



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

Izabella Pereira Lopes

**Modelos atômicos e tabela periódica:
o uso da abordagem histórica como facilitadora da aprendizagem
significativa**

São José do Rio Preto
2020

Izabella Pereira Lopes

**Modelos atômicos e tabela periódica:
o uso da abordagem histórica como facilitadora da aprendizagem
significativa**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin

São José do Rio Preto
2020

L864m

Lopes, Izabella Pereira

Modelos atômicos e tabela periódica : o uso da abordagem histórica como facilitadora da aprendizagem significativa / Izabella Pereira

Lopes. -- São José do Rio Preto, 2020

268 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientador: Gustavo Bizarria Gibin

1. Aprendizagem significativa. 2. Mapeamento Conceitual. 3. Material didático. 4. História da química. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Izabella Pereira Lopes

**Modelos atômicos e tabela periódica:
o uso da abordagem histórica como facilitadora da aprendizagem
significativa**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Profº. Dr.º Gustavo Bizarria Gibin
UNESP – Câmpus de Presidente Prudente
Orientador

Profº. Dr.º Jackson Gois da Silva
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Profº. Drº. Moacir Pereira de Souza Filho
UNESP – Câmpus de Presidente Prudente

Presidente Prudente
04 de março de 2020

Dedico aos meus pais, pelo esforço e
dedicação dispensados ao longo de minha
trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora, pela força, sabedoria e discernimento para concluir esta etapa de minha vida.

Agradeço a minha família pelo apoio, especialmente, meus pais pelos esforços, dedicação, compreensão e apoio dispensados ao longo de minha trajetória acadêmica; ao meu namorado pela compreensão, amor, apoio e companheirismo ao longo dos dez anos de relacionamento e, principalmente, nesses últimos anos.

Agradeço a todos os meus amigos que, direta ou indiretamente, participaram da minha formação.

Agradeço ao **Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin**, pela orientação, confiança e compreensão ao longo desses dois anos.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, **Prof.Dr. Jackson Gois da Silva** e **Prof. Dr. Moacir Pereira de Souza Filho**. Agradeço por todas as sugestões, indicações de leitura, questionamentos e reflexões que foram extremamente relevantes e importantes para o aperfeiçoamento e finalização deste estudo.

Agradeço a UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlia de Mesquita Filho”, aos docentes e coordenadores do programa de Ensino e Processos Formativos pelos ensinamentos passados com dedicação e paciência.

Agradeço ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS) por abrir as portas e possibilitar que este trabalho fosse realizado.

“Os químicos são uma estranha classe de mortais, impelidos por um impulso quase insano a procurar seus prazeres em meio a fumaça e vapor, fuligem e chamas, venenos e pobreza e, no entanto, entre todos esses males, tenho a impressão de viver tão agradavelmente que preferiria morrer a trocar de lugar com o rei da Pérsia.”

Johann Joachim Becher, *Physica Subterranea*
(1667) (apud Strathern, 2002)

RESUMO

Neste estudo apresentamos a aplicação de um texto didático, produzido pela pesquisadora, a respeito dos conceitos de modelos atômicos e tabela periódica. O material foi aplicado em um minicurso, no período vespertino para alunos da primeira série do Ensino Médio de uma Escola Técnica do interior de São Paulo. O minicurso “Mapeando Conhecimento: uma abordagem histórica sobre Modelos Atômicos e Tabela Periódica”, com carga horária de trinta horas, aplicado pela pesquisadora, contou com uma metodologia que envolveu o preparo de mapas conceituais e realização de entrevistas. Segundo Ausubel, Novak e Moreira, é fundamental analisar previamente aquilo que se vai ensinar, pois, nem tudo que se encontra em programas, livros e outros materiais didáticos do currículo é abordado em sala de aula, uma vez que o tempo é limitado. Aliás, a ordem na qual os principais conceitos aparecem nos materiais didáticos e programas, na maioria das vezes, não é a mais adequada para facilitar a interação do conhecimento prévio do aprendiz ao conceito apresentado. Dessa forma, a metodologia adotada no minicurso pretende justamente facilitar essa interação, através do uso de mapas conceituais preparados, também, pela pesquisadora, que no início das aulas, após os alunos elaborarem seus próprios mapas e após as entrevistas, irá introduzir o conteúdo do dia, apresentando os pontos principais e relacionando-o com o conteúdo visto no dia anterior. As entrevistas serão utilizadas para complementar a análise dos mapas conceituais, uma vez que é importante o aluno explicar os significados que atribuiu as relações conceituais as quais elaborou. Os mapas serão analisados a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Os critérios analisados nos mapas foram: organização do pensamento, para averiguar o raciocínio e dificuldades referentes a elaboração do mapa. Relações ou interrelações conceituais, que foram divididas nas categorias: válida, parcialmente válida e inválida. Hierarquias e ligações cruzadas, pois, de acordo com Novak, indicam diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos. Por fim, uma comparação entre mapas, com o objetivo de verificar indícios de aprendizagem significativa, foi realizada e obedeceu a sugestão de Novak para avaliar, quantitativamente, esses mapas. As análises mostraram uma melhoria gradual na elaboração de mapas conceituais, além, de ganhos em aprendizagem, perceptíveis, também, através das entrevistas. Apesar do uso de suas concepções alternativas em alguns momentos ao final do minicurso, houve um avanço em relação ao conhecimento que os alunos possuíam no início e o fato de não utilizarem ideias de forma literal para explicar seus mapas, no decorrer das entrevistas, evidencia que estão caminhando em direção a uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa, mapas conceituais, material potencialmente significativo, história da química.

ABSTRACT

In this study we present the application of a potentially meaningful material regarding the concepts of atomistic and periodic table. The material was applied in a short course, in the afternoon, for students of the first grade of high school in a Technical School in the interior of the state of São Paulo. The short course “Mapping Knowledge: a historical approach on Atomic Models and Periodic Table”, with a workload of 30 hours, was applied by the researcher, had a methodology that involved the development of concept maps and interviews. According to Ausubel (1968), Novak (1984) and Moreira (2011a), it is essential to analyze previously what is going to be taught, because not everything that is found in curriculum programs, books and other didactic materials is approached in the classroom, since time is limited. In fact, the order in which the main concepts appear in the didactic materials and programs, for the most part, is not the most appropriate to facilitate the interaction of the learner's prior knowledge with the concept presented. There are two conditions for meaningful learning: 1) the material used in learning must be potentially meaningful and 2) the learner must be willing to learn. The first condition requires that learning material - such as books, videos, among others - have a logical meaning for the learner, and for this, it is necessary to structure the material in order to initially approach broader and simpler concepts and progressively develop for more specific and complex concepts. In order for the new concept seen to be truly learned, the learner must have in its cognitive structure the corresponding subsumers with which this new concept will relate. This means that the material must be related to the learner's cognitive structure and the learner must have the necessary background knowledge. The interviews will be used to complement the analysis of the concept maps, which will be analyzed in the light of David Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The criteria analyzed in the maps will be thought organization, to ascertain the reasoning and difficulties regarding the elaboration of the map. Conceptual relationships or interrelationships, which were divided into the categories: valid, partially valid and invalid. Hierarchies and cross-links, therefore, according to Novak (1984), indicate progressive differentiation and integrative reconciliation of concepts. Finally, a comparison between maps, aiming to verify signs of significant learning, will be performed and will rely on the suggestion of Novak (1984) to quantitatively evaluate these maps. Preliminary analyzes showed a gradual improvement in concept mapping and learning gains. It was possible to observe throughout the development of the interviews and maps that the students were having advances with the content, elaborating and modifying their subsumers. Thus, it was possible to observe some evidence of significant learning.

Keywords: meaningful learning, concept maps, potentially meaningful material, history of chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo do processo de assimilação que ocorre entre novos conceitos e conceitos prévios.	35
Figura 2 - Mapas conceituais elaborados por um licenciando em Química mostrando (a) suas concepções prévias e (b) novas relações feitas depois da intervenção pedagógica.....	36
Figura 3 - Representação esquemática do contínuo aprendizagem mecânica - aprendizagem significativa.	38
Figura 4 - As imagens (a) e (b) mostram o primeiro e segundo mapa, respectivamente, elaborada por um aluno da referente pesquisa.....	39
Figura 5 - Mapa conceitual elaborado por professores de ciências para um núcleo interdisciplinar.	44
Figura 6 - Mapa conceitual para a epistemologia de Kuhn (MOREIRA e MASSONI, 2011).	44
Figura 7 - Estrutura genérica de um mapa conceitual.	65
Figura 8 - Primeiro mapa conceitual elaborado por Júlia - Conhecimentos Prévios.....	71
Figura 9 - Segundo mapa conceitual elaborado por Júlia.	75
Figura 10 - Terceiro mapa conceitual elaborado por Júlia.	80
Figura 11 - Quarto mapa conceitual elaborado por Júlia.	84
Figura 12 - Quinto mapa conceitual elaborado por Júlia.	88
Figura 13 - Comparação dos mapas IV, V(a) e V(b) de Aline.	97
Figura 14 - Comparação dos mapas I, II, III e IV de Amanda.	98
Figura 15 - Comparação dos mapas II, III e V de Bruna	99
Figura 16 - Comparação dos mapas I, III e IV de Pedro.....	101
Figura 17 - Comparação dos mapas III, IV e V de João	102
Figura 18 - Mapa II de Daniele	103
Figura 19 - Mapas II e III de Caio.	104
Figura 20: Tales de Mileto (624 - 546 a.C.).....	131
Figura 21: Otto von Guericke (1602 - 1686).....	133
Figura 22 - Primeiro mapa.....	190
Figura 23 - Segundo mapa.....	191
Figura 24 - Terceiro mapa.	192
Figura 25 - Quarto mapa.	193
Figura 26 - Quinto mapa.	194
Figura 27 - Primeiro mapa.....	195

Figura 28 - Segundo mapa.....	196
Figura 29 - Terceiro mapa.	197
Figura 30 - Quarto mapa.	198
Figura 31 - Quinto mapa.	199
Figura 32 - Primeiro mapa.....	200
Figura 33 - Segundo mapa.....	201
Figura 34 - Terceiro mapa.	202
Figura 35 - Quarto mapa.	203
Figura 36 - Quinto mapa.	204
Figura 37 - Primeiro mapa.....	205
Figura 38 - Segundo mapa.....	206
Figura 39 - Terceiro mapa.	207
Figura 40 - Quarto mapa.	208
Figura 41 - Quinto mapa. Modelos atômicos	209
Figura 42 - Quinto mapa. Tabela Periódica.	210
Figura 43 - Primeiro mapa.....	211
Figura 44 - Segundo mapa.....	212
Figura 45 - Terceiro mapa.	213
Figura 46 - Quarto mapa.	214
Figura 47 - Primeiro mapa.....	215
Figura 48 - Segundo mapa.....	216
Figura 49 - Quarto mapa.	217
Figura 50 - Mapa cinco. Modelos atômicos	218
Figura 51 - Mapa cinco. Tabela Periódica.	219
Figura 52 - Primeiro mapa.....	220
Figura 53 - Segundo mapa.....	221
Figura 54 - Terceiro mapa.	222
Figura 55 - Quarto mapa.	223
Figura 56 - Primeiro mapa.....	224
Figura 57 - Segundo mapa.....	225
Figura 58 - Terceiro mapa.	226
Figura 59 - Quinto mapa. Modelos atômicos.	227
Figura 60 - Quinto mapa. Tabela Periódica.	228
Figura 61 - Primeiro mapa.....	229

Figura 62 - Segundo mapa.....	230
Figura 63 - Quinto mapa. Modelos atômicos e Tabela Periódica.....	231
Figura 64 - Primeiro mapa.....	232
Figura 65 - Segundo mapa.....	233
Figura 66 - Terceiro mapa.	234
Figura 67 - Primeiro mapa.....	235
Figura 68 - Segundo mapa.....	236
Figura 69 - Terceiro mapa.	237

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Questões para discussão	32
Quadro 2 - Categorias de classificação dos seres vivos.....	33
Quadro 3: Atividades prévias para introduzir na criação de mapas conceituais para alunos a partir do sétimo ano, até o ensino universitário.....	50
Quadro 4 – Outras atividades que podem ser utilizadas para iniciar a elaboração dos mapas conceituais pelos estudantes.	52
Quadro 5: Critérios de avaliação de mapas conceituais.....	66
Quadro 6: Critérios de avaliação de mapas conceituais.....	67
Quadro 7: Critérios para pontuação dos mapas conceituais.....	68
Quadro 8 - Categorias de análise	68
Quadro 9 – Palavras-chave utilizadas para elaborar o Mapa I	70
Quadro 10 - Classificação das ligações conceituais – Primeiro mapa de Júlia	72
Quadro 11 - Palavras-chave utilizadas para elaborar o Mapa II.....	75
Quadro 12 - Frases usadas no Mapa II.....	75
Quadro 13 - Classificação das ligações conceituais – Segundo mapa de Júlia	76
Quadro 14 - Palavras-chave oferecidas para elaboração do Mapa III	78
Quadro 15 - Frases usadas no terceiro mapa de Júlia	78
Quadro 16 - Classificação das ligações conceituais – Terceiro mapa de Júlia	79
Quadro 17 - Palavras-chave oferecidas para a elaboração do mapa IV	83
Quadro 18 - Frases usadas no quarto mapa conceitual de Júlia	83
Quadro 19 - Classificação das ligações conceituais - Quarto mapa de Júlia	84
Quadro 20 - Palavras-chave oferecidas para o mapa sobre Modelos Atômicos	86
Quadro 21 – Palavras-chave oferecidas para o mapa sobre Tabela Periódica	86
Quadro 22 - Frases usadas no quinto mapa conceitual de Júlia	87
Quadro 23 - Classificação das ligações conceituais - Quinto mapa de Júlia	88
Quadro 24 - Pontos positivos e negativos	106
Quadro 25 - Opinião dos alunos sobre mapas conceituais.....	107
Quadro 26 - Sugestões dos alunos	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação das pontuações dos cinco mapas de Júlia	93
Tabela 2 - Pontuação dos alunos por mapa	95

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1 - MATERIAL DIDÁTICO E A HISTÓRIA DA CIÊNCIA.....	18
1.1 Importância da contextualização histórica; abordagem nos livros	19
1.1.1 Dificuldades dos alunos sobre os conteúdos de Modelos Atômicos e Tabela Periódica	21
1.2 Elaboração de um material potencialmente significativo	24
1.2.1 Conteúdos abordados e organização do texto didático	24
1.2.2 Mapas Conceituais	25
1.3 Questão de pesquisa e objetivos	26
1.3.1 Questão de pesquisa	26
1.3.2 Objetivos	26
CAPÍTULO 2 - A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	28
2.1 David Ausubel e a Aprendizagem Significativa	28
2.1.1 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa	29
2.1.2 Subsúncos e organizadores prévios	30
2.1.3 Assimilação	34
2.1.4 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa	37
2.1.5 Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica	37
2.1.6 Aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta	40
2.1.7 Tipos e formas de aprendizagem significativa	40
2.2 Joseph Novak e sua visão humanista da aprendizagem significativa	42
2.2.1 Mapas Conceituais	43
2.2.2 Utilização dos mapas conceituais	45
CAPÍTULO 3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
3.1. Conhecendo os participantes da pesquisa e o ambiente.	48
3.2. Metodologia	49
3.2.1. Como elaborar mapas conceituais.....	49
3.2.2. Entrevistas	53
3.2.3. Questionários	55
3.2.4. Desenvolvimento do material didático	56
3.3. Minicurso.....	57
3.3.1. Duração e metodologia	57

3.4. Análise dos dados	64
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	70
4.1 Mapas Conceituais elaborados por Júlia	70
4.1.1 Dia II – Da teoria elementar ao átomo: como tudo começou!	70
4.1.2 Dia III – Radioatividade e o surgimento de um novo modelo	74
4.1.3 Dia IV – Dualidade onda – partícula e o novo modelo atômico.....	77
4.1.4 Dia V – Como os elementos estão organizados?.....	82
4.1.5 Dia VI – Organização da Tabela Periódica atual: classificação dos elementos e periodicidade	86
4.2 Evidências de aprendizagem significativa	92
4.2.1 Análise das pontuações de Júlia	93
4.2.2 Análise geral dos alunos	94
4.3 Análise dos Questionários	105
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
REFERÊNCIAS.....	112
APÊNDICE A – PLANEJAMENTO DO MINICURSO.....	118
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO MINICURSO	121
APÊNDICE C – EXPERIMENTOS	123
Eletroscópio caseiro	123
Entendendo a fluorescência e a fosforescência, são todos radioativos?	126
Teste de chama	129
APÊNDICE D – EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E TABELA PERIÓDICA: DE TALES DE MILETO À MENDELEIEV	131
APÊNDICE E – MAPAS CONCEITUAIS FEITOS PELOS ALUNOS	190
APÊNDICE F – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS.....	238

INTRODUÇÃO

Ao longo de minha trajetória acadêmica, lembro-me de pensar em ter várias profissões, porém, a primeira delas, escolhida ainda criança, foi a que eu segui: professora. A maior parte da minha vida acadêmica se deu em escola particular, somente o Ensino Médio foi cursado em escola pública. Sempre me dediquei muito aos estudos e tive o privilégio de ter muitos professores ótimos.

Confesso que nem toda vida gostei mais de Química do que de outras disciplinas, na verdade, durante o Ensino Fundamental, adorava História e Biologia. Durante muito tempo, por conta da dificuldade com a linguagem específica, as disciplinas de Matemática, Química e, principalmente, Física não estavam entre as favoritas e um curso na área de exatas era sempre minha última opção.

Cursei o Ensino Médio em escola pública, porém, em uma escola técnica. Devido a isso, durante a segunda série do Ensino Médio, tive a oportunidade de cursar Técnico em Química e foi quando minha relação com a disciplina mudou. Até esse momento, tinha deixado de lado a vontade de ser professora, por várias razões que incluem, infelizmente, a opinião dos outros sobre a profissão. Ao final do curso técnico e do Ensino Médio, havia decidido cursar Química, porém, o bacharelado porque não daria o “braço a torcer”. Infelizmente, ou felizmente, por faltar um ponto, não passei no vestibular e no ano seguinte optei por fazer cursinho pré-vestibular. Um ano de cursinho mudou muito minhas concepções, principalmente, sobre ser professor. Conheci muitos professores com metodologias variadas e que demonstravam grande satisfação em estar numa sala de aula. Acredito que era isso que faltava, encontrar professores que estavam fazendo o que gostavam e dando o melhor de si. Claramente, no fim do ano, optei por cursar Licenciatura em Química.

Ao ingressar na Universidade, um mundo novo estava a minha volta. Não sabia ao certo o que esperar, porém, graças a avisos de quem já estava no curso, já sabia que teria que me dedicar muito aos estudos. Contudo, não fui avisada sobre as dependências e sobre o fato de um curso de licenciatura ser formado, em sua grande maioria, por alunos que diziam não querer seguir a carreira docente. Em minha própria turma, haviam vários, acredito que a maioria. Outro conflito ocorreu durante as aulas, pois, por ser um curso de licenciatura, pensava que a todo momento seríamos preparados e instruídos na prática docente, porém, percebi que pareciam haver duas grades curriculares: uma voltada para conteúdos químicos e outra voltada para metodologias de prática docente, didática e referenciais teóricos.

O primeiro contato com meu referencial teórico foi durante as aulas de Psicologia da Educação. Dentre todos os referenciais vistos durante a disciplina, foi com a teoria da aprendizagem significativa que eu mais me identifiquei. Contudo, só voltei a ver algo sobre isso durante as disciplinas de Estágio Supervisionado, Didática Geral e Instrumentação para o Ensino de Química I e II, no penúltimo e último ano. No último ano, durante a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química I, tive a oportunidade de elaborar um texto didático. O texto deveria ser contextualizado e conter atividades a serem elaboradas pelos alunos. Por ainda gostar muito de história, optei por colocar no meu texto a história relacionada ao conteúdo. Antes desta atividade proposta pelo professor da disciplina, o qual é, também, meu orientador, já havia conversado com ele sobre possíveis projetos de pesquisa para o mestrado. Contudo, depois de terminar o texto, resolvi que gostaria de trabalhar com elaboração e aplicação de material didático, e não poderia deixar de ter como referencial David Ausubel. Nesse sentido, trabalhamos na elaboração de um texto didático e sua aplicação, com objetivo de buscar evidências de aprendizagem significativa.

A escolha para o tema dessa pesquisa foi feita durante a graduação em Licenciatura em Química na FCT-UNESP Presidente Prudente. No decorrer das aulas de Estágio Supervisionado de Prática Pedagógica, foram ministradas monitorias para alunos do Curso Pré-Vestibular IDEAL, ligado à FCT-UNESP. Ao longo da monitoria, apesar da participação de poucos alunos, foi possível perceber que eles possuíam muita dificuldade em compreender questões como propriedades periódicas e a própria Tabela Periódica.

Além disso, houve a oportunidade de desenvolver um material didático nas aulas de Instrumentação para o Ensino de Química I pautado na teoria de Ausubel e nas ideias de Novak e Gowin, onde o mesmo deveria conter, além do conteúdo, propostas de atividades.

Portanto, neste trabalho, buscou-se melhorar e contextualizar o material desenvolvido nas aulas de Instrumentação, com o objetivo de ser utilizado em minicurso para alunos da primeira série do Ensino Médio. Como ferramentas de coleta de dados para a pesquisa foram utilizados mapas conceituais, entrevistas e questionários.

Dessa forma, no capítulo I, buscamos conceituar, de forma sucinta, o que são materiais didáticos e materiais potencialmente significativos, quais as principais dificuldades dos alunos com os conteúdos em questão e quais os objetivos desta pesquisa.

No capítulo II, abordamos a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, além da contribuição humanista de Joseph Novak, seu colaborador. Ainda neste capítulo, tratamos sobre a estratégia desenvolvida por Novak que nos permite ter uma noção da organização da estrutura cognitiva do aluno, os mapas conceituais.

No capítulo III, buscamos tratar sobre a metodologia adotada nesta pesquisa, o desenvolvimento do material didático e do minicurso. No capítulo IV, apresentamos os resultados e análises obtidos, de acordo com os dados coletados durante o minicurso. Por fim, no capítulo V, serão apresentadas as considerações finais de todo o trabalho.

CAPÍTULO 1 - MATERIAL DIDÁTICO E A HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Segundo Bandeira (2009), de forma geral, os materiais didáticos podem ser definidos como *“produtos pedagógicos utilizados na educação”* e, especificamente como *“material instrucional que se elabora com finalidade didática”*. Para a autora, a definição de material didático está vinculada ao suporte que possibilita a materialização do conteúdo, ou seja, se o material será impresso ou se necessitará de algum recurso audiovisual. Borges (2012) utiliza como sinônimo de material didático outros termos como: *“material de ensino, recurso ou meios de ensino, recursos didáticos, material ou recurso pedagógico”*.

Respeitando as modalidades e etapas da educação formal e informal, materiais didáticos impressos podem ser divididos em conjuntos ou coleções como caderno de atividades, livro-texto, livro didático, livro paradidático, mapas, entre outros. Materiais didáticos audiovisuais buscam trabalhar com estímulos sensoriais em busca de uma troca comunicacional, deverá explorar a especificidade da linguagem e as diferentes combinações e direções entre recursos de áudio e recursos visuais. Como materiais audiovisuais temos vídeo, videoaula, videoconferência, entre outros, que possuem uma maior potencialidade a ser explorada na Educação a Distância (EAD) (BANDEIRA, 2009).

Com o desenvolvimento tecnológico, o aparecimento e utilização das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) na educação, a oferta de produtos didático-pedagógicos foi ampliada e, é possível desenvolver produtos customizados de acordo com as diversas demandas, que inclui o público com necessidades especiais. Contudo, mesmo com o avanço das tecnologias, a maior parcela dos materiais didáticos é produzida em mídia impressa, porque segundo Bandeira (2009):

- Sempre foi mais bem aceito por alunos e professores.
- É fácil de manusear e pode ser utilizado em todas as etapas e modalidades da educação.
- Pode ser consultado por alunos e professores, dentro e fora da sala de aula.
- Não requer nenhum equipamento ou recurso tecnológico para sua utilização.

Confirmando o que Borges (2012) diz que, para que um material didático seja utilizado, é preciso levar em consideração pelo menos três fatores: a disponibilidade, ou seja, ele existir no espaço de trabalho (escola); acessibilidade, que é o professor conhecer os

pressupostos teóricos e técnicos de uso; o material ser adequado aos objetivos que o professor tem para o ensino em sala de aula.

O material didático interfere intencionalmente na relação professor – aluno – conhecimento, pois o diálogo entre eles não pode se limitar apenas à linguagem oral. Esse papel mediador faz com que o material seja e sofra influência do que ocorre, ou não, em sala de aula (BORGES, 2012). Dessa forma, há uma dupla mediação onde a função do material é mediar a relação entre professor – aluno – conhecimento; e a função do professor, através de uma metodologia adequada, é mediar os significados dos conceitos que são veiculados por esse material.

1.1 Importância da contextualização histórica; abordagem nos livros

O termo contextualização é relativamente novo na língua portuguesa, e começou a ser utilizado nos documentos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Segundo o que consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2002a e 2002b), a contextualização sociocultural é importante para que os alunos conheçam a História da Ciência e compreendam seu papel na sociedade, nas diferentes épocas e como ocorreu seu desenvolvimento, o aluno é capaz de compreender que a Química, por exemplo, não é um campo absoluto, de respostas prontas; é uma ciência, passível de erros, mudanças e, principalmente, sofre influência dos aspectos econômicos, sociais e políticos de cada época (NAVARRO, FÉLIX e MILARÉ, 2015; WARTHA, SILVA e BEJARANO, 2013).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), traz a contextualização social, cultural e histórica como fundamental para que estudantes compreendam que ciência e tecnologia são empreendimentos humanos e sociais. Para isso, é proposto que sejam discutidos o papel do conhecimento científico e tecnológico nas relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. No caso da contextualização histórica, o documento apresenta que a mesma não se trata apenas de menção a nomes de cientistas e datas históricas, mas de apresentar a ciência como uma construção social, com obstáculos e contradições, onde ora influencia ora é influenciada por condições sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais de cada local, época e cultura.

Contextualizar é uma postura frente ao ensino, a todo o momento, não é apenas exemplificar o conteúdo. Contextualizar significa incorporar experiências concretas e diversificadas ao ensino, é construir significados e assumir que no conhecimento existe uma relação entre sujeito e objeto. Construir significados a partir de contextos leva o aluno a

perceber a relevância do conteúdo e aplicar esse conhecimento para compreender fatos, fenômenos e processos que o cercam (WARTHA e FALJONI-ALÁRIO, 2005).

Fernández, Gatica e Blancafort (2010) apontam em seu trabalho que professores em formação reconhecem a importância e as vantagens de utilizar o contexto histórico nas aulas de Química. Porém, na prática, acabam repetindo o mesmo modelo tradicional com o qual estão acostumados, e não conseguem fazer seus alunos compreenderem a química como uma ciência dinâmica, que está em constante mudança e que seus conceitos, modelos e teorias não são conhecimentos prontos e acabados ou verdades absolutas.

Segundo Matthews (1994) *"[...] a História da Ciência pode humanizar os conteúdos científicos [...]".* Através de discussões sobre a História da Ciência, é possível mostrar o caráter hipotético e tentativo da ciência; mostrar as limitações das teorias e problemas que ainda carecem de solução. Dessa forma, é possível fazê-los compreender que o conhecimento que se tem hoje é resultado de um longo processo, e que não basta apenas alguns experimentos para aceitar ou refutar uma teoria, ou mesmo para modificá-la. Outro ponto importante de ser compreendido é o fator social, de proporcionar a compreensão sobre como a sociedade influencia na ciência e “no fazer ciência” (LOGUERCIO e DEL PINO, 2006).

Além disso, Loguercio e Del Pino (2006) entendem que *"[...] se um conceito serviu historicamente para superar um obstáculo epistemológico, pode servir para superar obstáculos epistemológicos dos alunos atuais [...]".* Portanto, ao tratar a aprendizagem como um processo de construção de conhecimentos, e descrever a história como um processo de evolução de conhecimentos, nos permite, através de textos ou episódios dessa História da Ciência agir sobre esses obstáculos epistemológicos. Dessa forma, pode-se gerar uma ruptura e reconstrução do conhecimento.

A abordagem com a qual a História da Ciência é apresentada nos livros didáticos é realizada de forma simplificada com a escolha de alguns fatos históricos, que são utilizados para justificar e explicar a passagem de um modelo para outro, por exemplo, permite que seja difundida a ideia de que a Química é uma ciência linear e cumulativa, na qual as descobertas simplesmente aconteceram sem erros e dificuldades (SILVA, SANTOS e MENDONÇA, 2013). Essa ordem cronológica não problematizada, não proporciona ao aluno a noção de que o conhecimento científico, suas teorias e conceitos são provisórios e passíveis de aperfeiçoamento (MELO e LIMA NETO, 2013). No caso dos modelos atômicos, por exemplo, o recorte histórico encontrado nos livros didáticos permite a sensação de que um modelo substitui o outro e que, portanto, o anterior é pior que o posterior. Não fica claro que uma teoria científica é baseada em hipóteses, experimentos, cálculos e conceitos e que,

enquanto conseguir explicar e prever fenômenos, a teoria é aceita. A partir do momento em que surgem fenômenos que não são explicados por ela, necessita-se de novos cálculos e experimentos para adequar a teoria existente aos novos fenômenos observados (MELO e LIMA NETO, 2013).

Segundo Mehlecke et al. (2012), o conteúdo de tabela periódica é parcialmente contextualizado em relação aos fatos históricos. A história da evolução da tabela é apresentada nos livros didáticos, normalmente, como recortes ou figuras anexas com pouca relação com os textos do conteúdo propriamente dito. Organizado e exposto dessa forma, não revela ao estudante uma relação clara sobre como o conhecimento evolui, além de induzir a uma compreensão equivocada sobre a tabela periódica atual. Por outro lado, com o contexto histórico melhor inserido nos livros, o professor teria outra alternativa para abordar o conteúdo, que faria com que os alunos tivessem uma visão mais clara e completa de que a ciência é uma construção humana, além de observar como ocorre essa construção.

No caso dos modelos atômicos a situação se repete, são apresentados apenas alguns recortes de fatos históricos para justificar e explicar a razão para o surgimento de outro modelo. Segundo Paganotti et al. (2016), alguns livros didáticos apresentam os modelos de Rutherford e Bohr juntos; outros não apresentam o modelo de Sommerfeld e nem falam sobre sua contribuição, porém, mostram o modelo atômico "atual" com camadas em forma de elipses, sem explicar a razão para isso. Outros, ainda mostram os modelos de Rutherford e Bohr, erroneamente, com as camadas em forma de elipses.

Dessa forma, apresentar a História da Química, e da Ciência de uma forma geral, como se desenvolveu e ainda são desenvolvidos conceitos e teorias científicas, pode aproximar os estudantes dos cientistas e da própria ciência, pois os mesmos passam a enxergá-la como algo alcançável, que ele próprio pode compreender e aplicar, portanto, pode facilitar a compreensão dos conteúdos, além de desconstruir a imagem de gênio inalcançável, que os estudantes associam aos cientistas (NAVARRO, FÉLIX e MILARÉ, 2015; MEHLECKE, 2012).

1.1.1 Dificuldades dos alunos sobre os conteúdos de Modelos Atômicos e Tabela Periódica

Os desafios enfrentados atualmente no ensino como um todo, não apenas no ensino de Química, são dos mais variados: salas superlotadas; metodologias de ensino centradas no

conteúdo; alunos desmotivados e desinteressados; professores mal remunerados, algumas vezes despreparados e desmotivados, enfim, o que não faltam são obstáculos para uma aprendizagem significativa dos estudantes.

Tratando dos conteúdos alvos deste estudo, tabela periódica e modelos atômicos, são apontadas na literatura algumas dificuldades que os alunos apresentam (MELO e LIMA NETO, 2013; MELZER et al, 2009; ALVES, e ALVES, 2017; ABRAS et al, 2012; PAGANOTTI et al, 2016; LIMA, SILVA e MATOS):

- Alto grau de abstração do conteúdo;
- Dificuldade em transitar entre o macroscópico e submicroscópico;
- Noção de senso comum sobre o que são *modelos*;
- Dificuldade em compreender as relações existentes entre as analogias e o conceito;
- Visão qualitativa da tabela periódica;
- Concepção de átomo como a menor partícula da matéria.

O alto grau de abstração dificulta a compreensão desse conteúdo, por não ser possível visualizar os átomos e tampouco suas propriedades, para que seja possível compreender a organização e classificação dos mesmos. A forma como o conteúdo é tratado traz ao aluno a sensação de que os átomos foram descobertos e estudados e não que sua teoria foi construída e desenvolvida para explicar fenômenos observados macroscopicamente. O principal nível de realidade de estudo da Química é o submicroscópico¹ ou atômico-molecular e como suas teorias explicam os fenômenos observados macroscopicamente. A maioria dos alunos tem dificuldade em compreender que fenômenos submicroscópicos têm relação com observações macroscópicas, ou seja, eles possuem certa dificuldade em transitar de um nível para o outro, do real para o abstrato (LIMA, SILVA e MATOS, 2010; ABRAS et al, 2012; MELO e LIMA NETO, 2013; PAGANOTTI et al, 2016).

Duas ferramentas de ensino muito utilizadas como uma forma para tentar facilitar a compreensão e aproximar o cotidiano do aluno ao conteúdo são as analogias e os modelos. A utilização inadequada de analogias, ou seja, sem a sua posterior desconstrução e sem verificar quais as relações estabelecidas pelos alunos, favorecem a distorção de conceitos, tornando-se uma barreira para a aprendizagem. No caso dos modelos utilizados no ensino, o aluno não

¹ De acordo com Johnstone (1982; 2000 apud WARTHA e REZENDE, 2011) o aprendizado da Química envolve a compreensão de três aspectos: o *nível macroscópico*, o *nível submicroscópico* e o *nível simbólico*. No nível macroscópico temos um nível sensorial ou perceptível, mensurável, temos a observação de fenômenos naturais. O nível submicroscópico é o nível molecular, do atômico e cinético, das partículas, íons e moléculas. Já o nível simbólico é o nível da linguagem científica, das equações e fórmulas químicas.

compreende que um modelo é uma representação de um fenômeno/objeto de estudo, algo utilizado para facilitar a compreensão e disseminação do conhecimento. Dessa forma, cria-se a sensação de que trabalhamos com entidades palpáveis e visíveis. Outro ponto é que, por muitas vezes não explicarmos o que são modelos, os alunos acabam associando a seu conceito de modelo de senso comum, ou seja, uma miniatura de avião seria um modelo de um avião real; da mesma forma que bonecas são modelos de pessoas, dentre outros (LIMA, SILVA e MATOS, 2010).

Outros apontamentos encontrados na literatura (LIMA, SILVA e MATOS, 2010; ABRAS et al, 2012; MELO e LIMA NETO, 2013) são que a maioria dos alunos possui uma visão estritamente qualitativa da tabela periódica, ou seja, acreditam que a mesma foi desenvolvida apenas para resolução de exercícios e "auxílio de cientistas". Alguma parcela deles chega a reconhecer sua utilização para classificar/organizar os elementos, porém, acreditam que essa organização foi sendo desenvolvida conforme a descoberta dos elementos. A maioria também considera o átomo como a menor partícula da matéria, mesmo já tendo sido apresentados aos outros modelos atômicos mais recentes, que possuem partículas menores em sua estrutura.

Na literatura existem propostas didáticas (CORREA, 2017; CORREA e LOPES, 2017; MEDEIROS, L., MEDEIROS, G. e NETO, 2013; PICCOLI e LOPES, 2013, PINTO e MARQUES, 2010; CASTRO e COSTA, 2011; COSTA e MAMEDE, 2018; FACCO, ORENGO e RECH, 2015; VICENTE e COMIOTTO, 2016; SILVA, 2018) que buscam vencer essas dificuldades, alcançando uma aprendizagem significativa, através do uso da História da Ciência. Há também, outros autores que apesar de não utilizarem da Teoria da Aprendizagem Significativa, utilizam a História da Ciência para tentar trazer mais significado aos conteúdos científicos. Por exemplo, os autores Camila Correa e Cesar Lopes (CORREA, 2017; CORREA e LOPES, 2017), elaboraram uma sequência didática, composta por cinco aulas: avaliação prévia combinada com atividade lúdica; abordagem dos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. As aulas foram expositivas, com imagens e vídeos utilizando o projetor multimídia. A avaliação prévia, para levantar os conhecimentos prévios dos alunos, consistiu em pedir aos mesmos que representassem o átomo através de desenhos ou de forma escrita. A atividade lúdica chamava-se “Imaginando o invisível” e consistiu em uma dinâmica com várias caixas lacradas com objetos dentro, os quais os alunos, divididos em grupos, foram instruídos a construir modelos para tentar descobrir o que havia dentro da caixa.

Outra proposta, elaborada pelos autores Flávia Piccoli e Cesar Lopes (PICCOLI e LOPES, 2013), consistiu em desenvolver uma sequência didática dividida em três momentos.

O primeiro momento envolveu a familiarização dos alunos com alguns elementos químicos, suas histórias e usos. No segundo momento, os alunos tiveram acesso a partes de um artigo que tratava sobre a classificação dos elementos e a Tabela Periódica de Mendeleiev. O terceiro momento foi uma aula expositiva sobre a Tabela Periódica atual. Durante as aulas foram utilizados artigos científicos que tratavam sobre a identificação de elementos e suas utilizações e sobre a história da classificação desses elementos. Os alunos também tiveram a liberdade para utilizar a internet para pesquisas. A avaliação consistiu de seminários, apresentados por eles, um questionário e uma prova.

1.2 Elaboração de um material potencialmente significativo

Segundo a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, materiais didáticos podem apenas ser *potencialmente significativos*, pois o significado está nas pessoas (MOREIRA, 2013; AUSUBEL, 1968). Para um material ser potencialmente significativo precisa ter um significado lógico, ou seja, ter uma estrutura, uma linguagem adequada, exemplos e organização coerente. Além disso, os alunos devem possuir conhecimentos prévios adequados para significar os conhecimentos veiculados pelo material.

Porém, quando o aluno não possui os conhecimentos prévios, o que pode ser feito? De uma forma sucinta, pois este assunto será retomado no capítulo seguinte, Ausubel sugere a utilização do que chamou de organizadores prévios. Um organizador prévio é um material introdutório com a finalidade de ser utilizado antes do material “principal”, com um nível de generalidade maior. Sua função é servir como uma “ponte” entre os conhecimentos veiculados pelo material “principal” e os conhecimentos prévios que os alunos possuem, para que os mesmos possam significar os conhecimentos que irão aprender (MOREIRA, 2013; AUSUBEL, 1968).

Após tudo o que já foi relatado até aqui e dos trabalhos citados na literatural, percebe-se que a proposta envolve a elaboração de uma sequência didática com atividades utilizando a História da Química, portanto, o diferencial deste trabalho consiste na elaboração de um texto didático, desenvolvido segundo o referencial teórico utilizado, além de utilizá-lo para elaborar as aulas no minicurso. Dessa forma, não houve adaptação de nenhum outro material didático para a utilização neste trabalho.

1.2.1 Conteúdos abordados e organização do texto didático

De forma sucinta, pois será tratado mais detalhadamente mais adiante, o processo de elaboração do material didático se dividiu em três fases: planejamento do material, estruturação e produção.

Os conteúdos escolhidos foram *Modelos atômicos* e *Tabela Periódica*, e o contexto utilizado foi o histórico. Esses conteúdos foram escolhidos porque a pesquisadora já havia preparado uma proposta parecida na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química I, durante a graduação.

O material foi estruturado de uma forma que segue o contexto histórico problematizado, ou seja, houve preocupação em apresentar os fatos históricos, cientistas e experimentos da forma coerente com a História e Filosofia da Ciência, com erros, suposições, tentativas e as justificativas para a aceitação ou não do investigado. Os conteúdos foram inseridos respeitando e procurando justificar a evolução dos conceitos e melhoria das teorias utilizando a própria história da evolução da ciência e dos fenômenos que, em cada época, estavam sendo observados.

Quanto à produção do material, o texto didático desenvolvido na disciplina de Instrumentação I foi reaproveitado e utilizado como base. A partir dele, foram inseridos os contextos históricos, imagens e o conteúdo de Modelos Atômicos. O texto base sobre Tabela Periódica também foi reescrito e complementado.

1.2.2 Mapas Conceituais

Neste tópico introduzirei de forma sucinta os mapas conceituais, pois os mesmos serão retomados no próximo capítulo. Portanto, segundo Moreira (2012), mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos. São diagramas de significados, que tem como finalidade tornar evidentes os significados atribuídos aos conceitos, bem como as relações que existem entre eles (GRILLO e LIMA, 2008).

Mapas conceituais não são autoexplicativos, precisam ser significados por seus autores, ou seja, há a necessidade do autor do mapa explicar quais os significados e relações existentes entre os conceitos escolhidos, uma vez que mapas conceituais são pessoais (MOREIRA, 2012; GRILLO e LIMA, 2008).

Os mapas conceituais foram utilizados durante o minicurso. Os alunos foram estimulados a criar seus próprios mapas e explicá-los através de entrevistas. Desenvolvi mapas conceituais que tinham como finalidade introduzir o conteúdo que seria visto no dia

letivo. Portanto, no material escrito, preparado para os alunos utilizarem em aula, para não influenciar os alunos em seus mapas, meus mapas não foram colocados.

