem seguidos:

- Nunca aceitar coisa alguma como verdadeira sem que a conhecesse evidentemente como tal.
- Dividir cada uma das dificuldades que se examinasse em tantas parcelas quantas fossem possíveis e necessário para melhor resolvê-las.
- Conduzir por ordem os pensamentos, começando pelos mais simples e mais fáceis de conhecer, para subir pouco a pouco, com mais degraus, até o conhecimento dos mais compostos; e supondo certa ordem mesmo entre aqueles que não se precedem naturalmente uns aos outros. (Descartes, 1996).
- Fazer sempre enumerações tão completas e revisões tão gerais, que levem a certeza de nada omitir.

Após a enumeração dos quatro passos a serem seguidos, Descartes generaliza que qualquer conhecimento abordado pelo homem que siga esse método, sendo a matemática uma verdade universal, poderá apresentar-se para o investigador.

Essas longas cadeias de razões, tão simples e fáceis, de que os geômetras costumam servir-se para chegar às suas mais difíceis demonstrações, levaram-me a imaginar que todas as coisas que podem cair sob o conhecimento dos homens encadeiam-se da mesma maneira, e que, com a única condição de nos abstermos de aceitar por verdadeira alguma que não a seja, [...], não pode haver nenhuma tão afastada que não acabemos por chegar a ela e em tão escondida que não a descobramos. (Descartes, 1996).

As ideias de Descartes tiveram grande influência por toda a Europa. No começo do século XIX surge na França uma corrente filosófica conhecida como Positivismo. O Positivismo possui como um dos principais precursores Augusto Comte (1798-1857).

Comte classifica o conhecimento do homem em relação às ciências em três estados fundamentais. Em sua obra, buscam-se relações invariáveis quanto ao conhecimento em diversas áreas da ciência. Assim, inicialmente, Comte fundamenta sua classificação:

[...] desde seu primeiro voo mais simples até nossos dias, creio ter descoberto uma grande lei fundamental, a que se sujeita por uma necessidade invariável, e que me parece poder ser solidamente estabelecida, quer na base de provas racionais fornecidas pelo conhecimento de nossa organização, quer na base de verificações históricas resultantes dum exame atento do passado. Comte (1988).

A “lei fundamental” referida trata das concepções as quais possuímos sobre o conhecimento nas mais diversas áreas. Elas são classificadas em três estados: teológico ou fictício, metafísico ou abstrato e científico ou positivo.

Estes três estados ocorrem separadamente no homem, referem-se sempre a uma ciência em particular (Física, Biologia, Matemática, Astronomia, etc.) e possuem uma “ordem de evolução do pensamento”, que vai do estado teológico para o científico, passando pelo metafísico.

O estado teológico é percebido através das explicações dadas a fenômenos através de agentes sobrenaturais. Estes agentes manipulariam as anomalias presentes em nossa realidade, não poderíamos observá-los, entretanto existiria uma crença individual ou coletiva em suas presenças.

O estado metafísico é uma transição de pensamento que leva à elevação positiva. Neste estado os agentes sobrenaturais são classificados e personificados com características humanas ou até mesmo animais e naturais. Aqui, atribuem-se forças abstratas e a característica desses seres de se articularem com os fenômenos naturais presentes.

O estado positivo criado por Comte possui suas características e métodos fortemente influenciados pelos cientistas renascentistas: Galileu (1564-1642), Descartes (1596-1650) e Bacon (1561-1626). Comte o descreve:

Enfim, no estado positivo, o espírito humano, reconhecendo a impossibilidade de obter noções absolutas, renuncia procurar a origem e o destino do universo, a conhecer as causas íntimas dos fenômenos, para preocupar-se unicamente em descobrir, graças ao uso bem combinado do raciocínio e da observação, suas leis efetivas, a saber, suas relações invariáveis de sucessão e de similitude. Comte (1988)

Toda investigação deveria partir da observação, porém, para tal, necessitaria de uma teoria (aqui compreendida enquanto método) para sistematizar a imaginação. Comte argumenta que os fenômenos físicos, astronômicos, químicos e fisiológicos já alcançam seu desenvolvimento através de métodos históricos e sistemáticos, restava então o fator que exerceria a conexão de todos os fenômenos, o social.

Assim, o conhecimento positivo seria capaz de prever situações a partir de nossas ações na sociedade. O “espírito teológico” não seria capaz de alcançar o mesmo progresso que o “espírito positivo” na ordem social.

A sociologia comteana se baseia em dois conceitos, a estática e a dinâmica social.

Na estática social seriam estudadas as condições constantes da sociedade, enquanto que na dinâmica as leis de seu progressivo desenvolvimento Comte (1988). Elas constituiriam, respectivamente, os ideais de ordem e de progresso de uma sociedade, hoje estampados na bandeira da República Federativa do Brasil.

Estes dois ideais comteanos seriam interdependentes e só poderiam ocorrer no estado positivo, capaz de levar a uma evolução harmônica da sociedade. A evolução harmônica, por sua vez, seria capaz de elevar a eficiência de sistemas produtivos por meio da categorização e previsibilidade. Assim, buscando melhorar a eficiência de diversos sistemas, a filosofia positivista exerceu grande influência em áreas de estudos das ciências exatas e sociais.

Já na educação, um dos mais marcantes pensadores influenciados pelas visões positivistas foi Johann Friedrich Herbart (1776-1884), filósofo e pedagogo alemão que se dedicou a teorização do ensino através da psicologia.

Herbart desenvolveu uma teoria de ensino na qual o professor não deveria se basear apenas na experiência para desenvolver sua prática. Deste modo, propôs uma metodologia científica para a pedagogia. Guiado por padrões éticos, morais e nacionalistas da Alemanha do século XVIII, o sistema pedagógico de Herbart se organiza em torno de três conceitos centrais: governo, disciplina e instrução educativa. (ZANATTA, 2012)

Zanatta (2012) afirma que: “Com base nesses conceitos, Herbart formulou uma orientação didática para a instrução educativa, estabelecendo passos formais articulados em dois momentos, que se desdobram em quatro, que são: concentração (clareza e associação) e reflexão (sistema e método)”.

O aluno participa deste processo meramente como um agente passivo, sendo controlado por um padrão metodológico. O foco está no professor, que é o único responsável por todo o processo de ensino e aprendizagem. Aliás, no sistema herbartiano o ensino e a aprendizagem não eram considerados como

objetos diferentes e sim dependentes um do outro. Uma vez que o professor mantivesse a ordem através do controle de comportamento dos alunos e instruisse pelos conceitos e procedimentos corretos, a disciplina e sucesso na aprendizagem eram consequências naturais.

Zanatta (2012) explica detalhadamente esse processo:

A concentração consiste na introdução ou no aprofundamento de um novo conteúdo ou matéria de ensino e desdobra-se em outros dois: clareza e associação. Iniciando pela clareza, o professor deve chamar a atenção dos alunos e fazer com que eles discriminem os elementos do objeto a ser aprendido. Em seguida, o professor realiza a associação, que nada mais é do que fazer o aluno ligar ao elemento novo os elementos já presentes em sua massa aperceptiva, realizando comparações e distinções. Na reflexão, a nova experiência conecta-se com as representações já assimiladas, sendo necessário, para isso, que o professor execute o sistema e o método. No sistema, o novo aspecto do conhecimento articula-se com os já existentes, tornando-se um todo sistematizado. O passo seguinte (método) é a aplicação do novo conhecimento por meio da realização de tarefas usando os novos conhecimentos, visando sua assimilação. (ZANATTA, 2012, p.109)

O aluno permanece assim, sem voz, sem oportunidade de elaborar o conhecimento ou tecer relações com seus saberes ou dos colegas. Predominam as ações do professor (ideias, conceitos, valores, e regras morais) pela instrução educativa. (LIBÂNEO, 1990, p. 63 apud ZANATTA, 2012)

Esse sistema de ensino possuiu repercussão mundial, no Brasil foi crucial para a fundamentação de um currículo estruturado em torno de conceitos e procedimentos que hoje classificamos como tradicional.

Um dos principais críticos de Herbart foi John Dewey (1859-1952), considerado o expoente máximo da escola progressiva americana. Tais concepções chegaram ao Brasil em meio à chamada Escola Nova, período também conhecido como Pedagogia Renovada ou Nova em que o ensino centra-se em métodos que possuem como orientação o aluno, seus interesses, necessidades e ritmo.

Segundo Pozo e Crespo (2009), no cenário internacional, o grande problema que se apresenta no contexto atual da educação em ciências é que a maioria dos professores ainda continuam a atuar com uma prática que possui fortes resquícios das concepções positivistas, criando a imagem de uma Ciência que é produzida segundo um discurso sobre o real, enquanto sucumbe um posicionamento socialmente definido pela elaboração de modelos que interpretam a realidade.

É muito comum encontrar nas aulas a falsa premissa de que ao estudar um problema à luz da metodologia científica sua solução se revelará para nós, segundo leis, princípios ou teoremas. Comumente, a seguinte estrutura se apresenta:

1º passo: Observação do fenômeno;

2º passo: Elaboração de hipóteses explicativas para o fenômeno;

3º passo: Teste ou verificação experimental segundo as variáveis que norteiam a hipótese;

4º passo: Conclusões (elaboração de leis, princípios ou teoremas), quando da comprovação da hipótese.

Esta postura do professor, quando adotada conscientemente, não se traduz, necessariamente, em um problema nas proporções encontradas hoje, conforme discutiremos a seguir. Ela demonstra um

posicionamento construído por uma perspectiva filosófica e histórica própria, ou até mesmo da ausência dessas perspectivas, mas sempre na ocorrência de seu posicionamento, de sua autonomia. Estes ideais são assegurados pelo artigo 206 da Constituição Federal de 1988 e reiterados pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação em seu artigo terceiro.

Art. 206. O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios:

...

II - liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar o pensamento, a arte e o saber;

III - pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas (BRASIL, 1988).

O posicionamento demonstra também uma tendência de aproximação dos moldes epistemológicos do Ensino Tradicional (cumulativo, unidirecional). Segundo Mizukami, (1986) o caráter de unidirecionalidade é representado pela passividade do sujeito em aceitar os modelos como inquestionáveis.

[...] atribui-se ao sujeito um papel irrelevante na elaboração e aquisição do conhecimento. Ao indivíduo que está “adquirindo” conhecimento compete memorizar definições, enunciados de leis, sínteses e resumos que lhe são oferecidos no processo de educação formal a partir de um esquema atomístico. (MIZUKAMI, 1986, P.11).

No Brasil, não podemos afirmar o mesmo sobre a prática pedagógica dos professores. As concepções positivistas parecem ter sido abandonadas, porém em seu lugar temos a ausência de um posicionamento docente. O professor passa a seguir uma “Proposta curricular” implantada e se torna reprodutor de um sistema pedagógico com interesses próprios que nem sempre é compreendido pelo professor.

O abandono dos métodos positivistas parece necessário para o avanço da educação e democratização do conhecimento, porém o pluralismo de práticas pedagógicas incompreendidas no panorama nacional pode acarretar na geração de novos problemas, talvez mais críticos que os anteriores à mudança.

Nas Ciências, por exemplo, não é possível construir um modelo científico único que resolva todos os tipos de problemas existentes na natureza, já que a sociedade, os interesses e pensamentos não são os mesmos nas diferentes épocas em que a ciência é praticada. Essa “concepção positivista” de que poder-se-iam extrair leis diretamente da observação, desde que aplicada uma metodologia adequada já está superada entre filósofos e historiadores da ciência há algum tempo. (POZO E GÓMEZ, 2009).

No entanto, na visão contemporânea da educação, como podemos saber o posicionamento dos professores quanto aos fenômenos físicos? Na complexidade desta questão, não é objetivo deste trabalho conseguir responder a essa questão, neste momento, mas talvez nos aproximar da resposta analisando a forma como os professores trabalham conceitos relativos às ciências e sua liberdade ao transitar pelo currículo do Estado de São Paulo.

Conforme exposto anteriormente, possuir um posicionamento metodológico que julgamos *inadequado* não é um fato tão grave quando sua ausência total. A ausência de posicionamento metodológico e epistemológico pode ocorrer devido a fatores limitantes e condicionantes anteriormente expostos (formação inicial e continuada, currículo, material didático, etc).

Para saber o que os professores compreendem por Estrutura da Matéria e como articulam seus conteúdos com o currículo Estado de São Paulo precisamos nos aproximar de sua estrutura conceitual, epistemológica e ontológica. A abordagem para esta colocação se dará através do capítulo seguinte.

3. ESTRUTURAS CONCEITUAIS, EPISTEMOLÓGICAS E ONTOLÓGICAS.

Um conceito bastante utilizado em física é o de agitação térmica, normalmente ensinado na segunda série do Ensino Médio. A passagem a seguir dará o tom da introdução deste capítulo. Esta, dentre outras, ficou marcada na memória do autor deste trabalho.

[Professor] “[...] Qualquer corpo com temperatura acima de zero Kelvin, aproximadamente igual a -273°C , apresenta certa quantidade de movimento em suas moléculas, chamado de agitação térmica”.

[Aluna da segunda série do EM] “- ...mas professor, nesta temperatura o corpo não está morto?”

Quão distantes ainda estamos dos nossos alunos? Muitas vezes, mais do que poderíamos imaginar.

A construção de conceitos não depende apenas de uma estrutura curricular corretamente sequenciada. Depende essencialmente da adequação aos significados culturais atribuídos por cada um dos sujeitos e construídos no decorrer de uma sequência curricular. A linguagem e atribuição de significados conceituais é normalizada por essa sequência curricular, porém muitas vezes nossos alunos estão à margem destes conceitos. Para Pozo e Crespo,

[...] se o aprendizado da ciência, e junto o ensino dela, tem como meta dar sentido ao mundo que nos rodeia e entender o sentido do conhecimento científico e sua evolução do conhecimento cotidiano para o conhecimento científico, e não apenas conseguir que seja repetido como um mantra redentor da reprovação, é uma tarefa extremamente complexa e laboriosa.” (POZO E CRESPO, 2009).

A prática que chamamos hoje de ensino tradicional, baseada na transmissão unidirecional do conhecimento para os alunos e foco centrado apenas no professor, como o detentor de todo o conhecimento, não é capaz de promover avanços significativos nas ideias e concepções dos alunos. Mais do que isso, ela não se propõe a promover essas mudanças (POZO e CRESPO, 2009).

Segundo Mortimer (1994), a partir da década de 70 aparecem na literatura um grande número de estudos que se ocupam em entender e descrever as ideias dos alunos em relação aos conceitos científicos aprendidos na escola.

Destacam-se os estudos de Driver e Easley (1978), Viennot (1979), Gilbert e Swift (1985) e Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982), todos com grande preocupação nas concepções dos estudantes e buscando um consenso sobre uma nova forma de explorar o ensino segundo o plano da mudança conceitual e das chamadas concepções alternativas, gerando uma corrente de ideias conhecida como construtivismo.

Baseado nas obras de Piaget (1929, 1930, 1974) e nos estudos de Driver (1973) e Viennot (1979), a proposta de maior repercussão (POSNER et al,1982) busca entender como as novas ideias apresentadas

interagem com as antigas e como os conceitos são alterados na mente dos alunos. O processo complexo de aprendizagem processada na mente do aluno enquanto aprende é descrito detalhadamente e chamado de mudança conceitual pelos autores. Na visão destes, a mudança conceitual depende inteiramente da visão do que é a aprendizagem do sujeito.

Nosso compromisso central neste estudo é a aprendizagem entendida enquanto atividade racional. Ou seja, a aprendizagem é, fundamentalmente, vir a compreender e aceitar as ideias, porque eles são vistas como inteligíveis e racionais. A aprendizagem é, portanto, um tipo de investigação. O estudante deve fazer julgamentos com base em evidências disponíveis. Isso não significa, é claro, que os fatores motivacionais e afetivos não são importantes para o processo de aprendizagem. A alegação de que a aprendizagem é uma atividade racional serve para chamar a atenção para o que é a aprendizagem e não do que ela depende. Aprender é estar preocupado com as ideias, suas estruturas e as suas evidências. A aprendizagem não é a simples aquisição de ideias ou de um conjunto de respostas corretas, tampouco de um repertório verbal ou de um conjunto de comportamentos. (POSNER et al., 1982).

A aprendizagem para os autores depende de dois momentos específicos, a assimilação e a acomodação. Na assimilação, basicamente, o estudante utiliza conceitos existentes para lidar com uma nova situação.

Diferentemente, em outros momentos, os estudantes percebem que as explicações que possuem não são suficientes para compreender com sucesso o novo conceito. Passam então a reformular e reorganizar os conceitos centrais que possuem. Essa fase é denominada acomodação. Particularmente, a obra de Posner et. al. (1982) busca responder a duas questões sobre o processo de acomodação:

- Em quais condições um conceito central é substituído por outro?
- Quais são os recursos e ferramentas da ecologia conceitual¹ que governam a seleção de novos conceitos?

Com embasamento filosófico na obra de Lakatos (1970) e Kuhn (1962), onde se buscavam definir as bases epistemológicas da Ciência, os autores definem o conceito de acomodação. Em uma nota de rodapé comentam que embora usem a mesma palavra de Piaget (acomodação), ela não remete à sua obra, possuindo aqui significados distintos de sua teoria (POSNER et al. p.212).

¹ A ideia de ecologia conceitual, citada no próprio artigo de Posner et. al. (1982), refere-se a um conjunto de conceitos pré-existentes nos quais o aluno está imerso e utiliza para estruturar conceitos e questões de investigação a respeito da questão central de estudo.

Em Kuhn (1962): a mudança de um paradigma científico ocorre quando surgem novos fatos que não podem ser explicados pela *ciência normal* (período de solidez de um paradigma e de uma atividade científica), estes fatos podem levar a um período de *crise*. Após o período de *crise*, temos uma época chamada de *ciência extraordinária*, na qual novos *paradigmas* começam a aparecer até que um deles se sobreponha ao paradigma vigente (*tradicional*) e ocasione uma *revolução científica*. O novo paradigma, aceito pela comunidade científica, estabelece-se como o novo *paradigma vigente*. Logo, inicia-se um novo período de *ciência normal*.

No processo de acomodação, o processo seria bastante semelhante e se basearia em quatro condições para sua ocorrência:

- a) O aluno deve estar insatisfeito com suas concepções alternativas.
- b) O aluno deve dispor de uma nova concepção que seja inteligível.
- c) A nova concepção deve possuir sentido para o aluno, ou seja, deve ser plausível.
- d) Essa nova concepção deve se mostrar produtiva no novo programa de pesquisa.

No processo, atendidas as fases acima, os alunos deveriam ter a capacidade de desprender-se totalmente dos conhecimentos alternativos e caminhar através de novas ideias mais próximas da ciência.

Dez anos depois, em 1992, os autores Strike e Posner publicam uma revisão crítica de seu primeiro trabalho (POSNER et. al., 1982), uma vez que foi alvo de muitas críticas, principalmente com relação à sua simplicidade e abordagem filosófica e pedagógica inconsistente. (ARRUDA E VILANNI, 1994).

O fato da aprendizagem ser um produto da interação entre concepções pré-existentes e novas experiências não implica, necessariamente, que as estratégias de ensino baseadas nesse modelo tenham que apresentar os mesmos passos no processo de instrução: explicitar as ideias prévias, clareá-las através de trocas e discussões em grupos, promover situações de conflito e construção de novas ideias, e, finalmente, efetuar a revisão do progresso no entendimento, através da comparação entre as ideias prévias e as recém-construídas. (Millar, 1989, p. 588-589 apud Mortimer, 1994).

No trabalho posterior (STRIKE E POSNER, 1992), são apontadas alterações relativas ao processo de mudança conceitual e abordados aspectos com maior clareza e consideração. As principais mudanças na teoria proposta são:

- Um número maior de fatores deve ser considerado na tentativa de descrever a ecologia conceitual dos alunos: sociais, motivacionais, institucionais e objetivos.
- As concepções e concepções alternativas devem ser levadas em consideração como parte da ecologia conceitual dos estudantes. Elas também podem existir em diferentes níveis representacionais e de articulação.
- Torna-se necessário o desenvolvimento da visão da ecologia conceitual do estudante, assim como das interações realizadas.

Segundo Arruda e Vilanni (1994), as mudanças no novo artigo dos autores (STRIKE E POSNER, 1992) estão no fato de que eles passam a considerar:

- a) A mudança conceitual não é um processo linear de aprendizagem e não pode ser pensado como um conjunto de sucessivas conquistas revolucionárias definitivas, pois envolve muitas idas e vindas e muitos sucessos e regressões; sobretudo, não é um processo unicamente intelectual, pois é grandemente condicionada por fatores emocionais.
- b) As relações entre as concepções em conflito e a ecologia conceitual também são mais complexas e apresentam modificações durante o processo de aprendizagem; além disso a importância da ecologia conceitual é reforçada tanto na direção de incorporar as atitudes que os estudantes têm a respeito da natureza da ciência e da investigação científica e de incluir as percepções do aprendiz a respeito das tarefas da sala de aula, bem como investigar as relações entre o aprendizado científico e a crença na racionalidade do mundo físico, a qual pode influenciar no sucesso do aprendizado. (ARRUDA E VILANNI, 1994)

Não sendo um processo linear, os alunos passam a utilizar os conhecimentos científicos em várias situações imediatas, nas quais percebem que devem aplicar tais conceitos, como provas e avaliações. No entanto, quando confrontados a utilizar seus conhecimentos no dia a dia podem, muitas vezes, voltar às concepções alternativas/cotidianas.

As teorias alternativas são muito fortes e consistentes. Funcionais e eficazes para o aluno em diversas situações, possuindo muitas vezes um maior poder representacional que a teoria científica (Reber, 1993 apud Pozo e Crespo, 2009).

O fato de passar um novo conceito para o aluno, mostrando a ineficácia dos conceitos antigos não é suficiente para que o aluno adote-o. O novo conceito apenas terá sentido se for trabalhado em diversos níveis da estrutura mental/cognitiva do aluno. A teoria da mudança conceitual não leva em conta que a mente do aluno exige uma organização hierárquica complexa para que o novo conceito tenha sentido nas diversas instâncias de aplicação destes conhecimentos.

A partir da noção de perfil epistemológico presente nas obras de Gaston Bachelard (BACHELARD, 1984), Mortimer (1994) traz uma organização de perfis conceituais. Conforme esta visão, um conceito pode apresentar múltiplos aspectos representacionais que se alteram de pessoa para pessoa. Ao analisar qualquer conceito, através de uma única visão filosófica e metodológica, estaríamos apenas observando uma das faces representacionais dentre diversas que podem expressar a mesma realidade. Não existiria apenas uma representação para a ocorrência de um fenômeno, mas sim diversas, com níveis específicos que apresentam um movimento segundo as doutrinas filosóficas de um conceito particular, Bachelard (1984). Os níveis estão apresentados a seguir segundo os desenvolvimentos da noção de massa presentes na obra *Filosofia do Não* de Gaston Bachelard.

- Realismo ingênuo: inicialmente são realizadas discussões confusas sobre o fenômeno, sem coordenação ou relação entre fatores e variáveis de um mesmo processo. A descrição é normalmente realizada de forma grosseira, impetuosa, induzindo diretamente a relações com a realidade observável.

- Realismo: Surge então alguma contradição nas discussões sobre o conceito. A partir da primeira contradição, presente no realismo ingênuo, ocorre a mudança do espírito, o conhecimento. Em muitos momentos, caso as contradições não atinjam a *maturidade*, elas podem ainda se prender em um realismo mais ou menos ingênuo (BACHELARD, 1984). Surgem, posteriormente, algumas noções quantitativas, mas ainda sem relações entre variáveis.
- Empirismo claro e positivista: ocorrem as primeiras utilizações instrumentais, aprimorando as variáveis quantitativas e possibilitando o estabelecimento de relações primeiras entre elas, normalmente comparativas. O instrumento precede a teoria (BACHELARD, 1984). A experiência legitima a teoria. Ainda existem elementos realistas na tentativa de simplificar os problemas.
- Racionalismo: Ocorre a matematização do conceito. A partir da aceitação dessa expressão do fenômeno pelas leis da álgebra, a filosofia realista é afastada. Aqui não é buscada a simplificação, mas sim o enriquecimento das relações presentes entre as variáveis do conceito, a abstração. Essa forma de expressão pode levar a conceitos totalmente inesperados fazendo com que a teoria preceda a qualquer observação ou forma de imaginação. Bachelard coloca como exemplo o conceito de massa com valor negativo, decorrente da mecânica de Dirac. Sem saber exatamente o que ela significaria passamos a aceitá-la inconscientemente, dando origem ao próximo movimento.
- Ultra-racionalismo: são colocadas questões evasivas, vagas, porém fortemente respaldadas pelas construções anteriores (racionalistas). É nesta região que *sonha* o espírito científico. Aventura-se. Aspira a relações matemáticas mais complexas, mais numerosas (BACHELARD, 1984). Esta é a última fase, no qual o movimento do espírito científico atinge seu ápice de abstração, porém sem encontrar fatores limitantes.

Portanto, de acordo com cada conceito específico, estudado pela ciência, podemos construir perfis pessoais enquadrando nossa visão e conhecimentos segundo os movimentos filosóficos.

A figura abaixo mostra o perfil epistemológico da visão pessoal de massa, construído na obra de Bachelard (1984).



Figura 1: Perfil epistemológico da visão pessoal de massa, Bachelard (1984).

Segundo o autor cada perfil deve representar um conceito específico de um momento determinado, sendo mutável ao longo do tempo.

Insistimos no fato de que um perfil epistemológico deve sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura. (BACHELARD, 1984).

Os níveis, segundo Mortimer (1994), poderiam ser subdivididos em categorias: ontológica e epistemológica, para um mesmo conceito. A ideia de átomo, mostrada por Mortimer (1994) pode possuir explicações que diferem a partir da visão adotada. Por exemplo, o átomo entendido como um bloco único que forma toda a matéria é diferente do átomo quântico. Ambos referem-se ao mesmo conceito, mas as explicações dadas apresentam grandes diferenças estruturais.

Outros pontos importantes ressaltados por Mortimer (1994) são:

- O aluno deve ter consciência dos níveis e categorias do seu perfil conceitual, isto é, deve conhecer seu perfil. Essa tomada de consciência poderia fazer com que o aluno escolhesse melhor o conceito a ser aplicado, com a linguagem apropriada, nas diversas situações do dia a dia.
- Os níveis “pré-científicos” dos alunos são determinados pela cultura de cada um deles. Os fatores sociais influenciam fortemente as características individuais que definem o padrão epistemológico e ontológico referente aos conceitos dos alunos.

Por outro lado, Pozo e Crespo (2009) mostram que o processo também pode ocorrer por meio de uma integração hierárquica de conceitos na mente do aluno, assumindo que uma teoria se mostrará mais eficaz que a outra nos casos:

- a) De possuir um maior poder de generalização, por poder ser aplicada e prever fatos em domínios ou âmbitos que não são cobertos por outra teoria.
- b) Ter uma estrutura conceitual mais complexa, que permite reinterpretar em termos de interação e relações dentro de um sistema os acontecimentos que outra teoria concebe como isolados ou simplesmente encadeados de forma casual entre si.
- c) Ter maior poder explicativo ou de redescrição representacional, dado que, ao ser baseada em um gênero do discurso mais elaborado ou formalizado, permite redescriver em termos de um modelo fatos previstos, mas não explicados, por outra teoria. (POZO E CRESPO, 2009)

Desse modo, os autores reconhecem que todo o processo de desenvolvimento de conceitos baseia-se na busca e construção de estruturas mais complexas e completas que as anteriores, aplicadas a diferentes contextos.

Semelhante à colocação de Mortimer (2004), Pozo e Crespo (2009) também ressaltam a importância da tomada de consciência do aluno. A diferença é que estes colocam a tomada de consciência como algo natural trazido pelo conhecimento científico e relações estabelecidas entre os modelos representacionais da ciência pelo aluno. O aluno, distante dos conhecimentos das estruturas conceituais mais complexas, não teria a capacidade de obter a tomada de consciência, uma vez que não conseguiria estabelecer relações entre os diversos modelos representacionais de um mesmo fenômeno e suas relações e concepções alternativas à luz de um modelo de ciência. Pensaria a teoria apresentada pelo professor como fator isolado, “enquanto no conhecimento cotidiano pensamos *com* as teorias, agir como um cientista significa pensar nas teorias” (Kuhn, Amsel e O’Loughlin, 1988 apud Pozo e Crespo, 2009).

Os alunos, por vezes, não deixam de usar suas concepções alternativas, pois não conseguem estabelecer relações próprias de significado entre elas. Não diferenciam os diversos modelos existentes e os reconhecem apenas como um modelo científico. Porém, alguns fenômenos podem possuir conceitos explicativos diferentes, os quais se diferenciam em sua aplicabilidade. O tema Estrutura da Matéria é um desses. Dependendo da ordem de grandeza tratada e do tipo de fenômeno analisado (físico ou químico), podemos explicar a organização da matéria segundo elementos macroscópicos, moleculares, atômicos ou elementares. Ou seja, uma série de conceitos com níveis de poder explicativo diferenciados. Chamaremos essa série de conceitos de um *continuum*, conforme definem Pozo e Crespo (2009), partindo dos conhecimentos mais próximos dos cotidianos e ganhando maior poder explicativo à medida que se aproximam dos conhecimentos científicos atuais.

Esse modo de organização não ocorre apenas com as estruturas conceituais, mas deve também envolver os fatores ontológicos e epistemológicos do conceito envolvido.

O *continuum* ocorre através de “domínios” ou “eixos” que definem uma sequência de construção. (POZO E CRESPO 2009, p. 109).

