



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS DIADEMA



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

GABRIELA CARVALHO QUEIROZ

Uma análise sobre a formação inicial de professores de Ciências na Unifesp para o ensino de radiação por meio do uso de mapas conceituais e pirâmide informacional.

DIADEMA

2019

GABRIELA CARVALHO QUEIROZ

Uma análise sobre a formação inicial de professores de Ciências na Unifesp para o ensino de radiação por meio do uso de mapas conceituais e pirâmide informacional.

Dissertação apresentada, como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática Stricto Sensu do Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema.

Orientador: Professor Doutor Carlos Roberto Senise Junior.

DIADEMA

2019

Queiroz, Gabriela Carvalho

Uma análise sobre a formação inicial de professores de Ciências na Unifesp para o ensino de radiação por meio do uso de mapas conceituais e pirâmide informacional / Gabriela Carvalho Queiroz – Diadema, 2019. 115 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2019.

Orientador: Carlos Roberto Senise Junior

1. Formação Inicial de Professores. 2. Ensino de Radiação. 3. Ensino de Ciências. 4. Mapa Conceitual. 5. Pirâmide informacional. I. Título.

CDD 371.12



**Serviço Público Federal
Universidade Federal de São Paulo
Pró – Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa**

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nome: GABRIELA CARVALHO QUEIROZ
Campus: DIADEMA

Data e Local: 04/07/2019 às 10h00 na Sala 09 da Unidade Antonio Doll - Campus Diadema Rua Antonio Doll de Moraes, 105 – Centro – Diadema – SP.

TESE: “Uma análise sobre a formação inicial de professores de Ciências na Unifesp para o ensino de radiações por meio do uso de mapas conceituais e pirâmide informacional”.

MEMBROS TITULARES

- Profa. Dra. Simone Alves de Assis Martorano [CPF. 088.776.978-06].
Professor Adjunto.
Universidade Federal de São Paulo.

- Prof. Dr. Hélio Elael Bonini Viana [CPF 272.338.228-16]
Professor Adjunto
Universidade Federal de São Paulo

- Prof. Dr. José Bento Suart Junior [CPF 312.241.098-21]
Professor Adjunto
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SUPLENTE

- Prof. Dr. Alysson Fabio Ferrari [CPF 806.199.590-53]
Professor Associado
Universidade Federal do ABC.



Serviço Público Federal
Universidade Federal de São Paulo
Pró – Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

**ATA DE REUNIÃO DA COMISSÃO JULGADORA DA DEFESA
 DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aos quatro dias do mês de julho de dois mil e dezenove, reuniu-se na Sala 09 da Unidade Antonio Doll - Campus Diadema Rua Antonio Doll de Moraes, 105 – Centro – Diadema - SP, às 09 horas, a Comissão Julgadora para a **DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**, solicitada por **GABRIELA CARVALHO QUEIROZ**, aluna do Programa de Pós-Graduação em **ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**, que apresentou a dissertação sob o título: **“Uma análise sobre a formação inicial de professores de Ciências na Unifesp para o ensino de radiações por meio do uso de mapas conceituais e pirâmide informacional”**. A referida Comissão esteve constituída pelos Professores Doutores:

- Profa. Dra. Simone Alves de Assis Martorano [CPF. 088.776.978-06].

Professor Adjunto.
 Universidade Federal de São Paulo.

- Prof. Dr. Hélio Elael Bonini Viana [CPF 272.338.228-16]


Professor Adjunto
 Universidade Federal de São Paulo

- Prof. Dr. José Bento Suart Junior [CPF 312.241.098-21]

Professor Adjunto
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O Presidente da Banca, Prof. Dr. Carlos Roberto Senise Junior, iniciou a sessão, dando a palavra ao candidato, que dispôs de trinta a cinquenta minutos, no máximo, para expor sua dissertação. A seguir, deu a palavra aos Professores, para a arguição. Cada examinador dispõe de trinta minutos, no máximo, para arguição, bem como ao candidato, para resposta. Após o candidato ter respondido todas às arguições em tempo hábil, os membros da Banca Examinadora emitiram seus Pareceres:
 Profs. Drs.:


Simone Alves de Assis Martorano



Hélio Elael Bonini Viana



José Bento Suart Junior





**Serviço Público Federal
Universidade Federal de São Paulo
Pró – Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa**

Em face dos referidos pareceres, a Comissão Julgadora considera o aluno(a) **GABRIELA CARVALHO QUEIROZ** Aprovada (Aprovado/Reprovado) a receber o título de **MESTRE EM CIÊNCIAS** pela UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO. E, por estarem de acordo, assinam a presente ata.

São Paulo, 04 de julho de 2019.

Simone A. Assis

Profa. Dra. Simone Alves de Assis Martorano

Hélio Elael Bonini Viana

Prof. Dr. Hélio Elael Bonini Viana

José Bento Suart Júnior

Prof. Dr. José Bento Suart Júnior

Carlos Roberto Senise Junior

Prof. Dr. Carlos Roberto Senise Junior

Dedico este trabalho à minha mãe e ao meu tio Gustavo. Serei eternamente grata aos esforços de vocês para com a minha formação acadêmica e humana. Dedico também à minha avó Beth por me introduzir sutilmente ao mundo da educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família e amigos por me estimularem a fazer tudo o que eu julguei importante para a minha vida. Em especial ao meu namorado, Luiz, por todo apoio, incentivo e paciência.

Agradeço aos colegas de graduação e pós-graduação que participaram da pesquisa. Sem a boa vontade deles em tentar colaborar para a melhoria do curso de Ciências – Licenciatura, este trabalho não teria sido viabilizado.

Agradeço aos professores que colaboraram direta ou indiretamente com a minha formação durante a graduação e o mestrado. Aos colegas de curso pela colaboração nos momentos de angústia, pelas palavras de incentivo, pelo compartilhamento de informações.

Aos professores que compuseram a minha banca de qualificação, Prof^ª. Dr^ª. Simone Martorano, Prof^ª. Dr^ª. Roseli Künzel e Prof. Dr. Hélio Bonini, que tanto colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho.

Novamente, agradeço ao Prof. Dr. Hélio Bonini e à Prof^ª Dr^a Simone Martorano, e também ao Profs. Drs. José Bento Suart Júnior por comporem a minha banca de defesa trazendo discussões tão pertinentes e ricas.

Por último e principalmente, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Roberto Senise Junior por todo o suporte, incentivo, dedicação, paciência, engajamento. Sinto muito orgulho por ter sido orientada por você. Você é um exemplo para seus alunos.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a formação inicial de professores de Ciências pelo curso de Ciências – Licenciatura na Universidade Federal de São Paulo. Nosso enfoque foi sobre a temática do ensino de radiação voltado ao Ensino Fundamental II. Este curso está estruturado em oito semestres, dos quais quatro correspondem a um ciclo básico, com disciplinas chamadas de Científicas Básicas e disciplinas de Humanidades. Os quatro outros semestres são compostos por disciplinas específicas da habilitação escolhida, a saber: Biologia, Física, Química e Matemática. Para isso, convidamos alunos a partir do 5º semestre, pois, assim, havia maiores chances de que os sujeitos selecionados já tivessem concluído o ciclo básico, tendo cursado disciplinas que abordassem a temática de enfoque deste trabalho. Foi feito um questionário via formulário *online* para selecionar os candidatos. Setenta pessoas de diferentes habilitações, graduandos e graduados, participaram desta etapa, dos quais doze foram convidados a participar dos processos seguintes, sendo quatro de cada habilitação, dois graduandos e dois graduados, excetuando-se a habilitação em Matemática, por falta de candidatos. Estes doze selecionados responderam um questionário de caracterização de formação básica e superior, e também desenvolveram, individualmente, um mapa conceitual sobre radiação. Foram criados critérios de análise destes mapas, além da utilização de critérios já estabelecidos na literatura. A partir disso, associamos essa análise à pirâmide informacional de Machado (2008), composta por dados, informações, conhecimento e inteligência, bem como à presença de conceitos relacionados às habilidades a serem desenvolvidas que são indicadas pela BNCC. Com isso, observou-se que uma pessoa foi classificada no patamar dos dados, oito pessoas no da informação e três no do conhecimento.

Palavras-chave: Formação Inicial de Professores. Ensino de Radiação. Ensino de Ciências. Mapa Conceitual. Pirâmide informacional.

ABSTRACT

This work was developed with the aim of analyze the initial formation of science teachers by the bachelor degree in Science, in the Federal University of São Paulo. Our focus was on the theme of radiation teaching focused on Elementary Education II. This course is structured in eight semesters, in which four of them correspond to a basic cycle, with disciplines called Basic Scientific and disciplines of the Humanities. The other four semesters are composed by specific disciplines of the chosen qualification: Biology, Physics, Chemistry and Mathematics. For this, we invited students started from the 5th semester, so, in this manner, there were more chances that the chosen individuals have already finished the basic cycle, attending disciplines that approach the theme focused in this work. A questionnaire was made via online form to select the candidates. Seventy people, with different qualifications, graduating and graduated, participated at this stage, and twelve of them were invited to participate at the next processes, being four of each qualification, two graduating and two graduated, except for the qualification in Mathematics, due to the lack of candidates. These twelve selected answered to a characterization questionnaire of basic and superior formation, and also developed, individually, a conceptual map about the subject of radiation. Criteria were created to analyze these maps, besides the criteria already established in the literature. Starting from this, we associated this analysis with informational pyramid, of Machado (2008) made by data, information, knowledge and intelligence, as well as to the presence of concepts related to the abilities to be developed, which are indicated by the BNCC. With these, we observed that one person was classified in the level of data, eight in the level of information and three in the level of knowledge.

Keywords: Initial Teacher Training. Radiation Teaching. Science Teaching. Conceptual Maps. Informational Pyramid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Unidades curriculares oferecidas pelo curso de Ciências na Unifesp.....	25
Figura 2: Pirâmide informacional e descrição de seus componentes.	38
Figura 3 Pirâmide informacional e descrição de seus componentes.	38
Figura 4: Representação do espectro eletromagnético.	43
Figura 5: MC desenvolvido com base do capítulo 8 e na BNCC para o ensino de radiação. ..	47
Figura 6: Exemplo de MC do tipo radial.	53
Figura 7: Exemplo de MC do tipo cadeia.	54
Figura 8: Exemplo de MC do tipo rede.	54
Figura 9: Os quatro elementos dos MCs: as proposições (P), a pergunta focal (PF), a hierarquia (H) e a revisão continuada (RC).	55
Figura 10: Ilustração da classificação na pirâmide informacional dos MCs coletados.....	58
Figura 11: Mapa conceitual de B1.	59
Figura 12: Mapa conceitual de B2.	61
Figura 13: Mapa conceitual de B3.	63
Figura 14: Mapa conceitual de B4.	65
Figura 15: Mapa conceitual de F1.	67
Figura 16: Mapa conceitual de F2.	69
Figura 17: Mapa conceitual de F3.	71
Figura 18: Mapa conceitual de F4.	73
Figura 19: Mapa conceitual de Q1.	75
Figura 20: Mapa conceitual de Q2.	77
Figura 21: Mapa conceitual de Q3.	79
Figura 22: Mapa conceitual de Q4.	81
Figura 23: Exemplo de estrutura de MC.	96
Figura 24: Exemplo de um MC sobre drogas psicotrópicas.	96

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Aumento do número de vagas na graduação.....	23
Gráfico 2: Porcentagem de habilitados em Biologia, Física, Química e Matemática.....	50
Gráfica 3: Percentual relativo ao grau de formação dos participantes da seleção.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação de categorias de conhecimentos básicos por Shulman.	22
Quadro 2: Ementa das disciplinas de Química e Física.	26
Quadro 3: Relação de habilidades relacionadas a radiação a serem desenvolvidas ao longo do 8º e 9º anos.	29
Quadro 4: Afirmativas do questionário de seleção e respostas esperadas.	49
Quadro 5: Relação de aspectos presentes em MCs e recorrências.	56
Quadro 6: Relação entre a presença/ausência de conceitos de radiação nos MCs coletados. ..	57
Quadro 7: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B1. ..	60
Quadro 8: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B2. ..	62
Quadro 9: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B3. ..	64
Quadro 10: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B4. ..	66
Quadro 11: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F1. ..	68
Quadro 12: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F2. ..	70

Quadro 13: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F3. .72	
Quadro 14: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F4. .74	
Quadro 15: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q1. 76	
Quadro 16: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q2. 78	
Quadro 17: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q3. 80	
Quadro 18: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q4 .82	
Quadro 19: Respostas dadas pelos candidatos ao questionário de seleção.97	

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

AS – Aprendizagem Significativa
BNCC – Base Nacional Comum Curricular
BSSC – Biological Science Study Committee
C – Conceitos
CBA – Chemical Bond Approach
CK – Conhecimento de Conteúdo
ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio
FUNBEC – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências
GETEF – Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física
GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
H – Hierarquia
IBCEC – Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MC – Mapa conceitual
MEC – Ministério da Educação e Cultura
NST – National Science Foundation
P – Proposições
PCK – Conhecimento Pedagógico do Conteúdo
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PF – Pergunta focal
PSSC – Physical Science Study Committee
RC – Revisão continuada
REUNI – Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
SMSG – School Mathematics Study Groups
SPEC – Subprograma Educação para a Ciência
TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa
Unifesp – Universidade Federal de São Paulo
USAID – United States Agency for International Development
USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	15
2 CIÊNCIA E SEU ENSINO NO BRASIL	17
3 O CURSO DE CIÊNCIAS – LICENCIATURA NA UNIFESP.....	23
4 A RADIAÇÃO ENQUANTO COMPONENTE CURRICULAR DE CIÊNCIAS	28
5 MAPAS CONCEITUAIS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	32
6 A PIRÂMIDE INFORMACIONAL	35
7 CONECTANDO MAPAS E PIRÂMIDES.....	40
8 SUBSÍDIOS TEÓRICOS SOBRE RADIAÇÃO.....	41
9 A COLETA E A ANÁLISE DE DADOS PARA SELEÇÃO DOS PESQUISADOS	48
10 A COLETA E A ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS	52
10.1 MAPA CONCEITUAL DE B1.....	59
10.2 MAPA CONCEITUAL DE B2.....	61
10.3 MAPA CONCEITUAL DE B3.....	63
10.4 MAPA CONCEITUAL DE B4.....	64
10.5 MAPA CONCEITUAL DE F1	67
10.6 MAPA CONCEITUAL DE F2	69
10.7 MAPA CONCEITUAL DE F3	70
10.8 MAPA CONCEITUAL DE F4	72
10.9 MAPA CONCEITUAL DE Q1.....	74
10.10 MAPA CONCEITUAL DE Q2.....	77
10.11 MAPA CONCEITUAL DE Q3.....	79
10.12 MAPA CONCEITUAL DE Q4.....	80
11 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	86
APÊNDICES.....	92
APÊNDICE A – Questionário de caracterização da formação básica e superior.	92
ANEXOS.....	97
ANEXO A – Respostas dadas ao questionário de seleção.	97
ANEXO B – Respostas do questionário de caracterização da formação básica e superior	99
<i>Habilitação em Biologia</i>	99
<i>Habilitação em Física</i>	101
<i>Habilitação em Química</i>	103
ANEXO C – Transcrições de explicação dos mapas conceituais coletados	105
Transcrição 01 – B1	105
Transcrição 02 – B2	105
Transcrição 03 – B3	106
Transcrição 04 – B4	107

Transcrição 05 – F1.....	107
Transcrição 06 – F2.....	109
Transcrição 07 – F3.....	110
Transcrição 08 – F4.....	111
Transcrição 09 – Q1.....	113
Transcrição 10 – Q2.....	113
Transcrição 11 – Q3.....	114
Transcrição 12 – Q4.....	115

1 APRESENTAÇÃO

Minha trajetória acadêmica na Universidade Federal de São Paulo teve início em 2012, quando ingressei no curso de Ciências – Licenciatura. Concluí a graduação em 2015, optando pela habilitação em Física. Ao longo dos quatro anos de graduação, tive a oportunidade de participar do Programa Institucional de Iniciação à Docência – subprojeto de Química, do Programa de Extensão de Teatro em Ensino de Química, de Iniciação Científica em Astronomia e, por último, do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica em Física Médica.

Com o objetivo de aproveitar os estudos desta última iniciação científica para o Trabalho de Conclusão de Curso, desenvolvi sob orientação da Prof^a Dr^a Roseli Künzel um trabalho que abordava o ensino de radiação voltado ao Ensino Médio. Foi desenvolvendo este trabalho, intitulado como “Proposta de sequência didática para o ensino de Física das Radiações no Ensino Médio”, que conheci a técnica de mapeamento conceitual.

No ano de 2016 entrei no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática na Unifesp, onde desenvolvi, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Senise, a pesquisa que deu origem ao presente trabalho. Nele, abordamos também o ensino de radiação, mas desta vez voltado ao Ensino Fundamental II, ciclo do Ensino Básico onde todos os egressos graduados pelo curso supracitado podem atuar, independentemente da habilitação escolhida. Além do mapeamento conceitual baseado nos trabalhos de Novak (1981) e Moreira (1998), utilizado no TCC e nesta pesquisa, aliamos também a epistemologia de Machado (2008), que é representada graficamente pela pirâmide informacional. Dessa forma, a nossa questão norteadora é: será que os professores e professoras formadas pelo curso estão aptos a ministrarem conteúdos de radiação voltados ao Ensino Fundamental II?

A fim de buscarmos uma resposta, analisamos a grade do ciclo básico do curso, convidamos graduandos e graduados a participarem do desenvolvimento da pesquisa e analisamos os resultados obtidos. Para fundamentar nossas análises, estruturamos este trabalho em outros dez capítulos.

No capítulo 2 trazemos uma discussão de diferentes visões do que é Ciência, bem como uma abordagem de seu ensino no Brasil e as leis que orientam a educação básica.

O capítulo 3 trata especificamente do curso de Ciências na Unifesp. Nele você encontrará a estrutura do curso e a ementa das disciplinas do ciclo básico que abordam conteúdos de radiação.

Já o capítulo 4 trará uma abordagem do que a Base Nacional Comum Curricular estabelece como habilidades a serem atingidas ao longo do Ensino Fundamental II para a disciplina de Ciências, especificamente de temas relacionados à radiação.

Os capítulos 5, 6 e 7 são especialmente dedicados à fundamentação teórica que possibilitou as análises feitas. No primeiro, abordamos o mapeamento conceitual e a aprendizagem significativa de Ausubel (2003), bem como no capítulo 10, onde indicamos como foi feita a coleta dos mapas conceituais, o estabelecimentos dos critérios de análise e as discussões de cada um dos mapas coletados, criando uma ponte entre estes e a pirâmide. No 6º capítulo trazemos a epistemologia de Machado (2008), representada graficamente pela pirâmide informacional, constituída por dados, informações, conhecimento e inteligência. Utilizamos esses “patamares” da pirâmide para analisar a formação inicial de professores na Unifesp, com base nos mapas conceituais construídos pelos sujeitos de pesquisa. De acordo com o autor, o cerne das atividades educacionais deve concentrar-se nos dois últimos patamares e a conexão entre o terceiro e quarto níveis dá-se pela ação competente. O capítulo 7 traz então a aproximação entre a fundamentação disposta nos dois capítulos anteriores.

Elaboramos um questionário de seleção com conteúdos de radiação. Trouxemos no capítulo 8 uma fundamentação teórica sobre o tema a fim dar subsídios que corroborassem as concordâncias com as afirmativas deste questionário inicial para os leitores deste trabalho. Este questionário, assim como a caracterização da pesquisa e critérios de seleção estão dispostos no capítulo 9.

Por último, o capítulo 10 traz as considerações finais e conclusões às quais chegamos com as análises feitas. É importante termos em mente que a aproximação entre essas duas principais linhas teóricas é algo inexistente na literatura, sendo essas conclusões passíveis de discussões e novos olhares acerca dos dados coletados.

Nos anexos e apêndices, pode-se encontrar os materiais instrutivos utilizados com os sujeitos de pesquisa, bem como as respostas que estes deram ao questionário de seleção, ao questionário de caracterização da formação básica e superior e a transcrição do áudio contendo a explicação dos mapas conceituais coletados.

2 CIÊNCIA E SEU ENSINO NO BRASIL

A ciência integra o nosso dia a dia e vivemos em uma sociedade em que há uma supervalorização do conhecimento científico (CHIBENI, 2001). Tal supervalorização tem origem nas revoluções científicas do século XVII, onde o método científico é enaltecido, trazendo a ciência como uma verdade construída em cima de um conhecimento certo e seguro. No século XX, filósofos empreenderam aperfeiçoar a concepção comum de ciência (a do método científico), por meio de um programa filosófico chamado de positivismo lógico. (CHIBENI, 2001). As ideias positivistas sobre as concepções científicas foram fortemente contestadas por Karl Popper em 1934, mas foi só no final da década de 1950 que tais ideias receberam atenção. Sua teoria tem como ideia central o falseacionismo, rejeitando processos indutivistas (ciência como produto de teorias provadas empiricamente) no fazer ciência, ou seja, as teorias científicas devem ser refutáveis ou falseáveis (POPPER, 2013).

Em 1993, Chalmers trouxe em seu livro “O que é ciência afinal?” uma discussão sobre diversas visões sobre ciência ao longo dos anos, desde o indutivismo e seus problemas; o falseacionismo de Popper, suas evoluções e limitações; os programas de pesquisa, de Lakatos (LAKATOS, 1970); o objetivismo destes dois últimos e Marx; a teoria “anarquista”, de Feyerabend (FEYERABEND, 2011); até chegar ao que chama de realismo não-representativo. O autor explica que, na visão do realismo não-representativo, a teoria da verdade da correspondência não é incorporada, trazendo à ciência uma visão extensionista, de modo que sempre há mais a se descobrir. Dessa forma, o autor traz dois lados da visão sobre o que é ciência: na primeira, uma visão relativista, no sentido em que, para a avaliação de teorias científicas, não há um critério absoluto em relação aos julgamentos que devem a ela serem feitos (CHALMERS, 1993, p. 212). A valoração dada às diferentes áreas do conhecimento depende do meio social no qual estão inseridas. Já na segunda, objetivista, a função social da ciência é atender a uma demanda, independentemente do julgamento ou valoração dos indivíduos envolvidos (CHALMERS, 1993, p. 213).

Segundo Freitas e Villani (2002), há décadas a sociedade brasileira prestigia as ciências, apesar de a valorização do papel do professor de ciências ter sofrido momentos de alta e baixa por todo o mundo. A partir da década de 1920, com o movimento escolanovista, o professor começa a ser visto como profissional da educação no Brasil e, com isso, começam a surgir associações de professores a fim de subsidiar a carreira docente (ROCHA, 2013). Entretanto, a concepção liberal de educação e sociedade na época focalizou a atenção ao aluno, em detrimento à formação e ao papel do professor.

A desvalorização da profissão é marcada, ainda segundo Freitas e Villani (2002), entre outros fatores, pelos programas de capacitação ao magistério para quem não tinha formação específica na área (as chamadas pedagogias curtas, iniciadas na década de 1950). Em contrapartida, o mundo assistia aos avanços tecnológicos da Guerra Fria, com o lançamento do satélite Sputnik, em 1957, evidenciando a relevância de tal desenvolvimento, impactando tanto o campo científico quanto o educacional. A partir da década de 1950, foram institucionalizadas políticas científicas e tecnológicas, objetivando o crescimento e progresso do país (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010).

O desenvolvimento tecnológico e científico no Brasil teve ascensão durante as décadas de 1950 e 1970, influenciando fortemente o ensino de ciências na escola básica, ainda que as atividades científicas estivessem focadas em interesses da comunidade internacional, em detrimento da realidade da sociedade brasileira (VARSAVSKY, 1979; NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010). Nessa época, tinha-se majoritariamente a visão de uma ciência neutra, de modo que as implicações sociais estavam distanciadas do desenvolvimento tecnológico e científico. No que tange à escola, as propostas de ensino de ciências na década de 1950 objetivavam levar aos alunos verdades científicas e que estes desenvolvessem um modo científico de pensar e agir.

A partir de então, diversos programas de incentivo ao desenvolvimento científico e seu ensino foram criados no Brasil e no mundo, como o NST (National Science Foundation), o PSSC (Physical Science Study Comettee), SMSG (School Mathematics Study Groups), BSSC (Biological Science Study Commitee), CBA (Chemical Bond Approach), programas patrocinados pela Fundação Nuffield, Projeto Piloto, fundação dos Centros de Ciências, Mobral, SPEC (Subprograma Educação para a Ciência), GREF, GETEF, PRO-CIÊNCIAS, Melhoria do Ensino Público. Implementa-se a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, no. 4024/61), que descentraliza as decisões curriculares do Ministério da Educação e Cultura (MEC), que antes estabelecia um programa oficial para o ensino de ciências. Nesta época chegam ao Brasil as teorias cognitivistas, que consideram a interação entre o homem e o mundo, bem como os processos mentais durante a aprendizagem, relevantes para a formação do conhecimento, que é fruto desta interação. Entretanto, é na década de 1980 que o ensino de ciências é significativamente influenciado pelo cognitivismo de Piaget (1995).

Apesar de a rede de ensino ter sido ampliada a partir de 1964, o investimento econômico por parte do governo não acompanhou o crescimento na mesma proporção,

abrindo brecha para a entrada de diversos convênios entre órgãos governamentais brasileiros e a United States Agency for International Development (USAID) (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010). Alguns dos programas permaneceram em vigência até 1971. A USAID influenciava a formação científica do país de acordo com os interesses estadunidenses. Um grupo de docentes da Universidade de São Paulo (USP), sediados no Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), que dedicava-se à elaboração de materiais didáticos e experimentais desde o início da década de 1960, adaptou alguns projetos de renovação curricular desenvolvidos nos Estados Unidos e Inglaterra para as escolas brasileiras. As propostas não surtiram o efeito desejado, principalmente por falta de treinamento dos professores e más traduções dos materiais.

Ainda na década de 1960, equipes técnico-pedagógicas ligadas à secretaria de educação passaram a atualizar os conteúdos a serem ensinados nas escolas, bem como a elaborar subsídios didáticos e cursos de capacitação de professores, a fim de levar ao ensino básico temas relacionados às descobertas científicas oriundas da crescente industrialização e desenvolvimento tecnológico e científico do país (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010). O uso de laboratórios era enfatizado, buscando substituir as aulas expositivas e motivar e auxiliar alunos na compreensão de conceitos, com o objetivo de formar futuros cientistas.

Outros programas de melhoria foram criados nessa época, como os Centros de Ciências, pelo MEC, na Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo, e a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), sediada na USP. Entretanto, o enfoque de grande parte dos projetos era mostrar produtos da ciência feita no Brasil, reforçando a visão neutra e objetiva da ciência. Durante a década de 1970, o ensino de ciências esteve pautado em teorias comportamentalistas e pelo empirismo do método científico (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010).

A LDB (nº. 5692/71) indicava o ensino de ciências para a profissionalização e preparação de trabalhadores qualificados. O projeto do governo militar era modernizar e desenvolver o país rapidamente. Entretanto, a formação básica foi prejudicada com a criação de disciplinas profissionalizantes, que não surtiram os efeitos pretendidos, ou seja, não formaram profissionais. A desvinculação entre ciência e sociedade inicia seu declínio por volta de 1970, ao verificar-se as implicações ambientais sofridas com acidentes nucleares, acúmulo de resíduos tóxicos, derramamento de petróleo etc, havendo a necessidade de rever

as políticas científicas e suas implicações sociais (MEDINA; SANMARTIN, 1992; GONZÁLEZ et al., 1996).

Os princípios neoliberais influenciaram a produção tecnológica e científica do país entre 1980 e 1990, quando o Estado diminuiu suas funções regulatórias e abriu sua economia ao comércio e à competitividade internacionais (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010). A tecnologia passa então a ser vista como fundamental para o desenvolvimento do país, ainda que vinculado ao aumento de consumo por parte da população, em detrimento de sua associação aos problemas sociais e ambientais (DYSON, 1997). Segundo Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010), a importância de termos uma educação científica de qualidade está pautada em desenvolver uma visão de ciência que nos faça refletir, enquanto cidadãos, sobre as consequências do desenvolvimento tecnológico e científico para além da cultura do capital, pelo modo como isso afeta as relações entre o homem e a natureza, a ética, a exposição aos riscos.

São criados, já na década de 1990, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1997) e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). De acordo com os PCN para o ensino de Ciências da Natureza (PCN, 1997, p. 21), com “a crescente intervenção da tecnologia no dia a dia, não é possível pensar na formação de um cidadão crítico à margem do saber científico”. O ensino de ciências da natureza está pautado, ainda segundo os PCN, principalmente na compreensão do mundo e suas transformações, na formação atitudinal e procedimental para a criticidade em todos os âmbitos sociais. A ciência envolve conceitos de Biologia, Química, Física e Matemática, além de aproximações com outras áreas do conhecimento, concepções prévias dos alunos e situações socioculturais. Assim, o processo de ensino-aprendizagem é desafiador, tanto para quem ensina quanto para quem aprende (PAGANOTTI; DICKMAN, 2014).

De acordo com Arruda e Villani (1994), os estudantes trazem consigo concepções espontâneas, desenvolvidas ao longo da vida para compreender e explicar o mundo – o que Ausubel chamará de subsunçores relevantes para a promoção da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1963; 1968; 2000). O conhecimento de senso comum é importante no processo de ensino-aprendizagem, principalmente por ser resistente às mudanças, dificultando a aquisição do conhecimento científico (ARRUDA; VILLANI, 1994). Ressaltamos aqui que estas concepções prévias resistem mesmo nos professores.

Quando se trata dos professores que lecionam ciências para alunos do Ensino Fundamental II, fato é que a maioria é formada em Ciências Biológicas (MELLO; SILVA,

2004). Por outro lado, é consenso entre a maior parte dos profissionais da educação a necessidade do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) (PAGANOTTI; DICKMAN, 2014). Entretanto, o trabalho destes mesmos autores, por exemplo, traz relatos de professores que ministram Ciências e afirmam geralmente abordar mais a sua área de formação, do que a Física, exatamente pela falta do conhecimento pedagógico e, quando ministram Física, abordam-na de forma mecânica, transmitindo (e não construindo) saberes.