Todo início de aula, depois das entrevistas, mostrava o mapa que eu desenvolvi sobre o conteúdo em questão, e explicava aos alunos as relações existentes. Isso ocorreu durante todo o minicurso, sempre retomando o conteúdo do dia anterior e relacionando e significando com o conteúdo que seria visto no dia.

1.3 Questão de pesquisa e objetivos

1.3.1 Questão de pesquisa

Diante de todo o contexto apresentado no início do capítulo, são apresentadas as seguintes questões de pesquisa:

É possível elaborar um material didático, que atenda os requisitos para se alcançar uma aprendizagem significativa, sobre os conceitos de modelos atômicos e tabela periódica?

O uso da história da química pode favorecer e facilitar a aprendizagem significativa?

Mapas conceituais realmente podem facilitar a organização dos conhecimentos adquiridos e facilitar a aprendizagem significativa?

1.3.2 Objetivos

O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver um material didático, a respeito dos conceitos de *Modelos Atômicos* e *Tabela Periódica*, visando facilitar e promover uma aprendizagem significativa.

Como objetivos específicos destacam-se:

- Desenvolver um material didático, contextualizado, segundo o que propõe o referencial teórico de David Ausubel.
- Facilitar e promover a aprendizagem significativa sobre os conceitos de Modelos Atômicos e Tabela Periódica por meio da aplicação do material didático;

- Analisar a estrutura cognitiva dos estudantes ao longo do processo de ensino e aprendizagem sobre os conceitos químicos citados anteriormente;
- Obter uma avaliação, por parte dos alunos, do material e da metodologia utilizados.

Para alcançar esses objetivos e responder às questões de pesquisa foi elaborado um texto didático, utilizando o contexto histórico. Em seguida, foi proposto um minicurso para aplicação e avaliação do material elaborado. Portanto, como foi dito anteriormente, neste primeiro capítulo, buscamos conceituar, de forma sucinta, o que são materiais didáticos e materiais potencialmente significativos, quais as principais dificuldades dos alunos com os conteúdos em questão e quais os objetivos desta pesquisa.

CAPÍTULO 2 - A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

2.1 David Ausubel e a Aprendizagem Significativa

O conceito central na teoria de Ausubel é o de *aprendizagem significativa*. Nesse processo de aprendizagem, uma nova informação/conceito interage, de forma substantiva e não arbitrária, a um conceito relevante previamente existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Dizer que esta interação ocorre de forma substantiva e não arbitrária, significa dizer que o que é incorporado na estrutura cognitiva do aprendiz é o significado, a substância do novo conceito aprendido e não definições expostas da exata forma que o professor explicou; e essa interação não ocorre em qualquer ponto da estrutura cognitiva, ocorre com os conceitos relevantes claros e elaborados já existentes, ou seja, com o conhecimento prévio que esse aprendiz possui. A esse conceito Ausubel dá o nome de *subsunção*, e é através dessa interação que os novos conceitos ganham significado. É importante explicar que a aprendizagem significativa não se caracteriza apenas por uma simples ligação entre novos conceitos e conceitos subsunções, ela envolve uma série de processos que modificam tanto a estrutura cognitiva do aprendiz, como o novo conceito adquirido. Por outro lado, a aprendizagem dita *mecânica* pode ser caracterizada por simples ligações entre conceitos e subsunções, uma vez que, por ausência ou por incompletude, o novo conceito acaba por ser incorporado de forma literal e arbitrária, ou seja, irá se relacionar/ligar a qualquer ponto da estrutura cognitiva do aprendiz, com as exatas definições utilizadas pelo professor. Portanto, para Ausubel a retenção de informações ocorre em uma estrutura hierárquica, onde conceitos e informações mais gerais e inclusivos subsumem conceitos mais específicos e complexos (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982; MOREIRA, 2016; 2011a; 2011b).

Dessa forma, segundo o autor:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, 1968, p. vi).

Portanto, para o Ausubel (1968), levantar os conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, conhecer seus subsunções, é fundamental para o desenvolvimento de atividades didáticas que promovam uma aprendizagem significativa.

2.1.1 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa

As condições para a ocorrência de uma aprendizagem significativa são: natureza do material utilizado, o aprendiz estar disposto a aprender, existência de subsunçores adequados e uma mediação pedagógica adequada.

A natureza do material utilizado envolve o mesmo ser relacionável com a estrutura cognitiva do aprendiz, de forma substantiva e não-arbitrária. Um material com essa característica é chamado de material potencialmente significativo. Para que um material seja potencialmente significativo, é preciso considerar dois fatores: a organização da estrutura cognitiva do aprendiz (significado psicológico) e a organização da estrutura conceitual do material (significado lógico). Quanto ao material, o mesmo deve ser organizado de uma forma que se inicie com conceitos mais abrangentes e inclusivos e que avance para conceitos mais complexos e específicos, ou seja, que sua estrutura seja suficientemente relacionável, de forma substantiva e não-arbitrária, com conceitos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. No que se refere a estrutura cognitiva do aprendiz, nela necessitam estar disponíveis, de forma clara e elaborada, os subsunçores que serão relacionados com o material em questão. É importante observar que, no caso da relação material-estrutura cognitiva, a mesma é uma experiência completamente idiossincrática, ou seja, uma experiência pessoal (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982).

A predisposição para aprender e existência de subsunçores adequados envolvem o aprendiz, primeiramente ao estar disposto a relacionar de forma substantiva e não-arbitrária, os conceitos abordados no material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Para relacionar os conceitos desejados, é preciso que esse aprendiz tenha os subsunçores necessários. Ou seja, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material preparado, ele somente resultará em aprendizagem significativa se o aprendiz estiver disposto a aprender significativamente, e possuir os subsunçores adequados. Contudo, se a intenção do mesmo for apenas memorizar o conteúdo, resultará em aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2016; 2011a; 2011b).

A mediação pedagógica, segundo Masetto (2000) é:

[...] a atitude, o comportamento do professor que se coloca como um facilitador, incentivador ou motivador da aprendizagem, que se apresenta com a disposição de ser uma ponte entre o aprendiz e sua aprendizagem – não uma ponte estática, mas uma ponte “rolante”, que ativamente colabora para que o aprendiz chegue aos seus objetivos. É a forma de se apresentar e tratar um conteúdo ou tema que ajuda o aprendiz a coletar informações, relacioná-las, organizá-las, manipulá-las, discutí-las e debatê-las [...] até chegar a produzir um conhecimento que seja significativo para ele [...] (MASETTO, 2000, p. 144-145).

Dessa forma, cabe ao professor incentivar e motivar seus aprendizes, buscando descobrir seus conhecimentos prévios, compreender seu processo de aprendizagem, suas potencialidades e, a partir disso, elaborar atividades, materiais e situações que proporcionem aprendizagens mais significativas. É importante também manter o diálogo, seja para debater dúvidas, para trocar experiências ou mesmo para incentivar debates e reflexões.

2.1.2 Subsunoçores e organizadores prévios

Se o que o aprendiz já sabe é o fator isolado mais importante para a aprendizagem, como são adquiridos e como surgiram os primeiros subsunoçores?

A aquisição de significados para símbolos de conceitos ocorre de maneira individual e gradual para cada indivíduo. Por exemplo, em crianças pequenas, os conceitos são adquiridos através do processo de formação de conceitos, que é um tipo de aprendizagem por descoberta. Quando a criança atinge a idade escolar, já possui um conjunto adequado de subsunoçores que a permite aprender significativamente por recepção. Dessa forma, os primeiros subsunoçores são adquiridos através do processo de formação de conceitos, criando condições para que ocorra, a partir de então, a assimilação de conceitos (AUSUBEL, 1968; MOREIRA, 2016; 2011a; 2011b).

Uma vez que cada indivíduo possui seu próprio ciclo de desenvolvimento, influenciado pelo meio onde vive, a aquisição de significados para símbolos de conceitos ocorre de forma individual e gradual. No caso de crianças pequenas, os conceitos são adquiridos através do processo de formação de conceitos, que é um tipo de aprendizagem por descoberta. Quando a criança atinge a idade escolar, já possui um conjunto de subsunoçores adequados que a permite aprender por recepção. Dessa forma, os primeiros subsunoçores são adquiridos através do processo de formação de conceitos, criando condições para que ocorra, a partir de então, a assimilação de conceitos (AUSUBEL, 1968; MOREIRA, 2011a; 2011b).

Dito isso, o que fazer quando o aprendiz, já em idade escolar, não possui o subsunoçor necessário ou o possui pouco elaborado?

Ausubel propõe o uso do que chamou de organizadores prévios, que funcionam como um subsunoçor, ou ancoradouro, provisório para que o novo conceito tenha com o que se relacionar e estimule, dessa forma, o desenvolvimento de subsunoçores que facilitem a aprendizagem significativa. Portanto, organizadores prévios são materiais introdutórios que possuem um grau de abstração, generalidade e inclusividade maiores que do material alvo de

ensino. Contudo, é importante ressaltar que organizadores prévios são apenas uma estratégia sugerida por Ausubel para “manipular” a estrutura cognitiva do aprendiz, e facilitar a aprendizagem significativa. Dessa forma, a principal função de um organizador prévio seria funcionar como uma “ponte cognitiva” entre o que o aprendiz sabe e o que deveria saber para que o material da aula se torne potencialmente significativo e resulte em aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982).

De acordo com o material que será apresentado ao aprendiz, podemos dividir o organizador prévio em dois tipos. Quando o material em questão é relativamente familiar para o aprendiz, o organizador prévio é dito *comparativo*. Sua função é integrar os novos conceitos a conceitos subsunçores similares, existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, e diferenciar esses conceitos que parecem similares, porém não o são. Quando o material em questão não é familiar ao aprendiz, o organizador prévio é dito *expositório*, pois sua função é “criar” subsunçores relevantes aproximados com os conceitos do material, porém, desenvolvidos a partir de conceitos familiares ao aprendiz, ou seja, seu objetivo é criar uma “ponte cognitiva” entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber para que o material alvo da aula possa ser potencialmente significativo para ele (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982; MOREIRA, 2016; 2011a; 2011b).

É preciso levar em consideração, para desenvolver um organizador prévio, a natureza do material utilizado, a idade do aprendiz e o grau de familiaridade dos conceitos abordados pelo material alvo da aula. Dessa forma, não existe um material que funcione apenas como um organizador prévio, como um padrão. Um organizador prévio pode ser um texto, uma roda de conversa, um experimento, um filme, uma simulação, tudo depende dos fatores apontados inicialmente (AUSUBEL, 1968; MOREIRA, 2016; 2011a).

Moreira (2011a) em seu livro *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*, traz alguns exemplos de organizadores prévios, apontados a seguir.

Organizador prévio: discussão direcionada com alunos.²

Este organizador prévio, elaborado para alunos de um curso de farmácia, tem como objetivo levantar a opinião dos alunos com relação a certas perguntas sobre critérios de qualidade. O conhecimento prévio que os alunos deveriam ter seria o conhecimento empírico,

² Juliana Sippel, Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior, Instituto de Física UFRGS, 2006.

ou seja, um conhecimento advindo de experiência, sobre produtos ou marcas que sugerem a ideia de qualidade. Abaixo segue um quadro com as questões utilizadas na discussão.

Quadro 1 - Questões para discussão

Numeração	Questões
I	Qual a principal referência que se faz quando são mencionadas as marcas Ferrari, Sony, Brastemp e Nike?
II	O que um produto ou serviço deve ter e como deve ser para ser considerado de qualidade?
III	O que garante a qualidade de um produto ou serviço?
IV	Como melhorar a qualidade de um produto ou serviço?
V	O que se entende por certificado ISO?

Fonte: livro Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares (Moreira 2011a)

A partir das respostas dos alunos, uma explicação sobre controle de qualidade de medicamentos, sobre o que são boas práticas de fabricação e normas ISO, será iniciada. Esta é uma aula introdutória, que se espera que funcione como um organizador prévio para o conteúdo: controle de qualidade de medicamentos.

Organizador prévio: estudo da Taxonomia.³

A taxonomia é a parte da biologia que estuda a classificação dos seres vivos, é dividida em taxonomia botânica e zoológica. A classificação de seres vivos é dividida em sete categorias:

³ Débora Evangelista, Bases Teóricas Metodológicas para o Ensino Superior, Instituto de Física UFRGS, 2006.

Quadro 2 - Categorias de classificação dos seres vivos

Classe	Definição
Reino	Conjunto de todos os filós
Filo	Grupamento de classe
Classe	Grupamento de ordem
Ordem	Grupamento de família
Família	Grupamento de gênero
Gênero	Grupamento de espécie
Espécie	Grupamento de indivíduos com profundas semelhanças, os quais mostram acentuadas similaridades bioquímicas, idêntico cariótipo e capacidade de reprodução entre si, originando novos descendentes férteis e com o mesmo quadro geral de caracteres.

Fonte: livro Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares (Moreira 2011a).

A metodologia do organizador prévio consiste em distribuir botões com várias características distintas, e a tarefa dos alunos será agrupar esses botões de acordo com suas características, das mais gerais as mais “específicas”, por exemplo, agrupá-los por cor, tamanho ou formato. Espera-se, com essa atividade, que a compreensão e uso de chaves de identificação e classificação seja facilitada.

Organizador prévio: conceito de entropia.

Este organizador prévio, proposto por Moreira (2011a), consiste em um texto para ser apresentado antes de se iniciar o conceito de entropia, portanto, a sugestão é que seja utilizado em uma disciplina de Física Básica.

Suponhamos que uma camada de uma areia fina branca é colocada em uma jarra e sobre ela é colocada uma outra camada de areia fina preta. Sacudindo suficientemente a jarra, é de esperar que com o tempo a areia branca se misture com a preta e a mistura passe a ter cor cinza. Entretanto, por mais que se sacuda a jarra, é altamente improvável que se consiga obter novamente a distribuição inicial, i.e, as duas camadas separadas de areia branca e preta. Porque isso? A resposta estatística é que existem milhões de maneiras mais através das quais os grãos de areia podem se entremear do que o número de maneiras através dos quais eles podem se distribuir em duas camadas distintas. A disposição ordenada inicial (duas camadas distintas) retornou-se desordenada durante o processo de sacudir a jarra (o qual dá movimento aleatório aos grãos de areia); a distribuição menos provável foi suplantada por outra mais provável. Não se está, no entanto, dizendo que se continuasse sacudindo a jarra não se poderia, após um longo período de tempo, reproduzir a disposição ordenada

inicial de duas camadas distintas; está se dizendo somente que é altamente improvável: quanto maior for o número de grãos de areia no conjunto (mistura), mais improvável se torna a reprodução da ordem original. Consideraremos, agora, um conjunto pequeno: um baralho de cartas que quando novo estava separado por naipes (portanto, ordenado), é embaralhado e se torna desordenado durante o processo. A probabilidade de reproduzir a ordem original, apesar de pequena, é ainda suficiente grande para que isso ocorra ocasionalmente. De vez em quando, em uma rodada de bridge, pode ocorrer que cada jogador receba 13 cartas do mesmo naipe. Entretanto, ao se considerar conjuntos grandes, é muito pouco provável que isso ocorra. Por exemplo, ao considerar conjuntos de moléculas se está lidando com números extremamente grandes; o número de moléculas em 2 cm³ de gás é superior a 10¹⁹, o qual é maior do que soma de todos os grãos de areia de todas as praias do mundo. Se conectarmos dois recipientes, um dos quais cheio de gás e o outro completamente vazio, o gás, através do movimento aleatório de suas moléculas, rapidamente ocupará também um espaço existente no recipiente inicialmente vazio. Teoricamente, devido ao fato de que o movimento aleatório das moléculas continua, é possível que, no futuro, elas retornem ao recipiente onde estavam deixando o outro vazio. Não existe nada na mecânica newtoniana que impeça isso. Porém, a probabilidade estatística contra isso é tão grande que na prática, se considera impossível que ocorra (MOREIRA, 2011a apud MOREIRA, 1998, p. 8-9).

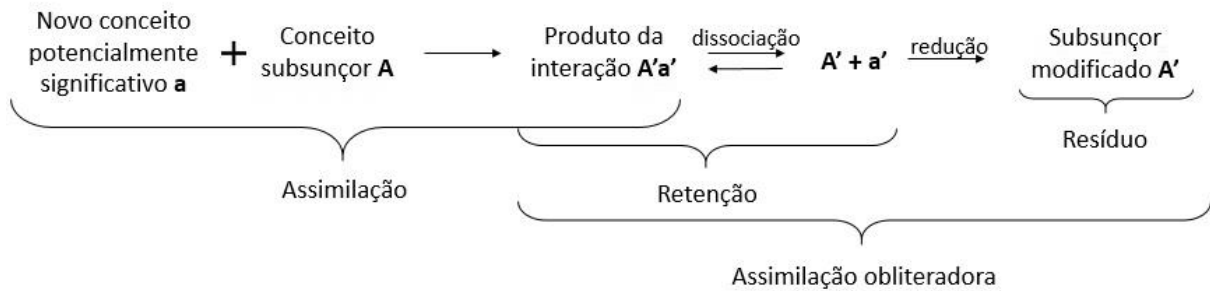
As situações propostas no texto deveriam ser apresentadas aos alunos e discutidas, com o objetivo de se formar uma “ponte cognitiva” entre o conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto (ordem e desordem) e o novo conceito que está sendo trabalhado.

Com os três exemplos, pretendo demonstrar que não existe uma regra para se criar um organizador prévio. Como já foi dito, pode ser um texto, uma roda de conversa, um filme, uma atividade, enfim, é preciso apenas estar atento aos alunos e aos objetivos que deseja alcançar.

2.1.3 Assimilação

A interação entre novos conceitos, potencialmente significativos, e conceitos subsunçores na estrutura cognitiva, segundo Ausubel (1968), resulta em uma assimilação desses novos conceitos com os subsunçores, que diferencia e elabora esses conceitos, tornando a estrutura cognitiva do aprendiz mais complexa.

Figura 1 - Esquema representativo do processo de assimilação que ocorre entre novos conceitos e conceitos prévios.



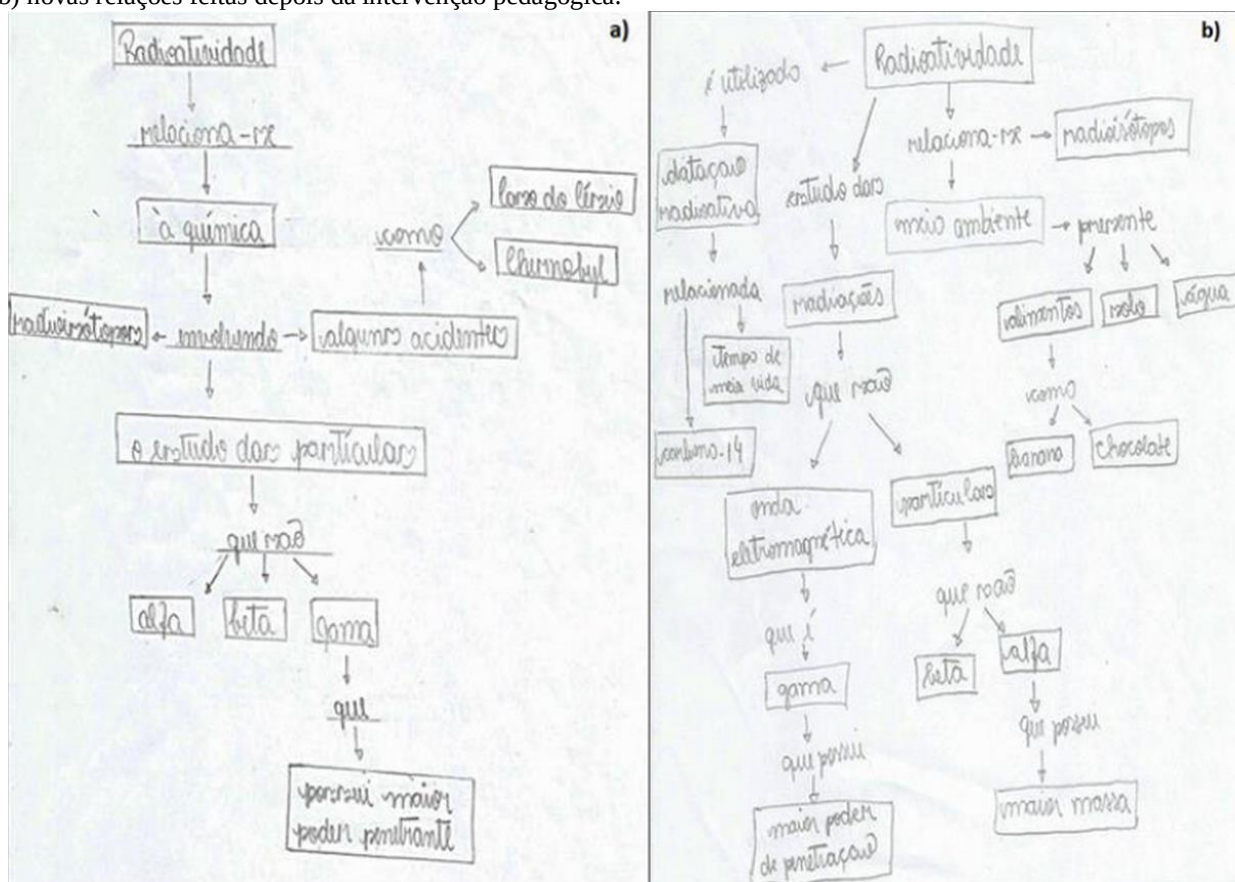
Fonte: Adaptado de Aprendizagem Significativa: A visão clássica (Moreira 2016).

O processo que ocorre quando um conceito **a**, potencialmente significativo, interage, de forma substantiva e não arbitrária, com um subsunçor **A**, é chamado de *assimilação*. O resultado dessa interação é a modificação do conceito **a** e seu subsunçor **A**, que passam a ser **a'** e **A'**, respectivamente. Dessa forma, o produto da aprendizagem significativa é a unidade **a'A'** e não apenas o conceito modificado **a'** que interagiu com o subsunçor. Após os novos conceitos serem recém assimilados ao subsunçor, temos o período de retenção, onde esses conceitos e o subsunçor podem ser dissociados um do outro, como ilustrado na equação a seguir (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982).

$$A'a' \rightleftharpoons A' + a'$$

Na figura 2, a seguir, são apresentados dois exemplos de mapas conceituais, em que há indícios da ocorrência do processo de assimilação e retenção.

Figura 2 - Mapas conceituais elaborados por um licenciando em Química mostrando (a) suas concepções prévias e (b) novas relações feitas depois da intervenção pedagógica.



Fonte: Adaptado de Aquino; Silva, R; Silva, A (2018).

Comparando os dois mapas, nota-se que as concepções prévias sobre acidentes nucleares foram abandonadas pelo licenciando e novos conceitos foram adicionados em sua estrutura cognitiva. Por exemplo, os conceitos sobre elementos radioativos no meio ambiente foram ancorados ao subsunçor radioatividade. Essa ação de escolha de novos conceitos e do “abandono” de conceitos prévios do licenciando se assemelha ao processo de assimilação e retenção descrito por Ausubel (1968) (AQUINO, SILVA, R. e SILVA, A., 2018).

Com o passar do tempo, tem início outro estágio da assimilação, chamado de *assimilação obliteradora*. A etapa da assimilação obliteradora implica num mecanismo de esquecimento, pois, ao longo do tempo, os significados dos novos conceitos tendem a ser reduzidos e incorporados por seus subsunçores. Este é um processo espontâneo, onde esses conceitos vão se tornando cada vez menos dissociáveis da estrutura cognitiva até, por fim, restar apenas o subsunçor modificado, elaborado e melhorado, **A'**, com os significados mais gerais, inclusivos e estáveis dos conceitos que foram recém assimilados. Portanto, os novos conceitos poderão nunca ser lembrados da exata forma com as quais foram recebidos, porém, uma vez que foram o resultado de uma aprendizagem significativa, reaprendê-los será mais

simples e rápido, se for necessário (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982; MOREIRA, 2016; 2011a; 2011b).

2.1.4 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

Como foi explicado anteriormente, os novos conceitos interagem e são assimilados por conceitos subsunçores e, nesse processo, são modificados e modificam seus subsunçores. A ocorrência de um ou mais processos de subsunção levam a um processo chamado de *diferenciação progressiva*, ou seja, quanto mais os conceitos são subsumidos por um subsunçor, mais esses conceitos, e o próprio subsunçor, são diferenciados, modificados e elaborados. Esse processo ocorre principalmente na aprendizagem significativa subordinada, pois nela os subsunçores estão em constante modificação e elaboração, ou seja, estão sempre sendo diferenciados (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982).

No caso das aprendizagens superordenada e combinatória, o processo que ocorre é de reorganização de ideias estabelecidas na estrutura cognitiva. Ou seja, à medida que os novos conceitos são adquiridos, subsunçores na estrutura cognitiva podem adquirir novos significados e se reorganizar. A reorganização ou recombinação de subsunçores da estrutura cognitiva é chamada de *reconciliação integrativa* (AUSUBEL, 1968; MOREIRA e MASINI, 1982).

É importante ressaltar, contudo, que toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa, resultará igualmente em diferenciação progressiva, pois, esses são processos dinâmicos da estrutura cognitiva que ocorrem no decorrer da aquisição de significados (MOREIRA e MASINI, 1982).

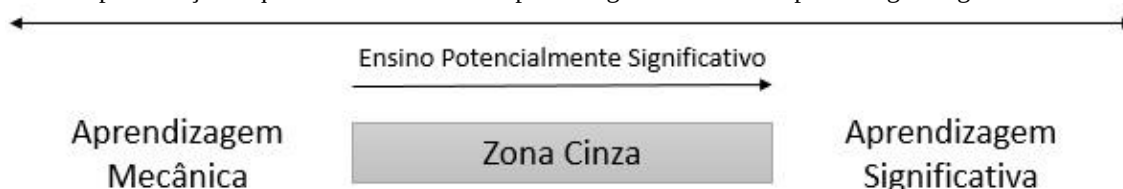
2.1.5 Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

A *aprendizagem significativa* é um processo no qual um novo conceito (nova informação), potencialmente significativo, interage com subsunçores relevantes presentes na estrutura cognitiva do aprendiz de forma substantiva e não arbitrária, ou seja, essa interação ocorre apenas com os subsunçores correspondentes ao novo conceito, e desse novo conceito é armazenado apenas seu significado. Para que essa interação ocorra é necessário que os subsunçores estejam disponíveis, elaborados e claros, para que funcionem como “ponto de

ancoragem”. Dessa forma, como já foi dito, a medida que o novo conceito interage com seu respectivo subsunçor, sendo assimilado e incorporado por ele, promove a modificação do subsunçor tornando-o mais elaborado, diferenciado e estável. Consequentemente, este subsunçor é mais capacitado para subsumir outros conceitos potencialmente significativos. A aprendizagem significativa resulta em compreensão e capacidade de explicar, descrever e solucionar novas situações/problemas (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

A *aprendizagem mecânica*, de acordo com Ausubel, é definida como aquela na qual os novos conceitos interagem pouco ou não interagem com conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva. Dessa forma, este novo conceito interage de forma arbitrária, ou seja, interagem com qualquer possível subsunçor da estrutura cognitiva; e literal, com as exatas palavras utilizadas para definir e explicar o conceito. Assim, contribui pouco ou nada com a elaboração e diferenciação do subsunçor e da estrutura cognitiva do aprendiz. Uma aprendizagem mecânica não requer compreensão, os conceitos são aplicados mecanicamente em situações/problemas os quais o aprendiz já conhece. Contudo, como ilustrado na figura 3, é importante ressaltar que a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa não fazem oposição uma a outra, pelo contrário, estas aprendizagens se encontram em um *contínuo* (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

Figura 3 - Representação esquemática do contínuo aprendizagem mecânica - aprendizagem significativa.



Fonte: Adaptado de Aprendizagem Significativa: a visão clássica (Moreira 2016).

A existência desse contínuo indica que a aprendizagem significativa é progressiva, uma vez que a construção de um subsunçor envolve a captação, diferenciação e reconciliação de significados, e este processo ocorre de forma progressiva, com rupturas e continuidades. Contudo, isso não significa que uma aprendizagem mecânica pode simplesmente tornar-se uma aprendizagem significativa, pois, essa passagem não é algo natural. Para que se alcance uma aprendizagem significativa é preciso atender a todas as condições já citadas (MOREIRA, 2016;2011a).

A figura 4, a seguir, ilustra uma aprendizagem mecânica e, uma possível aprendizagem significativa, apontada em um mapa conceitual. No artigo em questão, os

para estudar concentração de soluções e realizar a oficina de produção de álcool gel (SANTOS e SILVA, 2018).

2.1.6 Aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta

A aprendizagem dita *por recepção* é aquela na qual o aprendiz “recebe” o conteúdo em sua forma final, ou seja, o aprendiz não precisa descobrir o que irá aprender. No entanto, a aprendizagem receptiva em nada se relaciona ao ensino tradicional ou está associada a passividade do aprendiz. De forma contrária, este tipo de aprendizagem requer uma intensa atividade cognitiva, uma vez que o aprendiz precisará relacionar os novos conteúdos aprendidos com os subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva. Dessa forma, a aprendizagem receptiva envolve processos como captação de significados, subsunção, assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

Por outro lado, a aprendizagem dita *por descoberta* implica que o aprendiz descubra o conteúdo que irá aprender, porém, após descoberto, os conceitos e significados se tornarão significativos através dos mesmos processos envolvidos na aprendizagem receptiva. Portanto, de uma forma geral, a aprendizagem por descoberta não resulta, obrigatoriamente, em aprendizagem significativa, da mesma forma que a aprendizagem por recepção não resulta em aprendizagem mecânica. Estas duas aprendizagens não são vistas por Ausubel como uma dicotomia, ou seja, da mesma forma que para a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica a aprendizagem por descoberta e a aprendizagem por recepção encontram-se em um contínuo. Uma aula, ou uma determinada atividade, pode conter as duas formas de aprendizagem (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

2.1.7 Tipos e formas de aprendizagem significativa

Existem três tipos de aprendizagem significativa: *representacional*, *de conceitos e proposicional*.

A aprendizagem significativa *representacional* é o tipo mais básico do qual os outros dependem. Esta aprendizagem consiste na atribuição de significado a símbolos, isto é, a identificação de símbolos com objetos ou conceitos aos quais se referem. Por exemplo,

quando uma criança pequena associa o som da palavra “gato” a um gato que está observando, para ela, a palavra “gato” significativa exatamente o que o animal em sua frente significa para ela. Contudo, na medida em que a aprendizagem for significativa, a criança irá relacionar essa representação (símbolo – objeto) com conceitos subsunçores relevantes em sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

A aprendizagem significativa de *conceitos* pode ser considerada uma forma de aprendizagem representacional, pois, conceitos também são representados por símbolos particulares. Contudo, estes símbolos são genéricos e representam abstrações de objetos ou eventos. Dando continuidade ao exemplo anterior, o símbolo “gato” passa a ter significados mais genéricos e abstratos, ou seja, passa a representar um animal genérico com um conjunto de determinadas características e não apenas o animal visto em questão. Dessa forma, como já foi dito, a aprendizagem de conceitos é uma forma de aprendizagem representacional, porém, mais complexa, pois, necessita que existam subsunçores mais completos e elaborados na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

A aprendizagem significativa *proposicional* consiste em aprender os significados de ideias expressas através de combinações de conceitos, sob a forma de uma proposição, ou seja, o objetivo é aprender o significado que está além dos significados dos conceitos isolados, o significado que surge ao combinar conceitos em uma proposição. Dessa forma, a aprendizagem representacional é básica ou pré-requisito para que ocorra a aprendizagem de conceitos, e essa para que ocorra a aprendizagem proposicional. Contudo, apesar da aprendizagem proposicional ser mais complexa que a de conceitos, pode-se dizer que ocorram em conjunto pois, para se aprender as generalizações e abstrações de conceitos é necessário compreender os significados de proposições (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

Existem, também, três formas de aprendizagem significativa: *subordinada*, *superordenada* e *combinatória*.

A aprendizagem *subordinada* envolve a subsunção de conceitos e/ou proposições potencialmente significativos sob seus respectivos conceitos subsunçores existentes na estrutura cognitiva. De acordo com Ausubel (1968), como a estrutura cognitiva tende a uma organização hierárquica, onde subsunçores mais gerais e inclusivos encontram-se sempre ao topo, o surgimento de novos significados resulta em uma subordinação desses novos conceitos aos já existentes. Dessa forma, a aprendizagem subordinada é mais comum e pode ocorrer de duas formas: *derivativa* e *correlativa*. Quando o novo conceito potencialmente significativo é compreendido como um exemplo específico de um subsunçor bem elaborado e complexo, ou ilustra uma proposição já aprendida, essa aprendizagem é dita *derivativa*. Dessa

forma, nesta aprendizagem, o subsunçor não sofre modificações no processo de interação. No caso da aprendizagem *correlativa*, o novo conceito potencialmente significativo é aprendido como uma extensão, modifica ou elaboração de conceitos/proposições previamente aprendidos, ou seja, esse novo conceito deverá se relacionar de forma substantiva e não arbitrária a seus subsunçores, levando aos processos de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integradora, modificando o(s) subsunçor(es) ao final do processo (MOREIRA, 2016; 2011a; AUSUBEL, 1968).

A aprendizagem significativa *superordenada* ocorre quando o conceito/proposição aprendido é mais geral e inclusivo do que os conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva e, dessa forma, passa a subsumi-los. Ou seja, à medida em que se processa a aprendizagem significativa, ocorre a assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integradora dos conceitos e subsunçores e, através disso, é possível que ocorra a formação de conceitos mais abrangentes. Segundo Ausubel (1968), a ocorrência da aprendizagem significativa superordenada é mais comum em uma aprendizagem de conceitos (MOREIRA, 2016; 2011a).

Na aprendizagem significativa *combinatória*, o novo conceito aprendido se relaciona a vários conceitos subsunçores já existentes, ou seja, o significado que será atribuído a este novo conceito se relaciona a vários significados existentes na estrutura cognitiva, não sendo subordinado e nem superordenado. Portanto, este novo conceito não é assimilado por um subsunçor específico e tampouco é capaz de subsumir algum subsunçor existente (MOREIRA, 2016; 2011a).

2.2 Joseph Novak e sua visão humanista da aprendizagem significativa

Joseph Novak foi colaborador da teoria de David Ausubel e coautor da segunda edição de sua obra sobre aprendizagem significativa. De acordo com Novak, a aprendizagem significativa está implícita aos pensamentos, sentimentos e ações e, com isto, ele dá um toque humanista a teoria de David Ausubel (MOREIRA, 2006; 2010; 2011a).

Retomemos às condições para que ocorra uma aprendizagem significativa: o material deve ser potencialmente significativo, a predisposição do aprendiz para aprender, a existência de subsunçores na estrutura cognitiva e uma mediação pedagógica adequada. Ao considerar a predisposição do aprendiz, Ausubel, de certo modo, considera o lado afetivo do mesmo e, para Novak essa predisposição está profundamente relacionada com as experiências afetivas

pelas quais o aprendiz passa em um evento educativo, e que podem ser positivas ou negativas. Dessa forma, quando a aprendizagem resultante é significativa, o aprendiz vivencia experiências positivas e ganhos de conhecimento, o que lhe proporciona uma sensação boa. Com isso, ele irá se predispor a novas aprendizagens nessa área. Porém, o contrário também é válido. Quando a aprendizagem resultante é mecânica, a experiência do aprendiz torna-se negativa e com uma sensação desagradável. Dessa forma, ele acaba por desenvolver uma rejeição ao conteúdo em questão e não se predispõe a novas aprendizagens (MOREIRA, 2006; 2010; 2011a).

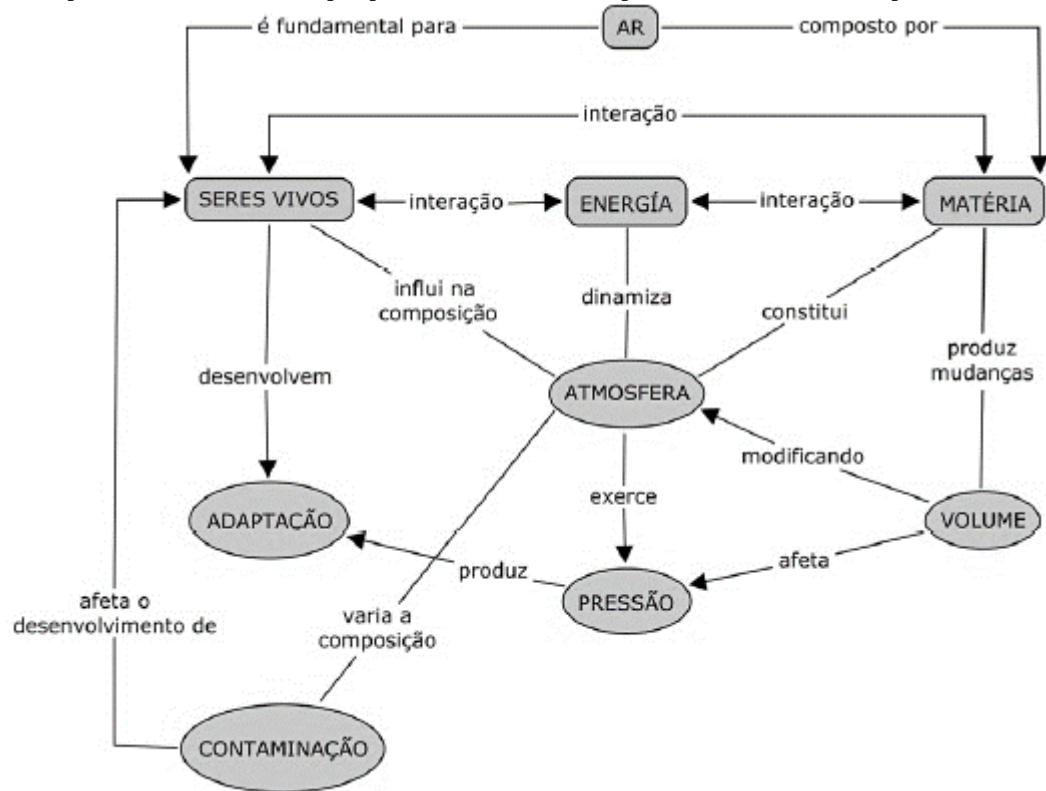
Em meados de 1970, Novak e seus colaboradores desenvolveram uma técnica de mapeamento conceitual, embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Portanto, mapas conceituais foram desenvolvidos como um recurso para obter evidências de aprendizagens significativas (MOREIRA, 2006; 2010; 2011a).

2.2.1 Mapas Conceituais

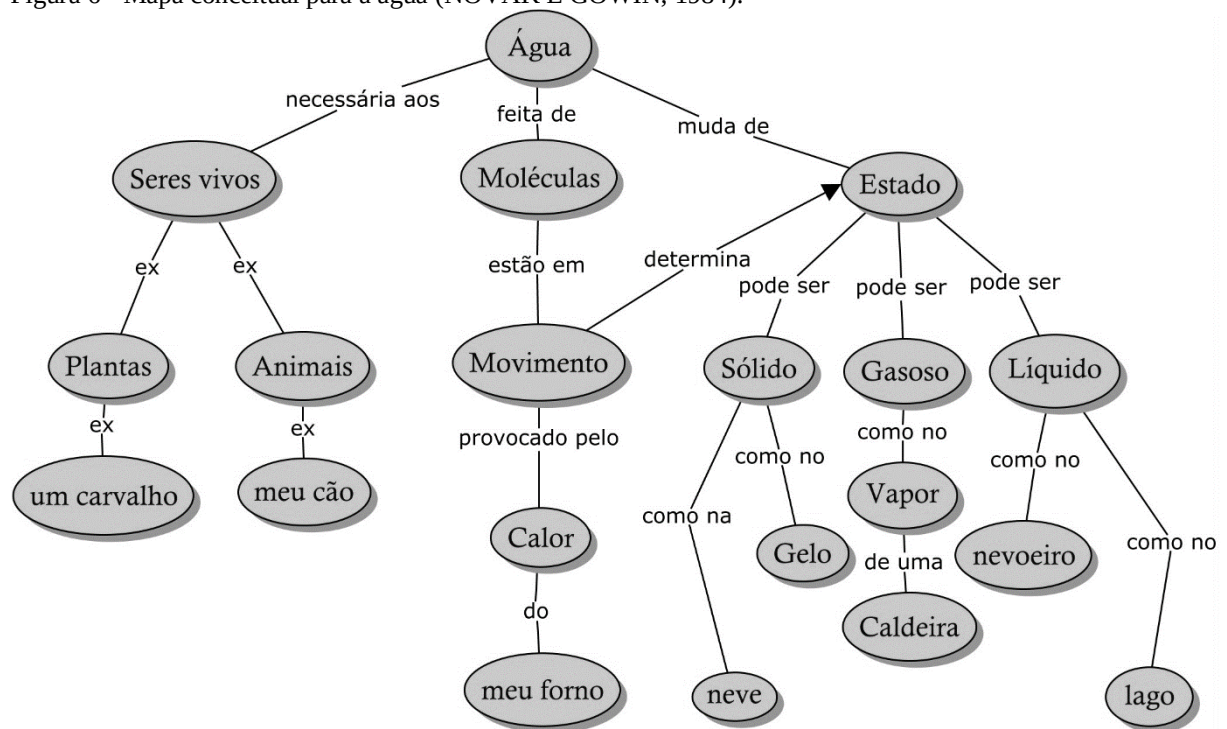
De forma geral, mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos e, de acordo com Novak e Gowin (1984), devem ser hierárquicos, ou seja, os conceitos mais gerais e inclusivos devem ocupar o topo do mapa, e os conceitos menos gerais e mais complexos são colocados sucessivamente abaixo deles. Para Moreira (2010; 2011a), orientando de Novak durante seu doutorado, a organização hierárquica de mapas conceituais é apenas uma das formas, ou um dos modelos, para se desenvolver mapas. Contudo, o mesmo ressalta que, caso não sejam organizados de forma hierárquica, é preciso que fique claro no mapa quais conceitos são mais gerais e quais são os conceitos mais específicos. Pode-se definir algumas diretrizes de desenvolvimento de mapas conceituais, que ficam a critério de quem desenvolve, seja para fins de estudo/revisão ou alguma atividade em sala de aula. É possível utilizar setas para dar sentido as relações contidas nos mapas, pode-se utilizar diferentes figuras geométricas para diferenciar conceitos mais gerais de conceitos mais específicos. Como mapas conceituais são pessoais, ou seja, representam os significados que um determinado indivíduo atribui a um conjunto de conceitos e as relações que ele constrói entre esses conceitos, é importante que fiquem claras essas relações entre os conceitos e seus significados.