Segundo os autores, “estes eixos possuem a característica de envolver restrições ou tendências do processamento cognitivo natural, no sentido de espontâneo, que é preciso superar [...] se queremos conseguir interpretá-las de um ponto de vista próximo do científico”. (POZO E CRESPO 2009, p. 109).

Eles são construídos segundo princípios epistemológicos, ontológicos e conceituais, que:

[...] ao invés de possuírem características dicotômicas entre o senso comum e o conhecimento científico, tratam de transcender àquele em domínios concretos do conhecimento, sem que necessariamente essa superação seja transferida para outros domínios. (Pozo e Crespo, 2009, p. 110)

Do ponto de vista epistemológico, compreendemos o mundo com base em uma postura realista, tal como o percebemos visualmente. Este primeiro domínio pode ser chamado, segundo Pozo e Crespo (2009) de Realismo Ingênuo.

Um segundo domínio possibilitaria uma percepção com base em técnicas e por meio da ciência para aferição da realidade, este é chamado Realismo Interpretativo.

O terceiro domínio que compõe este *continuum* é chamado de Construtivismo, no qual o conhecimento científico nos proporciona modelos alternativos para compreender a realidade, porém estes não fazem parte da realidade própria. A figura 2 ilustra e descreve o ponto de vista epistemológico da estrutura de um conceito.

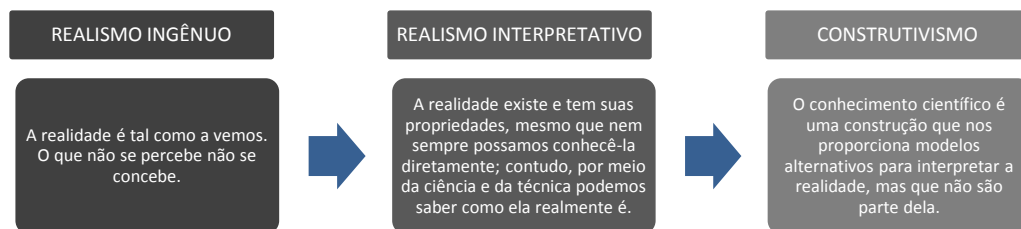


Figura 2. Três domínios da mudança epistemológica, organizadas por Pozo e Crespo (2009, p.111).

Consoante a interpretação ontológica da visão de mundo, partiríamos da descrição em termos de *estados* desconexos entre si, passaríamos para *processos* em que os fenômenos são uma sucessão de acontecimentos desencadeados e chegaríamos à visão de *sistemas*, na qual fenômenos são interpretados segundo relações complexas. Esta interpretação evolui a partir de uma integração desses domínios, todavia não necessitando abandonar um primeiro para reelaborar novas concepções e alcançar os próximos domínios. Colocamos aqui uma ressalva, devido ao alto nível de abstração e matematização dos domínios complexos. Sua estrutura conceitual não é alvo de estudantes do Ensino Médio, tampouco de muitos cursos de licenciatura em Física, onde por vezes são apenas ministradas disciplinas optativas sobre o tema. Uma vez que seus modelos de predição e dinâmica se baseiam em processos probabilísticos que são relacionados pela mecânica quântica, o reconhecimento da existência ou da não existência destes processos, assim como os modelos utilizados para descrição dos fenômenos é o que caracteriza o sujeito no domínio específico e não a aplicação específica destes modelos em situações reais.

A Figura 3, abaixo, mostra os três domínios de uma possível mudança ontológica.

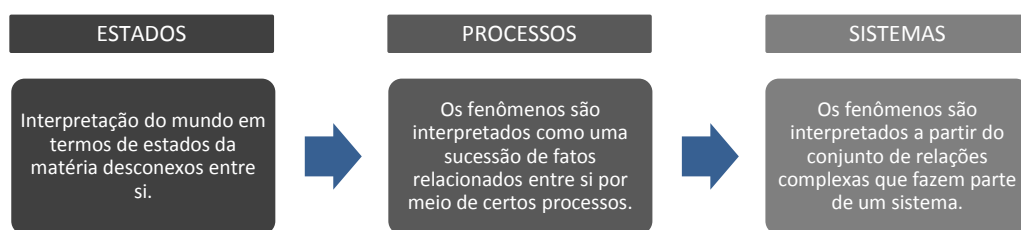


Figura 3. Três domínios da mudança ontológica, organizadas por Pozo e Crespo (2009, p.111).

A interpretação do mundo que nos cerca, segundo essa visão da ciência, possui características próprias norteadoras das estruturas conceituais segundo uma tripla dimensão. Na primeira dimensão, fenômenos que, inicialmente, são descritos segundo *fatos* e *dados*, constituem propriedades observáveis e seguem para o domínio da *causalidade linear*, no qual são explicados por relações que evoluem em graus de complexidade (de simples para múltiplo). Em um último estágio, são estabelecidos *sistemas de interações* entre as propriedades e fenômenos.

Na segunda dimensão conceitual observamos, no início, uma *mudança sem conservação*, já que existe a necessidade de explicar o que muda, mas não o que permanece em um sistema. Essa dimensão passa para uma *mudança com conservação*, em que se aceita a conservação de propriedades não observáveis, mas não o equilíbrio. Por fim, chega-se ao domínio de uma *conservação com equilíbrio*.

A terceira dimensão refere-se às relações estabelecidas pelo sujeito. Primeiramente, observa-se que os fenômenos são interpretados apenas de modo qualitativo, mais à frente passa-se a regras simplificadoras e de generalização em termos de variáveis. Em um último momento, é possível estabelecer relações de proporção, probabilidade e correlação entre as variáveis de um fenômeno. A Figura 4 mostra as três dimensões conceituais.

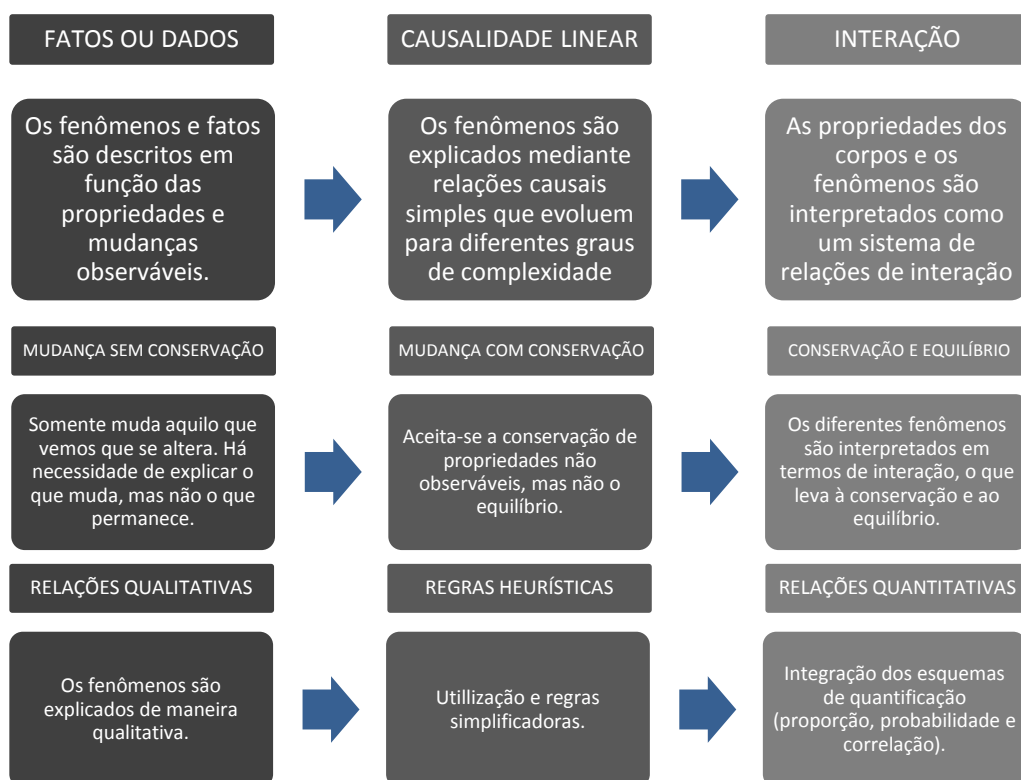


Figura 4. Três dimensões e respectivos domínios da mudança conceitual aplicada à compreensão da química, organizadas por Pozo e Crespo (2009, pg.111).

Adiante, no próximo capítulo, veremos como estes domínios conceituais podem ser utilizados para o desenvolvimento de conceitos referentes à Estrutura da Matéria. As mudanças entre domínios dependem inteiramente da visão histórica e epistemológica dos conceitos. Para tanto, faremos uma breve passagem pelos desdobramentos históricos e epistemológicos que a Filosofia e, posteriormente, a Ciência estabelecem para a compreensão das estruturas que possuímos hoje.

Esta descrição factual histórica dos conceitos de Estrutura da Matéria tem por objetivo nortear a análise dos dados em uma visão mais coerente na perspectiva dos sujeitos, uma vez que esta estrutura foi trabalhada com os professores no curso de formação, junto dos domínios apresentados anteriormente.

Se, em algum cataclisma, todo o conhecimento científico for destruído e só uma frase for passada para a próxima geração, qual seria a afirmação que conteria a maior quantidade de informação na menor quantidade de palavras? Eu acredito que seria a *hipótese atômica* (...) que *todas as coisas são feitas de átomos* (...) (FEYNMAN, 2008)

4. O QUE ENTENDEMOS NESTE TRABALHO COMO SENDO ESTRUTURA DA MATÉRIA

A afirmação acima é uma indicação de um dos mais brilhantes físicos do século XX.

Nobel de física em 1965, Richard Feynman (1918-1988) é considerado um dos iniciadores da eletrodinâmica quântica, área da física que se ocupa do estudo de interações entre partículas que possuem cargas elétricas e interagem por meio da força eletromagnética.

Esta indicação é de grande importância para este capítulo, pois a partir dela surgem os principais conceitos que buscamos analisar segundo a noção de perfil conceitual dos professores de Física, sujeitos desta pesquisa. A noção de perfil conceitual depende da compreensão dos desdobramentos conceituais e históricos do tema Estrutura da Matéria. Eles subsidiarão à frente uma análise epistemológica e ontológica mais rica e embasada. Para tanto, passaremos pelos principais conceitos construídos pela humanidade, ressaltando suas mudanças epistemológicas ocorridas ao longo da História de Ciência. Não é objetivo desta obra analisar profundamente cada um dos conceitos, pois isto já é feito pelos referenciais utilizados ao longo deste capítulo.

Pretende-se aqui mostrar as diferentes visões acerca da Matéria e a importância que esta construção terá para o ensino atual segundo a noção de perfil conceitual.

O objeto de estudo mais antigo do homem e que a ciência atual ainda se ocupa em analisar, possivelmente, é a Matéria e suas interações. Para que possamos entender o impacto que seu estudo possui e até onde os conceitos utilizados em aulas se aproximam dos científicos, precisamos seguir através dos conhecimentos historicamente construídos.

Os primeiros questionamentos referentes à Estrutura da Matéria, ou “natureza” das coisas aparece com os integrantes da Escola Jônica, nos séculos VII e VI a.C. Estas questões já aparecem, aproximadamente, há 27 séculos com a cultura grega (CARUSO E OGURI, 2006). Na cidade de Mileto, na Jônia, atual Turquia, diversos pensadores, dentre os quais o expoente foi Tales (623/4 a.C – 556/8 a.C), buscavam a compreensão da natureza física ou realidade física da natureza segundo a orientação de que deveria existir um “princípio” natural para todas as coisas.

O princípio defendido por Tales pode ser definido como: “aquilo *do qual* provém, aquilo *no qual* se concluem e aquilo *pelo qual* existem e subsistem todas as coisas” (REALE, 1997, p.21). Para Tales este princípio era a água, porém, depois de Tales, outros pensadores físicos (Heráclito, Homérico, Anaximandro de Mileto, Anaxímenes, Heráclito de Éfeso, Xenófanes de Cólofon), utilizaram a palavra *physis*, ou palavras sinônimas que possuíam pequenas correções de sentido, para fazer referência a algo fundamental: à natureza da qual derivam todas as coisas e que se mantém idêntica, mesmo quando qualquer substância sofresse transformações ou quando não mais ocorressem transformações. Os mais comuns eram: o ar, a terra, a água

ou o fogo. Os filósofos que se ocuparam do estudo desta substância natural foram chamados de “Físicos” ou “Naturalistas” (REALE,1997).

Conforme assinalam Caruso e Oguri (2006),

A hipótese de que haja uma matéria primordial contém, em sua essência, um conjunto de atitudes de grande importância, tanto para a evolução da filosofia pré-socrática como, também, para a formação de um novo pensar, ou seja, do novo pensamento científico. (Caruso e Oguri, 2006, p.02)

O grande salto em relação à forma de pensamento anterior a esta época, o mítico, crente em entidades sobrenaturais de governariam e teriam formado o universo da *Teogonia* de Homero também é manifestado por Vernant (2002).

Entre os físicos da Jônia (...) nada existe que não seja na natureza, physis. Os homens, a divindade, o mundo formam um universo unificado, homogêneo, todo ele no mesmo plano: são partes, ou aspectos de uma só e mesma physis que põem em jogo, por toda parte, as mesmas forças, manifestam a mesma potência de vida. [...] As vias pelas quais essa physis nasceu, diversificou-se e organizou-se são perfeitamente acessíveis à inteligência humana: a natureza não operou “no começo” de maneira diferente de como faz ainda, cada dia, (...). Como não há senão uma só natureza, que exclui a própria noção de sobrenatural, não há senão uma só temporalidade. (VERNANT, 2002, p110).

Demócrito (460 - 371 a.C.) e Leucipo (início do século V a.C.) estruturam a “primeira teoria atômica”. Diferentemente do que concebemos hoje por átomo, para esses filósofos toda a matéria seria constituída por partes únicas, indivisíveis, separadas por um espaço vazio e que poderiam se mover livremente. Segundo estes pensadores, também existiria um número infinito destas partículas, porém um número finito de formas de organização para elas, assim compondo todo o cosmos sem as necessidades explicativas de entidades sobrenaturais, muito comuns à época. Epicuro de Samos (341 – 271 ou 270 a.C) coloca ainda que estes átomos possuiriam mais uma propriedade, o peso, além de se encontrarem naturalmente para compor a matéria observável. Mesmo com ideias bem definidas e muito sofisticadas toda esta estrutura se baseavam em especulações filosóficas sem grande fundamentação.

Aristóteles (384 - 322 a.C.), discípulo de Platão, um dos mais importantes e influentes filósofos da escola pitagórica, discordava desta ideia de que existisse uma única porção que daria origem a todas as outras. Ele ensinava que toda matéria era composta por quatro formas: sólida (terra), líquida (água), gasosa (ar) e o fogo. Essas formas dariam origem a quatro qualidades primárias: quente, frio, seco e úmido. A noção de espaços vazios entre estas formas também foi esvaída em sua obra. Para Aristóteles toda a matéria é contínua de forma semelhante aos que vemos. Estas ideias, juntamente com a grande influência deste filósofo, se sobrepuseram às atomísticas e perduraram por cerca de 2000 anos. (HEWITT, 2002).

Segundo Caruso e Oguri (2006)

Com o início da Renascença italiana, surge um crescente interesse com relação à Natureza. Foi mais exatamente nos séculos XVI e XVII que a Ciência Natural tomou grande impulso. Através de várias descobertas, como as observações astronômicas, as

quais permitiram descrever o aspecto montanhoso da superfície lunar, e a revelação de inúmeras estrelas até então desconhecidas, é que começam a ocorrer inovações na Física e na Astronomia aristotélica, puramente especulativas. (CARUSO E OGURI, 2006, P.25)

Em meio a um período conturbado da história, marcado inicialmente pela Reforma Protestante e culminando posteriormente na Inquisição da Igreja Católica, cujo objetivo principal era controlar o conhecimento disseminado para a população através de um sistema de tribunais marcado pela violência, Galileu Galilei (1564-1642) surge como uma das principais figuras do renascimento científico. Utiliza a descrição matemática em sua obra como meio fundamental de exploração da natureza e da mecânica celeste. Após diferentes pontos de vista acerca do atomismo, Galileu rompe com as ideias dos filósofos gregos, atribuindo apenas propriedades matemáticas aos átomos. Em sua obra admite que os átomos são imutáveis, indivisíveis e possuem apenas quantidades matemáticas, sendo desprovidos de extensão, dimensão e forma (CARUSO E OGURI, 2006).

Pierrri Gassendi (1592-1655), filósofo e cientista francês, influenciado por Galileu, Epicuro e por sua forte visão religiosa estabelece uma nova visão atomística. Para Gassendi o Universo é composto, em última instância, por um espaço infinito e extenso de três dimensões, distinto da matéria, e por um grande número de substâncias materiais muito pequenas, indivisíveis e finitas, o átomo (García, 1997). Estes átomos, apesar de serem naturalmente indivisíveis, para o Criador poderiam ser divididos.

Gassendi estaria totalmente disposto a aceitar que Deus poderia partir um átomo se quisesse. Porém, isso é inteiramente consistente com o feito de que Deus criou uma coisa que não pode se dividir por nenhum meio natural [...]. (GARBER, 1992 apud GARCÍA, 1997, p.67).

Para René Descartes (1596 - 1650), se Deus poderia separar a matéria em duas partes é por que estas são formadas por substâncias realmente distintas. Segundo García (1997) esta é a grande diferença entre o trabalho de Gassendi e Descartes, a possibilidade da existência real de substâncias que formam o átomo.

[...] Isso é o que Descartes estabelece para refutar o atomismo, que não existem corpos naturalmente indivisíveis; uma divisibilidade supernatural é, de certa forma, irrelevante. (GARBER, 1992 apud GARCÍA, 1997, p.68).

A existência dos átomos, ou partes da matéria que possuem extensão e com certeza são divisíveis, envolve uma contradição, já que é impossível ter a ideia de uma coisa extensa sem ao mesmo tempo ter a ideia da metade ou da terceira parte desta mesma coisa [...]. O simples fato de que considero as duas metades de uma partícula de matéria, por pequena que seja, como substâncias completas cujas ideias não se tornam inadequadas para uma abstração do meu intelecto, conluo com certeza que são realmente divisíveis. (AT III 477-478, apud GARCÍA, 1997, p.68)

A noção filosófica grega de átomo, como entidade indivisível, começa a se desfazer, dando origem a uma nova concepção de átomo, divisível, que séculos à frente será compreendido como estrutura complexa e não como uma partícula ou corpúsculo uno. Gassendi usa ainda a palavra molécula para

designar um conjunto de átomos que se aglutinariam de formas diversas para formar tudo o que conhecemos como matéria visível.

A partir deste grande salto epistemológico surgem diversos pesquisadores que desenvolvem e aprofundam os conhecimentos sobre as propriedades da matéria. Robert Boyle (1627-1691) e seu assistente, o físico inglês Robert Hooke (1635-1703) criam a distinção entre elementos e compostos químicos, Isaac Newton (1642-1727) desenvolve a descrição matemática do átomo proposta por Galileu, criando uma visão conhecida como mecanicista, que mais à frente será de fundamental importância para o estabelecimento de interações através de leis de força e movimento. Newton especula quais forças poderiam existir entre estas partículas além das conhecidas: gravitacional, elétrica e magnética (CARUSO E OGURI, 2006, p.30).

Esta visão mecanicista do Universo macroscópico e submicroscópico originada em Descartes, Galileu e Newton constitui mais uma enorme transição epistemológica da hipótese atômica. Nos próximos séculos a exploração deste Universo não se dará unicamente por meio das observações e relações químicas estabelecidas. As previsões matemáticas passam a atuar como peça fundamental para estruturar este enorme quebra-cabeças atômico.

Por outro lado, na química, até meados do século XVIII, a Alquimia se sobrepunha a qualquer racionalização experimental. Estabeleciam-se leis, regras e generalizações por meio de hipóteses sem fundamentação, especulativas em sua maioria. Não se utilizavam instrumentos de precisão, que já existiam, assim como não havia uma visão de que estes eram necessários.

Nesse momento, Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), químico francês, definiu o elemento químico como a menor porção de uma mesma substância que ainda apresenta suas propriedades químicas, não podendo ser dividida em outros elementos. (CARUSO, 2007, p.34). Lavoisier em seu trabalho "*Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*" apresenta, em 1789, uma lista de substâncias simples na qual sistematiza os elementos químicos (seguindo sua proporção) conhecidos à época. Apresentamos esta lista na figura 5.

Joseph Louis Proust (1754-1826), químico francês, estabelece em 1799 a Lei das proporções definidas, afirmando que "Uma determinada substância pura contém sempre os mesmos elementos combinados na mesma proporção em massa, independente da sua origem."

Lavoisier e Proust são considerados hoje como "representantes da química moderna", uma vez que seus trabalhos estabelecem um "marco distintivo" na forma como era encarada a pesquisa química.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

| | Noms nouveaux. | Noms anciens correspondans. |
|---|---------------------|--|
| <i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i> | Lumière..... | Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. |
| | Calorique..... | Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur. |
| | Oxygène..... | Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital. |
| | Azote..... | Gaz phlogistiqué. Mofete. Base de la mofete. |
| | Hydrogène..... | Gaz inflammable. Base du gaz inflammable. |
| | Soufre..... | Soufre. |
| | Phosphore..... | Phosphore. |
| | Carbone..... | Charbon pur. |
| | Radical muriatique. | Inconnu. |
| | Radical fluorique.. | Inconnu. |
| <i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i> | Radical boracique.. | Inconnu. |
| | Antimoine..... | Antimoine. |
| | Argent..... | Argent. |
| | Arsenic..... | Arsenic. |
| | Bismuth..... | Bismuth. |
| | Cobalt..... | Cobalt. |
| | Cuivre..... | Cuivre. |
| | Etain..... | Etain. |
| | Fer..... | Fer. |
| | Manganèse..... | Manganèse. |
| <i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i> | Mercure..... | Mercure. |
| | Molybdène..... | Molybdène. |
| | Nickel..... | Nickel. |
| | Or..... | Or. |
| | Platine..... | Platine. |
| | Plomb..... | Plomb. |
| | Tungstène..... | Tungstène. |
| | Zinc..... | Zinc. |
| | Chaux..... | Terre calcaire, chaux. |
| | Magnésie..... | Magnésie, base du sel d'Epson. |
| <i>Substances simples salifiables terreuses.</i> | Baryte..... | Barote, terre pesante. |
| | Alumine..... | Argile, terre de l'alun, base de l'alun. |
| | Silice..... | Terre siliceuse, terre vitrifiable. |

Figura 5: Tabela organizativa de substâncias simples segundo Lavoisier. (fonte: University of Illinois at Urbana-Champaign)

¹Imagem disponibilizada pela School of Chemical Science, University of Illinois at Urbana-Champaign através da DSB; Norman Library of Science, 1295; Encycl. Brit. no sítio eletrônico: <http://www.scs.illinois.edu>, acessado em 20/09/2014.

John Dalton (1766-1844), em 1808, formula uma teoria atômica nos moldes da ciência emergente (racional e metodológica), buscando por proporções definidas em gases atmosféricos. Nela, são estabelecido elementos com *pesos atômicos*, seus *equivalentes* definidos e *estruturas moleculares simples*, porém seu modelo ainda indicava a estrutura atômica como indivisível. O elementos e estruturas moleculares são ilustrados pela figura 6 a seguir.

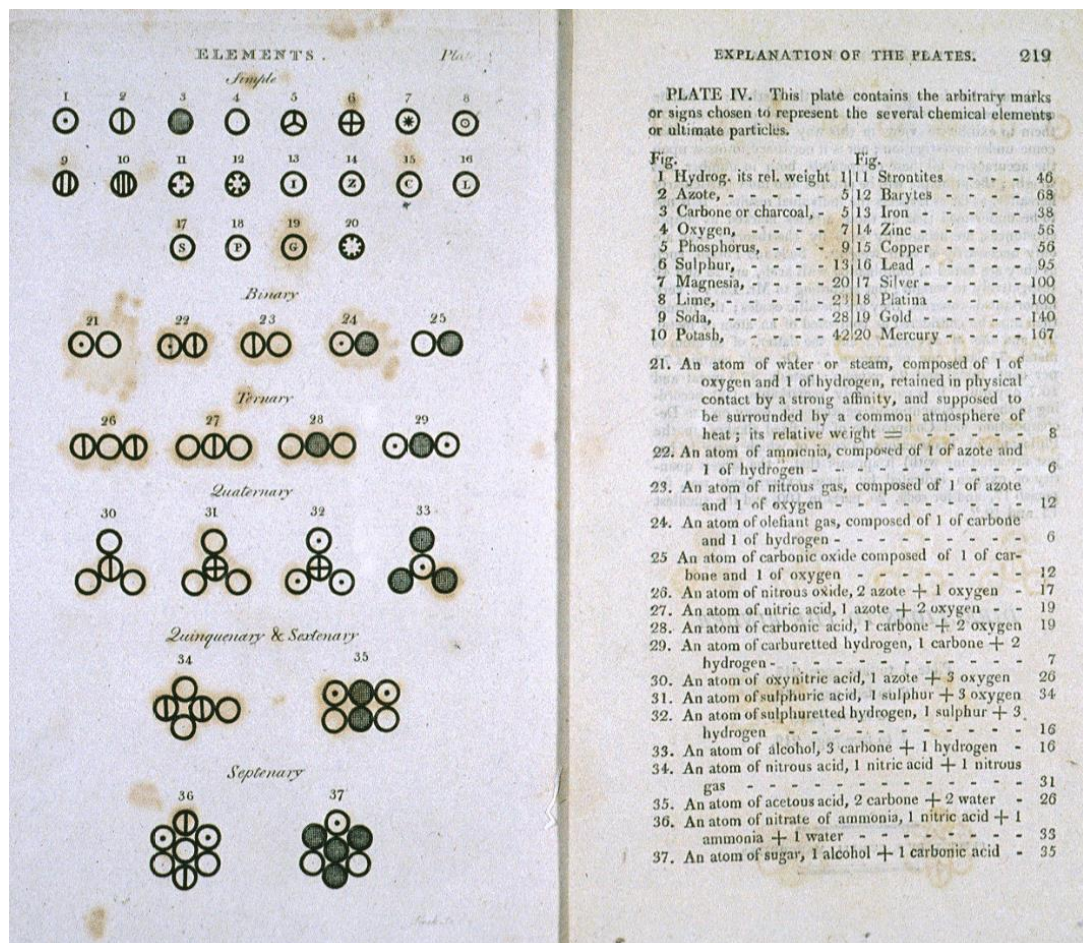


Figura 6: Elementos e estruturas moleculares de John Dalton em *A New System of Chemical Philosophy*. Em 1808, 1810 e 1827². (fonte: University of Illinois at Urbana-Champaign).

Muitas outras contribuições são de significativa importância após Dalton. Berzelius (1779 - 1848), em 1819, cataloga aproximadamente 2000 componentes, com invejável acurácia nas relações de pesos atômicos, estabelecendo uma simbologia própria que é utilizada pela química até os dias de hoje. Frankland (1825-1899), em 1877, introduz a noção de valência. Bunsen (1811-1899), desenvolve um método de aferição de componentes em soluções orgânicas extremamente preciso através das quantidades de H₂O e CO₂ formados ao elevar a temperatura das soluções.

²Imagem disponibilizada pela School of Chemical Science, University of Illinois at Urbana-Champaign através da Norman Library of Science, 575, no sítio eletrônico: <http://www.scs.illinois.edu>, acessado em 20/09/2014.

Em 1858, Stanislao Cannizzaro (1826-1910) esquematiza com grande refinamento a distinção entre átomos e moléculas. Propõe que: desde que todos os pesos atômicos são relativos, um padrão deveria ser escolhido para que pudesse ser comparado. Os pesos atômicos e massas atômicas passam a ser obtidos a partir de densidades de vapor. Suas contribuições foram fundamentais para que Mendeleev e Meyer, dois anos depois formulassem a Tabela Periódica.

Em 1869, é publicada a tabela periódica de Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834 – 1907), ilustrada pela figura 8. Com isso, o momento de racionalização descrito anteriormente na obra de Bachelard (1984) atingiria seu nível máximo de abstração, gerando a capacidade de predição de elementos que ainda não haviam sido sequer descobertos pelo homem.