Ao falarmos sobre a mecanização do processo de ensino e da transmissão de conhecimentos, traz-se a posição do professor como aquela consagrada no paradigma escolanovista/tecnicista. Nessa tendência, o professor é colocado como centro do processo de ensino-aprendizagem, como detentor dos saberes, não proporcionando aos alunos espaços para questionamentos, dúvidas ou confrontos (BEHRENS; KIRSTEN; COSTA, 2006).

A valorização do que chamamos de construção do conhecimento surge então no final do século XX, principalmente por uma mudança de paradigma da própria ciência e movimentos socioculturais da época. Tal construção, segundo Cunha e Leite (1996), trazia a valorização da reflexão (capacidade de estudar, refletir e sistematizar o conhecimento), valorização das divergências de pensamento e incertezas, valorização da dinâmica entre a relação professor-aluno e aluno-aluno, disponibilizando tempo para a investigação.

Desta forma, os conteúdos, antes postos como verdades absolutas, apresentam-se não mais estáticos, mas aliados às experiências do aluno; construídos, e não mais meramente reproduzidos (BEHRENS; KIRSTEN; COSTA, 2006). Ao longo dos anos, as modificações sociais levam a uma maior valorização do conhecimento e este é visto como espaço conceitual, onde, segundo Cunha e Leite (1996, p. 119), alunos e professores constroem um novo saber. Essa visão conecta-se com o paradigma vigente anteriormente (pós escolanovista). Sendo o novo paradigma educacional pautado no diálogo aberto, que proporcione os graus de assimilação, acomodação e equilíbrio piagetiano, o par mais experiente da relação entre professores e alunos, neste caso, o professor ou professora de ciências, deve ter domínio do conteúdo em questão. Dessa forma, é possível verificar as concepções prévias dos alunos, buscar a mudança conceitual que se ajuste melhor ao que é cientificamente mais aceito e fomentar e direcionar discussões.

A expressão *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* foi cunhada por Lee Shulman, em 1986, trazendo três categorias básicas de conhecimentos para professores, que foram ampliadas para sete no ano seguinte (MACEDO, 2017). São elas:

Quadro 1: Relação de categorias de conhecimentos básicos por Shulman.

Categoria	Refere-se a/aos
Conhecimento de Conteúdo (CK)	Conhecimento de conteúdos específicos
Conhecimento de Currículo	Organização curricular
Conhecimento Pedagógico Geral	Conhecimentos pedagógicos
Conhecimento dos Alunos e suas Características	Estudantes e processos de aprendizagem
Conhecimento dos Contextos Educacionais	Contextualização social dos estudantes
Conhecimento dos Objetivos, Finalidades e Valores Educacionais	Finalidades do processo de ensino-aprendizagem
Conhecimento Pedagógico do Conteúdo	Modos de o professor transpor o conteúdo da dimensão do conhecimento para o seu ensino

Fonte: Macedo, 2007, adaptado pela autora.

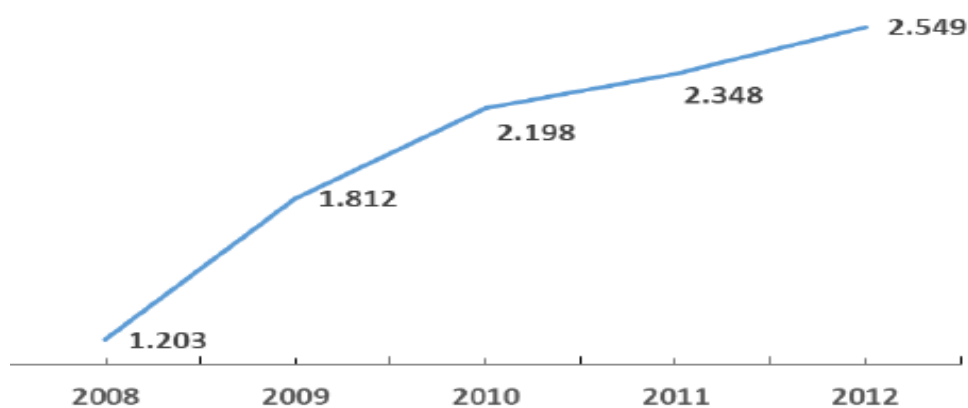
Pensando na análise que este trabalho traz sobre a formação inicial de professores pelo curso de Ciências – Licenciatura da Unifesp, dentre as categorias acima expostas, a de maior relevância para nossa análise é conhecimento de conteúdo (CK – que fomenta a escolha dos conceitos de radiação a serem abordados do mapa conceitual).

É importante observar que, das 70 pessoas que responderam ao questionário de seleção para participar da pesquisa, 47,1% optaram pela habilitação em Biologia, 30%, em Química, 21,4% em Física e 1,5% em Matemática. Dessa forma, percentualmente, a chance de habilitados em Biologia ou Química atuarem nos anos finais do Ensino Fundamental é maior do que com relação às outras habilitações. Daí a relevância de termos um ciclo básico que capacite todas as habilitações oferecidas pelo curso de licenciatura a ministrarem os conteúdos previstos nos documentos legais que orientam o ensino no Brasil. A estrutura do curso de Ciências – Licenciatura na Unifesp, bem como o ensino de radiação voltado ao Ensino Fundamental II, serão abordados nos capítulos que seguem.

3 O CURSO DE CIÊNCIAS – LICENCIATURA NA UNIFESP

A Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) tem como origem a Escola Paulista de Medicina, fundada em São Paulo, no ano de 1933, federalizada em 1956 e fundada como universidade somente em 1994, abrigando cinco cursos da área da saúde. A partir de 2003, iniciou-se no Brasil um projeto de expansão das Instituições Federais de Ensino Superior, que contou com o Programa de Expansão das Universidades Brasileiras e com o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI). O REUNI esteve vigente até 2012, apesar de a Unifesp continuar com projetos de expansão. O Gráfico 1 indica o crescimento do número de vagas na graduação na Unifesp entre 2008 e 2012. Além disso, entre esses mesmos anos, a quantidade de cursos oferecidos subiu de 25 para 54 e, de inscrições, de 3.187 para 8.391 (ROSSETTO, 2017).

Gráfico 1: Aumento do número de vagas na graduação.



Fonte: Rossetto, 2017.

Atualmente, a universidade conta com seis campi, em seis cidades distintas: Baixada Santista, fundado em 2005, onde tem-se o Instituto de Saúde e Sociedade e o Instituto do Mar; Diadema, fundado em 2007, onde tem-se o Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, no qual se insere o curso de Ciências - Licenciatura; Guarulhos, criado em 2007, onde tem-se a Escola de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; Osasco, criado em 2011, onde tem-se a Escola Paulista de Política, Economia e Negócios; São José dos Campos, criado em 2007, onde tem-se o Instituto de Ciência e Tecnologia. Está sendo implantado um sétimo campus, o Zona Leste, que terá o Instituto das Cidades, dando continuidade ao processo de expansão do ensino superior público.

O curso de Ciências – Licenciatura, anteriormente chamado de Licenciatura Plena em Ciências, teve sua primeira turma em formação no ano de 2010. É um curso de duração

mínima de oito e máxima de doze semestres, oferecido nos períodos vespertino e noturno, com cerca de 200 ingressos/ano.

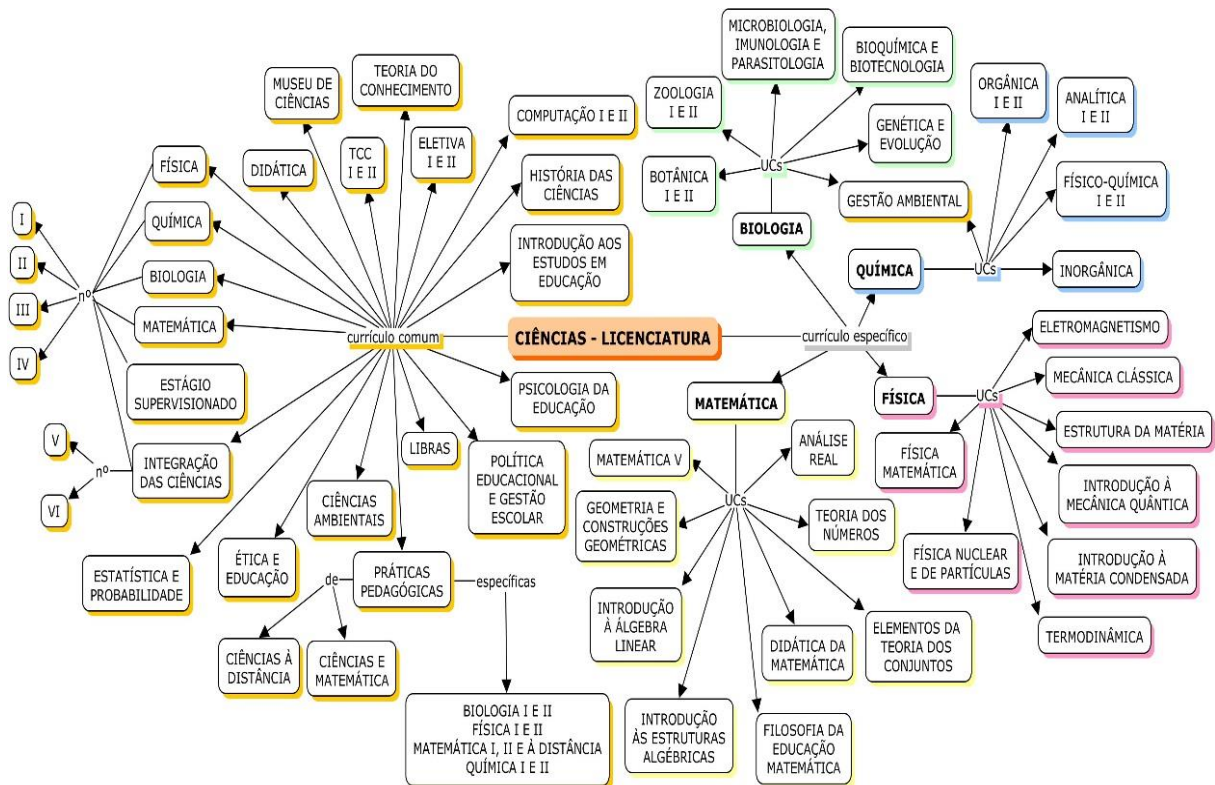
“A proposta de criação do curso contou com o empenho e a colaboração de diversos profissionais da Unifesp e da comunidade local. Essa efetiva colaboração deu-se de forma mais técnica por meio da organização de um grupo de trabalho (GT) composto por professores dos cursos de bacharelado para elaborar as diretrizes iniciais do curso. Entre outras ações, esse GT decidiu que o curso deveria promover uma sólida formação do licenciando nas diversas áreas do conhecimento científico em seus anos iniciais, com a escolha mais específica de sua área nos anos finais. Em vez de uma mera somatória de conhecimentos diversificados, esse modelo curricular deveria buscar a integração entre os conhecimentos, tendo em vista a interdisciplinaridade”. Projeto Pedagógico do Curso de Ciências, p. 18, 2019.

Posteriormente, os primeiros professores do curso deram continuidade à implementação do projeto político pedagógico e demais atividades necessárias a um curso de formação de professores.

Em 2019, iniciou-se a implementação de uma nova estrutura curricular, mas as análises do presente trabalho referem-se à matriz que, gradualmente, entrará em extinção. Existe compatibilidade entre as grades, entretanto, fazer tal análise não é algo relevante para a pesquisa corrente. Dessa forma, tudo o que é utilizado para este trabalho refere-se à grade curricular oferecida entre os anos de 2010 e 2018.

Os dois primeiros anos do curso correspondem a um currículo comum, com disciplinas científicas básicas, que contemplam as áreas de Biologia, Física, Matemática e Química, e disciplinas de humanidades. Ao final do 5º semestre, os graduandos escolhem a trajetória que preferirem para sua habilitação: Biologia, Física, Matemática ou Química. Sendo assim, o curso forma professores de Ciências para o Ensino Fundamental II, e a habilitação escolhida os capacita a ministrar tal disciplina no Ensino Médio. A Figura 1 ilustra as disciplinas oferecidas durante o curso, até 2018.

Figura 1: Unidades curriculares oferecidas pelo curso de Ciências na Unifesp.



Fonte: elaborado pela autora com base na ementa do curso.

Baseando-nos neste ciclo básico comum e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017), a formação inicial de professores de Ciências pela Unifesp será analisada para o ensino específico de radiação, conteúdo contemplado no eixo “Matéria e Energia”. Esta temática é abordada principalmente no 8º e 9º anos, como mencionado no capítulo 3.

Com base nas ementas das disciplinas do ciclo básico, entre 2010 e 2018, pode-se afirmar que conceitos de radiação fazem parte das disciplinas de Física II, Física III, Física IV, Química I e Química IV/2015, conforme exposto no Quadro 2 abaixo, que relaciona a ementa de Física e Química ao longo do ciclo básico. Nenhuma disciplina da Matemática ou da Biologia, bem como as demais disciplinas que compõem o ciclo básico apresentam na ementa conteúdos diretamente relacionados à radiação.

Quadro 2: Ementa das disciplinas de Química e Física.

Unidade curricular	Ementa
Física I – 2010 a 2018	1. Unidades, Grandezas Físicas e Vetores; 2. Movimento em uma dimensão; 3. Movimento em duas dimensões ou três dimensões; 4. Leis de Newton do Movimento; 5. Aplicações das Leis de Newton; 6. Trabalho e Energia Cinética; 7. Energia Potencial e Conservação da Energia; 8. Momento Linear, Impulso e Colisões; 9. Rotação de Corpos Rígidos; 10. Dinâmica do Movimento de Rotação.
Física II – 2011 a 2016	1. Rotação de Corpos Rígidos; 2. Dinâmica do Movimento de Rotação; 3. Gravitação.
Física II – 2017 e 2018	1. Leis de conservação; 2. Movimento rotacional; 3. Gravitação; 4. Movimento oscilatório; 5. Ondas mecânicas ; 6. Superposição de ondas estacionárias; 7. Mecânica dos fluidos.
Física III – 2011 a 2016	1. Conceitos básicos de Termodinâmica ; 2. Conceitos básicos de Oscilações e Ondas ; 3. Conceitos básicos de Óptica Física .
Física III – 2017 e 2018	1. Conceitos básicos de Física Térmica, Calorimetria e Termodinâmica ; 2. Abordagem histórico-filosófica sobre a natureza da luz e sobre conceitos básicos da óptica geométrica e da óptica física .
Física IV – 2011 a 2016	1. Conceitos básicos de Eletromagnetismo ; 2. Conceitos básicos de Física Moderna .
Física IV – 2011 a 2018	1. Lei de Coulomb; 2. Campos Elétricos; 3. Potenciais Elétricos; 4. Noções de Eletrodinâmica; 5. Magnetismo nos Materiais; 6. Campo Magnético; 7. Formalização das Equações de Maxwell; 8. Noções de Física Moderna .
Química I – 2010	1. Evolução dos modelos atômicos e a estrutura eletrônica dos átomos, orbitais atômicos e números quânticos ; 2. Propriedades periódicas dos elementos; 3. Ligações químicas, estruturas de Lewis e estruturas de ressonância; 4. Hibridização de orbitais; 5. Polaridade de ligações, geometria molecular e polaridade de moléculas; 6. Forças intermoleculares; 7. Propriedades físicas de gases, líquidos e sólidos; 8. Orbitais moleculares; 9. Ácidos e bases de Lewis.
Química I – 2011 a 2018	1. Introdução a história da Química; 2. Impacto social da Química; 3. A apropriação do conhecimento químico; 4. Química da matéria e mudanças de estado; 5. A linguagem Química: símbolos, fórmulas e equações; 6. Elementos e átomos (evolução dos modelos atômicos e a estrutura eletrônica dos átomos, orbitais atômicos e números quânticos, isótopos) ; 7. Moléculas, íons, átomos, compostos orgânicos e inorgânicos; 8. Estrutura eletrônica dos átomos; 9. Propriedades periódicas dos elementos; 10. Estequiometria e

	aritmética química; 11. Soluções; 12. Interações intermolecular, intramolecular e as propriedades da matéria.
Química II – 2010 a 2013	1. Propriedades das soluções; 2. Cinética química; 3. Equilíbrio Químico; 4. Equilíbrios em solução; 5. Termodinâmica química; 6. Eletroquímica.
Química III – 2011 a 2014 e 2016	1. Estudo das estruturas orgânicas, compreendendo ligações químicas do carbono, ácidos e bases em química orgânica, estereoquímica e correlação da estrutura tridimensional e atividade biológica; 2. Hidrocarbonetos alifáticos, compostos aromáticos e grupos funcionais comuns, halogenoalcanos, álcoois, éteres, fenóis, aldeídos e cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, aminas, aminoácidos e amidas; 3. Estudo de mecanismos de reações de substituição nucleofílica, eliminação, adição eletrofílica em duplas ligações.
Química III – 2015, 2017 e 2018	1. Equilíbrio e lei de ação das massas; 2. Teorias ácido-base; 3. Cinética química
Química IV – 2011 a 2014	1. Aminoácidos e peptídeos; 2. Proteínas; 3. Nutrição proteica; 4. Digestão enzimática; 5. Especificidade enzimática (modelo chave-fechadura e modelo encaixe induzido); 6. Mecanismos de catálise; 7. Enzimas: classificação (proteicas e ribozimas), cofatores e coenzimas, nomenclatura, fatores que interferem na atividade enzimática (pH e temperatura), cinética da reação enzimática, equação de Michaelis-Menten, inibidores enzimáticos, enzimas alostéricas, regulação da atividade enzimática, regulação do metabolismo, enzimas como fornecedoras de dados clínicos e doenças do metabolismo.
Química IV – 2015 a 2018	1. Primeira Lei da Termodinâmica ; 2. Entalpia, calorimetria, Lei de Hess, entalpia de formação, alimentos e combustíveis; 3. Eletroquímica; 4. Reações de oxirredução; 5. Balanceamento de equações de oxirredução; 6. Células voltaicas, FEM de pilhas; 7. Eletrólise.

Fonte: site do curso, elaborado pela autora.

4 A RADIAÇÃO ENQUANTO COMPONENTE CURRICULAR DE CIÊNCIAS

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017) é “um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica”. Serve como uma referência para a formação dos currículos e das propostas pedagógicas das escolas dos estados, municípios e distrito federal. Sua normatização visa superar fragmentações nos âmbitos educacionais pelo país, buscando, por meio desta, garantir acesso e permanência na escola, bem como um patamar comum de aprendizagem aos estudantes. Está embasada no Artigo 210 da Constituição Federal de 1988, que trata da necessidade de se estabelecer conteúdos mínimos para o ensino fundamental, bem como na LDB, Inciso IV, Artigo 9º, onde também se indica o estabelecimento de competências e diretrizes que norteiem o ensino básico no Brasil.

A BNCC indica dez competências gerais que visam a formação cidadã dos educandos e devem ser desenvolvidas em conjunto com as competências e habilidades específicas das áreas do conhecimento que estruturam a proposta (saber e saber fazer). Estas áreas são: Linguagens, que se desdobra em Língua Portuguesa, Arte, Educação Física e Língua Inglesa (anos finais); Matemática; Ciências da Natureza; Ciências Humanas, que se desdobra em História e Geografia; e Ensino Religioso. As competências específicas de cada área estão organizadas em unidades temáticas.

Ao longo dos nove anos do Ensino Fundamental, as unidades temáticas que agrupam os objetos de conhecimento para ciências são: Vida e Evolução; Matéria e Energia; Terra e Universo. Juntos, estes três eixos, segundo a BNCC, levam as pessoas a aprender sobre:

“respeito de si mesmas, da diversidade e dos processos de evolução e manutenção da vida, do mundo material – com os seus recursos naturais, suas transformações e fontes de energia –, do nosso planeta no Sistema Solar e no Universo e da aplicação dos conhecimentos científicos nas várias esferas da vida humana. Essas aprendizagens, entre outras, possibilitam que os alunos compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem”. BNCC, pg. 325, 2017.

Basicamente, o eixo Vida e Evolução aborda questões relacionadas aos seres vivos e suas interações, características, necessidades e relações entre si e o meio. Terra e Universo busca a compreensão de características do cosmos, desenvolvimento de cultura a partir de observações dos fenômenos celestes e terrestres. Já Matéria e Radiação aborda o estudo de

materiais, transformações, fontes e tipos de energia, utilização de recursos naturais e suas implicações. De acordo com o documento, é neste último eixo que são abordados conceitos específicos de radiação, principalmente durante os dois últimos anos do Ensino Fundamental.

O Quadro 3 indica, dentro da unidade temática Matéria e Energia, as habilidades que envolvem conceitos de radiação, na amplitude do espectro eletromagnético. Nela, encontramos apenas os conteúdos específicos de radiação recrutados nas habilidades a serem desenvolvidas nos 8º e 9º anos, apesar de ser possível abordar outros objetos do conhecimento utilizando conceitos de radiação, que é um tema multidisciplinar. Optamos por restringir a temas diretos.

Quadro 3: Relação de habilidades relacionadas a radiação a serem desenvolvidas ao longo do 8º e 9º anos.

UNIDADE TEMÁTICA: MATÉRIA E ENERGIA		
OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES	MATERIAL SUPLEMENTAR PARA CURRÍCULO (RADIAÇÃO)
8º ANO		
Fontes e tipos de energia	(EF08CI01) Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Identificar e classificar, nesta habilidade, envolvem reconhecer, compreender e categorizar fontes e tipos de energia usados nas comunidades ou na cidade de vivência do aluno conforme sua produção , analisando aspectos favoráveis e desfavoráveis para o melhor uso de acordo com os critérios de sustentabilidade.
Transformação de energia		
Cálculo de consumo de energia elétrica		
Circuitos elétricos	(EF08CI06) Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Discutir e avaliar, nesta habilidade, requer identificar, compreender, analisar e debater modos de geração e distribuição de energia elétrica às residências . Requer, ainda, que o aluno possa analisar os diferentes tipos de geração de energia, reconhecer e comparar suas características, além de avaliar seus aspectos favoráveis e desfavoráveis de acordo com os critérios de sustentabilidade e eficiência energética.
Uso consciente de energia elétrica		

9º ANO

Aspectos quantitativos das transformações químicas	<p>(EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.</p> <p>(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.</p>	<p>Identificar, nesta habilidade, envolve conhecer e compreender modelos de constituição da matéria. Envolve também conhecer e localizar a evolução desses modelos ao longo do tempo.</p> <p>Planejar e executar, nesta habilidade, requer observar, testar, concluir e compreender fenômenos relacionados à decomposição da luz. A habilidade envolve também investigar o espectro eletromagnético e a sua relação com a mistura de cores da luz e de pigmentações na formação de cores.</p>
Estrutura da matéria Radiações e suas aplicações na saúde	<p>(EF09CI05) Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.</p>	<p>Investigar, nesta habilidade, requer identificar, analisar, categorizar e explicar os processos de transmissão e recepção de imagem e som, relacionando-os às radiações eletromagnéticas. A habilidade prevê que o aluno investigue os mecanismos envolvidos na transmissão e recepção da imagem e do som, prioritariamente os que representaram inovações nos meios de comunicação.</p>
	<p>(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.</p>	<p>Classificar, nesta habilidade, requer reconhecer, compreender e categorizar as radiações eletromagnéticas de acordo com suas diferentes características (frequência e fontes). Envolve também relacionar as ondas eletromagnéticas ao seu uso em diferentes tecnologias.</p>
	<p>(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom,</p>	<p>Discutir, nesta habilidade, envolve identificar, avaliar, comparar e relatar o impacto do desenvolvimento</p>

ressonância nuclear magnética) e no **tecnológico na aplicação das radiações** tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia **eletromagnéticas na área da saúde**, ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).

Fonte: BNCC, adaptado.

Observando no documento oficial a relação entre a quantidade de habilidades indicadas a serem desenvolvidas nos dois anos finais do Ensino Fundamental para Ciências e aquelas em que são abordados conceitos de radiação, temos que:

a) Durante o 8º ano, objetiva-se desenvolver 16 habilidades, sendo cinco do eixo Terra e Universo, cinco do eixo Vida e Evolução e seis do eixo Matéria e Energia. Destas seis habilidades, duas delas estão diretamente relacionadas a radiação, o que corresponde a 12,5% das habilidades a serem desenvolvidas durante o ano letivo.

b) Durante o 9º ano, objetiva-se desenvolver 17 habilidades, sendo quatro do eixo Terra e Universo, seis do eixo Vida e Evolução e sete do eixo Matéria e Energia. Destas sete habilidades, cinco delas estão diretamente relacionadas a radiação, o que corresponde a quase 30% das habilidades a serem desenvolvidas durante o ano letivo.

Os conhecimentos adquiridos durante os nove anos do Ensino Fundamental, bem como aqueles advindos do cotidiano, são alicerces do que os alunos terão contato ao longo do Ensino Médio – e na vida, enquanto cidadãos. As habilidades desenvolvidas até este momento permitirão a ampliação e sistematização dos conhecimentos conceituais, bem como da contextualização social, ambiental, cultural e histórica de tais conhecimentos na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

5 MAPAS CONCEITUAIS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

De acordo com Moreira (2010), mapas conceituais são diagramas formados por conceitos ou palavras que os representem, que geralmente apresentam uma relação hierárquica entre si, de modo que estes estão relacionados por seus significados. Essas relações hierárquicas consistem em estabelecer os conceitos mais gerais e inclusivos, que geralmente são colocados em posições de destaque, e os esmiuçar, buscando conceitos mais específicos. Os conceitos são definidos por Novak e Cañas (2010) como uma “regularidade percebida em eventos e objetos, designadas por um rótulo, que pode ser uma ou mais palavras ou símbolos”. Eles são ligados por setas e, apesar disso, estas não implicam em sequência, temporalidade ou direcionalidade.

Ao desenvolver um mapa conceitual (MC), quem o faz expõe as relações de sentido/significado que, para a pessoa, há entre os conceitos. Tais conceitos não necessariamente devem estar dentro de formas geométricas específicas nem mesmo as linhas que os conectam têm um direcionamento (dependendo da necessidade) ou tamanho preferencial. Um dos principais aspectos estruturais do mapa é exatamente *quais* conceitos estão relacionados entre si (NOVAK; CAÑAS, 2010). Estas conexões são orientadas por linhas e/ou setas, que possuem palavras-chave, geralmente verbos, que auxiliam a explicitar a natureza da relação indicada. Estas palavras de enlace permitem que se construam frases/orações com significado lógico e proposicional (RUIZ-MORENO et al., 2007), o que Correia e Aguiar (2017) nomeiam como aspecto semântico. Ainda assim, estes conectivos não tornam os MCs autoexplicativos, devendo o/a autor/a explicá-lo.

A cada união entre conceitos dá-se o nome de unidade semântica ou unidade de sentido. Correia et al. (2014) chama essa união de proposição. O mapa deve ser um instrumento que evidencie significados atribuídos aos conceitos, bem como suas relações dentro do contexto de um corpo de conhecimento (pergunta focal), de uma disciplina ou matéria de ensino (MOREIRA, 2009). Dentro de um mesmo mapa pode-se verificar conceitos de diferentes domínios, mas que estejam dentro do mesmo contexto. De acordo com Novak e Cañas (2010), um bom mapa traz uma certa hierarquia e ligações cruzadas (*cross links*), conectando estes diferentes domínios. Em outras palavras, são unidades semânticas que talvez não tivessem uma relação evidente senão pelo conhecimento trazido por quem produziu o mapa. Essa organização diagramática presente nos MCs – aspectos visuoespaciais – aliada ao aspecto semântico potencializam estímulos verbais e imagéticos (PAIVIO, 1990; CORREIA; AGUIAR, 2017). Como última característica dos MCs, Novak e Cañas (2010) indicam a

inclusão de exemplos específicos ou objetos que auxiliem a apreender o sentido dado a um conceito.

Foi em 1972 que Novak desenvolveu o mapeamento conceitual dentro de um programa de pesquisa na Universidade de Cornell, a fim de acompanhar e compreender as mudanças no modo como as crianças aprendiam Ciências. A teoria por trás desta abordagem é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (AUSUBEL et al., 2003; MOREIRA; MASINI, 1982; NOVAK; CAÑAS, 2010). A ideia fundamental é que a aprendizagem se dá pela assimilação de novos conceitos, a partir de uma estrutura cognitiva preexistente – os subsunçores – e o fruto dessa interação é uma modificação de ambos (MOREIRA, 1998, 2005). Na aprendizagem significativa de Ausubel, essa interação deve ser feita de forma não-arbitrária e não-literal de modo a atingir a aquisição de novos significados. É não-literal, pois quando o novo conhecimento passa a ter significado para o aprendiz, existe um componente idiossincrático dessa significação, ou seja, depende da forma como este vê, sente e reage ao novo. Esse processo dificilmente ocorre quando o conhecimento é armazenado de modo arbitrário.

A estrutura cognitiva vai sendo formada desde o nascimento, na medida em que passamos a reconhecer regularidades ao nosso redor e as associamos a rótulos ou símbolos – aprendizado por descoberta (MACNAMARA, 1982; NOVAK; CAÑAS, 2010). Por meio da linguagem, mediamos novos conceitos e aprendizados proposicionais de forma receptiva e os relacionamos com nossos subsunçores. Na medida em que novos conhecimentos vão sendo ancorados, estes continuam a sofrer mudanças – diferenciação progressiva –, ampliando a rede de significados sobre os conceitos. A reconciliação integrativa, que ocorre em conjunto com a diferenciação progressiva, é um processo pelo qual o aprendiz estabelece relações entre diferentes subsunçores, reorganizando sua estrutura cognitiva.

Existe uma distinção entre aprendizado mecânico e significativo. Este último requer três condições para ocorrer:

1. Materiais potencialmente significativos, com clareza, linguagem adequada e exemplos relacionáveis com os subsunçores;
2. Possuir subsunçores;
3. Quem aprende deve querer aprender significativamente, ou seja, deve haver interesse por parte do aprendiz.

A aprendizagem mecânica consiste na aquisição de novas informações com pouca ou nenhuma relação com os subsunçores e idiosincrasias. Embora isso possa ocorrer, ressaltamos que não há uma dicotomia entre a aprendizagem mecânica e significativa. Em um primeiro momento a aprendizagem pode ocorrer de forma mecânica a fim de dar estruturas para que a aprendizagem significativa encontre espaço para se ancorar. Os organizadores prévios são materiais introdutórios, que servem de ponte entre a aprendizagem mecânica e aquilo que o aprendiz já sabe para facilitar a aprendizagem significativa.