Observe nas figuras 5 e 6 como os conceitos estão organizados. Em ambas das figuras, temos um mapa com uma estrutura tradicional hierárquica.

Figura 5 - Mapa conceitual elaborado por professores de ciências para um núcleo interdisciplinar.



Fonte: Adaptado do livro Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares (Moreira 2011a).
 Figura 6 - Mapa conceitual para a água (NOVAK E GOWIN, 1984).



Fonte: Adaptado do livro Aprender a Aprender (Novak e Gowin, 1984).

Uma vez que mapas conceituais representam a organização conceitual de um indivíduo e, graças aos processos envolvidos na aprendizagem significativa, a estrutura cognitiva está em constante modificação, ou seja, devido à diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a estrutura cognitiva está constantemente se reorganizando e, com isso, mapas conceituais traçados hoje serão diferentes de mapas traçados amanhã. Dessa forma, por conta deste caráter individual, os mapas conceituais são dinâmicos (MOREIRA, 2010; 2011a; NOVAK e GOWIN, 1984).

2.2.2 Utilização dos mapas conceituais

Mapas conceituais são recursos didáticos com as mais variadas utilizações como, por exemplo, averiguar o conhecimento prévio do aluno, desenvolver roteiros de aprendizagem, realizar planejamento de currículo, preparar apresentações orais ou escritas, avaliação formativa, dentre outras (MOREIRA, 2010; 2011a; NOVAK e GOWIN, 1984).

Como já foi citado anteriormente, mapas conceituais podem ser utilizados para revelar relações existentes entre um conjunto de conceitos que o aluno possui (seu conhecimento prévio) ou para apresentar relações hierárquicas entre um conjunto de conceitos que será ensinado em uma aula. Contudo, devido a seu caráter individual, mapas conceituais não dispensam a explicação do professor, pois, uma vez que representam significados e relações construídos por um indivíduo entre determinados conceitos, não são autoexplicativos. Dessa forma, essas relações e significados precisam ser esclarecidos pois, o aluno, por exemplo, pode não ter atribuído os significados esperados ou desejados, ou ainda, esse conjunto de conceitos pode não possuir significado algum para este aluno e levar o mesmo a encarar os mapas como algo a mais a ser decorado. Se os mapas foram muito complexos ou, de certa forma, confusos, vão dificultar a aprendizagem significativa, ou invés de facilitá-la (MOREIRA, 2010; 2011a; NOVAK e GOWIN, 1984).

Uma outra possibilidade para mapas conceituais está em seu uso na avaliação formativa, na avaliação da aprendizagem. Neste caso o objetivo da avaliação não é testar conhecimentos e dar uma nota ao aluno, mas sim avaliar o que este aluno sabe, isto é, como todo o conhecimento adquirido em aula, por exemplo, foi organizado (hierarquizado, assimilado, diferenciado e reconciliado) em sua estrutura cognitiva. Como já foi dito por Ausubel: *“o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”*; é extremamente importante avaliar quais os significados e relações do conhecimento

prévio da melhor forma possível. Os mapas oferecem uma boa aproximação da representação da estrutura cognitiva do aluno, pois, permite visualizar o que de fato foi significado por ele durante a aula e como assimilou isso em sua estrutura, além de permitir visualizar, também, em quais pontos este aluno apresenta dificuldades (MOREIRA, 2010; 2011a; NOVAK e GOWIN, 1984). Segue abaixo um exemplo de metodologia para utilizar mapas conceituais na avaliação formativa, descrito no artigo *O uso dos mapas conceituais como ferramenta de avaliação formativa na Educação Química* de Santos e Silva (2018).

Os autores, do referido artigo, elaboraram uma unidade temática com o tema cosméticos, para tratar sobre o conteúdo de dispersões químicas. Para esta unidade, foram preparadas várias atividades que incluíam os mapas conceituais, exercícios de fixação, questionários e exercícios do ENEM. Uma oficina de produção de álcool gel foi realizada com os alunos ao final desta sequência.

No decorrer das atividades, os alunos foram orientados a elaborar três mapas conceituais. A atividade para elaboração do primeiro mapa envolveu três tarefas: responder a um questionário sobre o tema, preencher uma folha com dados de rotulagem de produto cosmético e reunir todas essas informações em um “esquema”, ligando os conceitos entre si. Os autores optaram por não apresentar de início o mapa como tal. Para que respondessem ao questionário, fizeram o uso de um organizador prévio que consistiu em uma apresentação sobre a história dos cosméticos.

Para a elaboração do segundo mapa conceitual, a ferramenta em questão (o mapa) foi conceituada e apresentada aos alunos. Os autores optaram por fornecer para cada aluno um roteiro de elaboração de mapas conceituais do Marco Antônio Moreira. Entre a elaboração do primeiro e segundo mapa, houveram aulas expositivas e aulas práticas, demonstrativas e participativas. Por fim, entre a elaboração do segundo e terceiro mapa, além das aulas expositivas e práticas, uma oficina de produção de álcool gel foi realizada com os alunos. Ao final da unidade temática, os autores fizeram a comparação dos mapas elaborados por seus alunos, utilizando os seguintes critérios: *“coerência e ordenamento lógico conceitual. Utilização de palavras de enlace e proposições com significado lógico; hierarquização crescente dos conceitos incorporados ao MC; quantidade e qualidade de conceitos; número de interrelações; estrutura do mapa; representatividade dos conteúdos e criatividade”*.

Por fim, é possível, também, traçar mapas conceituais para auxiliar na organização e planejamento de uma aula, uma disciplina ou mesmo um curso. A utilidade dos mapas neste caso se encontra no fato de auxiliarem na visualização de quais são os conceitos centrais de

uma determinada disciplina, por exemplo, facilitando seu planejamento (MOREIRA, 2010; 2011a; NOVAK e GOWIN, 1984).

CAPÍTULO 3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados a escola, que se configura no ambiente onde a pesquisa foi realizada, os participantes da pesquisa, o delineamento metodológico, assim como os instrumentos de coleta e análise dos dados. De forma simplificada, a pesquisa ocorreu em uma Escola Técnica do interior do estado de São Paulo, teve como público alvo os alunos da primeira série do Ensino Médio. Foi oferecido um minicurso aos alunos, com a aplicação de um texto didático desenvolvido para a pesquisa. Para coleta de dados foram utilizados mapas conceituais, entrevistas e questionários.

3.1. Conhecendo os participantes da pesquisa e o ambiente.

O minicurso foi oferecido e aplicado em uma Escola Técnica, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), do interior do Estado de São Paulo. O Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS) foi criado em 1969, através de um decreto de Roberto Abreu Sodré. É uma autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo, que é responsável por administrar a rede de escolas técnicas e faculdades tecnológicas. Em 2013, haviam 211 escolas técnicas (Etecs) e 56 faculdades de tecnologias (Fatecs), distribuídos em 161 municípios no estado de São Paulo. O Centro Paula Souza é a maior instituição estadual do País que se dedica à educação tecnológica de nível superior e à educação profissional vinculada ao Ensino Médio (SCHWARTZMAN, 2014).

Apesar do minicurso ter sido oferecido em uma escola técnica, os alunos participantes da pesquisa foram alunos do Ensino Médio Regular, pois, os alunos do Ensino Médio Integrado ao Técnico, possuem uma carga horária maior e menos flexível. Os sujeitos de pesquisa foram, portanto, alunos da primeira série do Ensino Médio Regular e, foram oferecidas um total de quinze vagas, das quais treze foram preenchidas. O convite ocorreu em horário de aula, durou em torno de dez minutos que foram cedidos pelo professor.

Houve um maior número de interessados do que matriculados no minicurso. Porém, por conta dos horários e dias do minicurso e, como muitos alunos possuíam atividades extraclasse durante o período da tarde, quando ocorreria o minicurso, e assim, apenas treze vagas foram preenchidas. A média de idade desses alunos foi de 15 anos.

3.2. Metodologia

A pesquisa qualitativa possui um caráter exploratório, pois, o pesquisador busca levantar opiniões, crenças e significados de coisas, através das palavras dos participantes da pesquisa (VIEIRA, 2009). Uma investigação qualitativa, segundo Bogdan e Biklen (1994), apresenta algumas características principais. A fonte direta de dados é o ambiente natural, os investigadores frequentam os locais de estudo por se preocuparem com o contexto. Como o objeto de estudo é o ser humano, suas ações são melhor compreendidas quando são observadas em seu ambiente natural, ou seja, dentro de seu contexto. É uma investigação descritiva, onde os dados são recolhidos em forma de palavras ou imagens. Dessa forma, os investigadores qualitativos abordam tudo de forma minuciosa, nada é trivial, ou seja, tudo tem potencial para constituir uma pista que ajude a compreender o objeto de estudo. A prioridade dos investigadores qualitativos é o processo, e não apenas os resultados ou produtos. Por fim, preocupam-se em compreender o mundo através da perspectiva dos participantes da pesquisa. Dessa forma, a pesquisa foi elaborada de forma a obter dados qualitativos.

3.2.1. Como elaborar mapas conceituais.

Como já dito no capítulo anterior, mapas conceituais são, de uma forma geral, diagramas que indicam relações entre conceitos. Segundo como foram desenvolvidos por Novak e Gowin (1984), mapas conceituais devem ser hierárquicos, ou seja, conceitos que são mais gerais e inclusivos devem ocupar o topo do mapa, conceitos menos gerais, mais complexos são colocados sucessivamente debaixo deles. São recursos didáticos que podem ser utilizados de diversas formas como, por exemplo, averiguar o conhecimento prévio do aluno (instrumentos didáticos), desenvolver um roteiro de aprendizagem, planejamento do currículo, preparação de apresentações orais ou escritas, avaliação formativa, entre outras utilizações.

Não há nenhum método padrão para se ensinar mapas conceituais, porém, Novak e Gowin (1984) sugerem alguns passos, que acreditam facilitar essa introdução.

Quadro 3: Atividades prévias para introduzir na criação de mapas conceituais para alunos a partir do sétimo ano, até o ensino universitário.

Ordem	Atividades prévias para preparar para a elaboração dos mapas conceituais
I	Prepare duas listas de palavras conhecidas: uma de nomes de objetos e outra de eventos/acontecimentos. Por exemplo, os nomes de objetos poderão ser carro, cão, cadeira, árvore, nuvem, livro; e os acontecimentos poderão ser chuva, brincadeira, lavagem, pensamento, trovão, festa de aniversário. Pergunte aos alunos se eles conseguem explicar quais as diferenças que existem entre as duas listas.
II	Peça aos alunos para descreverem em que é que pensam quando ouvem cada palavra da lista de objetos. Faça com que eles percebam que, embora usemos as mesmas palavras, cada um pode pensar em algo um pouco diferente. Estas imagens mentais que associamos às palavras são os nossos conceitos; introduza a palavra conceito.
III	Repita as atividades do item 2 utilizando agora as palavras da lista de acontecimentos. Novamente, realce as diferenças entre nossas imagens mentais ou conceitos, referentes aos acontecimentos. Neste ponto, pode-se sugerir que uma das razões para termos, algumas vezes, dificuldades em nos entendermos, é por conta dos nossos conceitos serem diferentes, embora conheçamos as mesmas palavras. As palavras são simples rótulos para os conceitos, porém, cada um de nós adquirirá os próprios significados para as palavras.
IV	Neste ponto, faça uma lista com palavras como <i>são, onde, o, é, então, com</i> . Pergunte aos alunos que imagens se formam em suas mentes ao ouvirem cada uma destas palavras. Estas palavras não traduzem conceitos; são chamadas de elementos de ligação/termos de ligação e usamos no discurso oral e escrito. Os termos de ligação são utilizados, juntamente com os conceitos, para construir expressões que têm significado.
V	Os nomes próprios não são conceitos, mas sim nomes de pessoas, acontecimentos, lugares ou objetos específicos. Utilize alguns exemplos e ajude os alunos a perceber a distinção entre as palavras que traduzem as regularidades dos acontecimentos ou objetos e as que designam acontecimentos ou objetos específicos (nomes próprios).
VI	Construa no quadro algumas frases curtas utilizando dois conceitos e termos de ligação, para ilustrar como utilizar os termos de ligação e os conceitos para passar algum significado.

VII	Peça aos alunos que construam algumas frases curtas e que identifiquem os termos de ligação e os conceitos, e se se referem a objetos ou acontecimentos.
VIII	Se houver estudantes bilíngues, peça-lhes que mencionem algumas palavras que correspondam aos mesmos acontecimentos ou objetos já listados. Ajude os estudantes a perceberem que não é língua que faz conceitos, e que a palavras funcionam apenas como rótulos que utilizamos para nos referirmos aos conceitos.
IX	Apresente algumas palavras que não são familiares à turma, porém que expressem conceitos que eles já conhecem. Explique-lhes que estas são palavras chamadas sinônimos, e os ajude a perceber que os conceitos não são rígidos e fixos, mas podem se desenvolver e mudar à medida que irão aprendendo.
X	Escolha um trecho de um texto de algum livro, tire cópias e distribua aos alunos. Peça que leiam e identifiquem os conceitos chave. Além disso, peça que anotem os conceitos e termos de ligação que são menos importantes para a compreensão do texto.

Fonte: adaptado de Novak e Gowin (1984).

Quadro 4 – Outras atividades que podem ser utilizadas para iniciar a elaboração dos mapas conceituais pelos estudantes.

Ordem	Atividades de elaboração dos mapas conceituais
I	Selecione algum trecho de um texto e peça que os estudantes leiam e selecionem os conceitos mais importantes, ou seja, os conceitos que são necessários para compreender o significado do texto. A seguir, prepare com eles uma lista no quadro e discuta qual é o conceito mais importante, ou seja, o conceito mais inclusivo.
II	Coloque o conceito mais inclusivo ao princípio de uma nova lista, que será ordenada do conceito em grau de generalidade e inclusividade. Vá acrescentando o restante dos conceitos.
III	Comece a elaborar um mapa, utilizando a lista ordenada como referência. Incentive os alunos a ajudar, pedindo-lhes que sugiram termos de ligação adequados.
IV	Procure, a seguir, ligações cruzadas entre conceitos. Caso encontre, peça aos alunos que ajudem na escolha dos termos de ligação.
V	A maior parte dos primeiros mapas tem uma má simetria. Incentive os alunos a refazerem seus mapas. Explique que para se conseguir uma boa representação dos significados, da forma como eles entendem, devem refazer o mapa pelo menos uma vez, e por vezes duas ou três.
VI	Discute o critério de classificação dos mapas conceituais proposto neste livro e classifique o mapa conceitual construído. Realce possíveis mudanças estruturais que possam melhorar o significado, ou mesmo a pontuação, do mapa.
VII	Peça aos alunos para escolherem um trecho de texto e repetirem sozinhos os passos de 1-6 (ou em grupos de dois ou três).
VIII	Os mapas elaborados pelos estudantes podem ser apresentados à turma no quadro. Peça que expliquem seus mapas para tornar claro aos seus colegas qual é o tema do texto, segundo a sua interpretação.
IX	Solicite aos alunos que construam mapas conceituais das ideias mais importantes dos seus passatempos favoritos. Estes mapas podem ser apresentados a turma. No próximo teste, inclua uma ou duas perguntas sobre mapas conceituais, para deixar claro que tais mapas constituem um procedimento válidos de avaliação que exige pensar atentamente e que pode revelar a compreensão da matéria.

Fonte: adaptado de Novak e Gowin (1984).

Tal como foi sugerido na tabela proposta por Novak (1984), os mapas devem ser refeitos várias vezes, pois, o primeiro mapa elaborado por uma pessoa, certamente terá falhas. Além de falhas de simetria, organização dos conceitos no mapa, o indivíduo em questão, pode ter encontrado dificuldade para desenvolver as relações hierárquicas entre os conceitos. Outro ponto também importante consiste na apresentação do mapa. É importante que os mapas sejam explícitos e bem organizados. Para finalizar, de acordo com Novak (1984), é útil terminar com setas algumas linhas que unem conceitos, para demonstrar que a relação de significado existente entre esses conceitos, se expressa principalmente nesse sentido.

As etapas presentes nos quadros 3 e 4 não foram seguidas à risca e tampouco foram todas utilizadas. A apresentação e introdução de mapas conceituais foi realizada no primeiro dia de minicurso. Inicialmente foi explicado o que são mapas conceituais, quais seus objetivos e principais usos, em seguida, algumas das etapas acima foram mostradas, de forma resumida, para os alunos e um texto foi entregue. Após a leitura do texto, elaboramos uma lista com os conceitos que achavam mais importantes e, em seguida, eles discutiram para escolher os conceitos mais gerais. Por fim, montamos o mapa conceitual na lousa, com os conceitos escolhidos e com termos de ligação que os próprios alunos sugeriam.

3.2.2. Entrevistas

Uma entrevista é um encontro entre duas pessoas, com o objetivo de se obter informações de um determinado assunto de interesse, através de uma conversa de natureza profissional. São feitas por um entrevistador que, normalmente, é o pesquisador. Porém, podem ser realizadas por grupos de entrevistadores treinados pelo pesquisador (VIEIRA, 2009).

Em uma pesquisa qualitativa, os tipos de entrevistas que predominam são: semiestruturada e em profundidade. Uma entrevista semiestruturada consiste numa entrevista onde as questões são abertas. É permitido utilizar um roteiro, porém, o entrevistado precisa ter liberdade para falar. No caso das entrevistas em profundidade, onde o que se busca é o detalhe, as questões são menos abrangentes, procurando esclarecer informações ditas pelo entrevistado, por exemplo (VIEIRA, 2009).

Outros autores como Marconi e Lakatos (2003), trazem as entrevistas padronizadas ou estruturadas, e não padronizadas. Uma entrevista padronizada, como o próprio nome sugere, segue um roteiro previamente redigido e organizado pelo entrevistador. Essa entrevista se

assemelha a um formulário e o entrevistador não é livre para adaptar perguntas ou alterar a ordem dos tópicos. Já a entrevista não padronizada ou não-estruturada, o entrevistador tem liberdade para desenvolver e adaptar questões de acordo com cada situação. As perguntas geralmente são abertas e a conversação é informal. Esse tipo de entrevista se subdivide em três: focalizada, clínica e não dirigida. A entrevista focalizada segue um roteiro com tópicos relativos ao tema de estudo, porém o entrevistador possui liberdade para escolher e elaborar suas próprias perguntas. A entrevista clínica procura estudar motivos, sentimentos e conduta dos entrevistados. Neste caso, há um roteiro a ser seguido com perguntas específicas. Por fim, em uma entrevista não dirigida, o entrevistado tem liberdade total para se expressar suas opiniões e sentimentos. Neste caso, o entrevistador tem a função de incentivar o entrevistado a falar sobre determinado assunto de interesse.

A técnica da entrevista, segundo Marconi e Lakatos (2003), possui algumas vantagens e limitações. Como vantagens do instrumento, temos:

- Pode ser utilizada com pessoas alfabetizadas e não alfabetizadas;
- Há maior flexibilidade, o entrevistador pode repetir ou esclarecer dúvidas sobre as perguntas. Também é possível reformular as questões;
- Dá oportunidade para conseguir dados que não seriam possíveis de se conseguir através de fontes documentais;
- As informações obtidas são mais precisas.

Como limitações da entrevista, de acordo com esses autores, temos que:

- Ocupa muito tempo e é de difícil realização;
- Pode haver dificuldades de expressão e comunicação tanto por parte do entrevistador, como do entrevistado;
- O entrevistado pode ser influenciado inconsciente ou conscientemente pelo entrevistador, por suas atitudes, opiniões, etc.;
- O entrevistado pode não estar disposto a dar determinadas informações;
- Retenção de informações importantes, por medo de vazamento das mesmas.

As entrevistas desenvolvidas para esta pesquisa foram semiestruturadas, constituídas por apenas uma pergunta. A pergunta em questão consistia em pedir ao aluno que explicasse seu mapa conceitual. Contudo, se fosse necessário, outras perguntas seriam feitas no decorrer da entrevista, como, por exemplo, se houve dificuldades na elaboração do mapa e escolha dos

conceitos; se o uso de palavras-chaves ajudou a clarear algumas relações e facilitar a construção do mapa.

Como será melhor explicado no desenvolvimento do minicurso, as entrevistas foram utilizadas para complementar os mapas elaborados pelos alunos, portanto, o objetivo principal delas era captar os significados que os alunos estavam atribuindo aos conceitos aos quais estavam sendo expostos, além de descobrir de que forma estavam relacionando esses conceitos com sua estrutura cognitiva.

3.2.3. Questionários

Segundo Vieira (2009) um questionário é *“um instrumento de pesquisa constituído por uma série de questões sobre determinado tema”*. Normalmente é apresentado aos participantes, para que respondam às questões e entreguem o questionário preenchido. Da mesma forma que na entrevista, os questionários podem ser aplicados pelo pesquisador ou por um grupo de pessoas treinadas pelo pesquisador.

Este instrumento apresenta algumas vantagens e desvantagens, de acordo com Marconi e Lakatos (2003). As vantagens são:

- Economiza tempo e atinge um maior número de pessoas simultaneamente;
- As respostas são obtidas de forma mais rápida e mais precisa;
- Não há risco de o pesquisador influenciar os participantes de alguma forma;
- Passa mais segurança ao participante, pelo fato das respostas não serem identificadas.

Como desvantagens do questionário, os autores apontam que:

- É possível encontrar perguntas sem respostas;
- Pessoas não alfabetizadas não conseguem participar;
- Não há como reformular questões ou sanar dúvidas;
- Quando o questionário é enviado para os respondentes, nem sempre é o escolhido quem responde o questionário;
- Pode haver demora na devolução dos questionários, quando são enviados aos respondentes.

É importante conhecer as características do público alvo antes de elaborar o questionário, pois a forma como as questões serão elaboradas e organizadas depende dessas características. Depois de elaborar o questionário, é importante, também, testá-lo antes da sua utilização definitiva. Esse pré-teste pode ser realizado com uma população pequena, com as mesmas características da população alvo; com o orientador, enviando um exemplar para que leia e aponte possíveis falhas como ambiguidade, linguagem imprópria para o público alvo perguntas irrelevantes para a pesquisa, etc.

Para a pesquisa em questão, apenas um questionário foi elaborado. O objetivo do mesmo era permitir que os alunos avaliassem a metodologia, o material e as atividades desenvolvidas ao longo do minicurso. O pré-teste do questionário consistiu em apresentação em reuniões do grupo de pesquisa do qual a pesquisadora faz parte, para discussão das questões elaboradas, avaliação da relevância, ou não, das mesmas e levantamento de ideias. Por fim, o questionário elaborado continha quatro questões que, de uma forma geral, pediam aos alunos que apontassem pontos negativos e positivos, dessem sugestões e atribuissem nota ao material desenvolvido, texto e imagens, e a metodologia utilizada.

3.2.4. Desenvolvimento do material didático

Como já foi explicado no capítulo I, o processo de elaboração do material didático se dividiu em três fases: planejamento do material, estruturação e produção. O processo de planejamento do material consistiu basicamente em:

- Selecionar os conteúdos abordados;
- Selecionar o contexto e período histórico;
- Levantamento na literatura de referências sobre os conteúdos;
- Levantamento na literatura de referências sobre História da Química.

Os conteúdos escolhidos foram *Modelos atômicos* e *Tabela Periódica*, e o contexto utilizado foi o histórico. Esses conteúdos foram escolhidos porque a pesquisadora já havia preparado uma proposta semelhante na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química I, durante a graduação. Outro fator que contribuiu para a escolha foi que durante a disciplina de Estágio Supervisionado de Prática Pedagógica, também durante a graduação, foram ministradas monitorias para os alunos do Curso Pré-Vestibular IDEAL, ligado à FCT-UNESP, onde foi observada a dificuldade em compreender ambos os conceitos, principalmente por conta do elevado grau de abstração envolvido.

O material foi estruturado de uma forma que segue o contexto histórico problematizado, ou seja, houve preocupação em apresentar os fatos históricos, cientistas e experimentos de forma mais coerente com a História e Filosofia da Ciência, com erros, suposições, tentativas e as justificativas para a aceitação ou não do investigado. Houve, também, o recorte de fatos históricos, porém, tomou-se o cuidado para que esse recorte não passasse ao aluno a sensação de substituição de teorias, e sim o desenvolvimento e construção de teorias, além de dar os devidos créditos aos cientistas envolvidos, não enaltecendo apenas um, apresentando uma imagem de gênio inalcançável. Os conteúdos foram inseridos respeitando e procurando justificar a evolução dos conceitos e melhoria das teorias utilizando a própria história da evolução da ciência e dos fenômenos que, em cada época, estavam sendo observados.

Quanto à produção do material, o texto didático desenvolvido na disciplina de Instrumentação I foi reaproveitado e utilizado como base. A partir dele, foram inseridos os contextos históricos, imagens e o conteúdo de Modelos Atômicos. O texto base sobre Tabela Periódica também foi reescrito e complementado, levando em torno de cinco meses, entre a leitura, a escrita e a seleção de imagens, para a finalização do mesmo.

3.3. Minicurso

O minicurso foi intitulado “Mapeando conhecimento: uma abordagem histórica sobre modelos atômicos e tabela periódica”, e foi oferecido para alunos da primeira série do Ensino Médio de uma Escola Técnica do interior de São Paulo.

3.3.1. Duração e metodologia

O minicurso foi organizado para ser realizado em seis dias, das 14:00 às 17:00 horas aproximadamente, de acordo com a metodologia descrita a seguir. Observe que em todos os dias, o conteúdo do dia anterior é recapitulado e o conteúdo do dia é introduzido utilizando mapas conceituais elaborados pela pesquisadora. O objetivo dessa “atividade” seria fazer os alunos relembrem o que já viram e perceberem de que forma os novos conceitos se conectam aos anteriores.

Dia I – Apresentação do minicurso

Inicialmente foi feita a apresentação da pesquisa. Em seguida, se deu início a explicação do minicurso, quais os conteúdos que seriam abordados durante os seis dias e quais as atividades que seriam realizadas.

Mapas Conceituais

Explicou-se aos alunos o que são mapas conceituais, pontuando suas principais utilizações. Em seguida, uma atividade foi realizada e consistia em ler o texto “*A tutela ambiental referente à poluição eletromagnética*”, retirado do primeiro volume do livro Química, de Martha Reis (2013).⁵ Após a leitura do texto, os alunos deveriam listar os conceitos que achassem mais importantes para compreendê-lo. Em seguida, foi pedido que fizessem um mapa conceitual com essas palavras.

Após terminarem seus mapas, foram listadas na lousa as palavras escolhidas. Feita a lista, começou-se a organizar as palavras por grau de generalidade e inclusividade. Várias ideias surgiram, de onde e como organizar os conceitos e, após algumas discussões, chegaram a um acordo e um mapa conceitual da sala foi elaborado.

Dinâmica da caixa: construção do pensamento científico

Os alunos foram divididos em grupos e cada grupo teve a chance de tentar adivinhar os objetos contidos dentro de uma caixa preta (pote de sorvete). Depois que todos os grupos fizeram suas suposições, a caixa foi aberta e os objetos revelados: uma bolinha, um giz de lousa, uma embalagem pequena de papelão (caixinha retangular), um clip e uma caneta esferográfica. Após revelar os objetos, conversou-se sobre a construção do pensamento científico, do fato de que, na ciência, não é possível “abrir a caixa”, sobre como, fazendo uma analogia com essa dinâmica, são desenvolvidas as teorias.

⁵ FONSECA, Martha Reis da. **Química**. Vol. 1. - 1. ed. – São Paulo: Ática, 2013.

Dia II – Da teoria elementar ao átomo: como tudo começou!

Atividade I – Mapa Conceitual das concepções prévias

Foi pedido aos alunos que fizessem mapas sobre o que já sabiam sobre modelos atômicos. Como o objetivo era conhecer as concepções prévias dos alunos, nenhuma palavra-chave foi fornecida. Após terminarem seus mapas, entrevistas individuais foram realizadas com todos os alunos, com a finalidade de explicarem seus próprios mapas conceituais e o raciocínio envolvido em seu desenvolvimento. Para isso, pediu-se aos alunos que saíssem da sala, pois seriam chamados um por um.

Dos Elementos à Teoria Atômica de John Dalton

Antes do início da aula, um mapa conceitual, elaborado pela pesquisadora, foi mostrado, através do qual o conteúdo do dia foi introduzido. Após essa introdução, deu-se início a aula com o texto “*Como tudo começou*”. O texto abordava uma parte da história da evolução da constituição da matéria, como o pensamento científico se desenvolveu desde Tales de Mileto e como esses filósofos e cientistas influenciaram John Dalton a propor o primeiro modelo atômico.

O átomo pode ser dividido

Nesta parte da aula, foram trabalhados os textos: “*Evidências para um novo modelo: a descoberta do elétron*” e “*J.J. Thomson e o pudim de passas*”. O primeiro também fazia uma abordagem histórica da descoberta da eletricidade até a descoberta dos elétrons, que culminou na proposta de Thomson para o modelo atômico.

Finalizada toda a teoria, realizou-se o experimento *detectando elétrons: eletroscópio caseiro*. Para isso, os alunos foram divididos em grupos e cada um dos grupos ficou com um pote de vidro (que consistia no eletroscópio) e uma bexiga. Os alunos deveriam atritar a bexiga no cabelo, aproximar da ponta do eletroscópio e observar o que ocorria.

Dia III - Radioatividade e o surgimento de um novo modelo

Atividade I – Mapa Conceitual seguido de entrevista

Novamente foi pedido aos alunos que fizessem mapas conceituais com seus conhecimentos sobre modelos atômicos, com os conceitos que foram vistos no dia anterior e, caso já tivessem estudado, com os conceitos que seriam trabalhados neste dia. Nesta atividade nenhuma palavra-chave foi fornecida. Logo após terminarem seus mapas, iniciaram-se as entrevistas individuais, que tinham como objetivo pedir aos alunos que explicassem os mapas elaborados.

Raios X e Radioatividade

Neste momento, trabalhou-se o texto “*Raios X de Röntgen e a radioatividade*”, que abordava uma parte da história sobre a descoberta dos raios X e da radioatividade. O texto tratava sobre as vidas e o trabalho científico de Röntgen, Bequerel, Marie e Pierre Curie, principalmente.

Novo modelo atômico: Sistema Solar

Neste momento da aula, trabalhou-se com os textos: “*Ernest Rutherford e seu pequeno sistema solar*” e “*Do que o núcleo é feito: a descoberta do próton!*” O primeiro tratava sobre o modelo atômico proposto por Rutherford, apontando o que o levou a propor esse modelo e porque, apesar de algumas limitações seu modelo foi aceito. O segundo texto, também com uma parte histórica, traz a descoberta do próton.

Ao final da aula realizou-se o experimento *simulando a radioatividade*. O experimento constava em béqueres com algumas substâncias que brilhavam na presença da luz negra. O objetivo era fazer uma analogia entre o que Bequerel observava e pensava estar acontecendo com seus minérios de urânio.

Dia IV - Dualidade onda partícula e o novo modelo atômico

Atividade I – Mapa Conceitual seguido de entrevista

Pediu-se aos alunos que elaborassem mapas conceituais com o conhecimento que possuíam sobre modelos atômicos, de acordo com o que havia sido visto nos dias anteriores e, se caso quisessem e já tivessem visto algo, com o conteúdo que seria trabalhado no dia. Nesta atividade, foram fornecidas as seguintes palavras-chave: Rutherford, Dalton, núcleo, elétron e prótons. As palavras-chave foram fornecidas porque os alunos sentiram muita dificuldade em lembrar, selecionar e organizar os conceitos em seus mapas conceituais. Logo após terminarem seus mapas, deram-se início as entrevistas individuais, que tinham como objetivo pedir que expliquem os mapas elaborados.

O caráter dual da luz

Neste momento trabalhou-se o texto “*Luz: onda ou partícula*”. Este texto, com abordagem histórica, tratava de como os filósofos e cientistas percebiam, compreendiam a luz. O texto vai de Empédocles, no século V a.C. a Einstein e o efeito fotoelétrico. Um simulador do PhET⁶ foi utilizado para ajudar os alunos a compreenderem o efeito fotoelétrico.

O modelo de órbitas

Neste momento da aula, foram trabalhados os textos: “*O modelo de órbitas de Rutherford-Bohr*” e “*A terceira partícula subatômica: a descoberta do nêutron*”. O primeiro texto abordava o modelo atômico de Bohr e o que o mesmo procurava compreender, antes de propor seu modelo. O segundo texto abordava um pouco sobre o experimento de Chadwick e a descoberta do nêutron. Ao final da aula realizou-se o experimento do teste de chama.

Dia V – Como os elementos estão organizados?

⁶ PhET – Interactive Simulations. <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>

Atividade I – Mapa Conceitual seguido de entrevista

Foi pedido aos alunos que fizessem dois mapas ou, se caso conseguissem, que se sentissem à vontade para fazer um mapa que abordasse todo o conteúdo. Os conteúdos pedidos foram: modelos atômicos, envolvendo todos os conceitos que já haviam sido trabalhados nos dias anteriores; e tabela periódica, com o conhecimento prévio deles. Nesta atividade, apenas palavras-chave para modelos atômicos foram fornecidas, sendo elas: Rutherford, Dalton, Thomson, Bohr, elétrons, indivisível, núcleo, camadas. Logo após terminarem seus mapas, iniciaram-se as entrevistas individuais, que tinham como objetivo pedir aos alunos que explicassem os mapas elaborados.

Conhecendo os átomos

Nesta parte da aula, trabalhou-se com os alunos os seguintes assuntos: número atômico, número de massa, isótopos e isóbaros. O texto trabalhado continha partes históricas, principalmente sobre números atômicos, o qual tratava de Henry Moseley, que seria revisado no próximo tópico, sobre a organização da tabela periódica.

Deve haver um padrão!

Neste momento da aula, foram trabalhados dois textos: “*Elementos químicos*” e “*A evolução da tabela periódica: deve haver um padrão!*” Os dois textos abordavam partes da história, o primeiro trazia sobre como o conceito da palavra elemento foi se modificando ao longo dos anos, desde os filósofos gregos até os dias atuais. O segundo texto tratava sobre o desenvolvimento e organização da tabela periódica, passando pelas propostas mais conhecidas.

Dia VI – Organização da Tabela Periódica atual: classificação dos elementos e periodicidade

Atividade I – Mapa Conceitual seguido de entrevista

Foi pedido aos alunos que elaborassem mapas conceituais com o conhecimento que possuíam sobre tabela periódica, com o conteúdo que havia sido trabalhado na semana anterior e, se caso achassem necessário, com o conteúdo de modelos atômicos. Nesta atividade foram fornecidas as seguintes palavra-chave para modelos atômicos: Dalton, Rutherford, Bohr, Thomson, camadas, núcleo, indivisível, elétrons. Para tabela periódica foram dadas as seguintes palavras: Moseley, número atômico, Mendeleiev, tabela periódica, periodicidade. Logo após terminarem seus mapas, iniciou-se as entrevistas individuais, que tinham como objetivo pedir aos alunos que explicassem os mapas elaborados.

A estrutura eletrônica dos elementos

Neste momento da aula, trabalhou-se com o texto “*Distribuição eletrônica: como os elétrons estão organizados.*” Foram abordados o diagrama de níveis de energia de Linus Pauling, os conceitos de íons, cátions e ânions, e a distribuição eletrônica de átomos no estado fundamental e ionizados. Alguns exemplos foram feitos na lousa e alguns exercícios foram feitos em conjunto com os alunos.

Como a tabela periódica está organizada

Em seguida, nesta parte da aula, falou-se sobre a organização atual da tabela periódica, utilizando o texto “*Tabela Periódica atual: organização e estrutura*”. Foi visto sobre períodos, famílias/grupos e como a distribuição está relacionada com a organização da tabela periódica. Novamente alguns exercícios foram feitos em conjunto com os alunos.

Classificação e propriedades

Neste momento da aula trabalhou-se os seguintes textos: “*Classificação dos Elementos e Propriedades Periódicas*”. Viu-se que os elementos podem ser classificados em metais, semimetais, ametais, gases nobres, hidrogênio, elementos naturais e elementos artificiais. Quanto as propriedades, viu-se raio atômico, raio iônico, energia de ionização, afinidade

eletrônica, eletronegatividade e eletropositividade, densidade, ponto de fusão e ponto de ebulição.

Ao final das atividades do sexto dia, os alunos receberam um questionário para que avaliassem a metodologia e o material didático produzido. Os dois últimos dias, em razão de um cronograma reduzido diante de muito conteúdo, não foram realizados experimentos e nem atividades extras.

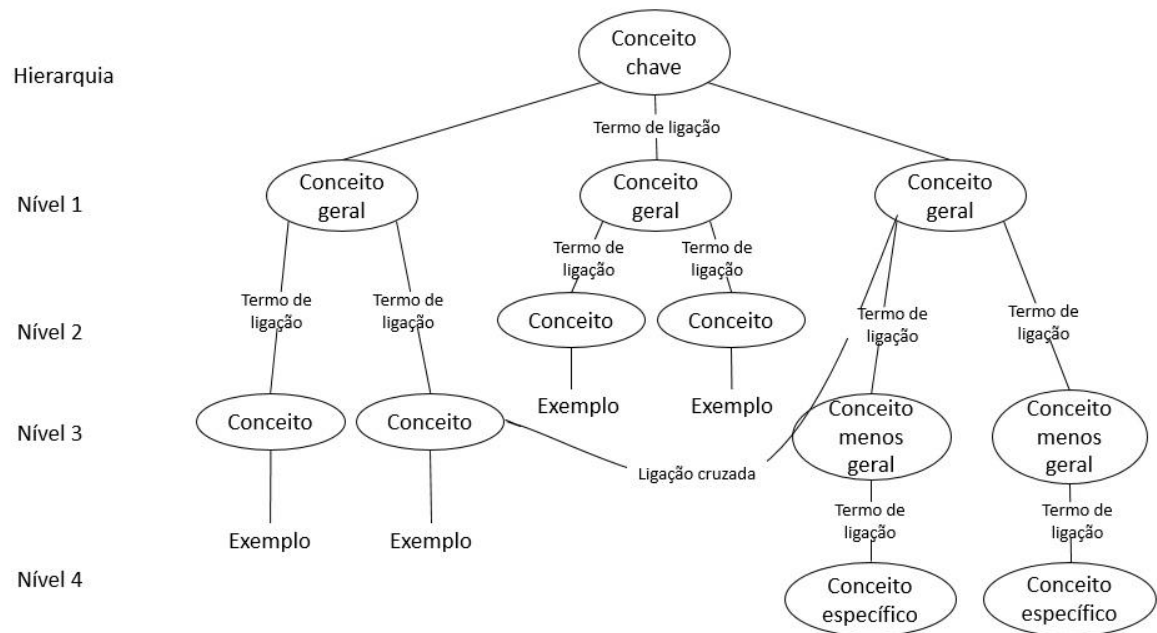
Os alunos receberam, no primeiro dia, uma cópia cada de uma primeira versão do material didático produzido. Nesta versão os mapas conceituais elaborados pela pesquisadora não foram colocados, pois, além de terem sido utilizados nas aulas para introduzir os conteúdos, os alunos foram estimulados a produzirem seus próprios mapas, portanto, a presença de mapas no material poderia influenciá-los de alguma forma.

Utilizaram-se entrevistas em conjunto com os mapas conceituais, pois, quem faz um mapa deve saber explicá-lo e tornar significativas suas relações. O objetivo das entrevistas era realmente descobrir o raciocínio por trás do mapa elaborado e os significados atribuídos aos conceitos e as ligações entre eles.

3.4. Análise dos dados

Em seu livro *Aprender a Aprender*, Novak e Gowin (1984), sugerem duas formas de pontuar mapas conceituais, caso for o desejo do professor utilizar como forma de avaliação. A figura 7 mostra uma estrutura genérica de um mapa conceitual, indicando as hierarquias, exemplos e ligações cruzadas, para auxiliar na compreensão dos critérios de classificação.

Figura 7 - Estrutura genérica de um mapa conceitual.



Fonte: Adaptado do livro Aprender a Aprender (Novak e Gowin, 1984).

A primeira sugestão não envolve muito da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, os critérios são explicados de forma mais simples, de acordo com o quadro a seguir.