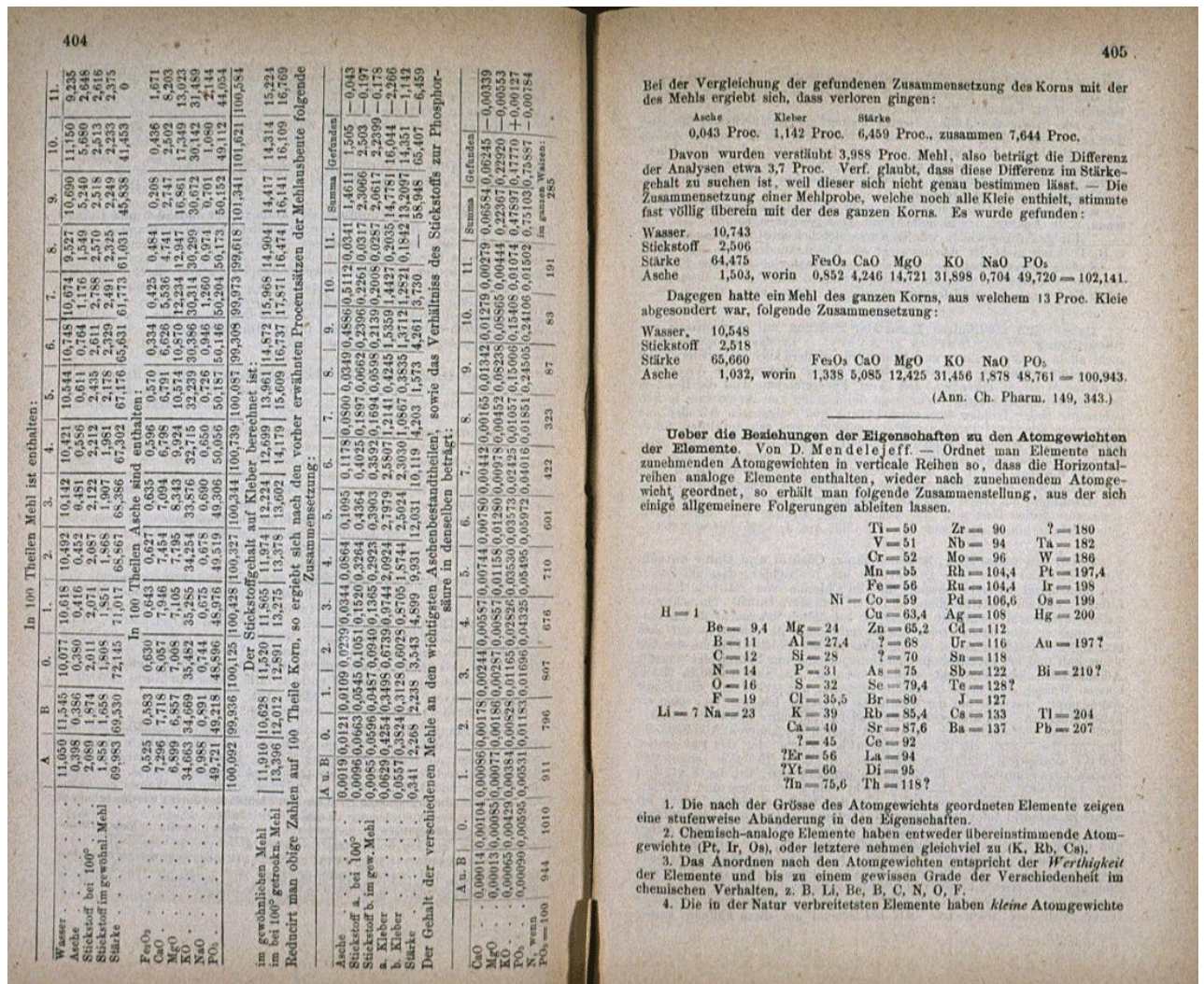


Figura 7: Tabela periódica de elementos, por Medeleev (fonte: University of Illinois at Urbana-Champaign)

²Imagem disponibilizada pela School of Chemical Science, University of Illinois at Urbana-Champaign através dos originais Z. Chem. 1869, 12, 405, e Osnovy Khimii, St. Petersburg, 1869.

Concomitantemente aos desenvolvimentos ocorridos na química, em 1738, Daniel Bernoulli (1700-1782) publica o que seria a base para a Teoria Cinética dos Gases, em seu livro Hidrodinâmica (CARUSO, 2007, p.66). Levando a teoria mecanicista de Newton a seu ápice, a Teoria Cinética dos Gases descreve que os gases poderiam ser considerados como partículas indivisíveis, eletricamente neutras, em constante movimento, movendo-se em direções aleatórias e que sofreriam colisões perfeitamente elásticas. Estas partículas indivisíveis deveriam ser átomos ou moléculas de um gás.

Entre 1827 e 1828 o escocês Robert Brown descreve o que alguns anos depois passou a se chamar de Movimento Browniano. Grãos de Pólen, ou poeira, em suspensão na superfície da água produzem um movimento aleatório e irregular. Este movimento é o resultado de sucessivas interações entre as moléculas e átomos da água e do elemento em suspensão. O movimento browniano foi explicado apenas em 1905, por Albert Einstein, no mesmo ano em que este anunciou sua teoria especial da relatividade. (Hewitt, 2002, p.197).

Segundo Caruso (2007),

Além de marcar o apogeu da Mecânica newtoniana, o sucesso na observação, previsão e explicação de vários fenômenos baseados nessas hipóteses, juntamente com os trabalhos da Química, [...], conduziram à concepção dominante de que a matéria é constituída de moléculas e átomos. (CARUSO, 2007, p.112).

Até este momento, os átomos são descritos como partículas indivisíveis, segundo os postulados da Teoria Cinética dos Gases. Nos próximos anos as descobertas e pesquisas em Estrutura da Matéria evoluem rapidamente e os conceitos passam a sofrer alterações significativas, conforme observamos na figura 8.

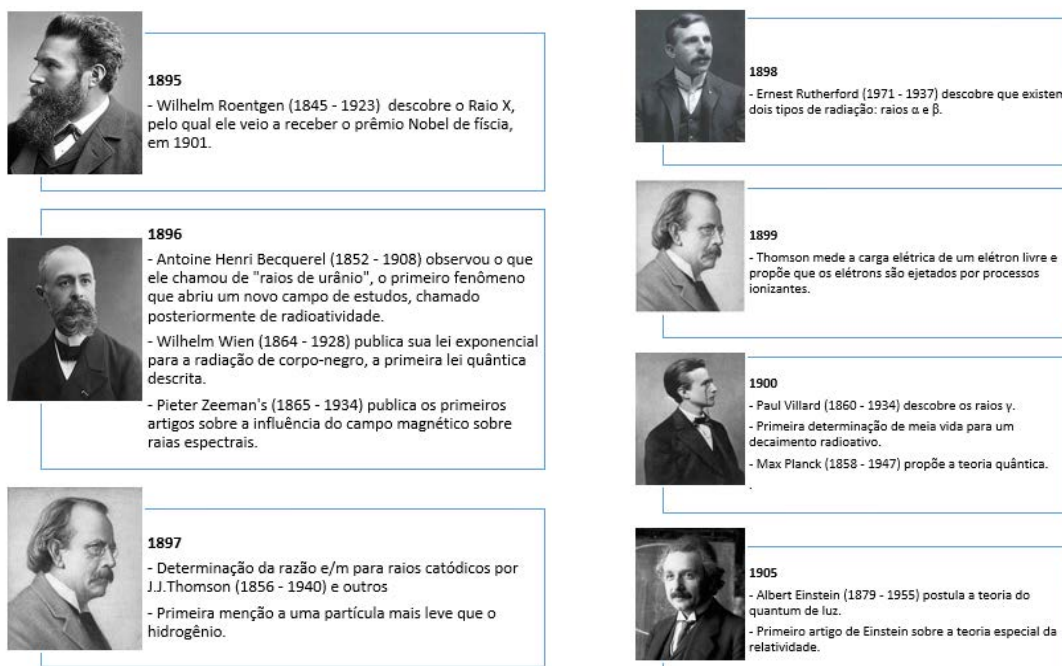


Figura 8: Marcha do descobrimento. Fonte: Pais (1997).

O próximo grande salto epistemológico ocorre quando o átomo começa a ser “desconstruído”, com a descoberta do elétron, por J.J. Thomson (1856 - 1940), e passa a ocupar o *status* de estrutura (PAIS, 1997, p.15). Neste momento desprende-se o ideal grego que considerava o átomo como uma partícula una. Adota-se a partir daqui a mesma palavra para designar este ente (átomo), porém seus conceitos sofrem grande reformulação. Existe agora uma partícula, que compõe parte da estrutura atômica, e passa a ser o novo corpo elementar, indivisível.

No decorrer desde século e no seguinte a busca por um “princípio universal” para todas as coisas, conforme proposto pelos pensadores jônicos, se sistematiza, de modo semelhante, através da busca por estruturas elementares da matéria. São desenvolvidos diversos modelos atômicos e emerge um novo campo de estudos da física, a física de partículas, ou campos e altas energias, voltada ao estudo de partículas elementares e suas interações. Estas partículas tem como origem de estudos a estrutura atômica, porém transpõem esta estrutura e passam a também ser detectadas fora dela.

As finalidades e aplicações que justificam os estudos desta área sofreram muitas mudanças, acompanhadas filosoficamente, socialmente e cientificamente do conhecimento e necessidades do homem, porém sua essência permanece, a busca pela elementaridade, ou seja, um sistema de partículas indivisíveis (elementares) que poderiam, quando organizadas, formar toda a matéria que compõe o universo desde seu surgimento até os dias atuais.

A melhor organização explicativa que temos hoje é dada através de um modelo de partículas chamado de Modelo Padrão. Este modelo organiza os constituintes, interações atômicas e interatômicas percebidas no universo. Dentre estas partículas, estão as que compõem o átomo (elétron, quark up e quark down), compreendido hoje enquanto estrutura constituinte de subestruturas (hádrons que contém quarks) e partículas elementares (elétrons). Abaixo temos uma ilustração da organização atual deste modelo.

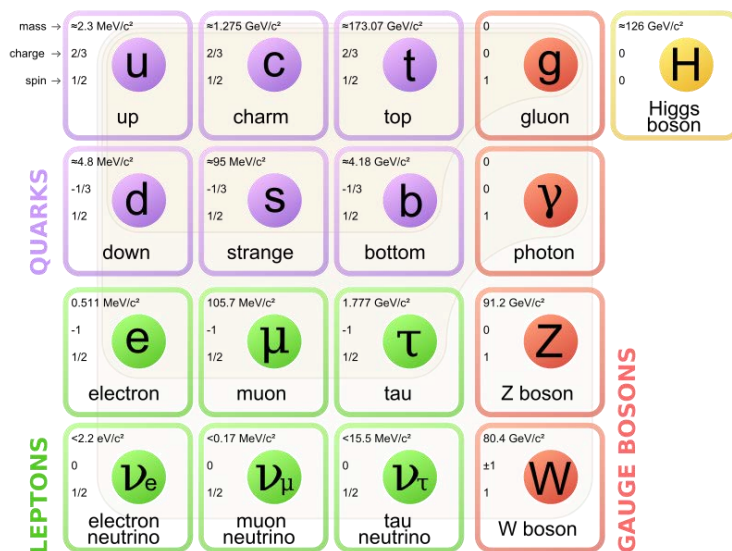


Figura 9: "Standard Model of Elementary Particles", PBS NOVA, Fermilab, Office of Science, United States Department of Energy, Particle Data Group.

A organização do Modelo Padrão de partículas elementares da Matéria, assim como os outros modelos tratados fornecem importantes analogias, criando estruturas organizacionais que facilitam a compreensão do funcionamento da natureza da matéria, ressaltam aspectos diferentes, assim como as limitações conceituais, sociais e tecnológicas de cada período ou modelo. Elas nos fornecem subsídios para compreensão dos fenômenos, porém são demasiadamente utilizadas em textos e livros didáticos para relacionar os modelos, comparando-os. Cada um dos modelos resalta um período histórico, marcado por uma *dinâmica científica* única, sendo que a transição e necessidade de superação dos modelos, por vezes, torna-se mais importante do que o próprio modelo na compreensão da evolução histórica do conhecimento.

Além disso, segundo Greca e Santos (2005), os modelos representacionais são uma poderosa ferramenta de uso didático,

“[...] mas eles em si não podem ser uma analogia, porque a observação do fenômeno quase nunca oferece indícios dos mecanismos internos das reações, sendo este fato inclusive uma das dificuldades para que os alunos compreendam a reversibilidade das reações, relações cinéticas e de equilíbrio químico” Greca e Santos (2005, p. 32).

Dessa forma percebemos que um mesmo sujeito pode tecer explicações relativas à Matéria por meio de diferentes modelos que se enquadram em domínios próprios do conhecimento, mas nem sempre compreendem como o modelo foi constituído e quais as necessidades para sua existência. É comum que explicações sejam dadas por alunos e professores utilizando-se mais de um modelo (Tabela Periódica, Modelos Atômicos, Modelos Cinéticos, etc) e é importante, na mesma medida, explicar a viabilidade de conceitos que se deseje enfatizar com o modelo escolhido, senão cair-se-á em um “modismo representacional”. Neste “modismo representacional” professores e alunos decorram representações pictóricas que possuem baixa ou nenhuma representação conceitual do tema tratado.

Entendemos que tão importante quanto a utilização da analogia é o que resta na mente do sujeito quando retirada a analogia. Para compreensão dos conceitos atingidos pelo sujeito, Pozo e Crespo (2009) ilustram três possíveis domínios de uma possível mudança epistemológica, ontológica e conceitual para a Estrutura da Matéria. Estes domínios foram utilizados para a análise do questionário desta pesquisa, aplicados aos professores do curso de formação e encontram-se explicados no capítulo seguinte.

5. ALGUMAS PROPOSTAS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO BRASIL

A importância do estudo e da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio vêm sendo amplamente discutidas por diversas pesquisas e iniciativas de criação de materiais didáticos para apoio aos professores nos últimos anos (Terrazan, 1994; Ostermann e Moreira, 2000; Paulo, 1997; Greca e Moreira, 2001; Monteiro, Nardi e Bastos, 2009; Zanetic, 2002).

Estes pesquisadores evidenciam a importância deste tema para a fundamentação não apenas da FMC, como também para a compreensão dos limites da Física Clássica. Pérez e Solbes (1993, apud Monteiro et al., 2009) discorrem sobre o papel da introdução da Física Moderna à Educação Básica segundo as justificativas de que tais conhecimentos: possibilitariam uma visão não linear, ressaltando os limites da Física Clássica e originando a gênese da Física Moderna; facilitariam a percepção dos estudantes quanto à influência tecnológica e cultural da Física Moderna no seu tempo; sintonizariam os estudos com o interesse e curiosidade desenvolvidos pelos estudantes por questões mais teóricas e auxiliariam a compreender melhor a própria Física Clássica, já que compreenderiam seus limites teóricos e práticos.

Em Terrazan (1994), destaca-se a importância do ensino de FMC, assim como, a atualização do currículo de Física. O autor entende que esta mudança faz-se necessária para o entendimento do mundo modificado pelo homem atual e pela necessidade de formar cidadãos conscientes e participativos. No mesmo trabalho o autor apresenta três abordagens metodológicas para o ensino da FMC:

- Exploração dos limites dos modelos clássicos. (GIL E SOLBES, 1993 apud TERRAZAN, 1994).
- Abandono de modelos semi-clássicos. (FISHLER E LICHTFELDT 1992 apud TERRAZAN, 1994).
- Abordagem segundo a evolução histórica dos conceitos físicos com foco no tema central. (ARONS, 1990 apud TERRAZAN, 1994).

Dentre as dificuldades para o ensino de FMC, Pinto e Zanetic (1999) apresentam: o formalismo matemático das descrições quânticas, as novidades conceituais aliadas ao senso comum que se distanciam cada vez mais da Física Clássica e o tratamento experimental dos temas quânticos como os principais fatores responsáveis pelas dificuldades encontradas no Ensino Médio.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) também se ressaltam a importância do tema para a compreensão do mundo tecnológico e da ciência praticada pelo homem.

Alguns aspectos da chamada física moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, (...). **A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas.** Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (Brasil, 2002, grifo nosso).

Segundo Domingui, (2012), ao analisar os conteúdos de FMC nos livros didáticos de Física, fornecidos aos professores da Rede Pública pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM), segundo as orientações dos PCNs, todos os livros ressaltam a importância do estudo destes conceitos, porém as abordagens são demasiadamente simplificadas. Elas aparecem na maioria dos livros como sugestões de leituras complementares ou em inserções como curiosidades e apenas alguns reservam unidades ou capítulos específicos ao tema.

Ainda segundo Domingui, (2012), os temas da Física Moderna abordados nos livros são: Teoria da Relatividade, Dualidade Onda-Partícula, Física Nuclear, Mecânica Quântica, Modelos Atômicos, Relação Massa-Energia e Astrofísica/Cosmologia, sendo que eles são apresentados em pequenas unidades, capítulos ou textos dispersos ao longo do livro. Alguns livros chegam a indicá-los apenas aos professores que se sintam à vontade para trabalhá-los, se houver tempo hábil, ou seja, adquirindo apenas um caráter suplementar à Física Clássica.

Mesmo com as indicações dos PCNs é notável a falta de textos específicos e atividades nos livros didáticos quanto ao tema Estrutura Elementar da Matéria. A construção destas atividades para a compreensão do mundo, tecnologicamente e cientificamente, aliada à História da Ciência constitui um fator em potencial para aproximação dos alunos à Ciência e Física Moderna em especial, uma vez que, conforme Paulo (1997), muitos de seus conceitos já fazem parte da sociedade contemporânea. Consequentemente entendemos que a compreensão da evolução do pensamento científico e filosófico pelos professores também é fundamental, já que pressupõe uma boa organização de ideias e conceitos a serem apresentados aos alunos, desde a Educação Básica, quanto às questões abordadas.

Consoante ao exposto acima, existem outros pesquisadores que discutem a inserção de temas contemporâneos da Ciência no currículo e prática atual dos professores em sala de aula. As pesquisas referentes ao tema Estrutura da Matéria indicam principalmente as dificuldades e concepções de alunos do Ensino Médio quanto à composição, organização e interações entre átomos, moléculas e partículas. No trabalho de Paulo (1997) a natureza da luz é explorada, com estudantes do Ensino Infantil, Fundamental e Médio. Nota-se que os estudantes possuem conceitos que se aproximam do conhecimento científico atual no Ensino Fundamental, porém os conceitos são abandonados à medida que a matematização intrínseca à óptica geométrica se apresenta no currículo nas séries subsequentes. Como os temas relativos à FMC apresentam-se, normalmente, de forma deslocada da *Física Clássica* no currículo muitos estudantes permanecem por utilizar concepções clássicas, que se tornam *errôneas* para os conteúdos de FMC.

Destacamos os trabalhos de Pozo e Crespo (2009) e Mortimer (1996) que discutem as concepções alternativas de estudantes sobre a Matéria, atribuindo propriedades macroscópicas aos átomos, assim como a dificuldade em aceitar a ideia de espaços vazios entre as partículas que compõem a Matéria. Os autores apresentam discussões sobre a construção de modelos alternativos para compreender as concepções dos estudantes, analisando criticamente a noção de perfil conceitual. O modelo proposto por esses autores será utilizado para construção do perfil conceitual dos sujeitos desta pesquisa.

6. METODOLOGIA

Analisando, por meio dos referenciais teóricos, o contexto histórico e cultural que envolve o tema e buscando analisar o modo como os professores o abordam, deparamo-nos com o seguinte questionamento: qual o significado de um tema tão vasto como Estrutura da Matéria para os professores? Além disso, qual a importância que eles atribuem para este tema? Resumidamente, poderíamos dizer: O que é “Estrutura da Matéria”, em seu significado mais amplo, para os professores? Esta foi uma discussão fundamental que à frente nos subsidiou na discussão do Ensino deste tema e nas possíveis articulações que os professores fizeram com o currículo atual.

Assim, formulamos a seguinte questão de pesquisa: “Como os professores da disciplina Física, sujeitos desta pesquisa, entendem e utilizam os conteúdos relativos à Estrutura da Matéria no planejamento de uma aula? Quais são os fatores potencializadores ou limitantes presentes?”

6.1 – PROPOSTA DE FORMAÇÃO CONTINUADA

Por meio das pesquisas realizadas pelo grupo de “Ensino de Química, Investigação Orientada, Linguagens e Formação Docente”, assim como das necessidades detectadas na formação inicial e continuada das áreas de Física, Química e Biologia na região de Bauru-SP, no contexto desta pesquisa e de outras duas concomitantes, nas áreas de Química e Biologia, foi formulado um curso de formação, pela equipe constituinte do grupo de pesquisas, que possuía: três mestrandos em fase de coleta de dados para pesquisa, quatro professores da Unesp das áreas de Química, Física e Biologia vinculados aos respectivos departamentos e também ao Departamento de Educação da própria universidade, dois graduandos do curso de Licenciatura em Química e um professor coordenador da área de Ciências do Núcleo de Apoio Pedagógico da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo na Diretoria Regional de Bauru. Além desses, foram convidados dois professores palestrantes: um professor da própria universidade atuante nas áreas de História e Epistemologia das Ciências e um segundo professor que realizava seu pós-doutorado nos campos de Neurociência, Cognição Emocional e Didática Multisensorial vinculado ao Ensino de Ciências.

Vinculado à Escola de Formação e Aperfeiçoamento de Professores, Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (EFAP), o curso foi destinado a docentes que ministram aulas nas respectivas disciplinas da área de Ciências no Ensino Médio. Os professores foram convidados a construir saberes coletivos e individuais sobre temas específicos do currículo (no caso da Física o tema escolhido foi Estrutura da Matéria), através da prática investigativa.

O curso possuía objetivos próprios de formação continuada e esta pesquisa se inseriu em dois momentos, com objetivos específicos, à frente detalhados. Foram objetivos do curso:

- Problematicar a educação científica que os professores desenvolvem em suas práticas pedagógicas.
- Propor uma leitura sobre a relação entre Educação Científica e a História e Filosofia da Ciência, visando fornecer subsídios teóricos aos professores para que possam refletir sobre a sua inserção no ensino de Ciências.
- Analisar as possibilidades do Currículo do Estado de São Paulo para a inserção da proposta de Ensino por Investigação na escola.
- Analisar as possibilidades de inserção de atividades interdisciplinares com base no Currículo do Estado de São Paulo.
- Desenvolver um exercício teórico-prático com os professores para analisar as possibilidades e limitações da inserção na escola do que foi proposto e elaborado no curso.

Participaram do curso um total de cinco professores de Física, dezesseis de Química e oito de Biologia, da região de Bauru-SP, que foram convidados, sem carácter convocatório, a construir saberes quanto a conceitos específicos nas áreas das ciências. Todos os professores ministravam aulas na rede pública de ensino ou na pública juntamente com a rede privada. Dos cinco professores de física, quatro eram formados na área específica de Física e um possuía licenciatura plena em Matemática e todos possuíam mais de 5 anos na carreira docente.

Este curso propiciou a realização de outros dois trabalhos de mestrado no Programa de Pós Graduação em Educação para Ciência da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru, nas áreas de Química e Biologia, por integrantes do grupo de pesquisa. Para efeito deste trabalho foram considerados apenas os dados relativos aos professores da área de Física.

A dinâmica do curso ocorreu através de momentos integrados das diferentes áreas e também individuais, com exposição dialogada, discussão de vídeos, atividades para o levantamento de concepções e experiências, leitura de textos e discussões coletivas, atividades experimentais, em um total de 60 horas, sendo oito encontros presenciais e o restante das atividades à distância. Os encontros presenciais ocorreram nas dependências da Unesp em salas destinadas para este fim. As atividades à distância utilizavam a plataforma SurveyMonkey[®], disponível gratuitamente na rede para a concepção e operação de questionário e atividades em grupo e à distância.

6.1.1 – METODOLOGIA DO CURSO

A proposta de ensino por investigação veio ao encontro e em concatenação com a realização do curso. De acordo com Cañal et al. (1997), a proposta de ensino por investigação tem como principal objetivo a inserção do aluno como sujeito da aprendizagem; um sujeito capaz de buscar a construção do conhecimento a partir da necessidade de respostas a questões, que permeiam seu ambiente sociocultural. Ao professor, cabe planejar e buscar a problematização adequada tanto ao interesse de seus alunos como para a atividade proposta, buscando a incorporação de tecnologias e de questões socioculturais. As atividades devem ser desenvolvidas em sala de tal forma que sempre se estimule a formulação de hipóteses e questionamentos. Assim, todo o curso ministrado para os professores, bem como a utilização dos instrumentos de coleta de dados foram fundamentados pela proposta de Cañal (2000). A proposta foi resumida na Tabela I, abaixo.

Quadro 1. Proposições apresentadas por Cañal (2000) para uma atividade investigativa.

| | |
|---|--|
| Orientação | Atividades relacionadas com a apresentação ou seleção de objetivos específicos, questões, conteúdos, objetos de estudo, e assim por diante. |
| Expressão e contraste de conhecimento dos alunos | Atividades destinadas a promover a comunicação, reflexão e o contraste do conhecimento inicial dos alunos em relação ao conteúdo ou objeto de estudo na unidade. |
| Planejamento do trabalho a ser feito | Atividades relacionadas à apresentação ou preparação de planos de trabalho relacionados com o objeto de estudo. |
| Obtenção de novas informações | Esforços para proporcionar aos alunos uma oportunidade de acesso a novos conteúdos necessários de acordo com plano de trabalho. |
| Estruturação primária | Atividades destinadas a promover o tipo de elaboração das novas informações que podem ser necessários em cada opção de ensino para que os alunos alcancem a aprendizagem específica, perseguida em cada caso (memorização automática, construção significativa, habilidades, etc). |
| Estruturação secundária | Atividades destinadas a consolidar e expandir a funcionalidade da aprendizagem alcançada, ou seja, para o aumento da possibilidade de usá-las corretamente em uma gama crescente de vezes e em diferentes contextos. Isso significa empregos para elas e atividades que são criados a cada opção educacional necessária ou útil para esse fim: estudar atribuições, exercícios repetidos, usando as lições aprendidas em diferentes épocas e contextos, construção de relacionamentos com a aprendizagem de outros, etc. |
| Expressão ou comunicação de conhecimentos desenvolvidos | Atividades educativas, cujo significado é o de informar o professor, outras pessoas ou instituições de ensino, os produtos ou resultados desta estrutura. |
| Análise e avaliação do processo desenvolvido e resultados obtidos no decorrer da unidade | Atividades relacionadas à compreensão e apreciação: das propostas iniciais de planejamento e desenvolvimento dos planos de trabalho, das ações pessoais ou de grupo, dos instrumentos utilizados, dificuldades encontradas e resultados obtidos durante diferentes momentos da unidade. |

Fonte: Bianchini (2011), p. 80.

Os quadros 2 e 3 organizam os encontros e as práticas desenvolvidas. Eles foram divididos em dois blocos para que possamos proceder às análises de forma mais ampla e diferenciada. No primeiro bloco de

encontros buscamos estabelecer o perfil conceitual dos professores acerca do tema. Para isso buscamos resgatar alguns conceitos associados historicamente e filosoficamente ao tema, sem abordá-lo de forma direta.

As dinâmicas ocorreram através de um conjunto de encontros e palestras que abordavam e permitiam aos professores expressarem visões diferenciadas e pessoais sobre o ensino (metodologias, conceitos, formação e prática) de forma a produzir uma articulação menos receosa e tímida com o grupo. Ao final deste bloco de encontros realizamos a primeira intervenção da pesquisa para coleta de dados referentes aos saberes conceituais dos professores.

Ambos os blocos de encontros possuíam um caráter de formação associado à pesquisa, que inseria-se em momentos oportunos para orientar sua estruturação ou reestruturação. Os blocos de encontros encontram-se resumidos no quadro 2 e 3.

Quadro 2. Primeiro bloco de encontros e práticas desenvolvidas.

| | | |
|--------------------|-----------------------------|---|
| 1° Encontro | Apresentação do curso | Discussão: Apresentação da estrutura do curso, metodologias utilizadas, datas e atividades a serem realizadas na modalidade presencial e à distância. |
| 2° Encontro | Palestra | Discussão: Panorâmica sobre as bases da Ciência segundo o pensamento grego e relações estabelecidas entre as Concepções de Mundo. Temas discutidos: Constituição da Natureza, Teorias do Conhecimento e Filosofia da Ciência. Atividades propostas pelo palestrante convidado: Definir a palavra Ciência. Texto base: Nascimento Junior, A. F (2003). |
| 3° Encontro | Metodologias Investigativas | Discussão: A utilização de Metodologias Investigativas em sala de aula Temas discutidos: Investigação Orientada, Desenvolvimento Metacognitivo e Limitações metodológicas. Texto base: Munford, D.; Lima, M. E. C. C. (2007), Cañal, P. (2007) e Peme-Aranega C. et al (2008). Os artigos trazem uma perspectiva atual sobre a investigação escolar, contemplada como opção didática para o ensino das ciências e como estratégia de formação dos professores. Descreve nesse sentido, diversas iniciativas e propostas recentes do enfoque investigador que mostra a relevância e atualidade desta opção, assim como a necessidade de encontrar soluções aos obstáculos que encontra na sua implementação. |
| 4° Encontro | Apresentação e palestra. | Discussão: Neurociência cognitiva e educação: bases epistemológicas para aplicações em situações de ensino-aprendizagem. Temas discutidos: Plasticidade, Cognição emocional, atenção, memória, raciocínio disjuntivo (indução do erro), dissonância cognitiva, modelos mentais, campos conceituais. Atividades propostas pelo palestrante convidado: Construção de modelo de partículas elementares através de modelos multissensoriais para o átomo de Bohr e reprodução de sistemas de interação de partículas, com base multissensorial e de diagramas de interação. Utilização do Questionário 1 (Ficha 01 e Ficha 02): Representação de processos físico-químicos. |

Fonte: Próprio autor.

Após o quarto encontro foram realizados mais 8 encontros, sendo três deles específicos da disciplina de Física e os outros coletivos, junto dos professores das demais áreas. O quadro 3 resume os encontros seguintes, assim como as práticas desenvolvidas.