Os trabalhos de Novak trazem o uso dos MCs como ferramenta para promover/verificar a aprendizagem significativa, de modo que estes sejam uma espécie de molde para estruturar o conhecimento a ser adquirido ou ampliado. A habilidade em sua construção também ilustra duas propriedades da compreensão: a representação e a organização (HALFORD, 1993). Dessa forma, não há um MC certo ou errado, pois o importante é que ele evidencie se seu autor aprendeu ou está aprendendo significativamente o conteúdo ali abordado (MOREIRA, 1998, 2005). A falta de *links* válidos não inviabiliza a análise dos MCs, já que, de acordo com Kinchin, Hay e Adams (2000), os *links* “inválidos” podem dar suporte ao que se sabe e contribuir para uma estrutura de conhecimento global daquilo que ainda será aprendido. Quando se fala em validade das conexões, refere-se a unidades semânticas que façam sentido dentro do contexto. Entretanto, conforme indica Moreira (1998; 2005), pelo fato de todo MC ser único e que pessoas diferentes os façam de modos distintos, deve-se ter cuidado para não cair na ideia de que “tudo vale”, pois alguns mapas são pobres e sugerem falta de compreensão.

6 A PIRÂMIDE INFORMACIONAL

De acordo com a LDB, a finalidade da educação é a formação para o exercício da cidadania e desenvolvimento do educando, de forma que lhe seja assegurada a formação básica comum para além da qualificação para o trabalho e estudos posteriores. O processo de ensino-aprendizagem, sendo orientado por uma atitude reflexiva, viabiliza a autonomia crítica dos estudantes, de modo que seja possível relacionar o que veem dentro e fora da escola, mobilizando diversas habilidades a fim de se posicionar enquanto cidadão. Para Delors (2001, apud ZUNA, 2012), o principal objetivo da educação é fazer com que todos consigam frutificar suas potencialidades e talentos.

Vivemos em uma sociedade na qual o conhecimento é o principal fator de produção de riquezas, sendo a educação primordial para a vinculação com o universo do trabalho. Trabalhar em equipe, desenvolver e realizar um projeto, dividir tarefas, interagir com outras pessoas, por exemplo, são atividades que mobilizam diferentes conhecimentos para que se resolva um “problema” (MACHADO, 2001). O modo como pensamos o conhecimento (imagem) e sua construção reflete no modo como planejamos, avaliamos e preparamos os materiais para nossas ações docentes. Machado (2008) traz a discussão das imagens do conhecimento como balde, como cadeia, como rede e como iceberg:

a) Balde: imagem rechaçada pelas ideias construtivistas, traz a ideia da acumulação, do aluno como um “recipiente” a ser preenchido, onde medimos sua “completude” com notas, por meio da quantidade de aulas destinadas a uma temática, quando falamos em nível de conhecimento e do aluno. É uma visão semelhante a ideia de Educação Bancária criticada por Paulo Freire (2005).

b) Cadeia: o conhecimento se dá pelo encadeamento, pautado nas ideias cartesianas trazidas no livro *Discurso do Método*, de Descartes (2001). Na medida em que nos deparamos com uma dificuldade em termos cognitivos, decompomos o problema em partes menores, mais simples e daí reconstruímos o objeto pelo encadeamento lógico linear. Dessa forma, o objeto do conhecimento é reduzido a fragmentos, esvaindo-se de significados. Os livros didáticos trazem uma sequência, uma ordem cristalizada de ensino, além da ideia de pré-requisitos, seriação e retenção de alunos que não atingem o “esperado” para a relação idade/série. Estão consolidadas, no mundo ocidental, algumas metáforas metodológicas associadas a essa imagem da construção do conhecimento: a da construção de uma casa, na qual é necessário pensar primeiramente nos alicerces, e como de uma fotografia, com a

suposição de que esta é percebida ponto a ponto a fim de enxergarmos o todo. No mundo do trabalho, a visão de encadeamento constitui a ideia da organização das linhas de montagem, criticada no filme *Tempos Modernos*, de Charlie Chaplin, em 1936.

c) Rede: nela, o conhecimento é visto como uma teia de relações, uma rede de significados. É formada por nós, que são os significados, os conceitos, noções e ideias, e por relações, fios que estabelecem ligações entre os nós, construindo significados. Este tipo de imagem tem como principais características o acentrismo, a historicidade e a heterogeneidade. O acentrismo está pautado na ideia de que a rede de conhecimento não tem um centro ou de que o centro está em toda parte, não sendo único e absoluto. Entretanto, o universo do conhecimento, assim como o da Cultura, tem centros de interesse que dependem da atenção que damos a um determinado assunto. Quando associamos esta característica aos conteúdos disciplinares/transdisciplinares, também se verifica que não há um único caminho a ser seguido, nem um ponto de partida obrigatório, podendo-se abordar um tema específico de diversas formas. Entretanto, o sequenciamento padronizado é hegemonicamente encontrado nos materiais utilizados na escola básica, bem como sua organização institucional – relação entre idade e série, conteúdo e pré-requisito. Isso está pautado na visão cartesiana do conhecimento como um encadeamento linear.

A historicidade é característica de mutabilidade da rede de conhecimento, que é diária e historicamente construída e, portanto, passível e dependente de mudanças. É por meio da história que percebemos o motivo pelo qual as mudanças de significado são necessárias, ou as razões pelas quais conceitos estão relacionados em maior ou menor grau. Em síntese, a historicidade nos mostra o significado das transformações dos significados.

A rede de conhecimentos se dá pelo envolvimento de diferentes conceitos, ou seja, o conhecimento é naturalmente heterogêneo, pois ultrapassa fronteiras disciplinares – transborda. Ao longo dos anos finais do Ensino Fundamental, os conceitos estudados na escola são homogeneizados na medida em que os agrupamos em disciplinas.

A linguagem e a fala são as primeiras redes cognitivas que formamos (“proto-teia”). O conhecimento é sempre construído, ampliado, refinado. A partir da rede, traçamos caminhos, o que remete à ideia de encadeamento, mas aqui podemos trilhar o caminho que for mais conveniente.

d) *Iceberg*: indo contra o pensamento “popperiano” de que não haveria dimensão subjetiva pura, genuína ou não adulterada no conhecimento, as ideias de Polanyi (1969)

afirmam que este é sempre pessoal, que nunca pode ser reduzido às representações codificadas em livros e teorias. O que é explicitado é apenas uma parte muito pequena daquilo que se sabe – dimensão tácita. As atividades escolares privilegiam excessivamente o explicitável, o verbalizável, e aos processos de ensino-aprendizagem cabe auxiliar a explicitação do que é tácito, emergindo mais daquilo que está “*submerso*”. A parte “submersa” é fundamental para sustentar aquilo que conseguimos expor.

“Além disso, numa perspectiva de extração, ou de educação, que se aproxima da maiêutica socrática, a tarefa básica do professor seria a construção de estratégias de emergência de conhecimentos tácitos, resultantes tanto de atividades escolares quanto de vivências fecundas em ambientes extraescolares”. Machado, p. 37, 2008.

Seguindo a linha de relação entre educação e geração de riqueza em termos econômicos, o conhecimento pode ser colocado na condição de um “ativo”, mas este apresenta características bem distintas de uma mercadoria industrial. Essa diferença encontra-se principalmente na ideia de obsolescência. Enquanto a mercadoria industrial é projetada na efemeridade, no desgaste pelo uso e pela rápida reposição, o conhecimento é um bem durável, não fungível e quanto maior seu uso, mais novo fica (MACHADO, 2001). Tem-se a ideia de que, assim como os bens de consumo e tecnologia, o conhecimento evolui em grandes saltos ao longo do tempo (e em um tempo cada vez menor), mas Machado indica nesse caso que se trata de um equívoco terminológico, sendo necessário diferenciar o que são dados, informações e conhecimento, pois são os dois primeiros que aumentam significativamente dia a dia.

O conhecimento é gerado por meio do tratamento de informações, que por sua vez são constituídas por dados. Os dados, por si só, não possuem significados, são acúmulo de informações em potencial. Quando estes são organizados e lhes são atribuídos significados, transformam-se em informação. São características da informação a efemeridade e a comunicação. O conhecimento é formado pela união de diversas informações para compreender/significar um determinado acontecimento, estando relacionado ao desenvolvimento de teorias sobre algo. Este processo é representado pelo autor na chamada pirâmide informacional. Administrar e construir novos dados, informações e conhecimentos com um objetivo previamente traçado (realização de projetos por meio da vontade e do valor), é o que o autor chama de inteligência, o topo da pirâmide informacional, ilustrada na Figura 2 e 3.

Figura 2: Pirâmide informacional e descrição de seus componentes.



Fonte: Machado, p. 66, 2011. Adaptado.

Figura 3 Pirâmide informacional e descrição de seus componentes.



Fonte: Machado, p. 66, 2011. Adaptado.

Nas palavras de Machado, nas aulas de Epistemologia e Didática ministradas no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo,

“Há entre a inteligência e o conhecimento, a mesma relação entre os dados e as informações, quer dizer: um banco de dados que não tem pessoa alguma interessada nele, é inerte. Então, é o interesse das pessoas que faz com que se obtenha dos bancos de dados, informações. O conhecimento se faz com informações, mas é muito mais do que só reunir informações. O conhecimento pressupõe uma visão teórica, uma teoria que leva a uma compreensão. [...] A legitimidade do conhecimento, a vida do conhecimento está na possibilidade de ele ser mobilizado para a realização dos projetos das pessoas.” Machado, aula 3.2, 2011.

O que caracteriza então a ação docente? Para Machado (2008), a função e ações típicas do magistério estão pautadas em quatro verbos: mediar, fabular, tecer e mapear.

“O professor é mediador e tecelão, é cartógrafo e fabuloso. Ou, em termos menos enigmáticos: o professor é um mediador de relações, tecelão de significações, cartógrafo de relevâncias, e sobretudo, um contador de histórias, não quaisquer histórias, mas as de natureza fabulosa”. Machado, pg. 49, 2008.

Mediar é negociar os significados, conectando os alunos ao conhecimento. Essa ação está ligada também ao verbo fabular, que consiste em significação por meio de narrativas que tragam alguma moral. O terceiro verbo, tecer, é caracterizado por estabelecer relações intra e extraescolares e está associado à imagem do conhecimento como rede. Mapear é importante para que seja estabelecida a relevância dos conceitos abordados, a fim de tirar proveito da multiplicidade de relações possíveis.

7 CONECTANDO MAPAS E PIRÂMIDES

Tanto para Machado quanto para Moreira, principais referenciais teóricos deste trabalho, o conhecimento se dá pelo processo de significação. Para um, o mapeamento de conceitos promove a verificação de aprendizagem significativa. Para outro, o ato de mapear é uma ação docente fundamental para elencar relevância. Para ambos, o mapeamento traz conexões insuspeitas, enriquecendo relações, atribuindo novos significados e, portanto, trazem a imagem do conhecimento como uma rede de relações.

Veremos então nos mapas conceituais coletados uma possibilidade de análise da formação inicial dos professores formados e em formação pelo curso apresentado anteriormente. Por meio dos MCs, buscaremos encontrar uma relação entre a aprendizagem significativa de conceitos de radiação e sua relação com dados, informações, conhecimento e inteligência.

Na nossa visão, uma das formas de fazer uma ponte entre as duas teorias é verificar também de que modo os verbos que Machado elenca como básicos para a ação docente – mediar, tecer, mapear e fabular – são encontrados nos materiais coletados, além dos critérios de avaliação dos MCs que serão expostos no capítulo 9.

8 SUBSÍDIOS TEÓRICOS SOBRE RADIAÇÃO

O estudo da radiação faz parte da Física Moderna e Contemporânea. No senso comum, a temática está associada tanto a aplicações e efeitos maléficos, como em bombas nucleares, acidentes, desenvolvimento de cânceres e morte, quanto a aplicações benéficas, como exames de raios-X e tratamento de câncer. Quando pensamos em estrutura da matéria, geralmente associamos a isso a ideia de átomos, que são constituídos por elétrons, prótons e nêutrons e, estes últimos, ainda são constituídos por quarks, ainda mais elementares. Temos ainda os fótons, associados à radiação eletromagnética.

Sendo um tema atual, interdisciplinar e que traz fortes relações entre ciência, tecnologia e sociedade, além de estar amplamente presente nas propostas curriculares, professores que atuam no Ensino Fundamental II necessitam ter embasamento teórico que suscite discussões que promovam a aquisição de novos conhecimentos e que acarretem em mudanças conceituais, anulando ou reduzindo visões distorcidas sobre radiação, para além de sua mera exemplificação, através de aplicações cotidianas e perigos aos quais podemos estar expostos. Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo trazer parte deste embasamento de modo a justificar as concordâncias e discordâncias com as afirmativas utilizadas para a seleção das pessoas que participaram da pesquisa.

A busca por pela constituição da matéria remonta à civilização grega, entre os séculos VI e IV a.C., com o que Caruso e Oguri (1996) chamam de *átomo filosófico*, onde buscava-se a superação da explicação mística da matéria e uma relação causal para explicar a Natureza. Na época de Tales de Mileto, essa explicação, esse princípio de unidade, era a água; para Heráclito, o fogo; para Empédocles, as diferentes proporções entre os quatro elementos – terra, água, fogo e ar; para os atomistas, o átomo (conceito introduzido por Leucipo e desenvolvido também por Demócrito), e o vazio, que juntos são as causas de todas as coisas. Compreender a natureza significava a busca pela ordem, pelo reconhecimento de regularidades e simetrias. Platão levou a ideia de simetria mais a fundo e, sob a influência de Empédocles e da geometria pitagórica, relacionava os elementos com as formas geométricas de poliedros regulares. Estes podiam ainda ser subdivididos em triângulos equiláteros e isósceles, sendo as formas matemáticas as entidades fundamentais de sua filosofia.

Durante a Idade Média, a humanidade ocidental volta-se para questões humanísticas e espirituais, deixando de lado a doutrina filosófica do atomismo. Só em 1543, com Nicolau

Copérnico e a mudança de paradigma entre a visão antropocêntrica e heliocêntrica, é que as discussões filosóficas voltam a ter força. O método científico é desenvolvido a partir de Galileu Galilei, mudando radicalmente a epistemologia acerca da Física.

Newton traz o movimento como elemento básico da Física, discutindo as causas dos movimentos de corpos (NEWTON, 2012a; 2012b), e aceita a visão atomística da matéria (NEWTON, 2002). Para ele, as partículas materiais interagem por meio de uma ação à distância e, a partir daí desenvolvem-se as relações de causa e efeito, a lei da Gravitação Universal, criação de campo gravitacional.

O campo eletromagnético ganhou um significado real com a teoria eletromagnética desenvolvida por Maxwell. O conceito de campo tem importante papel na descrição da luz e de partículas elementares na Física Quântica.

“A crise da Ciência que marca o início do Séc. XX teve início com a explicação, dada por Planck, da regularidade e da universalidade da lei de emissão de radiação dos corpos negros, a partir da ideia de *quantum* de ação. Em outras palavras, Planck introduz uma nova constante fundamental \hbar (cuja dimensão é a mesma do momento angular), conhecida como constante de Planck, que é o coeficiente de proporcionalidade entre a menor quantidade de energia emitida ou absorvida por um corpo negro e a frequência da radiação”.

Caruso e Oguri, 1996.

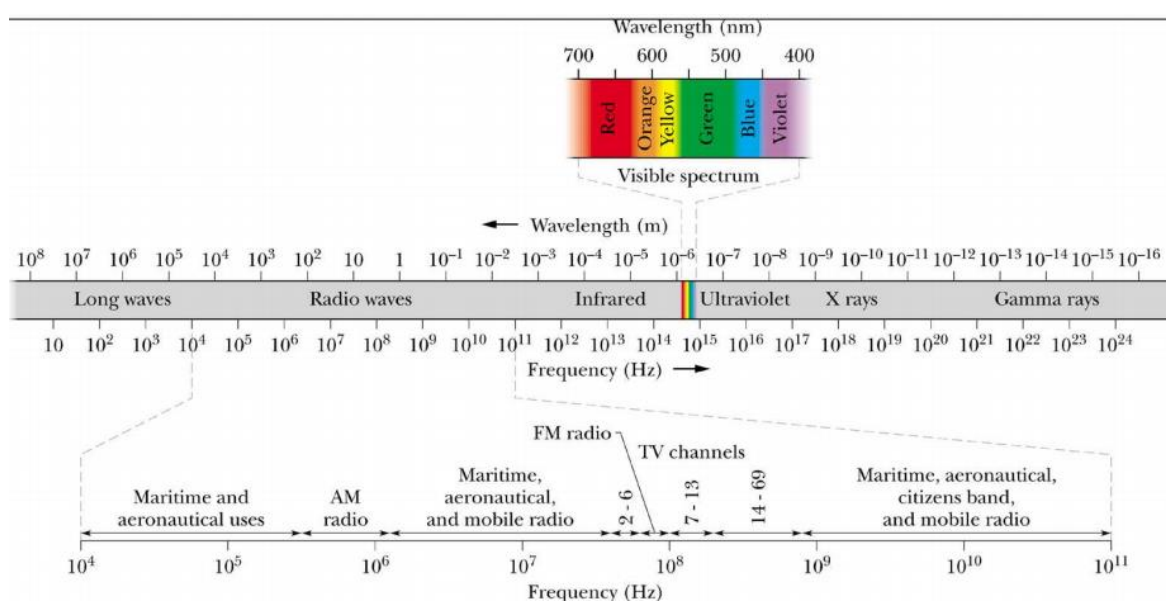
Foi com base nas teorias de quantização de Planck que Einstein desenvolveu a teoria que explica o efeito fotoelétrico, introduzindo então o conceito de *fóton*. A descoberta do efeito Compton auxiliou a acumular evidências do caráter corpuscular da luz; outros experimentos, como o de difração da luz, foram explicados com uma visão ondulatória da mesma. A discussão sobre a natureza da luz perdurou por vários séculos, sendo unificada com a teoria da dualidade onda-partícula, desenvolvida a partir de 1924, por Louis-Victor de Broglie, estendendo-se a todas as partículas. Dessa forma, afirma-se que toda partícula está associada a uma onda, e toda onda está associada a uma partícula (OKUNO, 2010). Isso deu-se graças a compreensão de Bohr sobre a necessidade da constante de Planck para assegurar a estabilidade atômica (CARUSO; OGURI, 1996). No modelo atômico de Bohr há órbitas permitidas, que estão de acordo com a teoria quântica, sendo exatamente aquelas em que há maior probabilidade de o elétron ser encontrado (OKUNO, 2010). Os níveis de energia desdobram-se ainda em orbitais.

Ao longo deste trabalho falamos sobre a forte relação entre ciência, tecnologia e suas aplicações. Especificamente sobre a temática de eletromagnetismo, parte integrante do estudo sobre radiações, Halliday, Resnick e Walker (2009) nos dizem que:

“A era da informação em que vivemos se baseia quase integralmente na física das ondas eletromagnéticas. Queiramos ou não, hoje estamos globalmente conectados pela televisão, pelo telefone e pela Internet. Além disso, queiramos ou não, estamos imersos em ondas eletromagnéticas por causa das transmissões de televisão, rádio e telefone”. Halliday, Resnik e Walker, pg. 2, 2009.

James Clerck Maxwell mostrou, em meados do século XIX, que um raio luminoso é uma onda progressiva de campos elétrico e magnético oscilantes entre si. Nessa época, eram conhecidos a luz visível, os raios ultravioletas e infravermelhos. Hoje, conhecemos o que chamamos de espectro eletromagnético, composto também por ondas como de rádio, micro-ondas, raios x e gama, das quais algumas atravessam o nosso corpo a todo instante. A Figura 4 é uma representação do espectro eletromagnético. Nela podemos verificar algumas informações sobre as características das ondas, como a relação entre frequência e comprimento de onda – enquanto uma cresce, outra decresce. Algumas faixas de comprimentos de onda possuem nomes conhecidos e o espectro não tem limites definidos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009)

Figura 4: Representação do espectro eletromagnético.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker, 2009.

De acordo com Okuno (2010; 2013), radiação é energia que se propaga a partir de uma fonte emissora, através do vácuo ou de um meio material, podendo ser classificada como energia em trânsito. São consideradas radiação tanto as partículas atômicas e subatômicas energéticas, emitidas de núcleos instáveis ou produzidas em aceleradores de partículas e reatores nucleares, quanto as ondas eletromagnéticas. Chamamos o primeiro tipo de radiação de corpuscular, onde são emitidas partículas α (núcleo de hélio), elétrons e pósitrons, por exemplo. As radiações ondulatórias são constituídas de campo elétrico e magnético que oscilam perpendicularmente entre si e se propagam no vácuo com a velocidade da luz $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Podemos associar a cada valor de frequência um valor correspondente de energia, por meio da Eq. (1), proposta por Einstein a partir do conceito de quantização introduzido por Max Planck:

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

onde h é a constante de Planck, que vale $6,63 \times 10^{-34}$ J.s, aproximadamente igual a $4,14 \times 10^{-15}$ eV.s, e c é a velocidade da luz no vácuo.

Na natureza, os átomos geralmente se unem, formando moléculas. A neutralidade que existe nas moléculas deve-se ao equilíbrio de cargas dos átomos que as formam, ainda que haja polaridade por diferença de eletronegatividade, por exemplo. Se houver rompimento de uma ligação química, ocorre a formação de íons, quebrando a neutralidade da carga. A esse processo dá-se o nome de ionização. Assim, radiações ionizantes são aquelas que podem ou não possuir massa de repouso e que têm o poder de ionizar átomos ou moléculas, arrancando elétrons destes, de forma direta ou indireta; caso contrário, é chamada de não ionizante. São tipos de radiações ionizantes (OKUNO, 2010; YOSHIMURA, 2009):

a) Radiação eletromagnética com fótons de energia acima de 12,4 eV, como raios X, originados de desexcitação atômica e desaceleração de partículas carregadas; raios gama, originados de desexcitações nucleares; e fótons de aniquilação, originados da aniquilação de pares partícula-antipartícula.

b) Partículas eletricamente carregadas emitidas por núcleos atômicos, como partículas alfa e beta, por exemplo, elétrons Auger, elétrons, pósitrons, prótons, dêuterons, íons, radiação cósmica primária ou produtos como múons e píons.

c) Nêutrons livres com qualquer energia cinética.

Já os exemplos de radiações não-ionizantes correspondem a faixa do espectro que se estende desde as ondas longas à luz violeta.

Um elemento químico é caracterizado pelo seu número atômico, que consiste na quantidade de prótons em seu núcleo. Este núcleo é formado também por nêutrons, que equilibram as forças de repulsão dos prótons e que podem variar em quantidade, originando isótopos. A massa atômica é dada pela soma da quantidade de prótons e nêutrons. Alguns destes isótopos são radioativos (radioisótopos), ou seja, emitem radiação espontaneamente, devido a um desequilíbrio na relação entre a quantidade de prótons e nêutrons (OKUNO, 2010). Os radioisótopos podem estar presentes naturalmente no ambiente, e também podem ser produzidos artificialmente em grande quantidade em ciclotrons, atividade iniciada no começo da década de 1930, por Lawrence e Stanley, mas que tem origem com os trabalhos de transmutação artificial de Irène Curie e Frédéric Joliot.

Os radioisótopos emitem radiação por tempos variados. O tempo que leva para que metade da quantidade dos átomos de uma amostra radioativa seja desintegrada é chamado de tempo de meia-vida física ($T_{1/2}$). Como exemplos, temos o frâncio-223, cujo $T_{1/2} = 22$ minutos, iodo-131, cujo $T_{1/2} = 8$ dias e carbono-14, cujo $T_{1/2} = 5.730$ anos. Há também o tempo de meia vida biológico, definido como o tempo necessário para que metade da quantidade inicial da amostra seja eliminada do órgão exposto ao radionuclídeo. A meia-vida efetiva é uma função da meia-vida física e biológica (OKUNO, 2010).

Os decaimentos radioativos ocorrem quando há emissão espontânea de partícula ou energia do interior de um núcleo atômico instável. Um núcleo é dito estável quando há equilíbrio entre as forças nucleares entre prótons, prótons e nêutrons e entre nêutrons e nêutrons e a força de repulsão coulombiana entre os prótons. A emissão de partículas alfa e beta resulta na transmutação de elementos.

A lei fundamental do decaimento radioativo (lei de Soddy) é dada por uma função exponencial decrescente em que o número de átomos que ainda não desintegraram depende do tempo, $N(t)$. Temos que:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

em que N_0 é a quantidade inicial de átomos, λ é a constante de decaimento característica do material e t um intervalo de tempo.

O decaimento alfa é caracterizado pela emissão de um núcleo de hélio (He) e ocorre geralmente em núcleos com elevado número atômico. Uma emissão típica pode ser escrita como:



em que X é o elemento pai e Y o elemento filho. As partículas alfa são facilmente blindadas por ter um curto alcance, tendo probabilidade quase nula de penetrar nosso corpo pela pele. Entretanto, causa ionização de átomos e moléculas em caso de ingestão ou inalação (OKUNO, 2010).

A emissão beta caracteriza-se pela emissão espontânea de um elétron (β^-) ou de um pósitron (β^+) do núcleo. O decaimento por β^- ocorre quando há excesso de nêutrons no núcleo atômico. Uma reação típica, em que há emissão de elétron e antineutrino, é descrita como:



Já o decaimento por β^+ se dá pelo excesso de prótons no núcleo atômico, havendo a conversão de um próton em um nêutron, ejetando um pósitron e um neutrino. Isso ocorre quando a diferença entre as massas atômicas do pai e do filho é maior do que $2m_e c^2 = 1,022\text{MeV}$. Numa reação típica, temos:

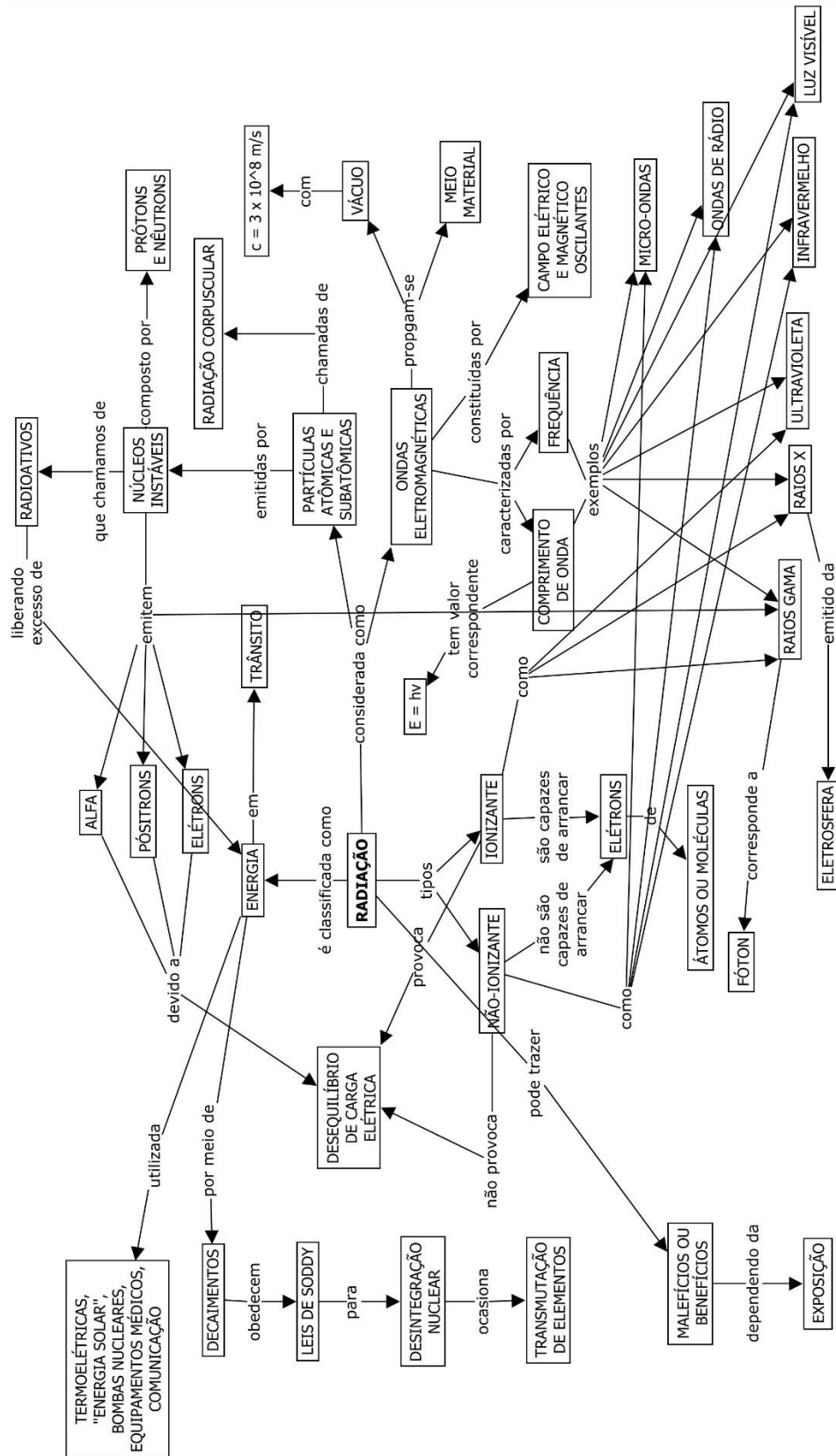


Se a condição supracitada não puder ser satisfeita, pode ainda ocorrer decaimento β^+ por captura eletrônica, onde um elétron orbital é capturado, interage com um próton e transforma-se em nêutron. No caso de emissões alfa ou beta em que ainda haja excitação nuclear, um fóton é ejetado e o chamamos de raio gama.

Se um átomo sofrer um processo de ionização pela retirada de elétrons de camadas mais internas, há uma tendência de haver desexcitação pela transição de elétrons de camadas intermediárias, para preencher a vacância deixada na camada mais interna. Isso pode ocorrer emitindo um fóton de raio X característico ou pela emissão de um outro elétron que tenha absorvido o fóton, sendo chamado de elétron Auger (OKUNO, 2010; MALISKA, ___).