Quadro 5: Critérios de avaliação de mapas conceituais.

Critérios	Pontuação
Proposições	A relação de significado entre dois conceitos é indicada pela linha que os une e pelo(s) termo(s) de ligação correspondentes? A relação é válida? Atribua um ponto por cada proposição válida e significativa que apareça.
Hierarquias	O mapa revela uma hierarquia? Cada um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito por cima dele (dentro do contexto no qual o mapa foi construído)? Atribua cinco pontos por cada nível hierárquico válido.
Ligações Cruzadas	O mapa revela ligações significativas entre um segmento de hierarquia conceitual e outro segmento? Será que a relação que se mostra é significativa e válida? Atribua dez pontos por cada relação cruzada que seja simultaneamente válida e significativa e dois pontos por cada relação cruzada que seja válida, mas que não traduza qualquer síntese entre grupos de proposições ou conceitos relacionados. As ligações cruzadas podem indicar capacidade criativa e é necessário prestar uma atenção especial para as identificar e reconhecer. As ligações cruzadas criativas ou peculiares podem ser alvo de um reconhecimento especial ou receber uma pontuação adicional.
Exemplos	Os acontecimentos ou objetos concretos que sejam exemplos válidos do que designam os termos conceituais podem valer cada um, um ponto. Pode-se construir e pontuar um mapa de referência para o material que vai representar nos mapas conceituais. Depois, dividem-se os pontos dos alunos pela pontuação obtida para esse mapa de referência, obtendo-se, deste modo, uma porcentagem que serve de comparação.

Fonte: adaptado do livro Aprender a Aprender (Novak e Gowin, 1984).

A segunda sugestão de critérios de classificação, deixa a pontuação a critério do professor e explica, de acordo com a teoria da Aprendizagem Significativa, porque certos critérios devem ser melhor pontuados que outros.

Quadro 6: Critérios de avaliação de mapas conceituais.

Critérios	Pontuação
Proposições	Pontuar todas as relações que são válidas (que formem proposições válidas). Pode subtrair pontos pelas ligações erradas ou ambíguas, porém, isso pode complicar a pontuação de forma desnecessária.
Hierarquias	Contar os níveis válidos de hierarquia e pontuar cada nível x vezes mais do que cada relação válida. O valor para x é arbitrário, mas dado que nos mapas existem muito mais relações válidas dos que hierarquias, e porque as hierarquias significam diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos significados conceituais, é válido pontuar cada nível da hierarquia 3 a 10 vezes mais do que cada relação. A pontuação dos níveis hierárquicos, quando os mapas não são simétricos, pode ser um problema, porém, sugerimos que seja contado o número de hierarquias válidas no segmento mais ramificado do mapa. No entanto, as palavras que tenham sido simplesmente adicionadas sem uma nítida relação conceitual subordinada, não devem ser contabilizadas como níveis de hierarquias.
Ligações Cruzadas	As ligações cruzadas que revelem relações válidas entre dois segmentos distintos da hierarquia conceitual, possivelmente significam reconciliações integrativas importantes e podem ser, dessa forma, melhores indicadores de aprendizagem significativa do que os níveis hierárquicos. Sugerimos que a cada ligação cruzada válida seja atribuída 2 ou 3 vezes a pontuação de cada nível hierárquico. Como é possível construir qualquer tipo de ligação cruzada, entre quaisquer dois conceitos em um mapa, deve-se decidir se uma determinada ligação representa uma reconciliação integrativa. Da mesma forma como nas avaliações tradicionais, os alunos poderão decorar as respostas.
Exemplos	Pode ser desejável, em alguns casos, pedir ao aluno exemplos específicos, para se certificar de que ele sabe qual o tipo de acontecimento que se relaciona com o determinado conceito. Sugerimos que pontue os exemplos da mesma forma que as relações válidas ou atribua-lhes metade dos pontos, porque exemplos são mais fáceis de encontrar e menos indicadores de aprendizagem significativa.

Fonte: Adaptado do livro Aprender a Aprender (Novak e Gowin, 1984)

A pontuação sugerida por Novak e Gowin (1984) para avaliar mapas conceituais foi utilizada para comparar os mapas dos alunos, iniciais e finais com o intuito de analisar a evolução cognitiva e buscar evidências de aprendizagem significativa, ou seja, o que se buscou fazer foi analisar a qualidade e validade dessa pontuação. A seguir, está disponível um quadro com as pontuações utilizadas.

Quadro 7: Critérios para pontuação dos mapas conceituais

Critério	Pontuação
Proposições	1 ponto por proposição válida. 0,5 ponto por proposição parcialmente válida.
Hierarquias	5 pontos por nível hierárquico
Ligações cruzadas	10 pontos por ligação cruzada válida 5 pontos por ligação cruzada parcialmente válida

Fonte: O autor (2019)

Outros critérios analisados nos mapas são: organização do pensamento, as relações conceituais, as hierarquias e ligações cruzadas e, por fim, foi feita uma comparação entre os mapas dos alunos. A comparação entre mapas foi feita apenas entre os mapas elaborados pelo mesmo aluno, com o objetivo de verificar a evolução cognitiva desse aluno e buscar evidências de aprendizagem significativa. Na organização do pensamento foi observada a dificuldade em organizar os conceitos esquematicamente no mapa e a dificuldade de raciocínio e escolha dos conceitos, ou seja, basicamente a estrutura do mapa foi analisada.

Para as relações conceituais foram criadas categorias de análise, com base na pontuação de Novak e Gowin (1984), onde os autores sugerem que, caso seja desejo do professor, é possível descontar pontos por ligações inválidas entre conceitos. As categorias são: válidas, parcialmente válidas e inválidas.

Quadro 8 - Categorias de análise

Categoria	Definição
Válida	Relações com significados corretos.
Parcialmente válida	Relações com termos não muito adequados, porém, passível de entendimento.
Inválida	Relações com significados e/ou conceitos incorretos.

Fonte: O autor (2019)

Na categoria de relações válidas estão as proposições nas quais temos conceitos ligados por termos de ligação corretos, ou seja, que exprimem significados cientificamente aceitos. As relações parcialmente válidas são aquelas as quais os alunos ou não souberam se expressar corretamente ou utilizaram um termo de ligação não muito adequado, porém, com conhecimento sobre o assunto é possível compreender o significado dessa relação. Por fim, na categoria de relações inválidas, temos as ligações cujas relações não possuem termos de ligação corretos ou conceitos corretos ou ambos os casos. As hierarquias e ligações cruzadas

serão melhor analisadas durante a comparação dos mapas, uma vez que podem indicar diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas as análises referentes aos dados coletados durante as atividades e entrevistas do minicurso. Estas análises estão organizadas em ordem cronológica de coleta e, por serem atividades individuais, divididas por aluno. O primeiro dia de minicurso foi apenas para apresentação do mesmo e para apresentar e iniciar os alunos na elaboração de mapas conceituais. Portanto, a análise se iniciará a partir do segundo dia. Todos os nomes presentes neste trabalho são fictícios.

4.1 Mapas Conceituais elaborados por Júlia

Iniciaremos as análises pela aluna Júlia, dessa forma, teremos uma análise mais detalhada de seus mapas e uma análise mais generalizada do restante dos alunos. Júlia foi escolhida por representar as principais dúvidas, dificuldades e concepções alternativas apresentadas pela turma ao longo do minicurso.

4.1.1 Dia II – Da teoria elementar ao átomo: como tudo começou!

No segundo dia de minicurso foi pedido que os alunos fizessem mapas conceituais com o conhecimento que já possuíam sobre átomos. O objetivo desse mapa era descobrir o que os alunos já sabiam sobre o assunto em questão, ou seja, descobrir seus conhecimentos prévios.

Para a construção de seu mapa conceitual, Júlia utilizou dez conceitos e uma frase, e construiu um mapa com seis hierarquias. Os conceitos utilizados estão listados a seguir:

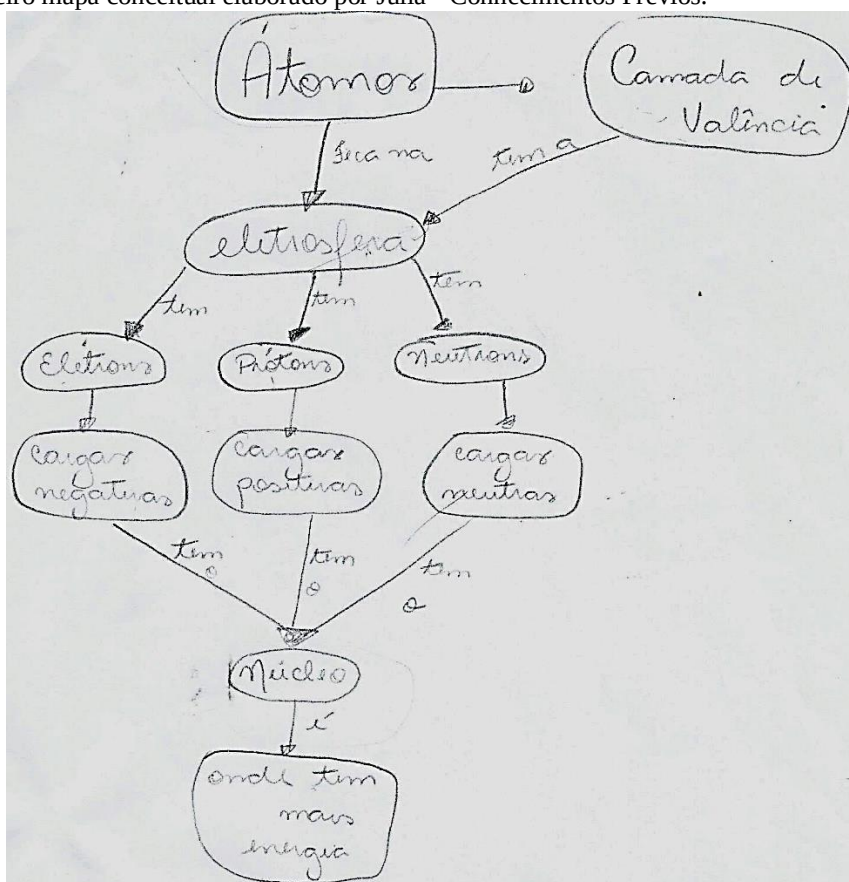
Quadro 9 – Palavras-chave utilizadas para elaborar o Mapa I

Palavras-chave				
Átomos	Prótons	Camada de valência	Elétrons	Cargas neutras
Nêutrons	Eletrosfera	Cargas negativas	Cargas positivas	Núcleo

Fonte: O autor (2019)

A frase utilizada no lugar de um conceito é a seguinte: “*Onde tem mais energia*”, a qual foi nomeada no quadro de classificação das ligações como *frase (a)*.

Figura 8 - Primeiro mapa conceitual elaborado por Júlia - Conhecimentos Prévios.



Fonte: O autor (2019)

Com os dez conceitos selecionados pela aluna, foram feitas treze ligações conceituais, das quais apenas três são completamente válidas e quatro são parcialmente válidas. A seguir, estão listadas as ligações.

Quadro 10 - Classificação das ligações conceituais – Primeiro mapa de Júlia

Ligações	Termos de ligação	Categorias de análise
Átomos – eletrosfera	Fica na	Parcialmente válida
Átomos – camada de valência	-	Parcialmente válida
Camada de valência – eletrosfera	Tem a	Parcialmente válida
Eletrosfera – elétrons	Tem	Válida
Eletrosfera – prótons	Tem	Inválida
Eletrosfera – nêutrons	Tem	Inválida
Elétrons – cargas negativas	-	Válida
Prótons – cargas positivas	-	Válida
Nêutrons – cargas neutras	-	Válida
Cargas negativas – núcleo	Tem o	Inválida
Cargas positivas – núcleo	Tem o	Inválida
Cargas neutras – núcleo	Tem o	Inválida
Núcleo – frase 01c		Inválida

Fonte: O autor (2019)

A primeira ligação conceitual, *átomos – eletrosfera*, foi considerada parcialmente válida, pois, apesar de utilizar o termo de ligação “*fica na*”, o que indica que ela acredita que os átomos estão na eletrosfera, não se pode afirmar que a aluna não tenha algum conhecimento sobre o conceito em questão, pois em outra relação conceitual, a mesma afirma que os elétrons estão localizados na eletrosfera, portanto, este conceito não está claro e suficientemente diferenciado em sua estrutura cognitiva.

Outro conceito que aparenta não estar claro e tampouco diferenciado em sua estrutura cognitiva é “*camada de valência*”. Ao olhar as ligações, a posição e o termo de ligação utilizado, fica a impressão de que a aluna possui algum conhecimento sobre o conceito em questão, porém, não sabe como e com quais conceitos ele se relaciona. O conceito está ligado a *átomo* e *eletrosfera*, porém, está localizado ao lado do conceito principal, *átomo*. A ligação entre *átomo* e *camada de valência* não possui nenhum termo de ligação, que indica que Júlia reconhece que existe uma relação conceitual entre os dois, porém, não sabe exatamente qual. Na ligação entre *camada de valência* e *eletrosfera* a aluna utiliza o termo de ligação “*tem a*”, que revela uma compreensão de que a *camada de valência* possui uma *eletrosfera*, ou seja, a aluna compreende por camada algo mais abrangente e, talvez, acabe trazendo essa compreensão para *camada de valência*, por justamente não ter um conhecimento claro sobre

esse conceito. Dessa forma, pensa que a camada de valência é mais abrangente que a eletrosfera e que, portanto, a mesma se localiza “dentro” dela.

Nenhum termo de ligação foi utilizado nas ligações: *elétrons – cargas negativas*; *prótons – cargas positivas*; *nêutrons – cargas neutras*. Contudo, com algum conhecimento sobre o assunto é possível deduzir os significados entre esses conceitos. Para as ligações: *cargas negativas – núcleo*; *cargas positivas – núcleo*; *cargas neutras – núcleo*, o termo de ligação utilizado foi “*tem o*” que indica que a aluna pensa que cada uma dessas partículas possui um núcleo. Por fim, a utilização de uma frase no lugar de um conceito (palavra-chave) pode indicar dificuldade de organização do conhecimento de forma esquemática, e dificuldade na escolha de um conceito que “represente” a relação e os significados que ela gostaria de ter expressado. Outro fator que influencia também, é a falta de prática em elaborar mapas conceituais.

É perceptível que a aluna possui algum conhecimento sobre o assunto, porém, é perceptível também que houve dificuldade para organizar e relacionar os conceitos escolhidos. Júlia escolheu como conceito principal para o topo do mapa o conceito *átomo*. Porém, o conceito *camada de valência* está ao lado de *átomo*, dividindo o topo. Essa organização revela que a aluna lembra, vagamente, do conceito camada de valência, porém, como o mesmo não se encontra claro e diferenciado em sua estrutura cognitiva, ela não soube exatamente em qual posição colocá-lo no mapa. Outro fator que prova sua confusão com o conceito, e que já foi citado, é que este conceito se encontra acima de *eletrosfera*, o que indica que Júlia considera *camada de valência* um conceito mais geral que *eletrosfera* e, mostra uma confusão nas relações conceituais entre *átomo x camada de valência x eletrosfera*. Durante a entrevista, a própria aluna afirma não saber exatamente em qual posição colocar o conceito *camada de valência*.

Eu coloquei aqui também camada de valência. Porque eu não sabia onde exatamente encaixar, “*ai*”, eu coloquei que, no átomo tinha uma camada de valência e que, se não me engano, tem na eletrosfera também.

O conceito *eletrosfera* está no primeiro nível hierárquico. No próximo nível temos *prótons*, *elétrons* e *nêutrons*, considerados conceitos mais específicos que *eletrosfera*, porém, foram considerados também, constituintes da *eletrosfera*.

Por fim, temos no penúltimo nível hierárquico o conceito *núcleo*, que foi considerado um conceito específico, constituinte dos *prótons*, *elétrons* e *nêutrons*. Júlia, durante a entrevista, também afirma que os átomos têm um núcleo, apesar de não haver ligações entre o

conceito *núcleo* e *átomo*, e que ele é o lugar com maior energia. A aluna afirma: “[...] E *“ai” todos tem um núcleo. Todo átomo tem um núcleo e o núcleo é o lugar onde tem mais energia.*”.

A confusão entre os conceitos e o esquecimento de parte de seus significados, pode ser explicada através da assimilação obliteradora da Teoria de Ausubel. Quando um novo conceito é subsumido por seu respectivo conceito subsunçor ocorre a modificação de ambos. A assimilação obliteradora se inicia após essa interação, e sua principal função é reduzir os significados do novo conceito, ou seja, inicia-se um “processo de esquecimento”. Como resultado teremos apenas o subsunçor modificado. Contudo, se a aprendizagem é significativa, rever o conteúdo e *reaprendê-lo* torna-se mais fácil. Porém, há indícios de que a aprendizagem desses conceitos não foi significativa, pois, durante a entrevista, foi perguntado se ela já havia visto o conteúdo e se havia sentido alguma dificuldade e Júlia respondeu dizendo que sua maior dificuldade foi decorar nomes e definições.

(Pesquisadora) Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Sim, vi ano passado.

(P) Você sentiu alguma dificuldade em aprendê-lo?

Não senti muita dificuldade, apenas em decorar alguns nomes e a definição de cada um.

Dessa forma, pela própria fala da aluna, é possível afirmar que sua aprendizagem foi mecânica e quando se deu início a assimilação obliteradora, e parte dos conceitos foram esquecidos, o que “restou” na estrutura cognitiva acabou provocando confusão, por não estar claro o suficiente.

4.1.2 Dia III – Radioatividade e o surgimento de um novo modelo

No terceiro dia de minicurso foi pedido para que os alunos elaborassem mapas com o conteúdo visto na aula anterior e, caso desejassem e já tivessem visto, com o conteúdo da aula em questão. Nenhuma palavra-chave foi fornecida para a elaboração desse mapa.

Júlia utilizou oito conceitos e três frases para elaborar um mapa com quatro hierarquias. Os conceitos utilizados estão listados a seguir.

Quadro 11 - Palavras-chave utilizadas para elaborar o Mapa II

Palavras-chave			
Modelo atômico	Dalton	Thomson	Pudim de passas
Tales de Mileto	Anaxímenes de Mileto	Água	Ar

Fonte: O autor (2019)

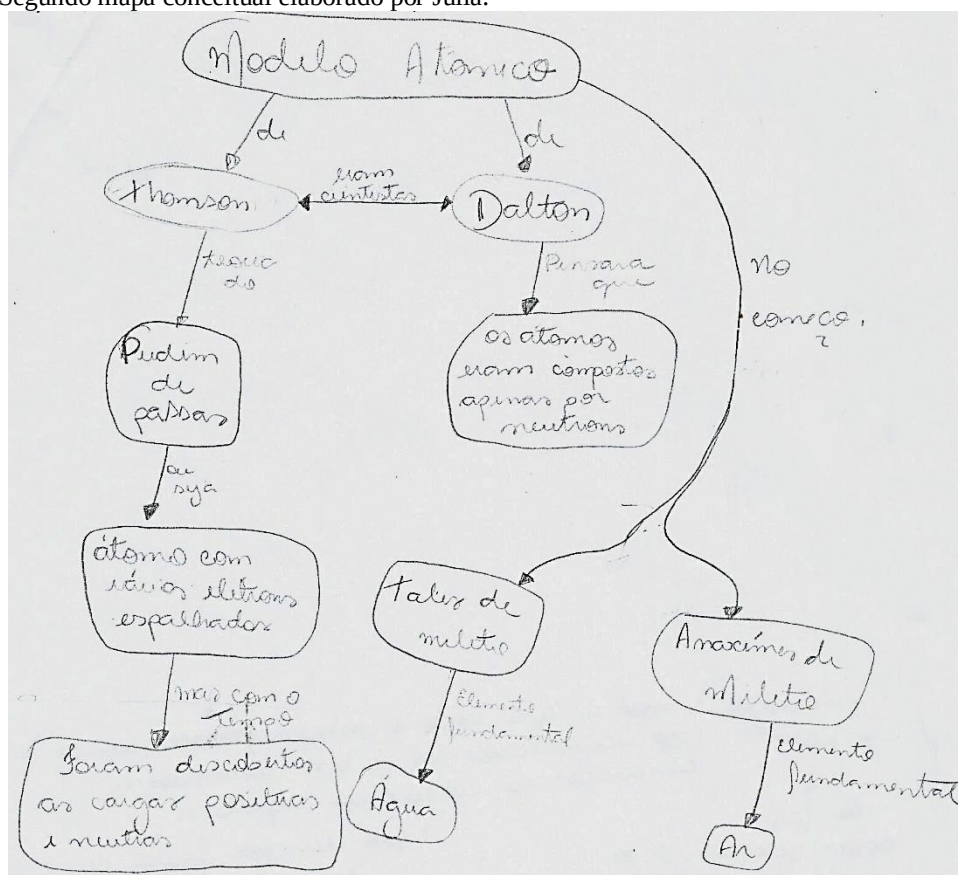
As frases utilizadas estão listadas a seguir. Todas as frases substituem uma palavra-chave/conceito no mapa em questão.

Quadro 12 - Frases usadas no Mapa II

Frase	Descrição
(a)	“Os átomos eram compostos apenas por nêutrons”.
(b)	“Átomo com vários elétrons espalhados”.
(c)	“Foram descobertos as cargas positivas e neutras”.

Fonte: O autor (2019)

Figura 9 - Segundo mapa conceitual elaborado por Júlia.



Fonte: O autor (2019)

Foram feitas onze ligações conceituais ao todo, das quais, oito são válidas, duas são parcialmente válidas e uma inválida. As ligações estão listadas a seguir.

Quadro 13 - Classificação das ligações conceituais – Segundo mapa de Júlia

Ligações	Termos de ligação	Categorias de análise
Modelo atômico – Dalton	De	Válida
Modelo atômico – Thomson	De	Válida
Modelo atômico – Tales	No começo	Válida
Modelo atômico – Anaxímenes	No começo	Válida
Thomson – Dalton	Eram cientistas	Válida (ligação cruzada)
Thomson – Pudim de passas	Teoria do	Válida
Tales – água	Elemento fundamental	Válida
Anaxímenes – ar	Elemento fundamental	Válida
Pudim de passas – frase (b)	Ou seja	Parcialmente válida
Frase (b) – frase (c)	Mas com o tempo	Válida
Dalton – frase (a)	Pensava que	Inválida

Fonte: O autor (2019)

A primeira ligação a ser analisada será “*pudim de passas – átomo com vários elétrons espalhados*”. Nessa ligação o termo utilizado foi, “*ou seja*”, dessa forma, a aluna pretendia explicar a relação conceitual que estava esquematizando. Contudo, as palavras que utilizou para se expressar não foram as melhores, pois, passam a ideia de que os elétrons estão, de certa forma, soltos pelo átomo. No modelo de Thomson o átomo é uma esfera de carga positiva com elétrons incrustados. Essa relação foi considerada parcialmente válida, pois o átomo de Thomson contém elétrons, porém, incrustados no átomo e nenhuma carga foi atribuída ao próprio átomo.

A ligação “*átomo com vários elétrons espalhados – foram descobertas as cargas positivas e neutras*” tem como termo de ligação, “*mas com o tempo*”. Essa ligação é, de certa forma, válida, pois com o avanço da tecnologia e da ciência os prótons e nêutrons foram descobertos; e ela é uma ligação que reforça o fato da aluna já ter visto o conteúdo, uma vez que na aula do dia anterior vimos apenas a descoberta do elétron.

Para a ligação “*Dalton – os átomos eram compostos apenas por nêutrons*” foi utilizado o termo de ligação “*pensava que*”. Essa ligação foi considerada inválida, uma vez que o átomo de Dalton era uma esfera indivisível e neutra. Contudo, o que pode ter confundido Júlia foi justamente o fato de ser uma esfera neutra. A aluna pode ter associado a neutralidade que Dalton atribuiu a seu átomo com os nêutrons, que foram descobertos anos depois. Dessa forma, acabou por pensar que o átomo de Dalton, por ser uma esfera neutra, é composta por nêutrons.

Os conceitos “*Tales de Mileto*” e “*Anaxímenes de Mileto*” foram colocados no terceiro nível hierárquico, porém estão ligados ao conceito principal “*Modelo atômico*” através do termo de ligação “*no começo*”. Isso indica que aluna se esqueceu da contribuição dos filósofos e lembrou-se, de parte deles, quando estava quase acabando seu mapa. Durante a entrevista, Júlia afirma ter se lembrado deles depois de ter feito o mapa: “[...] *“Ai” depois eu lembrei que tinha anotado no meu caderno os dois nomes do começo “né” ... de tudo ... do Tales e do Anaxímenes [...]*”.

Novamente podemos observar dificuldade de organização do conhecimento de forma esquemática, e dificuldade na escolha de um conceito significativo para representar as ligações em questão. Pacheco e Damasio (2009) também observaram essa dificuldade ao aplicar mapas conceituais, como instrumentos de avaliação, aos alunos do curso técnico de Malharia e Confecção. É possível que Júlia tenha se sentido insegura quanto aos conceitos utilizados e tentou explicar, através das frases, a ideia que queria passar. Em comparação com o primeiro mapa, Júlia utilizou mais frases que conceitos, o que pode indicar, além da insegurança, que o conhecimento adquirido no dia anterior não foi relacionado de forma significativa e assimilado em sua estrutura cognitiva. Alguns fatores podem ter contribuído para isso, a falta de subsunçores adequados e a quantidade de conteúdo vista em apenas um dia. Outro fator que pode ter contribuído para que Júlia utilizasse mais frases foi, o fato de não terem sido fornecidas palavras-chaves. Portanto, a aluna pode ter tido dificuldade para lembrar dos conceitos, organizá-los de forma esquemática e elaborar seu mapa. Quando questionada se havia sentido mais dificuldade neste dia ou no anterior, a aluna diz ter sentido mais dificuldade no dia de hoje, por conta dos nomes: “[...] *Sim, mais hoje. Por causa dos nomes “né”, “ai” eu fiquei em dúvida [...]*”.

Confirma o fato da quantidade de conteúdo vista ter deixado ela confusa. Não era a primeira vez que Júlia via esses conteúdos, contudo, era a primeira vez que ela se dispunha a aprendê-los de fato, dessa forma não tinha subsunçores adequados, ou seja, claros e diferenciados em sua estrutura cognitiva.

4.1.3 Dia IV – Dualidade onda – partícula e o novo modelo atômico

No quarto dia de minicurso foi pedido para que os alunos construíssem mapas com o conteúdo referente das aulas anteriores e, se caso desejassem, com o conteúdo da aula em questão. Foram oferecidas palavras-chave para auxiliar os alunos, pois os mesmos estavam

tendo dificuldade em lembrar certas palavras, por conta da quantidade de conteúdo, e acabavam não fazendo o mapa da forma como queriam. A seguir, estão listadas as palavras oferecidas.

Quadro 14 - Palavras-chave oferecidas para elaboração do Mapa III

Palavras-chave				
Rutherford	Dalton	Núcleo	Elétrons	Prótons

Fonte: O autor (2019)

Com exceção do modelo atômico de Dalton, foram dadas características do modelo atômico de Thomson, apesar de seu nome não ter sido oferecido, e características do modelo atômico de Rutherford. Portanto, para início, esperava-se que, reconhecessem as relações e significados entre as palavras *Rutherford*, *prótons* e *núcleo*. Da mesma forma, para a palavra *Dalton*, esperava-se que, por ser o modelo mais simples e o primeiro, apenas o nome do cientista seria suficiente para se lembrar e relacionar as características do mesmo. J.J. Thomson não foi dado como palavra-chave, porém, *elétrons* está na lista com o intuito dos alunos reconhecerem e lembrarem que foi Thomson quem descobriu os elétrons e após essa descoberta propôs seu modelo.

Júlia construiu um mapa utilizando treze conceitos, um desenho e duas frases, uma no lugar de um conceito e outra no lugar de um termo de ligação. Seu mapa possui seis hierarquias, o conceito principal escolhido foi *estrutura atômica*. Foram feitas quatorze ligações conceituais, das quais sete são válidas, duas são parcialmente válidas e três inválidas. A seguir, estão listadas as ligações conceituais e as frases utilizadas pela aluna.

Quadro 15 - Frases usadas no terceiro mapa de Júlia

Frase	Descrição	Frase	Descrição
	Conceito		Termo de ligação
(a)	“No núcleo tem apenas elétrons”	(01)	“Existem moléculas que são”

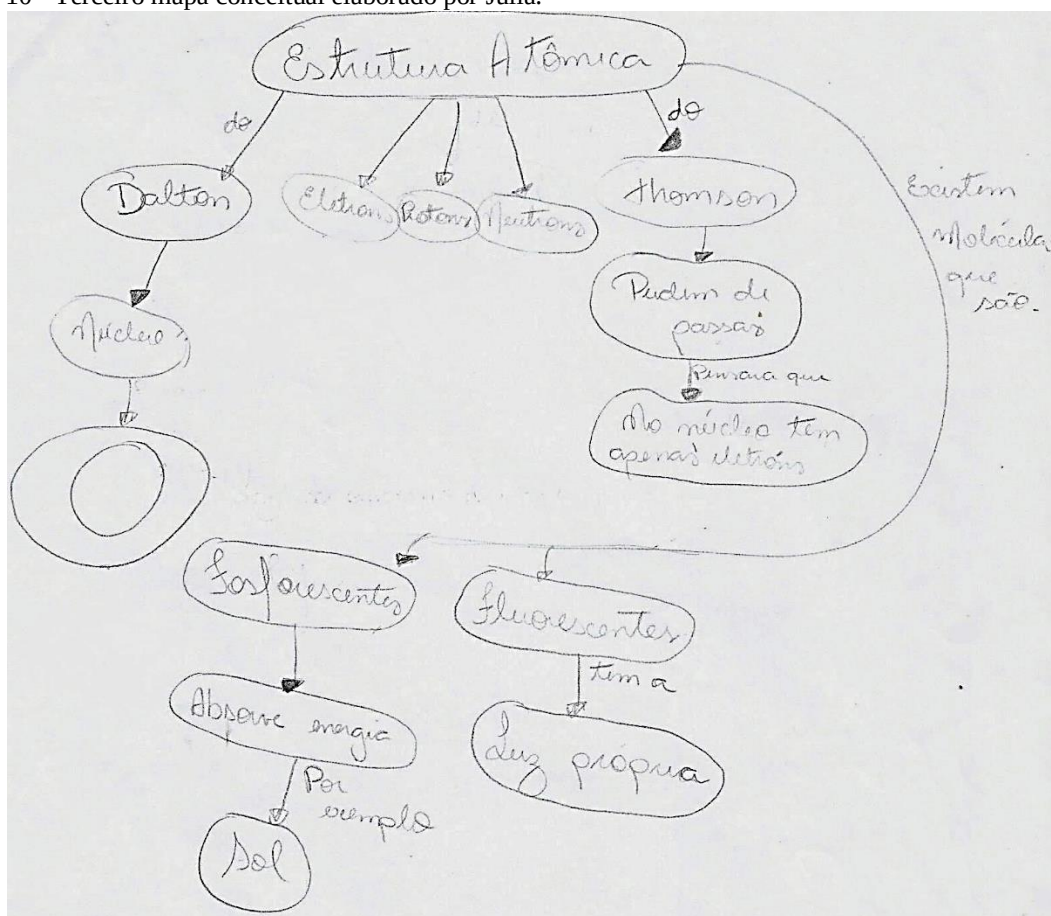
Fonte: O autor (2019)

Quadro 16 - Classificação das ligações conceituais – Terceiro mapa de Júlia

Ligações	Termo de ligação	Categorias de análise
Estrutura atômica – elétrons	-	Válida
Estrutura atômica – prótons	-	Válida
Estrutura atômica – nêutrons	-	Válida
Estrutura atômica – Dalton	Do	Parcialmente válida
Estrutura atômica – Thomson	Do	Parcialmente válida
Estrutura atômica – Fluorescente	Frase (01)	Válida
Estrutura atômica – Fosforescente	Frase (01)	Válida
Dalton – Núcleo	-	Inválida
Núcleo – desenho	-	Inválida
Thomson – Pudim de passas	-	Válida
Pudim de passas – frase (a)	Pensava que	Inválida
Fosforescente – absorve energia	-	Válida
Absorve energia – sol	Por exemplo	Válida
Fluorescente – luz própria	-	Inválida

Fonte: O autor (2019)

Figura 10 - Terceiro mapa conceitual elaborado por Júlia.



Fonte: O autor (2019)

A aluna utilizou praticamente todas as palavras oferecidas, ficando de fora apenas *Rutherford*. Como ela já possui um conhecimento prévio sobre as partículas componentes do átomo, Júlia sempre cita elétrons, prótons e nêutrons. Um ponto importante é o fato de existir uma hierarquia sobre moléculas fluorescentes e fosforescentes em seu mapa, uma vez que esses conceitos foram explicados e demonstrados apenas no experimento realizado ao final da aula do dia anterior. Mais adiante esse fato será melhor comentado. Quando questionada se preferiria as palavras-chave para ajuda-la em seu mapa ou não, Júlia afirma que com as palavras foi mais fácil elaborar um mapa.

(Pesquisadora) Você prefere as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?
É mais fácil com as palavras.

O conceito principal escolhido por Júlia foi *Estrutura Atômica*, o primeiro nível hierárquico contém os seguintes conceitos: *Dalton*, *elétrons*, *prótons*, *nêutrons* e *Thomson*. As ligações entre *estrutura atômica* e *elétrons*, *prótons* e *nêutrons* não possuem termos de

ligação, contudo, para alguém que já possui algum conhecimento sobre o assunto, os significados são compreendidos mesmo sem termos de ligação e, portanto, essas ligações foram consideradas válidas. Nas ligações *Estrutura Atômica – Dalton* e *Estrutura Atômica – Thomson* temos o uso do termo de ligação “do”. Essas ligações foram consideradas parcialmente válidas, pois, apesar de ambos estudarem a estrutura do átomo e proporem modelos atômicos, o termo de ligação utilizado por Júlia sugere que cada um dos cientistas criou sua própria estrutura atômica.

Entre as ligações *Dalton – Núcleo* e *Núcleo – Desenho* também não há termos de ligação e ambas as ligações foram consideradas inválidas. Apesar da ausência de termos de ligação, é possível compreender que há uma confusão no fato do modelo de Dalton ser uma esfera neutra. A impressão é que a aluna o confunde com um núcleo e em seguida o representa com um desenho como uma forma de reforçar o significado que está atribuindo. Impressão essa que é confirmada durante a entrevista: “[...] “Ai” eu coloquei que o Dalton...o núcleo né...do Dalton, que era...que não tinha....sabe aquela bolinha azul que você mostrou? Então aquilo [...]”.

Alguns pontos importantes podem ser notados na fala de Júlia, a dificuldade em expressar o que sabe, e utilizar uma imagem representativa para ajuda-la a explicar o que estava pensando. A imagem em questão foi utilizada em aula para ilustrar o modelo de Dalton, contudo, foi tomado o devido cuidado para que entendessem que era apenas uma representação do modelo de Dalton, que o átomo não era uma bola e tampouco azul. Contudo, devido a falta de palavras para expressar e explicar o que estava pensado, a imagem, que é um ponto em comum entre aluna e pesquisadora, pois a imagem de uma “bola azul” foi utilizada para representar no modelo de Dalton durante a aula, foi considerada uma ótima ideia. O desenho colocado no mapa, apesar de não estar pintado, pode ter sido uma tentativa de representar aquela imagem.

Na ligação *Pudim de passas – no núcleo tem apenas elétrons* o termo de ligação usado é “*pensava que*”. Essa ligação reforça o fato da aluna confundir a esfera neutra de Dalton com um núcleo, pois, das duas ligações que temos, *Thomson – Pudim de passas* e *Pudim de passas – no núcleo tem apenas elétrons*, os significados que emergem são de que Thomson sugeriu o modelo do pudim de passas como uma melhoria para o modelo de Dalton, o que não está errado. Porém, como ela confunde o modelo de Dalton com um núcleo, o pudim de passas de Thomson passa a ser um núcleo composto apenas por elétrons. Essa ligação foi considerada inválida.

Por fim, temos as ligações *Estrutura Atômica – fosforescentes* e *Estrutura atômica – fluorescentes* ambas com o termo de ligação “*existem moléculas que são*”. Primeiramente, a posição da ligação sugere que Júlia lembrou-se desses conceitos após terminar seu mapa e não sabia, exatamente, de que forma relaciona-los com seu conceito principal, e, por conta disso, utiliza uma frase no lugar de um termo de ligação. É possível perceber que houve uma compreensão parcial desses conceitos, uma vez que Júlia compreende que a fosforescência é um fenômeno decorrente de absorção de energia, porém, atribui para as moléculas fluorescentes luz própria. Esses conceitos foram utilizados, conceituados e diferenciados no experimento “*Entendendo a fluorescência e fosforescência, são todos radioativos?*”, e, retomando um ponto citado anteriormente, é perceptível como a experimentação é válida e importante para a aprendizagem. Durante a aula foram utilizados simuladores, vídeos e imagens ilustrativas, porém, Júlia não se recordou do modelo de Rutherford, recordou-se de conceitos vistos no experimento por conta do visual do próprio experimento. O fato da aluna saber explicar a fosforescência e não a fluorescência decorre do fato de um problema durante o experimento, a lâmpada de luz negra não estava funcionando e, portanto, não foi possível ilustrar o fenômeno da fluorescência, apenas a fosforescência. Isso novamente evidencia a importância da experimentação para a aprendizagem.

Por fim, quando questionada sobre a dificuldade ou facilidade em fazer o mapa, Júlia afirma que o primeiro dia foi o mais fácil, para fazer o mapa, por conta da quantidade de conteúdo.

(Pesquisadora) Foi mais fácil, para você, elabora o mapa hoje?

Não. O primeiro dia foi mais fácil.

(P) Porque o primeiro dia foi o mais fácil?

Acho que é porque tem mais conteúdo e você meio confuso na hora de fazer. Eu acho que foi por causa disso.

Por conta dos prazos e tempo disponível para realizar o minicurso, a quantidade de conteúdo, por dia, talvez tenha sido demasiada.

4.1.4 Dia V – Como os elementos estão organizados?

No quinto dia de minicurso iniciamos o conteúdo de Tabela Periódica e foi pedido para que os alunos construíssem mapas com o conteúdo referente das aulas anteriores, modelos atômicos, e, utilizando seus conhecimentos prévios, construíssem um mapa com o conteúdo da aula em questão. Apenas para o mapa de modelos atômicos foram oferecidas palavras-chave para auxiliar os alunos. A seguir estão listadas as palavras oferecidas.

Quadro 17 - Palavras-chave oferecidas para a elaboração do mapa IV

Palavras-chave			
Rutherford	Dalton	Thomson	Bohr
Elétrons	Indivisível	Núcleo	Camadas

Fonte: O autor (2019)

Os nomes de todos os cientistas foram oferecidos por causa da quantidade de conteúdo que já havia sido vista nos dias anteriores. Da mesma forma como foi pensado para o mapa anterior, uma característica de cada modelo foi oferecida como palavra-chave. Esperava-se que, com essas palavras, os alunos conseguissem reconhecer as ligações e relações entre elas e esquematizar cada modelo atômico com suas características. Esperava-se também que os alunos utilizassem outros conceitos além desses oferecidos.

O mapa construído por Júlia tem onze conceitos e quatro frases, duas utilizadas no lugar de conceitos e duas utilizadas no lugar de termos de ligação. Possui seis hierarquias, uma ligação cruzada e como conceito principal a aluna utilizou *Átomos*. Foram feitas treze ligações das quais oito são válidas, uma parcialmente válida e quatro são inválidas. A seguir, estão listadas as ligações conceituais e as frases utilizadas pela aluna.