Quadro 3. Segundo bloco de encontros e práticas desenvolvidas.

| | | |
|---------------------|------------------------|--|
| 5º Encontro | Atividade à distância. | Aplicação do questionário para o levantamento de concepções dos alunos nas escolas que os professores ministravam aulas. |
| 6º Encontro | Encontro | <p>Discussão: A noção de perfil conceitual apresentada segundo princípios epistemológicos, ontológicos e conceituais. Texto base: Pozo e Gomez (2009).</p> <p>Este livro aborda o aprendizado a partir de uma perspectiva psicológica, epistemológica e conceitual, entendendo não só que as perspectivas são complementares, mas que elas se exigem mutuamente. Analisa em detalhes as principais dificuldades de aprendizagem em cada um dos currículos de ciência, desde o aspecto cotidiano até a aplicação científica. Capítulos discutidos: 6 – A aprendizagem da química. 7 – A aprendizagem da física. 8 – Enfoques para o ensino de ciências.</p> |
| 7º Encontro | Atividade à distância. | Aprofundamento teórico e esboço de um plano de aula sobre o tema Estrutura da Matéria segundo os referenciais adotados e currículo utilizado no Estado de São Paulo. |
| 8º Encontro | Encontro | <p>Discussão: Construção de uma sequência didática através do plano de aula e relações estabelecidas entre modelos e conceitos através de analogias. Texto base: Greca e Santos (2005).</p> <p>O texto aponta para as estratégias de modelação utilizadas no ensino nos últimos anos. Revela que a compreensão dos modelos por vezes desconsidera “as diferenças em as especificidades das ciências” Greca e Santos (2005) e apresenta um panorama com implicações didáticas deste fato.</p> |
| 9º Encontro | Atividade à distância | <p>Aplicação da sequência didática elaboradas. *Os professores não aplicaram a sequência, uma vez que não a elaboraram.</p> |
| 10º Encontro | Encontro | <p>Discussão: Abordagem filosófica e histórica sobre Estrutura da Matéria. Texto base: Caruso e Oguri (2006)</p> <p>Os professores Francisco Caruso e Vitor Oguri, conhecidos pesquisadores na área de Física das Partículas Elementares, dissertam sobre os conceitos básicos e avançados da física moderna segundo uma perspectiva histórica de modo claro e bem fundamentado segundo os artigos originais (fontes primárias) da área. Capítulos: 1- A estrutura da matéria: concepções filosóficas da antiguidade. 2- As origens do atomismo científico: contribuições da Química. 3- O atomismo na Física: o triunfo do mecanicismo. 7- A desconstrução do átomo: algumas evidências do século XIX. 8- Os raios catódicos: a descoberta do elétron e dos raios X.</p> |

| | | |
|---------------------|----------|---|
| 11° Encontro | Encontro | <p>Discussão: Abordagem histórica e conceitual sobre Estrutura da Matéria. Texto base: Pais (1997), Weinberg (1997).</p> <p>Beam Line foi um periódico publicado entre 1994 e 2002 tratando especificamente sobre as recentes descobertas da física de altas energias e publicações do laboratório de Stanford, EUA. Neste volume, em especial, vários autores apresentam, segundo uma perspectiva histórica, o surgimento da área e as principais descobertas em comemoração aos 100 anos das partículas elementares.</p> <p>Capítulos: 1 – A descoberta do elétron – Abraham Pais 2 – O que é uma partícula elementar? – Steven Weinberg</p> |
| 12° Encontro | Encontro | Construção e avaliação dos planos de aulas construídos. |

Fonte: Próprio autor.

Este segundo bloco de 8 encontros também possuiu um duplo caráter. Primeiramente, buscando o objetivo da pesquisa, necessitávamos entender como os professores construía atividades a partir de seus conhecimentos, para isso propusemos a criação de uma sequência didática e posteriormente de um plano de aula que utilizasse esta sequência.

Muitos dos professores colocaram que, praticamente, não abordam os temas referentes à matéria e radiação presentes na proposta curricular do Estado de São Paulo, visto que, por ser um conteúdo apresentado no terceiro ano do Ensino Médio, no segundo semestre, segundo a proposta estadual, pouco tempo hábil existia para abordagem de um tema de grande complexidade.

Deste modo, visando contornar esta visão de que Estrutura da Matéria é apenas o estudo sistemático da Matéria, para a constituição desta sequência e plano, deixamos os professores livres para escolher o conteúdo e forma de abordagem. Independentemente do conteúdo a ser trabalhado este deveria privilegiar ou ressaltar temas referentes à Estrutura da Matéria em qualquer parte do currículo. Por exemplo: o professor poderia ensinar conceitos referentes à força de atrito, segundo a mecânica newtoniana, porém ao estabelecer os conceitos de contato e dissipação de energia, deveria ressaltar estes aspectos, enfatizando e pontuando a constituição da matéria. Dependendo da ordem de grandeza temos forças atrativas entre corpos que possuem massa, que configuram-se como uma força gravitacional. Já na estrutura submicroscópica a matéria apresenta forte repulsão, sendo impossível o natural e real contato entre estruturas atômicas.

O segundo caráter foi o de formação dos professores. Além do estudo da proposta de perfis conceituais de Pozo e Crespo (2009), muitos dos professores não possuíam conhecimentos a respeito dos conceitos trabalhados, ou apresentavam conhecimentos limitados.

Devido a este fato, a partir do décimo encontro foram realizados estudos dirigidos segundo os principais materiais disponíveis na área. Estes estudos foram realizados através da leitura prévia dos textos, com 2 semanas de antecedência e posterior apresentação e discussão dos textos com o grupo de professores.

Nos encontros foram utilizadas abordagens de ordem filosófica, histórica e de evolução conceitual estruturadas segundo os referenciais citados no quadro 3.

6.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Ocorreram duas inserções da pesquisa no curso, em momentos específicos, para coleta de dados. Estes momentos não possuíam o único objetivo da coleta, mas também faziam parte das atividades sequenciadas para formação dos professores. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram construídos pelo grupo de pesquisa na forma de questionários e atividades a serem desenvolvidas pelos professores na forma de um plano de aulas. Eles dependiam diretamente dos conceitos que os professores possuíam, dos conceitos construídos coletivamente para caracterizar o contexto e das discussões realizadas entre os professores, pesquisadores e palestrantes convidados.

Abaixo são descritos os instrumentos utilizados, assim como os momentos em que se inseriram no curso de formação para caracterização do perfil conceitual, epistemológico e ontológico do professor, assim como do plano de aula.

6.2.1 INSTRUMENTO DE CONSTRUÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL

Para a análise dos conceitos apresentados pelos cinco professores de Física quanto ao tema Estrutura da Matéria, utilizamos um questionário composto por 5 questões que se baseavam em modelos criados pelos próprios professores sobre fenômenos físicos. Este questionário foi aplicado ao final do quarto encontro e é composto por duas fichas subsequentes (Ficha 01 e Ficha 02). Sua estruturação em fichas tem como objetivo distinguir as questões apresentadas no questionário devido a sua similitude. O questionário é apresentado no Apêndice 1 na íntegra.

Na estruturação do questionário buscamos uma maneira de levantar as concepções que os professores possuíam para além de um discurso pronto. Sabendo do que tratava o curso e de quais conceitos seriam estudados, os professores poderiam construir respostas que não expressassem os saberes que realmente mobilizam em sala de aula. Buscamos obter uma abordagem que não incentivasse “respostas prontas”, existentes na estrutura curricular e contexto de trabalho dos sujeitos. Eles, sabendo do objetivo da pesquisa, poderiam se expressar pelo mesmo vocabulário e ideias, em uma espécie de “mantra” o qual poderia não refletir diretamente seu modo de pensar.

Todos possuem um discurso próprio, que nem sempre é utilizado em situações do tipo avaliativas como as inserções da pesquisa no curso de formação. Este discurso expressa o real saber destes sujeitos, sendo moldado por sua formação, fatores sociais, interesses particulares, culturais, trabalhistas, ideológicos, etc.

Não se iludindo em conseguir descrever os reais saberes deste grupo de professores quanto à Estrutura da Matéria, mas buscando a maior proximidade possível nesta estrutura íntima que processa ontologicamente estes conceitos, elaboramos os quadros de representação nas duas fichas, já mencionadas.

A primeira folha, a qual chamaremos de Ficha 01, contém doze quadros de representação pictórica e três perguntas sobre os fenômenos apresentados. A Ficha 01 inicia-se com a seguinte situação-problema:

- “Uma pessoa coloca uma panela no fogo, dentro desta panela é colocado gelo (H_2O a 0°C). Qual a aparência da água em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1 atm? Utilize os quadros abaixo”.

Em seguida foram colocados seis quadros, conforme a figura 10 abaixo, numerados do 1° ao 6°, com as respectivas temperaturas ($\sim 0^\circ\text{C}$, $\sim 4^\circ\text{C}$, $\sim 50^\circ\text{C}$, $\sim 80^\circ\text{C}$ e $>100^\circ\text{C}$), sendo os pontos de fusão e ebulição da água dados logo abaixo do enunciado proposto.

Água (H_2O) – Ponto de Fusão: 0°C , Ponto de Ebulição: 100°C .

| ($\sim 0^\circ\text{C}$) | ($\sim 4^\circ\text{C}$) | ($\sim 50^\circ\text{C}$) |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1° | 2° | 3° |

| ($\sim 80^\circ\text{C}$) | ($\sim 100^\circ\text{C}$) | ($>100^\circ\text{C}$) |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 4° | 5° | 6° |

Figura 10: quadros de representação para a estrutura da água em função da temperatura.

Abaixo dos quadros se apresenta a segunda situação-problema:

- “Agora, nos quadros abaixo, como poderíamos representar do que é constituída esta mesma substância em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1 atm na mesma situação descrita acima?”.

Novamente foram dados os pontos de fusão e ebulição da água pura e as mesmas temperaturas acima descritas, agora nos quadros 7°, 8°, 9°, 10°, 11° e 12°, respectivamente.

Em seguida foram propostas três questões para serem respondidas na forma textual:

- Questão 1: “Em quais dos quadros existe algum tipo de movimento? Observe que os quadros estão numerados. Explique suas respostas”;
- Questão 2: “Podemos enxergar a constituição das substâncias? Explique.”;

Nesta questão foram desconsideradas as respostas sem as devidas explicações.

- Questão 3: “O estudo das propriedades/composição da matéria (água, ferro e outros elementos / substâncias) conhecidos tem alguma importância para o nosso dia-a-dia? Explique”.

Na segunda parte do questionário (Ficha 02) iniciamos com um semelhante questionamento:

- “Esta mesma pessoa coloca agora uma barra de Ferro dentro de um forno capaz de chegar a grandes temperaturas. Qual a aparência do ferro em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1atm?”.

Foram apresentados os pontos de fusão e ebulição do material e seis quadros numerados do 13° ao 18° para que as representações fossem feitas conforme a figura 11 abaixo.

Ferro (Fe) - Ponto de Fusão: 1538°C, Ponto de Ebulição: 2861°C.

| (~0°C) | (~100°C) | (~500°C) |
|------------|------------|------------|
| 13° | 14° | 15° |

| (~1300°C) | (~2000°C) | (>2590°C) |
|------------|------------|------------|
| 16° | 17° | 18° |

Figura 11: quadros de representação para a estrutura do ferro em função da temperatura.

O segundo questionamento desta folha segue com a proposição análoga:

- “Desenhe agora como poderíamos representar do que é constituída esta mesma substância em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1atm” e quadros numerados do 19° ao 24°. Para terminar a Ficha 02 foram colocadas duas questões:
- Questão 4: “Em quais dos quadros existe algum tipo de movimento? Observe que os quadros estão numerados. Explique suas respostas”;

- Questão 5: “Até que ponto os desenhos, imagens e ilustrações realizados nos quadros (7 a 12) e (19 a 24) correspondem à realidade?”

Assim, ao elaborar os instrumentos descritos nosso objetivo foi levantar elementos representacionais e textuais presentes nas concepções dos sujeitos. Conforme anteriormente ressaltado, segundo Greca e Santos (2005), através de modelos representacionais, desenhos, imagens e ilustrações podemos estabelecer analogias, mas elas não podem se sobrepor aos próprios conceitos, pois dificilmente nos mostram indícios de seus mecanismos internos.

Acreditamos que o mesmo possa ocorrer em relação à Estrutura da Matéria. Deste modo, os desenhos/representações realizados nos quadros da Ficha 01 e da Ficha 02 pelos professores serviram de subsídio para melhor organização e compreensão das respostas textuais e consequente análise e classificação destas para interpretação dos primeiros resultados. As representações realizadas pelos professores antes das questões textuais serviram para orientação indireta e subjetiva das questões centrais a serem abordadas. Cada uma das questões textuais se referiam diretamente a uma representação construída pelo professor anteriormente, buscando apenas uma forma de explicá-la.

Da mesma forma não poderíamos analisar as representações realizadas nos quadros diretamente, pois poderiam constituir imagens prontas que os sujeitos conhecem no dia a dia, livros didáticos, proposta curricular, etc, simplesmente reproduzidas, e que não possuem nenhum significado íntimo para estes sujeitos. Assim, tais representações não foram analisadas diretamente ou exclusivamente como um fim próprio e sim em conjunto com as explicações dadas pelos sujeitos, para tanto utilizamos a estrutura de domínio epistemológicos, ontológicos e conceituais proposta por Pozo e Crespo (2009). Os três domínios relativos ao conceito de Estrutura da Matéria são apresentado, tomando como base as estruturas apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4 do Capítulo 3.

Domínios de uma possível mudança epistemológica

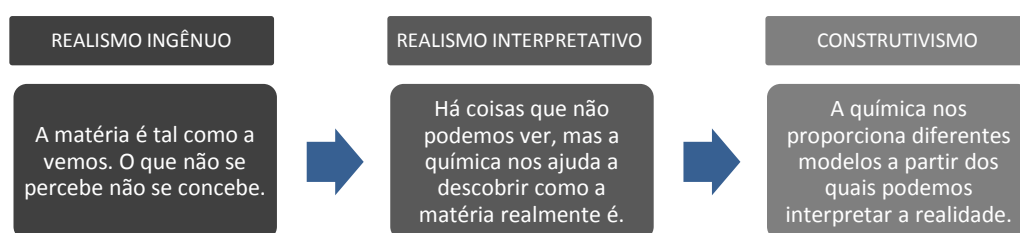


Figura 12. Três domínios da mudança epistemológica aplicada à compreensão da química, organizada por Pozo e Crespo (2009, p.143).

Domínios de uma possível mudança ontológica

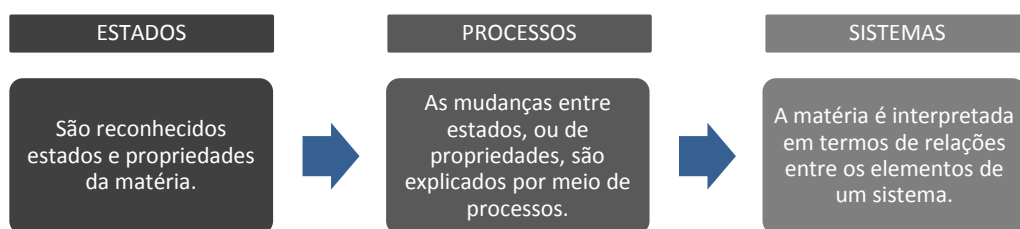


Figura 13. Três domínios da mudança ontológica aplicada à compreensão da química, organizada por Pozo e Crespo (2009, p.143).

Possíveis dimensões conceituais e domínios respectivos.

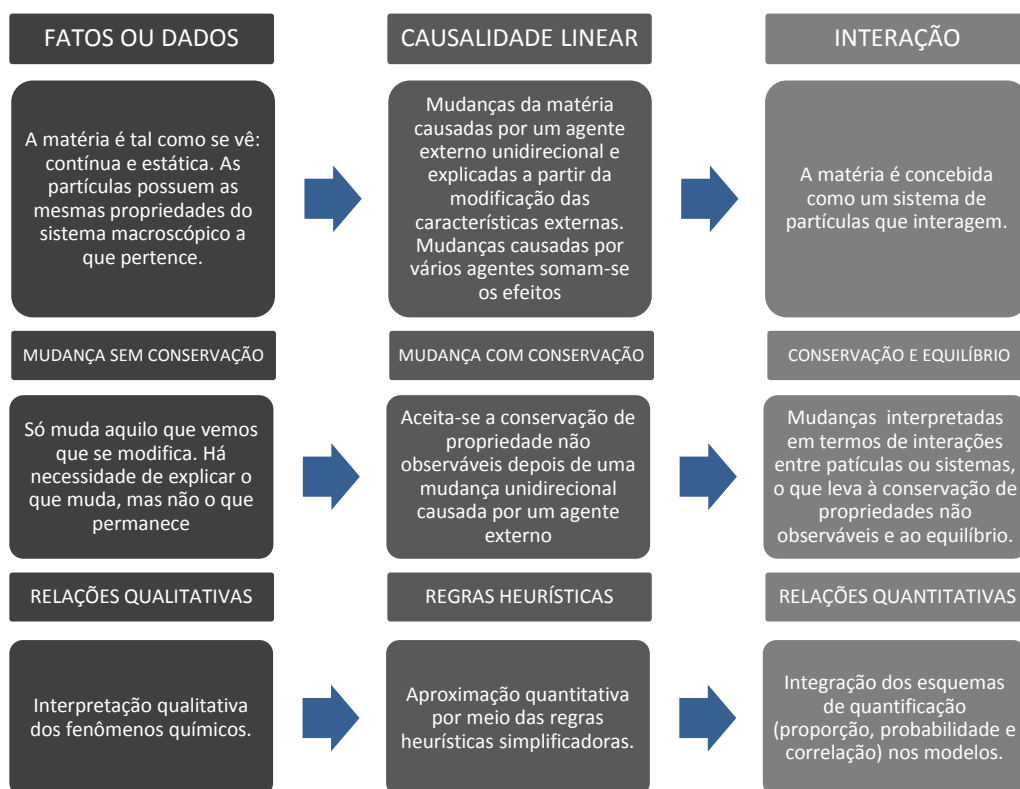


Figura 14. Três dimensões e respectivos domínios da mudança conceitual aplicada à compreensão da química, organizada por Pozo e Crespo (2009, p.143).

Os questionários foram inicialmente apresentados ao grupo de pesquisas para correções. Após as devidas correção e formatação eles foram apresentados aos professores. Em seguida solicitamos aos professores que os aplicassem com seus alunos do Ensino Médio, para posterior análise das respostas dos professores. Este teste com os alunos visou a procura de erros conceituais ou de interpretação textual dos professores, ao tomar contato com o questionário em um segundo momento, o qual poderiam levar a incompreensões por parte dos sujeitos pesquisados e dos pesquisadores em sua análise. É importante destacar que a estrutura de Pozo e Crespo (2009) sempre é apresentada com a palavra *possível* (Domínios de uma *possível* mudança..., *Possíveis* dimensões conceituais ..., etc).

O fato se deve a não existência de uma estrutura única que contemple toda e qualquer análise realizada. O desafio desta seção foi criar um questionário que busca-se contemplar a maior número de dimensões possíveis na estrutura do autor de forma clara e compreensível. Evidentemente, ver-se-á na análise dos dados, que não foi possível contemplar a todos os casos, porém a estrutura foi compreensível por todos os sujeitos.

6.2.2 INSTRUMENTO DE CONSTRUÇÃO DO PLANO DE AULA

Após o 7º encontro conversamos com os professores sobre a construção de um plano de aula que levasse em consideração a aprendizagem de Estrutura da Matéria.

A ordenação dos conteúdos no planejamento da prática é uma fase de grande importância para a reflexão do professor a nível conceitual e pedagógico. Assim,

Se planejar o currículo é lhe dar forma pedagógica, é evidente que a reflexão em torno de seus conteúdos é capital para os professores. No final das contas, se a cultura do currículo escolar não é uma mera justaposição de retalhos do que denominamos cultura elaborativa, deve implicar uma cuidadosa seleção e ordenação pedagógica, ou seja, uma “tradução” educativa de acordo com o papel que cumprirá na educação do aluno. E essa é a função capital do planejamento escolar. (SACRISTÁN, 2000, p.297).

Destacamos nos referenciais teóricos que a falta de textos específicos e atividades nos livros didáticos quanto ao tema Estrutura Elementar da Matéria, aliada à má formação específica dos professores nesse tema são fatores que influenciam fortemente na prática em sala de aula.

Os professores, no primeiro momento, foram orientados para construção do plano de aula a partir de uma atividade a ser desenvolvida com seus alunos. A atividade deveria ser proposta por eles.

A proposta de construção de um plano de aulas *nesta pesquisa* tem como objetivo central ***a compreensão de quais são os instrumentos curriculares e extracurriculares utilizados pelos professores para construção de uma aula.***

Partindo do fato de que os professores estruturam sua prática tendo como referência básica as atividades ou tarefas acadêmicas e que esse âmbito é o terreno por antonomásia onde podem e lhes é permitido que realizem suas opções profissionais, compreendemos a importância que este aspecto tem no planejamento do ensino. As atividades são planos estratégicos de instrução com determinadas virtualidades. Mas é importante pensar que os profissionais partem desses esquemas práticos [...] (SACRISTÁN, 2000, p.306).

Solicitamos que eles construíssem uma atividade que possibilitasse a discussão sobre o tema e que o abordassem de forma direta ou indireta.

Segundo Sacristán (2000), o professor mobiliza diversas instâncias de conhecimentos curriculares para compor sua prática docente. Entre essas instâncias, podemos citar: a formação do professor, seu planejamento, o sistema educativo, disposições da administração, diretrizes governamentais, sua própria experiência, livros-texto, planos de estudo e outros

Todas estas instâncias interagem em maior ou menor grau e orientam a atividade educativa. Segundo Sacristán (2000),

O professor é um agente ativo muito decisivo na concretização dos conteúdos e significados dos currículos, moldando a partir de sua cultura profissional qualquer proposta que lhe é feita, seja através da prescrição administrativa, seja do currículo elaborado pelos materiais, guias, livros-texto, etc. Independentemente do papel que consideremos que ele há de ter neste processo de planejar a prática, de fato é um “tradutor” que intervém na configuração dos significados das propostas curriculares. O plano que os professores fazem de ensino, ou que entendemos por programação, é um momento de especial significado nessa tradução. (SACRISTÁN, 2000, p.105)

Muitos professores nos questionaram sobre como deveriam ser feitos esses planos de aula e solicitaram um modelo. Mesmo informando-os que não era necessário um padrão a ser seguido os professores foram taxativos quanto a suas necessidades. Fornecemos então a eles um conjunto de questões norteadoras para elaboração do plano com vistas à metodologia investigativa (CAÑAL, 2000). Estas questões buscavam ser o mais abrangentes e simples o possível para não interferir nesta *tradução curricular*, conforme sinaliza Sacristán (2000).

Para tanto, utilizamos as questões propostas no CoRe (Representação do Conteúdo) de Loughran, Mulhall e Berry (2004). Na proposta dos autores o instrumento possui a finalidade de documentar a prática pedagógica do conteúdo. Aqui, as questões serviram como embasamento não de análise, mas de constituição e orientação de um plano de aulas por parte dos professores.

Desta forma, as questões foram propostas:

- O que você pretende que seus alunos aprendam a respeito do tema?
- Por que é importante para os alunos aprenderem este conteúdo?
- O que mais você sabe deste conteúdo?
- O que você não vai ensinar por enquanto aos estudantes?
- Quais são as dificuldades específicas de aprendizagem relacionadas a este conteúdo que os estudantes apresentam?
- Quais conhecimentos você possui a respeito do raciocínio dos alunos que influenciam na sua prática docente ao abordar este conteúdo?
- Quais são os outros fatores que influenciam suas escolhas ao ensinar este conteúdo?
- Que estratégias de ensino você emprega ao ensinar este conteúdo? Quais as razões para empregá-las?
- De que maneira você avalia a compreensão ou as confusões dos alunos acerca deste conteúdo?

Após refletirem sobre as questões, os professores foram orientados a elaborar um esboço do plano e aplicá-lo em aula com seus alunos, verificando os pontos positivos e negativos. Nesse intervalo, nenhum dos professores elaborou o plano, logo, tampouco aplicaram.

O principal motivo alegado pelos professores foi a falta de familiaridade com o tema, tanto na sua forma conceitual quanto prática. Muitos descreveram que nunca haviam dado aulas utilizando os conteúdos do quarto bimestre do terceiro ano do Ensino Médio, normalmente devido às preparações para formaturas

do 3º ano do Ensino Médio, para o SARESP (Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Estado de São Paulo) e pela ausência de motivação e faltas excessivas dos alunos neste período.

O SARESP é uma prova, aplicada desde 1996, pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEE/SP) para avaliar o Ensino Básico na rede estadual. Em 2007, este sistema de provas passou a utilizar a metodologia dos exames nacionais (SAEB e Prova Brasil), o que permitiu a comparação de resultados, que são utilizados para calcular o Idesp (Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo). No ano de 2011 o sistema passou a estabelecer premiações para os professores através dos resultados dos alunos nas séries finais do Ensino Médio avaliadas.

Este sistema, inicialmente, contempla os professores que tiveram alunos das séries finais do Ensino Médio acima de metas pré-estabelecidas pelo governo estadual e que com ausências decorrentes de licença-maternidade, licença-paternidade, adoção e férias, além de possíveis 6 abonos, permitidos em lei, sem prejuízo de salário, durante o ano.

Apesar das respostas, ou muitas vezes do silêncio, do Governo do Estado quanto às possibilidades/impossibilidades de ocorrerem incrementos salariais reais, mínimos, mensalmente computados em folha de pagamento, que acompanhem a inflação, conforme as solicitações dos sindicatos e associações da categoria, o governo investiu/transvestiu 700 milhões³ de reais no ano de 2014 na “valorização docente”, através do sistema de bonificações, popularmente conhecido entre os professores como “arrocho salarial”⁴. Segundo o governador Geraldo Alckmin,

"A educação é um desafio permanente, que exige esforço e dedicação. Nada mais justo, portanto, que reconhecer o trabalho dos profissionais dessa área não só por meio de uma política inédita de valorização salarial, mas também com a bonificação por desempenho"⁵

No ano de 2014, dentre os mais de 218.178 docentes registrados⁵ na educação pública estadual cerca de 165 mil⁶ foram contemplados com o bônus e obtiveram a, oficialmente chamada, valorização docente, os cerca de 53 mil docentes restantes, não.

³ Disponível em: <<http://www.educacao.sp.gov.br/noticias/com-investimento-de-r-700-milhoes-255-mil-servidores-recebem-bonus-de-ate-2-9-salarios>> Acesso em: 03/02/2015.

⁴ Disponível em: <<http://jornalggn.com.br/noticia/a-questao-da-politica-de-bonus-para-os-professores-em-sp>> Acesso em: 15 de setembro de 2014.

⁵ Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais - INEP - Censo Educacional 2012. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sp&tema=educacao2012>> Acesso em: 03/02/2015.

⁶ Disponível em: <<http://www.educacao.sp.gov.br/noticias/bonus-por-desempenho-da-rede-estadual-de-ensino-aumenta-59-2>> Acesso em: 03/02/2015.

No ensino público estadual a realidade observada, de modo geral, parece bastante precária. Ao contrário do que divulga a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, a superlotação de salas não parece ser uma grande preocupação das autoridades competentes.

Em denúncias⁷ da própria gestão das escolas e de professores observa-se um incremento do número de alunos por sala de aula, uma média de 45 alunos regularmente matriculados por turma em algumas escolas. São constantes os cortes no orçamento geral da escola para limpeza, manutenção e provisão de equipamentos e os salários pagos aos professores, cerca de 12,5 reais a hora-aula para efetivos do Ensino Médio, não recebem incremento real frente à inflação, contrariamente ao divulgado pelo governo do Estado de São Paulo.

O descompasso entre a divulgação oficial e a realidade observada pelos que estão na frente de trabalho pode ser um fator em potencial para geração de uma situação ainda mais perturbadora e agravante do plano educacional do Estado de São Paulo quanto ao compromisso social, político e ideológico de muitos professores que não vislumbram perspectivas profissionais e trabalhistas na área, nem o devido comprometimento real dos setores governamentais. Todos estes fatores fazem com que os profissionais, inclusive sujeitos desta pesquisa, passem a atrelar sua rotina docente ao preparo dos alunos do 3º ano do Ensino Médio, no segundo semestre, para a realização da prova do SARESP e não contemplem a estrutura curricular.

Assim, compreendendo parte das angústias, necessidades e dúvidas explanadas e discutidas no curso pelos professores, demos sequência aos oito encontros restante para discussão de referenciais conceituais e pedagógicos sobre o tema, orientando-nos para fornecer subsídios para a construção dos planos de ensino.

Frente ao despreparo e insegurança, os professores optaram, espontaneamente, por elaborar planos de aula de forma conjunta, à exceção de 1 professor. Eles elaboraram os planos durante o último dia de encontros do curso de formação e o entregaram no término deste. O tempo total disponível para sua confecção foi de aproximadamente 3 horas.

As contribuições individuais foram avaliadas segundo a participação dos integrantes do grupo durante a confecção do plano de aula.

De acordo com Sacristán (2000), os planos podem ser construídos de forma coletiva,

Os professores podem atuar em nível individual ou como grupo que organiza conjuntamente o ensino. A organização social do trabalho docente terá consequências importantes para a prática. Sacristán (2000, p.105).

Na finalização do curso nos comprometemos a informar aos professores os resultados obtidos assim que os trabalhos forem finalizados, deixando o contato permanente dos integrantes e do grupo de pesquisas para suporte pedagógico, conceitual, atividades de extensão e coparticipação em atividades afins. Foram emitidos os certificados de participação dos professores no curso para, dentre outros motivos, possível contabilização das horas de estudos para progressão funcional dos docentes.

⁷ Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/02/professores-de-sp-denunciam-super-lotacao-em-escolas-estaduais.html>> Acesso em: 02 fevereiro de 2015.

6.3. METODOLOGIA DE TRATAMENTO DOS DADOS

A partir da estrutura detalhada por Pozo e Crespo (2009), classificamos as expressões dos sujeitos em Domínios e Princípios. Muitas expressões utilizadas possuem significados inerentes ao sujeito. Essa classificação buscou uma aproximação das ideias e contextos que cercam o sujeito, visualizando mais claramente a mensagem passada, com seus significados próprios atribuídos.