A Figura 5 é um mapa conceitual elaborado com base no texto acima e pela BNCC para o ensino de radiação.

Figura 5: MC desenvolvido com base do capítulo 8 e na BNCC para o ensino de radiação.



Fonte: Elaborado pela autora.

9 A COLETA E A ANÁLISE DE DADOS PARA SELEÇÃO DOS PESQUISADOS

Uma pesquisa pode ser desenvolvida de modo qualitativo e quantitativo e, dependendo do caso estudado, um se sobressai ao outro, mas não se excluem. Dentro dos objetivos deste trabalho¹, a metodologia priorizada é qualitativa, do tipo estudo de caso, já que estamos analisando a formação de um grupo restrito de profissionais: graduandos e graduados da Universidade Federal de São Paulo, curso de Ciências – Licenciatura. Segundo Baptista e Campos (p. 82, 2010), há diversas metodologias de pesquisa, como experimento com grupo controle, análise de conteúdo de dados, estudo de caso, etnografia etc. Entretanto, para que a metodologia de análise seja de fato efetiva, o método de coleta de dados deve ser analisado.

Dentre os métodos de coleta trazidos pelos autores supracitados, o que mais se enquadra nos objetivos deste trabalho é o tipo “Questionário, escalas e testes”. As questões a serem aplicadas aos entrevistados (neste caso, professores formados ou em formação pelo curso mencionado) devem ser apresentadas de modo claro, tendo sido validadas previamente. Esta validação ocorre entre juízes (colegas de pesquisa ou de profissão) (BAPTISTA; CAMPOS, 2010, p. 84).

Segundo Trujillo (2001, apud BAPTISTA; CAMPOS, 2010), há de se aplicar o mesmo procedimento para todos os entrevistados, para evitar erros na aplicação e análise. Quanto aos questionários, estes podem ser do tipo aberto, semiaberto ou fechado. Nos questionários de tipo fechado, alternativas são impostas a cada pergunta; já no aberto, as respostas dos entrevistados são livres, possibilitando ao sujeito expressar seus pontos de vista. O questionário de tipo semiaberto mescla os outros dois tipos. Dentre os questionários fechados, os principais são: escalas de distância social de Bogardus (cumulativas), escala de Thurstone (escalas diferenciais), a escala Likert (escalas somatórias) e de diferencial semântico (BAPTISTA; CAMPOS, p. 85. 2010). Dentre os tipos de questionário fechado, enquadra-se melhor neste trabalho o tipo escala Likert. A aplicação dos questionários pode ser feita por contato direto (individual ou coletivo) ou à distância (correio, e-mail ou outras ferramentas computacionais).

Foi elaborado um questionário (Quadro 4) via formulário *online*, em que os graduandos e graduados enquadrados dentro do critério de seleção foram convidados a responder. Tal questionário apresentou 15 afirmativas relacionadas ao tema Radiação, devendo-se selecionar uma entre as cinco opções, que variaram entre: *Discordo totalmente (1)*

1 Pesquisa aprovada pelo CEP-Unifesp sob número do parecer 2.147.859

e *Concordo Totalmente* (5). Na escala ao lado das afirmativas, indicamos as opções de respostas esperadas, que nos serviram de base para o critério de seleção. As respostas dadas pelos setenta participantes podem ser verificadas no Anexo A.

Quadro 4: Afirmativas do questionário de seleção e respostas esperadas.

AFIRMATIVAS	1	2	3	4	5
1) Radiação é energia em trânsito.				x	x
2) A radiação só traz malefícios.	x	x			
3) Luz é radiação.				x	x
4) Emitir radiação é, necessariamente, emitir luz visível.	x	x			
5) A radiação é uma liberação de energia da eletrosfera dos átomos, apenas.	x	x			
6) Os meios de comunicações e tecnologia, em grande parte, dependem da radiação.				x	x
7) Radiação não é um tema interdisciplinar.	x	x			
8) A radiação não afeta a matéria.	x	x			
9) Tudo emite radiação.				x	x
10) A radiação é classificada como ionizante e não-ionizante.				x	x
11) A radiação possui aspectos corpusculares e ondulatórios.				x	x
12) O átomo emite radiação por emissão alfa, beta e gama, somente.	x	x			
13) A radiação gama tem a mesma origem do raio X.	x	x			
14) Os nêutrons podem, indiretamente, produzir ionização.				x	x
15) As Leis de Soddy são válidas para qualquer desintegração atômica.				x	x

Fonte: autora.

Foram estabelecidos os seguintes critérios para seleção dos sujeitos a serem pesquisados:

a) Proximidade com a resposta ideal: As afirmativas a serem julgadas podiam receber como respostas: discordâncias (referentes as opções 1 e 2), concordâncias (referentes as opções 4 e 5) e neutralidade (referente a opção 3). Para cada afirmativa há, de acordo com a explicação científica mais plausível, apenas duas opções: concordância ou discordância, sendo a neutralidade utilizada como um critério de desempate entre os candidatos de mesma habilitação.

b) Quantidade de respostas próximas ao ideal: Analisou-se a quantidade de respostas dentro do padrão ideal (concordância/discordância total/parcial), utilizando a comparação entre as respostas dos candidatos de mesma habilitação e grau de formação. Para caso de empate, comparou-se o grau de proximidade entre as respostas analisando a dificuldade teórica da afirmativa.

O formulário *online* gera uma planilha que lista as respostas dadas. Essas respostas foram organizadas pela habilitação e formação (em curso/concluído). Analisou-se linha a linha (cada linha corresponde a um candidato), verificando as respostas de acordo com os critérios indicados acima.

Setenta pessoas responderam ao questionário de seleção entre setembro de 2017 e fevereiro de 2019. Selecionou-se, então, para cada habilitação, dois candidatos formados e dois em curso. Não houve número suficiente de candidatos habilitados em/cursando Matemática, que está fora do processo de análise. A proporção entre as habilitações e o grau de formação das pessoas que responderam ao questionário de seleção encontram-se nos Gráficos 2 e 3, respectivamente:

Gráfico 2: Porcentagem de habilitados em Biologia, Física, Química e Matemática.

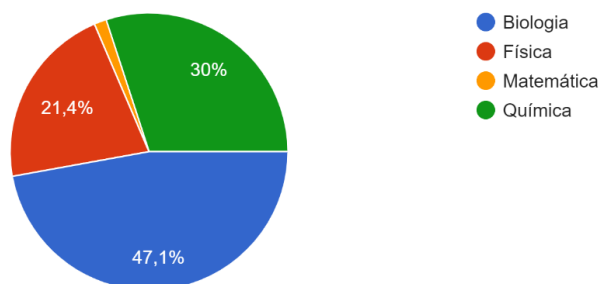
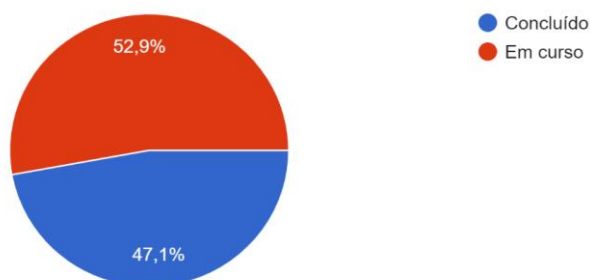


Gráfico 3: Percentual relativo ao grau de formação dos participantes da seleção.



Fonte: dados coletados pela autora.

Os selecionados foram então orientados a realizar o seu mapa conceitual sobre o tema da pesquisa. Essa orientação deu-se de forma presencial e o encontro foi dividido em dois momentos: caracterização da formação e desenvolvimento do mapa conceitual (questionário e orientações no Apêndice A). O(a) autor(a) do mapa conceitual o explicou, depois de finalizá-lo. Essa explicação foi filmada para análises e seu áudio foi transcrito (Anexo C).

10 A COLETA E A ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS

Os participantes da pesquisa foram convidados para um encontro com a autora deste trabalho a fim de coletar dois instrumentos de análise: um questionário de caracterização da formação básica e superior e o mapa conceitual por eles desenvolvido. O questionário de caracterização teve dois objetivos:

I. verificar o contato que os pesquisados tiveram ou se recordam de terem tido com a temática tanto na escola básica e/ou durante a graduação na Unifesp, indicando as disciplinas em que teve este contato;

II. Verificar se em sua atuação como professor(a) já ministrou aulas sobre o tema e se o faz/faria com facilidade ou não.

Com relação ao desenvolvimento dos mapas conceituais, utilizamos como base da explicação dada um passo a passo de como elaborar MCs, disponível em um trabalho de Moreira (1988), além de exemplos de MC sobre um tema diferente do tratado na pesquisa. Percebemos que, apesar das orientações, os participantes não seguiram – ao menos explicitamente – os procedimentos indicados, desenvolvendo o mapa imediatamente após sua solicitação.

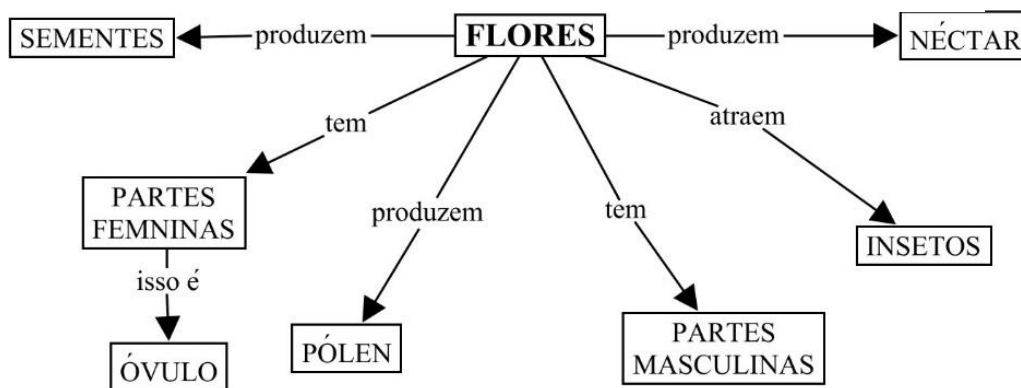
Após o desenvolvimento, o(a) autor(a) (que chamaremos de B1, F1, Q1, B2, ..., Q4), explicou-o, já que é ele quem deve externalizar as relações de sentido que faz sobre o assunto. As explicações dos mapas e a análise dos questionários foram comparadas entre si e daí tentou-se buscar uma relação entre os resultados e a pirâmide informacional. Dessa forma, os dados foram analisados via triangulação (questionário de seleção, questionário de caracterização da formação e análise do mapa), de modo a analisar o sujeito, o objeto de pesquisa e o fenômeno como um todo (TUZZO; BRAGA, 2016).

Houve a necessidade de criarmos alguns critérios de análise desses mapas, assim como adotar algumas classificações já existentes, posto que não encontramos referências ímpares que nos fizessem atingir os objetivos traçados para este trabalho. Na literatura sobre tais análises, verifica-se que os MCs podem ser estruturalmente analisados de forma qualitativa (STUART, 1985; KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000; 2010) ou quantitativa (CAÑAS; BUNCH; REISKA, 2010; SILVA; ROMANO; CORREIA, 2010). Correia e Aguiar (2017) dizem que, de acordo com Kinchin, Hay e Adams (2000), de forma qualitativa, há

basicamente três padrões de mapas identificados, a saber, radial, em cadeia e em rede. Estes padrões estão associados àquilo que seu autor compreende sobre o tema, de modo que quanto maior a quantidade de proposições e interconexões, maior o conhecimento sobre o conteúdo mapeado.

Os padrões indicados por estes autores foram definidos em termos de complexidade, resiliência em acomodar adições, o estabelecimento de um contexto para os conceitos-chave; grau de apreciação de um ponto de vista mais amplo e sua relação com a visão "especialista" (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Um mapa do tipo radial tem como característica um único nível conectado ao conceito central, não revelando a compreensão de processos ou interações. Por trazer pouca integração, outros conceitos podem ser adicionados sem que haja alguma consequência estrutural. A Figura 6 traz um modelo de mapa classificado como radial.

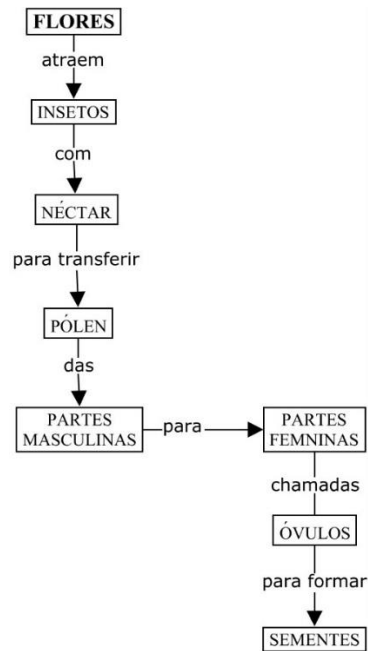
Figura 6: Exemplo de MC do tipo radial.



Fonte: Kinchin, Hay e Adam, 2000. Adaptado

Já o mapa do tipo cadeia traz mais níveis de hierarquia, mas por vezes com erros de associação, não tem interações complexas ou *feedback*. Adições de conceitos não são bem-vindas, principalmente próximo ao início da sequência. Sugerem um entendimento conceitual isolado e a deleção de algum *link* pode desconfigurar todo o mapa. A Figura 7 é um exemplo de um mapa em cadeia.

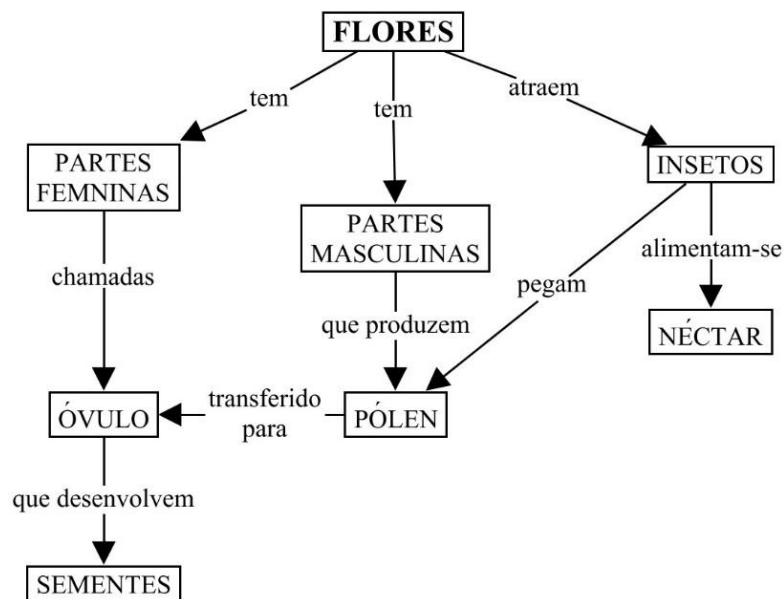
Figura 7: Exemplo de MC do tipo cadeia.



Fonte: Kinchin, Hay e Adam, 2000. Adaptado.

Por último, o mapa do tipo rede traz vários níveis justificáveis, interações entre conceitos de diferentes níveis hierárquicos, suporta reorganizações e adições de conceitos, mudanças de *links* e representa a aprendizagem significativa. A Figura 8 ilustra um mapa desse tipo.

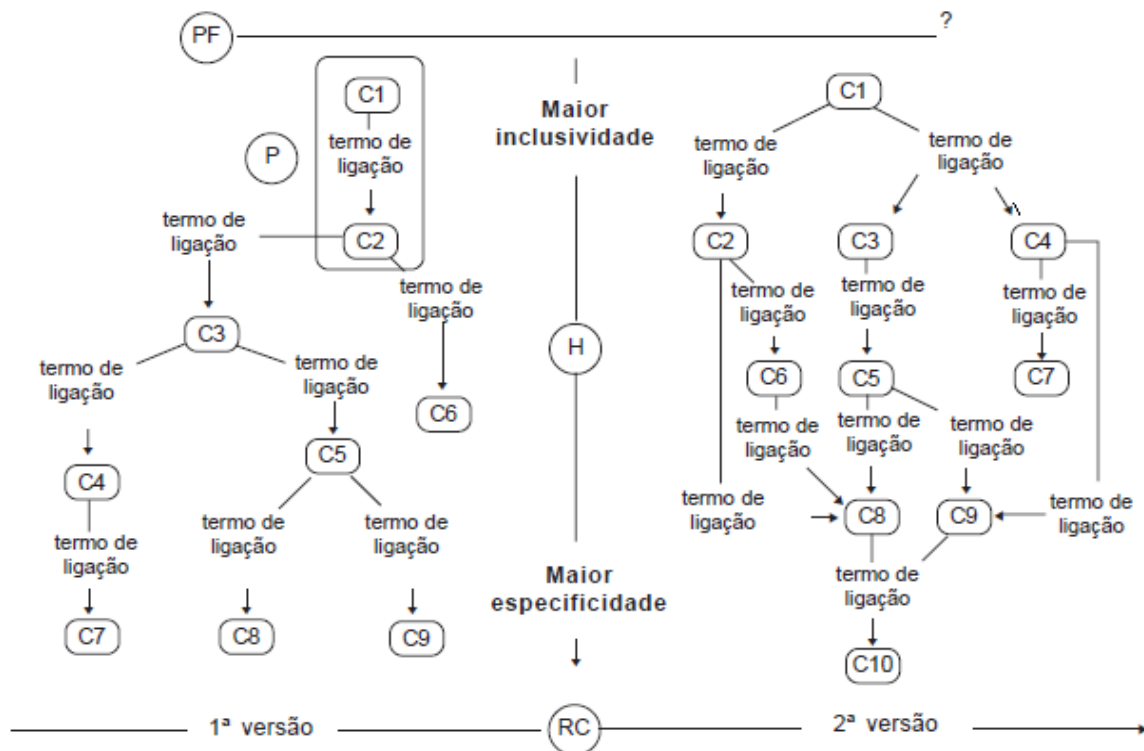
Figura 8: Exemplo de MC do tipo rede.



Fonte 2: Kinchin, Hay e Adam, 2000. Adaptado.

A Figura 9 apresenta um esquema dos elementos básicos dos MCs de acordo com Correia et al (2014), que utilizaremos como um referencial para nossas análises, a saber: pergunta focal (PF), proposições (P, conexão entre conceitos – C), hierarquia (H) e revisão continuada (RC). Dos quatro elementos trazidos por eles, não trataremos da revisão continuada, pois os dados aqui obtidos foram coletados uma única vez.

Figura 9: Os quatro elementos dos MCs: as proposições (P), a pergunta focal (PF), a hierarquia (H) e a revisão



continuada (RC).

Fonte: Correia et. al., 2014.

A pergunta focal é um parâmetro para selecionar os conceitos relevantes para a construção dos MCs. A primeira análise geral consiste na verificação da escolha da PF para os doze MCs e o termo mais recorrente foi *Radiação* (7/12), seguido de *Matéria e Energia* (3/12), *Radiação e Radioatividade* (1/12) e *Fotos Próximas de Saturno* (1/12). A partir destes conceitos principais, os sujeitos desenvolveram suas proposições.

A segunda análise geral consiste em relacionar a recorrência de conceitos/temas abordados explicitamente nos MCs, conforme listado no Quadro 5. A recorrência foi contada pela quantidade de conceitos apresentados nos mapas e aqueles externalizados pela explicação dos mesmos, ou em quantos MCs o conceito/termo aparece.

Quadro 5: Relação de aspectos presentes em MCs e recorrências.

Aspectos negativos diretamente associados a/ao:	Recorrência
1. Câncer, doenças, alterações biológicas	18
2. Acidentes, armamento, guerra e morte	18
3. Relações com o meio ambiente	4
Aspectos positivos diretamente associados a/ao:	Recorrência
4. Alimento, fotossíntese, teia alimentar	10
5. Tecnologia, aparelhos eletrônicos, aplicações cotidianas	22
6. Medicina/saúde	13
Conceitos científicos	Recorrência
1 Interdisciplinar – Biologia, Física, Química	6
2 Dualidade partícula-onda	6
3 Onda mecânica x eletromagnética	4
4 Emissão alfa, beta e gama	7
5 Emissão de raios-x	4
6 Efeito fotoelétrico	3
7 Radiação ionizante e não ionizante	5
8 Espectro visível/luz	7
9 Decaimento/tempo de meia-vida	3
10 Fóton/pacote de onda	4
11 Energia, energia em trânsito, energia nuclear	7
12 Radioatividade/Elementos radioativos	7
13 Micro-ondas (comprimento de onda)	1
14 Ondas de rádio/TV (comprimento de onda)	2
15 Infravermelho	4
16 Ultravioleta	4
18 Átomo, núcleo	3
19 Elétrons, prótons, nêutrons	3
20 Partículas subatômicas	2
21 Calor	2

Fonte: dados coletados e analisados pela autora.

A terceira análise dos mapas consiste na verificação da presença dos conceitos envolvidos nas afirmativas que utilizamos para a seleção nos MCs ou em suas explicações, ainda que de forma parcial ou com erros conceituais. O Quadro 6 mostra essa relação e é possível compará-la com as respostas dadas por eles no Anexo A. Discussões mais profundas serão feitas individualmente, mapa a mapa, nos tópicos posteriores.

Quadro 6: Relação entre a presença/ausência de conceitos de radiação nos MCs coletados.

Afirmativa	Presença	Ausência
1) Radiação é energia em trânsito	B1; F1; F3; F4; Q3; Q4;	B2; B3; B4; Q1; Q2; F2
2) A radiação só traz malefícios.	B1; B2; B3; B4; F1; F2; F3; F4; Q4; Q1; Q2; Q3	
3) Luz é radiação.	B2; B3; B4; F1; F2; F3; F4; B1; Q1; Q4; Q2; Q3	
4) Emitir radiação é, necessariamente, emitir luz visível.	B3; B4; F1; F2; F3; F4; Q2; Q3	B1; B2; Q1; Q4;
5) A radiação é uma liberação de energia da eletrosfera do átomo, apenas.	B1; B2; B4; F4;	B3; F1; F2; F3; Q1; Q2; Q3; Q4;
6) Os meios de comunicações e tecnologia, em grande parte, dependem da radiação.	B2; B3; F1; F3; Q2; Q3	B1; B4; Q1; F2; F4; Q4;
7) Radiação não é um tema interdisciplinar.	B3; F1; F2; F3; Q2;	B1; B2; B4; F4; Q1; Q3; Q4;
8) A radiação não afeta a matéria.	B1; B2; B3; B4; F1; F2; F3; F4; Q1; Q3	Q2; Q4;
9) Tudo emite radiação.		B1; B2; B3; B4; F1; F2; F3; F4; Q1; Q2; Q3; Q4;
10) A radiação é classificada como ionizante e não-ionizante.	B3; B4; F1; F2; F4; Q3; Q4;	B1; B2; F3; Q1; Q2; Q4;
11) A radiação possui aspectos corpusculares e ondulatórios.	B1; B3; B4; F1; F2; F4; Q2; Q3; Q4;	B2; F3; Q1
12) O átomo emite radiação por emissão alfa, beta e gama, somente.	B1; B2; B4; F1; F2; F3; F4; Q1	B3; Q2; Q3; Q4;
13) A radiação gama tem a mesma origem do raio X.		B1; B2; B3; B4; F1; F2; F3; F4; Q1; Q2; Q4;
14) Os nêutrons podem, indiretamente, produzir ionização.	B1; F4;	B2; B3; B4; Q1; F3; Q2; Q3; F1; F2; Q4;

15) As Leis de Soddy são válidas para qualquer Q1
desintegração atômica.

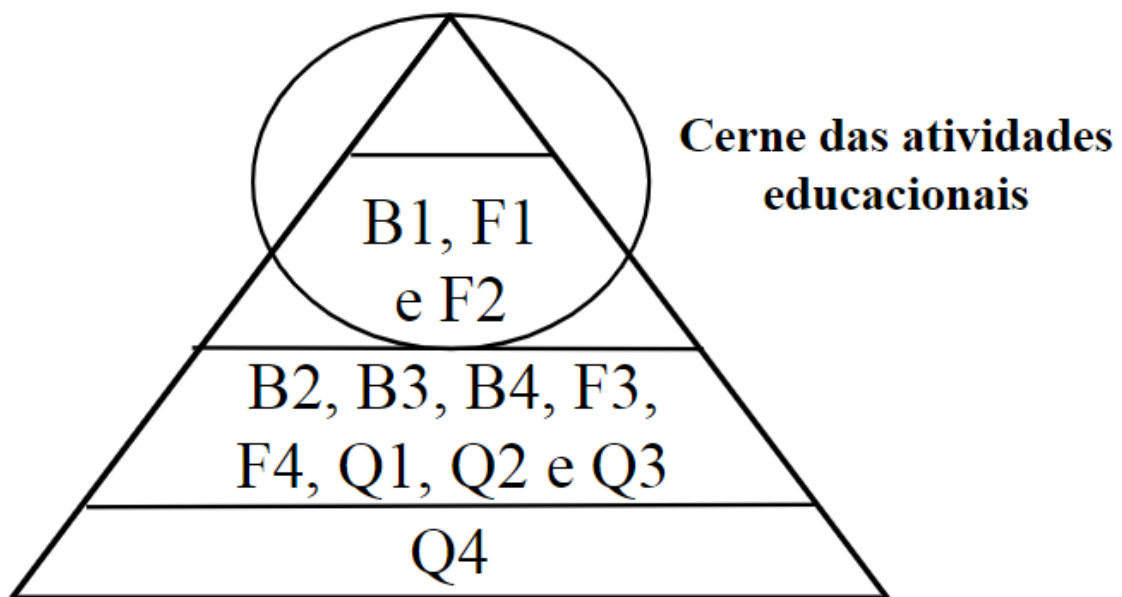
B1; B2; B3; B4; F3; F4; Q2;
Q3; F1; F2; Q4;

Fonte: dados coletados e analisados pela autora.

De acordo com a tabela, é possível verificar que, apesar de as pessoas selecionadas terem indicado respostas dentro do padrão de correlação no questionário de seleção, grande parte destes conceitos não foram abordados nos MCs coletados. Nas análises individuais dos mapas, veremos de que forma as afirmativas contempladas foram abordadas. Chamaremos de conceitos as palavras e frases dentro das formas geométricas, diferenciando, depois, os conceitos científicos, dos exemplos e contextualizações.

A Figura 10 ilustra um resumo das conclusões trazidas na discussão dos mapas a seguir.

Figura 10: Ilustração da classificação na pirâmide informacional dos MCs coletados

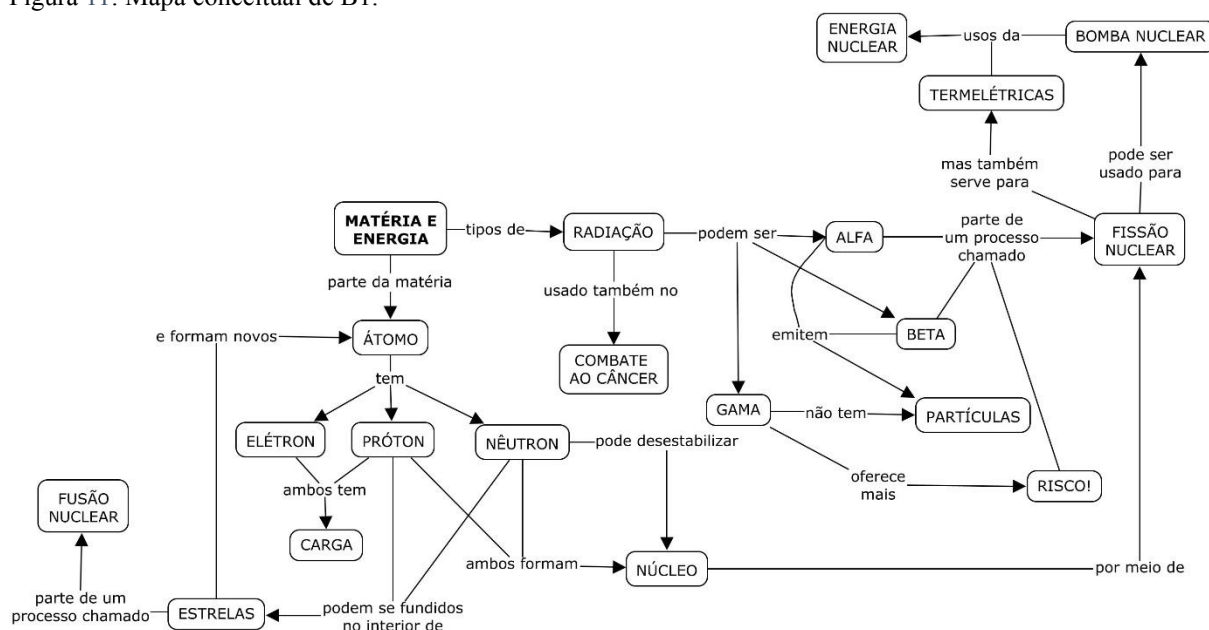


Fonte 3: Elaborado pela autora.

10.1 MAPA CONCEITUAL DE B1

Na ocasião em que B1 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, já estava graduado(a) e, portanto, já havia cumprido todas as disciplinas obrigatórias do curso. A Figura 11 é uma reprodução do MC por ele(a) desenvolvido².

Figura 11: Mapa conceitual de B1.



Fonte: elaborado por B1, reproduzido pela autora.

O presente mapa conceitual, traz como PF *Matéria e Radiação*, a partir de onde os conceitos relacionados por ele são expressos. Das 20 caixas de conceitos apresentados, cinco delas trazem exemplos de aplicações/ usos da radiação (estrelas, combate ao câncer, risco, termelétricas e bomba nuclear) e os demais são, de fato, conceitos científicos.

Segue os pressupostos de hierarquia, do mais geral ao mais específico. Traz palavras de enlace, formando unidades semânticas claras. O único elo entre o eixo “energético” e o eixo “material” do mapa se dá pelo conceito do núcleo, associado com o processo de fissão. Devido às poucas interações entre os distintos níveis hierárquicos, classificamos este MC como sendo do tipo cadeia. Se analisarmos o mapa e sua explicação com os pressupostos das imagens do conhecimento, verifica-se que há uma certa linearidade, um certo grau de encadeamento, mas o sequenciamento é inerente à explicação dos mapas conceituais. Os exemplos de aplicações que utilizam processos de fissão nuclear trazem uma relação entre os conteúdos intra e extraescolares, que é, por definição dos verbos das ações docentes, tecer

2 Os mapas conceituais coletados foram elaborados a mão. Para fins de publicação, utilizou-se o software CmapTools, disponível em <https://cmap.ihmc.us/>, para reproduzi-los.

significados pertinentes – conhecimento como rede, de acordo com aquilo que B1 julga relevante – mapeia.