Quadro 18 - Frases usadas no quarto mapa conceitual de Júlia

Frase	Descrição	Frase	Descrição
	Conceito		Termo de ligação
(a)	<i>“Há elétrons no átomo”</i>	(01)	<i>“De acordo com Rutherford se parecia com”</i>
(b)	<i>“A excitação dos elétrons causam cores”</i>	(02)	<i>“Que até então eram”</i>

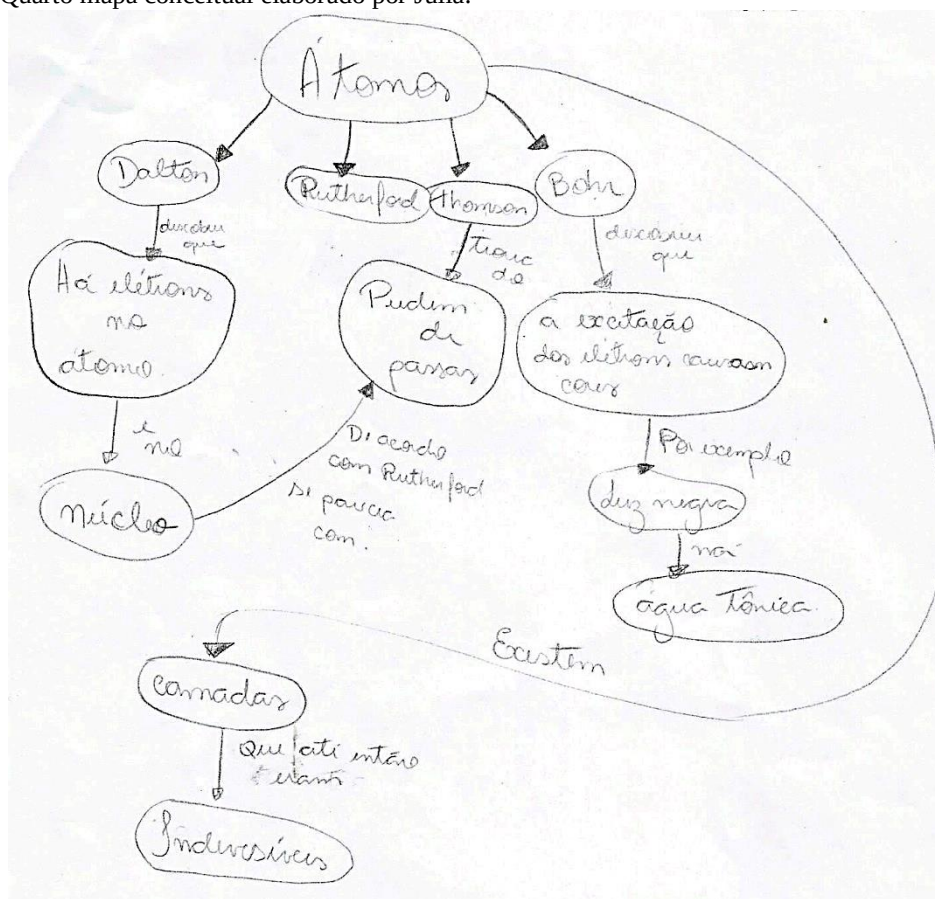
Fonte: O autor (2019)

Quadro 19 - Classificação das ligações conceituais - Quarto mapa de Júlia

Ligações	Termo de ligação	Categorias de análise
Átomos – Dalton	-	Válida
Átomos – Rutherford	-	Válida
Átomos – Thomson	-	Válida
Átomos – camadas	Existem	Parcialmente válida
Dalton – frase (a)	Descobriu que	Inválida
Frase (a) – Núcleo	E no	Inválida
Núcleo – Pudim de passas	Frase (01) (ligação cruzada)	Inválida
Thomson – Pudim de passas	Teoria do	Válida
Bohr – frase (b)	Descobriu que	Válida
Frase (b) – luz negra	Por exemplo	Válida
Luz negra – água tônica	Na	Válida
Camadas – indivisíveis	Frase (02)	Inválida

Fonte: O autor (2019)

Figura 11 - Quarto mapa conceitual elaborado por Júlia.



Fonte: O autor (2019)

Todas as palavras oferecidas foram utilizadas e, além delas, Júlia utilizou uma frase e dois conceitos relacionados ao experimento da aula do dia anterior. Das cinco ligações feitas com o conceito principal, apenas uma delas possui termo de ligação, contudo, as quatro ligações que não possuem termo, ainda são passíveis de entendimento por quem possui algum conhecimento sobre modelos atômicos. Para a ligação *Dalton – há elétrons no átomo*, cujo termo de ligação usado foi “*descobriu que*”, é perceptível a confusão de Júlia entre os modelos atômicos de Dalton e Thomson, contudo, na próxima ligação, *Há elétrons no átomo – núcleo*, o termo de ligação mostra que a aluna continua relacionando núcleo ao modelo de Dalton. Há uma ligação entre os conceitos *átomos* e *Rutherford*, porém, não há nenhum outro conceito ligado a *Rutherford*, o que sugere que Júlia apenas ligou a palavra-chave oferecida com o conceito principal, sem se lembrar ao certo qual o modelo. Isso é afirmado pela própria aluna durante a entrevista: “[...] “*Ai*” *Rutherford*, de novo. Eu sempre esqueço o que ele fez... “*ai*” eu só coloquei o nome dele. [...]”.

O fato de fazer uma ligação cruzada entre *núcleo* e *pudim de passas* utilizando a seguinte frase como termo de ligação: “*de acordo com Rutherford se parecia com*”, confirma que a aluna reconhece que existe alguma relação entre os conceitos *núcleo* e *Rutherford*, porém, não se lembra ao certo quais relações são essas.

Novamente é possível notar a importância da experimentação para a aprendizagem, pois os conceitos e frase utilizados pela aluna para relacionar e dar significado para o modelo de Bohr foram retirados do experimento da aula anterior. Contudo, a ligação *átomos – camadas*, com o termo de ligação “*existem*” evidencia que, apesar da aluna ter compreendido a parte da excitação dos elétrons e porque determinadas substâncias, ou objetos, brilham, a compreensão do modelo foi parcial, pois, não há relação entre os conceitos *camadas* e *Bohr*. Outro ponto que evidencia que Júlia não compreendeu totalmente o modelo Bohr, e o de Dalton, é o fato de apontar que as camadas são indivisíveis. Um fator que pode contribuir para essa confusão é a falta de conhecimento do significado das palavras, ou seja, a aluna poderia não saber o que significa o termo *indivisível*.

Não foi pedido aos alunos que fizessem mapas conceituais sobre o conhecimento prévio de Tabela Periódica, porém, durante a entrevista foi pedido que explicassem o que sabiam sobre o tema. No decorrer da entrevista, perguntei a aluna se havia estudado algo sobre Tabela Periódica. A mesma me informou que sim, havia visto no ano passado e, então, pedi para que me explicasse o que havia estudado sobre o assunto:

“[...] “*Hãn*”...eu vi as ... famílias ... é ... sabe as ... colunas são as famílias. As linhas são ... esqueci ... “*hãn*” ... eu vi alguns elementos. Eu vi ... “*hãn*” ... “*ai tipo*” não foi muita coisa, a gente não foi muito a fundo “*né*”. Mas eu vi por cima assim [...]”.

É possível que Júlia tenha ficado insegura em me explicar o conteúdo que havia estudado e não tenha se lembrado do que viu. É perceptível que no ano anterior ela estudou sobre organização da tabela periódica atual, vendo as famílias e os períodos, apesar de não ter lembrado o nome.

4.1.5 Dia VI – Organização da Tabela Periódica atual: classificação dos elementos e periodicidade

No sexto, e último, dia de minicurso foi pedido para que os alunos construíssem dois mapas, um com o conteúdo de modelos atômicos visto nas aulas anteriores e outro com o conteúdo visto sobre tabela periódica e os conhecimentos prévios dos alunos. Foi permitido aos alunos que, se caso quisessem, poderiam fazer apenas um mapa com os dois conteúdos. As palavras-chave oferecidas estão listadas a seguir.

Quadro 20 - Palavras-chave oferecidas para o mapa sobre Modelos Atômicos

Palavras-chave			
Dalton	Rutherford	Bohr	Thomson
Camadas	Núcleo	Indivisível	Elétrons

Fonte: O autor (2019)

Quadro 21 – Palavras-chave oferecidas para o mapa sobre Tabela Periódica

Palavras-chave				
Moseley	Número atômico	Mendeleiev	Tabela Periódica	Periodicidade

Fonte: O autor (2019)

Novamente, os nomes de todos os cientistas foram oferecidos por conta da quantidade de conteúdo que já havia sido vista nos dias anteriores. Da mesma forma como foi pensado para o mapa anterior, uma característica de cada modelo foi oferecida como palavra-chave. Esperava-se que, com essas palavras, os alunos conseguissem reconhecer as ligações e relações entre elas e esquematizar cada modelo atômico com suas características. Esperava-se também que os alunos utilizassem outros conceitos além desses oferecidos. O conteúdo de

tabela periódica visto na aula anterior abrangeu a descoberta do número atômico, isótopos e isóbaros e a história da tabela periódica. Não foram oferecidos todos os nomes relacionados a história da tabela periódica por serem muitos e acabar influenciando de forma demasiada na elaboração dos mapas.

Júlia construiu um mapa com vinte e três conceitos e seis frases, duas utilizadas no lugar de conceitos e quatro utilizadas no lugar de termos de ligação. Seu mapa possui em torno de dez hierarquias bem definidas e o conceito principal escolhido foi *modelo atômico*. Foram feitas vinte e cinco ligações, das quais dezoito são válidas, quatro são parcialmente válidas e três são inválidas. A seguir, estão listadas as ligações e as frases utilizadas.

Quadro 22 - Frases usadas no quinto mapa conceitual de Júlia

Frase	Descrição	Frase	Descrição
	Conceito		Termo de Ligação
(a)	<i>“Excitação dos elétrons”</i>	(01)	<i>“Foi descoberta por”</i>
(b)	<i>“Átomos carregados positivamente”</i>	(02)	<i>“Fazendo experimentos com”</i>
		(03)	<i>“Fez experimentos com”</i>
		(04)	<i>“E descobriu que os”</i>

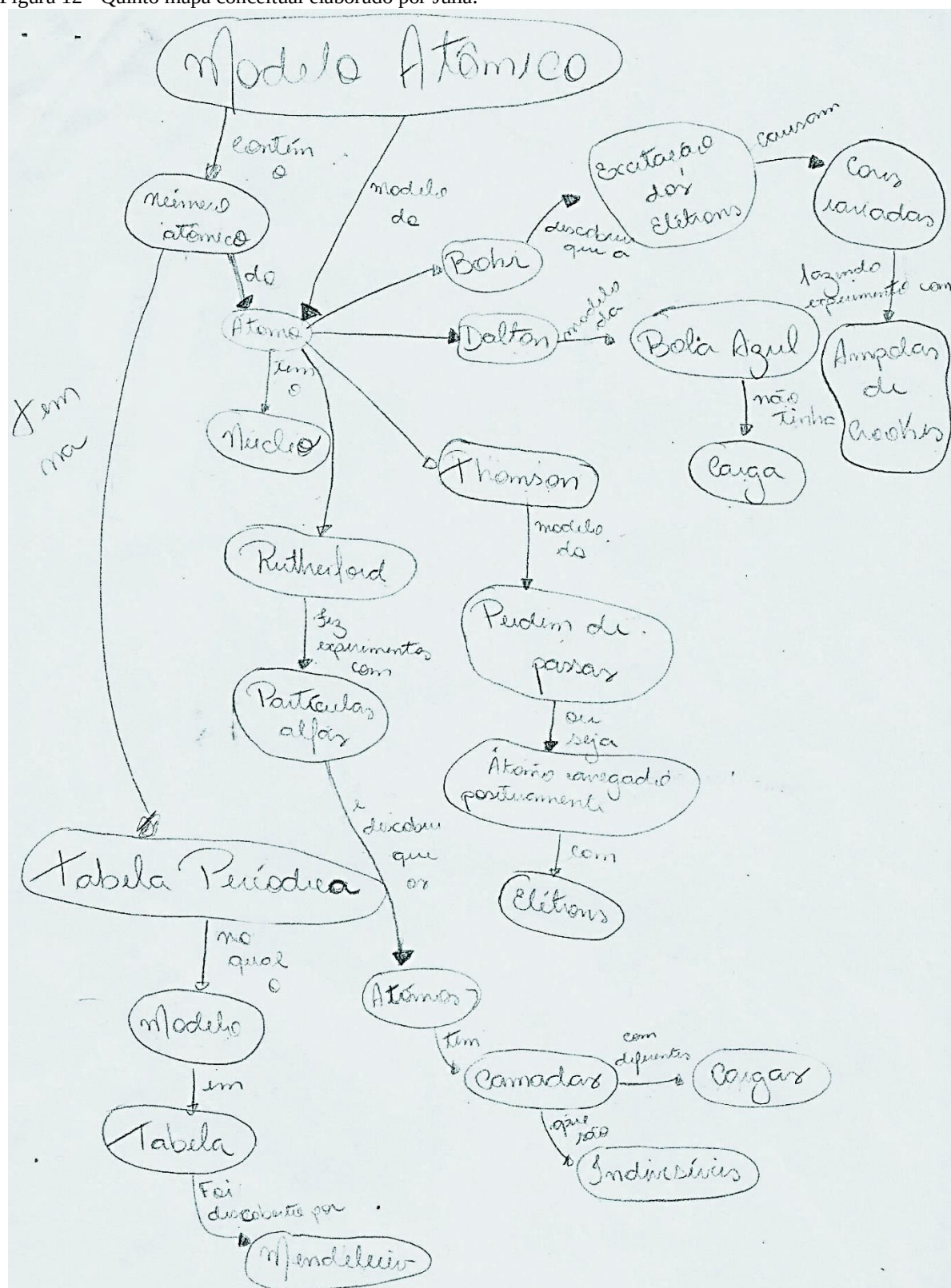
Fonte: O autor (2019)

Quadro 23 - Classificação das ligações conceituais - Quinto mapa de Júlia

Ligações	Termos de ligação	Categorias de análise
Modelo atômico – número atômico	Contém o	Inválida
Modelo atômico – átomo	Modelo do	Válida
Número atômico – tabela periódica	Tem na	Válida
Tabela periódica – modelo	No qual o	Válida
Modelo – tabela	Em	Válida
Tabela – Mendeleiev	Frase 01	Parcialmente válida
Átomo – núcleo	Tem o	Válida
Átomo – Bohr	-	Válida
Átomo – Dalton	-	Válida
Átomo – Thomson	-	Válida
Átomo – Rutherford	-	Válida
Bohr – Frase (a)	Descobriu que	Válida
Frase (a) – cores variadas	Causam	Válida
Cores variadas – Ampolas de Crookes	Frase 02	Inválida
Dalton – Bola Azul	Modelo da	Parcialmente válida
Bola azul – carga	Não tinha	Parcialmente válida
Thomson – pudim de passas	Modelo do	Válida
Pudim de passas – frase (b)	Ou seja	Válida
Frase (b) – elétrons	Com	Válida
Rutherford – partículas alfas	Frase 03	Válida
Partículas alfa – átomos	Frase 04	Válida
Átomos – camadas	Tem	Válida
Camadas – cargas	Com diferentes	Parcialmente válida
Camadas – indivisíveis	Que são	Inválida

Fonte: O autor (2019)

Figura 12 - Quinto mapa conceitual elaborado por Júlia.



Fonte: O autor (2019)

Para facilitar a análise, esse mapa foi dividido em segmentos, e cada segmento abordará um conjunto de ligações. O primeiro a ser analisado trata das ligações: *Modelo*

atômico – número atômico; número atômico – átomo; átomo – núcleo; número atômico – tabela periódica; tabela periódica – modelo; modelo – tabela; tabela – Mendeleiev. Neste segmento temos quatro ligações válidas, uma inválida e uma parcialmente válida. O conceito *número atômico* está ligado ao conceito principal através do termo de ligação “*contém o*”. Essa ligação foi considerada inválida pois, apesar de existir uma relação indireta entre os dois conceitos, modelos atômicos tratam de representações para o átomo e *número atômico* é propriedade do átomo. Contudo, Júlia faz uma ligação entre *número atômico* e *átomo*, indicando reconhecer que é uma propriedade do mesmo. Em entrevista, sua explicação confirma essa análise, “[...] *todo modelo atômico tem um número atômico ... e ... o número atômico é do átomo, “né”?! [...]*”.

Júlia sabe que *número atômico* é uma propriedade do átomo, porém, como os modelos atômicos tratam de representações para o átomo, ela faz uma ligação entre esses conceitos. Uma mudança de ligação em seu mapa é o fato do conceito *núcleo* estar ligado apenas a *átomo*. Isto indica que a aluna compreendeu que o modelo de Dalton não tem relação alguma com o conceito *núcleo*, porém, ela não consegue relacionar a nenhum outro modelo esse conceito.

Júlia optou por fazer apenas um mapa para os dois conteúdos, *tabela periódica* e *modelos atômicos*. Portanto, há uma ligação entre *número atômico* e *tabela periódica*, a qual possui o termo de ligação *tem na*. Essa ligação indica que a aluna reconhece que há uma relação entre *número atômico* e *tabela periódica*, porém, não se recorda e não sabe ao certo qual relação é essa. As três últimas ligações *tabela periódica – modelo; modelo – tabela; tabela – Mendeleiev*, mostram que a aluna concebe a evolução da organização da *tabela periódica* da mesma forma que os modelos de representação para o átomo e que o modelo “em tabela” foi descoberto e não desenvolvido por Mendeleiev.

A ligação *Modelo atômico – átomo* passa a impressão de que Júlia reconhece que os modelos atômicos são formas de representar átomos, para fins de estudo.

O próximo segmento a ser analisado envolve as seguintes ligações: *átomo – Bohr; Bohr – excitação dos elétrons; excitação dos elétrons – cores variadas; cores variadas – ampola de Crookes*. Neste segmento temos três ligações válidas e uma inválida. É perceptível, mesmo após um final de semana, que o experimento realizado fez com que a aluna compreendesse e relacionasse a excitação dos elétrons com a emissão de cores. Contudo, é perceptível também, a confusão que ainda é feita entre os modelos atômicos, talvez por conta do número de nomes e cientistas envolvidos. Júlia afirma que Bohr fez experimentos com a ampola de Crookes, quando na verdade quem faz experimento com a ampola é J.J. Thomson.

Outro ponto que ilustra bem a confusão entre modelos atômicos é o fato de *indivisíveis* estar relacionado a *camadas* novamente e, *camadas*, estar relacionado ao experimento feito por Rutherford.

O próximo conjunto de ligações é: *átomo – Dalton, Dalton – bola azul, bola azul – carga*. Com exceção da primeira ligação, todas foram consideradas parcialmente válidas. De uma forma geral, as ligações não estão totalmente erradas, pois, Júlia compreendeu que o modelo de Dalton é uma esfera neutra, ou seja, sem carga, e não a associa mais a um núcleo. Porém, ao que tudo indica, ela não soube se expressar e explicar de forma correta os significados atribuídos ao modelo de Dalton e, acaba por utilizar uma imagem representativa, utilizada em aula, para explicar que o modelo. Em entrevista, a aluna afirma não lembrar o nome do modelo: “[...] “E aí” o Dalton, do modelo da bola azul, porque eu não lembrei exatamente o nome [...]”.

No próximo segmento, onde temos as ligações *átomo – Thomson, Thomson – pudim de passas, Pudim de passas – átomo carregado positivamente, átomo carregado positivamente – elétrons*, podemos verificar que, apesar das confusões com a ampola de Crookes, a aluna compreendeu que o modelo Thomson compreende uma esfera (átomo) com carga positiva onde os elétrons estão incrustados.

O último segmento analisado contém as seguintes ligações: *átomo – Rutherford, Rutherford – partículas alfa, partículas alfa – átomo, átomo – camadas, camadas – cargas, camadas – indivisível*. Analisando as ligações de forma individual temos, uma ligação inválida, uma parcialmente válida e quatro válidas. É possível verificar que Júlia não consegue lembrar-se corretamente das propostas de Rutherford para o átomo, uma vez que, reconhece e lembra que o mesmo fez experimentos com as partículas alfa, porém, ao final confunde sua descoberta com a proposta por Bohr, dizendo que o átomo possui camadas. É possível que tenha confundido as órbitas que Rutherford propôs, presentes na eletrosfera, com as camadas de Bohr. Por fim, outra evidência que continua confirmando o fato de, talvez, Júlia não compreender muito o que significa indivisível, é o fato de continuar relacionando este conceito a camadas, sugerindo que as camadas são indivisíveis. A ligação *camadas – cargas* foi considerada parcialmente válida por conta da palavra *carga*, utilizada por Júlia para explicar seu conhecimento, uma vez que as camadas possuem níveis de energia definidos.

Para concluir esta análise, o mapa ficou estruturalmente desorganizado, pois, Júlia optou por fazer apenas um mapa para os dois conteúdos dados no minicurso. É possível perceber em vários pontos do mapa que a aluna estudou o texto didático, fornecido no início

do minicurso, durante o final de semana, pois, vários conceitos que não haviam aparecido até então, foram colocados neste mapa. Outro ponto que comprova seu estudo é o fato de usar o conceito *bola azul* que se refere a imagem utilizada na apostila, e em aula, para ilustrar e representar o modelo proposto por Dalton. Quanto a confusão entre os modelos atômicos, é possível que Júlia tenha tentado memorizar, o que resultou em aprendizagem mecânica, os modelos com os quais teve mais dificuldade, para, dessa forma, elaborar um mapa conceitual mais “completo”.

Para a elaboração do segmento referente a tabela periódica a aluna utilizou apenas os conceitos oferecidos como palavras-chave. Existem duas possíveis explicações para isso, a primeira seria o fato de Júlia talvez não se lembrar de outros conceitos, cientistas e propostas para a tabela periódica. A segunda seria que, talvez, Júlia não tenha conseguido relacionar os conceitos dentro deste mapa que optou por fazer, ou seja, ela saberia os conceitos vistos em aula, porém, como optou por fazer apenas um mapa, não conseguiu relacioná-los.

Ao final da entrevista, foi perguntado se Júlia utilizaria mapas conceituais para estudar ou se preferiria ler o livro didático ou resumo do professor. A aluna afirma dizendo que utilizaria os dois, leria o texto ou resumo e, por fim, estudaria o mapa para conseguir organizar as ideias: “[...] *eu prefiro os dois na verdade. Eu gosto de ler o texto e depois ver o mapa, para poder, “tipo”, organizar as ideias [...]*”.

4.2 Evidências de aprendizagem significativa

Neste tópico o objetivo é realizar uma comparação entre os mapas inicial e final, a fim de encontrar evidências de aprendizagem significativa. Para complementar essa comparação, a sugestão de pontuação para avaliação de Novak (1984) foi utilizada. Os critérios utilizados para avaliar quantitativamente os mapas estão listados a seguir.

- **Proposições:** proposição é o conjunto *conceito – termo de ligação – conceito* (NOVAK, 1984). Para cada proposição cuja relação é válida, foi atribuído um ponto; e para cada proposição cuja relação foi considerada parcialmente válida, foi atribuído meio ponto.
- **Hierarquias:** cada nível hierárquico indica diferenciação progressiva e reconciliação integradora e, portanto, devem ser pontuados de três à dez vezes mais que as proposições (NOVAK, 1984). Para cada nível hierárquico foi atribuído cinco pontos.

- **Ligações cruzadas:** uma ligação cruzada também pode indicar reconciliação integradora, além de ser um indicador melhor de aprendizagem significativa, portanto, cada ligação cruzada deve ser pontuada de duas a três vezes mais que os níveis hierárquicos (NOVAK, 1984). Para cada ligação cruzada foram atribuídos dez pontos.
- **Exemplos:** se caso o professor pedir ou achar interessante, Novak (1984) sugere atribuir um ponto por cada exemplo válido presente no mapa.

4.2.1 Análise das pontuações de Júlia

Seguindo os critérios de pontuação descritos anteriormente, a seguir temos a tabela com a pontuação dos mapas de Júlia.

Tabela 1 - Comparação das pontuações dos cinco mapas de Júlia

Critérios	Mapa 01	Mapa 02	Mapa 03	Mapa 04	Mapa 05	TOTAL
Proposições	5,5	9	8	7	20	49,5
Hierarquias	30	20	30	30	50	160
Ligações cruzadas	-	10	-	-	-	10
TOTAL	35,5	39	38	37	70	

Fonte: O autor (2019)

Comparando os cinco mapas elaborados por Júlia, nota-se que a pontuação total praticamente dobrou, entre o primeiro e o último mapa e pode-se tirar algumas conclusões. Primeiramente, a estrutura dos mapas, que também influencia na pontuação, neste caso a aluna passa a utilizar mais conceitos/palavras-chave e a fazer mais ligações conceituais válidas e parcialmente válidas, sem contar na organização em hierarquias, que passa de seis hierarquias para dez. É possível notar que a aluna conseguiu assimilar e compreender os modelos atômicos de Dalton e Thomson, apesar de não se lembrar do nome pelo qual o modelo de Dalton ficou conhecido, ou seja, houve uma diferenciação progressiva, conceitos e subsunçores foram elaborados e modificados ao longo dos dias do minicurso.

Houve uma assimilação parcial dos modelos atômicos de Rutherford e Bohr. É possível notar claramente isso, mesmo no último mapa elaborado. A aluna confunde os dois modelos, e essa confusão pode ter sido ocasionada, também, pelo nome com qual o modelo está descrito no material didático, *modelo de Rutherford-Bohr*. Dessa forma, Júlia pôde ter misturado os conceitos de ambos os modelos, por pensar que talvez não fizesse diferença a qual cientista atribuir qual conceito.

Da mesma forma que Santos e Silva (2018) observaram em sua pesquisa, aqui o conceito *Rutherford* em alguns momentos aparece sozinho no mapa, não relacionado a nenhum outro conceito. Isso indica que a aluna apenas acabou memorizando o nome, o que resultou em aprendizagem mecânica e, por dedução, relacionou esse conceito a modelos atômicos. Contudo, há uma diferenciação progressiva e reconciliação integradora para o subsunçor Rutherford, pois o mesmo não era ligado a nenhum outro conceito e passa a ser relacionado a partículas alfa no último mapa. Ou seja, ele é modificado, elaborado e há o reconhecimento de uma nova ligação.

O subsunçor *átomo* e o conceito *núcleo* também sofreram diferenciação e reconciliação, pois, o conceito núcleo que antes era relacionado como constituinte dos prótons, elétrons e nêutrons, passa a ser constituinte dos átomos.

Por fim, Júlia optou por fazer apenas um mapa para modelos atômicos e tabela periódica, contudo, utilizou apenas as palavras-chave oferecidas, deixando de lado seus conhecimentos prévios. Em entrevista, a aluna afirma já ter estudado sobre a organização da tabela periódica, porém, ela optou por utilizar apenas os conceitos relacionados a história da tabela periódica. É possível justificar sua escolha se levarmos em consideração o fato de Júlia ter estudado a organização da tabela periódica durante o Ensino Fundamental, mais precisamente no último ano. Se sua aprendizagem não foi significativa, consequentemente, pouco se lembra do assunto e, para ela, foi mais fácil lembrar-se do que estudou na semana anterior. Contudo, ao escolher utilizar apenas as palavras-chave oferecidas, não fica claro se Júlia aprendeu algo sobre tabela periódica e não conseguiu relacionar em seu mapa ou se houve uma aprendizagem mecânica para elaboração deste mapa apenas. Outro ponto que não está claro em seu último mapa é a relação entre o número atômico e tabela periódica. A escolha dos termos de ligação não deixa claro se ela compreendeu que a tabela periódica está organizada de acordo com o número atômico ou se apenas sabe que, de alguma forma, número atômico e tabela periódica têm uma relação conceitual.

4.2.2 Análise geral dos alunos

É importante ressaltar, primeiramente, que como não havia, e nem há, intenção de comparar os alunos entre si, não existe, também, uma pontuação máxima que um mapa “correto” deveria atingir. Portanto, existem diferenças significativas de pontuação entre os alunos, pois, o que está sendo analisado é o processo de aprendizagem de cada um.

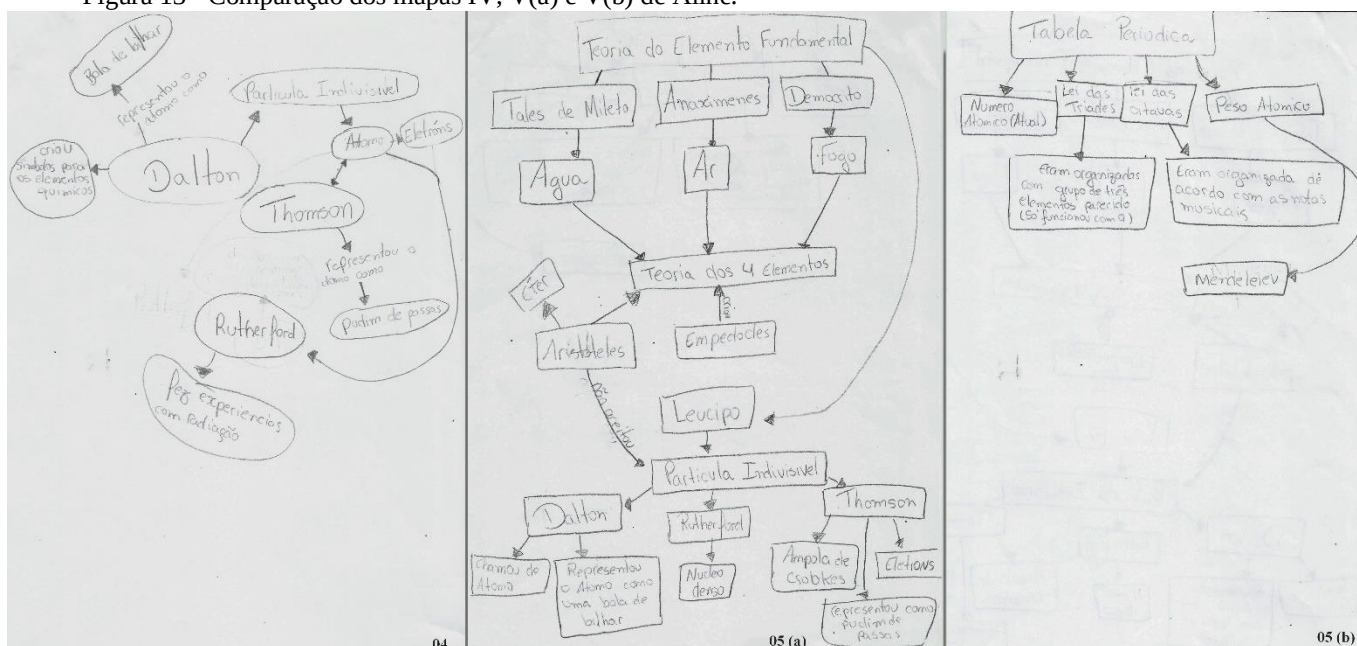
Tabela 2 - Pontuação dos alunos por mapa

Alunos	Proposições					Hierarquias					Ligações Cruzadas					Pontuação total				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Júlia	5,5	9	8	7	20	30	20	30	30	50	-	10	-	-	-	35,5	39	38	37	70
João	14	16	8,5	16	(a)15 (b)11	25	25	25	30	(a)15 (b)11	20	10	-	-	(a)- (b)20	59	51	33,5	46	(a)30 (b)41
Bruna	02	10	07	09	10,5	15	30	20	20	35	-	-	-	-	-	17	40	27	29	45,5
Daniele	6,5	3,5	6,5	02	(a)06 (b)05	20	20	30	20	(a)40 (b)10	-	-	-	05	(a)- (b)-	26,5	23,5	36,5	27	(a)46 (b)15
Pedro	(a)05 (b)02	07	13,5	15,5	-	(a)20 (b)15	20	25	25	-	(a)- (b)-	-	10	-	-	(a)25 (b)17	27	48,5	40,5	-
Aline	03	5,5	-	09	(a)21,5 (b)06	10	25	-	-	(a)45 (b)10	-	-	-	-	(a)05 (b)-	13	30,5	-	09	(a)71,5 (b)16
Amanda	36,5	24,5	19	20	-	30	30	15	15	-	20	20	20	20	-	86,5	74,5	54	55	-
Caio	11,5	6,5	6,5	-	(a)12,5 (b)2,5	-	15	30	-	(a)20 (b)15	-	-	-	-	(a)- (b)-	11,5	21,5	36,5	-	(a)32,5 (b)17,5
Alice	14,5	5,5	-	-	(a)05 (b)07 (c)05	20	15	-	-	(a)20 (b)20 (c)10	-	-	-	-	(a)- (b)- (c)-	34,5	20,5	-	-	(a)25 (b)27 (c)15
Paulo	11,5	20	22	-	-	30	35	25	-	-	15	-	25	-	-	56,5	55	72	-	-
Bruno	12	12,5	09	-	-	20	30	35	-	-	-	-	-	-	-	32	42,5	44	-	-

Fonte: O autor (2019)

As discrepâncias existentes entre as pontuações dos alunos, quando comparados com si próprios (início x fim), também não indicam, obrigatoriamente, que um mapa conceitual é inferior ao outro em relação ao conhecimento veiculado. Por exemplo, a pontuação de Aline variou ao longo dos dias do minicurso, teve um decréscimo considerável após sua falta no quarto dia, e um acréscimo considerável no último dia. Contudo, apesar dessa discrepância, ambos os mapas possuem ligações conceituais corretas em sua maioria e o conhecimento veiculado por eles está majoritariamente correto, de uma forma geral, como pode ser observado na figura 13. Os fatores que levam a essa diferença de pontuação são: presença de hierarquias bem definidas, ligações cruzadas válidas, quantidade de conceitos/palavras-chave utilizados e a disposição em rever o conteúdo visto ao longo das aulas. Hierarquias e ligações cruzadas podem, em parte, serem melhoradas com prática e familiarização com a ferramenta do mapa conceitual, porém, também estão relacionadas com o grau de conhecimento sobre determinado conteúdo. A quantidade de conceitos/palavras-chave utilizados está, também, relacionada ao grau de conhecimento. Em outras palavras, os mapas vão se tornando melhores conforme cresce o conhecimento do aluno sobre determinado conteúdo e quanto maior for sua afinidade pela ferramenta. Se dispor a rever o conteúdo nada mais é que se dispor a aprender, uma das condições para uma aprendizagem significativa. De acordo com Ausubel (1998), aprender significativamente é, praticamente, um trabalho em equipe, onde o professor busca maneiras de tornar suas aulas e materiais potencialmente significativos e o aluno se dispõe a tornar significativo aquilo que o professor lhe ensina. Voltando ao caso de Aline, o mapa quatro não possui hierarquias definidas e a aluna utilizou apenas oito palavras-chave, fazendo nove ligações conceituais. Em contrapartida, o mapa cinco possui nove hierarquias definidas, foram utilizadas dezenove palavras-chave, formando vinte e quatro ligações conceituais, sendo uma delas uma ligação cruzada parcialmente válida. Dessa forma, se a aluna tivesse construído hierarquias no mapa quatro sua pontuação seria maior, porém, nesse caso, a construção de hierarquias estava mais relacionada com a falta de prática em elaborar mapas, do que com falta de conhecimento. Como já foi dito, em ambos os mapas o conhecimento veiculado e as ligações conceituais são majoritariamente corretos. Por fim, é perceptível, que a quantidade de conceitos utilizados, ligações formadas e organização de hierarquias só melhorou quando a aluna se dispôs a estudar o que havia visto.

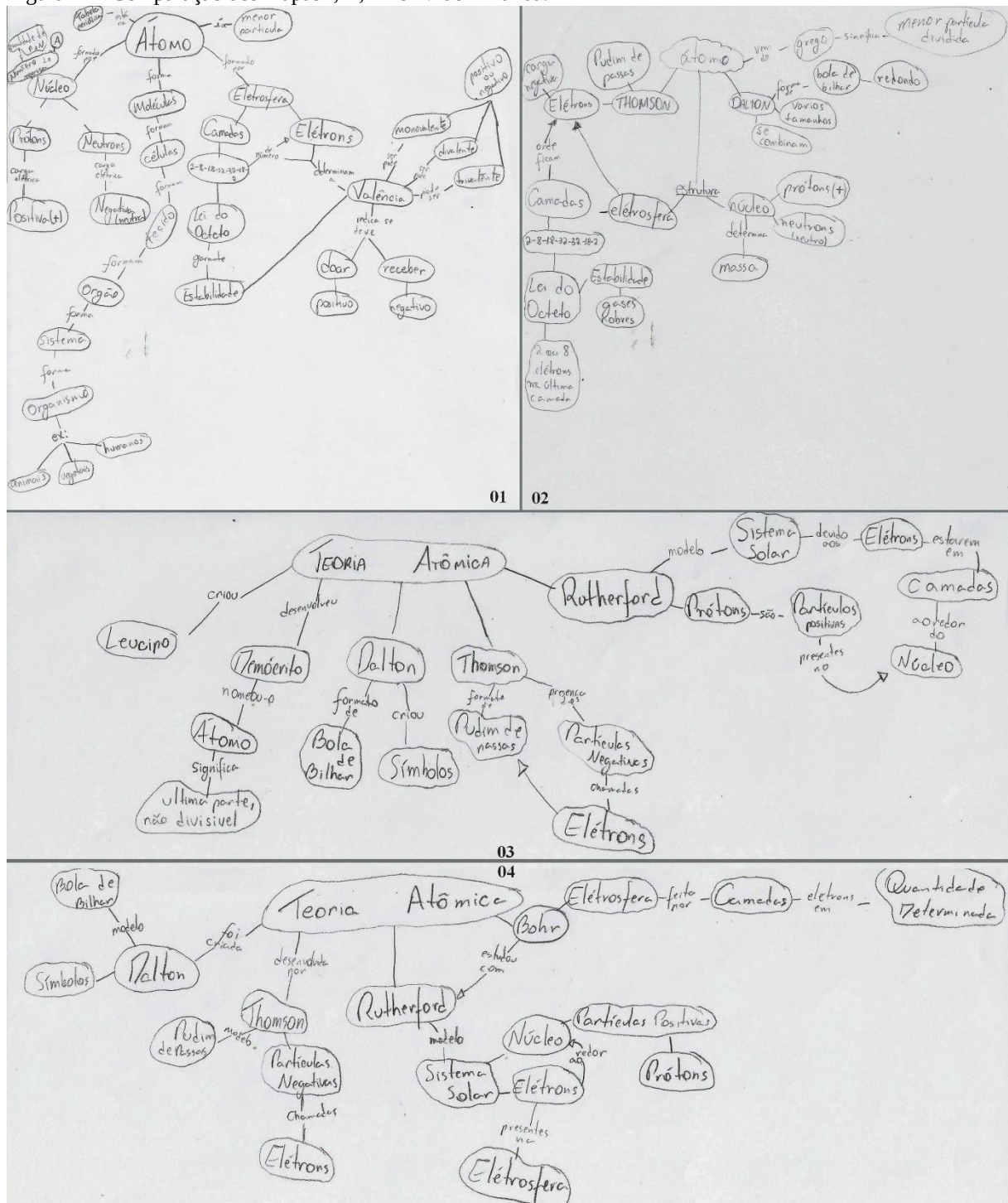
Figura 13 - Comparação dos mapas IV, V(a) e V(b) de Aline.



Fonte: O autor (2019)

Outro exemplo para ser citado, porém, onde observamos um decréscimo na pontuação do aluno, é o caso de Amanda. Sua pontuação vem diminuindo desde o primeiro mapa até o quarto, como pode ser observado na figura 14. Contudo, não significa que a aluna teve perdas em aprendizagem e que seus mapas com pontuações inferiores não expressem um conhecimento correto. O que acontece nesse caso é que a aluna, ao fazer o mapa com seus conhecimentos prévios, optou por colocar uma “fileira” de conceitos, no mapa I, relacionados também a biologia, são nove conceitos e nove ligações válidas e/ou parcialmente válidas, além desses, a aluna também comenta em seu mapa sobre valência, são mais nove conceitos formando dez ligações conceituais. Esse conjunto de conceitos não aparece nos dois últimos mapas, ou seja, a aluna optou por utilizar apenas os conceitos/palavras-chave utilizados e aprendidos ao longo do minicurso.

Figura 14 - Comparação dos mapas I, II, III e IV de Amanda.



Fonte: O autor (2019)

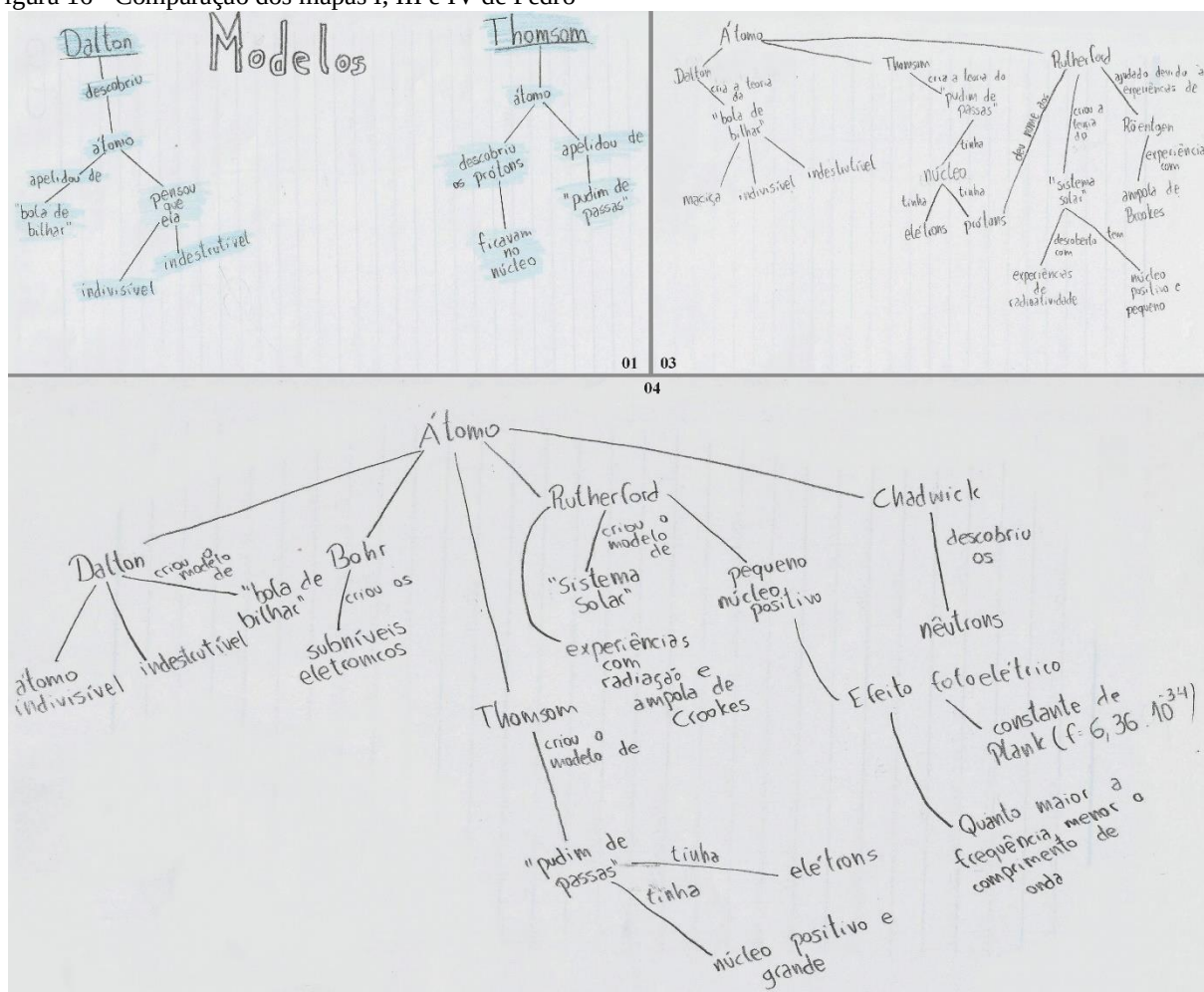
Quanto a aprendizagem dos alunos, de uma forma geral os modelos que foram assimilados de forma mais completa, foram os modelos de Dalton e Thomson. A maioria dos alunos, ao final do minicurso, ainda apresentava dúvidas sobre os modelos de Bohr e Rutherford, confundindo alguns pontos de ambos os modelos. Vários fatores podem ter contribuído para essa confusão como, por exemplo, o tempo para realizar o minicurso e

Contudo, no último mapa vemos que o conceito foi diferenciado e modificado, ou seja, ela compreendeu e relacionou a esse conceito (modelo de Dalton) o modelo da bola de bilhar. A própria aluna em entrevista, explicando o segundo mapa, afirma não se lembrar do modelo: “[...] E ali eu puxei também *pro* Aristóteles e *pro* Dalton, dos elementos fundamentais, que eu lembrei no que eles acreditavam [...]”.