Delineamos assim, um contexto representativo das ideias dos professores, o qual nos possibilitou construir um texto significativo do sujeito e ausente de atribuições do pesquisador.

Conforme Martins (2004),

Só haverá Ciência Humana se nos dirigirmos a maneira como os indivíduos ou os grupos representam palavras para si mesmos utilizando suas formas de significados, compõem discursos reais, revelam e ocultam neles o que estão pensando ou dizendo, talvez desconhecidos para eles mesmos, mais ou menos o que desejam, mas, de qualquer forma, deixam um conjunto de traços verbais daqueles pensamentos que devem ser decifrados e restituídos, tanto quanto possível, na sua vivacidade representativa. (MARTINS, 2004, p. 51).

Após a construção do texto foram classificadas as primeiras unidades de sentido sobre a questão central da pesquisa, mediante o método de análise fenomenológica de Amadeo Giorgi, psicólogo norte-americano de grande influência e contribuição nas áreas de fenomenologia e psicologia humanística. Segundo Queirós (2002) *apud* Ramalho (2009),

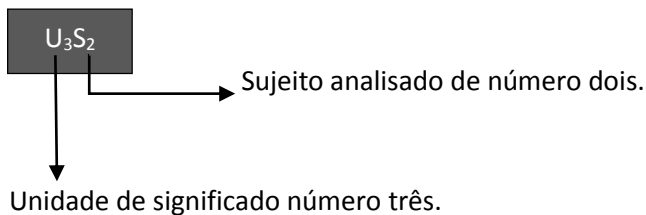
Falamos constantemente em “método fenomenológico” no singular - entretanto, embora não se possa dizer que existe um só método fenomenológico, ele admite muitas variantes. A feição particular que o método assume não depende apenas da área de pesquisa onde será supostamente aplicado, mas de autor para autor. Talvez isso aconteça porque o método fenomenológico é “emprestado” da filosofia de Husserl e, como sabemos, o próprio Husserl não especificou rigorosamente no que consistia o método. Vimos que Spiegelberg, no seu *Phenomenological Movement*, tentou delinear o que se poderia entender como método fenomenológico a partir de uma análise das obras de Husserl. Acontece que Spiegelberg adotou uma perspectiva filosófica e não de pesquisa empírica. Ao transpor o fosso entre a filosofia e a prática da pesquisa, será normal o aparecimento de muitas variantes do método fenomenológico. Não obstante, não existe uma variante que possa ser apontada inequivocamente como o representante básico desta ferramenta na pesquisa empírica. Não é difícil apontar Van Kaam (1959) como o primeiro autor reconhecido como proponente de um método fenomenológico para a pesquisa empírica; outros métodos tornaram-se mais conhecidos, como o de Giorgi (1985), (p. 10). Queirós (2002) *apud* Ramalho (2009)

O método fenomenológico de Giorgi (1985) tem como objetivo a obtenção de “unidades de significado” que estruturam e buscam a “essência” de um fenômeno. Buscando, ao máximo, segundo a perspectiva qualitativa de pesquisa, chegar a essa essência reveladora do real saber dos sujeitos, mas assumindo a premissa de que nunca a atingiremos por completo, seguimos os quatro passos descritos por Giorgi (1985),

- a. Leitura geral da descrição (pode ser uma entrevista transcrita), para ter um senso geral de tudo o que foi colocado.
- b. Tendo o sentido do todo, o pesquisador volta ao início do texto e lê novamente, com o objetivo de discriminar “unidades de sentido” dentro da perspectiva que lhe interessa – sociológica, psicológica, etc. -, e sempre com foco no fenômeno estudado.
- c. Uma vez delineadas as unidades de sentido, o pesquisador corre por todas as unidades de sentido e expressa o que elas contêm (da perspectiva que lhe interessa) de uma forma mais direta; isso vale principalmente para as unidades de sentido mais reveladoras do fenômeno sob consideração.
- d. Por último, o pesquisador sintetiza todas as unidades transformadas em uma declaração consistente com relação à experiência do sujeito. Essa declaração vai se chamar: “estrutura da experiência”. (MOREIRA, 2002)

A declaração consciente ocorre através da busca por relações de semelhança entre os dados. Segundo Zuliani (2006, p.84), a análise nomotética “refere-se a normatização ou estabelecimento de generalizações advindas do tratamento dos dados” e objetiva “identificar pontos convergentes e divergentes nas descrições individuais”.

As unidades foram classificadas com a seguinte denominação e enumeração:



Os nomes dos professores foram alterados para preservar suas identidades. Foram atribuídos os seguintes nomes-fantasia seguidos de sua enumeração.

- Adenir: sujeito 1 (S₁)
- Alberto: sujeito 2 (S₂)
- Maurício: sujeito 3 (S₃)
- Mauro: sujeito 4 (S₄)
- Antônio: sujeito 5 (S₅)

Figura 15: Sujeitos participantes da pesquisa.

Após o delineamento das unidades de significado procedemos à análise dos planos de aula. Segundo Sacristán (2000), não existe um instrumento único que possibilite a construção de um plano de aula. Os professores mobilizam seus saberes de forma própria, pessoal. Podem existir estruturas, como mapas conceituais por exemplo, que auxiliam os professores na efetivação de seu planejamento, mas não podem ser impostas, pois dependem de fatores que variam conforme o contexto.

Buscamos nas estruturas dos professores elementos que nos fornecessem dicas/subsídios para a compreensão dos instrumentos utilizados no planejamento proposto. Não utilizamos uma metodologia própria de investigação/análise dos instrumentos utilizados pelos professores para construção dos planos, pois estes elementos já se mostravam em sua essência, tanto na fala quanto na estrutura moldada por eles.

Para Pozo e Crespo (2009), uma sequência que privilegie a mudança conceitual deve passar pela estrutura apresentada na figura 16.

Ela baseia-se em três fases principais:

- Tomada de consciência dos alunos: nesta fase são realizadas operações para que os alunos conheçam e estabeleçam soluções ou modelos explicativos para os problemas.
- Confronto: neste momento são estabelecidas atividades para o confronto das explicações dos sujeitos com a nova teoria, ou evidências empíricas da atividade. Aqui faz-se necessário que o aluno compreenda seus conhecimentos alternativos, ou limites explicativos das teorias, ocorrendo um abandono dos modelos explicativos anteriores ou uma integração hierárquica com os novos conceitos, mais próximos do saber científico e das metas do currículo.
- Consolidação: consolidação dos conceitos através da observação da maior capacidade explicativa do novo modelo, assim como de sua eficácia. Para tanto, o aluno deverá aplicar os conhecimentos a novas situações e tarefas.

Elas podem privilegia a seguinte disposição:

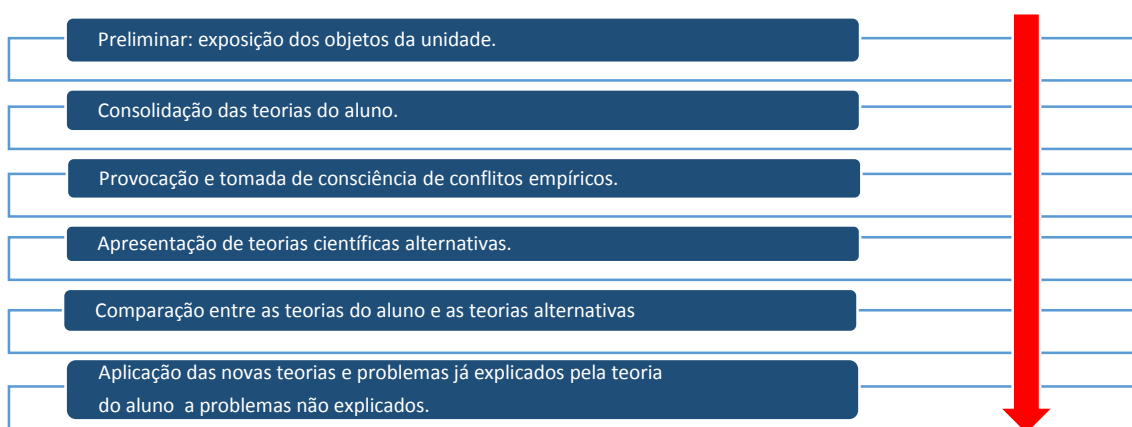
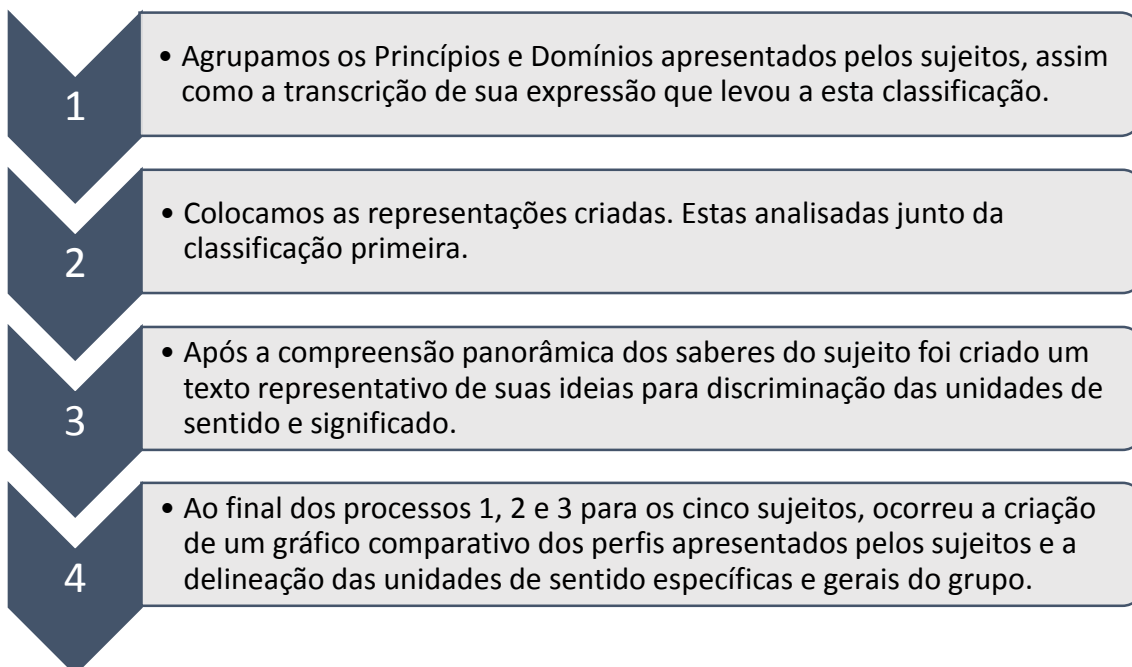


Figura 16: Sequência de instrução para a mudança conceitual, proposta por Pozo e Crespo (2009, p.267)

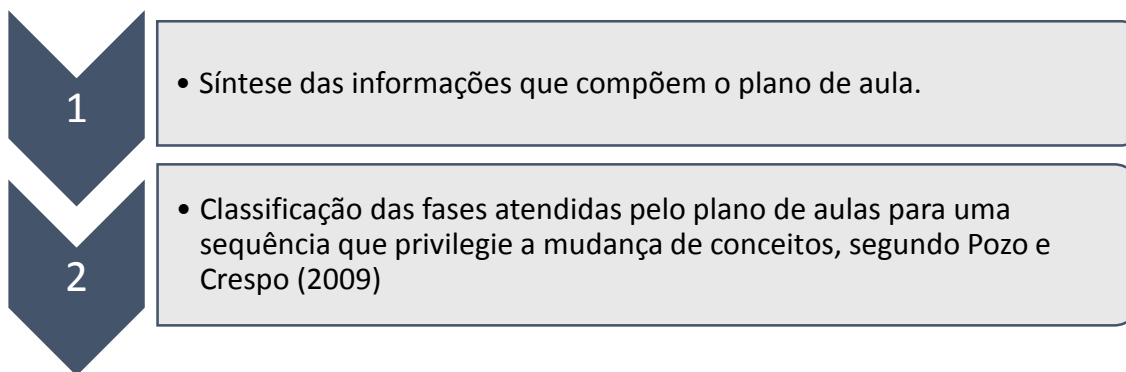
Os dados foram obtidos através do plano de aulas construído e das observações dos professores durante a construção do plano que durou cerca de 2 horas. Assim, foram cruzados com os obtidos no modelo de perfil conceitual dos sujeitos para compreensão do todo.

7. TRATAMENTO DOS DADOS

O tratamento dos dados referentes ao questionário de concepções foi dividido em quadros para classificação dos perfis docentes. Os quadros criados seguiram a seguinte ordenação:



Quanto aos dados referentes ao plano de aula, seguimos a estrutura de tratamento seguinte:



7.1. QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES.

Nos quadros 4, 7, 10, 13 e 16 foram colocadas as transcrições das falas dos sujeitos que poderiam ser relacionadas com seus aspectos ontológicos, epistemológicos e conceituais. Em seguida, colocamos as representações realizadas nos quadros, procedemos à construção do texto e análise fenomenológica dos cinco sujeitos. Os dados encontram-se na sequência, do sujeito um ao cinco.

Sujeito 1: Adenir

Quadro 4. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Adenir).

| Sujeito | Princípios | Domínios apresentados pelo sujeito | Transcrição da expressão do sujeito. |
|---------|----------------|------------------------------------|--|
| Adenir | Ontológico | Estados e Processos | <u>Ficha 01, questão 01. Ficha 01, quadros 1 a 6 e 7 a 12</u> “Em todos os quadros existem movimentos. Os movimentos são maiores na ordem de 1 para 6 devido a temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura mais agitadas ficam as partículas (átomos).” |
| | Epistemológico | Realismo interpretativo | <u>Ficha 01, questão 03.</u> “Sim, pois cada substância é formada por átomos diferentes, com densidades, mudanças de estado físico e temperaturas de ebulição distintas”. |
| | Conceitual | Causalidade Linear | <u>Ficha 01, questão 01.</u> “Em todos os quadros existem movimentos. Os movimentos são maiores na ordem de 1 para 6 devido a temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura mais agitadas ficam as partículas (átomos).” <u>Ficha 01, questão 03.</u> “Sim, pois cada substância é formada por átomos diferentes, com densidades, mudanças de estado físico e temperaturas de ebulição distintas”. |
| | | Regras Heurísticas | <u>Ficha 02, questão 04</u> “Os átomos sempre estão em movimento, sua agitação aumenta com o aumento da temperatura” |

Fonte: Próprio autor.

Abaixo temos as representações realizadas pelo sujeito Adenir.

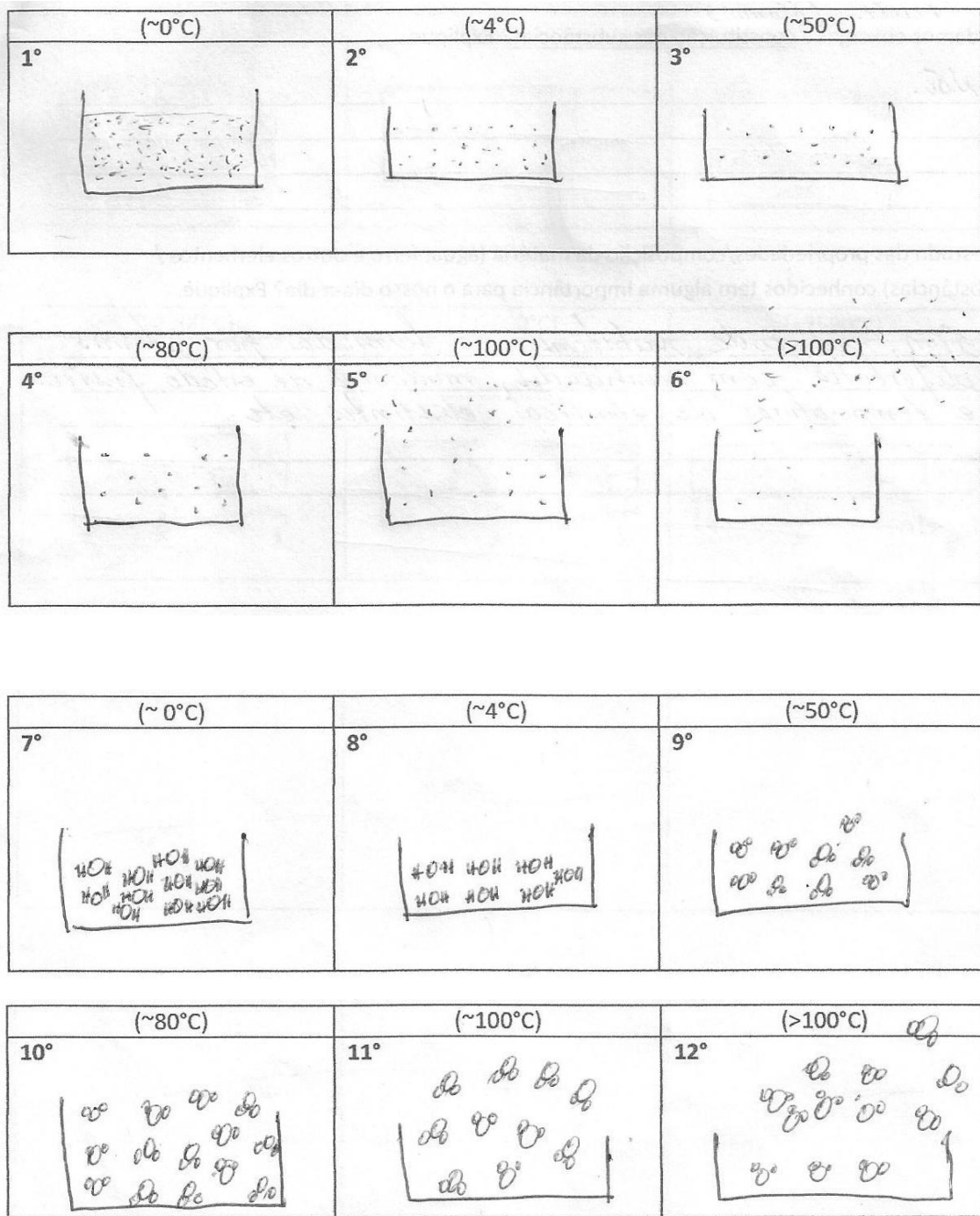


Figura 17: Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Adenir.

Abaixo temos as representações da Ficha 02 realizadas pelo sujeito Adenir.

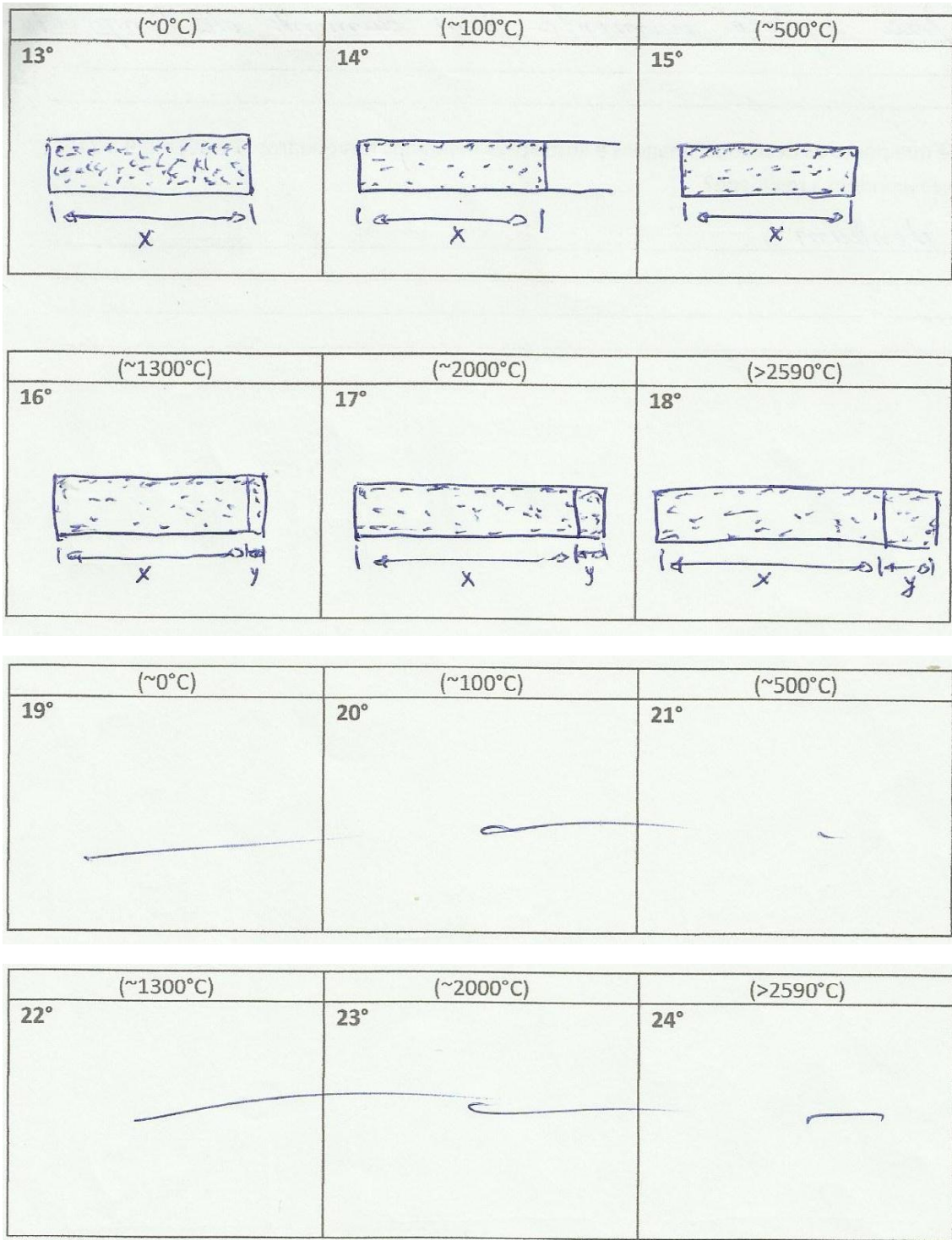


Figura 18: Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Adenir.

Interpretação do saber expressado pelo sujeito Adenir, através do questionário 01, na forma textual.

Quadro 5. Expressão textual do sujeito Adenir.

Cada substância é formada por átomos diferentes, com densidades, mudanças de estado físico e temperaturas de ebulição distintas, estes átomos podem se agrupar, mantendo suas características com a elevação da temperatura. Os átomos podem ser representadas de diferentes formas, de acordo com a conveniência. Eles possuem movimento, ou agitação, mesmo quando não visualizado macroscopicamente. Os átomos estão sempre em movimento. Ao aumentarmos a temperatura eles ficam mais agitadas, ou seja, os movimentos são maiores conforme a temperatura, aumentando também suas distâncias. Este movimento crescente pode ocasionar processos químicos e físicos na substância, por exemplo, na água, ebulição e evaporação; no ferro, dilatação térmica. O estudo das propriedades/composição da matéria é importante, pois nos permite saber qual é a formação de cada substância, assim como suas diferenças estruturais e processos físicos, já que não podemos enxergar sua constituição.

Observação: Não foram representadas as estruturas constituintes do Ferro.

Fonte: próprio autor.

Abaixo, no quadro 6, temos as unidades de significado encontradas no texto do sujeito Adenir.

Quadro 6. Unidades de significado do sujeito Adenir.

| Número da Unidade | Unidade de sentido | Unidade de significado |
|-------------------------------|--|---|
| U ₁ S ₁ | Cada substância é formada por átomos diferentes , com densidades, mudanças de estado físico e temperaturas de ebulição distintas, estes átomos formam moléculas [...]. | Compreensão de níveis atômicos e moleculares (representados pelas figuras) para organização da matéria, assim como suas propriedades físicas e químicas. |
| U ₂ S ₁ | [...] estes átomos podem se agrupar, mantendo suas características com a elevação da temperatura. | Alteração apenas das características intermoleculares em função da temperatura. |
| U ₃ S ₁ | Os átomos podem ser representadas de diferentes formas , de acordo com a conveniência. | Definição de modelos representacionais de acordo com as necessidades. |
| U ₄ S ₁ | Eles possuem movimento, ou agitação, mesmo quando não visualizado macroscopicamente. | São reconhecidas diferenças entre as propriedades macroscópicas e microscópicas. |
| U ₅ S ₁ | O estudo das propriedades/composição da matéria é importante, pois nos permite saber qual é a formação de cada substância, assim como suas diferenças estruturais e processos físicos, já que não podemos enxergar sua constituição. | <p>O sujeito parece reconhecer modelos de representação, mas não de interpretação científica.</p> <p>A utilização do verbo “ser” em “saber qual é” parece, neste contexto, denotar uma atribuição realista do sujeito à substância. Os “átomos” e “moléculas” não parecem ser reconhecidos como um modelo interpretativo da realidade e sim algo real.</p> <p>Possíveis interpretações seriam:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Como não podemos ver com os olhos (já que não podemos enxergar sua constituição), usamos um corpo de conhecimentos que nos permitem entender o real. - A Ciência nos permite ver o que é real e não enxergamos, mesmo que utilizemos diferentes modelos de representação. |

Fonte: próprio autor.

Sujeito 2: Alberto

Quadro 7. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Alberto).

| Sujeito | Princípios | Domínios apresentados pelo sujeito | Transcrição da expressão do sujeito. |
|---|----------------|------------------------------------|---|
| Alberto | Ontológico | Processos | <u>Ficha 02, questão 05</u> “As moléculas vão se separando (movimentando) à medida que a temperatura aumenta”. |
| | | Estados | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Quadros 9, 10, 11, 12 pois a água encontra-se em estado de ebulição |
| | | Processos | <u>Ficha 02, questão 04</u> “17 e 18 a partir de 2000 °C o ferro começa a se deformar” |
| | Epistemológico | Realismo Ingênuo | <u>Ficha 01, questão 02</u> “Sim, através da evaporação (vapor)”. |
| | | Realismo Interpretativo | <u>Ficha 01, questão 03</u> “Sim, podemos aprender o estado das moléculas e as diferentes temperaturas”. |
| | Conceitual | Fatos ou dados | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Quadros 9, 10, 11, 12 pois a água encontra-se em estado de ebulição |
| <u>Ficha 02, questão 04</u> “17 e 18 a partir de 2000 °C o ferro começa a se deformar” | | | |
| | | Regras Heurísticas | <u>Ficha 02, questão 05</u> “As moléculas vão se separando (movimentando) à medida que a temperatura aumenta” |

Fonte: Próprio autor.

Abaixo temos as representações realizadas pelo sujeito Alberto.

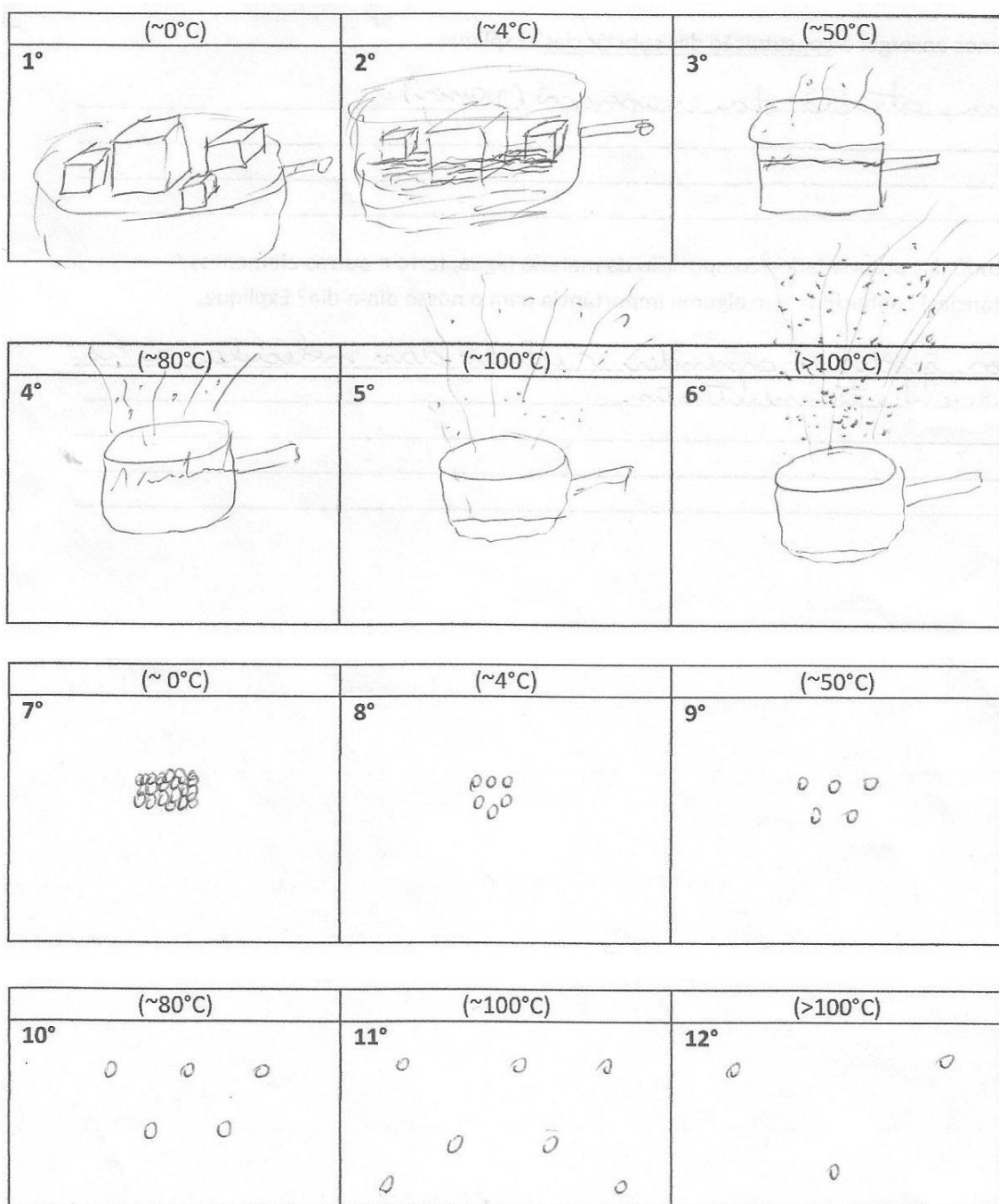
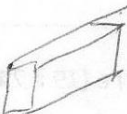


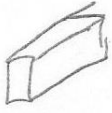

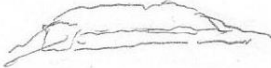





Figura 19: Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Alberto.

| | | | |
|-----|---|---|---|
| | (~0°C) | (~100°C) | (~500°C) |
| 13° |  |  |  |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| | (~1300°C) | (~2000°C) | (>2590°C) |
| 16° |  |  |  |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| | (~0°C) | (~100°C) | (~500°C) |
| 19° |  |  |  |

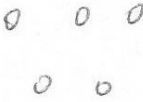
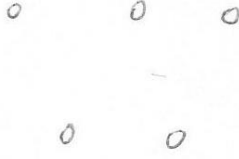

| | | | |
|-----|---|---|---|
| | (~1300°C) | (~2000°C) | (>2590°C) |
| 22° |  |  |  |

Figura 20: Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Alberto.