Entretanto, apresenta um erro conceitual sobre radiação, pois as emissões α , β e γ fazem parte dos processos de decaimento radioativo/liberação de excesso de energia nuclear, apesar de a radiação γ fazer parte do espectro eletromagnético, sendo assim um *link* inválido. B1 afirma lembrar que alfa e beta são emissões de partículas, enquanto na gama não há emissão de partículas. Não foi expresso o comportamento de dualidade e não houve diferenciação dos processos de decaimento por β^+ e β^- . Aborda o processo de fissão nuclear e exemplos de sua aplicação de forma benéfica e maléfica como bombas nucleares, termoelétricas e combate ao câncer.

B1 encaminha-se então para o que diz ser a parte da matéria, abordando a constituição do átomo. O átomo é formado por elétrons, prótons e nêutrons, mas ele não faz nenhuma referência a conceitos envolvendo as cargas nem às partículas subatômicas. Fala que o nêutron pode desestabilizar o núcleo, fazendo com que haja fissão nuclear. Por último, aborda a fusão nuclear, que ocorre naturalmente em estrelas, formando novos átomos.

No questionário de caracterização de sua formação, B1 afirma que teve contato com conteúdos relacionados à radiação apenas na disciplina de Física IV, em 2011. Se observarmos a ementa, a parte de radioatividade e estrutura da matéria não são abordadas nessa disciplina. Ele também fala sobre a importância de discutir a temática na escola básica a fim de desmistificar o assunto, sendo atual e cercada por sensacionalismo, considerando suficientes para isso os conhecimentos obtidos na graduação. Por trazer uma abordagem teórica, apesar de incompleta e com um erro conceitual, enquadramos o mapa no nível do conhecimento.

O Quadro 7 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B1.

Quadro 7: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B1.

HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Parcialmente
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Parcialmente
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Parcialmente
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não

**Consideramos a abordagem das cores como luz*

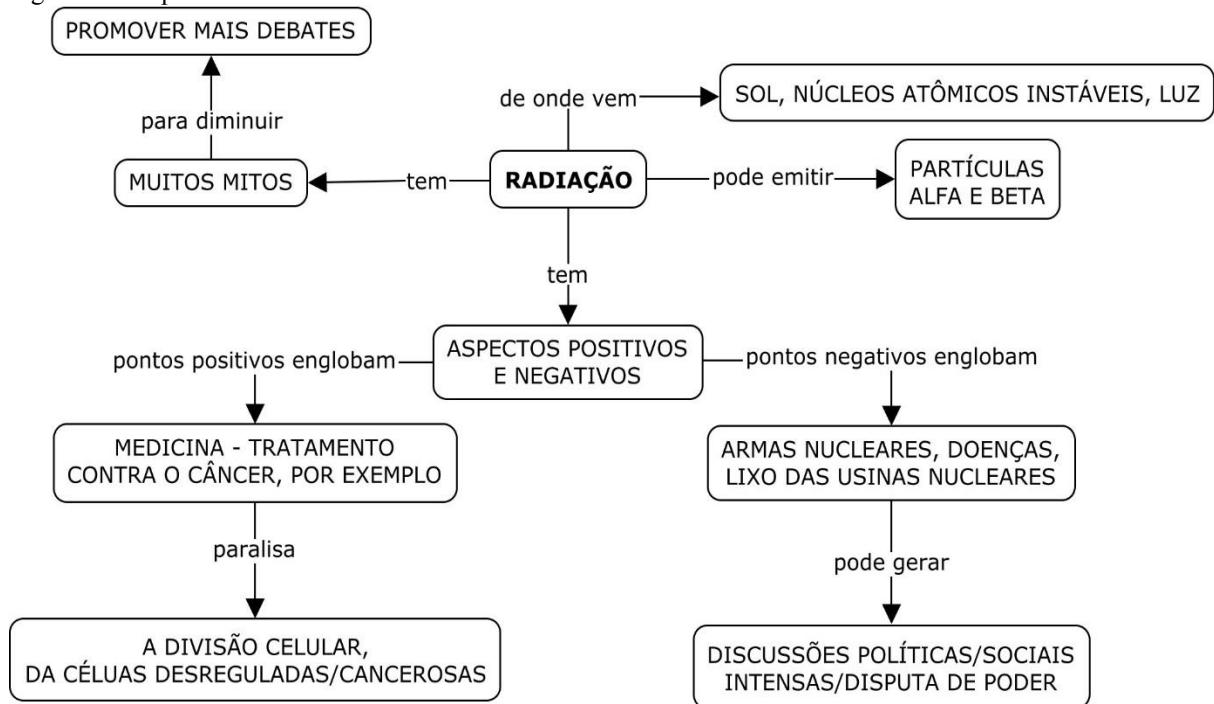
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Não
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Parcialmente

Fonte: elaborado pela autora.

10.2 MAPA CONCEITUAL DE B2

Na ocasião em que B2 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, já estava graduado(a) e, portanto, já havia cumprido todas as disciplinas obrigatórias do curso. A Figura 12 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 12: Mapa conceitual de B2



Fonte: elaborado por B1, reproduzido pela autora.

O mapa traz 10 caixas de conceitos, das quais oito são exemplos que trazem a origem da radiação, questões sociais e aplicações cotidianas. É, por tanto, um mapa pobre em conceitos científicos, que são expressos somente pelas palavras *radiação*, que é a PF deste MC, e a emissão de *partículas alfa e beta*. Analisando a explicação do mapa, ao tratar a possibilidade dessas emissões, B2 diz que isso ocorre caso seja “alguma coisa radioativa”. Pode-se então depreender que há uma dimensão tácita sobre distinção entre radiação e radioatividade que B2 traz em sua explicação.

Por ser um mapa que traz mais aplicações/exemplos sobre alguns usos da radiação, os conceitos trazidos nele não são suficientes para que B2 consiga explicar todas as discussões que indica serem possíveis de se fazer na escola a fim de desmistificar o tema. Com relação a explicação que dá sobre a radiação no combate ao câncer, é uma explicação válida, posto que há um dano no DNA das células atingidas, impedindo ou dificultando o processo de divisão celular.

B2 formou-se em 2015 e desde então não tem contato com o tema, mesmo ministrando aulas de Ciências para o Ensino Fundamental II. Assim, as relações trazidas por ela são aquelas que lhe são significativas e apresentam-se em sua memória imediata. Assim como veremos em outros mapas, fala sobre a importância de desmistificar a temática, mas sua fala e seu mapa reforçam visões negativas, por abordar mais estes aspectos.

Estruturalmente, apesar de haver mais de um nível conectado ao tema central, é um mapa que não apresenta interações entre si, se não pela dicotomia entre aspectos positivos e negativos e por isso o classificamos como radial. Não traz uma rede proposicional clara, sendo necessária acompanharmos atentamente sua explicação para depreender o sentido de algumas relações. Por praticamente não trazer conceitos científicos, não é possível, a partir do mapa, afirmar que seria possível tecer relações intra e extraescolares por meio deste MC, pois fala conhecimento pedagógico do conteúdo para explicar os exemplos aqui trazidos. As relevâncias mapeadas são aquelas de senso comum, o que dificulta a mediação de significados. Pela ausência de uma visão teórica que dê subsídio às discussões sobre radiação, enquadrámos este mapa no nível da informação.

O Quadro 8 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B2.

Quadro 8: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B2.

HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Parcialmente
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Parcialmente
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Parcialmente
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não

Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.

Não

Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).

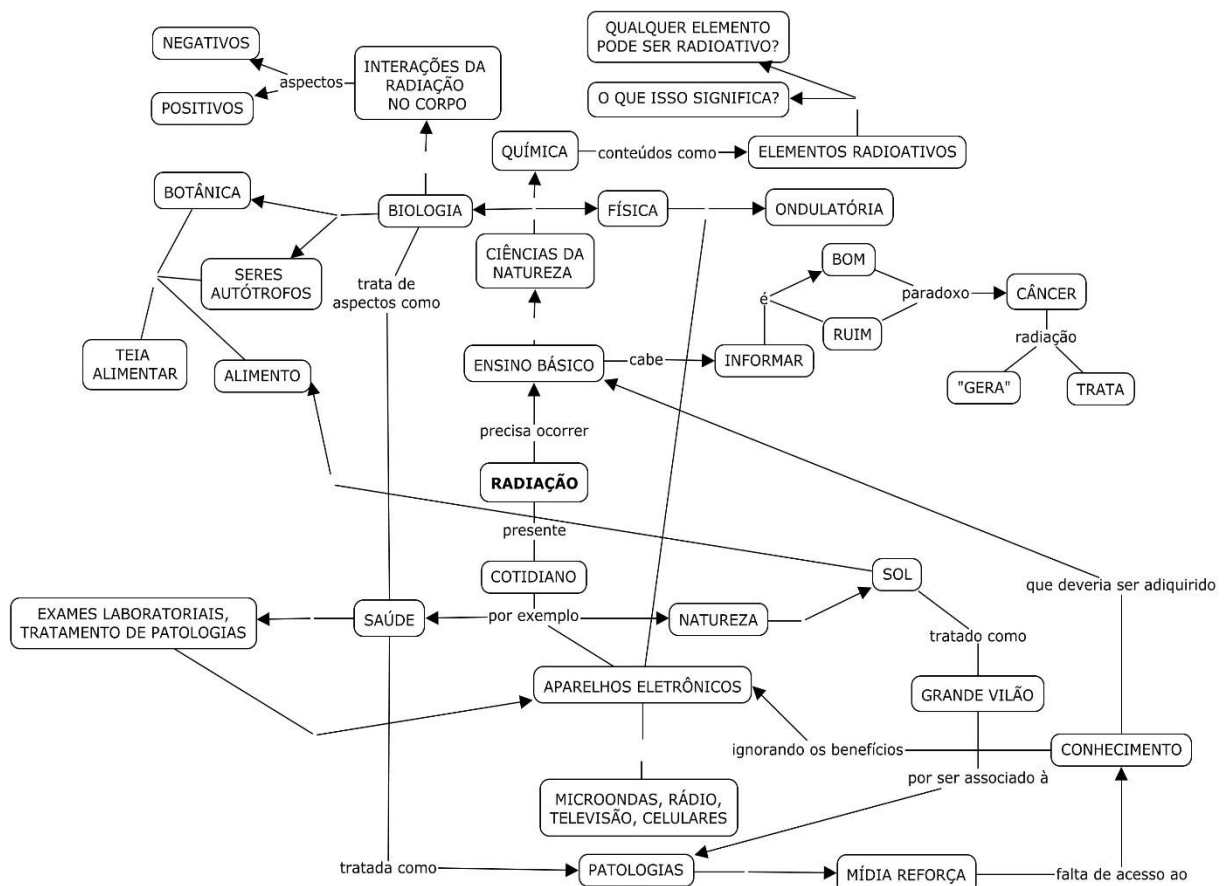
Parcialmente

Fonte: elaborado por B2, reproduzido pela autora.

10.3 MAPA CONCEITUAL DE B3

Na ocasião em que B3 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, estava no quinto ano de curso, com previsão de formação para 2018. De acordo com ele(a), as disciplinas de Física I a IV e Química I a IV já haviam sido cumpridas no momento de desenvolvimento do MC. A Figura 13 é uma reprodução do mapa conceitual desenvolvido por ele(a).

Figura 13: Mapa conceitual de B3.



Fonte: elaborado por B1, reproduzido pela autora.

Das 34 caixas de conceitos presentes no mapa, cinco são de conceitos científicos, sendo dois deles sobre Biologia – seres autótrofos e teia alimentar –, um sobre elementos radioativos e um sobre ondulatória, além da radiação como PF.

Estruturalmente, é um mapa com diversas ligações cruzadas entre os diferentes níveis hierárquicos, aspecto importante a ser avaliado nesses materiais, caracterizando-se pelo tipo rede. Tais relações nos levam a uma imagem do conhecimento como rede de significados, trazendo relações intra e extraescolares, Apesar da ausência de alguns termos de ligação, a explicação disponível no apêndice satisfaz eventuais dúvidas sobre as relações de sentido.

É um mapa que aborda uma variedade de aplicações da radiação no cotidiano, bem como aspectos sociais sobre a importância da discussão sobre o tema, apesar de não abarcar a maior parte das habilidades indica pela BNCC. Traz interdisciplinaridade com o ensino de Biologia. Não há links inválidos, mas pode-se dizer que este também é um mapa pobre em conceitos científicos, já que os conceitos de Física e Química que subjazem a temática não foram explorados. Por não apresentar uma visão teórica dos conceitos de radiação, classificamos este mapa no nível da informação.

O Quadro 9 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B3.

Quadro 9: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B3.

HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Não
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Não
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Parcialmente
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Parcialmente
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Parcialmente

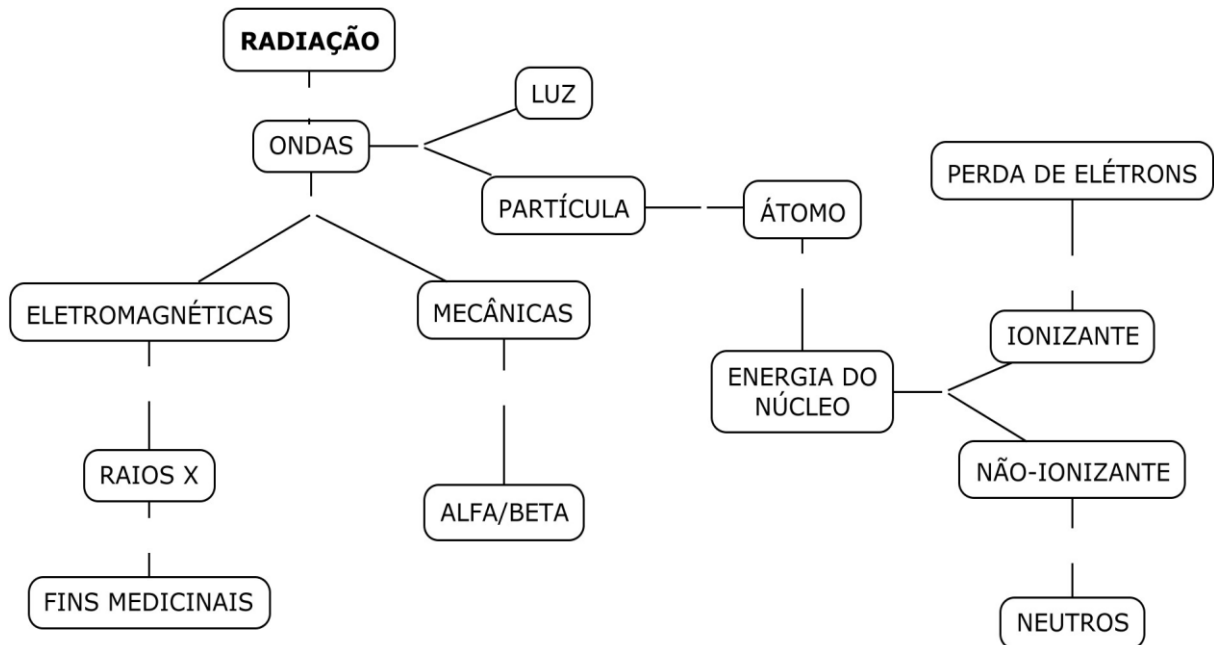
Fonte: elaborado pela autora.

10.4 MAPA CONCEITUAL DE B4

Na ocasião em que B4 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, estava cursando o 5º semestre do curso, com previsão de formação para 2021. De acordo com ele(a), as disciplinas de Química I e II e Física I a IV (com aprovação em Física II

e III) já haviam sido cumpridas no momento de desenvolvimento do MC. A Figura 14 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 14: Mapa conceitual de B4.



Fonte: elaborado por B1, reproduzido pela autora

Das 15 caixas de conceitos elencadas no MC, o único exemplo de aplicação apresentado é o uso do raio x para fins medicinais. Os demais conceitos estão conectados de forma direta, sem ligações cruzadas nem palavras de enlace, o que faz com que só possamos depreender com mais clareza o sentido das relações trazidas utilizando a gravação/transcrição de sua explicação.

Sua primeira conexão é feita dizendo que o conceito de radiação inclui as ondas, o que de fato é verdade. Explica que as ondas apresentam duas divisões, de acordo com o comportamento que podem apresentar: como luz e como partícula. As ondas eletromagnéticas, assim como as partículas, apresentam um comportamento dual. Entretanto, ao fazer o link de partícula com átomos, essa relação nos leva a interpretar que a constituição da parte corpuscular das ondas é feita de átomos, o que recai em um erro conceitual.

Ainda falando sobre o átomo, B4 afirma que dentro do núcleo atômico há energia, mas não cita as possíveis emissões de radiação (e, portanto, de energia) que ocorrem da eletrosfera. Classifica a energia emitida do núcleo de duas formas: ionizante e não-ionizante, informação também incompleta, já que essa classificação se dá para as ondas eletromagnéticas e as emissões nucleares são ionizantes.

As radiações ionizantes causam a perda de elétrons de átomos e moléculas com os quais interage, mas pela relação demonstrada não fica claro se B4 considera que é a radiação ionizante que perde elétrons ou se é esse tipo que retira os mesmos. Ao falar da radiação não-ionizante, B4 a define como cargas neutras. Referimo-nos a cargas neutras ao falar sobre átomos e moléculas cujas cargas positivas e negativas estejam em mesma quantidade (carga efetiva = 0). Portanto, esta não é a definição de radiação não-ionizante.

B4 volta novamente ao conceito de ondas, classificando-as como eletromagnética ou mecânica, que é uma classificação cientificamente aceita. O único tipo de radiação eletromagnética indicada é o raio x, associada à sua aplicação para fins medicinais. Para as ondas mecânicas, que por definição são ondas que se propagam em um meio material, como por exemplo as ondas sonoras e as ondas na superfície da água, ela usa alfa e beta como exemplo. Alfa e beta, como já vimos, são emissões relacionadas a processos de decaimentos radioativos, que nada tem a ver com ondas mecânicas.

Assim, apesar de este MC trazer mais conceitos do que aplicações ou exemplificações, a maior parte das relações feitas não são válidas, trazendo vários erros conceituais. Estruturalmente, classificamos este mapa como em cadeia, devido aos erros de associações, a possibilidade de desconfiguração do mapa em caso de deleção de algum link. Por trazer tantos erros conceituais, é difícil inclusive associar uma imagem (como balde, cadeia, rede ou iceberg), pois aparentemente falta conhecimento sobre o tema. Como houve comunicação de alguns conceitos de forma válida, classificamos este mapa no nível da informação.

O Quadro 10 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B4.

Quadro 10: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de B4.

HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Não
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Parcialmente
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não

**Consideramos a abordagem das cores como luz*

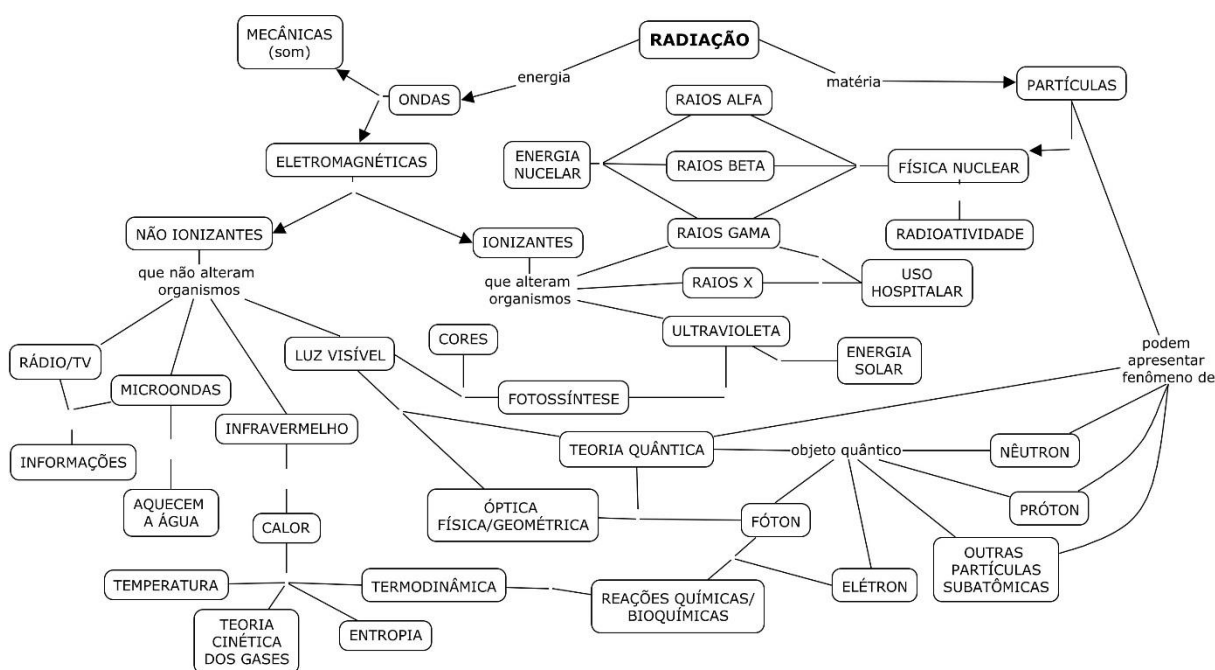
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Parcialmente
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Parcialmente

Fonte: elaborado pela autora.

10.5 MAPA CONCEITUAL DE F1

Na ocasião em que F1 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, já estava graduado(a) e, portanto, já cumprido todas as disciplinas obrigatórias do curso. A Figura 15 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 15: Mapa conceitual de F1.



Fonte: elaborado por F1, reproduzido pela autora

São trazidas 38 caixas de conceitos, das quais cinco referem-se a exemplos de aplicações (informações, aquecem a água, cores, uso hospitalar, energia solar). Apresenta poucos termos de ligação, mas a explicação dada por F1 deixa clara a relação de significados entre os conceitos. É um mapa que pode ser classificado como em rede, tendo vários níveis hierárquicos e interações entre os mesmos.

O mapa está estruturado de forma dual, trazendo a abordagem da radiação como matéria e como energia. Aborda diversas aplicações de diferentes faixas do espectro eletromagnético e sua relação com diferentes campos estudados pela Física. Aproxima a

temática com a área biológica no que se refere à fotossíntese, associando-a também com a radiação ultravioleta. Entretanto, a radiação nessa faixa é danosa para as plantas, quebrando ligações químicas de algumas substâncias orgânicas, como as pontes de hidrogênio.

Apresenta um erro conceitual ao falar sobre as emissões α , β e γ , dizendo que esses três tipos de emissão correspondem a emissões de núcleos carregados. A radiação α corresponde à emissão de um núcleo de hélio, mas as emissões β e γ , não. As emissões de tipo β^+ e β^- correspondem, respectivamente, à emissão de pósitrons e elétrons, além de neutrinos e antineutrinos; já a emissão gama é a emissão de um fóton que ocorre após as emissões α ou β terem ocorrido e não há transmutação. São abordados todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético, bem como exemplos de suas aplicações cotidianas e a diferença entre radiações ionizantes e não-ionizantes. Aborda áreas da Física que podem direta ou indiretamente estar associadas à temática.

Classificamos o mapa também como uma teia de significados, ultrapassando fronteiras disciplinares, e pode-se dizer que o mapa está no nível do conhecimento, sendo a partir dele possível mediar significados e tecer relações intra/extraescolares.

O Quadro 11 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F1.

Quadro 11: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F1.

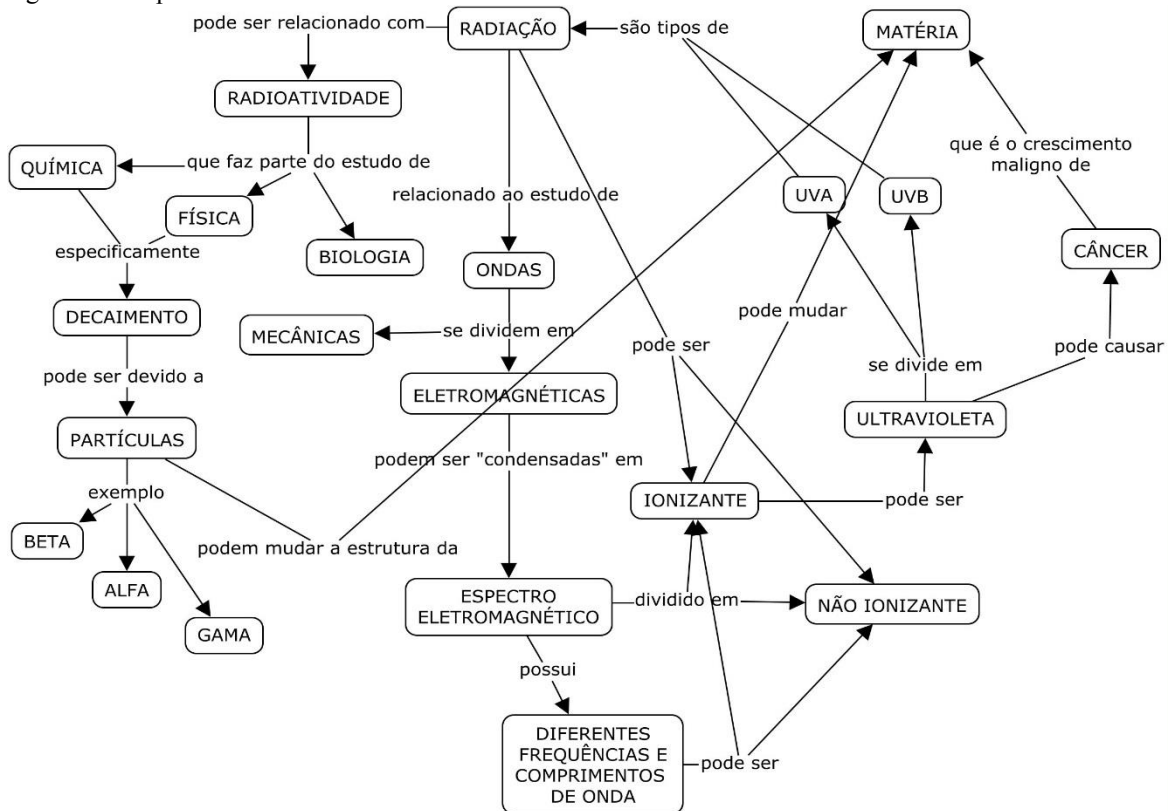
HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Parcialmente
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Parcialmente
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Parcialmente
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Parcialmente
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Parcialmente
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Parcialmente
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Parcialmente

Fonte: elaborado pela autora.

10.6 MAPA CONCEITUAL DE F2

Na ocasião em que F2 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, já estava graduado(a) e, portanto, já havia cumprido todas as disciplinas obrigatórias do curso. A Figura 16 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 16: Mapa conceitual de F2.



Fonte: elaborado por F2, reproduzido pela autora.

O MC apresenta 22 caixas de conceitos, das quais três são áreas de estudo relacionados à radioatividade (Biologia, Química e Física), e um é um efeito biológico da interação da radiação com a matéria orgânica (câncer). Traz como PF a radiação e a aborda do ponto de vista das ondas e também como matéria. Estruturalmente, pode ser classificado como em rede, pois apresenta termos de ligação que viabilizam a compreensão das relações feitas, conectando diferentes níveis hierárquicos. Com relação ao nível da pirâmide, classificamos como estando no nível do conhecimento, pois traz uma visão teórica sobre radiação, possibilitando a estruturação e interligação de conceitos, apesar da ausência de algumas conexões entre eles, além da falta de alguns que são importantes para a temática.

Quando trata de radioatividade, F2 diz que o decaimento é devido às partículas. O mais adequado seria dizer que os decaimentos ocorrem por conta do excesso de energia nuclear e que tal excesso é eliminado por meio dessas emissões. Diz que estas podem mudar a

estrutura da matéria, mas não exemplifica o motivo pelo qual isso pode acontecer nem nos diz qual é a sua compreensão sobre o que é matéria.

A associação da emissão gama com emissão de partículas, somente, é incompleta. Além disso, não associa a radiação gama com o espectro eletromagnético, nem às suas aplicações. Sobre o espectro eletromagnético, trata das diferentes frequências e comprimentos de onda, classifica a radiação como ionizante e não ionizante, mas como exemplo indica somente a faixa do ultravioleta, justificando ser a que estamos mais acostumados.

O Quadro 12 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F2.

Quadro 12: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F2.

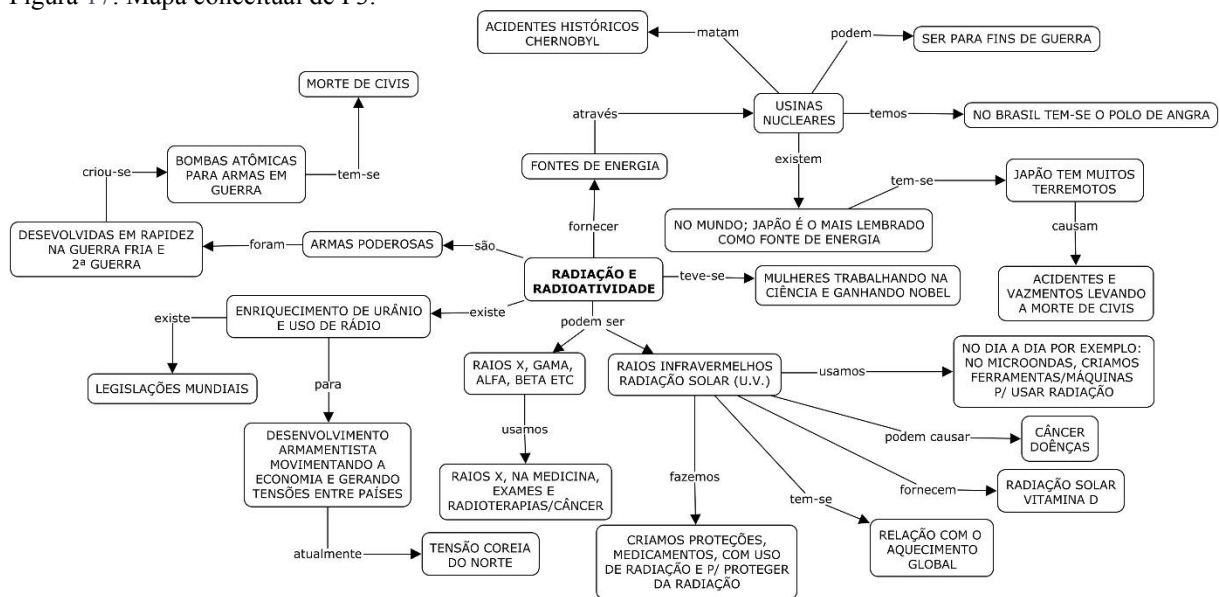
HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Não
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Não
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Parcialmente
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Não

Fonte: elaborado pela autora.