Porém, não é possível afirmar que ela assimilou completamente os modelos de Dalton e Thomson ao final, por resumir a história até a descoberta dos números atômicos e por não explicar as características de cada modelo. O conceito modelo de Rutherford aparece apenas uma vez em todos os cinco mapas da aluna, e é perceptível que o conceito está confuso para a aluna. O modelo de Bohr não foi citado nenhuma vez.

No caso de Pedro, seus conhecimentos prévios sobre os modelos de Dalton e Thomson estavam corretos, salvo algumas confusões no modelo de Thomson. Ao longo do minicurso, como pode ser notado na figura 16, esses conceitos são elaborados e modificados, as confusões e dúvidas são sanadas e é possível dizer que o aluno assimilou completamente ambos os modelos. No caso do modelo de Rutherford, pode-se afirmar que sua aprendizagem foi parcial, uma vez que o aluno atribuiu a ele (Rutherford) experimentos com a ampola de Crookes. O modelo de Bohr está relacionado a subníveis eletrônicos, ou seja, há uma confusão das camadas de Bohr com os subníveis de Linus Pauling. Porém, pode-se afirmar que o aluno compreendeu o modelo de Bohr de forma parcial, pois o mesmo corrige sua confusão durante a entrevista: “[...] o Bohr, que criou os subníveis eletrônicos, que foram divididos em k, l, m, n, o, p e q. Que cada subnível desse, nível né, porque subnível é o outro [...]”.

Figura 16 - Comparação dos mapas I, III e IV de Pedro

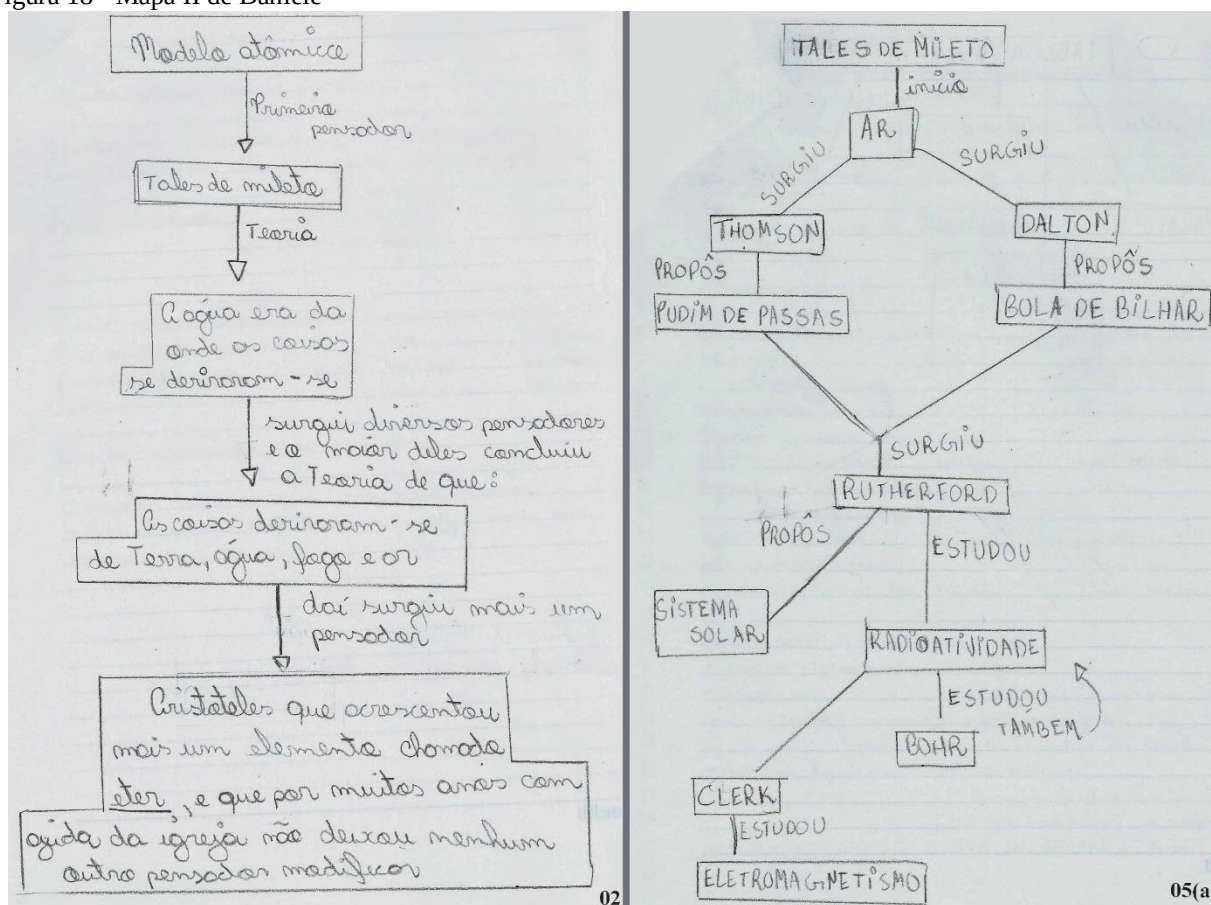


Fonte: O autor (2019)

No caso de João, houve muita confusão com os nomes dos cientistas e filósofos. De uma forma geral, todos os alunos acabaram tendo certa dificuldade com os nomes. Contudo, os modelos de Dalton e Thomson são elaborados e modificados, como pode ser observado na figura 17. Inicialmente, no mapa III, o aluno atribuiu a Thomson a descoberta do núcleo e experimentos com os raios-X, e no caso de Dalton, a descoberta do átomo com prótons e elétrons. Ao final do minicurso, no mapa V, ele é capaz de explicar corretamente os modelos, apesar da confusão no último mapa, a qual ele mesmo se corrige. Outra confusão feita pelo aluno é a insistência em uma relação aprendiz x mestre entre Dalton e Thomson, representada por uma ligação cruzada nos três mapas, e devido a isso, ele acaba atribuindo a descoberta dos elétrons aos dois. Essa confusão pode ter resultado da parte histórica abordada no material, onde temos alguns cientistas e filósofos que acabaram trabalhando juntos. Em entrevista ele disse: "[...] Dalton [...] e ele também estudou os elétrons. Thomson também, que é o discípulo dele, ele também estudou sobre os elétrons [...]".

mapa. Por exemplo, no segundo mapa de Daniele, na figura a seguir, podemos observar a utilização de muitas frases e, em alguns pontos do mapa, é possível dizer que praticamente pequenos textos foram construídos. É perceptível a dificuldade na escolha de conceitos/palavras-chave para representar e “resumir” o conhecimento que a aluna possui sobre o tema. Contudo, como pode ser visto no mapa cinco, ao final do minicurso seu mapa conceitual ficou mais elaborado e a aluna já era capaz de elencar conceitos chave para seu mapa.

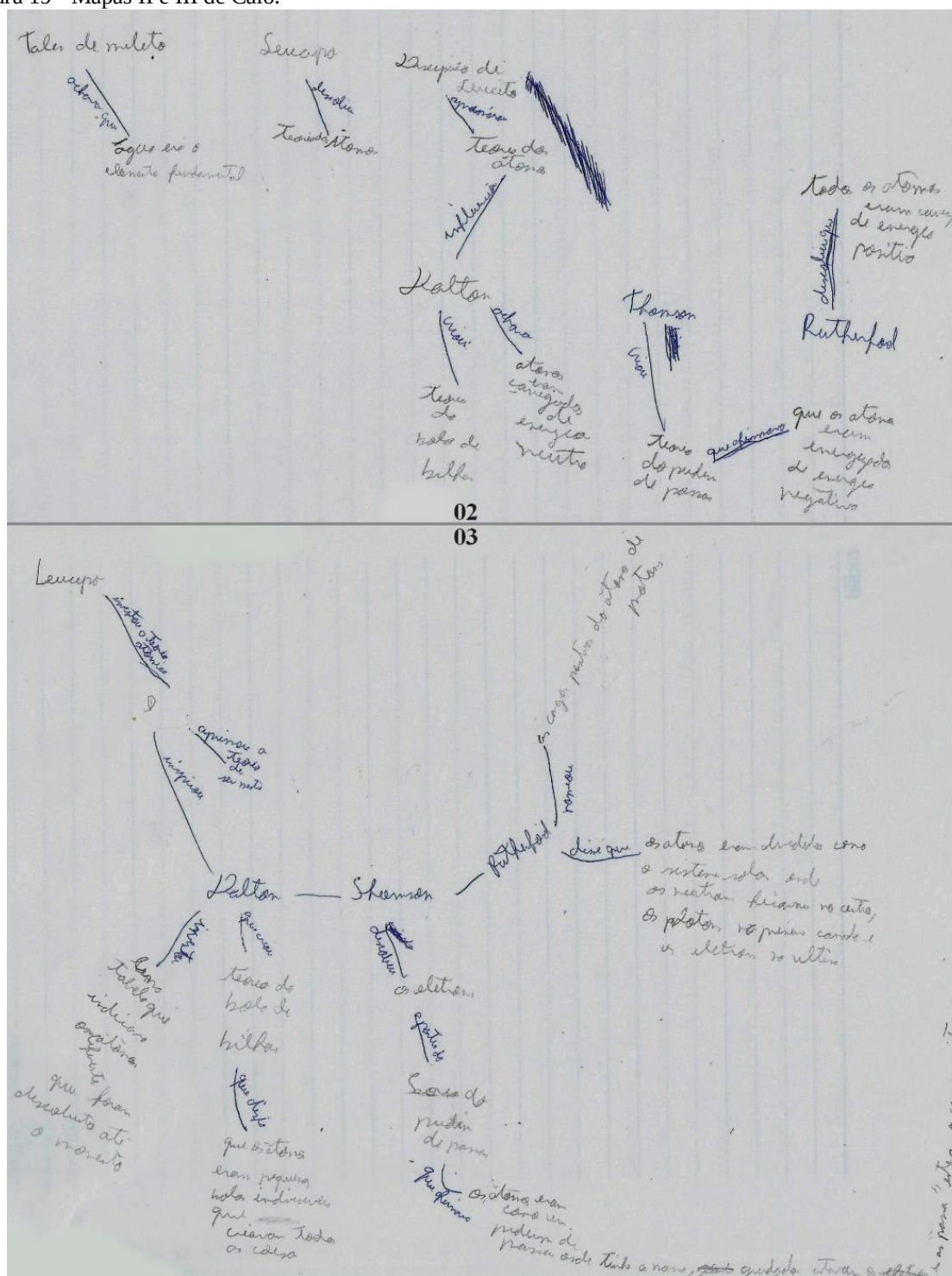
Figura 18 - Mapa II de Daniele



Fonte: O autor (2019)

Outro exemplo, sobre dificuldades na organização estrutural do mapa, consiste nos mapas de Caio. Pode-se notar que existem poucas hierarquias bem definidas e há a presença de mais de um conceito central. O aluno também utiliza muitas frases e, em alguns casos, pequenos textos. Ao final do minicurso, apesar de já conseguir unir os conceitos em um único mapa, ainda havia a dificuldade na elaboração de hierarquias e na escolha de conceitos chave, tendo a presença de alguns pequenos textos.

Figura 19 - Mapas II e III de Caio.



Fonte: O autor (2019)

No caso dos conteúdos referentes a Tabela Periódica, a maioria dos alunos compreendeu a história e evolução da mesma, apesar das confusões com nomes de cientistas e propostas de organização dos elementos. É apontado que a Tabela Periódica atual foi proposta por Mendeleiev, porém, mesmo comentando sobre a descoberta dos números atômicos e atribuindo isso a Moseley, se esquecem de comentar que a tabela atual se encontra organizada

de acordo com os números atômicos crescentes. Por fim, devido a alguns imprevistos no decorrer do minicurso como falta de tempo, ausência de subsunçores em alguns casos, demandando um tempo maior para explicação do conteúdo, entre outros, a última parte do conteúdo sobre Tabela Periódica não pode ser avaliada.

Os resultados encontrados evidenciam que os alunos demonstraram avanços em relação ao conhecimento que possuíam no incício, além de conseguirem compreender e elaborar mapas conceituais consideravelmente bons, ou seja, com hierarquias definidas, utilizando termos de ligação e palavras-chave adequadas ao conhecimento que pretendiam expressar no mapa, levando em consideração, também, o tempo disponível para aprenderem e familiarizarem-se. Contudo, ainda ao final do minicurso alguns alunos, em alguns momentos no decorrer das entrevistas, confundiam modelos atômicos ou apresentavam uma explicação confusa a respeito. As dificuldades com o conteúdo são plausíveis, uma vez que seus conhecimentos prévios, que representariam seus subsunçores, já estavam confusos e pouco elaborados no início do minicurso. Para solucionar e clarear dúvidas que restaram ao final do minicurso, o processo de formação desses alunos deveria oportunizar situações problemas e, até mesmo momentos de discussão, para que os alunos compreendam de uma forma melhor o conteúdo exposto.

Por outro lado, não foi percebido, em entrevista, a utilização de ideias/conceitos de forma literal, ou seja, os alunos tentaram, desde o início, explicar o conteúdo visto nas aulas com sua própria linguagem, apesar da dificuldade e, apesar de na escrita dos mapas, em alguns pontos, ser possível notar essa utilização de conceitos de forma literal, ou seja, da mesma forma que foram apresentados (escritos) nas aulas. Esse fato não deve ser encarado como não aprendizagem, uma vez que a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa estão num *continuum*, e o que fará o aluno “caminhar” em direção a uma aprendizagem significativa é defrontar-se com o mesmo conhecimento em outros momentos e contextos diferentes.

4.3 Análise dos Questionários

Como foi explicado no capítulo anterior, o objetivo dos questionários era avaliar o minicurso e o material didático utilizado. Dessa forma, as respostas serão divididas em pontos positivos, pontos negativos e sugestões. A seguir, temos o quadro com os pontos positivos e negativos apontados pelos alunos em suas respostas.

Quadro 24 - Pontos positivos e negativos

Respostas do Questionário	
Pontos Positivos	Pontos Negativos
<i>“Me aprofundei em assuntos que já vi”.</i>	<i>“Foi muito curto, então tivemos que “correr” com a matéria”.</i>
<i>“Apreendi coisas novas”.</i>	<i>“Talvez uma forma mais fácil de explicar/entender a parte de distribuição eletrônica”.</i>
<i>“Ganhei um maior conhecimento”.</i>	<i>“Ser a tarde é cansativo, o horário faz perder outras coisas”.</i>
<i>“Com mapas é mais fácil para estudar”.</i>	<i>“O fato de ser uma aula para cada tema as vezes nos faz ficar perdido”.</i>
<i>“Me ajudou a melhorar na matéria de química”.</i>	<i>“Cada tema é muito longo”.</i>
<i>“Me ajudou a me organizar melhor nas matérias com o mapa conceitual”.</i>	<i>“O tempo é corrido”.</i>
<i>“A apostila é um material muito bom para estudar”.</i>	<i>“Ficou muito tempo vago, muito tempo entre a entrevista e a aula”.</i>
<i>“As aulas foram bem dinâmicas”.</i>	<i>“Teve uma falha no experimento do fogo, alguns sais não reagiram como deveriam”.</i>
<i>“As experiências foram muito boas para fixar na prática o que foi estudado”.</i>	
<i>“Apresentou várias matérias que não tinha visto antes”.</i>	
<i>“Explicou matéria que eu não entendia direito”.</i>	
<i>“Ensinou um método de estudo. Agora eu uso mapas conceituais para estudar algumas matérias”.</i>	
<i>“Dar introdução para as próximas aulas”.</i>	

Fonte: O autor (2019)

A maioria dos pontos negativos possuem um fator em comum: o tempo. Seja pouco tempo para a quantidade de conteúdo ou muito tempo disponibilizado para as entrevistas. No caso das entrevistas, como já foi explicado no capítulo de metodologia, as mesmas eram individuais, portanto, apenas um aluno ficava na sala por vez. Devido a isso, para o restante dos alunos que permaneciam ao lado de fora aguardando sua vez ou o término das entrevistas, essa espera acabava se tornando entediante.

Um ponto importante a ser citado é o fato dos alunos apontarem o mapa conceitual em seus pontos positivos, inclusive, durante a última entrevista, eles comentaram sobre o fato de utilizar os mapas para estudar para outras disciplinas ou que acharam muito bom para organizar os “pensamentos”. No quadro abaixo temos algumas respostas para a pergunta “*Você utilizaria mapas conceituais para estudar?*”

Quadro 25 - Opinião dos alunos sobre mapas conceituais.

Respostas dos alunos
Aline: <i>“Sim, bem mais fácil”.</i>
Bruna: <i>“[...] Até que é uma boa pra você organizar seus pensamentos, suas opiniões e o que você acha [...]”.</i>
Caio: <i>“[...] Pra estudar pra geografia eu fiz um mapa, só que não deu certo, porque eu não lembro de nada [...]mas, dependendo, eu acho que eu vou usar”.</i>
Júlia: <i>“[...] Eu gosto de ler o texto e depois ver o mapa, pra poder organizar as ideias”.</i>
Daniele: <i>“Sim, bem melhor”.</i>
Alice: <i>“Eu prefiro ler o livro, mas eu gostei bastante de mapas”.</i>

Fonte: O autor (2019)

A seguir temos um quadro com as sugestões dos alunos para o material e para o minicurso.

Quadro 26 - Sugestões dos alunos

Sugestões
Júlia: <i>“Minicurso mais longo”.</i>
Júlia: <i>“Apostila mais resumida”.</i>
Aline: <i>“Mais exercícios de fixação”.</i>
Caio: <i>“Podia ter menos tempo vago entre as entrevistas e as aulas ou utilizar esse tempo para algo”.</i>
Alice: <i>“Tarefa de casa”.</i>
Alice: <i>“Trabalhos”.</i>
Bruna: <i>“Achei o material muito bom e não faria mudanças”</i>
Daniele: <i>“Nenhuma, está boa essa didática. Parabéns! ”</i>

Fonte: O autor (2019)

A ideia inicial para o material era conter exercícios e sugestões de experimentos. Contudo, devido ao tempo, priorizamos o conteúdo do mesmo para realizar o minicurso, o que não significa que o texto didático final não conterà exercícios, atividades e sugestões de experimentos. Trabalhos e tarefas de casa, são “atividades” que não foram abordados no minicurso, justamente pelo fator já citado acima, o tempo disponível.

De forma geral, o minicurso foi bem avaliado e aproveitado pelos alunos, apesar do fator tempo ter interferido de forma significativa. A maioria dos alunos compreendeu e se apropriou da ferramenta mapa conceitual, utilizando-a para estudar para outras disciplinas. Quanto ao texto didático desenvolvido, acredito que tenha sido bem utilizado e de grande auxílio para os alunos e, as sugestões dadas em relação a ele serão analisadas para melhorias do mesmo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste último capítulo retomamos alguns pontos significativos elencados no decorrer da pesquisa e discutidos durante a análise de dados. São apresentadas as principais contribuições e implicações de nossa vivência durante o desenvolvimento das atividades do minicurso.

O principal objetivo deste estudo foi, através do desenvolvimento de um texto didático contextualizado historicamente, promover e facilitar a aprendizagem significativa dos conceitos *Modelos Atômicos* e *Tabela Periódica*. Complementando a metodologia, os alunos foram estimulados a elaborar mapas conceituais e, através da análise desses mapas e das explicações dos alunos durante as entrevistas, buscamos evidências de aprendizagem significativa.

Os mapas conceituais elaborados pela pesquisadora foram utilizados no início das aulas, após as entrevistas dos alunos, para revisar os conceitos já vistos e introduzir os conceitos que seriam vistos no dia, relacionando-os uns com os outros. Os mapas foram utilizados após as entrevistas para não influenciar os alunos na construção de seus mapas e em suas respostas na entrevista, o objetivo era auxiliar os alunos na compreensão do conteúdo que estavam aprendendo e ajuda-los a enxergar e significar as relações entre os conceitos.

O primeiro mapa tinha o objetivo de expor o conhecimento prévio dos alunos. Através dele tornou-se claro o quanto o ensino tradicional, memorístico e conteudista, vai na contramão de uma aprendizagem significativa. Após realizar a análise deste mapa, foi possível perceber que os alunos se recordam de alguns conceitos relacionados ao conteúdo, contudo, dadas as relações conceituais estabelecidas em alguns casos, é perceptível que seus subsunçores estão incompletos ou ausentes.

Com os mapas subsequentes o intuito foi acompanhar o desenvolvimento cognitivo e o estabelecimento, ou não, de novas ligações conceituais. Após as análises ficou evidente que os alunos tiveram um avanço em relação aos conhecimentos que possuíam no início, ou seja, conceitos subsunçores e novos conceitos foram diferenciados, modificados e elaborados. Sobre o conteúdo de Modelos Atômicos, os modelos que foram melhores assimilados pelos alunos foram os modelos de Dalton e Thomson, os modelos de Rutherford e Bohr permaneceram um pouco confusos. Sobre o conteúdo de Tabela Periódica, a história da evolução da Tabela Periódica foi o que melhor foi assimilado pelos alunos. Distribuição eletrônica e propriedades químicas permaneceram confusas pelo fato dos alunos não possuírem subsunçores e/ou os mesmos estarem incompletos. Durante o desenvolvimento do

minicurso e, principalmente, durante a análise dos mapas, fica evidente o quanto a ferramenta desenvolvida por Joseph Novak consegue auxiliar o professor a avaliar a aprendizagem dos alunos e em quais pontos há necessidade de revisão dos conceitos. Em cada mapa conceitual foi possível observar em quais pontos da aula houveram mais dificuldades e quais conceitos ficaram mais claros e diferenciados, ou seja, quais conceitos de fato interagiram com os subsunçores equivalentes. Através disso, o professor consegue repensar a metodologia utilizada de uma forma que, através de um organizador prévio, possa “construir pontes cognitivas” para que ocorram as relações conceituais desejadas.

Após realizadas as análises, também foi possível notar a influências das palavras-chave na elaboração dos mapas dos alunos. Nos três primeiros dias de minicurso nenhuma palavra-chave foi oferecida para que os alunos elaborassem seus mapas, porém, eles sentiam dificuldade em escolher as próprias palavras-chave e fazer um “recorte” do conhecimento para elaborar um mapa. Portanto, a partir do quarto dia, palavras-chave foram oferecidas e, a partir desse momento, os alunos passaram a utilizar apenas essas palavras, deixando de lado seus conhecimentos prévios ou algum conhecimento além daquelas palavras que talvez pudessem utilizar se as mesmas não fossem oferecidas.

O contexto histórico utilizado no material didático de fato auxiliou a humanizar os conteúdos, além de servir como um agente motivador para os alunos. Conhecer o contexto histórico do conteúdo os deixou mais interessados e dispostos a aprender, pois, transformou o trabalho individual do “gênio cientista” em um trabalho coletivo, desenvolvido por pessoas dispostas a muito estudo e dedicação. Apesar da disposição ocasionada pelo contexto histórico, os alunos sentiram dificuldade para compreender a linha temporal, uma vez que a mesma não é linear e contínua. Talvez a construção de uma linha do tempo com os alunos fosse suficiente para amenizar a confusão, e fazê-los compreender. Dessa forma, é possível trabalhar o contexto histórico sem apenas se preocupar em reter nomes e datas importantes e apresentar para os alunos uma ciência que foi construída por pessoas, alguns gênios é claro, mas principalmente por pessoas, por debates, por impasses, por contradições e consensos.

É sabido que os materiais didáticos, de forma geral, podem auxiliar na motivação, interesse e proporcionar uma participação mais ativa dos alunos. O texto didático desenvolvido neste trabalho, após devidamente finalizado, terá justamente este papel no ensino, de motivar e auxiliar na visualização e construção de significados, através da utilização, por exemplo, de mapas conceituais presentes ao longo do texto com a finalidade facilitar a diferenciação e conexão dos conceitos abordados. Contudo, é importante ressaltar que o material didático por si só não é capaz de ensinar um conteúdo em questão, para que

isso ocorra, é preciso que o professor se disponha a desenvolver situações e atividades significativas com esse material, que saiba incorporá-lo a sua prática cotidiana e as necessidades de seus alunos. É necessário que o professor atue como um facilitador dos conceitos veiculados pelo material, que promova momentos para discussão, para dúvidas e possibilite a argumentação.

Para que o professor consiga atuar dessa maneira é preciso que sua formação inicial e/ou continuada possibilite o desenvolvimento de habilidades como análise, avaliação e até produção de materiais, para que atue de forma autônoma, conseguindo adaptar os diversos materiais didáticos disponíveis para seu contexto em sala de aula. Outro ponto importante, para a formação continuada de professores, é a possibilidade de aproximação do cotidiano escolar com a Universidade, ou seja, possibilitar que os professores em exercício trabalhem suas vivências e seu cotidiano em sua formação, seja para elaborar materiais adaptados a sua realidade, seja para desenvolver/aplicar metodologias de ensino. No caso de materiais contextualizados historicamente, como neste presente trabalho, ou mesmo materiais com uma abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), é necessário a presença de um guia para o professor, que o oriente na organização de sua prática cotidiana e manuseio do material, uma vez que a busca por informações de diversas áreas não é sempre tão simples e, normalmente, sua formação não é multidisciplinar.

REFERÊNCIAS

- ABRAS, C. M. *et al.* Avaliando a aprendizagem dos alunos da primeira série do Ensino Médio em uma Unidade Temática sobre o tema Tabela Periódica. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 16.; *ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA*, 10., 2012, Bahia: Salvador. [ANais]. Tema: Ensino e Aprendizagem. Disponível em <https://portalseer.ufba.br/index.php/anaisenq2012/article/download/7256/5033> Acesso em: 12 abr. 2019
- ALVES, V.; ALVES, E. Móviles Atômicos: uma percepção atômica através dos filtros dos sonhos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v. 12, n. 6, p. 109-120, ago. 2017. Disponível em http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID406/v12_n6_a2017.pdf Acesso em: 26 abr. 2019
- AQUINO, K. A. S.; SILVA, R. M.; SILVA, A. S. F. Uma interpretação Ausubeliana da retenção de significados conceituais sobre radioatividade ambiental: caso de um licenciando em Química. *In: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA*, 7, p. 124-129, 2018, Santa Catarina: Blumenau. [ANais]. Disponível em: <https://www.apsignificativa.com.br/anais> Acesso em: 15 jul. 2019
- AUSUBEL, D. P. **Educationalpsychology: a cognitiveview**. New York, Holt, Rinehartand Winston, 1968.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educationalpsychology: a cognitiveview**. 2nd. ed. New York, HoltRinehartand Winston, 1978.
- BANDEIRA, D. **Materiais Didáticos**. Curitiba, PR: IESDE, 2009
- BORGES, G. L. A. Material didático no ensino de ciências. Volume 10-D23. **UNESP/UNIVESP**. 1 ed. 2012. Disponível em: https://acervodigital.unesp.br/bitstream/123456789/47362/1/u1_d23_v10_t06.pdf Acesso em: 27 mar. 2019
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2002. 58 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> Acesso em: 20 mar. 2019 (a)
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. 141 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019 (b)
- BRASIL, Ministério da Educação, Conselho Nacional de Secretários da Educação, União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
Acesso em: 16 dez. 2019.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E. Jr.; BURSTEN B. E. **Química: a ciência central**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

CASTRO, B. J.; COSTA, P. C. F. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de Química no Ensino Fundamental segundo o contexto da aprendizagem significativa. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Argentina, v. 6, n. 2, p. 1–13, dez. 2011. Disponível em <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4461939> Acesso em: 18 set. 2019

CORREA, C. **A História da Ciência no ensino de Modelos Atômicos**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química. Porto Alegre, 2017. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/181145/001073822.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 16 out. 2019

CORREA, C.; LOPES, C. Ensino de Modelos Atômicos usando História da Ciência. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EM DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 10, Sevilla, Espanha, 2017. **Resumos** [...]. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/131_-_Ensino_de_Modelos_Atomicos_usando_episodios_da_Historia_da_Ciencia.pdf Acesso em: 16 out. 2019

COSTA, S.; MAMEDE, T. Jogo como estratégia pedagógica no aprendizado da Tabela Periódica na disciplina de Química através da Intermediação Tecnológica. **Universidad Nacional Autónoma de Mexico**, 2018. Disponível em <https://repositorial.cuaed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/5134> Acesso em: 18 set. 2019

EDIÇÕES SM, obra coletiva. **Ser protagonista: química, 2º ano: ensino médio**. São Paulo: Edições SM, 2013.

FACCO, R. M.; ORENGO, G.; RECH, V. C. Maquete e Simulação Computacional como estratégias didáticas no ensino do Modelo Atômico de Rutherford. **Disciplinarum Scientia**. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 55-70, out. 2015. Disponível em <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1361/1292> Acesso em: 19 set. 2019.

FERNÁNDEZ, L. C.; GATICA, M.Q.; BLANCAFORT, A.M. La importancia de la historia de la Química en la enseñanza escolar: análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores em formación. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 16, n. 2, p. 277-291, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n2/v16n2a01.pdf> Acesso em: 15 abr. 2019

GRILLO, M. C.; LIMA, V. M. R. Mapas Conceituais e sua utilização na educação. In: GRILLO, M. C.; FREITAS, A. L. S.; GESSINGER, R. M.; LIMA, V. M. R. **A gestão da aula Universitária na PUCRS**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008, p. 145 – 156. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/agestaodaaula.pdf> Acesso em: 20 abr. 2019.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psicological. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 1, n. 1, 9-15, 2000. Disponível em:

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2000/rp/a9rp90001b/unauth#!divAbstract>

Acesso em: 13 mar. 2020.

LEVINE, I. N. **Físico-química**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LIMA, K. O.; SILVA, G. M.; MATOS, M. S. Análise das dificuldades encontradas por alunos do Ensino Médio na construção de relações entre modelos atômicos, distribuição eletrônica e propriedades periódicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15, 2010, Brasília, DF. Disponível em:

<http://www.sbq.org.br/eneq/xv/resumos/R0924-1.pdf> Acesso em: 05 abr. 2019.

LOGUERCIO, R. Q.; DEL PINO, J. C. Contribuições da História e da Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 8, n. 1, 67-78, jan./jun. 2006. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/143201/000559052.pdf?sequence=1>

Acesso em: 03 abr. 2019.

MASETTO, M. T. Mediação Pedagógica e o uso da tecnologia. In: MORAN, M. J.;

MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. 10, ed. Campinas, SP: Papirus, 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5, ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, 164-214, dez. 1995. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>

Acesso em: 03 abr. 2019.

MEDEIROS, L. L.; MEDEIROS, G. H.; NETO, O. E. R. A construção dos modelos atômicos em uma abordagem histórica à luz da natureza do conhecimento científico: uma experiência do PIBID-Química da UFRN. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, Águas de Lindóia, SP, 2013. Disponível em

<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0820-1.pdf> Acesso em: 10 out. 2019.

MEHLECKE, C. M.; EICHLER, M. L.; MISKINIS, T. D.; DEL PINO, J. C. A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, 521-545, 2012. Disponível em:

<http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_3_3_ex647.pdf> Acesso em: 28 mar. 2019.

MELO, M. R.; LIMA NETO, E.G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 112-122, maio 2013. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf> Acesso em: 20 abr. 2019.

MELZER, E. E. M et al. M. Modelos Atômicos nos livros didáticos de Química: obstáculos à aprendizagem? *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO EM QUÍMICA*, 7, Florianópolis, 2009. Disponível em : <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/399.pdf> Acesso em: 22 abr. 2019.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, PPGEnFis/IF-UFRGS, Porto Alegre, v. 4, n. 6, 2013. Trabalho elaborado no 1º Workshop sobre Mapeamento Conceitual, 2013 [São Paulo, SP]. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/apsigmapasport.pdf>. Acesso em: 05 maio 2018

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: A visão Clássica. *In: MOREIRA, M. A. A Teoria da Aprendizagem Significativa*. 2 ed. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2016. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 05 maio 2018.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 25-46, dez. 2011b. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf Acesso em: 05 maio 2018.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educação Científica**, Chile, v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005. Revisado em 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf> Acesso em: 05 maio 2018.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais. *In: MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Diagramas e V*. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2006. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO Acesso em: 05 maio 2018.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

NAVARRO, M.; FÉLIX, M.; MILARÉ, T. A História da Química em livros didáticos do Ensino Médio. **Ciência, Tecnologia e Ambiente**, Araras, v. 1, n. 1, p. 55-61, 2015. Disponível em: <http://www.revistacta.ufscar.br/index.php/revistacta/article/viewFile/12/11> Acesso em: 10 abr. 2019.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Editora, 1984.

PACHECO, S.M.V.; DAMASIO, F. Mapas Conceituais e Diagramas em V: ferramentas para o ensino, a aprendizagem e a avaliação no curso técnico. **Revista Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 166–193, jul. 2009. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v14n2/v14n2a12.pdf> Acesso em: 19 jul. 2019.

PAGANOTTI, R. S. N. et al. Concepções química dos alunos do Ensino Médio de escolas mineira sobre modelos atômicos no Ensino de Química. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 17, 2016, Florianópolis, SC. **Resumos [...]**. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2087-1.pdf> Acesso em: 12 abr. 2019.

PICCOLI, F.; LOPES, C. Episódios da História da Tabela Periódica e dos Elementos Químicos para o Ensino de Química. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EM DIDACTICA DE LAS CIENCIAS*, 9, Girona, Espanha, 2013. **Resumos [...]**. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap2791.pdf Acesso em: 16 out. 2019.

PINTO, G. T.; MARQUES, D. M. Uma proposta didática na utilização da História da Ciência para a primeira série do Ensino Médio: A Radioatividade e o cotidiano. **Revista História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, São Paulo, v. 1, p. 27 – 57, jan./jul. 2010. Disponível em <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/3024/2037> Acesso em: 03 nov. 2019

SANTOS, F. M. T.; SILVA, J. B. O uso dos mapas conceituais como ferramenta de avaliação formativa na Educação Química. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 49-60, jan. 2018. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/?go=artigos&idEdicao=28> Acesso em: 12 jul. 2019.

SILVA, C. M.; SANTOS, C. G.; MENDONÇA, P. C. C. Análise da História da Ciência em livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2012. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA*, 9, Águas de Lindóia, SP, 2013. **Resumos [...]**. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1017-1.pdf> Acesso em: 22 abr. 2019.

SILVA, T. R. **Sala de aula invertida e História da Ciência: explorando novas metodologias no Ensino de Química**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Licenciatura em Química) - Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2018. Disponível em <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/11085/1/TRS01082018.pdf> Acesso em 10 de outubro 2019

SCHWARTZMAN, S. Centro Paula Souza e a educação profissional no Brasil. *In: NEGRI, B.; TORRES, H. G.; CASTRO, M. H. G. Educação básica no Estado de São Paulo: avanços e desafios*. Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) e Fundação Seade, 2014, p. 187-216. Disponível em: http://www.seade.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/livro_fde_fseade_educacao_basica.pdf Acesso em: 12 jul. 2019.

STRATHERN, Paul. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química**. 1. ed. – Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

TAVARES, R. Construindo Mapas Conceituais. **Revista Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 72-85, nov. 2007. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf> Acesso em: 17 maio 2019.

VIEIRA, S. **Como elaborar questionários**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VICENTE, R. C. A.; COMIOTTO, T. Materiais Didáticos para o Ensino de Química. *In*: COLÓQUIO LUSO-BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO, 2, Joinville, SC, 2016. [Anais]. Disponível em <http://revistas.udesc.br/index.php/colbeduca/article/view/8509/6112> Acesso em: 18 set. 2019.

WARTHA, E. J.; FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no Ensino de Química através do livro didático. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 42-47, jul. 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a09.pdf> Acesso em: 29 mar. 2019.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Pierce. **Investigações no Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 275-290, ago. 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/230/162> Acesso em: 13 mar. 2020.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84-91, jan. 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf Acesso em: 25 mar. 2019.

APÊNDICE A – Planejamento do Minicurso

MAPEANDO CONHECIMENTO: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA SOBRE MODELOS ATÔMICOS E TABELA PERIÓDICA

Carga Horária: 30 horas **Quantidade de alunos:** 13

Dias: Segunda à Sexta **das** 14:00 as 17:00

PRIMEIRA SEMANA		
Dia I	Apresentação do Minicurso	Mapeando Conhecimento: uma abordagem histórica sobre modelos atômicos e tabela periódica. • Conteúdos abordados • Estrutura e atividades Mapas Conceituais • O que são mapas conceituais? • Quais suas utilizações? • Como fazemos um mapa conceitual? Atividade I: Como criar um mapa conceitual Dinâmica da caixa: Construção do pensamento científico.
Dia II	Da teoria elementar ao átomo: como tudo começou!	Mapa Conceitual Dos Elementos à Teoria Atômica de John Dalton • Como tudo começou? • John Dalton e a partícula indivisível

		O átomo pode ser dividido - Evidências para um novo modelo: a descoberta do elétron Experimento I: Detectando elétrons: Eletroscópio Caseiro J. J. Thomson e o pudim de passas
Dia III	Radioatividade e o surgimento de um novo modelo	Mapa conceitual Raios X e Radioatividade - Raios X de Röntgen e a radioatividade Experimento I: Simulando a Radioatividade Novo modelo atômico: Sistema Solar - Ernest Rutherford e seu pequeno Sistema Solar - Do que o núcleo é feito: descoberta do próton!
Dia IV	Dualidade onda partícula e o novo modelo atômico	Mapa Conceitual O caráter dual da luz. - Luz: onda ou partícula? O modelo de Orbitais. - O modelo de órbitas de Rutherford-Bohr Experimento I: Teste de Chama - A terceira partícula subatômica: descoberta do nêutron

Dia V	Como os elementos estão organizados?	Mapa conceitual Conhecendo os átomos • Número atômico e Número de massa • Isótopos e Isóbaros Deve haver um padrão! • Elementos Químicos • A Evolução da Tabela Periódica: deve haver um padrão!
SEGUNDA SEMANA		
Dia VI	Organização da Tabela Periódica Atual: classificação dos elementos e periodicidade	Mapa Conceitual A Estrutura Eletrônica dos Elementos Distribuição eletrônica: como os elétrons estão organizados Como a Tabela Periódica está organizada • Tabela Periódica atual: organização e estrutura Classificação e Propriedades • Classificação dos Elementos • Propriedades Periódicas Questionário – Avaliação do Minicurso e do Material

APÊNDICE B – Questionário de Avaliação do Minicurso**Questionário de Avaliação da Minicurso e Material Didático**

01) Aponte pelo menos três pontos positivos do minicurso. Explique sua resposta.

02) Aponte pelo menos três pontos negativos do minicurso. Explique sua resposta.

03) Dê sugestões de mudança no minicurso e no material didático empregado.

04) Dê uma nota de zero a dez para cada aspecto do minicurso e justifique:

Texto: _____

Imagens: _____

Atividades realizadas:_____

APÊNDICE C – Experimentos

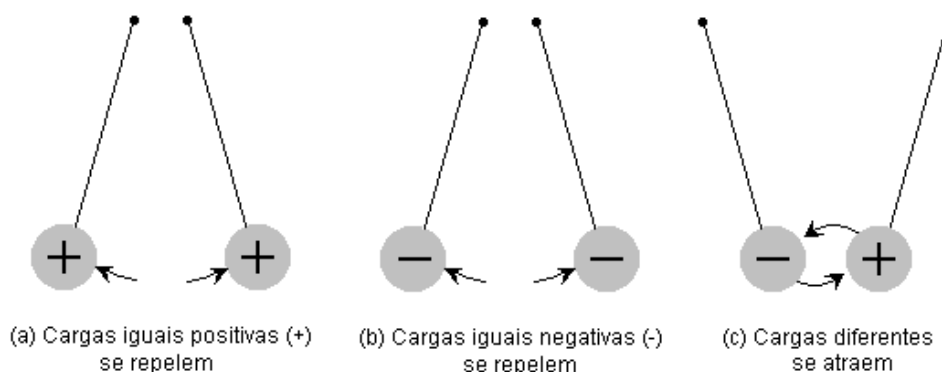
Eletroscópio caseiro

Introdução

Cargas elétricas

A carga elétrica é uma propriedade das partículas elementares de que são feitos todos os materiais. Existem dois tipos de cargas elétricas, chamadas por Benjamin Franklin de carga positiva e carga negativa. Na grande maioria dos objetos existe um número igual de partículas de carga positiva e carga negativa e, portanto, a carga total é zero e o objeto está eletricamente neutro.