Interpretação do saber expresso pelo sujeito Alberto, através do questionário 01, na forma textual.

Quadro 8 – Expressão textual do sujeito Alberto.

A representação da constituição das substâncias pode ser realizada por moléculas. Não existem diferenças entre as moléculas da água e do ferro na ordem estrutural. Ambas se aglutinam da mesma forma no estado sólido e se separam à medida que a temperatura aumenta.

Com o aumento da temperatura, por volta dos 50°C a água começa a entrar em ebulição. Neste momento podemos visualizar a constituição da substância (vapor). No caso do ferro, a partir de 2000°C ele começa a se deformar. Existe movimento para a água, apenas a partir dos 50°C e para o ferro, apenas a partir dos 2000°C, quando ele começa a se deformar. As moléculas vão se separando (movimentado) à medida que a temperatura aumenta, tanto para a água quanto para o ferro, de forma idêntica, a partir destas temperaturas.

O estudo das propriedades/composição da matéria tem importância, pois podemos aprender o estado das moléculas e as diferentes temperaturas.

Fonte: próprio autor.

Abaixo, no quadro 9, temos as unidades de significado encontradas no texto do sujeito Alberto

Quadro 9. Unidades de significado do sujeito Alberto.

| Número da Unidade | Unidade de sentido | Unidade de significado |
|--------------------------------|---|---|
| U ₆ S ₂ | A representação da constituição das substâncias pode ser realizada por moléculas . | Representação molecular do processo. |
| U ₇ S ₂ | Não existem diferenças entre as moléculas da água e do ferro na ordem estrutural. Ambas se aglutinam da mesma forma no estado sólido e se separam à medida que a temperatura aumenta. | Erro conceitual seguido de confusão no processo físico de expansão, atribuindo as mesmas propriedades para substâncias que possuem comportamentos distintos. |
| U ₈ S ₂ | Ambas se aglutinam da mesma forma no estado sólido e se separam à medida que a temperatura aumenta. | Erro conceitual seguido de interpretação da alteração das características intermoleculares em função da temperatura. |
| U ₉ S ₂ | Com o aumento da temperatura, por volta dos 50°C a água começa a entrar em ebulição . | Erro conceitual. Observação: os pontos de fusão e ebulição da água e do ferro foram dados nas Fichas. |
| U ₁₀ S ₂ | Com o aumento da temperatura, por volta dos 50°C a água começa a entrar em ebulição . Neste momento podemos visualizar a constituição da substância (vapor). | Erro conceitual. O vapor é destacado como a molécula constituinte da matéria macroscópica. Entende que o vapor visualizado é a estrutura constituinte da substância. |
| U ₁₁ S ₂ | Existe movimento para a água, apenas a partir dos 50°C e para o ferro, apenas a partir dos 2000°C, quando ele começa a se deformar | Ausência, ou pouca de distinção entre características macroscópicas e microscópicas. |
| U ₁₂ S ₂ | Existe movimento para a água, apenas a partir dos 50°C e para o ferro, apenas a partir dos 2000°C, quando ele começa a se deformar. As moléculas vão se separando (movimentado) à medida que a temperatura aumenta, tanto para a água quanto para o ferro, de forma idêntica, a partir destas temperaturas . | Diferentes substâncias e materiais são representados de forma única estruturalmente na escala microscópica. |
| U ₁₃ S ₂ | O estudo das propriedades/composição da matéria tem importância, pois podemos aprender o estado das moléculas e as diferentes temperaturas . | As estruturas não parecem ser reconhecidas como um modelo interpretativo da realidade e sim algo real. O sujeito parece apresentar confusão quanto aos modelos de representação, e de interpretação. |

Fonte: próprio autor.

Sujeito 3: Maurício

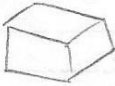
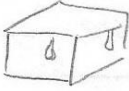
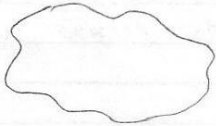
Quadro 10. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Maurício).

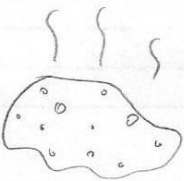

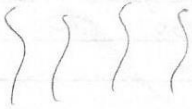
| Sujeito | Princípios | Domínios apresentados pelo sujeito | Transcrição da expressão do sujeito. |
|----------------|-------------------------|---|--|
| Maurício | Ontológico | Estados | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Nos quadros 10 e 11 respectivamente pois é o estágio onde ocorre a fervura e posterior ebulição e evaporação.” |
| | | Processos | <u>Ficha 02, questão 04</u> “22-> Deformação no metal” “24-> metal na forma líquida em grande agitação” São reconhecidos estados e propriedades da matéria, porém elas não são explicadas por meio de um processo ou são parcialmente explicadas por meio de um processo. |
| | | Sistemas e Estados | <u>Quadros 16 a 18 e 21 a 24</u> O sujeito relaciona os elementos do sistema através do processo de incandescência. “se torna incandescente”. Entretanto tal processo é representado da mesma forma para a aparência e constituição da matéria. |
| Epistemológico | Realismo ingênuo | <u>Ficha 02, questão 05</u> “Somente nas últimas imagens, onde é visível o que está ocorrendo com os corpos em estados de deformação”. | |
| | Realismo interpretativo | <u>Ficha 01, questão 02</u> “Podemos visualizar apenas o estado em que a água se encontra e não sua constituição” | |
| Conceitual | Causalidade Linear | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Nos quadros 10 e 11 respectivamente, pois é o estágio onde ocorre a fervura e posterior ebulição e evaporação”. <u>Quadro 10</u> “moléculas agitadas e início de fervura com evaporação” <u>Quadro 11</u> “moléculas expandidas” e em grande agitação com ebulição”. O sujeito percebe as relações de agitação com o incremento de temperatura, porém concebe este processo como algo independente da evaporação e ebulição e não como consequência natural da interação entre as partículas de um sistema. | |

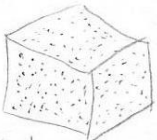
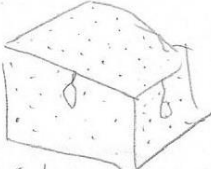

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | <p>Relações qualitativas</p> <p>Regras heurísticas</p> | <p><u>Ficha 02, questão 04</u> “22-> Deformação no metal” “24-> metal na forma líquida em grande agitação” São apontadas situações sem correlação visível ou com poucas correlações.</p> <p><u>Quadro 10</u> “moléculas agitadas e início de fervura com evaporação”</p> <p><u>Quadro 11</u> “moléculas expandidas” e em grande agitação com ebulição”.</p> <p>As moléculas passam de “agitadas” para “grande agitação”</p> |
|--|--|---|--|

Fonte: Próprio autor.

Abaixo temos as representações realizadas pelo sujeito Maurício.

| | (~0°C) | (~4°C) | (~50°C) |
|----|---|---|---|
| 1° |  |  |  |

| | (~80°C) | (~100°C) | (>100°C) |
|----|---|---|---|
| 4° |  |  |  |

| | (~0°C) | (~4°C) | (~50°C) |
|----|---|--|--|
| 7° |  <i>moléculas agrupadas</i> |  <i>moléculas expandidas</i> |  <i>Estado líquido com as moléculas iniciando agitação</i> |




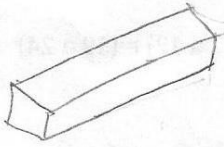
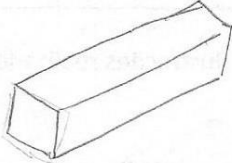
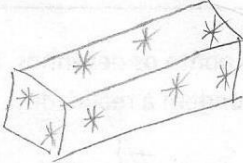
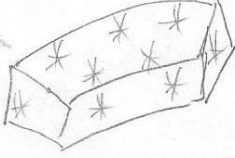
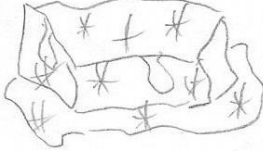
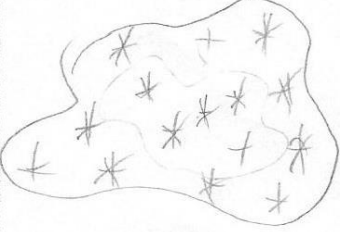
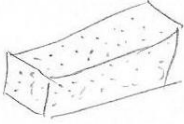
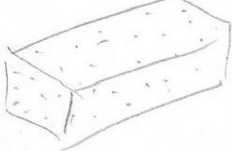
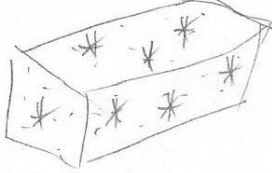
| | (~80°C) | (~100°C) | (>100°C) |
|-----|---|--|--|
| 10° |  <i>moléculas agitadas e início de fervura com evaporação</i> |  <i>moléculas expandidas e em grande agitação com ebulição</i> |  <i>moléculas em forma de gotículas de vapor</i> |

Figura 21: Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Maurício.

| | | | |
|-----|---|---|---|
| | (~0°C) | (~100°C) | (~500°C) |
| 13° |  |  |  |

| | | | |
|-----|---|---|--|
| | (~1300°C) | (~2000°C) | (>2590°C) |
| 16° |  |  |  |

| | | | |
|-----|---|---|--|
| | (~0°C) | (~100°C) | (~500°C) |
| 19° |  |  | 21° <i>se torna incandescente</i>  |

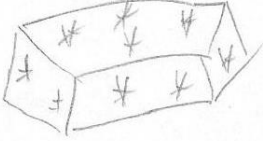

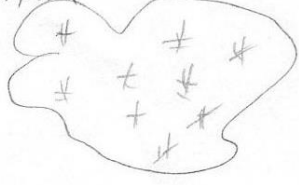
| | | | |
|------------------------------|---|--|--|
| | (~1300°C) | (~2000°C) | (>2590°C) |
| 22° <i>Ocorre deformação</i> |  | 23° <i>O metal entra em estado de descontinuidade</i>  | 24° <i>O metal em forma líquida</i>  |

Figura 22: Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Maurício.

Interpretação do saber expresso pelo sujeito Maurício, através do questionário 01, na forma textual.

Quadro 11. Expressão textual do sujeito Maurício.

A matéria pode ser representada por meio de moléculas. Elas se expandem de forma semelhante tanto para o ferro quanto para a água em função da temperatura. Para a água, podemos visualizar apenas o estado em que ela se encontra, mas não sua constituição. Suas moléculas, a 0°C, apresentam-se bastante agrupadas. A aproximadamente 4°C formam-se lacunas entre o material aparente e também na estrutura molecular, oriundas da expansão das moléculas. Conforme a temperatura aumenta, partindo de 0°C, as moléculas então se expandem até o início de sua agitação, a 50°C. Somente a partir de 80°C, com o início da fervura com evaporação e posterior ebulição, a 100°C, as moléculas possuem algum tipo de movimento (agitação). Ou seja, de 0 a 50°C existe apenas movimento estrutural, intermolecular, representado pela expansão. Após 50°C, as moléculas passam a ter uma agitação própria, além da expansão. No caso do ferro, a partir de 500°C ocorre a incandescência, representada nas figuras pelo brilho que emerge do material. Podemos visualizar o movimento a partir de 1300°C, próximo ao ponto de fusão (1500°C), onde passa então a ocorrer também a deformação do material, tanto em sua aparência quanto constituição. Após o ponto de fusão, o material, tanto a nível de aparência quanto constituição, ainda existe no estado sólido e líquido. A temperaturas maiores que o ponto de ebulição apenas a água se encontra no estado de vapor, o ferro permanece no estado líquido. O estudo das propriedades/composição da matéria tem grande importância para o nosso conhecimento do comportamento desses materiais. Assim saberemos onde utilizá-los, como utilizá-los, etc.

Fonte: próprio autor.

Abaixo, no quadro 12, temos as unidades de significado encontradas no texto do sujeito Maurício.

Quadro 12. Unidades de significado do sujeito Maurício.

| Número da unidade | Unidade de sentido | Unidade de significado |
|--------------------------------|---|--|
| U ₁₄ S ₃ | A matéria pode ser representada por meio de moléculas | Utilização de representação molecular e reconhecimento de outras formas de representação. |
| U ₁₅ S ₃ | A matéria pode ser representada por meio de moléculas. Elas se expandem de forma semelhante tanto para o ferro quanto para a água em função da temperatura. | Erro conceitual. Confusão no processo físico de expansão, atribuindo as mesmas propriedades para substâncias que possuem comportamentos distintos. |
| U ₁₆ S ₃ | Conforme a temperatura aumenta, partindo de 0°C, as moléculas então se expandem até o início de sua agitação, a 50°C . Somente a partir de 80°C, com o início da fervura com evaporação e posterior ebulição, a 100°C, as moléculas possuem algum tipo de movimento (agitação). Ou seja, de 0 a 50°C existe apenas movimento estrutural, intermolecular, representado pela expansão. Após 50°C, as moléculas passam a ter uma agitação própria, além da expansão. | Erro conceitual. Atribuição de propriedades macroscópicas a elementos microscópicos e confusão entre procesos intermoleculares e intramoleculares. |
| U ₁₇ S ₃ | No caso do ferro, a partir de 500°C ocorre a incandescência, representada nas figuras pelo brilho que emerge do material. | Conhecimento de propriedades físicas decorrentes da interação entre partículas. Noção de um sistema de partículas que interagem. |
| U ₁₈ S ₃ | Após o ponto de fusão, o material, tanto a nível de aparência quanto constituição, ainda existe no estado sólido e líquido . A temperaturas maiores que o ponto de ebulição apenas a água se encontra no estado de vapor, o ferro permanece no estado líquido . | Confusão de processos físicos. |

Fonte: próprio autor.

Sujeito 4: Mauro

Quadro 13. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Mauro).

| Sujeito | Princípios | Domínios apresentados pelo sujeito | Transcrição da expressão do sujeito. |
|---------|----------------|------------------------------------|---|
| Mauro | Ontológico | Processos | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Todos, pois, existe energia térmica”. <u>Ficha 02, questão 04</u> “Todos, pois, alguma energia térmica existe” |
| | Epistemológico | Construtivismo | <u>Ficha 01, questão 02</u> “Não, somente a aparência que varia com a temperatura”. <u>Ficha 02, questão 05</u> “São modelos para tentar explicar um fenômeno observado e necessitam de uma certa abstração. Dentro do raciocínio utilizado corresponde com o fenômeno observado”. |
| | Conceitual | Causalidade Linear | <u>Ficha 01, questão 02</u> “Não, somente a aparência que varia com a temperatura”. |
| | | Relações qualitativas | <u>Quadros 7 a 12 e 19 a 24</u> Desestruturação gradual entre as figuras. O sujeito não exibiu relações entre os quadros. ou regras simplificadoras para o fenômeno além do aumento da desordem. |

Fonte: Próprio autor.

Abaixo temos as representações realizadas pelo sujeito Mauro.

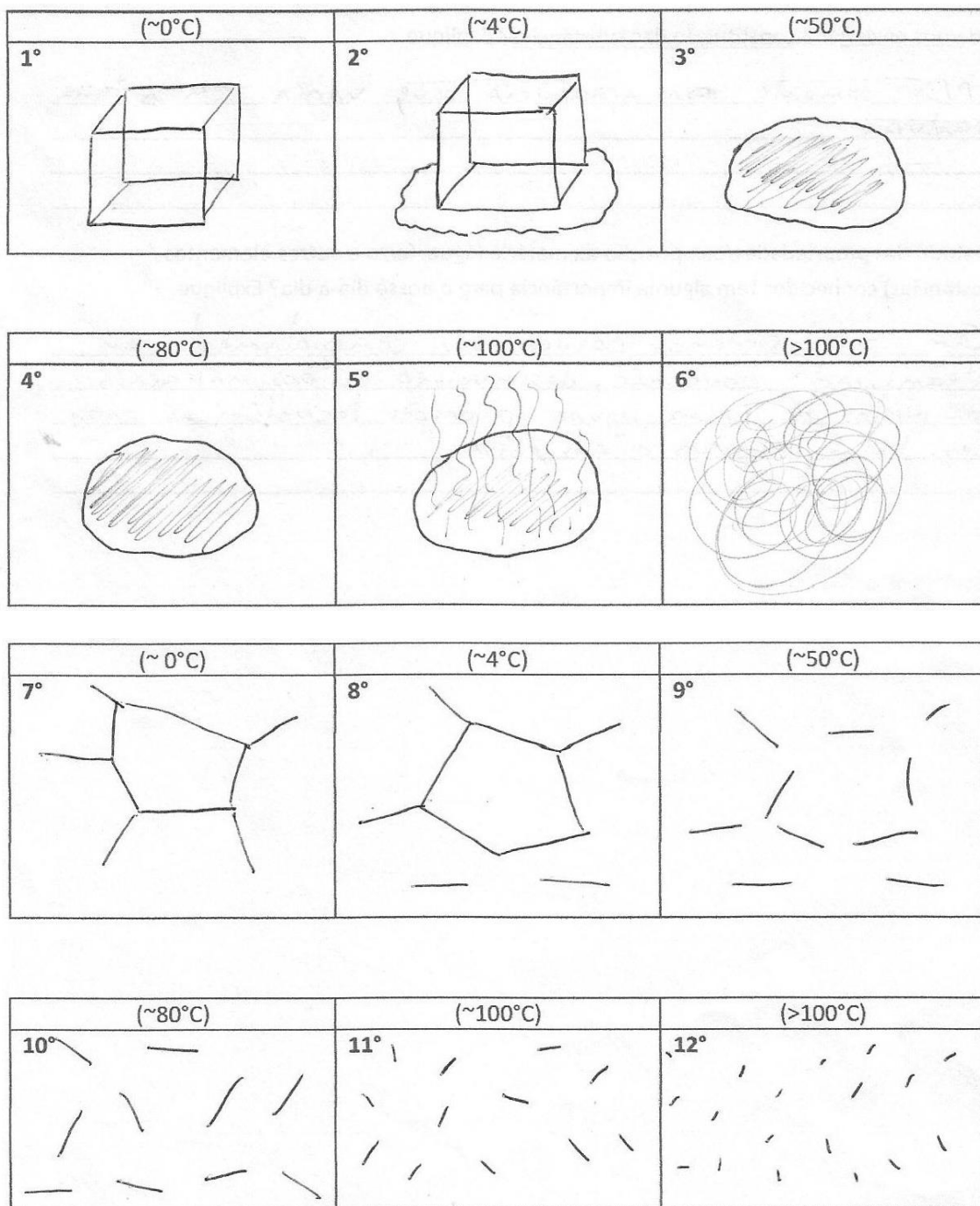


Figura 23: Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Mauro.

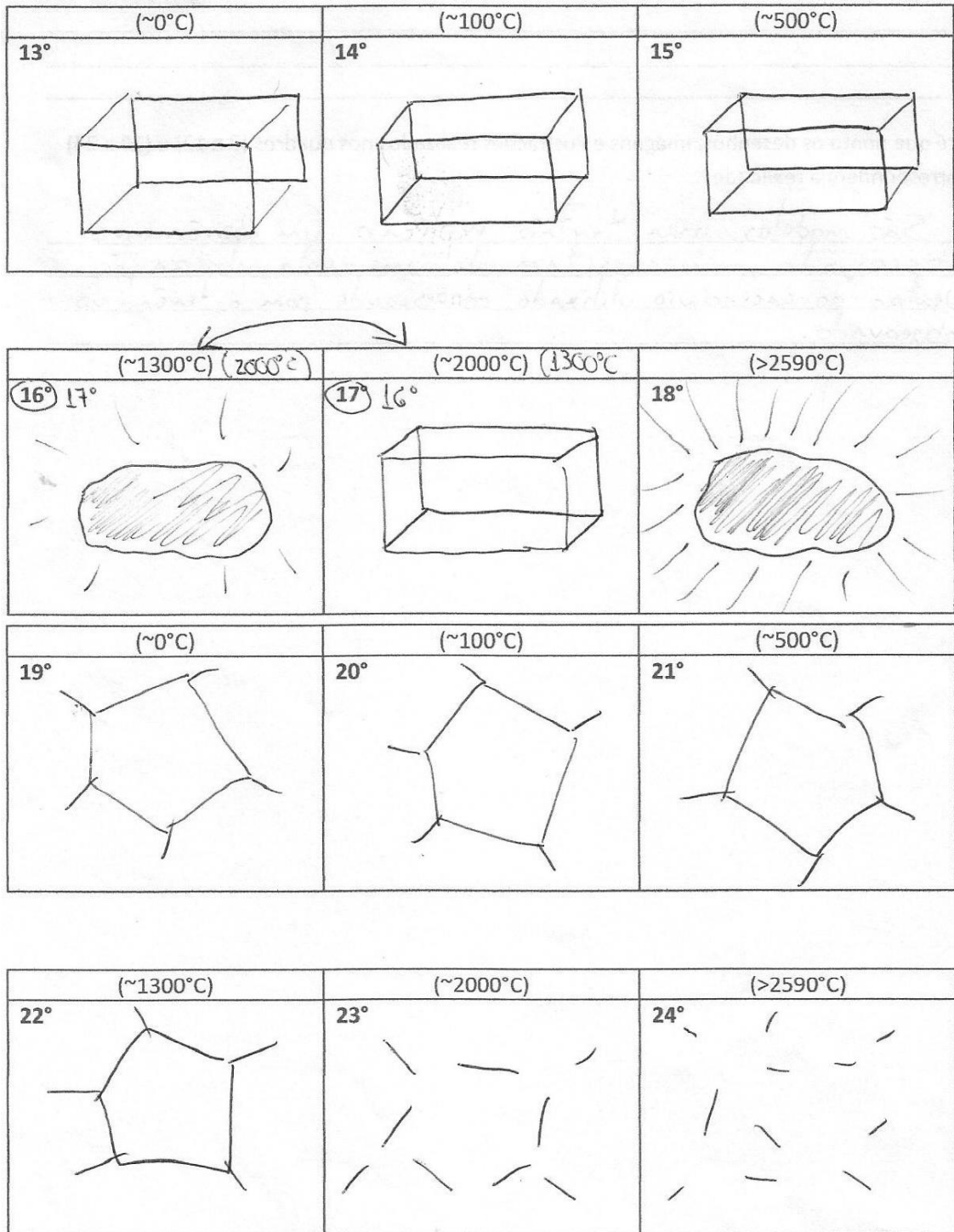


Figura 24: Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Mauro.

Interpretação do saber expresso pelo sujeito Mauro, através do questionário 01, na forma textual.

Quadro 14 – Expressão textual do sujeito Mauro.

Existem diversos modelos para se tentar explicar um fenômeno observado. Utilizamos em cada situação um modelo para melhor representar o processo. Todos necessitam de certa abstração, pois não podemos enxergar a constituição da matéria. Vemos apenas sua aparência, no caso, variando com a temperatura.

No caso do aquecimento da água e do ferro, podemos representar que as estruturas, além de iguais, passam de um estado de maior organização para um de maior desorganização à medida que a temperatura aumenta. Este comportamento ocorre de forma idêntica para a água e para o ferro, variando conforme seus pontos de fusão e ebulição e não existindo diferenças em suas estruturas organizacionais. Em todas as temperaturas abordadas existe energia térmica, portanto movimento.

O ferro após certa temperatura apresenta em sua aparência certo brilho.

O estudo das propriedades/composição da matéria é importante, pois podemos prever seu comportamento em determinada condição, desenvolver outros materiais compostos e criar novas aplicações tecnológicas para eles, dentre inúmeras outras coisas.

Fonte: próprio autor.

Abaixo, no quadro 15, temos as unidades de significado encontradas no texto do sujeito Mauro.

Quadro 15 – Unidades de significado do sujeito Mauro.

| Número da unidade | Unidade de sentido | Unidade de significado |
|--------------------------------|---|---|
| U ₁₉ S ₄ | Existem diversos modelos para se tentar explicar um fenômeno observado. Utilizamos em cada situação um modelo para melhor representar o processo. Todos necessitam de certa abstração , pois não podemos enxergar a constituição da matéria. | Distinção clara entre modelos macroscópicos e microscópicos/submicroscópicos. A interpretação se cerca de modelos representacionais e de interpretação do mundo. |
| U ₁₉ S ₄ | No caso do aquecimento da água e do ferro, podemos representar que as estruturas passam de um estado de maior organização para um de maior desorganização à medida que a temperatura aumenta. | Não é adotado um modelo específico (atômico, molecular ou outro), apenas são colocadas estruturas que evoluem e sua desordem. |
| U ₂₀ S ₄ | Em todas as temperaturas abordadas existe energia térmica, portanto movimento. | Compreensão de movimento como agitação térmica. |
| U ₂₁ S ₄ | O ferro após certa temperatura apresenta em sua aparência certo brilho. | Noção de interação entre partículas que constituem um sistema. |
| U ₂₂ S ₄ | No caso do aquecimento da água e do ferro, podemos representar que as estruturas, além de iguais,... | Erro conceitual. |

Fonte: próprio autor.

Sujeito 5: Antônio

Quadro 16. Classificação de perfis docentes em termos de princípios (Sujeito: Antônio).

| Sujeito | Princípios | Domínios apresentados pelo sujeito | Transcrição da expressão do sujeito. |
|------------|----------------|---|---|
| Antônio | Ontológico | Processos | <u>Ficha 02, questão 04</u> “Em todos. No estado sólido menos que no líquido e menos que no gasoso”. |
| | | Sistemas | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Em todos. Com o aumento da temperatura há tendência de aumentar a vibração molecular até as moléculas escaparem”. |
| | Epistemológico | Realismo interpretativo | <u>Ficha 01, questão 02</u> “No estado sólido pode-se ter ideia de cristais” |
| | | | <u>Ficha 02, questão 05</u> “Com o aumento da temperatura há tendência das moléculas se separarem” |
| Conceitual | Interação | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Em todos. Com o aumento da temperatura há tendência de aumentar a vibração molecular até as moléculas escaparem”. | |
| | | <u>Ficha 02, questão 05</u> “Com o aumento da temperatura há tendência das moléculas se separarem” | |
| | | Regras Heurísticas | <u>Ficha 01, questão 01</u> “Em todos. Com o aumento da temperatura há tendência de aumentar a vibração molecular até as moléculas escaparem”. |
| | | | <u>Ficha 02, questão 05</u> “Com o aumento da temperatura há tendência das moléculas se separarem” |

Fonte: Próprio autor.

Abaixo temos as representações realizadas pelo sujeito Antônio.