10.7 MAPA CONCEITUAL DE F3

Na ocasião em que F3 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, estava no quarto ano de curso, com previsão de formação para 2018. De acordo com ele(a), as disciplinas de Química e Física I, II, III e IV já haviam sido cumpridas no momento de desenvolvimento do MC. A Figura 17 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 17: Mapa conceitual de F3.



Fonte: elaborado por F3, reproduzido pela autora.

São indicadas 26 caixas de conceitos, das quais três referem-se a conceitos científicos (radiação e radioatividade; raios x, gama, alfa, beta, etc; raios infravermelhos, radiação solar UV) e as demais são aplicações cotidianas, tecnologias e questões sociais envolvendo radiação e radioatividade. Traz como PF radiação e radioatividade, apesar de não diferenciar estes dois conceitos. Há termos de ligação entre os conceitos e poucas ligações cruzadas.

F3 inicia a explicação do mapa indicando que raios x, gama, alfa e beta são tipos de radioatividade. Entretanto, a radioatividade é um processo de perda de energia nuclear. Aborda os comprimentos de onda do infravermelho e do ultravioleta, mas não aborda outras faixas do espectro. As aplicações cotidianas aparecem em grande quantidade. É importante ressaltar a quantidade de vezes que se associa radiação a aspectos negativos, o que nos leva a pensar na visão que F3 tem sobre o tema.

A relação entre os conceitos é linear, havendo pouquíssimas interações entre níveis hierárquicos distintos. Assim, classificamos o mapa como em cadeia. Com relação ao nível da pirâmide informacional, devido à falta de expressão dos conceitos científicos, pode-se inferir que o mapa de F3 está no nível da informação, trazendo mais comunicados do que visões teóricas sobre radiação.

O Quadro 13 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F3.

Quadro 13: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F3.

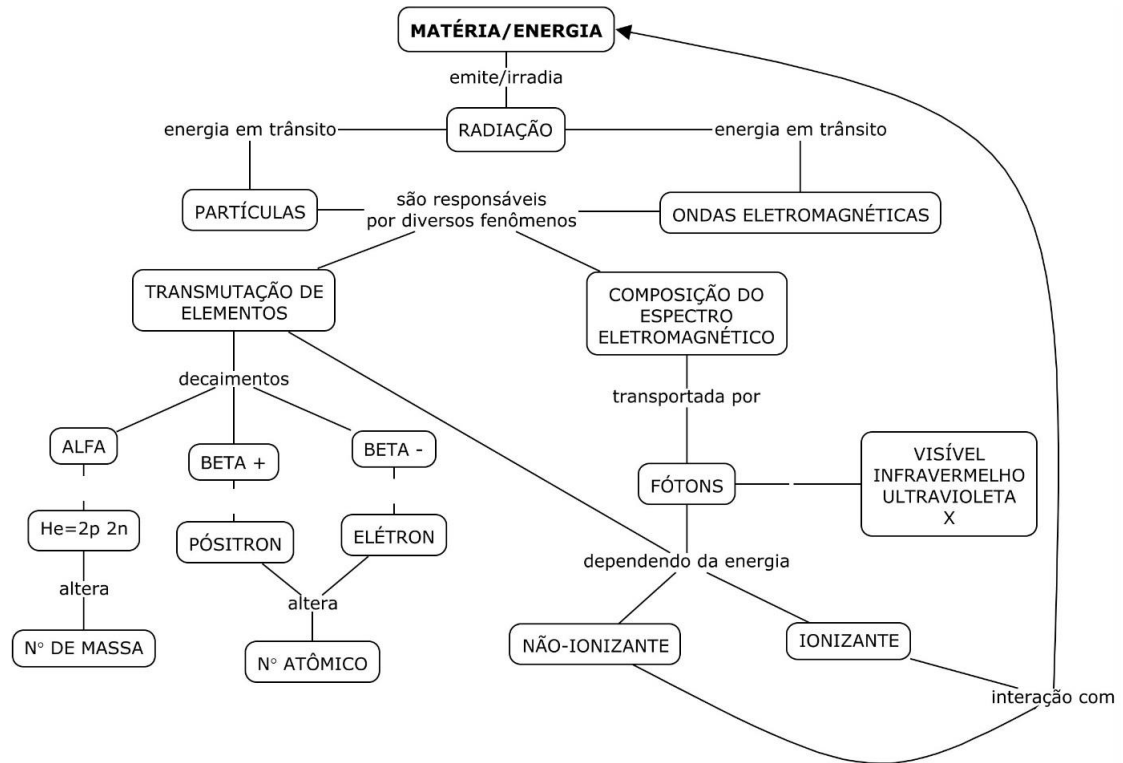
HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Parcialmente
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Parcialmente
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Não
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Parcialmente
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Parcialmente

Fonte: elaborado pela autora.

10.8 MAPA CONCEITUAL DE F4

Na ocasião em que F4 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, estava no quinto ano de curso, com previsão de formação para 2019. De acordo com ele(a), as disciplinas de Química e Física (I, II, III e IV), referentes ao ciclo básico, já haviam sido cumpridas no momento de desenvolvimento do MC. A Figura 18 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 18: Mapa conceitual de F4.



Fonte: Elaborado por F4, reproduzido pela autora.

São indicadas 18 caixas de conceitos, sendo todas sobre conceitos científicos. Não são citadas, durante a explicação do mapa, aplicações cotidianas da radiação. Traz poucos termos de ligação e quase não há ligações cruzadas entre os conceitos. Tem como PF matéria e energia.

No início da explicação do mapa, F4 diz que matéria e energia são equivalentes, podendo haver transformação de uma em outra ($E = mc^2$). Classifica a radiação como uma forma de energia em trânsito e indica sua característica dual. Ao relacionar radiação com partículas, a associa com o fenômeno de transmutação, que se refere à transformação de um elemento químico em outro. A transmutação está relacionada com a radioatividade, sendo a radiação emitida nesse processo, não sendo responsável pelo processo.

Os decaimentos indicados por F4 são por emissões α , β^+ e β^- . No caso das emissões β^- , faltou a F4 indicar a emissão de neutrinos e antineutrinos no processo. Apesar de citar a radiação gama ao falar sobre o espectro eletromagnético, não associa essa emissão aos processos de decaimento radioativo.

Estruturalmente, há poucas relações entre os diferentes níveis abordados e o classificamos como do tipo cadeia, que é também o tipo de imagem que representa o

conhecimento abordado. Isso porque a falta de inter-relação entre os diferentes conceitos levou à explicação de um modo sequencial. F4 prioriza os conceitos científicos, não apresentando relações inter/extraescolares, tendo uma estritamente visão teórica. MCs em cadeia, pela definição, trazem o entendimento conceitual de uma forma isolada e, por esse motivo, o classificamos no nível da informação.

O Quadro 14 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F4.

Quadro 14: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de F4.

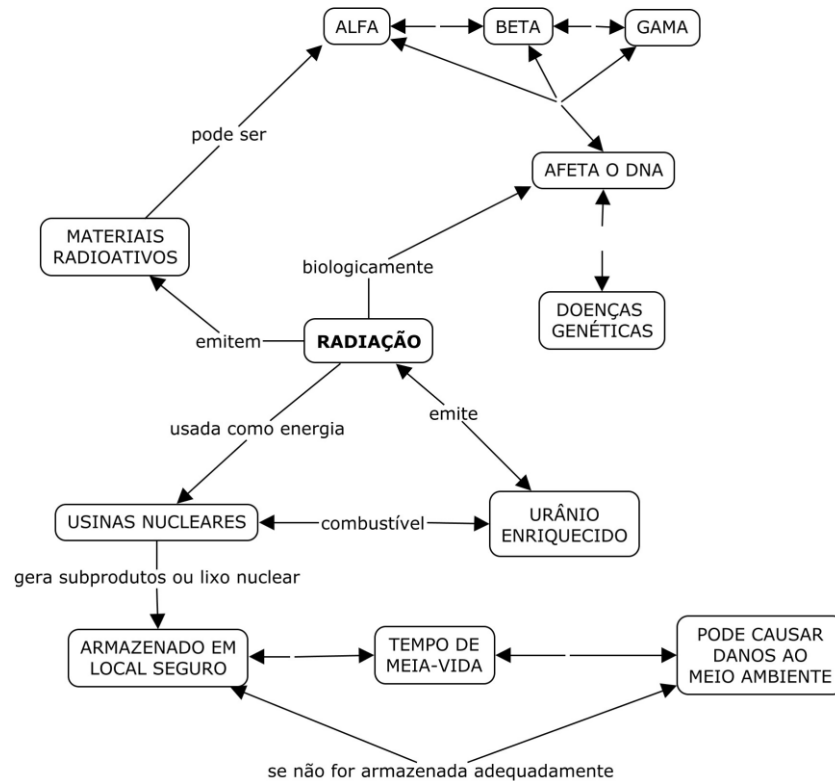
HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Não
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Parcialmente
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Parcialmente
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Não

Fonte: elaborado pela autora.

10.9 MAPA CONCEITUAL DE Q1

Na ocasião em que Q1 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, já estava graduado(a) e, portanto, já havia cumprido todas as disciplinas obrigatórias do curso. A Figura 19 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 19: Mapa conceitual de Q1.



Fonte: elaborado por Q1, reproduzido pela autora.

O mapa apresenta 12 caixas de conceitos, das quais consideramos seis como conceitos científicos (radiação; tempo de meia-vida; alfa; beta; gama; materiais radioativos). As demais tratam de aplicações e questões sociais. Traz como PF radiação, são poucas as ligações cruzadas e faltam alguns termos de ligação. Por não haver grandes interações entre os diferentes níveis hierárquicos, além de erros de associações, classificamos este mapa como em cadeia. Devido à falta de uma visão teórica mais consistente, como será visto na análise abaixo, indicamos que este mapa está no nível da informação.

O mapa traz conceitos de radioatividade, em detrimento da radiação. Poucas relações surgem entre os conceitos trazidos, mesmo durante a explicação do mapa. Há erro no sentido de algumas setas (radiação – emitem → materiais radioativos), mas, durante a explicação, o sentido da relação foi trocado. Indica-se as emissões α , β e γ por materiais radioativos, sem que seja explicado o que são ou como os processos ocorrem. Associa essas emissões a alterações biológicas e doenças genéticas. De fato, a radiação pode afetar o DNA, mas não necessariamente causará uma doença genética. Tal interação pode ser utilizada na medicina para o tratamento de câncer, por meio de radioterapia, ou diagnóstica, com o uso de raios X e PET-CT, por exemplo.

Diz que a radiação pode ser usada como energia. Entretanto, a radiação é considerada como uma forma de energia e talvez o que Q1 tenha pretendido dizer é que pode-se utilizar a radioatividade de elementos radioativos em usinas nucleares para transformação em energia elétrica, já que fala destas usinas e do enriquecimento de urânio.

O conceito de tempo de meia-vida foi abordado, mas não foi definido/explicado, como podemos verificar na citação abaixo

“...ele tem que ser **armazenado** até o **tempo de meia-vida** chegar perto do limite aceitável de emissão de radiação, que deve ter alguma medida de lei, né, sobre esse aspecto” Q1.

De fato, há uma lei que regulamenta o depósito de rejeitos radioativos – Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001, classificada como direito e responsabilidade civil em geral.

O Quadro 15 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q1.

Quadro 15: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q1.

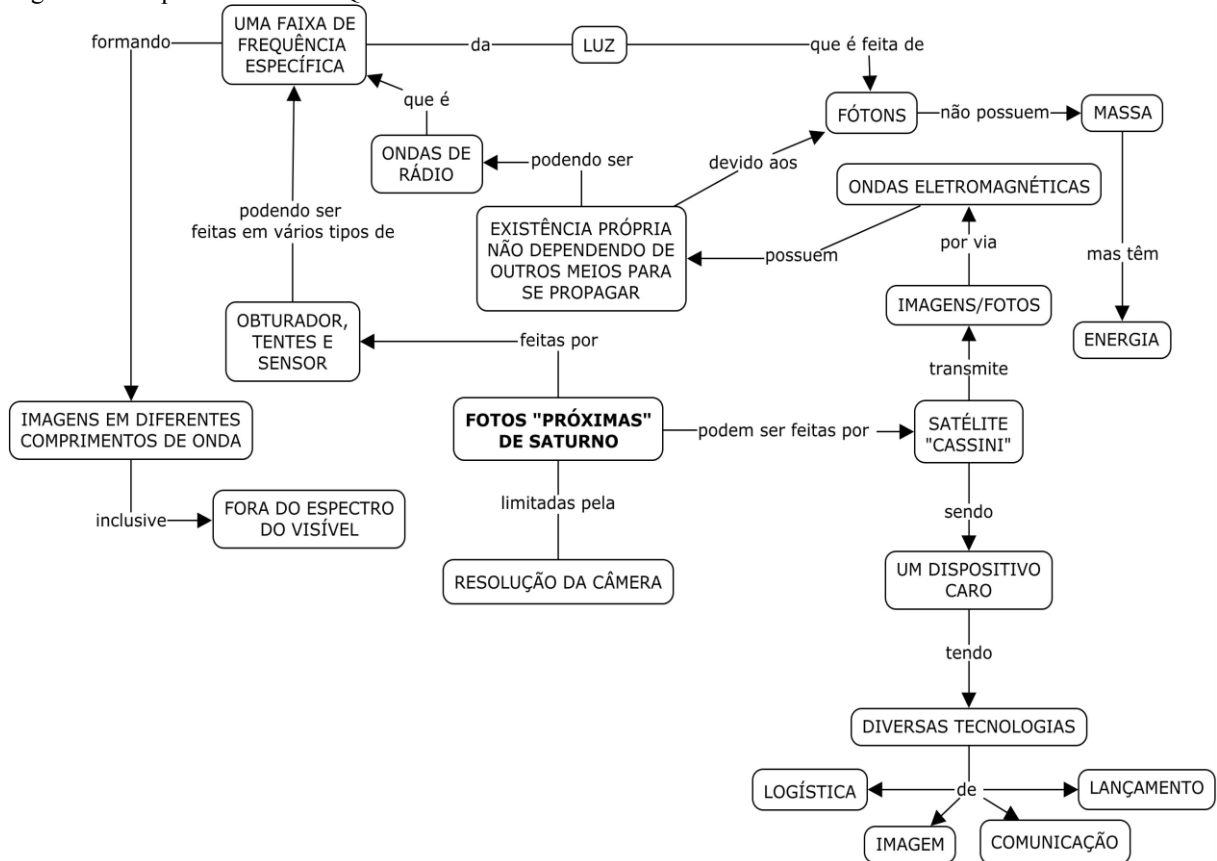
HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Parcialmente
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Parcialmente
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Não
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Não
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Não

Fonte: elaborado pela autora.

10.10 MAPA CONCEITUAL DE Q2

Na ocasião em que Q2 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, já estava graduado(a) e, portanto, cumprido todas as disciplinas obrigatórias do curso. A Figura 20 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 20: Mapa conceitual de Q2.



Fonte: elaborado por Q2, reproduzido pela autora.

Das 21 caixas de conceitos do MC, sete são conceitos científicos (ondas de rádio; luz; fótons; massa; ondas eletromagnéticas; energia) e as demais são aplicações bem específicas ligadas à obtenção de imagens no espaço, relacionadas com questões de tecnologia e sociedade.

Analisando o questionário de caracterização da formação, verifica-se que o contato que Q2 teve com a temática em sua prática tratava sobre satélites e as fotos de Saturno, o que nos leva a compreender o motivo pelo qual seu mapa tem essa temática como enfoque. Entretanto, os conceitos sobre radiação são praticamente inexistentes, em detrimento das aplicações relacionadas à temática que Q2 escolheu focar. Não é possível inferir claramente o que Q2 quis dizer com o termo "existência própria", repetida algumas vezes como explicação sobre ondas eletromagnéticas, mas quando ele exemplifica a onda sonora, que

necessita de um meio material para se propagar, pode-se pensar que esse termo tenha sido utilizado no sentido de a onda eletromagnética poder se propagar em qualquer meio, e até mesmo na ausência de um.

É um mapa pobre em conceitos científicos e em aplicações da radiação de forma mais geral. Analisando então estes poucos conceitos, Q2 aborda as ondas eletromagnéticas como uma forma de transmissão de informações, no caso imagens/fotos do espaço para a Terra, exemplifica o raio x como sendo uma onda de frequência específica e, do modo que fala sobre a luz, dá-se a entender que ele chama o espectro como um todo por luz. Não deixa claro se compreende a natureza dual da luz quando a associa ao fóton.

Estruturalmente, não traz muitos níveis hierárquicos, pois não apresenta muitos conceitos que necessitem uma classificação de ser mais inclusivo ao mas específico. Como estamos buscando analisar uma boa associação entre conceitos científicos e suas aplicações no cotidiano, classificamos este mapa como em cadeia, pela falta de relações inusitadas. Aborda a radiação somente do ponto de vista eletromagnético. Classificamos o mapa no nível da informação.

O Quadro 16 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q2.

Quadro 16: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q2.

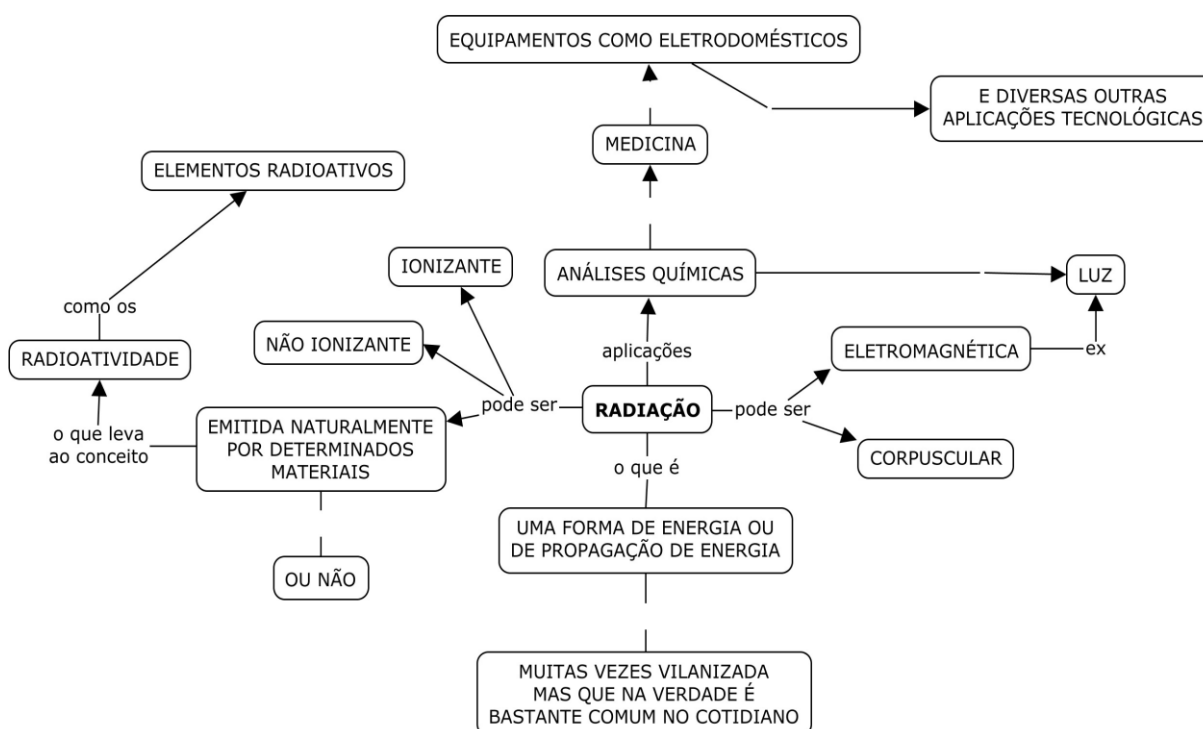
HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Não
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Não
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Parcialmente
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Parcialmente
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Não
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Não

Fonte: elaborado pela autora.

10.11 MAPA CONCEITUAL DE Q3

Na ocasião em que Q3 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, estava no quarto ano de curso, com previsão de formação para 2017. De acordo com ele(a), as disciplinas de Física e Química (I, II, III e IV) já haviam sido cumpridas no momento de desenvolvimento do MC. A Figura 21 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 21: Mapa conceitual de Q3.



Fonte: elaborado por Q3, reproduzido pela autora.

Das 16 caixas de conceitos expostas no mapa, nove são de conceitos científicos (radiação; eletromagnética; corpuscular; luz; ionizante; não-ionizante; radioatividade; elementos radioativos; uma forma de energia ou propagação de energia), e as demais são aplicações, tecnologias e questões sociais. Tem como PF radiação e pode ser estruturalmente classificado como em rede.

Inicia sua explicação definindo radiação como energia ou como forma de propagação de energia e a associa à visão de senso comum sobre o assunto, mas não indica exemplos dos aspectos negativos que podem ser associados com o tema. Classifica a radiação como eletromagnética e corpuscular, utilizando como exemplo da radiação eletromagnética apenas a luz (interpretada aqui como o espectro do visível). Não aborda definições ou exemplos da

parte corpuscular. Apesar de indicar que a radiação pode também ser classificada como ionizante ou não-ionizante, Q3 diz não lembrar o significado.

Mesmo citando alguns conceitos de radiação e radioatividade, faltam definições, exemplos e relações entre os mesmos. Cita algumas aplicações cotidianas e tecnológicas. Não traz interação entre os diferentes níveis hierárquicos, apresenta poucos níveis de hierarquia e é então classificado como em cadeia. A maior parte dos conceitos científicos trazidos não foram bem explicados ou foram somente indicados por Q3. Dessa forma, classificamos o mapa no nível da informação.

O Quadro 17 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q3.

Quadro 17: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q3.

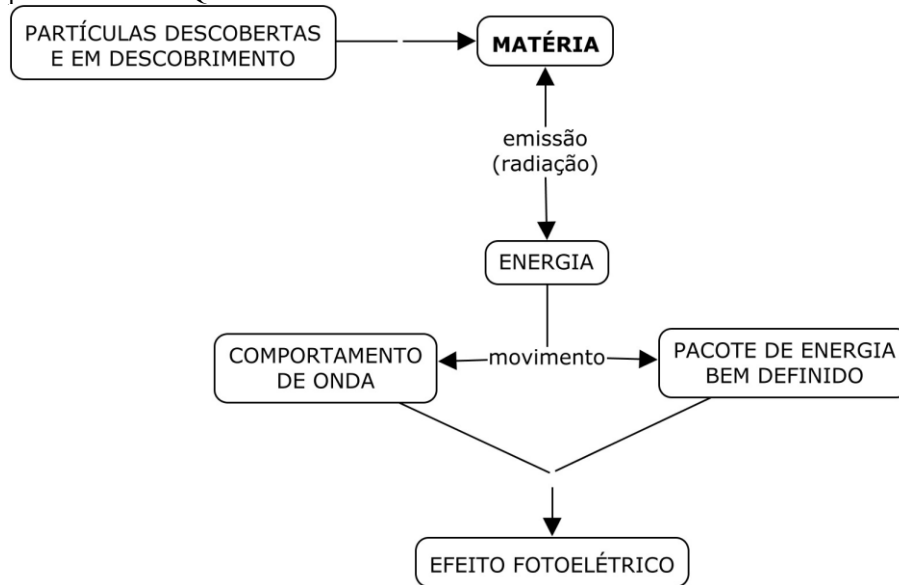
HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Não
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Não
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Parcialmente
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Não
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Parcialmente

Fonte: elaborado pela autora.

10.12 MAPA CONCEITUAL DE Q4

Na ocasião em que Q4 participou do processo de seleção e desenvolvimento da pesquisa, estava no quarto ano de curso, com previsão de formação para 2019. De acordo com ele(a), as disciplinas de Física e Química (I, II, III e IV) já haviam sido cumpridas até o momento de desenvolvimento do MC. A Figura 22 é uma reprodução do mapa conceitual por ele(a) desenvolvido.

Figura 22: Mapa conceitual de Q4.



Fonte: elaborado por Q4, reproduzido pela autora.

Traz seis caixas de conceitos, sendo cinco conceitos científicos e consideramos as partículas descobertas e em descobrimento como um exemplo ou contextualização.

Q4 inicia sua explicação indicando que a matéria é formada por partículas e relaciona a radiação à emissão de energia. Essa energia em movimento se dá por pacotes de energia bem definidos (que seriam os fótons, apesar de Q4 não utilizar esse conceito) ou com comportamento ondulatório. Parece que o conceito de dualidade não está bem claro. Associa isso ao efeito fotoelétrico, mas não explica o que é esse fenômeno, nem explicita relações mais profundas entre esses conceitos.

Ao final de sua explicação, diz que radiação é energia em movimento e utiliza o termo *transição*, que significa mudança, e não *trânsito*, que corresponde de fato ao movimento.

Estruturalmente, é classificado em cadeia e não apresenta proposições nem níveis hierárquicos bem claros, mesmo em sua explicação, o que dificulta até mesmo a comunicação no nível da informação; não há relações entre conceitos intra/extraescolares e não há processos de interações entre conceitos. Classificamos então o mapa como radial no nível dos dados.

O Quadro 18 ilustra a abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q4.

Quadro 18: Verificação de abordagem das habilidades indicadas pela BNCC no MC de Q4

HABILIDADES – BNCC	ABORDADO
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Não
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Não
Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	Não
Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	Não
<i>*Consideramos a abordagem das cores como luz</i>	
Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	Não
Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	Não
Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Não

Fonte: elaborado pela autora.

11 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de mapeamento conceitual surge com Novak e seus colaboradores a fim de analisar como crianças aprendiam Ciências. Foi difundida por diversos autores pelo mundo e para este trabalho optamos principalmente pelo enfoque que Moreira dá a essa ferramenta, que além de viabilizar a aprendizagem significativa, serve para sua verificação. Estes mapas são constituídos por conceitos ou palavras que os representam e traz relações hierárquicas, geralmente do mais inclusivo para o mais específico. A união entre os conceitos é feita pela construção de proposições ou unidades semânticas, formando *links* que podem ou não ser válidos, dependendo do contexto que gera a pergunta focal do mapa conceitual. Eles podem ser graficamente classificados de acordo com os níveis hierárquicos que apresentam e com a forma como estes diferentes níveis se relacionam. Assim, podemos ter mapas do tipo radial, cadeia ou em rede, respectivamente do menor ao maior grau de inter-relações.

A TAS está por trás da técnica de mapeamento conceitual. Quando MCs são utilizados para verificação de AS, trabalha-se com organizadores prévios, revisões continuadas dos MCs desenvolvidos pelos aprendizes, verificando assim seus subsunçores, mudanças conceituais e idiossincrasias que são expressas ao longo do uso desta ferramenta. Neste trabalho, não foi possível verificar mais a fundo se houve AS, pois trabalhamos com apenas uma aplicação, que envolveu somente aquilo que emergiu dos pensamentos dos sujeitos ao pedirmos que elaborassem um MC sobre conceitos de radiação. É possível falarmos com mais certeza que os mapas que não expressam idiossincrasias estão mais propensos a representarem aprendizagem mecânica.

Há de se levar em conta também a falta de familiaridade por parte dos participantes em desenvolver mapas conceituais. Entretanto, parte desta dificuldade de estabelecer e expor inter-relações entre conceitos é sanada na medida em que seus autores explicam as relações de sentido que há para eles sobre o tema. Além disso, o MC não foi a única fonte de acesso àquilo que os sujeitos conheciam sobre a temática, relacionando também o que foi respondido nos questionários aplicados.

Aliamos à nossa análise o uso dos conceitos envolvidos na pirâmide informacional, com base nos trabalhos de Machado. Esta pirâmide possui quatro níveis: a base é formada pelos dados, que quando ganham significado tornam-se informações. Estas são caracterizadas pela efemeridade e a comunicação. Na medida em que conectamos diferentes informações chegamos ao nível do conhecimento, que necessita de uma visão teórica a fim de viabilizar projetos. Machado atrela a ideia de projetos a união da vontade e do valor e o que leva o

conhecimento ao nível da inteligência é a ideia de competência. Competência é a capacidade de mobilizar o que se sabe a fim de realizar o que se deseja. A partir dessas definições, não é possível classificarmos um mapa no nível da inteligência. Por isso, por mais completo que o mapa seja do ponto de vista de conceitos e de suas aplicações, o nível da inteligência só é alcançado quando em prol de um projeto particular, de vida.

A junção da ferramenta de análise dos MCs com os conceitos e classificações da pirâmide informacional, uma proposta deste trabalho, mostrou-se frutífera, ainda que preliminar. Não há na literatura abordagens que façam essa junção, então nos propusemos o desafio de elaborar um novo método de análise. Uma pesquisa mais elaborada, com uma amostra maior, seria o ideal para confirmar a hipótese de trabalho de forma mais assertiva, e é uma perspectiva futura de pesquisa.

Deve-se salientar que a BNCC e os demais documentos que estruturam os currículos educacionais no Brasil são parâmetros curriculares, que não existe um mapa ideal e que nem tudo o que sabemos é explicitável. Entretanto, enquanto professores, é nosso dever propiciar aos nossos alunos um terreno fértil de aprendizagens e, para isso, deve-se ter conhecimento do conteúdo a ser ministrado e de como fazê-lo. Todos nós temos uma dimensão tácita, nosso iceberg particular, e só com a densidade externa somos capazes de fazer emergir o que antes se achava submerso. Em outras palavras, cabe aos professores traçar estratégias por meio de contextualizações para que seus alunos possam, cada vez mais, explicitar aquilo que for necessário.