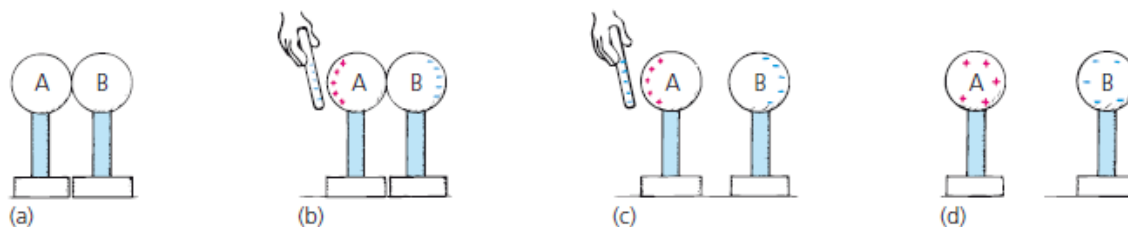
Depois de muitos experimentos, cientistas concluíram que partículas com carga opostas se atraem e partículas com cargas iguais se repelem. O termo eletrostática se refere a eletricidade estática, ou seja, cargas elétricas em repouso.



Podemos eletrizar objetos transferindo elétrons de um lugar para outro. Existem três formas:

- Eletrização por atrito: consiste em esfregar um objeto noutro fazendo com que, dessa forma, um se torne positivamente carregado e outro negativamente carregado.
- Eletrização por contato: ao aproximar um objeto carregado de um objeto neutro, alguns elétrons se transferirão para o objeto neutro.
- Eletrização por indução: ao colocar um objeto negativamente carregado próximo a uma superfície condutora, fará com que os elétrons se movam pela superfície do material mesmo não havendo contato físico algum. Considerando duas esferas metálicas

isoladas (A e B): (a) elas estão se tocando, formando um condutor não eletrizado; (b) quando um metal carregado negativamente se aproxima de A, os elétrons se repelem para o mais longe possível, até que as forças de repulsão se equilibrem; (c) se as esferas forem separadas, (d) elas ficarão igualmente carregadas, porém com sinais opostos.



Materiais

- Pote de vidro
- Papel alumínio
- Arame (cobre)
- Fita adesiva
- Bexiga

Procedimento

- Corte aproximadamente 10 cm de arame de cobre e dobre uma das extremidades para formar um J.
- Com a fita adesiva, encape o arame cortado deixando as duas extremidades livres.
- Corte duas tiras de papel alumínio com aproximadamente 4 cm cada (com aproximadamente 5 mm de largura).
- Encaixe as tiras de papel alumínio na ponta do J de arame. *Importante: deixe as tiras afastas e desamassadas.*
- Encaixe o J de arame na tampa do pote e feche o pote, prendendo com fita adesiva para que a tampa fique bem presa. *Importante: passe fia adesiva no J para garantir que ele não caia durante o experimento.*
- Enrole uma bolinha de alumínio e coloque na ponta do J.
- Encha a bexiga e atrite contra o cabelo. *Importante: o cabelo precisa estar limpo.*
- Aproxime a bexiga da bolinha de alumínio presa na ponta do J.

- Atrite novamente a bexiga contra o cabelo e passe a bexiga na bolinha algumas vezes (se for preciso atrite mais de uma vez a bexiga contra o cabelo).
- Encoste o dedo na bolinha e observe.

Porque isso acontece?

No início do experimento a bexiga e a bolinha estão neutras, ou seja, há um equilíbrio de cargas (a quantidade de carga positiva é igual a quantidade de carga negativa). Ao atritar a bexiga contra o cabelo limpo, você gera energia estática. A bexiga fica carregada negativamente, ou seja, fica com um excesso de cargas negativas (elétrons).

Ao aproximar a bexiga da bolinha de papel alumínio as cargas negativas presentes na bexiga repelem as cargas negativas da bolinha. Como consequência, essas cargas (elétrons) migram para a outra extremidade do J, carregando as folhas de alumínio que se afastam (repelem).

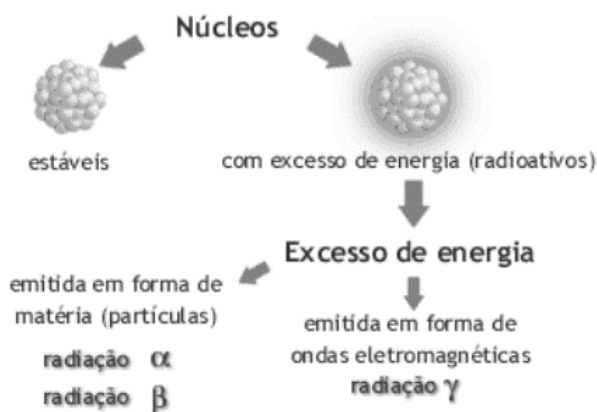
Ao encostar a bexiga na bolinha, parte das cargas negativas são transferidas para a mesma. A repulsão provocada (cargas transferidas x cargas do eletroscópio) faz com que as cargas do eletroscópio migrem para a outra extremidade, longe da bolinha. Fazendo com que as folhas de alumínio fiquem afastadas. Quando você encosta o dedo na bolinha, as cargas são transferidas para você e o eletroscópio volta a ficar neutro (as folhas de alumínio voltam a se encostar).

Entendendo a fluorescência e a fosforescência, são todos radioativos?

A luminescência molecular é a emissão de radiação eletromagnética proveniente de elétrons de moléculas que foram excitadas, retornando ao seu estado fundamental. Ocorre sem a necessidade de temperaturas elevadas. A luminescência é dividida basicamente em fluorescência e fosforescência. A diferença básica entre as duas é que, na fluorescência a emissão da radiação cessa imediatamente após a fonte de excitação desaparecer. Já na fosforescência, a emissão espontânea persiste durante intervalos de tempo longos, que podem variar de segundos até horas, dependendo do material.

O que é radioatividade?

É um processo no qual um núcleo com Z prótons e N nêutrons pode se transformar em outro núcleo com Z e N diferentes. Essa transformação, chamada de desintegração nuclear, ocorre por este núcleo ter um excesso de partículas ou de carga, tendendo a se estabilizar emitindo algumas partículas.



A luminescência é uma característica apenas de materiais radioativos?

Não. Alguns compostos radioativos apresentam luminescência, porém, ela não está relacionada com a emissão de radiação de longo alcance (raios X), essa luminescência é apenas uma das diversas características do material. Durante muito tempo cientistas acreditaram que a luminescência estava relacionada a emissão de raios X, pois ao passar corrente elétrica por um gás num tubo de Crookes, o vidro, por onde os raios passavam, se

tornava fluorescente. Becquerel, como já foi visto em aula, foi quem desmitificou essa hipótese.

Materiais

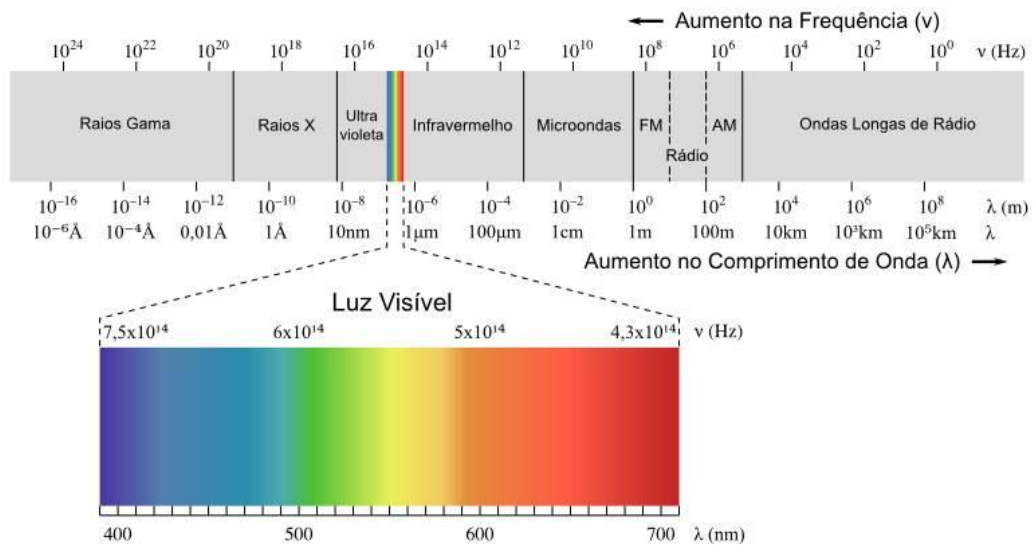
- Água tônica
- Sabão em pó
- Caneta marca texto
- Carteira de motorista (modelo novo)
- 03 béqueres de 250 mL
- Lâmpada de luz negra

Procedimento

- Coloque um pouco da água tônica em um béquer. Marque o béquer com o nome da substância ou uma numeração.
- Coloque em torno de 100 mL de água em outro béquer e acrescente um pouco da tinta da caneta marca texto. Marque o béquer.
- Coloque em torno de 100 mL de água e acrescente o sabão em pó. Marque o béquer.
- Apague as luzes e ascenda a luz negra. Aproxime-a das soluções e da carteira de motorista.
- Observe o que acontece.

Porque isso acontece?

A luz negra é capaz de excitar as moléculas presentes nas substâncias. Dessa forma seus elétrons vão para estados mais excitados (mais afastados do núcleo) e ao retornar para seu estado fundamental, devolvem a energia absorvida na região do ultravioleta (próximo ao visível).



Teste de chama

Materiais

- Álcool Etílico 96%
- Cloreto dos respectivos sais metálicos
- Fósforos
- Pinça
- Algodão
- Cadinho
- Espátulas

Procedimento

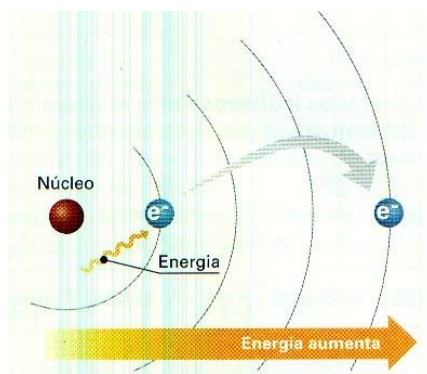
- Coloque dentro de cada cadinho uma bola de algodão. Embeba o algodão com álcool.
- Marque os cadinhos com caneta com os nomes dos sais de metais que serão utilizados.
- Com o auxílio de uma espátula, adicione ao cadinho o sal de metal correspondente.
- Com o fósforo acenda o algodão e observe.

Qual o resultado esperado?

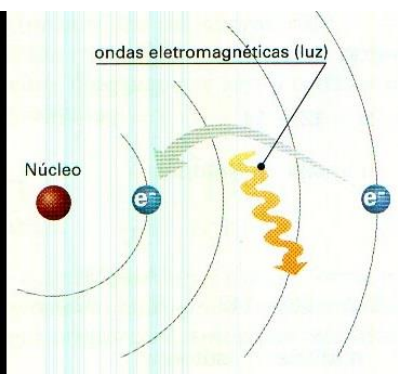
Elemento	Cor da chama	Elemento	Cor da chama
Antimônio	Azul-esverdeada	Cobre	Verde
Arsênio	Azul	Estrôncio	Vermelho tijolo
Bário	Verde-amarelada	Lítio	Carmim
Cálcio	Alaranjada	Potássio	Violeta
Chumbo	Azul	Sódio	Amarela
Estanho	Vermelho		

Porque isso acontece?

A energia liberada pela combustão excita os elétrons externos dos metais, promovendo-os para níveis energéticos mais altos. Ao retornar aos níveis fundamentais, esses elétrons liberam energia na forma de ondas eletromagnéticas na região do visível. Cada metal tem sua cor característica, pois a mesma depende da estrutura eletrônica.



Elétron excitado = Salta para uma camada mais externa



Retorno do elétron após liberação da energia "excitada"

APÊNDICE D – Evolução dos Modelos Atômicos e Tabela Periódica: de Tales de Mileto à Mendeleiev

Como tudo começou?

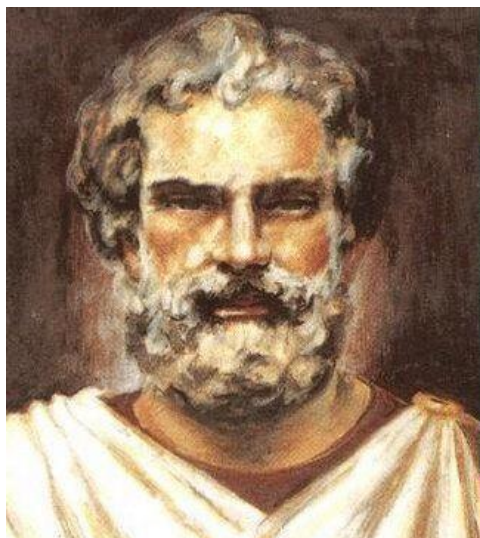


**Imagem 1 - Tales de Mileto
(624 - 546 a.C.)**

concluir que a água era o elemento fundamental, do qual todas as coisas derivavam.

Não apenas as conchas marinhas, muito acima do nível do mar, fizeram Tales propor sua teoria. Ele provavelmente observou a névoa se levantando dos montes para se transformar em nuvens, depois observou a chuva cair sobre o mar: terra se transformando em ar e posteriormente se transformando em água novamente.

O rio Meandro se localizava a apenas três quilômetros de Mileto e Tales deve ter visto o rio se assorear lentamente: água tornando-se terra. Por fim, teria visitado mananciais em terras vizinhas: terra novamente tornando-se água.

Tales de Mileto deu o primeiro passo no desconhecido e sua teoria, de que o mundo se desenvolveu a partir de um elemento (água), foi apenas o começo. Os discípulos de Tales desenvolveram sua teoria e Anaxímenes descobriu o elo fraco da teoria de Tales. Segundo Anaxímenes: *“se tudo é originalmente água, como explicar a diversidade do mundo? Como a água se tornou tudo o que temos?”*. Para ele o elemento fundamental era o ar, uma vez o mundo está cercado por ele, quanto mais próximo do centro, mais comprimido o ar está; portanto, à medida que se comprime o ar ele pode

Não podemos começar a estudar a evolução dos modelos atômicos sem conhecer e compreender a evolução da história e todos os eventos até o primeiro modelo proposto. Nossa história começa em Mileto, cidade grega situada na costa da Jônia. Ao filósofo Tales de Mileto, que viveu no século VI a.C., é atribuída a primeira manifestação de pensamento científico. Enquanto caminhava por uma trilha na encosta, Tales notou algumas pedras que continham fósseis do que eram conchas marinhas. Concluiu que aqueles morros já haviam sido parte do mar e isso o levou a supor que o mundo, originalmente, era constituído inteiramente por água. Sua suposição o fez



Imagem 2 - Mapas da (a) Grécia atual e (b) Grécia entre os séculos VIII - VI a.C.

tornar-se água, terra e até pedra. Tudo é feito de ar, num estado mais ou menos comprimido. A partir disso, a filosofia se propagou por todo o mundo grego.

Na principal cidade da Jônia, Éfeso, que sobreviveu à investida Persa (em busca de território), viveu Heráclito. Ele nasceu por volta de 540 a.C. e era um homem arrogante e misantropo. Porém, para Heráclito, o elemento fundamental não era água e tampouco o ar. Para ele o elemento fundamental era o fogo! Segundo ele, Anaxímenes havia respondido parcialmente à questão da diversidade do mundo e de onde tudo se originou. Não fazia sentido dizer que o ar se transformava em água, terra e assim por diante; se deixava de ser ar ao se transformar, não podia ser a substância da qual o mundo era feito. Enquanto o elemento fundamental fosse visto como uma substância específica, como o ar ou a água, essa questão jamais seria respondida. Era necessário enxergar esse elemento como algo imaterial, no caso o fogo. O fogo era concebido como ordem oculta do cosmo, transformando-se e permanecendo o mesmo. Para Heráclito o mundo estava em um contínuo estado de fluxo: *“Nenhum homem entra duas vezes no mesmo rio”*.

O elemento fundamental já foi a água, o ar e o fogo. Qual era ele então? Porque tinha que ser apenas um? Porque não todos os três com o acréscimo de um quarto para explicar a solidez das coisas? O filósofo Empédocles viveu em uma colônia grega na Sicília durante o século V a.C. e foi quem propôs a teoria dos quatro elementos. Afirmou ainda que todas as coisas no mundo eram combinações diferentes dos quatro elementos, que eram água, terra, fogo e ar.

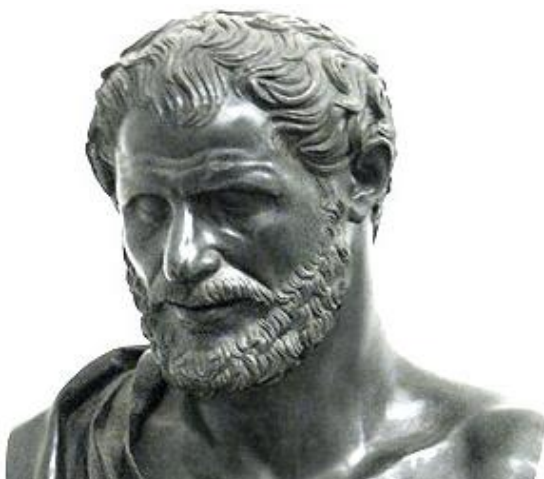


Imagem 3 - Demócrito de Abdera (460 - 370 a.C.)

Ainda no século V a.C., o filósofo Leucipo levantou um questionamento: *“É possível seguir dividindo as coisas excessivamente até um ponto onde elas se tornam indivisíveis?”*. Para ele estava claro que todas as coisas no mundo eram compostas por algo, isso levou a ideia de átomos ou átomo. Em grego a palavra átomo significa *“que não pode ser cortado”*, ou seja, indivisível. Portanto, Leucipo foi o primeiro a afirmar que o mundo era composto por átomos. Leucipo nasceu provavelmente em Mileto, porém partiu antes da invasão Persa e fundou uma escola

em Abdera, na Grécia Continental. Um de seus discípulos, chamado Demócrito, acabou por desenvolver sua teoria atômica. Segundo ele, existe uma quantidade infinita de átomos, em contínuo movimento, de diversos tipos e com diferentes formas, tamanhos, pesos e calor. Afirmou ainda que toda mudança no mundo é devida as combinações e recombinações entre esses átomos.

O próximo filósofo comentado nessa história é Aristóteles, nasceu na cidade de Estagira, no século IV a.C. Ele foi considerado o primeiro grande gênio universal, viajou por todas as terras da civilização egeia, foi educador, orientador de Alexandre o Grande. Aristóteles se interessava por tudo e sua biblioteca refletia isso, pois nunca antes uma coleção de rolos de tamanha magnitude foi acumulada por um cidadão privado. Não aceitou o atomismo de Demócrito, por considera-lo rudimentar e aplicou seu brilhantismo a teoria dos quatro elementos. Sua principal contestação à



Imagem 4 - Aristóteles (384 - 322 a.C.)

teoria atômica era a incapacidade que ela possuía de explicar a mudança nas substâncias, pois se existem átomos para cada tipo de substância, não haveria como explicar as transformações da matéria. Portanto, ao usar a razão e a observação, Aristóteles deduziu que cada elemento tinha seu lugar. A terra estava no centro, seguida da água. Acima da água estava o ar e acima dele o fogo. Afirmou ainda que todo o movimento do mundo era uma tentativa de colocar os elementos em seus respectivos lugares. Porém, Aristóteles notou que o Sol, a Lua e as estrelas não se moviam de acordo com sua teoria. Dessa forma, ele

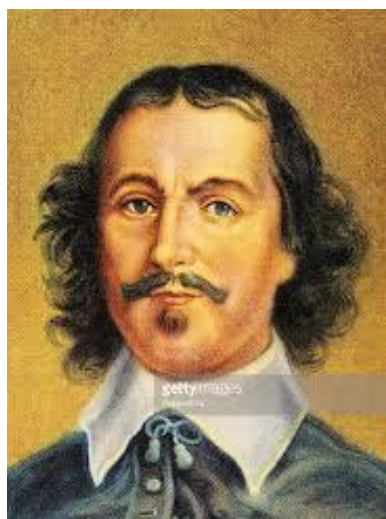


Imagem 5 - Otto von Guericke (1602 - 1686)

acrescentou um quinto elemento, chamado éter, e o céu, da Lua para cima, era parte desse domínio etéreo. Portanto, os corpos celestes não obedeciam às mesmas leis dos quatro elementos.

Durante a Idade Média e o Renascimento, a teoria atômica de Demócrito foi deixada de lado, por conta da oposição de Aristóteles. Por ser o principal filósofo das universidades e por todo apoio da Igreja às suas ideias, a teoria atômica chegou a ser considerada herética. Durante a Revolução Científica, a possibilidade da existência do vácuo e dos átomos retornam como temas de grande importância e em 1650, por mais que ainda houvessem cientistas que acreditavam que “A natureza abomina o vácuo”, por

conta de Aristóteles afirmar que o vácuo não poderia existir, Otto von Guericke estudou e observou que o vácuo de fato existia. Para isto, inventou uma bomba de ar a qual usou para retirar o ar de um vaso de ferro. Em seguida, recorreu ao raciocínio de Aristóteles para provar que de fato o vácuo existia! Segundo Aristóteles, se o vácuo existisse nenhum som se propagaria através dele, Guericke colocou uma sineta tocando dentro do vaso e provou que, de fato, o som não se desloca no vácuo, pois não era possível ouvir a sineta soando dentro do

vaso. Guericke demonstrou também que uma vela não podia arder no vácuo e que um cão morria quando confinado em um.

Inspirado pelos experimentos de Guericke, Robert Boyle também realizou experimentos no vácuo. Provou que no vácuo, na ausência de qualquer resistência do ar, uma pluma caída na mesma velocidade que um pedaço de chumbo, como Galileu Galilei havia previsto e ao contrário do que havia afirmado Aristóteles. Seus experimentos com o vácuo o levaram a questionar a natureza do próprio ar: *será que o ar era um elemento fundamental da natureza ou simplesmente era uma substância com propriedades próprias?*

Foi neste momento que Boyle realizou o experimento com o qual formulou sua lei, conhecida como “Lei de Boyle” e concluiu que o ar e outros gases eram compostos por partículas separadas que se moviam num espaço vazio. Fazendo isso, levantou outro questionamento que ele próprio respondeu: *se o ar e outros gases eram constituídos por partículas separadas em um vazio, o que dizer dos líquidos e sólidos?* Para responder a esse questionamento, o raciocínio utilizado por Boyle foi: quando a água evapora, se torna um gás, o que significa que ela passa a ser constituída por partículas separadas num espaço vazio. Dessa forma, parecia muito provável que, no estado líquido, ela também fosse constituída por partículas dispostas num espaço vazio. Concluiu seu raciocínio dizendo que se isso se aplicava a água, possivelmente se aplicaria a todas as substâncias. Dessa forma, sem ter consciência plena do que estava fazendo, Boyle deu o pontapé inicial para a reintrodução da Teoria Atômica.

John Dalton e a Partícula Indivisível



Imagem 6 - John Dalton (1766 - 1844)

John Dalton nasceu em 1766 em Eaglesfield, uma aldeia do condado de Cumberland, na Inglaterra. Filho de um modesto tecelão, sua família pertencia à religião Quaker, que foi uma forte influência por toda sua vida. Sua educação formal não chegou ao nível universitário, porém, sempre demonstrou muita determinação e preferência por matemática. Sua aptidão nos estudos foi sempre extraordinária, e ele se tornou autodidata em muitos assuntos.

Baseado nas ideias de Boyle de que os gases são constituídos por pequenas partículas, em suas próprias descobertas e nas ideias de Louis-Joseph Proust, de que todos os compostos são formados por proporções definidas e simples de elementos, Dalton

ampliou a ideia de partículas de tal forma que toda a matéria fosse constituída por partículas pequenas e indivisíveis. Portanto, obedecendo as ideias de Proust, se as partículas de um elemento pesassem duas vezes mais que as de outro e o

composto fosse formado por uma partícula de cada, a proporção de seus pesos seria 2:1, porém jamais poderia ser 2,3:1.

Suas partículas indivisíveis eram similares as propostas por Demócrito denominadas átomos, do grego “que não pode ser cortado”. Dalton reconheceu essa similaridade e resolveu chama-las de átomos. Em sua teoria Dalton afirmava que todos os elementos eram constituídos por átomos, pequenos e indivisíveis.

Em 1803, John Dalton propôs suas hipóteses, formadoras da *Teoria Atômica de Dalton*:

- A matéria é formada por pequenas partículas, **maciças**, **indivisíveis**, de carga elétrica **neutra**, denominadas átomos;
- Átomos **não** podem ser **criados** nem **destruídos**;
- Átomos de um **mesmo** elemento químico **são iguais** em **todas** as **suas** **características**;
- Átomos de elementos químicos **diferentes**, **diferem** entre si.
- **Substâncias simples** são formadas por átomos de um **mesmo elemento**;
- **Substâncias compostas** são formadas por átomos de **dois ou mais elementos** **diferentes**, que se combinam sempre na **mesma proporção**.

O modelo atômico de Dalton também é conhecido como o modelo da **bola de bilhar**.

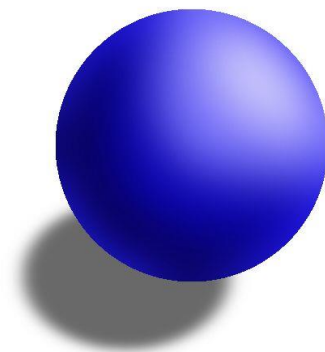


Imagem 7 - Representação do modelo atômico de Dalton. Uma esfera maciça, indivisível e eletricamente neutra.

Em 1808, John Dalton publica um livro chamado *A new system of chemical philosophy*, no qual propõe, ao final, **símbolos** para os elementos químicos conhecidos na época.



Imagem 8 - Símbolos criados por Dalton para os elementos conhecidos em sua época.

Evidências para um novo modelo: a descoberta do elétron

No século VI a.C. o filósofo grego Tales de Mileto percebeu que ao *atritar um pedaço de âmbar com um pedaço de lã*, o âmbar passava a *atrair objetos leves*, como penas por exemplo. O mesmo fenômeno pode ser observado ao atritar um bastão de vidro com um pedaço de seda. O bastão passou a atrair o pedaço de seda ou mesmo uma bolinha de papel. Durante muitos anos, *os fenômenos elétricos e magnéticos de um imã natural*, como a magnetita por exemplo, e do âmbar depois de atritado *foram confundidos*, até que em 1600, William Gilbert conseguiu explicar a *diferença* entre a atração exercida pelo âmbar e a atração



Imagem 9 - Bastão de vidro atritado com um pedaço de seda atrai a própria seda, por exemplo, ou uma bolinha de papel; repele outro bastão de vidro eletrizado por atrito.

exercida pela magnetita. Porém, Gilbert *não* observou a existência da *repulsão entre corpos*, esse fenômeno foi observado pela primeira vez em 1629 por Niccoló Cabeo.

Charles François de Cisternay Du Fay, analisando os experimentos e observações feitas até então, concluiu que a *intensidade* da eletrização do corpo *dependia do material* com o qual o fio era feito. Notou também, que alguns materiais *conduziam melhor* a eletricidade que outros, *estabelecendo assim os conceitos de corpos condutores de corpos isolantes*. Em 1733, descobriu *dois “tipos”* de eletricidade que chamou de *eletricidade vítrea* e *eletricidade resinosa*. Verificou que corpos *carregados com o mesmo “tipo”* de eletricidade se *repeliam* e corpos carregados com *“tipos” diferentes* se *atraíam*. Em 1752, Benjamin Franklin passou a usar os termos *positivo e negativo* como sinônimos de vítreo e resinoso.

No século XIX, outra série de experimentos estava chamando a atenção dos cientistas, o estudo das *descargas elétricas em gases*. Esses experimentos acabaram abrindo caminho para o *esclarecimento da estrutura atômica*. Em

1856 Willian Crookes desenvolveu um experimento que consistia em realizar descargas elétricas em *gases a baixas pressões* confinados em uma *ampola de vidro*, a qual ganhou o nome de *ampola/tubo de Crookes*. Nesta ampola foi adaptado um *eletrodo* a cada uma das extremidades e quando se aplicava uma *corrente elétrica* era criado um *polo positivo (ânodo)* e um *polo negativo (cátodo)*. Crookes notou a presença de um *feixe luminoso* cuja direção era do *cátodo*, onde a corrente era aplicada, para o *ânodo*, e chamou esse feixe de *raios catódicos*.

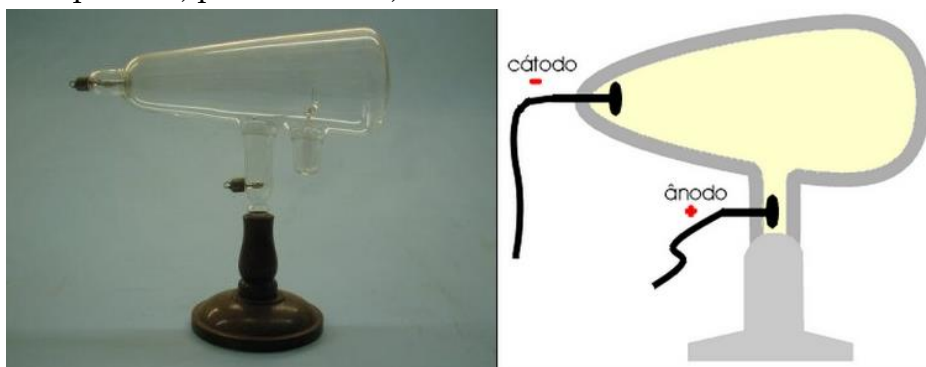


Imagem 10 - Ampola de Crookes, desenvolvida por Willian Crookes em 1856.

Em 1897, acrescentando *placas metálicas carregadas* eletricamente a uma ampola de Crookes, J.J. Thomson constatou que os *raios catódicos* eram constituídos por *partículas carregadas eletricamente*. Variando os gases na ampola e as placas metálicas, observou que essas partículas eram as *mesmas independente da natureza do eletrodo usado e do gás no interior da ampola*. Em seu experimento observou que os raios catódicos *sofriam um desvio* sempre em direção a *placa positiva*, o que sugeria que eram constituídos por *partículas carregadas negativamente*. Essas partículas foram denominadas *elétrons* e Thomson conseguiu medir não só sua velocidade, como sua carga e sua massa.

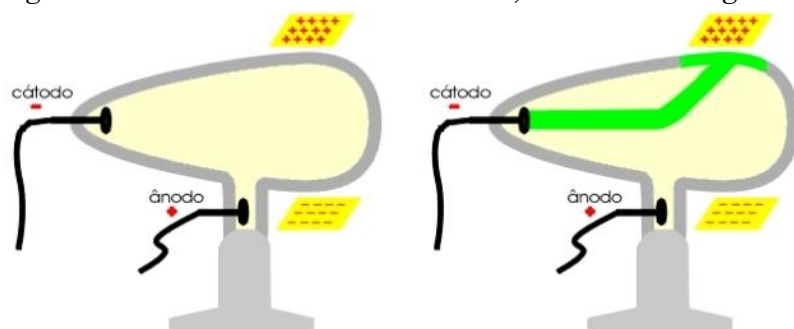


Imagem 11 - Representação da Ampola de Crookes com placas metálicas (Experimento de Thomson). Note que o sentido do feixe de elétrons é em direção a placa positiva.

Para verificar se os raios catódicos (que agora sabemos ser um feixe de elétrons) tinham massa, Thomson adaptou um anteparo giratório dentro da ampola de Crookes. Com isso, conseguiu verificar que quando o feixe de raios catódicos atingia o anteparo, o fazia girar.

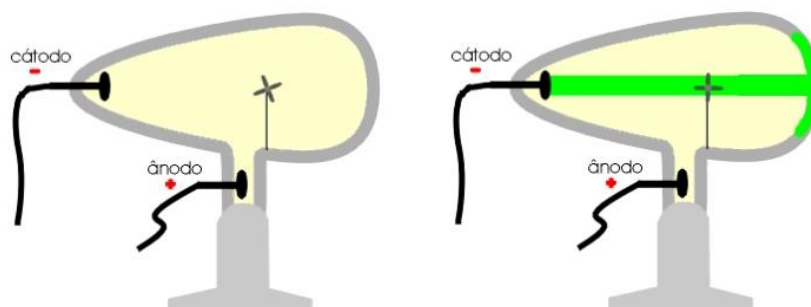


Imagem 12 - Representação do Experimento de Thomson. Quando os raios catódicos atingiam o anteparo giratório, o mesmo girava.

Joseph John Thomson e o Pudim de Passas

Com a descoberta dos elétrons e os fenômenos observados até então, surgiu a necessidade de um novo modelo atômico, uma vez que a existência do elétron, uma partícula subatômica (ou seja, menor que um átomo), contrariava o modelo de Dalton. J.J. Thomson, em 1903, foi quem o sugeriu. Para manter a neutralidade da matéria, propôs que o átomo era uma esfera carregada positivamente onde os elétrons estariam incrustados. Dessa forma, a carga positiva do átomo compensaria a carga negativa dos elétrons. Seu modelo ficou conhecido como “pudim de passas” e explicava de maneira satisfatória os seguintes fenômenos: formação de íons (positivo e negativo), corrente elétrica, eletrização por atrito e descargas elétricas em gases (quando elétrons são arrancados de seus átomos).



Imagem 13 - Joseph John Thomson (1856 - 1940)

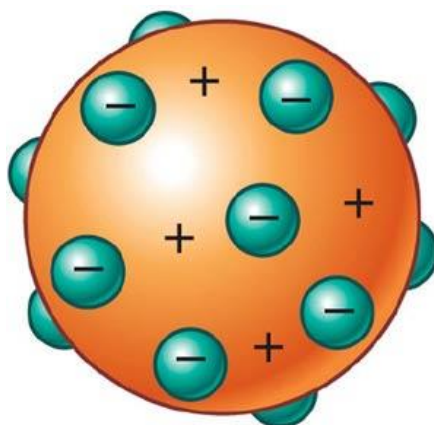


Imagem 14 - Representação do modelo de Thomson, conhecido popularmente por "modelo do pudim de passas"

Os raios X de Röntgen e a radioatividade



Imagem 15 - Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923).

O físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen, realizando experimentos com a ampola de Crookes, observou que ao *liga-la*, uma tela *revestida com platinocianeto de bário* [$\text{BaPt}(\text{CN})_4$], que estava localizada à frente, porém, do outro lado de seu laboratório, *emitia luz* (nota: para realização destes experimentos, Röntgen mantinha seu laboratório com as luzes apagadas). Surpreso com tal fenômeno, iniciou uma série de testes. Primeiro, virou a tela de maneira que o lado *sem revestimento ficasse virado para a ampola* e, para seu espanto, a tela *continuava brilhando*. Depois *colocou objetos entre a ampola e a tela* e notou que todos pareciam *transparentes*. Contudo, sua maior surpresa foi conseguir *visualizar os ossos de sua mão* enquanto segurava objetos entre a ampola e a tela. Röntgen

concluiu que alguns *raios penetrantes* cruzaram o ar e atingiram a tela com platinocianeto de bário e resolveu denomina-los de *raios X*, por não saber ao certo o que eram. Notou que se formavam na área da ampola onde os raios catódicos *colidiam* com o vidro; e que esses raios *não* sofriam desvios na presença de um *campo magnético*.

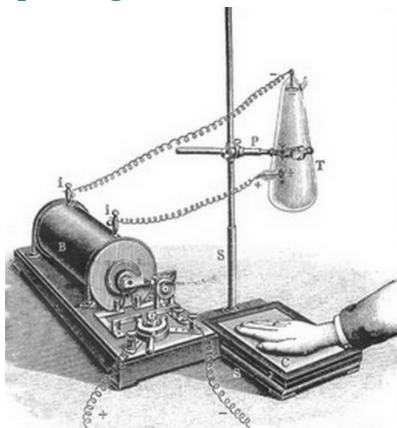


Imagem 16 - Representação do experimento de Röntgen.

Em 1896 Antoine Henri Becquerel, interessado em testar a hipótese do físico Jules Henri Poincaré, a qual dizia que *substâncias fluorescentes deveriam emitir raios X*, começou a trabalhar com materiais que tornavam fluorescentes quando expostos a luz solar (dentre os materiais usados temos o minério de urânio: sulfato duplo de potássio e uranila di-hidratada, $\text{K}_2\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O procedimento era o seguinte: deixava os materiais *absorverem* a luz solar e,

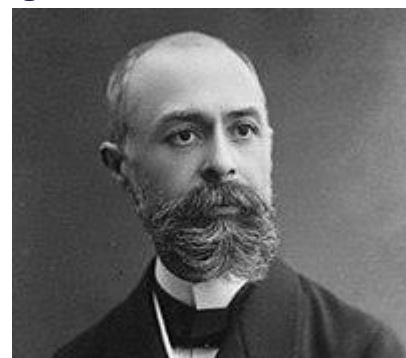


Imagem 17 - Antoine Henri Becquerel (1852 - 1908)

quando se *tornavam fluorescentes*, os colocava em contato com um *filme fotográfico* protegido com um *invólucro preto*. A ideia de Becquerel era que se os materiais conseguissem *impressionar* o filme, então eles *emitiam raios X*. Estava obtendo *resultados positivos*, pois ao revelar o filme fotográfico conseguiu a *silhueta do minério*. Porém, precisou *interromper* seus experimentos devido ao mau tempo e guardou seus minérios e filmes dentro de uma *gaveta escura*. Passado o mau tempo, Becquerel decidiu retomar seus experimentos e, na expectativa de encontrar algo impresso nos filmes que guardou junto com o minério, revelou-os e, para sua surpresa, mais que uma imagem suave foi obtida. Em seus filmes era possível notar as *silhuetas do minério com uma nitidez que o*



**Imagem 18 - Marie Curie (1867 - 1934)
e Pierre Curie (1859 - 1906)**

mesmo nunca havia observado. Como o minério conseguiu impressionar o filme sem a presença da luz solar e sem estar fluorescente, concluiu que essa propriedade *não* se relacionava a fluorescência.

Posteriormente, com a ajuda do casal Marie Curie e Pierre Curie, Becquerel descobriu que essa propriedade era comum a *compostos que continham urânio* e que, portanto, o urânio devia ser o *responsável* pelos raios que impressionavam o filme fotográfico. Esta propriedade foi chamada de *radioatividade*.

Mais tarde, *outros elementos* com essa propriedade foram descobertos, como o *rádio* e o *polônio*.

Em 1898, ao tentar desvendar a *natureza da radioatividade*, Ernest Rutherford e George B. Kaufmann conseguiram *identificar três tipos distintos* de emissões radioativas. O procedimento utilizado foi o seguinte: colocou-se dentro de um bloco de chumbo um pedaço de material radioativo, ao qual foram adaptadas duas placas eletrizadas. O bloco de chumbo possuía uma única abertura para direcionar as emissões. Em frente ao bloco de chumbo estava posicionada uma chapa fotográfica para registrar as emissões radioativas. Como resultado deste experimento, Rutherford obteve três tipos de emissões:

- *Partículas alfa (α)*: sofrem um pequeno desvio em direção à placa carregada negativamente.
- *Partículas beta (β)*: sofrem um grande desvio em direção à placa carregada positivamente.
- *Raios gama (γ)*: são emissões que não sofrem desvio algum em sua trajetória.

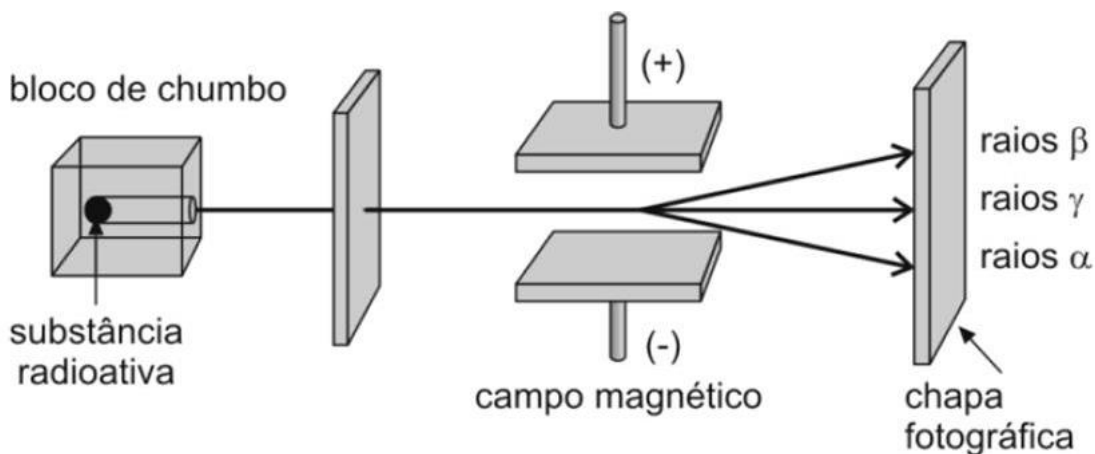


Imagem 19 - Representação do experimento de Rutherford. Note o desvio dos raios, os raios beta sofrem o desvio pra cima, em direção a placa carregada positivamente. Os raios alpha sofrem um desvio para baixo, em direção a placa carregada negativamente. Os raios gama mantêm seu trajeto sem sofrer desvio algum.