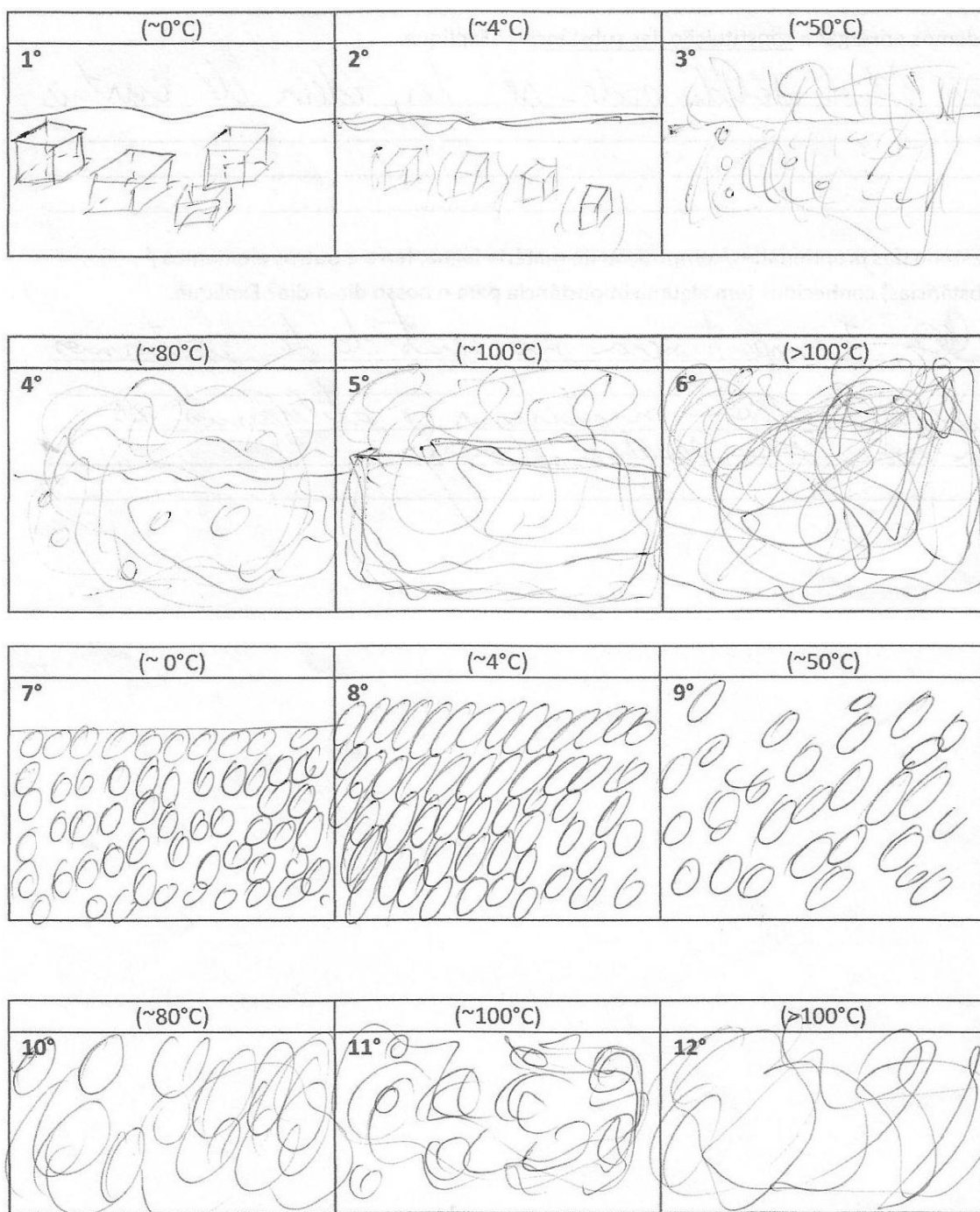


Figura 25: Representações realizadas na Ficha 01 pelo sujeito Antônio.

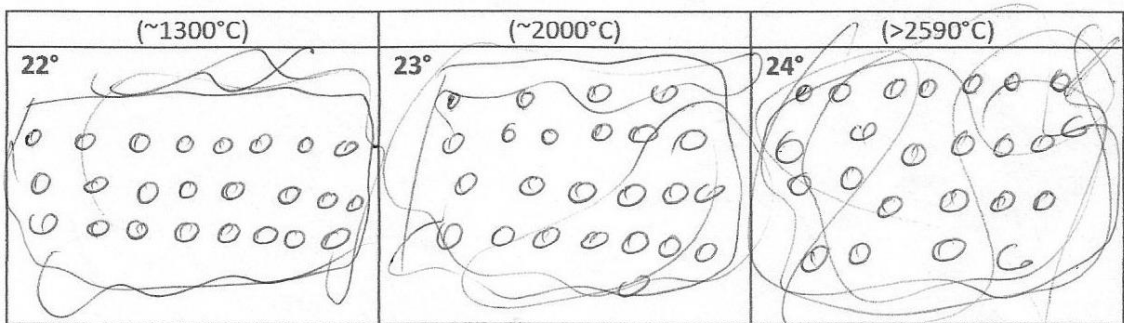
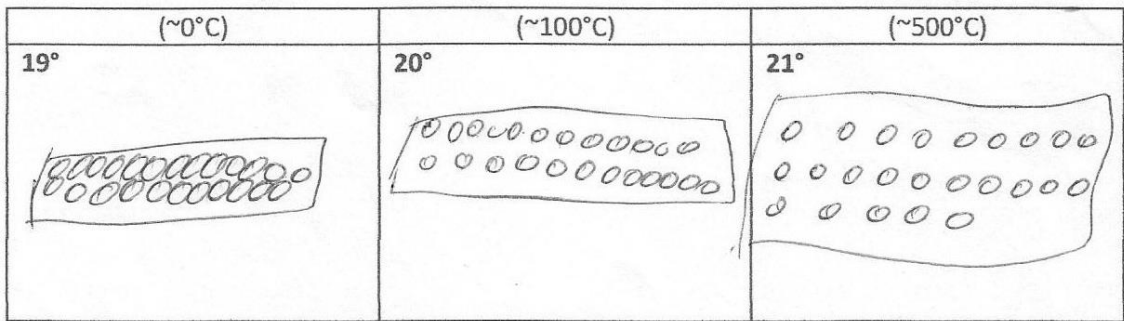
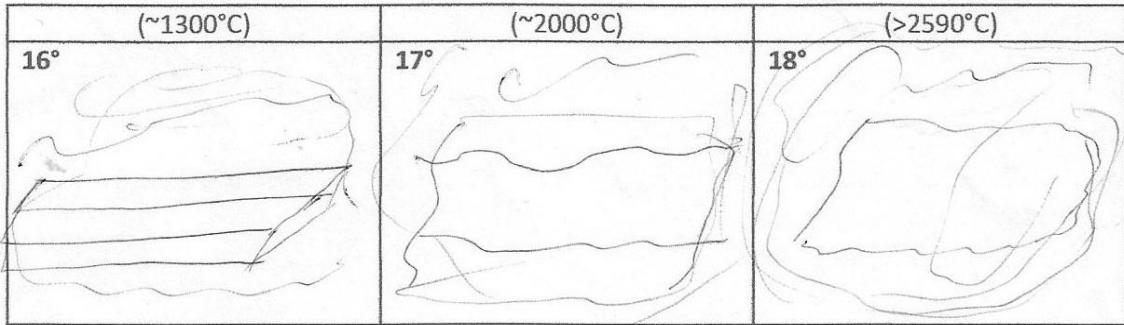
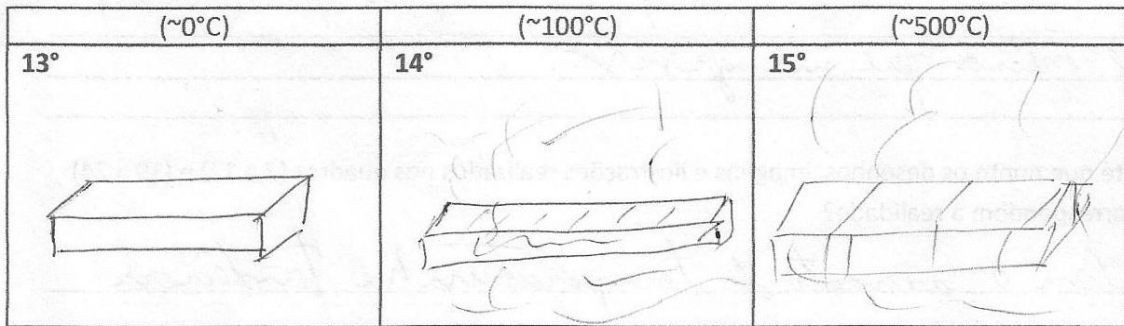


Figura 26: Representações realizadas na Ficha 02 pelo sujeito Antônio.

Interpretação do saber expresso pelo sujeito Antônio, através do questionário 01, na forma textual.

Quadro 17 – Expressão textual do sujeito Antônio.

A estrutura, ou constituição dos materiais pode ser melhor representada a nível molecular. Para a água, no estado sólido, pode-se ter ideia de cristais. As representações da água e do ferro são idênticas para as duas estruturas moleculares. As moléculas possuem movimento em todas as temperaturas abordadas, no entanto, com o aumento da temperatura, há tendência de aumentar a vibração molecular até que as moléculas poderão se separar e escaparem.

O estudo das propriedades/composição da matéria possui importância no sentido de evitarmos acidentes com materiais e utilizarmos os materiais em benefício nosso.

Fonte: próprio autor.

Abaixo, no quadro 18, temos as unidades de significado encontradas no texto do sujeito Antônio

Quadro 18. Unidades de significado do sujeito Antônio.

| Número da unidade | Unidade de sentido | Unidade de significado |
|--------------------------------|---|---|
| U ₂₃ S ₅ | A estrutura, ou constituição dos materiais pode ser melhor representada a nível molecular. | Utilização do modelo molecular como representação mais plausível para o processo. |
| U ₂₄ S ₅ | As representações da água e do ferro são idênticas para as duas estruturas moleculares. | Confusão para a estrutura adotada. A nível molecular as duas estruturas são representadas de forma idêntica. |
| U ₂₅ S ₅ | As moléculas possuem movimento em todas as temperaturas abordadas , no entanto, com o aumento da temperatura, há tendência de aumentar a vibração molecular até que as moléculas poderão se separar e escaparem. | Distinção entre a visualização macroscópica e microscópica da matéria. |
| U ₂₆ S ₅ | As moléculas possuem movimento em todas as temperaturas abordadas, no entanto, com o aumento da temperatura, há tendência de aumentar a vibração molecular até que as moléculas poderão se separar e escaparem . | Apresentação da noção de sistemas de partículas com interação. Exibição de regras para expresar as forças intermoleculares. |

Fonte: próprio autor.

Criamos um perfil representativo dos conceitos que os professores possuíam e o subdividimos. Por vezes um mesmo sujeito expressava e representava dois domínios relativos a um mesmo conceito, deste modo criamos um perfil superior alcançado pelos sujeitos, onde os conceitos se aproximavam dos domínios próximos aos conhecimentos científicos e um perfil inferior, onde eles mais se distanciavam. Classificamos os domínios epistemológicos, ontológicos e conceituais em níveis: baixo, médio e alto; correspondendo diretamente à primeira, segunda e terceira colunas das classificações de Pozo e Crespo nas figuras 1, 2 e 3. As classificações estão representadas nas figuras 5 e 6.

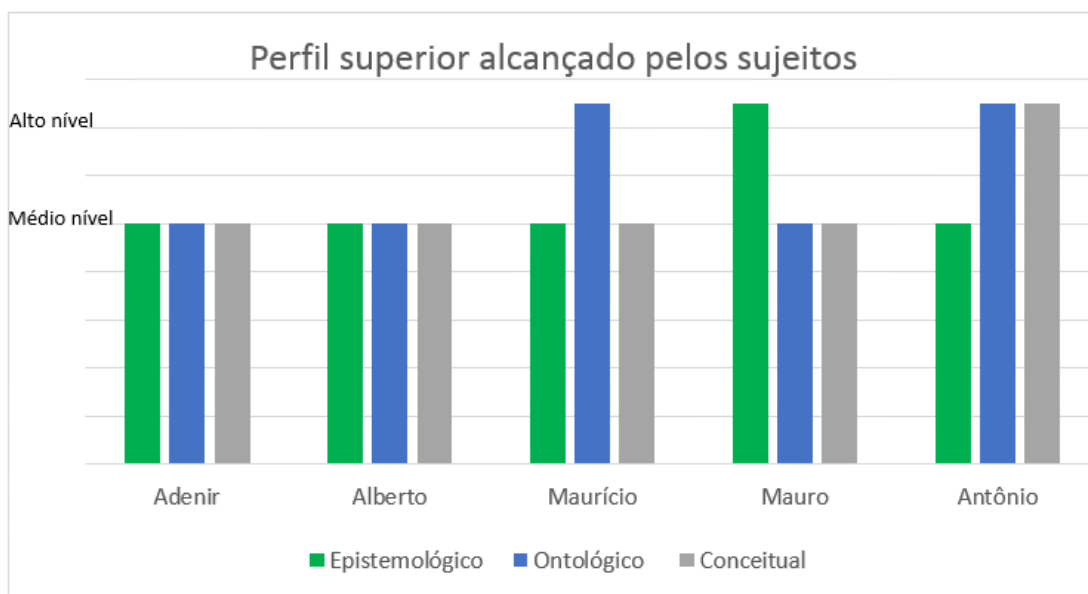


Figura 27. Perfil superior alcançado pelos sujeitos.

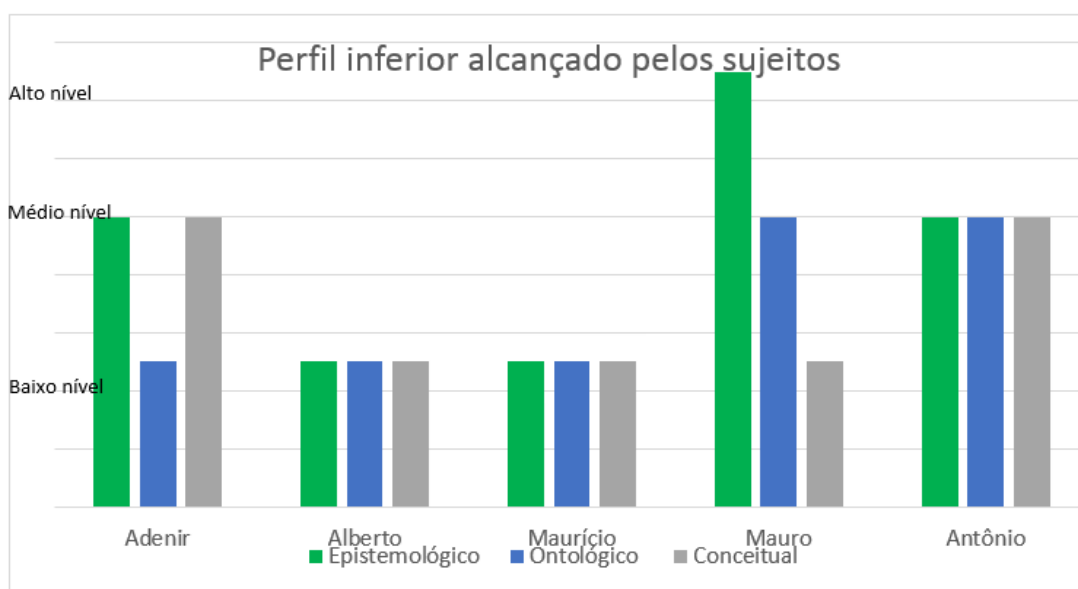


Figura 28. Perfil inferior alcançado pelos sujeitos.

Quanto às unidades de significado, elas foram relidas e agrupadas em conjuntos semelhantes. Esta organização é apresentada no quadro 19.

Quadro 19. Conjuntos de unidades de significado.

| Conjunto de significados | Unidades de significados correspondentes. |
|--------------------------------------|---|
| Representação Estrutural | U ₁ S ₁ , U ₃ S ₁ , U ₁₂ S ₂ , U ₆ S ₂ , U ₇ S ₂ , U ₁₄ S ₃ , U ₁₈ S ₃ , U ₁₅ S ₃ , U ₁₉ S ₄ , U ₂₂ S ₄ , U ₂₃ S ₅ . |
| Aquecimento | U ₂ S ₁ , U ₈ S ₂ , U ₁₇ S ₃ , U ₁₉ S ₄ , U ₂₀ S ₄ , U ₂₁ S ₄ , U ₂₅ S ₅ , U ₂₆ S ₅ . |
| Ciência | U ₁ S ₁ , U ₅ S ₁ , U ₁₃ S ₂ , U ₃ S ₁ , U ₆ S ₂ . |
| Propriedades relacionadas à matéria. | U ₄ S ₁ , U ₉ S ₂ , U ₁₀ S ₂ , U ₁₁ S ₂ , U ₁₂ S ₂ , U ₁₉ S ₄ , U ₂₃ S ₅ , U ₁₃ S ₂ , U ₁₄ S ₃ , U ₁₅ S ₃ , U ₁₈ S ₃ , U ₂₁ S ₄ , U ₂₄ S ₅ . |

Fonte: próprio autor.

Após cuidadosa observação de cada um dos conjuntos de ideias propostos acima, as unidades de significado foram novamente lidas para mapear subconjuntos com ideias intrínsecas, conforme a figura 27.

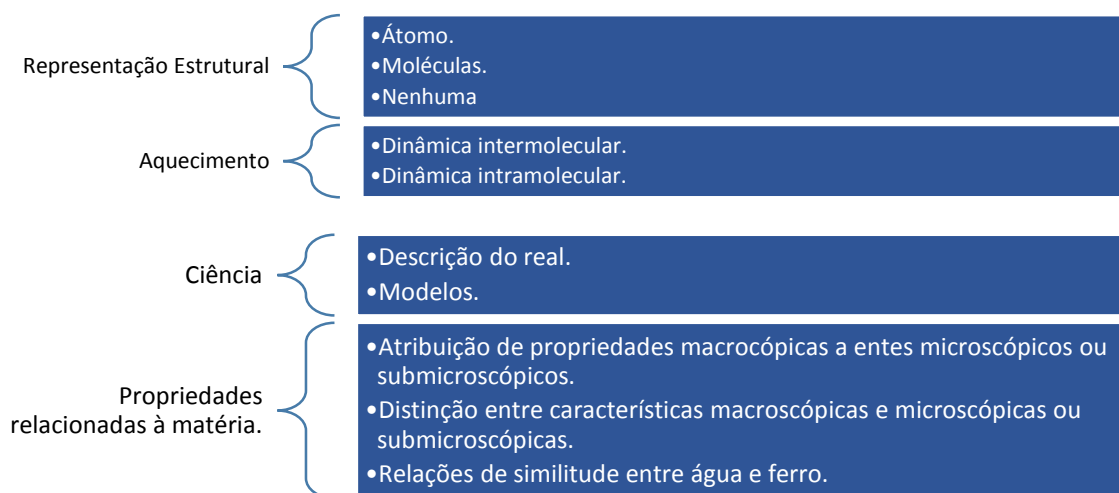


Figura 29: Subconjuntos de significados.

O quadro 20 relaciona as unidades de significados que apresentam os subconjuntos acima listados.

Quadro 20. Subconjuntos das unidades de significado.

| Conjunto de significados | Subconjunto de significados | Unidades de significados correspondentes |
|---|---|--|
| Representação estrutural | Átomos. | U ₁ S ₁ , U ₃ S ₁ . |
| | Moléculas. | U ₃ S ₁ , U ₁ S ₁ , U ₆ S ₂ , U ₇ S ₂ , U ₁₂ S ₂ , U ₁₄ S ₃ , U ₁₈ S ₃ , U ₂₃ S ₅ . |
| | Nenhuma estrutura destacada. | U ₁₉ S ₄ . |
| Aquecimento | Dinâmica intermolecular. | U ₂ S ₁ , U ₈ S ₂ , U ₁₉ S ₄ . |
| | Dinâmica intramolecular. | U ₁₇ S ₃ , U ₂₀ S ₄ , U ₂₁ S ₄ , U ₂₅ S ₅ , U ₂₆ S ₅ . |
| Ciência | Descrição do real. | U ₁ S ₁ , U ₅ S ₁ , U ₁₃ S ₂ , U ₁₈ S ₃ . |
| | Modelos. | U ₃ S ₁ , U ₆ S ₂ . |
| Propriedades relacionada à matéria | Atribuição de propriedades macroscópicas a entes microscópicos ou submicroscópicos. | U ₉ S ₂ , U ₁₀ S ₂ , U ₁₁ S ₂ , U ₁₆ S ₃ . |
| | Distinção entre características macroscópicas e microscópicas ou submicroscópicas. | U ₄ S ₁ , U ₁₉ S ₄ , U ₂₃ S ₅ . |
| | Relações de similitude entre água e ferro. | U ₁₅ S ₃ , U ₁₂ S ₂ , U ₂₂ S ₄ , U ₂₄ S ₅ . |

Fonte: próprio autor

7.2 PLANOS DE AULA

No quadro 21 foram organizadas as informações referentes ao primeiro plano de aula construído, disponível no Apêndice II na íntegra. Este plano foi construído pelos sujeitos: Maurício, Adenir, Mauro e Antônio, porém o sujeito Antônio não deu contribuições para a construção do plano, tornando-se um observador passivo durante sua construção.

Quadro 21. Síntese das informações que compõem o plano de aula.

| | |
|--|---|
| Competências a serem atingidas. | - Reconhecer os processos de condução de eletricidade em materiais metálicos, - Diferenciar bons e maus condutores de eletricidade, - Realizar atividades experimentais investigativas, - Elaborar relatos ou relatórios de atividades experimentais, - Sistematizar informações, apresentar informações. |
| Conteúdo a ser trabalhado | Eletricidade e condução em metais. |
| Atividade proposta | Montagem de um modelo representativo microscópico de condução de eletricidade. |
| Estratégia de ensino | Problematização do tema, levantamento de concepções, debate em grupo, atividade experimental investigativa, pesquisa bibliográfica orientada pelo professor, construção de um modelo microscópico de condução de eletricidade. |
| Duração | 6 aulas |
| Metodologia | Investigativa |

Fonte: próprio autor.

Ao serem questionados sobre a forma de construção do plano de ensino os professores relataram que realizaram uma ampla pesquisa com base nos materiais disponibilizados no curso de formação, na internet e no currículo do Estado de São Paulo, abrangendo o modelo de habilidades e competências, assim como os conteúdos existentes na Proposta Curricular que utilizam diariamente.

O segundo plano de aula foi construído pelo sujeito Alberto no software Microsoft PowerPoint e sintetizado no quadro 22 abaixo.

Quadro 22: Síntese das informações que compõem o segundo plano de aula.

| | |
|--|---|
| Competências a serem atingidas. | Reconhecer a importância dos modelos atômicos para a história e cotidiano. |
| Conteúdo a ser trabalhado | Modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Rutherford-Bohr. |
| Atividade proposta | Discussão com os alunos sobre a composição dos materiais existentes na sala de aula. Redação com o mínimo de dez linhas sobre o tema: “Como podemos utilizar os átomos a nosso favor?”, “Como os cientistas usam os átomos para nos ajudar?” |
| Estratégia de ensino | Apresentação dos modelos atômicos clássicos. Utilização de apresentação em software Microsoft Powerpoint. Discussão do tema da redação com os alunos. Discussão sobre a importância da energia nuclear para o cotidiano. |
| Duração | 2 aulas |
| Metodologia | Não especificada. |

Fonte: próprio autor.

Nos planos de aulas apresentados pelo primeiro grupo (Quadro 21) notamos que são construídas as fases do modelo de mudança conceitual proposto pelos autores Pozo e Crespo (2009), que não havia sido apresentada aos sujeitos no decorrer do curso. Os dados foram organizados no quadro 23 abaixo:

Quadro 23. Fases atendidas no primeiro plano de aula.

| Fase | Unidade |
|------------------------------|--|
| Tomada de consciência | - Reconhecer os processos de condução de eletricidade em materiais metálicos, diferenciar bons e maus condutores de eletricidade. - Montagem de um modelo representativo microscópico de condução de eletricidade. - Levantamento de concepções. |
| Confronto | - Problematização do tema, debate em grupo. |
| Consolidação | - Atividade experimental investigativa e pesquisa bibliográfica orientada pelo professor. |

Fonte: próprio autor.

Já no segundo plano de aula observamos as seguintes fases:

Quadro 24. Fases atendidas no segundo plano de aula.

| Fase | Unidade |
|------------------------------|--|
| Tomada de consciência | <ul style="list-style-type: none">- Reconhecer a importância dos modelos atômicos para a história e cotidiano.- Modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Rutherford-Bohr.- Problematização com os alunos sobre a composição dos materiais existentes na sala de aula. |
| Confronto | Não se apresenta. |
| Consolidação | <p>Redação com o mínimo de dez linhas sobre o tema: “Como podemos utilizar os átomos a nosso favor?”, “Como os cientistas usam os átomos para nos ajudar?”</p> <p>Apresentação dos modelos atômicos clássicos em software Microsoft Powerpoint.</p> <p>Discussão do tema da redação com os alunos.</p> <p>Discussão sobre a importância da energia nuclear para o cotidiano.</p> |

Fonte: próprio autor.

8. RESULTADOS

Os sujeitos que apresentaram os níveis mais altos nos perfis analisados foram: Antônio e Mauro.

O sujeito Antônio não apresentou nenhum perfil de nível baixo, ou seja, suas explicações e representações foram adequadas à ordem de grandeza adotada. Suas representações foram dadas na escala molecular, a dinâmica de interação escolhida foi a intramolecular, fazendo distinção entre as características macro e microscópicas nos processos físicos destacados.

No caso do sujeito Mauro nenhuma estrutura representacional foi escolhida para a Estrutura da Matéria, ele foi também quem atingiu o nível epistemológico mais alto. Fez corretas distinções entre características macro e microscópicas.

Nota-se que os sujeitos que possuíam maiores conhecimentos conceituais sobre o tema foram os que melhor articularam os conteúdos para a concepção do currículo proposto (plano de aula). Estes dois sujeitos formavam o grupo que atingiu todas as fases propostas por Pozo e Crespo (2009), sendo os integrantes mais atuantes. Suas contribuições individuais na construção do plano não puderam ser analisadas de forma quantitativa com o método de coleta de dados escolhido.

Ambos incorreram em erros ao representar a estrutura da água e do ferro de forma igual, porém este fato fica mais explícito nos dados obtidos do sujeito Mauro.

Com um nível de classificação mais abaixo dos sujeitos acima destacadas encontram-se o Adenir e o Maurício.

O perfil do sujeito Adenir é de grande consistência, não apresentando discrepâncias entre os níveis mais altos e baixos dos perfis. Sua opção foi pela representação tanto atômica quanto molecular, com sistemas de interação apenas interatômicos. O sujeito não respondeu a todo questionário, não representando a estrutura do ferro.

O sujeito Maurício foi quem apresentou maiores confusões em suas representação, tendo níveis altos e baixos nos perfis, porém sem consistência representacional. Inicialmente ele faz a opção pela representação a nível molecular, demonstrando corretamente que as moléculas apresentam uma dinâmica intramolecular, porém esta dinâmica é idêntica para a água e para o ferro. Em seguida, quando o sujeito busca uma representação intermolecular são atribuídas propriedades macroscópicas às moléculas. Um exemplo foi o fato de mostrar que tanto a nível de aparência quanto constituição existem os estados físicos da matéria: sólido, líquido e gasoso. Informando também que o ferro não atinge o estado gasoso. Ele foi o único que representou o processo de brilho (incandescência) do ferro a temperaturas elevadas.

Tanto o sujeito Maurício quanto o sujeito Adenir participaram do mesmo grupo para construção do plano de aulas que os sujeitos Antônio e Mauro.

O plano de aula construído atingiu aos três níveis desejados para mudança conceitual: Tomada de Consciência, Confronto e Consolidação, além de abordar o tema de forma indireta. O grupo criou um plano de aula referente ao ensino de condução elétrica, existente na Proposta Curricular do Estado de São

Paulo, abordando a constituição dos materiais e sua interação microscópica quando da passagem de corrente elétrica, relacionando os temas de Estrutura da Matéria ao currículo proposto pelo Estado.

Com um perfil de representação entre baixo e médio nível, de forma semelhante ao Maurício, encontra-se o sujeito Alberto. Suas representações foram dadas na ordem molecular, não fazendo distinção entre a estrutura da água e do ferro, apresentando erros no ponto de ebulição da água, e atribuindo características macroscópicas a entes microscópicos. O sujeito afirma, por exemplo, que o vapor da água é seu constituinte microscópico. O número grande de erros conceituais pode ser relacionado ao fato deste ser o único sujeito sem formação específica na área de atuação.

Seu plano de aula construído refere-se estritamente ao recorte de atividades pré-existentes e indicadas pela Proposta Curricular do Estado de São Paulo quanto ao tema Estrutura da Matéria. Inicia-se com os modelos atômicos, destacando suas características e importância histórica. Segue buscando possíveis aplicações cotidianas, não apresenta fase de Confronto e termina com uma construção textual dos alunos.

Percebemos que em nenhum momento ocorrem discussões que vislumbram a problematização dos temas de forma a criar zonas de conflito cognitivo no segundo plano de aulas. Basicamente a estrutura contempla a apresentação de novos conteúdos aos alunos.

9. DISCUSSÕES

O Ensino de Física Moderna e Contemporânea possui, entre suas características, a capacidade de distinguir e destacar os limites explicativos dos fenômenos macroscópicos e microscópicos dos submicroscópicos. Buscamos entender as relações construídas pelos sujeitos, que possuem alguns conhecimentos da estrutura submicroscópica, ao analisarem fenômenos observáveis e explicar a estrutura constituinte daqueles materiais quando na ocorrência de processos físicos.

Observamos em pesquisas anteriores do grupo de estudos que outros sujeitos analisados frequentemente explicam a Matéria segundo representações pictóricas, por exemplo, de modelos atômicos (SUART, 2011). Estas podem, em sua insuficiência explicativa, possuir pouca representatividade conceitual sobre o conceito de Estrutura da Matéria próprio destes sujeitos. Desse modo, a análise indireta, em termos de processos, aliada à metodologia de Giorgi (1985) permitiu-nos uma análise mais profunda.

Com vistas à compreensão do significado do conceito Estrutura da Matéria atribuído pelos sujeitos desta pesquisa, pudemos compreender que este grupo, de modo geral, entende-a como um agrupamento de moléculas, que possuem alguma organização e repetição estrutural a pequenas distâncias quando no estado sólido. Quando submetido à variação da temperatura, gradativamente, exibem uma desestruturação que segue até o estado gasoso. Não existiram diferenças significantes entre as representações e explicações dadas para a água e para o ferro.

Obtivemos dois sujeitos que apresentaram estruturas divergentes dos demais, um deles com um maior grau de estruturação epistemológica, não fazendo referência a modelos específicos (Mauro: U₁₉S₄), mas apenas à dinâmica do sistema intermolecular e intramolecular; e outro, com menor grau de estruturação epistemológica, atribuindo repetidamente características macroscópicas à composição da matéria (Alberto: U₉S₂, U₁₀S₂, U₁₁S₂).

Quatro dos sujeitos (Maurício: U₁₅S₃, Alberto: U₁₂S₂, Mauro U₂₂S₄ e Antônio: U₂₄S₅) realizaram representações idênticas para a água e para o ferro quando solicitados para realizar uma representação de suas “composições reais” e um deles não realizou a representação para o ferro (Adenir).