Verificando as habilidades indicadas pela BNCC, a abordagem dada aos conteúdos de radiação no 8º ano está mais fortemente relacionada ao ponto de vista das categorias de fontes e tipos de energia utilizadas no cotidiano, bem como a análise e discussão dos modos de geração e distribuição de energia elétrica às residências. Dos doze MCs coletados e analisados, cinco deles ao menos citam o uso da radiação para energia elétrica.

Já nas habilidades voltadas ao 9º ano, são indicados o conhecimento dos modelos de constituição da matéria, fenômenos ópticos, composição do espectro eletromagnético, transmissão e recepção de imagens e som, as características do espectro eletromagnético, impactos da tecnologia, bem como sua aplicação cotidiana. Dos doze mapas, apenas o mapa de Q4 não aborda de nenhuma forma estas habilidades, levando em consideração que nos demais MCs haja erros conceituais, links inválidos, ausência total ou parcial de uma ou mais habilidades.

Mais do que exemplificar aplicações cotidianas da radiação, espera-se que a partir de CK, os professores e professoras de Ciências formados pela Unifesp tenham subsídios teóricos que possibilitem explicar como tais aplicações funcionam, que possam extrapolar o temas que norteiam o ensino básico no Brasil, relacionando os conteúdos intraescolares e extraescolares, sendo assim mediadores entre o conhecimento e o aluno.

Considerando-se que tenham sido oferecidas 200 vagas por ano desde a implementação do curso de Ciências e que apenas setenta pessoas responderam ao questionário de seleção, contando com graduandos e egressos, esta é uma quantidade pequena de candidatos. Entretanto, é possível verificar nos anexos deste trabalho que a maior parte destes candidatos deram respostas que não satisfaziam aos graus de concordância/discordância esperados, sendo os doze selecionados aqueles que haviam somado a melhor quantidade de respostas esperadas.

Destes doze mapas coletados e analisados, um foi classificado no nível dos dados – Q4; oito no nível da informação – B2, B3, B4, F3, F4, Q1, Q2 e Q3; e quatro no nível do conhecimento – B1, F1 e F2. Considerando que as instituições de ensino, básico ou superior, devem dar enfoque aos níveis do conhecimento e da inteligência e que apenas 1/4 dos sujeitos aqui analisados estão classificados no nível do conhecimento, pode-se inferir que é necessário trabalhar de forma mais elaborada os conteúdos de radiação, pelo menos no que tange às disciplinas do ciclo básico do curso. Como pode ser observado no Quadro 2, página 19, não há nenhuma disciplina de Biologia no ciclo básico do curso que aborde conteúdos de radiação. Dessa forma, todas as aplicações e efeitos da radiação em sistemas biológicos apresentados nos MCs ou fazem parte do senso comum carregado pelos sujeitos, ou foram obtidos fora do contexto da formação superior, ou foram dentro deste contexto, mas através de alguma atividade ou apresentação que não consta na ementa de nenhuma disciplina. Uma proposta para a melhoria dessas lacunas é que os conteúdos de radiação possam ser especificamente trabalhados de forma interdisciplinar, nas disciplinas integradoras, por exemplo.

Para estudos mais profundos sobre como tem se dado a formação inicial de professores de Ciências pela Unifesp, especificamente para o conteúdo de radiação, seria necessário desenvolver uma pesquisa com cada uma das habilitações, o que é uma perspectiva de continuidade do presente trabalho. Esperamos que este trabalho auxilie na contínua melhoria da formação inicial de professores, especialmente do curso de Ciências – Licenciatura da Unifesp.

REFERÊNCIAS

- _____. **Projeto Pedagógico do Curso de Ciências**. Diadema, 2019. Disponível em <<http://ciencias.sites.unifesp.br/index.php/curso/projeto-pedagogico>>, acesso em 12/04/2019.
- ARRUDA, S. M., VILLANI, A. **Mudança conceitual no ensino de ciências**. Cad. Cat. Ens. Fis., v.11, n 2: p.88-99, ago.1994.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart, and Winston. 685 p. 1968.
- AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 210 p. 2000.
- AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- BAPTISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. de. **Metodologias de Pesquisa Em Ciências Análises Quantitativa e Qualitativa**. São Paulo, LTC, 2010.
- BEHRENS, M.A.; KIRSTEN, S. A.; COSTA, A. B. R. **Da transmissão à construção do conhecimento**. In: EDUCERE-Congresso Nacional de Educação PUCPR, 6, 2006, V.1. p. 1-11. Curitiba: Champagnat, 2006.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Base**. Lei nº 4.024/61, de 20 de dezembro de 1961. Brasil, Ministério da Educação e do Desporto, Secretaria de Educação Fundamental.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Base**. Lei nº 1971, de 11 de agosto de 1971. Brasil, Ministério da Educação e do Desporto, Secretaria de Educação Fundamental.
- BRASIL. Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001. Imprensa Nacional.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. 2017.
- CARUSO, F.; OGURI, V. **A eterna busca do indivisível: do átomo filosófico aos quarks e léptons**. Química Nova, 20 (3), 1997.
- CAÑAS, A. J.; BUNCH, L.; REISKA, P. **CmapAnalysis: an extensible concept map analysis tool**. In: CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D.; SANCHEZ, J. (Ed.). **Proceedings of the fourth International Conference on Concept Mapping**. Viña del Mar: Universidad de Santiago, 2010. v. 1, p. 73-83. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/cmc2010papers/cmc2010-a13.pdf>>. Acesso em: 24/06/2019.

- CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Ed. Brasiliense, 1993.
- CHAPLIN, C. **Tempos Modernos**. 87 min, Continental, EUA, 1936
- CHIBENI, S. S. **O que é ciência?** (textos didáticos), 2001, disponível em <<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/ciencia.pdf>> Acesso em 12/03/2017.
- CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G. de. **Avaliação da proficiência em mapeamento conceitual a partir da análise estrutural da rede proposicional**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 23, n. 1, p. 71-90, 2017.
- CORREIA, P. R. M.; CORDEIRO, G. B.; CICUTO, C. A. T.; JUNQUEIRA, P. G. **Nova abordagem para identificar conexões disciplinares usando mapas conceituais: em busca da interdisciplinaridade no Ensino Superior**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 20, n. 2, p. 467-479, 2014.
- CUNHA, M. I., LEITE, D. **Relação ensino e pesquisa**. In: ALENCASTRO, Ilma (org.). **Didática: o ensino e suas relações**. Campinas – SP: Papirus, 1996.
- DESCARTES, R. **Discurso do método**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- DYSON, F. **Can science be ethical?** The New York Review of Books XLIV/6, 46-49, 1997.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. São Paulo: Editora Unesp, 2011.
- FRANCELIN, M. M. **Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos**. Ci. Inf., Brasília, v.33, n. 3, p.26-34, set./dez. 2004.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 2005.
- FREITAS, D.; VILLANI, A. **Formação de professores de Ciências: um desafio sem limites**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002.
- GONZÁLEZ, G. M. et alii. **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Tecnos, 1996.
- HALFORD, G. S. **Children's Understanding: The Development of Mental Models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1993.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 4.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**. Cambridge, MA, Harvard University Press. 513p., 1983.
- KINCHIN, I. M.; HAY, D. B; ADAMS, A. **How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development**. Educational Research. Vol. 42, nº 1. Spring, 2000.
- KINCHIN, I. M.; STREATFIELD, D.; HAY, D. B. **Using Concept Mapping to Enhance the Research Interview**. International Journal of Qualitative Methods 2010, 9(1).

- LAKATOS, I. **Falsification and the methodology of scientific research programmes**. In: Lakatos & Musgrave 1970, pp. 91-195.
- LIBÂNEO, J. C., SANTOS, A. **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. 3.ed. ver. Campinas: Alínea, 2010. 239p.
- MACEDO, M. **Conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) sobre ecossistemas de São Paulo: estudo de caso com professores de Biologia em programas de formação inicial, inseridos no PIBID**. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2017.
- MACHADO, N. J. **A Universidade e a organização do conhecimento: a rede, o tácito, a dádiva**. Estudos avançados. Versão *online*. Vol.15, no.42. São Paulo, 2001.
- MACHADO, N. J. **Conhecimento em rede**
<<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=661>> Acesso em 3/05/2019.
- MACHADO, N. J. **Educação – Cidadania, Projetos e Valores**. 1. ed. São Paulo: Escrituras, 2016. v. 1. 208p .
- MACHADO, N. J. **Educação: seis propostas para o próximo milênio**. R. Pensam. Real. Ano 2. n 4. p. 23-42. 1999.
- MACHADO, N. J. **Epistemologia e didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente**. São Paulo, Cortez Editora, 2011. 304 p.
- MACHADO, N. J. **O conhecimento como um valor: as ideias de a-crescimento e de Commons**. R. Cont. Fin. – USP, São Paulo, v. 26, n. 67, p. 7-10, jan./fev./mar./abr. 2015.
- MACHADO, N. J. **Tópicos de Epistemologia**.
<<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=1708>> Acesso em 15/05/2019.
- MACNAMARA, J. **Names for things: A study of human learning**. Cambridge, MA: M.I.T. Press, 1982.
- MALISKA, A. M. **Microscopia de varredura eletrônica**. Universidade Federal de Santa Catarina, sem ano. Disponível em <http://www.usp.br/nanobiodev/wp-content/uploads/MEV_Apostila.pdf>. Acesso em 24/06/2019.
- MARINA, J. A. **Teoria da inteligência criadora**. Lisboa: Editorial Anagrama, 1995.
- MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. **Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinares en la universidad, en la educación y en la gestión pública**. Barcelona: Anthropos, 1992.
- MOREIRA, M. A. **A epistemologia de Maturana**. Ciência e Educação (UNESP), Bauru, v. 10, n.3, p. 597-606, 2005.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: o conceito**. In: IV Congresso Nacional das Escolas Franciscanas, 2009, Santa Maria. Anais do IV Congresso Nacional das Escolas Franciscanas, 2009. p. 95-103.

- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente.** In: II Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, 1997, Burgos. Actas del II Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos: Universidad de Burgos, 1997. p. 19-44.
- MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa crítica.** Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 2000.
- MOREIRA, M.A. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área.** Investigações em Ensino de Ciências, 7(1): 7-29, 2002.
- MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa.** Cadernos do Aplicação, Porto Alegre, v. 11, n.2, p. 143-156, 1998.
- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** 1. ed. v. 1. 80p. São Paulo: Centauro Editora, 2010.
- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** Adaptado. 1997. Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, N° 23 a 28: 87-95, 1988
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo, Editora Moraes, 1982.
- MELLO, L.A.R., SILVA, M.F.V. **A superação das dificuldades dos professores de biologia para ensinar física na oitava série – um estudo de caso.** Rev. Brasileira de Educação. 2004.
- NASCIMENTO, F. do.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. de M. **O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais.** Revista HISTEDBR *Online*, Campinas, n.39, p. 225-249, set. 2010.
- NEWTON, I. **Principia. Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livro I.** EDUSP; 328 p. Edição: 2ª, 2012a.
- NEWTON, I. **Principia. Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livro II e III.** 448 p. EDUSP; Edição: 1ª, 2012b.
- NEWTON, I. **Óptica.** 296 p. EDUSP; Edição: 1ª, 2002
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **A Teoria Subjacente aos Mapas Conceituais e Como Elaborá-los e Usá-los.** Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010.
- NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. **Aprender a aprender.** Lisboa. Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português, de Carla Valadares, do original Learning how to learn. 212P, 1996.
- NOVAK, J.D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas.** Lisboa, Plátano Edições Técnicas, 2000.

- NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação**. São Paulo, Pioneira. Tradução para o português, de M.A. Moreira, do original *A theory of education*. Ithaca, N.Y., Cornell University, 1977. 252 p., 1981.
- OKUNO, E. **Efeito biológicos das radiações ionizantes**. Acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados* 27 (77), p. 185-199, 2013.
- OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. **Física das Radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010
- PAGANOTTI, A.; DICKMAN, A. G. **Caracterizando o Professor de Ciências: Quem ensina tópicos de Física no Ensino Fundamental?** In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2011, Manaus AM. XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2011.
- PAIVIO, A. **Mental representations: a dual coding approach**. Oxford: Oxford University Press, 1990.
- PIAGET, J. **Desenvolvimento e aprendizagem**. Porto Alegre: UFRGS/FACED/DEBAS, 1995.
- POLANYI, M. **Personal Knowledge – Towards a Post-Critical Philosophy**. London: Routledge & Kegan Paul, 1969.
- POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 2013.
- ROCHA, M. B. **A formação dos saberes sobre ciências e seu ensino: trajetórias de professores dos anos iniciais do ensino fundamental**. 2013. 265 fl. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ROSSETTO, M. B de N. D. **A expansão da graduação na Universidade Federal de São Paulo no período de 2003 a 2012**. 2017. 157 fl. Dissertação (Mestrado em Ensino em Ciências da Saúde) – Centro de Desenvolvimento do Ensino Superior em Saúde, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.
- RUIZ-MORENO, L.; SONZOGNO, M. C.; BATISTA, S. H. da S.; BATISTA, N. A. **Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise**. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 3, p. 453-463, 2007.
- SILVA JR., S. N.; ROMANO JR., J. G.; CORREIA, P. R. M. Structural analysis of concept maps to evaluate the students' proficiency as mappers. In: CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D.; SANCHEZ, J. (Ed.). **Proceedings of the fourth International Conference on Concept Mapping**. Viña del Mar: Universidad de Santiago, 2010. v. 1, p. 369-376. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/cmc2010papers/cmc2010-b14.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- SENE, J. E. de. **A sociedade do conhecimento e as reformas educacionais**. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/91.htm>>. Acesso em: 13 dez. 2017.
- SHULMAN, L. **Knowledge and teaching: foundations of the new reform**. *Harvard Educational Review*, Harvard, v. 57, n. 1, p. 1–22, 1987.

- SIMON, I. **A revolução digital e a sociedade do conhecimento**. [On-line]. São Paulo: IME-USP, 1999. Disponível em: < <http://www.ime.usp.br/~is/ddt/mac333>> Acesso em 10 dez. 2017.
- STUART, H. **Should concept maps be scored numerically?** European Journal of Science Education, 7, 1, 73–81, 1985
- TUZZO, S., BRAGA, C. F. **O processo de triangulação da pesquisa qualitativa: o metafenômeno como gênese**. Revista Pesquisa Qualitativa. São Paulo (SP), v. 4, n.5, p. 140-158, ago. 2016
- VAN DRIEL, J.H., VERLOOP, N., VOS, W. **Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge**. Journal of Research in Science Teaching. Vol. 35, No. 6; pp. 673-695, 1998.
- VARSAVSKY, O. **Ciencia, política y cientificismo**. Buenos Aires: CEAL, 1979.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. de A.; FREITAS, D. de. **Formação do Professor de Ciências no Brasil: Tarefa impossível**. In: 8 Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindoia- SP. Atas 8 EPEF, CD-ROM. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2002. v. 1. p. 2.-22.
- YOSHIMURA, E. **Física das Radiações: interação da radiação com a matéria**. Revista Brasileira de Física Médica. 3 (1):57-67. 2009.
- ZUNA, A. S. C. **A Promoção da Inteligência Linguística e da Inteligência Lógico-Matemática nos alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico**. 2012, 115 fl. Dissertação (Mestrado em educação pré-escolar e 1º ciclo do Ensino Básico) – Escola de Educação Superior de Beja, Beja.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário de caracterização da formação básica e superior.

Este questionário tem por objetivo caracterizar seu histórico de formação com relação ao tema específico de Radiação, desde a sua formação no ensino básico (escola) até sua atuação (efetiva ou ideal) como professor/professora de Ciências. Posteriormente, orientá-lo no desenvolvimento de seu mapa conceitual. Favor rubricar todas as páginas.

1. Dados pessoais

- Nome completo: _____
- Data de nascimento: ____/____/____
- Sexo: () feminino () masculino () outro: _____
- E-mail: _____
- Telefone: () _____

2. Sobre a sua formação, responda:

- a) Ano de ingresso na Unifesp: _____
- b) Conclusão () concluído em _____ () previsto para _____
- c) Habilitação escolhida:
- () Biologia
- () Física
- () Matemática
- () Química
- d) Possui outra formação?
- () Não. () Sim (indicar curso e local):
- _____

3. Sobre a sua atuação na área da educação, responda:

- a) Você já deu aula para o ensino básico (escola) antes de entrar na graduação na Unifesp?
- () Não.

() Sim (explique):

b) Durante o período de graduação, você deu/dá aula para o ensino básico (escola)?

() Não

() Sim (indique a turma, disciplina(s) e duração):

c) Caso já tenha concluído o curso, você ministrou/ministra aula para o ensino básico (escola, qualquer ciclo)?

() Não.

() Sim (indique a turma, disciplina(s) e há quanto tempo leciona):

d) Em caso afirmativo para alguma das duas questões anteriores, você abordou/aborda algum conteúdo relacionado à radiação?

() Não.

() Sim (indique a(s) turma(s) e disciplina(s)):

4. Sobre seus conhecimentos gerais sobre radiação, assinale uma das opções para cada item:

a) Você teve algum conteúdo relacionado à radiação durante a sua formação básica (escola)?

() Não.

() Sim (indique em qual (is) disciplina(s), caso lembre)

b) Você teve algum conteúdo relacionado à radiação durante o curso de licenciatura na Unifesp?

() Não.

() Sim (indique em qual (is) disciplina(s), caso lembre)

c) Em caso afirmativo no item b, você acha que os conteúdos vistos foram suficientes para que você ministre aulas sobre o assunto para o Ensino Fundamental II?

() Não.

() Sim.

() Outro:

d) Em sua opinião, o conteúdo Matéria e Radiação é relevante para o ensino básico e, especificamente, para o Ensino Fundamental II?

() Não.

() Sim (comente, caso queira)

e) Caso este tema esteja no conteúdo programático da turma à qual você ministra/ministrará aulas de Ciências para o E.F. II, você:

() Ministra/ministraria o tema sem problemas.

() Tem/teria dificuldades, mas ministra/ministraria o tema.

() Pula/pularia o tema, quando pode/caso pudesse.

Caso tenha algum comentário relevante, utilize as linhas abaixo para fazê-lo.

Agora, daremos início ao desenvolvimento do seu mapa conceitual sobre o assunto. Para isso, veremos como fazê-lo, de acordo com a minha referência principal de pesquisa: Marco Antônio Moreira. Veremos o que é e de que forma elaborar um mapa conceitual. Depois disso, você elaborará o seu mapa conceitual sobre radiação. De acordo com Moreira, o autor do mapa o deve explicar. Sendo assim, você fará a explicação dele, que será gravada para análises posteriores.

A última página é destinada ao seu mapa conceitual oficial. Peço que assine nesta folha, no campo indicado abaixo, uma autorização para que eu o reproduza fidedignamente em um programa chamado *CmapTools* para fins de publicação.

Eu, _____,
participante desta pesquisa, autorizo a pesquisadora Gabriela Carvalho Queiroz a reproduzir digitalmente o mapa conceitual por mim desenvolvido, desde que não haja nenhuma alteração com relação àquilo que eu desenvolvi.

Data: ____/____/____

(Assinatura)

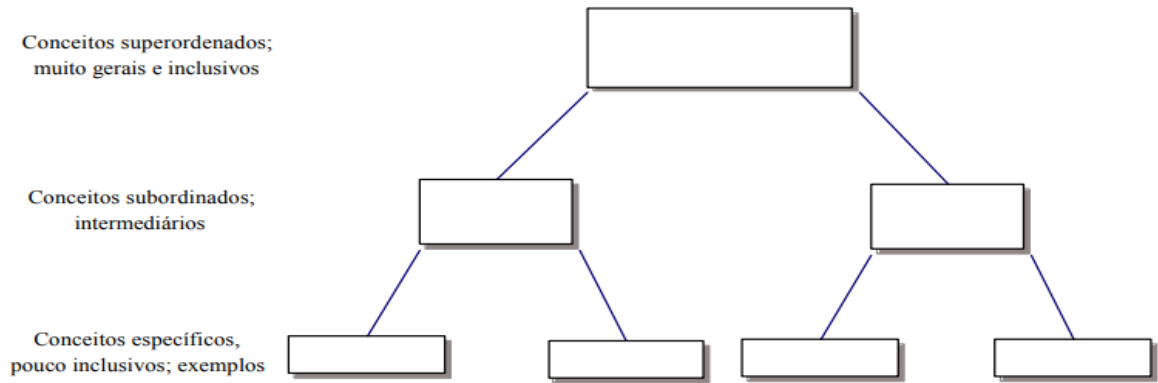
Segue o passo a passo do desenvolvimento de mapas conceituais segundo Moreira, presente em um texto por ele adaptado, intitulado Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Está editado por mim.

Como construir um mapa conceitual

1. Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista.
2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama.
3. Se o mapa se refere, por exemplo, a um parágrafo de um texto, o número de conceitos fica limitado pelo próprio parágrafo. Se o mapa incorpora também o seu conhecimento sobre o assunto, além do contido no texto, conceitos mais específicos podem ser incluídos no mapa.
4. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem sugerir uma proposição que expresse o significado da relação.
5. Setas podem ser usadas quando se quer dar um sentido a uma relação. No entanto, o uso de muitas setas acaba por transformar o mapa conceitual em um diagrama de fluxo.
6. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas.
7. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.
8. Geralmente, o primeiro intento de mapa tem simetria pobre e alguns conceitos ou grupos de conceitos acabam mal situados em relação a outros que estão mais relacionados. Nesse caso, é útil reconstruir o mapa.
9. Talvez neste ponto você já comece a imaginar outras maneiras de fazer o mapa, outros modos de hierarquizar os conceitos. Lembre-se que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. À medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou à medida que você aprende, seu mapa também muda. Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico, refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz.
10. Não se preocupe com “começo, meio e fim”, o mapa conceitual é estrutural, não sequencial. O mapa deve refletir a estrutura conceitual hierárquica do que está mapeado.

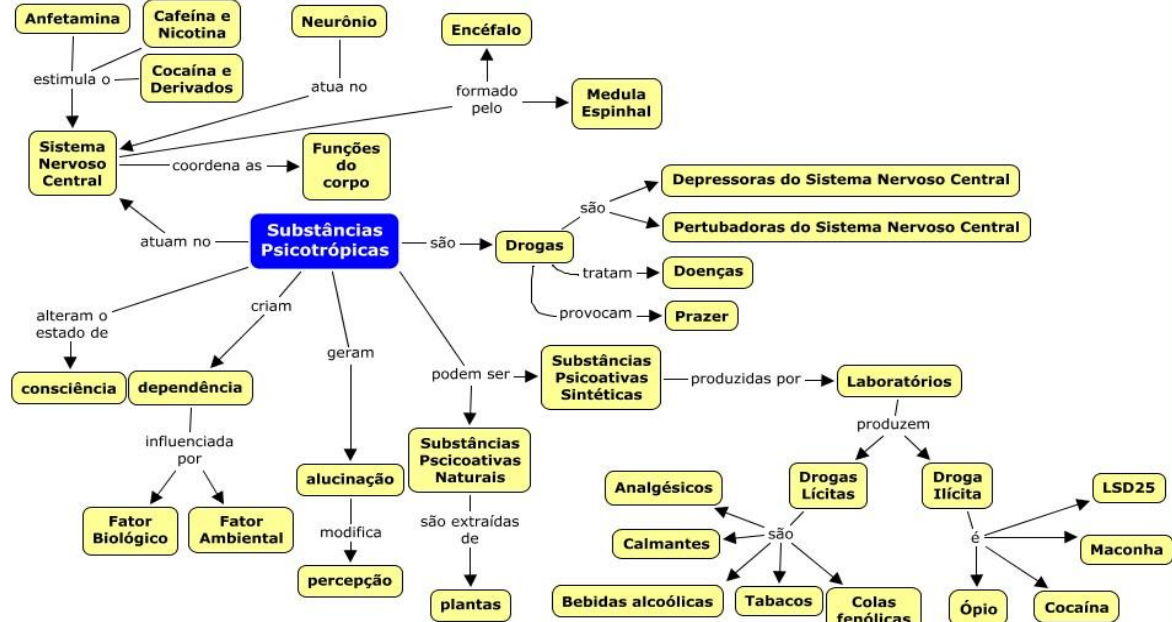
Exemplos de Mapas Conceituais:

Figura 23: Exemplo de estrutura de MC.



Fonte: Moreira, 1988.

Figura 24: Exemplo de um MC sobre drogas psicotrópicas.



Fonte: <http://proavirtualg10.pbworks.com/w/page/18664275/Mapa%20Conceitual%20>

ANEXOS

ANEXO A – Respostas dadas ao questionário de seleção.

O quadro abaixo indica as respostas dadas pelas pessoas selecionadas a participar da pesquisa, bem como o valor percentual de respostas dadas por todas as pessoas que responderam ao questionário. Vale lembrar que a escala indicada varia de 1 – discordo totalmente, a 5 – concordo totalmente.

Quadro 19: Respostas dadas pelos candidatos ao questionário de seleção.

Afirmativa	1	2	3	4	5
1) Radiação é energia em trânsito.	0%	0%	21,4% Q4	37,1% B2 B3 F1 F3 F4	41,4% B1 B4 F2 Q2 Q3 Q1
2) A radiação só traz malefícios.	71,4% B1 B2 B3 F1 F2 F4 Q2 Q3 Q4	20% B4 F3 Q1	7,1%	0%	0%
3) Luz é radiação.	4,3%	4,3% B4	14,3% F3	27,1% B3 F2	50% B1 B2 F1 F4 Q1 Q2 Q3 Q4
4) Emitir radiação é, necessariamente, emitir luz visível.	80% B1 B2 B3 B4 F1 F2 F4 Q1 Q2 Q3 Q4	14,3% F3	4,3%	1,4%	0%
5) A radiação é uma liberação de energia da eletrosfera do átomo, apenas.	40% B1 B4 F1 F2 F4 Q1 Q2 Q4	25,7% B3 B2 F3 Q3	20%	12,9%	1,4%
6) Os meios de comunicações e tecnologia, em grande parte, dependem da radiação.	1,4%	2,9%	10%	44,3% B2 F3	41,4% B1 B3 B4 F2 F1 F4 Q1 Q2 Q3 Q4
7) Radiação não é um tema interdisciplinar.	75,7% B1 B2 B3 B4 F1 F2 F3 F4 Q1 Q2 Q4	12,9%	0%	0%	11,4% Q2
8) A radiação não afeta a matéria.	77,1% B1 B2 B3 B4 F1 F2 F3 F4 Q1 Q2 Q3 Q4	14,3%	5,7%	2,9%	0%
9) Tudo emite radiação.	10%	12,9%	32,9%	20%	24,3%

		Q1	B2 F3 Q2	B4	B1 B3 F1 F2 F4 Q3 Q4
10) A radiação é classificada como ionizante e não-ionizante.	1,4% B2	2,9% F3	42,9% F4 Q1	21,4% B3 B4	31,4% B1 F2 F1 Q2 Q3 Q4
11) A radiação possui aspectos corpusculares e ondulatórios.	2,9%	1,4%	22,9% F3	27,1% B2 F1 Q1	45,7% B1 B3 B4 F2 F4 Q2 Q3 Q4
12) O átomo emite radiação por emissão alfa, beta e gama, somente.	54,3% B1 B2 B4 F1 F2 F3 F4 Q1 Q2 Q4	15,7% B3	22,9% Q3	7,1%	0%
13) A radiação gama tem a mesma origem do raio X.	21,4% B1 B2 F2 F3 F4 Q2 Q4	10% F1	50% B3 B4 Q1	14,3%	4,3% Q3
14) Os nêutrons podem, indiretamente, produzir ionização.	7,1%	11,4% F3	48,6% B1 B2 B3 B4	20% F1 Q1 Q3	12,9% F2 F4 Q2 Q4
15) As Leis de Soddy são válidas para qualquer desintegração atômica.	8,6% Q4	7,1% F2 F4 Q3	80% B1 B2 B3 B4 F1 F3 Q1 Q2	1,4%	2,9%

Fonte: coleta de dados da autora.

ANEXO B – Respostas do questionário de caracterização da formação básica e superior

Habilitação em Biologia

	B1 – 14/11/17	B2 – 14/03/19	B3 – 16/11/17	B4 – 14/03/19
Ano de ingresso	2010	2012	2013	2017
Conclusão	2016	2015	2018	2021
Possui outra formação?	Não	Não	Sim, téc. enfermagem - Etec Mandaqui	Sim, téc. adm.
Deu aulas para o ensino básico antes de entrar na graduação na Unifesp?	Não	Não	Não	Não
Durante o período de graduação, você deu/dá aula para o ensino básico?	Sim; Física para 1º ano, Química para 1º, 2º e 3º anos e Biologia para 1º ano	Sim, aulas de Ciências para oitavos anos por 1,5 ano.	Não	Não
Caso já tenha concluído o curso, você ministrou/ministra aula para o ensino básico (qualquer ciclo)?	Sim; laboratorista (aulas práticas para fund. I e II), física, química e biologia (Médio).	Sim, como eventual do 6º ano ao 3º ano do E.M. por 3 anos. Atualmente, leciono há 1 ano para o E.M. e para 6º e 7º, há 2 meses.	Não	Não
Em caso afirmativo para alguma das duas questões anteriores, você abordou/aborda algum conteúdo relacionado à radiação?	Não	Não	-	-
Você teve algum conteúdo relacionado à radiação durante a sua formação básica?	Não	Não	Sim, Física e Química. Os conteúdos eram: tempo de	Não

			decaimento, isótopos radioativos e radiação no cotidiano.	
Você teve algum conteúdo relacionado à radiação durante o curso de licenciatura na Unifesp?	Sim, Física IV	Sim, Química IV e Física III	Não	Sim, Física III
Em caso afirmativo no item anterior, você acha que os conteúdos vistos foram suficientes para que você ministre aulas sobre o assunto?	Sim	Não		Não
Em sua opinião, o conteúdo Matéria e Radiação é relevante para o ensino básico e, especificamente, para o Ensino Fundamental II?	Sim	Sim, acho importante tratar o assunto na educação básica até para desmistificar certos assuntos e debater questões quando de algum acidente, como foi o caso de Fukushima.	Sim, porque os jovens no fund. II já possuem os conhecimentos necessários para começar a compreender os efeitos da radiação no corpo, por exemplo, bem como o funcionamento dos aparelhos eletrônicos que estão no cotidiano.	Sim, são conceitos que envolvem o nosso cotidiano, estão presentes na vida de todos os alunos e que por vezes, passam despercebidos.
Caso este tema esteja no conteúdo programático da turma à qual você ministra/ministrará aulas de Ciências para o E.F.II, você:	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Tem/teria dificuldades, mas ministra/ministraria o tema.	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Tem/teria dificuldades, mas ministra/ministraria o tema.