Deste modo, segundo estes dados e as respostas do questionário, entendemos que existem algumas divergências conceituais dos sujeitos em relação ao conhecimento científico atual. Caso as respostas tivessem lidado com representações submicroscópicas, a não exibição de diferenças na composição da matéria seria, em parte, cabível, pois os sujeitos poderiam ter alcançado o conceito de elementaridade, porém as explicações dos sujeitos foram dadas na ordem de grandeza molecular (Alberto: U₆S₂, U₇S₂, U₁₂S₂, Maurício: U₁₄S₃, U₁₈S₃ e Antônio: U₂₃S₅) ou não foram dadas (Mauro: U₁₉S₄).

Na ordem de grandeza atômica os sujeitos deveriam apresentar e representar diferenças entre as duas estruturas. O sujeito Maurício nos chama à atenção por informar, na unidade de significado U₁₈S₃, que tanto na aparência quanto constituição existem os estados da matéria: sólido, líquido e vapor. Este erro conceitual implica em diversos outros como a não distinção entre processos físicos e químicos por exemplo.

Percebemos confusões quanto às relações e representações organizacionais estabelecidas nas diferentes ordens de grandeza, como: elementar, atômica ou molecular. Estas podem ser percebidas nas unidades: $U_{15}S_3$ (Maurício), U_7S_2 e $U_{12}S_2$ (Alberto), assim como $U_{24}S_5$ (Antônio). Ou seja, um elétron presente em uma molécula de água poderia ser desenhado igual a um elétron presente no átomo de Ferro, porém a estrutura molecular representativa da água no estado líquido não deve ser igual à do Ferro no estado sólido, por exemplo. As estruturas moleculares das substâncias apresentadas são diferentes. O conceito elementaridade, pode existir, mas não na ordem de grandeza apresentada. Este tipo de representação é a mesma estabelecida pelos filósofos antigos ao buscar um “princípio organizador de todas as coisas”, ou *átomo* (no contexto histórico-filosófico de Demócrito e Leucipo).

Bachelard (1984), em sua “Filosofia do não”, aponta que muitas vezes um conceito está tão ligado ao instrumento que este precede à própria teoria. O instrumento de representação que possuímos aqui são os modelos atômicos e moleculares do sistema de partículas. Por vezes, o professor se esquece da própria teoria que precede a representação. Para Bachelard (1984), essa conduta pode, por simplicidades, perpassar gerações. Um exemplo característico é o caso da balança, que é utilizada, sem muitas vezes, a noção exata do conceito de massa, confundindo as grandezas físicas massa e peso.

[...] transmite-se na sua simplicidade, como uma experiência fundamental. Ela não é mais do que um caso particular da utilização simples de uma máquina complicada, de que encontramos naturalmente inúmeros exemplos cada vez mais surpreendentes no nosso tempo em que a máquina mais complicada é governada simplesmente, com um conjunto de conceitos empíricos racionalmente mal concebidos e mal articulados, mas reunidos de uma forma pragmaticamente segura. [...] O mesmo não acontece atualmente, nos domínios verdadeiramente ativos da ciência, em que a teoria precede o instrumento, de forma que o instrumento de física é uma teoria realizada, concretizada, de essência racional. (BACHELARD, 1984, P.29)

A ausência de atividades sobre estes conceitos no currículo (DOMINGUINI, 2012), aliada à prática de expressar os fenômenos microscópicos de modo macroscópico cria confusões entre as diferentes realidades.

As representações são necessárias, sobretudo quando se tratam de fenômenos não observáveis, entretanto a dificuldade em impedir que estes modelos (realizadas/repetidos pelos professores e apresentadas pelos livros didáticos e proposta curricular) se sobreponham aos conceitos pode ser maior que a dificuldade em apresentar os conceitos próprios.

Ao não definir uma estrutura específica para representação do processo trabalhado, a nível molecular (U_3S_1 , U_1S_1) ou atômico (U_1S_1 , U_3S_1), o sujeito Adenir reconheceu as diferenças entre as propriedades macroscópicas e microscópicas trabalhando com elas de acordo com as necessidades, já os sujeitos que adotaram um modelo único (Alberto, Maurício) de representação incorreram em erros, confundindo as escalas de grandeza e fenômenos envolvidos.

O sujeito Alberto, por exemplo, atribuiu propriedades macroscópicas a seus modelos microscópicos (Alberto: U_9S_2 , $U_{10}S_2$, $U_{11}S_2$). Este sujeito, em particular, era o único que não possuía formação específica na área de física e atuava ministrando esta disciplina. De forma semelhante, o sujeito Maurício ($U_{16}S_3$)

apresenta confusão entre processos intermoleculares e intramoleculares, mesmo reconhecendo que possam existir outras formas de representação.

Já os sujeitos não optaram por um modelo (Adenir e Mauro) ou de um modelo como representação mais plausível para situação, reconhecendo a existência de outros possíveis (Antônio), realizaram uma clara distinção entre propriedades macroscópicas e microscópicas dos modelos/sistemas.

Esses mesmos sujeitos, em outros momentos (Adenir, Mauro), assim como Antônio explicam o processo de aquecimento através do que aqui chamamos de dinâmica intramolecular, citando termos como “agitação térmica” e outros, além de realizarem representações da dinâmica de movimento interna às moléculas (U_2S_1 , $U_{21}S_4$, $U_{26}S_5$). No caso daqueles nos quais a descrição se restringiu à confusão entre propriedades macroscópicas e microscópicas, a dinâmica de aquecimento possui representação apenas intermolecular (Maurício e Alberto), mesmo quando citados termos que indicam características intramoleculares, como a incandescência ($U_{17}S_3$).

Segundo Pozo e Crespo (2009), em seu modelo de mudança conceitual, muitas vezes, na aprendizagem, a reestruturação de conceitos não ocorre, gerando uma *integração hierárquica*.

[...] os conceitos da nova teoria serão incorporados à “velha árvore de conhecimentos”, dando lugar a uma confusão ou mistura entre ambas as teorias alternativas que, em vez de coexistirem em contextos diferentes, formariam um sistema conceitual híbrido e indiferenciado. (POZO E CRESPO, 2009, p.129)

Claramente visualizamos que os sujeitos Maurício e Alberto, apresentam esta confusão nos itens citados acima. Os outros integrantes do grupo possuem uma posição mais definida das estruturas que representam, assim incorrem em uma menor quantidade de erros conceituais ou representacionais.

No caso específico da água, entre 0°C e 4°C , o comportamento é anômalo em relação às outras substâncias. Não existe expansão e sim contração a nível molecular e macroscópico. Nenhum dos sujeitos representou este processo.

Percebemos também que os sujeitos não representaram alguns processos ou conceitos, representado uma verdade parcial da natureza dos processos, justamente pelo fato de encontrarem dificuldade ou simplesmente não se atentarem para a representação nesta atividade. Um exemplo é o comportamento anômalo da água entre 0°C e 4°C , o qual não foi representado por nenhum sujeito. Não acreditamos que este fato evidencie um erro, mas sim que esta característica não era o foco da representação realizada e portanto não foi alvo da atenção dos sujeitos nesse momento.

Consequentemente, entendemos que não existe um modelo que seja totalmente completo para representação de processos químicos e físicos. Um modelo para ser bom, deve ser simples, privilegiar processos específicos e deixar claro os fatores representados.

Segundo Feynman (2008),

Cada pedaço, ou parte da natureza inteira é sempre meramente uma *aproximação* da verdade completa, ou a verdade completa até onde conhecemos. De fato, tudo o que conhecemos é algum tipo de aproximação, porque *sabemos que não conhecemos todas as leis* até o momento. (FEYNMAN, 2008)

Outras características, evidenciadas por Feynman (2008), que poderiam ser representadas seriam:

- A massa aumenta com a velocidade, porém só apreciamos estes valores quando próximos da velocidade da luz.
- Por simplificação, as partículas são desenhadas de uma forma simples, com bordas bem definidas e normalmente, num arranjo bidimensional, o que é inexato.
- Teremos que imaginar a representação como uma imagem dinâmica ao invés de estática.
- As partículas se atraem mutuamente, são unidas, porém não se comprimem umas sobre as outras.
- Todos os átomos possuem, aproximadamente o mesmo tamanho, independentemente das características macroscópicas.
- Na pressão atmosférica atual a densidade de partículas com unidade de volume impossibilitaria que desenhassemos mais de uma partícula (átomo ou molécula) nos espaços definidos.
- No caso do vapor a dinâmica intermolecular se modifica, sendo que algumas partículas passam a se desprender do grupo.
- No estado sólido os átomos possuem posições bem definidas, formando arranjos periódicos ou não, sendo que se representássemos este arranjo em escala real, os átomos estariam a quilômetros de distância uns dos outros.
- As representações podem ser diversas: pictóricas, geométricas, matemáticas, etc.

Comparando as tabelas síntese dos planos de aulas percebemos que o sujeito Alberto não possuía familiaridade com o tema, optando por uma exposição dos modelos atômicos existentes com o software de apresentações e seguindo a estrutura conceitual da Proposta Curricular do Estado de São Paulo. O plano seguido baseia-se na aplicação irrestrita dos componentes e da ordenação da Proposta. O problema reside no fato deste mesmo sujeito ter observado que não trabalha os conteúdos por questões de familiaridade e tempo hábil no último bimestre do Ensino Médio.

Percebemos que a estrutura curricular proposta aos professores não pode ser modelado por este sujeito.

Entendemos que o *currículo modelado* pelos professores não pode ser imposto ou se restringir a variáveis vindas apenas de um instrumento curricular, no caso tratado: da Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Ao se restringir a parte do currículo, os professores poderão não construir uma estrutura própria. Na proposta de Sacristán (2000), o currículo modelado pelos professores passa por influências de campos econômicos, políticos, sociais, culturais e administrativos, além de condicionamentos escolares e da própria

experiência em sala de aula do professor.

Ao utilizar apenas a Proposta Curricular, que não abrange todos esses campos (e nem sequer foram construídas com tal intenção), os professores deixaram à margem conceitos próprios da FMC, retomando conceitos da física clássica.

Os professores deixam de expressar também fatores relacionados à sua própria experiência didática, tendo suas respostas induzidas por fatores pontuais do instrumento didático.

Já o grupo, (Antônio, Mauro, Adenir e Maurício), que reclamava dos mesmos problemas, quanto ao tempo disponível para realização de atividades com os alunos, moldou os temas de Estrutura da Matéria adequando-os ao primeiro semestre do terceiro ano do Ensino Médio, onde são ensinados conceitos relativos a eletricidade e condução de energia elétrica. Ao trabalhar com condutividade eles apresentaram a proposta de construir com os alunos um modelo microscópico de condução. Este poderia ser apresentado pelos alunos na forma de “vídeo, animação e até teatro”. Notamos a capacidade desses sujeitos de mobilizar diferentes fontes bibliográficas e articulá-las com o ambiente em que estão imersos, compondo a noção de currículo de Sacristán (2000) e a estrutura de mudança conceitual detalhada por Pozo e Crespo (2009). Na perspectiva de Sacristán (2000):

O currículo é uma práxis antes que um objeto estático emanado de um modelo coerente de pensar a educação ou as aprendizagens necessárias das crianças e dos jovens, que tampouco se esgota na parte explícita do projeto de socialização cultural nas escolas. [...] O currículo, como projeto baseado num plano construído e ordenado, relaciona a conexão entre determinados princípios e uma realização dos mesmos, algo que se há se comprovar e que nessa expressão prática concretiza seu valor. [...] É uma prática na qual se estabelece um diálogo, por assim dizer, entre agentes sociais, elementos técnicos, alunos que reagem frente a ele, professores que o modelam, etc. Sacristán (2000, p.16).

O diálogo com os professores das disciplinas correlatas, na área de ciências também é de fundamental importância, criando uma ligação conceitual entre as disciplinas, promovendo a integração entre os saberes compartilhados. Além disso, merece destaque a apresentação deste conteúdo no último bimestre do terceiro ano do Ensino Médio, onde os fatores que impossibilitam a construção de um diálogo concreto com os alunos são tão explícitos.

A figura 30 demonstra os fatores que influenciam no currículo modelado na perspectiva de Sacristán (2000), seguimos tal estrutura à luz da concepção de currículo, do mesmo autor, observando o Currículo Prescrito (Orientações Gerais, PCN, PCN+, LDB), as influências externas anteriormente discutidas junto dos professores (questões profissionais, salariais, etc), o Currículo Apresentado aos Professores (Proposta Curricular do Estado de São Paulo) e objetivamos discutir a Modelação estabelecida por eles. Estes três passos constituem parte da estrutura de currículo de Sacristán (2000) aplicada a esse trabalho, destacada em vermelho na figura abaixo.

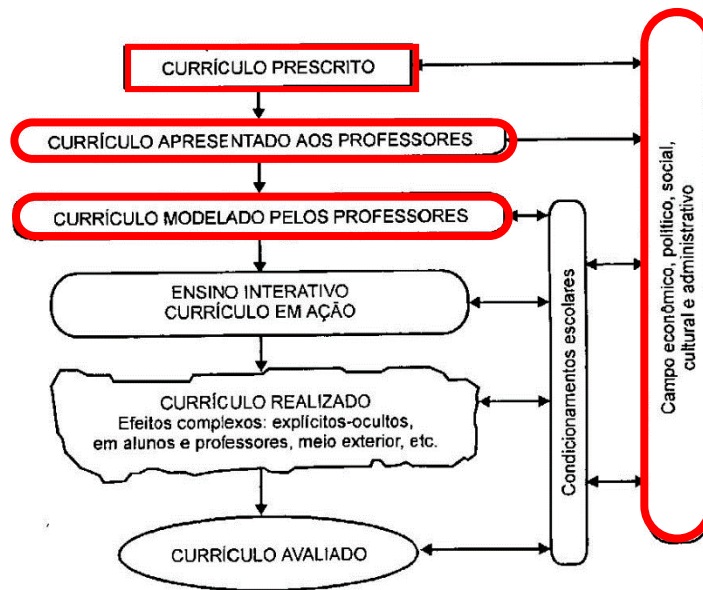


Figura 30: A objetivação do currículo no processo de seu desenvolvimento. Sacristán (2000, p.105).

Esperamos em um segundo momento observar as relações estabelecidas pelos demais elementos constituintes do quadro acima, como o *Ensino Interativo*, o *Currículo Realizado* e o *Currículo Avaliado*.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Por meio desta pesquisa pudemos perceber que as dificuldades de inserção dos conteúdos de FMC no currículo de física ainda permanecem de forma muito semelhante aos trabalhos pioneiros da década de 90. Embora a Proposta Curricular do Estado de São Paulo reserve 1 semestre letivo para explicação e contextualização do conteúdo, os professores participantes do curso de formação possuíam pouca ou nenhuma intimidade com os conteúdos de FMC disponíveis na Proposta Curricular.

Entendemos que faz-se necessário investir em cursos de formação que propiciem uma formação teórico-conceitual, ampliando a autonomia docente, para que os professores não se tornem reprodutores passivos de um instrumento curricular. A falta de conhecimentos específicos dos conteúdos pelos professores, aliada à formação distinta da disciplina ministrada e à proposta estadual que privilegia uma sequência de competências e não de conteúdos cria uma realidade que não privilegia a articulação docente. Concomitantemente, podem emergir uma sequência de aulas desprovida de significados para os alunos e de possível avaliação da aprendizagem pelos docentes.

Conforme falado, uma estrutura curricular nunca poderá abranger e, sem a figura do professor, apresentar todo o conhecimento científico disponível para a aprendizagem efetiva, assim a atuação do professor, como modelador do currículo, é de grande relevância. Uma boa estrutura/proposta curricular é aquela que apresenta e representa um sistema de ensino que permite a articulação dos professores, gestores e da comunidade escolar em favor da construção sólida de conhecimentos, levando em consideração os fatores sociais, políticos e administrativos que a permeia. A estrutura curricular deve possuir a característica de poder ser modelada pelo professor de acordo com as suas necessidades, com o meio cultural e social que está imerso. Embora a LDB garanta esta autonomia docente por meio do Proposta Pedagógica da unidade escolar, assim como do plano de trabalho docente ela dificilmente se concretiza em prática devido a fatores como: falta de professores efetivos, evasão docente, mudanças na gestão, acesso aos documentos e falta de momentos específicos para discussão da Proposta Pedagógica em toda comunidade escolar.

A aulas que tem como finalidade a apresentação dos conteúdos, para o cumprimento da proposta curricular, sem sua compreensão conceitual, reflexão e criticidade do professor quanto à estrutura curricular pode gerar uma transmissão unidirecional de conteúdos que aumenta as dificuldades e incompreensões dos alunos. Essas dificuldades naturalizam-se na postura de incompreensão dos alunos frente às disciplinas de ciências naturais, tornando o conhecimento científico uma realidade distante.

Notamos que, no segundo plano de aula montado, os temas foram simplesmente seguidos conforme a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, porém o professor não possuía conhecimentos acerca dos conteúdos que buscavam trabalhar, apresentado, inclusive, um grande número de erros conceituais. Desta forma, os temas sugeridos no plano não eram compreensíveis nem mesmo para o próprio professor.

Esperamos que o conhecimento adquirido no curso de formação contribua para maior autonomia na utilização da Proposta Curricular, assim como na delimitação de contornos possíveis para problemas

emergentes, como os apresentados no segundo semestre do terceiro ano do Ensino Médio para este grupo de professores.

Quanto à formação continuada, pensamos que este trabalho contribuiu também para a prática dos professores em sala de aula, uma vez que alguns foram despertados para o estudo de conteúdos da FMC a partir do curso. A médio prazo esperamos voltar a encontrar os mesmos professores em atividades subsequentes e verificar como articulam os conceitos da disciplina de Física ao longo da estrutura curricular.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, S. M. e VILLANI, A. 1994. Contribuições da História da Ciência ao Ensino de Física. **Trabalho apresentado no IV Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física**, Resumos, pp. 46-49. Florianópolis.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. Trad. Joaquim José Moura Ramos, 2ed. São Paulo: Abril Cultural. 1984.
- BIANCHINI, T. B. **O Ensino por Investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.
- BOLÍVAR, A.; Domingo, J., Fernández, M. La investigación biográfico-narrativa en educación. **Enfoque y metodología**. Madrid: La Muralla. 2001
- CAÑAL, P.; LLEDÓ, A.; POSUELOS, F.; TRAVÉ, G. **Investigar en la Escuela: elementos para una enseñanza alternativa**. Sevilla: Díada Editorial, 1997.
- CAÑAL, P. —El análisis didáctico de la dinámica del aula: tareas, actividades y estrategias de enseñanza, **PERALES, F. J., y CAÑAL, P.: Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**. Alcoy, Marfil, pp.209-238, 2000.
- CAÑAL, P. L.; LLEDO, A. I. ; POSUELOS, F. J. ; TRAVÉ, G. **Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa**. Díada Editora: Sevilla, 1997.
- CARUSO F.; OGURI V., **Física Moderna: Orígenes Clássicas e Fundamentos Quânticos**, Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2006, 1ª. Reimpressão, 2008.
- COMTE, Augusto. Curso de filosofia positiva; Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo; Catecismo positivista. **Coleção Os Pensadores**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- DESCARTES, RENE, Discurso do Método. **Descartes – Vida e Obra**, Rio de Janeiro, Nova Cultural, 1996.
- DOMINGUINI, L. **O Conteúdo Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em educação da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGEUNESC). Criciúma, 2012.
- DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, 11(5): 481-490, 1989.
- FEYNMAN, R. P. **Lições de Física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GARBER, D. **Descartes' Metaphysical Physics**. Chicago: University of Chicago Press. 1992.
- GARCÍA, C.L. El atomismo y las substancias em Descartes. **Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofia**, vol. 29, no. 85, pp. 65-94, 1997.
- GILBERT, J.K. & SWIFT, D.J. Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. **Science Education**, 69(5): 681-696, 1985
- GIORGI A. P. Sketch of a psychological phenomenological method. **A. Giorgi (Org.). Phenomenology and psychological research** (pp. 8-22). Pittsburg: Duquesne University Press. 1985.

- GRECA, I. M. & MOREIRA, M.A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da Mecânica Quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, 6(1). P.29-56, 2001.
- GRECA, I. M. & SANTOS, F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10. n.1, p. 31-46. 2005.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre. Editora Bookman. 2002
- KUHN, T.S. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- LOPES, N.C. *et al.* Uma análise crítica da proposta curricular do Estado de São Paulo para o Ensino de Ciências: Ideologia, Cultura e Poder. **VII Enpec: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009.
- LOUGHRAN, J.J.; MULHALL, P.; BERRY, A. Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v.41, n. 4, p. 370-391, 2004
- MARTINS, J. A pesquisa qualitativa. **Metodologia da pesquisa educacional**. – 9. ed. – São Paulo, Cortez, 2004.
- MARTINS, L. M. A natureza histórico-social da personalidade. **Cadernos Cedes**. Campinas, vol.24, n.62, pp.82-99, abril. 2004.
- MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. A Sistemática Incompreensão da Teoria Quântica e as Dificuldades dos Professores na Introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, 2009.
- MORTIMER, E. F. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. São Paulo, 1994. Tese (dout.) FE/USP.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio**. v.9, n.1, Dez. 2007.
- NASCIMENTO JUNIOR, A. F. Fragmentos da história das concepções de mundo na construção das ciências da natureza: das certezas medievais às dúvidas pré-modernas. **Ciênc. educ. Bauru**, v.9, n.2 Bauru, 2003.
- OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica sobre a Área de pesquisa Física Moderna e contemporânea no Ensino Médio; **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, 2000.
- PAIS, A. **Beam Line. Stanford Linear Accelerator Center**. Spring, Vol. 27, N.1, 1997.
- PAULO, I. J. C. *et al.* Um estudo sobre a origem e desenvolvimento de concepções alternativas sobre a natureza da luz ao longo da escolarização a nível médio e fundamental. **I Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 1997, Águas de Lindóia - SP. Atas do I ENPEC, v. único. p. 273-279, 1997.
- PEME-ARANEGA, C. *et al.* Proceso de reflexión orientado como uma estratégia de investigación y formación: estudio longitudinal de caso. **Tecné, Episteme y Didaxis**, Bogotá, n.24, 2008.
- PINTO, A.C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 16(1), 7-34. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. & GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, 66(2): 211-227, 1982

- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- RAMALHO A. A. **A experiência de sentir-se respeitada durante o trabalho de parto no Hospital**. Tese de doutorado, Programa de Doutorado em Enfermagem da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009.
- REALE, G., ANTISERI, D. **História da filosofia: filosofia pagã antiga**, v.1. Trad. Ivo Storniolo, 4ed. São Paulo: Paulus. 2003.
- SACRISTAN, J. Gimeno. **O Currículo, uma reflexão sobre a prática**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.
- STRIKE, K.A. & POSNER, G.J. A revisionistic theory of conceptual change. Duschl & Hamilton (ed.). **Philosophy of science, cognitive science and educational theory and practice**. Albany, NY: SUNY, 1992.
- TERRAZZAN, E.A. **Perspectivas para a inserção de Física Moderna na Escola Média**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1994.
- VERNANT, J.P. **As Origens do Pensamento Grego**. Trad. Ísis Borges B. da Fonseca. Rio de Janeiro. Difel. 2002
- VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* 1(2): 205-221, 1979.
- ZANATTA, B. A. O Legado de Pestalozzi, Herbert e Dewey para as práticas pedagógicas escolares. **Revista Teoria e Prática da Educação**, v. 15, n. 1, p. 105-112, jan./abr. 2012
- ZANETIC, J. Física e arte: Uma ponte entre duas culturas. **Ata do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Águas de Lindóia, 2002.
- ZULIANI, S. R. Q. A. **Prática de Ensino de Química e Metodologia Investigativa: Uma Leitura Fenomenológica a partir da Semiótica Social**. Tese de Doutorado, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2006.

APÊNDICE I

Ficha 01 – Física - 2013

Uma pessoa coloca uma panela no fogo, dentro desta panela é colocado gelo (H_2O a 0°C). Qual a aparência da água em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1atm? Utilize os quadrados abaixo.

Água (H_2O) – Ponto de Fusão: 0°C , Ponto de Ebulição: 100°C .

| ($\sim 0^\circ\text{C}$) | ($\sim 4^\circ\text{C}$) | ($\sim 50^\circ\text{C}$) |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1° | 2° | 3° |

| ($\sim 80^\circ\text{C}$) | ($\sim 100^\circ\text{C}$) | (> 100°C) |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 4° | 5° | 6° |

Agora, nos quadros abaixo, como poderíamos representar do que é constituída esta mesma substância em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1atm na mesma situação descrita acima?

Água (H_2O) - Ponto de Fusão: 0°C , Ponto de Ebulição: 100°C .

| ($\sim 0^\circ\text{C}$) | ($\sim 4^\circ\text{C}$) | ($\sim 50^\circ\text{C}$) |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 7° | 8° | 9° |

| ($\sim 80^\circ\text{C}$) | ($\sim 100^\circ\text{C}$) | (> 100°C) |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 10° | 11° | 12° |

Em quais dos quadros existe algum tipo de movimento? Observe que os quadros estão numerados. Explique suas respostas.

Podemos enxergar a constituição das substâncias? Explique.

O estudo das propriedades/composição da matéria (água, ferro e outros elementos / substâncias) conhecidos tem alguma importância para o nosso dia-a-dia? Explique.

Esta mesma pessoa coloca agora uma barra de Ferro dentro de um forno capaz de chegar a grandes temperaturas. Qual a aparência do ferro em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1atm?

Ferro (Fe) - Ponto de Fusão: 1538°C, Ponto de Ebulição: 2861°C.

| (~0°C) | (~100°C) | (~500°C) |
|------------|------------|------------|
| 13° | 14° | 15° |

| (~1300°C) | (~2000°C) | (>2590°C) |
|------------|------------|------------|
| 16° | 17° | 18° |

Desenhe agora como poderíamos representar do que é constituída esta mesma substância em seus respectivos estados físicos e temperaturas, à pressão de 1atm:

Ferro (Fe) - Ponto de Fusão: 1538°C, Ponto de Ebulição: 2861°C.

| (~0°C) | (~100°C) | (~500°C) |
|------------|------------|------------|
| 19° | 20° | 21° |

| (~1300°C) | (~2000°C) | (>2590°C) |
|------------|------------|------------|
| 22° | 23° | 24° |

Em quais dos quadros existe algum tipo de movimento? Observe que os quadros estão numerados. Explique suas respostas.

Até que ponto os desenhos, imagens e ilustrações realizados nos quadros (7 a 12) e (19 a 24) correspondem à realidade?

APÊNDICE II

Tema da Aula: Condutividade elétrica

Turma: 3º Ano

Competências e habilidades: Reconhecer os processos de condução de eletricidade em materiais metálicos, diferenciar bons e maus condutores de eletricidade, realizar atividades experimentais investigativas, elaborar relatos ou relatórios de atividades experimentais, sistematizar informações, apresentar informações.

Duração: 6 aulas

Estratégias de Ensino: Debate em grupo, atividade experimental investigativa, pesquisa bibliográfica.

1. Levantar concepções espontâneas e conhecimentos prévios do aluno

Para problematização e levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos serão feitas as seguintes perguntas:

Como ocorre a condução de eletricidade?

Quais os melhores condutores de eletricidade? Por que?

O que é necessário para que ocorra a condução de eletricidade?

Em seguida será solicitado ao aluno que faça um desenho que ilustre como é a estrutura atômica de um material bom condutor de eletricidade e um material mau condutor de eletricidade.

2. Desenvolvimento da aula

2.1. Atividade experimental investigativa.

Inicialmente será realizada uma atividade experimental investigativa para o aluno identificar empiricamente quais materiais sólidos são bons condutores de eletricidade. Esse experimento será realizado com um circuito aberto contendo uma lâmpada incandescente. O circuito será fechado utilizando diferentes materiais sólidos como madeira, cobre, alumínio, plástico, borracha entre outros que poderão ser indicados pelos alunos.

A ideia do experimento é que os alunos percebam que, em geral, os materiais metálicos são bons condutores de eletricidade na temperatura ambiente.

2.2. Pesquisa bibliográfica

Na segunda etapa do desenvolvimento da aula será solicitado aos alunos que, em grupo, pesquisem o que eletricidade e por que os materiais metálicos, em geral, são bons condutores de eletricidade, fato esse observado durante a realização das atividades experimentais. Essa pesquisa deve ser orientada pelo professor, uma vez que existem muitas referências que apresentam informações equivocadas sobre o assunto. O aluno, dessa forma, deve registrar quais referências bibliográficas foram utilizadas para a pesquisa.

Os grupos deverão socializar os resultados da pesquisa bibliográfica, os quais devem ser amplamente debatidos entre todos os alunos. Espera-se que os alunos tenham dificuldades em compreender e, principalmente, sistematizar e apresentar os resultados da pesquisa.

É justamente na apresentação dos resultados da pesquisa que o professor deve conduzir as ações para que o aluno construa corretamente os conceitos físicos que explicam a condutividade dos materiais, fazendo com que ocorra o conflito cognitivo das concepções espontâneas dos alunos com o saber científico. Para isso, o professor deve estimular o debate e fazer intervenções sempre que necessário que façam o aluno refletir suas hipóteses sobre as questões apresentadas para a pesquisa.

3. Conclusão

Como conclusão, como a condução de eletricidade é um processo dinâmico, será solicitado aos alunos que façam uma representação (na forma de vídeo, animação ou até teatro) de como ocorre a condução elétrica em materiais metálicos. Essa representação pode ser inclusive apresentada para alunos de outras turmas.