Habilitação em Física

	F1 – 25/10 /17	F2 – 25/10 /17	F3 – 17/11/17	F4 – 14/03/19
Ano de ingresso	2013	2013	2014	2015
Conclusão	2016	2016	2018	2019
Possui outra formação?	Não	Não	Sim, técnico em mecatrônica	Não
Deu aulas para o ensino básico antes de entrar na graduação na Unifesp?	Não	Sim, aulas particulares de exatas	Não	Sim, em astrofísica na Escola Municipal de Astrofísica
Durante o período de graduação, você deu/dá aula para o ensino básico?	Sim, aulas de Física para Fundamental II e Ensino Médio desde 2015. Atuação no E.M. pelo PIBID-Física em 2014.	Sim, em 2015 participei do PIBID-Física como voluntária	Sim, PIBID - aulas de física em 2015, para 2º ano EM, sobre termodinâmica	Não
Caso já tenha concluído o curso, você ministrou/ministra aula para o ensino básico (qualquer ciclo)?	Sim, Física para Fund. II e E.M. desde 2015; tecnologias aplicadas (disciplina experimental) para 6º e 7º anos do Fund. II desde 2017	Sim, desde fevereiro/2017 dou aulas de Física para os três anos do ensino médio.	-	Não
Em caso afirmativo para alguma das duas questões anteriores, você abordou/aborda algum conteúdo relacionado à radiação?	Sim, Fund. II (desde 8º ano) até 3º do E.M.	Sim, em física para 2º e 3º ano do E.M.	Sim, termodinâmica 2º ano EM	Sim, radiação do espectro de estrelas, linhas de emissão e radiação nas aulas de física estelar.
Você teve algum	Não	Sim, em física,	Sim, em física e	Sim, nas disciplinas de

conteúdo relacionado à radiação durante a sua formação básica?		química e um pouco em biologia no E.M.	química no 2º ano EM	física e química
Você teve algum conteúdo relacionado à radiação durante o curso de licenciatura na Unifesp?	Sim, Físicas básicas (I, II, III e IV) e específicas.	Sim	Sim, em física 3, física nuclear e termodinâmica	Sim, Física Nuclear, Física III e Eletromagnetismo
Em caso afirmativo no item anterior, você acha que os conteúdos vistos foram suficientes para que você ministre aulas sobre o assunto?	Sim	Não	Outro: com as disciplinas específicas de física, sim; com o currículo básico, não.	Outro: é possível, mas com limitações.
Em sua opinião, o conteúdo Matéria e Radiação é relevante para o ensino básico e, especificamente, para o Ensino Fundamental II?	Sim	Sim	Sim	Sim
Caso este tema esteja no conteúdo programático da turma à qual você ministra/ministrará aulas de Ciências para o E.F.II, você:	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Ministra/ministraria o tema sem problemas

Habilitação em Química

	Q1 – 14/11/17	Q2 – 09/11/17	Q3 – 13/11/17	Q4 – 8/03/19
Ano de ingresso	2012	2012	2014	2016
Conclusão	2016	2015	2017	2019
Possui outra formação?	Sim, marketing	Não	Sim, tecnologia em alimentos - Faculdade de Tecnologia Termomecânica	Não
Deu aulas para o ensino básico antes de entrar na graduação na Unifesp?	Não	Não	Não	Não
Durante o período de graduação, você deu/dá aula para o ensino básico?	Não	Sim, durante um ano no último ano do curso, para 1ºs e 3ºs anos do E.M. - Química	Sim, durante os estágios II e IV, para turmas do 3º ano do E.M., na disciplina de química, em uma escola estadual	Não
Caso já tenha concluído o curso, você ministrou/ministra aula para o ensino básico (qualquer ciclo)?	Sim 8º e 9º ano, por 4 meses	Sim, estou atuando com E.M. 1ºs e 2ºs anos e fundamental Ciências 6ºs e 7ºs.	-	Não
Em caso afirmativo para alguma das duas questões anteriores, você abordou/aborda algum conteúdo relacionado à radiação?	Não	Sim, fundamental, 7ºs anos sobre sistema solar e satélite (comunicação)	Não	-

Você teve algum conteúdo relacionado à radiação durante a sua formação básica?	Não	Sim, física e química	Sim, na disciplina de química no 2º ano do E.M.	Sim, na química e física brevemente para abordar Raios-X
Você teve algum conteúdo relacionado à radiação durante o curso de licenciatura na Unifesp?	Sim, Química III	Sim, física 4, químicas 1 e 4; físico-química 1 e Química Inorgânica	Sim, terei aula sobre radiação semana que vem na UC de Físico-química II	Sim, Química I para falar sobre experimentos para descobrir partículas elementares, Física II e III com ondas.
Em caso afirmativo no item anterior, você acha que os conteúdos vistos foram suficientes para que você ministre aulas sobre o assunto?	Outro: não tenho certeza, pois não sei o conteúdo que veem no F. II.	Sim	Outro: ainda não tive a aula.	Outro: até temos material, mas falta esclarecimento sobre abordagens.
Em sua opinião, o conteúdo Matéria e Radiação é relevante para o ensino básico e, especificamente, para o Ensino Fundamental II?	Sim	Sim, em diversas situações precisamos abordar ou tangenciar esses temas, seja porque está no currículo, ou seja, devido às necessidades de complementação de assuntos em discussões.	Sim	Sim
Caso este tema esteja no conteúdo programático da turma à qual você ministra/ministrará aulas de Ciências para o E. F. II, você:	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Ministra/ministraria o tema sem problemas	Ministra/ministraria o tema sem problemas

ANEXO C – Transcrições de explicação dos mapas conceituais coletados

Transcrição 01 – B1

“Eu parti então de um tema central que é matéria e radiação. Eu comecei então pensando nos tipos de radiação e pelo o que eu me recordava tinha α , β e γ . Eu lembrava que a diferença entre a γ e as outras duas é que a gama não emitia partículas, enquanto α e β emitiam alguns tipos de partículas. E justamente pelo fato da gama não ter partículas, ela oferecia um risco maior porque ela não poderia ser barrada por algum anteparo.

De toda forma, os três tipos de radiação fazem parte de um processo chamado fissão nuclear, que depois eu vou correlacionar ele com a questão da matéria, mas de todo modo, esse tipo de conhecimento pode ser usado então para a confecção da bomba nuclear, que seria um uso negativo desse conhecimento, ou também para a formação de termoeletricas, que gera energia, que seria um uso bomba energia nuclear, que é o conceito chave aqui nesse final envolvendo os usos da energia nuclear.

Aí depois disso eu recordei que também a radiação estava envolvida com a questão de combate ao câncer. Então tem um outro uso benéfico pra esse tipo de conhecimento. E depois eu parti pra parte da matéria.

Na parte da matéria então eu relacionei primeiro o átomo e aí no átomo os seus componentes: elétron, próton e nêutron, sendo que elétron e próton possuem carga e próton e nêutron constituem o núcleo. E o nêutron, dependendo do caso, pode desestabilizar o núcleo, levando então por meio da fissão nuclear, levando novamente àquela gama de conceitos que eu falei anteriormente. Mas também, em condições de fundição dentro de estrelas, podem se formar novos átomos, que aqui é parte de um processo então chamado de fusão nuclear”.

Transcrição 02 – B2

“Foi bem básico porque eu não lembrava de muita coisa, né... como eu falei pra você, faz tempo que eu não vejo radiação, vi mais na graduação e a graduação eu terminei em 2015.

Aí eu coloquei que a radiação tem aspectos positivos e negativos, segundo muitas pessoas aí, né... aí os pontos negativos vão englobar a questão das armas nucleares, que pode ser debatido na escola, doenças que podem causar... se tomar muito Sol, o Sol tem radiação e

você pode ficar doente, enfim... a questão do lixo das usinas nucleares. Essa coisa de armas e usina podem gerar uma discussão política, social bem intensa, disputas de poder, aquela coisa mais política da coisa.

Também vai ter alguns pontos positivos, né, que eles consideram positivos, que a gente vai entrar mais na questão da medicina, no tratamento de algumas doenças como o câncer e a radiação vai funcionar como? Ela vai paralisar a divisão celular das células desreguladas, cancerosas. Não só as células desreguladas, as células normais também vão ficar comprometidas, mas basicamente vai paralisar essa desregulação dessas células né, na divisão celular aí.

Aí a radiação... aqui eu falei que ela pode emitir partículas α e β , dependendo se for alguma coisa radioativa. Aí ela pode vir de vários locais, do próprio Sol”.

Transcrição 03 – B3

“O tema da radiação, eu trabalharia ele como estando presente no cotidiano, tanto na saúde, quanto em aparelhos eletrônicos e natureza. Dentro da saúde dá pra explorar os exames laboratoriais e tratamentos de algumas patologias; os aparelhos eletrônicos que estão no cotidiano como micro-ondas, rádio, televisão, celulares, que são coisas que os alunos têm acesso. E na natureza, o próprio Sol, que as vezes é tratado como um grande vilão por ser associado a patologias. E também essa questão desse esteriótipo é reforçado pela mídia e isso é reforçado graças a falta de acesso ao conhecimento da população em geral. Coisa essa que seria resolvida se a gente tivesse um ensino básico de qualidade. Porque se a gente tivesse um ensino básico de qualidade, a população seria informada, de forma geral e ela poderia julgar se é bom ou ruim. Pode até apresentar um paradoxo, que seria o câncer, que geralmente é um grande vilão associado a radiação. Mas a radiação, ao mesmo tempo que ela gera o câncer, ela também tem a possibilidade de fazer o tratamento. Então ela realmente é uma vilã esse tempo inteiro? Será que não tem nada de bom que a gente possa tirar da radiação?

Também levar a se questionar no ensino básico como a ciência da natureza de forma geral pode tratar desses assuntos. A Biologia, se ela quiser trabalhar sozinha, pode tratar de aspectos como saúde, que você leva ao tratamento de patologias, por exemplo. Dá pra tratar as interações da radiação com o corpo, tanto em aspectos positivos quanto negativos. Dentro da Biologia ainda você pode tratar da botânica, você fala da produção de alimento a partir do Sol, que ele usa a radiação, as plantas usam a radiação para produzir alimento, não só as

plantas, mas outros seres autotróficos. E então você pode começar a falar das relações da teia alimentar. Porque se os seres autotróficos e as plantas não conseguem produzir seu próprio alimento através da radiação, você tem uma quebra dessa teia alimentar.

Dentro da Química, pode ser tratado também os elementos radioativos, que é o que mais cabe pro fundamental II, que é basicamente o que significam esses elementos, se qualquer elemento pode ser radioativo. São perguntas que podem nortear o ensino de Química nesse sentido. E o ensino de Física eu acho que caberia mais pra questão do funcionamento desses aparelhos, a questão de ondulatória. E é isso”.

Transcrição 04 – B4

“O conceito de radiação ele inclui as ondas, onda em trânsito. Essas ondas possuem duas divisões, como luz e como partícula, como elas podem se comportar. Nas partículas eu puxei os átomos, dentro desses átomos nós temos energia no núcleo dele e essa energia pode ser dividida de duas formas: ionizante e não-ionizante. Na ionizante nós temos perda de elétron e na não-ionizante nós temos cargas neutras.

Nas ondas nós temos a divisão em eletromagnéticas e mecânicas. Nas eletromagnéticas, um dos exemplos é o raio x, que também nós usamos para fins medicinais. Então para fazer exames de raio x mesmo. E das mecânicas, os dois exemplos que a gente pode ter é a alfa e a beta”.

Transcrição 05 – F1

“Quando a gente fala de radiação, penso nos dois temas que norteiam: matéria e energia. Vou começar o caminho pela energia.

Quando eu falo em radiação e energia, me vem à mente a ideia de ondas. Ondas que podem ser mecânicas, como exemplo, a do som; ou podem ser eletromagnéticas. E aí quando você vai para as ondas eletromagnéticas, você consegue ter um repertório maior de discussão sobre radiação. Por exemplo, discutir o que vai ser uma radiação não ionizante, que vão ser aquelas que não causam alterações no organismo, por exemplo, as ondas de rádio e TV, e as de micro-ondas, que ambas são bem associadas à ideia de transmissão de informações. A micro-ondas também são facilmente associadas à questão de aquecimento de líquidos, né? Da água, por conta do forno. Também tem a, infravermelha... infravermelho, perdão, que te leva para a noção de calor. E aqui a gente entra num campo todo da física, né, que é a questão da

termodinâmica, com entropia, temperatura, teoria cinética dos gases... Esse daqui (apontando para “termodinâmica”) eu vou dar uma guardada para fazer essa conexão (com “reações químicas/físicas”). Mas a termodinâmica “ta” facilmente relacionada com reações químicas e também com reações bioquímicas, mas essa daqui eu vou aguardar.

Voltando aqui para as não-ionizantes, ainda temos a luz visível, que é responsável por todas as cores que conhecemos no mundo, que nos leva também pra um campo da física que é a óptica física e ótica geométrica, que ta diretamente ligada à questão aqui do fóton. É... a teoria da... a ideia da luz visível, ela pode ir pro campo da teoria quântica. Quando você vai pro campo da teoria quântica, você estuda o mesmo objeto, mas com um outro olhar. Você vai ter um olha de a luz não sendo mais somente uma radiação, da questão de onda, mas ela vai ser um objeto quântico. E ela sendo um objeto quântico, pode apresentar o fenômeno de partícula, como no caso do efeito fotoelétrico.

No entanto, não é só a luz visível que vai ter isso. A... os elétrons, prótons, nêutrons e todas as partículas subatômicas vão apresentar esse fenômeno que também pode ser de partículas. Em algum momento, dependendo do olhar que você dá ou do experimento que você faz, você pode ter o fenômeno como a onda e em outros momentos o fenômeno como partícula.

E... voltando aqui pra eletromagnética, né, onde eu tinha feito essa divisão. A onda eletromagnética, né, esse tipo de radiação também podem ser radiações ionizantes, que são radiações que podem causar alterações nos organismos. Elas podem ser tipo de ultravioleta. Ultravioleta que eu fiz o link com a fotossíntese, que juntamente com a luz visível, né, são um tipo de radiação necessária pra organismos vegetais; e a ultravioleta também que ta associada bastante a captação de energia solar com os painéis de energia.

Como ionizante, eu também coloquei o raio x e já puxei o raio gama e coloquei ambos muito utilizado no uso hospitalar. Raio x pra diversos exames e raios gama que faz o combate de células cancerígenas, por exemplo. E quando eu penso em raios gama me vem à mente também a ideia de física nuclear, outro campo da física. E aí associo os raios alfa e raios beta, junto, alfa, beta e gama eu coloco como o que emite energia nuclear, a energia que emana lá de dentro do núcleo. Só que, quando você fala de física nuclear, o raio alfa, beta e gama, eles possuem o comportamento de partículas, são emissões de núcleos carregados, que a gente chama de partícula alfa, por exemplo, que é um núcleo de Hélio, se não me engano.

Física nuclear me leva a ideia de radioatividade. O que é a radioatividade? Esse comportamento que esses núcleos instáveis e mais pesados possuem. Então aqui eu penso que a gente mostra uma diferença bem grande entre o que é radiação, que tem toda uma questão (indicando todo o mapa); e o que é radioatividade. Óbvio que a gente poderia ter ido por diversos caminhos da radioatividade. Eu optei por não ir. E aí a gente chegou a esse outro campo, que é o de partícula, né, que é a divisão inicial: radiação como onda, ou radiação como matéria, com fenômenos de partícula”.

Transcrição 06 – F2

“Eu comecei partindo de radiação. Praticamente todas as relações que fiz foram partindo daqui ou chegando aqui em alguém momento (apontando para “radiação”). Coloque que a radiação pode estar relacionada com a radioatividade, embora não só. Pode fazer parte do estudo da Química, da Física e da Biologia. Especificamente no caso da Química e da Física, pode-se relacionar com o decaimento, que pode ser devido a partículas. Coloquei algumas aqui: os clássicos alfa, beta e gama. Essas partículas podem mudar a estrutura da matéria. Vou pra outro braço aqui.

A radiação pode se relacionar com o estudo também das ondas, que pode se dividir em mecânicas e eletromagnéticas, que a gente vai focar um pouquinho mais agora. Elas podem ser – coloquei entre aspas – “condensadas” no estudo do espectro eletromagnético. Possuem diferentes frequências e comprimentos de ondas. Essas diferentes frequências e comprimentos de ondas pode estar divididas em ionizantes e não-ionizantes, que também são tipos de radiação.

A radiação ionizante pode ionizar a matéria, ela tem energia suficiente pra isso. E a não-ionizante não modifica a matéria, porque não tem energia o suficiente pra isso. Coloquei aqui um exemplo da não-ionizante, que pode ser o infravermelho, que é o que a gente conhece como calor. E a ionizante pode ser a ultravioleta e ela se divide em UVB e UVA, que são tipos de radiação também. Essa ultravioleta pode causar o câncer, que é um crescimento maligno de matéria. E a Biologia também estuda a relação com isso aqui (apontando para a relação biologia-câncer)”.

Transcrição 07 – F3

“Então vamos começar aqui, centrando na radiação e radioatividade e aí citei alguns exemplos do que pode ser radioatividade. Alguns raios de radiação são raios x, gama, alfa, beta, entre outros. Aí eu fiz aqui a ligação que também podem ser raios infravermelhos e solares, que é o UV, que a gente tá mais acostumado, que podem causar câncer. Os raios solares, os raios UV em excesso de exposição, você pode ficar doente. Os raios solares também fornecem vitamina D, então ele pode causar doença, mas também é essencial para sua vida.

Os raios UV também e os infravermelhos a gente pode usar junto com raio x, raio gama, são usados na medicina. E a gente cria medicamentos, por exemplo, pra proteção do raio UV, como o protetor solar e alguns outros medicamentos. Raios x usamos na medicina também para fazer exames de raios x ou também radioterapias, que ajudam o tratamento de câncer. Então eles podem causar câncer e ajudar no tratamento. Também a radiação solar hoje em dia a gente tem a ligação com o aquecimento global, por conta do efeito estufa, o excesso de raios solares que permanecem na Terra.

A radiação também a gente pode usar no micro-ondas, que a gente usa no dia a dia. Então a gente tem várias máquinas e ferramentas que o homem criou usa radiação como uma forma de facilitar o dia a dia, o micro-ondas é um exemplo. Radiação e radioatividade a gente tem também o enriquecimento de urânio, que provoca decaimentos e tem a ver com os raios beta, gama e alfa. A gente pode desenvolver bombas através dele, que são armas poderosas que foram desenvolvidas durante o período da guerra, principalmente durante a Guerra Fria e a Segunda Guerra Mundial. Guerra Fria tivemos uma corrida entre os Estados Unidos e a Sérvia pra ver quem produzia as melhores bombas. Então era uma briga científica grande. A Segunda Guerra também. Criou-se bombas atômicas para armas em guerras, que obteve mortes de civis, como é o caso de Hiroshima e Nagasaki, no Japão, que foi um dos maiores catástrofes que já se viu.

No enriquecimento de urânio, existem legislações mundiais pra proibir, para que o urânio só seja usado como fonte de energia, que eu vou comentar aqui já. Mas vários países brigam para ter bombas atômicas como arma, através do enriquecimento de urânio, como é o caso dos Estados Unidos, da França, que têm bombas.

O desenvolvimento de armas gera economia, gera dinheiro nos países, mas isso gera tensão entre os países, que atualmente a gente tem a tensão com a Coreia do Norte e os Estados Unidos, que vem desse histórico todo de bombas atômicas que o homem criou desde a guerra.

A radioatividade e a radiação a gente pode ter como fonte de energia, então ela é uma fonte de energia. Então através dela a gente pode usar usinas nucleares e produzir energia elétrica, por exemplo, que é o que existe no caso do Japão, já que o Japão não tem o desenvolvimento de outros tipos de energia com facilidade, ele usa usinas nucleares. Mas com isso tem um problema, que o Japão tem muita instabilidade, tem vários terremotos, tsunamí. Isso causa acidentes e vazamentos nessas usinas, que leva a morte de vários civis japoneses quando se tem uma catástrofe muito grande e há vazamento na usina nuclear. No Brasil, a gente tem um polo de usina nuclear chamado de Angra, que fornece mais ou menos 20% da energia do Rio de Janeiro.

As usinas nucleares também desenvolvem, em alguns países... desenvolvem as bombas atômicas para fins de guerra. Eles dizem pra proteção, mas é pra guerra caso haja muita instabilidade econômica. As usinas nucleares quando vazam, ela podem... as usinas nucleares não né, no caso quando os elementos radioativos das usinas vazam, elas matam várias pessoas, como teve acidentes históricos como o caso de Chernobyl e como o caso do Césio aqui no Brasil. O de Chernobyl foi vazamento de usina nuclear, mas o do Césio foi por vazamento de raios X.

Além disso, um pouco antes do desenvolvimento da guerra, tinha muitos cientistas trabalhando. Entre eles, tinha a primeira mulher na ciência, que desenvolveu o elemento do rádio, que era a Marie Curie, e que ganhou o Nobel por isso. Ganhou o Nobel da Química e da Física. Então uma das principais áreas da ciência tinha mulheres trabalhando”.

Transcrição 08 – F4

“Uma tentativa de explicar o que seria radiação, eu iniciaria uma explicação com a matéria e energia, pois matéria e energia são equivalentes, você pode transformar uma em outra e vice-versa... elas se transforma, aliás. E durante as interações de matéria e energia elas podem emitir ou irradiar energia em forma de radiação. Aí o que eu entendo por radiação: você pode considerar que ela é uma forma de energia em trânsito e ela pode assumir dois

aspectos, a parte de partículas ou ela pode ser uma energia em trânsito em forma de ondas eletromagnéticas, ou seja, que não contém massa, só energia mesmo.

Elas são responsáveis por diversos fenômenos, por exemplo, a radiação é transformada... ela é responsável pela transmutação de elementos, que é quando um elemento químico se transforma em outro por meio de decaimentos e eles podem ser decaimento alfa, beta+ e beta-, e que são algumas partículas que são vazadas desse decaimento. Por exemplo, o decaimento alfa é quando ele emite um núcleo de hélio, com dois prótons e dois nêutrons e alteram o número de massa do elemento, você perdeu uma parte do núcleo e esse elemento se transforma em outro. O beta+ e o beta- são emissões de partículas, no caso do beta+ um pósitron, no beta- um elétron, que não alteram o número de massa, mais alteram o número atômico porque ele perde um elétron, então você tem uma transformação de nêutrons e você acaba tendo um outro elemento químico por transmutação também, mas sem alterar a massa dele inicial.

Outro fenômeno responsável pela radiação que eu coloquei aqui é a composição do espectro eletromagnético, que nós estudamos, por exemplo na astronomia, que é o espectro de ondas de luz visível ou não, que são uma forma de radiação emitida pela matéria ou pela própria energia. Um dos meios de transporte desse espectro é o fóton, que ele pode transportar a energia suficiente para ser luz visível, energia de luz infravermelha, ultravioleta, raios x, raios gama, por aí... e dependendo da quantidade de energia que você tem tanto pro decaimento de partículas ejetadas quanto por transmissão de radiação eletromagnética, dependendo no nível de energia, você pode ter uma radiação não-ionizante ou ionizante, que são tipos de radiações que são capazes ou não de interagir com a matéria devido a concentração energética que ela tá transportando. Então uma radiação ionizante é quando você emite, por exemplo, uma luz ultravioleta numa chapa de metal e você consegue arrancar elétrons dos átomos daquela chapa de metal, por exemplo, que você tá interagindo com ele de uma forma energética caso contrário, a luz infravermelha ou vermelha no espectro do visível vermelho, você não conseguiria ter essa movimentação de elétrons porque a energia... a transmissão de energia não é alta o suficiente para energizar o elétron e arrancar ele do estado que ele se encontra”.

Transcrição 09 – Q1

“Então, eu coloquei como conceito central a radiação e coloquei aqui: emitem... materiais radioativos emitem radiação. Elas podem ser do tipo alfa, beta, gama. E... essas radiações podem afetar o DNA, né. Coloquei aqui a ligação entre elas. Biologicamente, então ela afeta o DNA e causa doenças genéticas.

Pode ser usada como energia, aí coloquei as usinas nucleares, que utilizam urânio enriquecido como combustível. Esse tipo de uso gera subprodutos ou lixo nuclear que também emitem radiação. Ele tem que ser armazenado até o tempo de meia vida chegar perto do limite aceitável de radiação. Deve ter alguma medida de lei, né, sobre esse aspecto. Quando essa relação de armazenamento em local seguro não é contemplada, ela pode causar danos ao meio ambiente”.

Transcrição 10 – Q2

“A minha ideia era deixar esses dois conceitos mais ou menos centralizados (apontando para “fotos próximas de Saturno” e “Satélite Cassini”), aí depois as outras coisas orbitando eles. Mas ficou meio de lado, né. Então os temas que eu escolhi seriam as fotos próximas de Saturno. Próximas eu deixei entre aspas, porque próximo é relativo, né, que foram feitas pelo satélite Cassini ou outras que foram feitas por outros satélites. Por que isso? Porque eu gosto de trabalhar principalmente temas transdisciplinares para começar as minhas aulas. Eu sempre começo com temas transdisciplinares, alguma vivência dos meus alunos. Eu sempre pergunto isso antes para depois tentar ampliar para os conceitos que eu quero trabalhar. Pra mim inclusive o conceito não é o mais importante, o mais importante é o que fazemos com o conceito. Essa é a minha ideia. Por isso então o satélite Cassini, porque ele tá sendo falado na mídia então eu acho que os alunos teriam mais contato com isso, por isso eu quis começar com ele.

Então essas fotos próximas de Saturno, feitas pelo satélite Cassini, é... essas imagens, elas poderiam ser transmitidas, é... ele transmite fotos ou imagens por via de ondas eletromagnéticas. Elas possuem existência própria, ou seja, elas não dependem de outros meios para se propagar, diferente do que seria a fala, por exemplo, né. A gente precisa do ar para que a mensagem chegue a outra pessoa. São ondas também, mas as ondas eletromagnéticas têm existência própria e elas podem ser ondas de rádio, que é uma faixa de frequência ou de comprimento de onda específica. Do que? Da luz e a luz é feita de fótons. E

são os fótons que dão a característica dessa... que deixa a gente dizer que a luz é uma existência própria, devido aos fótons que as ondas eletromagnéticas têm existência própria. E os fótons, não tem massa, mas eles têm energia.

O satélite Cassini, sendo um dispositivo caro, tem diversas tecnologias de imagem, de comunicação, de lançamento, de logística, né? Tanto que... para que ele... ele passou por Saturno, mas para que ele pudesse chegar até Plutão ele teve que ir pegando meio que carona com a gravidade dos outros planetas, né. Se não ele demoraria muito pra chegar lá.

Essas fotos próximas de Saturno são feitas pelos dispositivos de imagem, obturador, lentes e sensor, que podem ser feitas em diversos tipos de faixa de frequência específica. Então não só a comunicação, a transmissão da imagem do satélite para Terra é feita por ondas eletromagnéticas, como também as próprias fotos, elas precisam das ondas eletromagnéticas para serem lidas, né. E essas faixas de frequências formam imagens em diferentes comprimentos de ondas, inclusive fora do espectro do visível.

É difícil para a gente imaginar imagens fora do espectro visível porque tudo o que a gente conhece é o que a gente vê. Mas então existe uma adaptação para que as outras faixas de frequência ou comprimento de onda sejam adaptadas para que a gente consiga ver. E as fotos são limitadas pela resolução da câmera, por isso é interessante que o satélite se aproxime do local. De longe, você teria uma menor capacidade de capturar essas ondas, enquanto estando mais perto você tem uma maior capacidade. Por isso que é importante lançar o satélite”.

Transcrição 11 – Q3

“Partindo de radiação, que é a ideia central, primeiro eu pensei no que ela é. Pra mim, a radiação seria uma forma de energia ou uma forma de propagação de energia e que muitas vezes ela é “vilanizada”, né, colocada como algo ruim, mas que na verdade não é bem assim. E aqui do lado direito, coloquei que ela pode ser eletromagnética e corpuscular. Um exemplo de radiação eletromagnética seria a própria luz.

Só que do outro lado eu coloquei outro “pode ser”, porque surgiram mais coisas. Aí eu coloquei que ela pode ser ionizante ou não-ionizante, mas aí eu não lembro bem. E também ela pode ser emitida naturalmente por certos materiais ou não, pode ser resultado de

um outro processo. E aqui me levou ao conceito de radioatividade, que seriam os elementos radioativos.

E voltando aqui pro centro da radiação eu pensei nas aplicações. Por exemplo, a radiação pode ser utilizada nas análises químicas, por exemplo a luz, as ondas eletromagnéticas utilizadas em diversos equipamentos, pode ser utilizada na medicina, pode ser utilizada em equipamentos eletrodomésticos e também outras diversas aplicações tecnológicas. Por exemplo, eu estudei tecnologia de alimentos. Muitos alimentos podem ser tratados com radiação, o que seria uma utilização da radiação também.

E tem mais um monte de coisas, pensem em comprimentos de onda, várias outras coisas, mas vou deixar por aqui”.

Transcrição 12 – Q4

“Eu fiz um mapa de acordo com a pesquisa que você precisa fazer com coisas que eu lembrava daqui. Então eu não procurei em outras fontes, eu fiz de acordo com o que eu lembrava daqui.

Aí eu comecei colocando a matéria como a mais importante da... todas as outras estão em fluxo aqui e a matéria, como a composição de partículas. Aí eu coloquei como partículas descobertas e em descobrimento e isso aqui compo a matéria. E eu relatei a radiação com energia e emissão e que seria... essa energia em movimento, em forma de pacotes de energia bem definidos e também contendo comportamento de ondas. Só que eu lembrei muito de uma das matérias de Física que a gente descobriu o efeito fotoelétrico. E as emissões que ocorrem da matéria. Então, pra mim, a radiação não ocorre de uma só partícula, tem diversas formas e é sempre essa energia em movimento, energia em transição”.