A descoberta da radioatividade mostrou que os *átomos*, diferentemente do que se acreditava até então, *podiam ser divididos!*

Ernest Rutherford e seu pequeno Sistema Solar



Imagem 20 - Ernest Rutherford (1871 - 1937)

Em 1911 Rutherford, juntamente com os físicos Johannes Wilhelm Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970), se reuniram para investigar as *propriedades* dos raios-X e das emissões radioativas, decidiram *bombardear com partículas alfa* uma fina *lâmina metálica de ouro*. O experimento foi executado como descrito a seguir.

Uma amostra de polônio (elemento emissor de partículas alfa) foi inserida no interior de um bloco de chumbo, através de um pequeno orifício. Partículas alfa não atravessam o chumbo e, portanto, somente saíam do bloco através deste orifício. Para orientar o feixe de partículas alfa

diretamente para a lâmina de ouro, outras placas de chumbo com orifícios centrais foram dispostas entre o bloco contendo o polônio e a lâmina de ouro. Um anteparo móvel foi adaptado atrás e envolta da lâmina, recoberto com sulfeto de zinco (fluorescente) para registrar o caminho percorrido pelas partículas.

Rutherford e seus colaboradores esperavam que a grande *energia cinética* das partículas as fizessem *atravessar* a lâmina de ouro; e o máximo que se previa eram *pequenos desvios* para algumas partículas alfa, uma vez que o átomo era uma *esfera positiva com elétrons incrustados*. Ao variar a posição do anteparo, Rutherford notou que algumas partículas *desviavam em ângulos muito diferentes dos previstos*, como se essas partículas tivessem colidido com algo *extremamente denso*.



Imagem 21 - Representação do experimento de Rutherford. Observe que algumas partículas alfa sofreram um desvio considerável.

Após vários experimentos, foi possível fazer as seguintes observações:

- A *maior parte* das partículas alfa *atravessou* a lâmina sem sofrer grandes desvios;
- Algumas partículas foram *desviadas na direção oposta* ao choque e outras sofreram *grandes desvios* de suas trajetórias.

Ao interpretar essas observações, Rutherford chegou à conclusão de que o átomo *não era uma esfera maciça*, carregada positivamente e com elétrons incrustados. Graças as suas observações, foi possível concluir que:

- O átomo não é uma esfera maciça, pelo contrário, apresenta *mais espaços vazios do que preenchidos*;
- No *centro* do átomo se encontra um *núcleo*, carregado *positivamente*, muito *pequeno* e *denso*, ou seja, a *maior parte da massa* do átomo se encontra no núcleo. Como o núcleo e as partículas alfa são carregados positivamente, toda partícula que se aproximasse do núcleo era *repelida* por ele;
- Em uma região ao redor do núcleo, a qual chamou de *eletrosfera*, estariam os *elétrons mais leves que o núcleo*.

A imagem a seguir representa as observações e conclusões de Rutherford. Note que no *centro* do átomo de ouro nós temos o que Rutherford chamou de *núcleo*, carregado positivamente e detentor de quase toda a massa no átomo. Observe que as partículas alfa são *repelidas* por ele, pois *ambos são positivos*, e sofrem desvios que não haviam sido previstos. *Ao redor*, em amarelo, temos a *eletrosfera*, onde os elétrons estariam e a qual é em sua *maioria “espaço vazio”*.

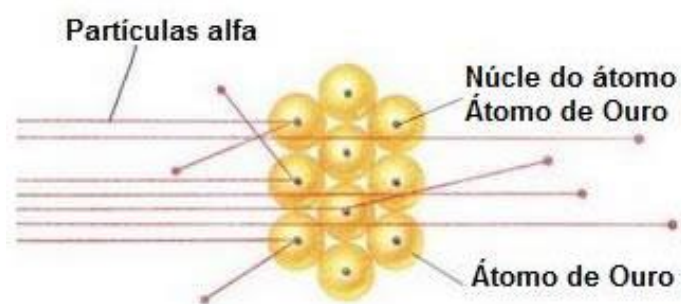


Imagem 22 - Representação do que Rutherford concluiu que ocorria na folha de ouro. O modelo proposto por Rutherford se assemelhava a um *sistema solar*, onde os elétrons estariam dispostos ao *redor do núcleo da mesma forma que os planetas estão ao redor do Sol*. Porém, seu modelo apresentava *contradições* que impediam sua completa aceitação. Por exemplo, *se cargas positivas e negativas se atraem*, os elétrons acabariam *perdendo energia* gradualmente até se *chocarem* com o núcleo.

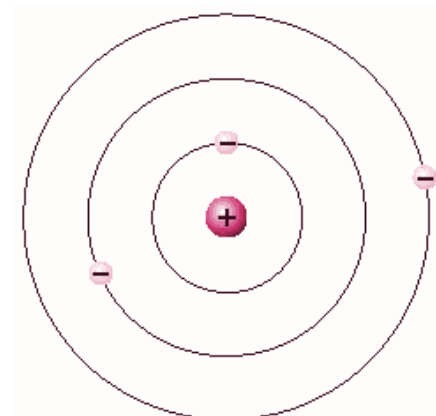


Imagem 23 - O modelo atômico proposto por Rutherford.

Do que o núcleo é feito: descoberta do próton



Imagem 24 - Eugen Goldstein (1850 - 1930)

Em 1886, Eugen Goldstein adaptou um *cátodo com orifícios* à ampola de Crookes. Passou uma corrente elétrica por um gás a baixa pressão e notou que, no *sentido oposto* ao dos raios catódicos, ou seja, atrás do cátodo, aparecia um *feixe luminoso*. Observou que esses raios eram *desviados por campos elétricos*, porém também no *sentido oposto* ao dos raios catódicos, ou seja, desviavam-se em direção as *cargas negativas*. A esses raios, Goldstein deu o nome de *raios canais (raios anódicos)*. Mais tarde passaram a ser chamados de raios positivos por conta de moverem no sentido oposto dos raios catódicos (elétrons).

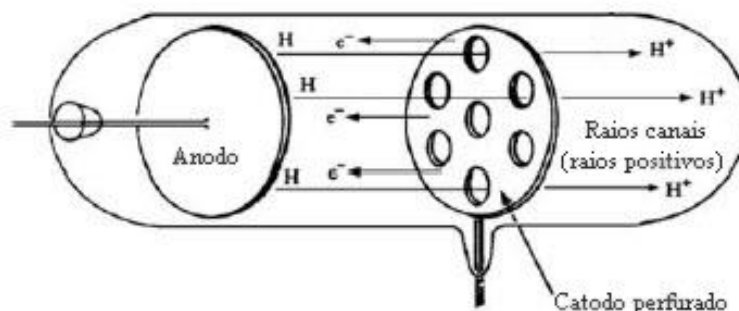


Imagem 25 - Representação do experimento de Goldstein. Observe o sentido dos raios positivos (raios canais), formados atrás do catodo.

Quando trabalhou com o gás hidrogênio, Goldstein pôde perceber que as partículas componentes dos *raios canais* tinham uma massa aproximadamente *igual* à do átomo de hidrogênio, a qual era *1836 vezes maior* que a massa do elétron. Uma vez que o átomo é neutro, sua *intensidade de carga era igual* à do elétron, porém, com *sinal oposto*.

Em 1919, Rutherford e seus colaboradores, ao estudar a radioatividade *comprovaram* a existência de uma partícula que consideraram como *formadora de todo elemento*. O experimento de Rutherford consistia em bombardear com partículas alfa o gás nitrogênio. Como resultado, detectou alguns núcleos de hidrogênio, que estava certo que eram provenientes do núcleo dos átomos de nitrogênio. Concluiu que o núcleo de hidrogênio era uma *partícula elementar* que estaria presente no núcleo de todos os átomos, por disso a chamou de *próton*.

Luz: onda ou partícula?

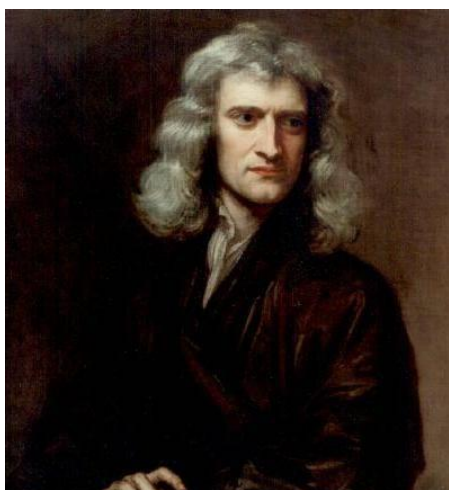


Imagem 26 - Sir Isaac Newton (1643 - 1727)

No século V a.C. Empédocles defendia que a luz era *composta por ondas muito velozes*. Platão, entre os séculos V e VI a.C. defendia que a luz era composta por *raios emitidos pelo olho*. Os filósofos que foram *influenciados* pelos ensinamentos de *Pitágoras*, acreditavam que a luz se *originava dos corpos luminosos* na forma de *minúsculas partículas*. Mais de dois mil anos se passariam até alguém dirigir sua atenção para essa questão novamente. Isaac Newton foi esse alguém, em 1704 ele defendia que a luz era um *fluxo de pequenas partículas*, emitidas dos corpos luminosos. Com sua hipótese, ele conseguia

explicar algumas propriedades da luz como propagação, reflexão e refração. Porém, *não* conseguia explicar como a luz se propagava no vácuo.

Um contemporâneo de Newton, Christian Huygens, acreditava que a luz era *composta por ondas* que se deslocavam da mesma forma que as ondas da água ou

as ondas sonoras, com a diferença que podiam ser transmitidas no vácuo, por serem *ondas de energia radiante*. No início do século XIX, Thomas Young também usou dessa analogia para desenvolver sua teoria e, desta forma, conseguiu explicar algumas propriedades que não eram explicadas pela teoria corpuscular da luz, como polarização e interferência.

Por volta de 1860, ainda no século XIX, o físico e matemático James Clerk Maxwell desenvolveu um *modelo matemático* para explicar os fenômenos elétricos e magnéticos, criando o *eletromagnetismo*. Suas equações mostraram que a luz podia ser representada por uma *onda eletromagnética*, e que as ondas eletromagnéticas deveriam apresentar as mesmas propriedades que as ondas de luz (refração, reflexão, interferência, etc.)

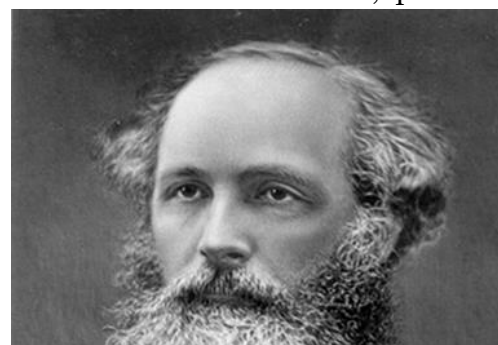


Imagem 27 - James Clerk Maxwell (1831 - 1879)



Mas, o que são ondas eletromagnéticas?

Uma onda eletromagnética é formada por *campos elétricos e magnéticos perpendiculares*.

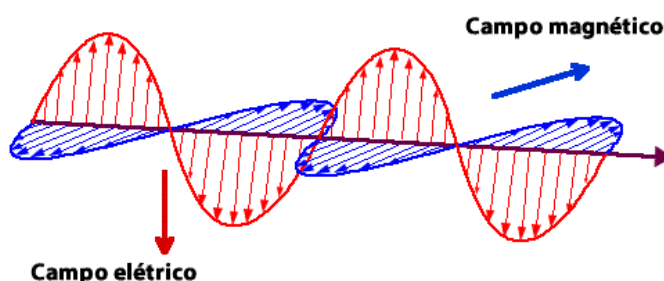


Imagem 28 - Onda eletromagnética

A luz visível, a luz que nossos olhos podem ver, os raios X, as micro-ondas, são todos tipos de radiação eletromagnética que, apesar de diferentes, possuem algumas *características fundamentais* em comum.

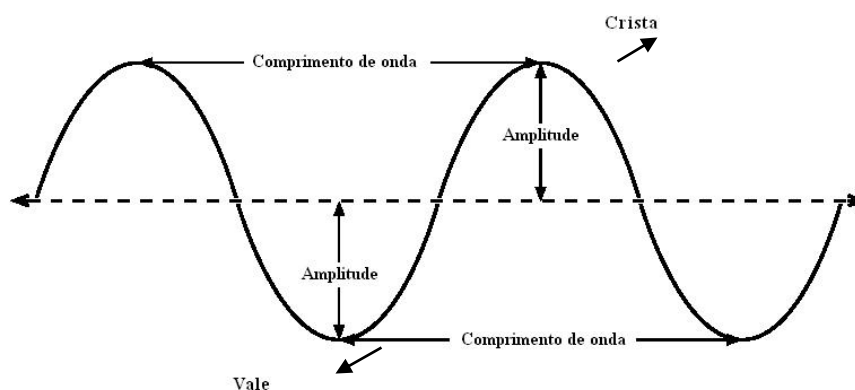


Imagem 29 - Características fundamentais das ondas eletromagnéticas.

- Todas as radiações eletromagnéticas movem-se no vácuo a uma velocidade de $3,00 \times 10^8$ m/s. Essa é a velocidade da luz, representada pelo símbolo c .
- A crista é o ponto mais alto da onda e o vale é o ponto mais baixo.
- O comprimento de onda, representado pela letra grega lambda (λ) equivale a distância entre duas cristas ou entre dois vales. Quanto maior essa distância, maior o comprimento de onda.
- O número de ciclos (ou comprimentos de onda completos) que passam por um determinado ponto é chamado de frequência e representado pela letra grega ni (ν). Portanto, quanto *maior* o comprimento de onda *menor* a frequência, pois menos comprimentos de onda passam por um determinado ponto por segundo.

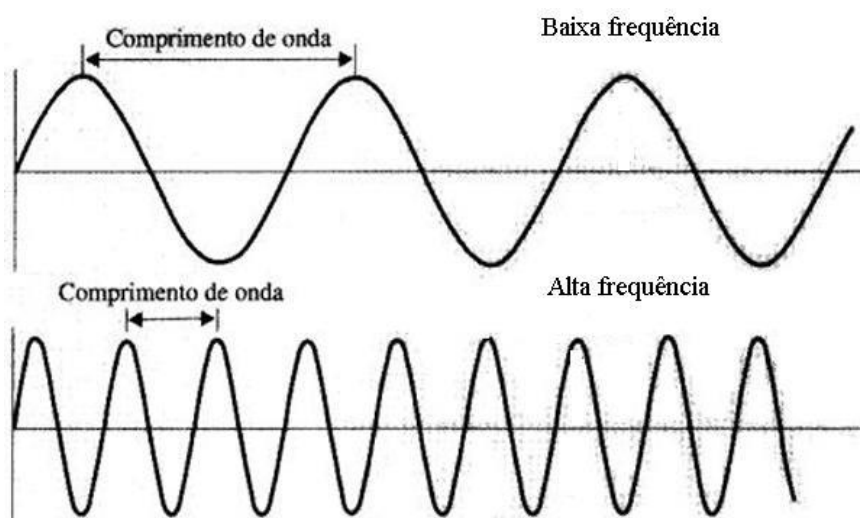


Imagem 30 - Relação entre o comprimento de onda e a frequência. Observe que quanto maior o comprimento de onda, menor a frequência e vice-versa.

Como já dito, no *vácuo* as ondas eletromagnéticas possuem a *mesma velocidade*, porém, o que as *diferencia* são suas *frequências*. O *espectro eletromagnético* é uma forma de *classificação* das ondas eletromagnéticas utilizando suas frequências.

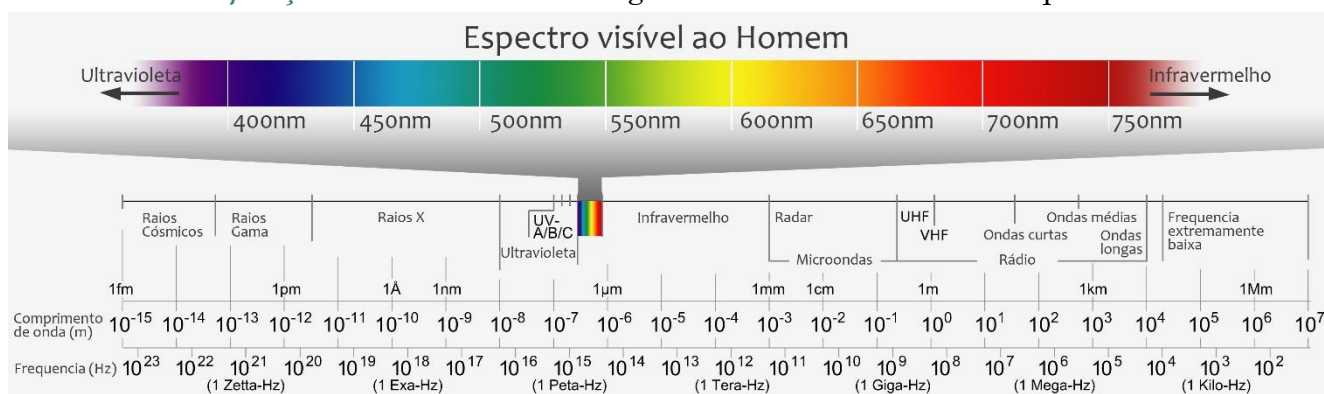


Imagem 31 - Espectro eletromagnético. Observe que a faixa de comprimentos de onda ou frequências que compreende o visível (o que enxergamos) é muito estreita.

Agora que já sabemos o que são ondas eletromagnéticas, retomemos o assunto em discussão para descobrir se a luz é composta por partículas ou se é uma onda.

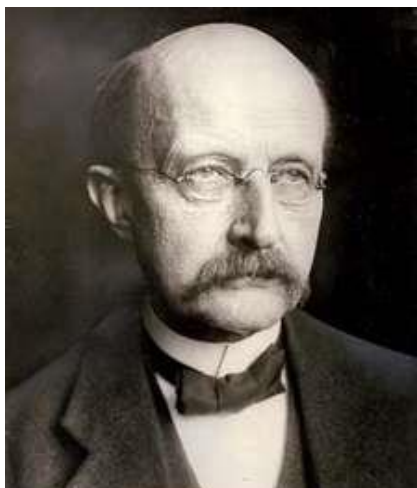


Imagem 32 - Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858 - 1947)

O modelo ondulatório da luz conseguia explicar alguns de seus fenômenos, como já mencionado, porém não todos. Em 1900, o físico alemão Max Planck propôs que toda *troca de energia (absorção ou emissão) entre matéria e radiação corre em “pacotes discretos” de energia, os quais chamou de quantum*. Planck desenvolveu uma relação matemática para sua teoria, envolvendo uma constante que ficou conhecida como a constante de Planck (h), que possui o valor de $6,626 \times 10^{-34}$ J.s. **O que levou Planck a formular essa teoria?** Antes de Planck formular sua teoria, cientistas estudavam e observavam objetos quentes, a fim de *compreender a natureza das ondas eletromagnéticas*. Um objeto, quando aquecido a altas temperaturas *brilha com muita intensidade* – fenômeno conhecido como incandescência – e quanto *maior* a temperatura, *maior* a intensidade. A cor da luz emitida pelo objeto passa do vermelho ao laranja depois para o amarelo, até chegar ao branco. O objeto quente é chamado de *corpo-negro*, pois *absorve/emite qualquer comprimento de onda*. Em 1893, Wilhelm Wien, ao estudar a mudança da cor com o aumento da temperatura, descobriu que o comprimento de onda, correspondente ao *máximo da intensidade*, diminui quanto maior for a temperatura, ou seja, quanto *maior* a temperatura do objeto *menor* o comprimento de onda da radiação que ele emite.

Cinco anos depois de Planck, em 1905, Albert Einstein usou sua teoria para explicar o *efeito fotoelétrico*. Efeito fotoelétrico foi o nome dado a propriedade que a luz possui de “retirar” ou *ejetar elétrons de uma superfície metálica*. Cada metal possui uma *frequência mínima* de luz abaixo da qual *nenhum* elétron é ejetado. Einstein propôs que a luz é composta por um *fluxo de “pacotes” minúsculos de energia*, e que cada pacote de energia, o qual chamou de *fóton*, se comporta como uma *partícula*. Portanto, quando um fóton atinge o metal ele *transfere* sua energia para um elétron no metal. Essa energia precisa ser suficiente para *vencer as forças atrativas* que mantêm o elétron no metal. Se o fóton possui *energia menor* que a necessária, o elétron *não* adquire energia suficiente para ser ejetado do metal. Se o fóton possui *energia necessária*, o elétron será *ejetado* e, caso o fóton possua *mais energia* que a necessária, o excesso *aumentará a velocidade* com a qual os elétrons serão ejetados.

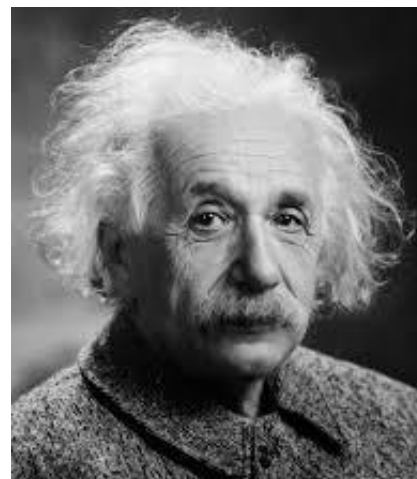


Imagem 33 - Albert Einstein (1879 - 1955)

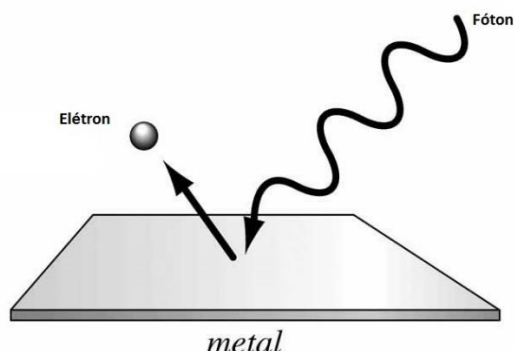


Imagem 34 - O efeito fotoelétrico.

Por fim, qual das duas teorias devemos usar? A teoria corpuscular ou a teoria ondulatória? A resposta é: *as duas*! A teoria ondulatória da luz explica certas observações experimentais que não são explicadas pela teoria corpuscular e vice-versa.

O modelo de órbitas de Rutherford-Bohr

Ao passar a luz branca, que é composta por todos os comprimentos de onda da radiação visível, por um prisma obtêm-se um espectro contínuo.



Imagem 35 - Espectro contínuo, obtido quando a luz branca passa por um prisma.

Porém, o que se observa no caso de gases de átomos excitados de sódio, por exemplo, são um número discreto de linhas ou raias espectrais. Esse tipo de espectro, de um elemento específico, é chamado de espectro de emissão ou espectro de linhas.



Imagem 36 - Espectro de linhas do elemento hidrogênio.

Niels Henrik David Bohr, enquanto trabalhava com Rutherford e seus colaboradores, tendo como base a teoria de Max Planck e com o propósito de compreender os espectros de linhas dos elementos, propôs modificações para o modelo atômico de Rutherford. Bohr sugeriu, em 1913, os seguintes postulados:

- Os elétrons encontram-se dispostos ao redor do núcleo atômico, movimentando-se em órbitas circulares que possuem energias bem definidas, chamadas camadas ou níveis de energia.



Imagem 37 - Niels Henrik David Bohr (1885 - 1962)

▪ Para cada um desses níveis só são permitidas determinadas quantidades de energia cujos valores são múltiplos inteiros do fóton. Um átomo está em seu estado fundamental quando seus elétrons se encontram nos mais baixos níveis de energia permitidos. Quanto mais próxima a órbita do núcleo, mais estável.

▪ Para um elétron saltar de um nível de energia para outro, precisa absorver ou emitir uma quantidade definida de energia. Quando esse elétron absorve energia do exterior (térmica, elétrica ou luminosa), ele passa para um estado chamado excitado. Para retornar ao seu nível de energia anterior, ele libera, na forma de radiação eletromagnética (visível, infravermelho, ultravioleta, etc.), uma determinada quantidade de energia.

Uma vez que o elétron só pode absorver determinadas quantidades de energia, que o fazem “saltar” para a próxima órbita, não é difícil compreender o espectro de linhas, pois, as linhas do espectro representam essa quantidade de energia que foi absorvida e devolvida quando elétron retornou ao seu estado fundamental. Devido a isso, os espectros de linhas dos elementos sempre contêm as mesmas raiais de cores bem definidas.

Portanto, segundo Bohr o átomo possui camadas ou níveis de energia, num total de sete, nos quais os elétrons estarão dispostos. Esses níveis de energia, para simplificar a estrutura atômica, foram nomeados pelas letras K, L, M, N, O, P e Q, correspondendo aos níveis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, os quais possuem quantidades máximas definidas de elétrons que podem ser observadas na tabela abaixo.

Tabela 3: Número máximo de elétrons por camada.

Camada	Número máximo de elétrons
K	2
L	8
M	18
N	32
O	32
P	18
Q	2 ou 8

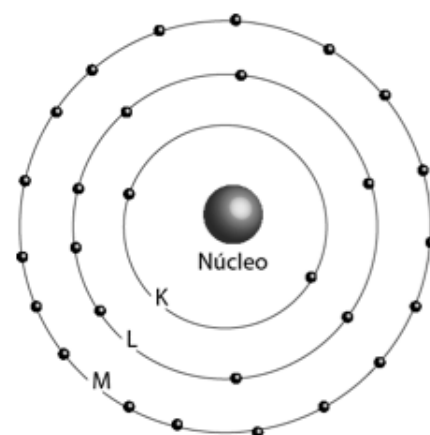


Imagem 38 - Modelo atômico de Rutherford-Bohr

A terceira partícula subatômica: descoberta do nêutron



Imagem 39 - James Chadwick (1891 - 1974)

Rutherford, após propor seu modelo, deixou uma dúvida: *se o núcleo é formado por partículas positivas, o que impede essas partículas de se repelirem e destruírem o núcleo?*

Em 1932 James Chadwick encontrou a resposta ao reproduzir um experimento que consistia em bombardear berílio com partículas alfa. Ao ser bombardeado, o berílio passava a emitir o que se acreditava ser raios gama de comprimento de onda curto. Em frente ao berílio foi disposto um anteparo com parafina, um material que era conhecido por ser “rico” em prótons. Quando os raios emitidos pelo berílio atingiam a parafina, a fazia liberar prótons que eram captados e medidos por um contador Geiger. Porém, Chadwick após vários meses de trabalho e cálculo, mostrou que essa emissão proveniente do berílio consistia, na verdade, de um feixe de partículas. Essas partículas não sofriam desvios na presença de um campo elétrico e magnético, portanto eram neutras e, mais tarde, descobriu-se que possuíam uma massa um pouco maior que a do próton. Confirmou-se assim a existência da terceira partícula subatômica, o nêutron. Desta forma, o nêutron se localiza no núcleo “isolando” os prótons uns dos outros e, conseqüentemente, evitando que o núcleo desabe.

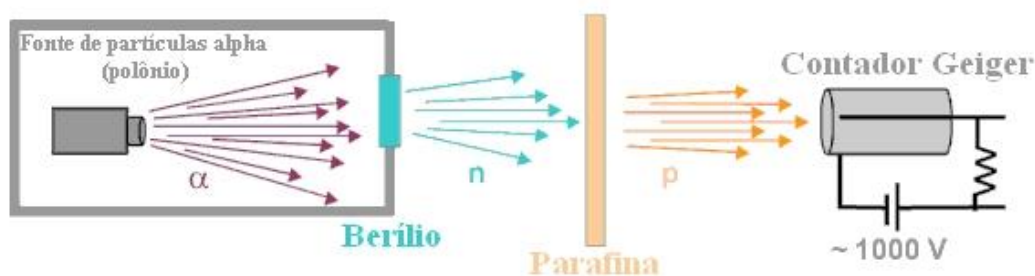


Imagem 40 - Representação do experimento de Chadwick. O símbolo α representa as partículas alfa emitidas pelo polônio; a letra n representa os nêutrons emitidos pelo berílio; a letra p representa os prótons emitidos pela parafina.

Ondas de matéria e o Princípio da Incerteza: fundamentação do modelo atômico atual



Em 1924, Louis De Broglie levantou o seguinte questionamento: *se um fóton possui propriedades ondulatórias e corpusculares, por que uma partícula com massa (como um elétron) não*

podéria também ter propriedades ondulatórias e corpusculares?

O próprio De Broglie respondeu ao seu questionamento, dizendo que toda partícula possui, de alguma maneira, uma onda associada ao seu movimento. Portanto, todos os corpos (elétrons, nêutrons, átomos, bolas, gatos, você, etc.)

Imagem 41 - Louis De Broglie (1892 - 1987)

possuem um comprimento de onda que está relacionado ao momento. Mas o que é momento? Momento nada mais é que a massa da partícula em questão, multiplicada por sua velocidade. Por estar com massa e comprimento desprezível, como o propriedades forma, depois passa a ter conhecido



No final da 1920, o físico Werner

natureza dual determinar com precisão sua posição e momento. Essa limitação existe para qualquer objeto, porém, quando se trata de partículas subatômicas ela se torna significativa. O princípio formulado por Heisenberg é chamado de Princípio da Incerteza e afirma que é impossível determinarmos com precisão, e simultaneamente, o momento e a posição exatos do elétron.

relacionada com a massa, partículas velocidade elevados possuem um de onda tão pequeno que se torna No caso de uma partícula subatômica, elétron, o comprimento de onda e ondulatória são consideráveis. Dessa da proposta de De Broglie, o elétron um comportamento dual sendo como uma partícula-onda.

década de **Imagem 42 - Werner Heisenberg (1901 - 1976)**

alemão Heisenberg propôs que, devido à da matéria, há uma limitação em como

Erwin Schrödinger: funções de onda e o modelo atômico atual



Imagem 43 - Erwin Schrödinger (1887 - 1961)

Em 1926 Erwin Schrödinger, para explicar os espectros de linhas dos elementos até então observados, propôs uma equação conhecida como Equação de Onda de Schrödinger que leva em consideração a dualidade onda-partícula do elétron.

A resolução de sua equação leva a uma série de funções de onda (que são funções matemáticas) cujo o quadrado fornece importantes informações da localização do elétron em determinado estado de energia permitido.

Ao contrário do modelo proposto por Bohr, onde os elétrons se encontrariam em órbitas circulares definidas com energias permitidas, no modelo de Schrödinger, mantendo a energia quantizada e de acordo com o princípio da incerteza, não se pode especificar a localização exata de um elétron ao redor do núcleo. Portanto, o que temos é a probabilidade de encontrar esse elétron em uma certa região do espaço, denominada de orbital.

É importante ressaltar que orbital é uma região do espaço, a qual não possui fronteiras bem delimitadas, portanto, difere de órbitas. A esses orbitais foram atribuídas as letras – proveniente de seus nomes do inglês – s (sharp), p (principal), d (difuse) e f (fundamental).

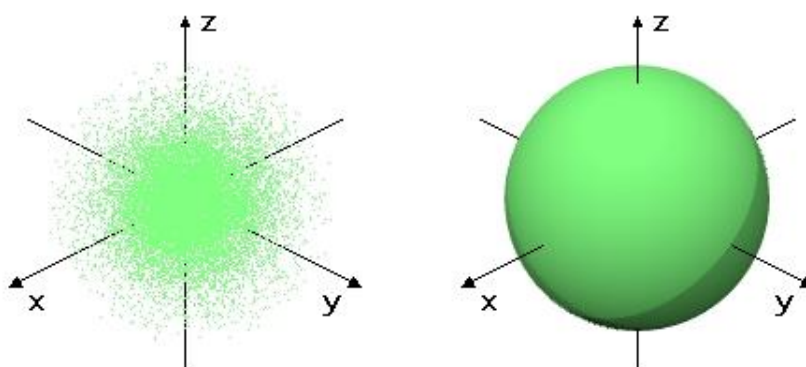


Imagem 44 - Representação de um orbital s.

Número atômico e Número de Massa

Como diferenciar um átomo de um elemento do átomo de outro elemento? Átomos de elementos diferentes possuem diferentes números atômicos. Mas, o que é número atômico? A quantidade de prótons existentes no núcleo de um átomo de determinado elemento é chamada de número atômico.



Imagem 45 - Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887 - 1915)

Henry Gwyn Jeffreys Moseley Jr. foi o primeiro cientista a determinar o número atômico de um elemento. Moseley nasceu em 23 de novembro de 1887 em Weymouth Dorset, Inglaterra. Veio de uma família rica e aristocrática que incluía cientistas famosos. Seu pai foi professor de anatomia e fisiologia na Universidade de Oxford.

Enquanto estudava os raios X emitidos por alguns elementos, descobriu uma carga nuclear a qual chamou de número atômico. Notou, também, que as propriedades dos raios X emitidos dependiam desse número atômico e, estudando vários elementos, conseguiu determinar seus números atômicos.

Além disso, como o átomo é eletricamente neutro, conclui-se que o número de prótons é igual ao número de elétrons. Logo, se um átomo de sódio (Na) possui um número atômico igual a 11, ele possui 11 prótons e 11 elétrons.

Depois da descoberta da terceira partícula subatômica, o nêutron, e uma vez que praticamente toda a massa do átomo se encontra no núcleo (a massa do elétron pode ser desconsiderada, pois, a mesma é aproximadamente 1836 vezes menor que a massa do próton e do nêutron), seu número de massa é, portanto, igual à soma de prótons (Z) e o número de nêutrons (N).

$$A = \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Número atômico}}}{Z} + \underset{\substack{\rightarrow \text{Número de nêutrons}}}{N}$$

Exemplificando

Continuando com o átomo de sódio (Na), vamos calcular seu número de nêutrons. Sabemos que o número atômico do átomo de sódio é igual a 11 e seu número de massa é igual a 23. Aplicando os valores na fórmula, temos:

$$A = Z + N \rightarrow 23 = 11 + N$$

Isolando a incógnita, que é o valor de N, temos:

$$23 - 11 = N \rightarrow N = 12$$

Portando, o átomo de sódio possui 12 nêutrons.

Vamos calcular a massa do átomo de fósforo (P). Seu número atômico é igual a 15 e seu número de nêutrons é igual a 16. Aplicando os valores na fórmula chegaremos a uma massa de:

$$A = 15 + 16 \rightarrow A = 31$$

Portanto, a massa do átomo de fósforo é igual a 31.

O número atômico (Z) é igual ao número de prótons presente no núcleo. O número de massa (A) é igual à soma do número de prótons (Z) com o número de nêutrons (N).

Graças aos avanços tecnológicos no início do século XX e a criação do espectrômetro de massas, os cientistas descobriram que nem todos os átomos de um elemento possuem a mesma massa. O fenômeno observado ficou conhecido como isotopia e os átomos dos elementos foram chamados de isótopos.

Em 1932, Chadwick, após descobrir a existência dos nêutrons, solucionou o fenômeno da isotopia. A terceira partícula subatômica explica a diferença de massas atômicas entre átomos do mesmo elemento e, conseqüentemente, explica o fato de possuírem as mesmas propriedades químicas (uma vez que são funções das cargas elétricas) e propriedades físicas diferentes (já que essas propriedades

dependem da massa). Portanto, isótopos possuem o mesmo número de prótons, porém, números diferentes de nêutrons.

Podemos encontrar também átomos com diferentes números de prótons (Z), ou seja, elementos diferentes, mas com iguais números de massa (A). Esses átomos são chamados de isóbaros.

Tabela 4: Isótopos do átomo de carbono

Elemento	Número atômico (Z)	Número de massa (A)
	6	12
C	6	13

Tabela 5: Elementos isóbaros

Elementos	Número atômico (Z)	Número de massa (A)
Cálcio (Ca)	20	40
Potássio (K)	19	40
Argônio (Ar)	18	40

Isótopos são átomos do mesmo elemento que possuem o mesmo número atômico, porém, número de massa diferente. Isóbaros são átomos de elementos diferentes que possuem, portanto, número atômico diferente e igual número de massa.

Elementos Químicos

“[...] substância simples, fundamental e elementar. Um elemento não pode ser separado ou decomposto em substâncias mais simples” (Russel J. B., 1994) ou *“[...] substância que não pode ser decomposta em outras mais simples [...] Cada elemento é constituído por apenas uma espécie de átomo”* (Brown et al., 1999). Atualmente, essas são algumas das formas como é apresentado e definido o conceito elemento. Porém, nem sempre foi assim! O conceito elemento vem se modificando desde o século VI a.C. A origem da palavra vem do grego “stoicheío”, correspondente ao termo em latim “elementum”.

Os primeiros a tentar justificar as mudanças aparentes no mundo foram os filósofos pré-socráticos, e vincularam o conceito elemento aos princípios constituintes da matéria. O primeiro passo foi dado por Tales de Mileto, no século VI. a.C, como já vimos, Tales considerava a água como o elemento fundamental responsável pela diversidade das coisas. Seus discípulos, filósofos da escola milésia, Anaxímenes (588 – 524 a.C.) e Anaximandro (610 – 546 a.C.) não concordavam completamente com a teoria do mestre. Para Anaxímenes, o elemento fundamental (ou princípio primordial) era o ar. Já Anaximandro

acreditava que o elemento fundamental era uma substância indeterminada e imaterial.

A ideia de que apenas um único elemento deu origem a toda diversidade no mundo não agradava muito Empédocles (490 – 430 a.C.). Portanto, ele desenvolveu a teoria dos quatro elementos, sendo eles: água, fogo, terra e ar. Pouco depois, Aristóteles (384 – 322 a.C.) adotou a teoria dos quatro elementos de Empédocles, adicionou um quinto elemento, chamado éter; e atribuiu a todos os elementos qualidades: quente, seco, frio e úmido. Ele afirmava que tudo no mundo era composto por uma matéria base e a ela eram associadas as qualidades dos elementos, cada elemento tinha um conjunto de duas qualidades. O conceito de elemento, oriundo da filosofia grega, nos apresenta uma ciência baseada na aparência dos corpos e em suas qualidades, percebidas pelos sentidos.

Um salto na história nos leva para o século XVII onde Robert Boyle (1627 – 1691) apresentou uma definição para elemento que discordava da concepção grega de princípio. Segundo ele elementos eram “[...] *corpos primitivos e simples, perfeitamente puros de qualquer mistura*” (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992). Ele ainda considerava os elementos como limite da análise química. Lavoisier (1743 – 1794) adotou o conceito de elemento de Boyle e o deixou mais refinado ao definir:

“Se [...] associarmos ao nome de elementos a ideia do último termo ao qual chega a análise, todas as substâncias que não podemos decompor por meio algum são para nós elementos: não que possamos assegurar que estes corpos, que nós consideramos como simples, não sejam eles mesmos compostos de dois ou mesmo de um maior número de princípios, mas como estes princípios jamais se separam, ou antes, como não temos nenhum meio de os separar, eles comportam-se para nós como os corpos simples, e não devemos supô-los compostos senão no momento em que a experiência e a observação nos tenham fornecido a prova” (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992).

Em seu livro “O Tratado Elementar da Química” Lavoisier se refere aos elementos usando diversas nomenclaturas como: princípio, substância simples e corpo simples. Um famoso químico da primeira metade do século XIX, Jons Jacob Berzelius, também usou em seu livro a expressão “corpo simples” como sinônimo de elemento. Segundo Berzelius:

“Corpos que ocorrem na Terra são divididos em simples, não decompostos e compostos: (1) Corpos simples são aqueles que podemos acreditar com certeza que eles não são compostos e que ocorrem como constituintes do restante da natureza. (2)

Corpos não decompostos são aqueles que não podemos supor que não são simples, mas eles não foram decompostos em elementos mais simples [...] (3) Corpos compostos são aqueles que podem ser decompostos por meios químicos em outro mais simples” (Mierzecki, 1991).

Ao perceber a confusão entre os conceitos elemento e corpo simples, Mendeleiev propôs uma definição para diferenciar os dois conceitos. Em seu artigo “A Lei Periódica dos Elementos Químicos” (1871) ele diz:

“[...] Um corpo simples é qualquer coisa de material, metal ou metaloide, dotada de propriedades físicas e químicas. A expressão corpo simples corresponde à ideia de molécula [...]. Pelo contrário, deve-se reservar o nome de elemento para caracterizar as partículas que formam os corpos simples e compostos e que determinam o modo como se comportam do ponto de vista físico e químico. A palavra elemento corresponde a ideia de átomo” (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992).

Depois da diferenciação de Mendeleiev, o conceito de elemento passou a ser vinculado ao de átomo e o peso atômico passou a ser critério de classificação dos elementos. Com os avanços no território da Química e sua aproximação com a Física, outros critérios passaram a ser utilizados para identificar e classificar os elementos. Com a identificação de novos elementos, novos sistemas de classificação foram criados, respeitando as propriedades dos mesmos.

Neste mesmo século, chegou-se à um momento de divergência na Química, parte dos cientistas não aceitavam os pesos atômicos como critério de classificação e a outra parte aceitava; e pensava ser uma propriedade fundamental do elemento. Tempo depois, superada as divergências, foram estabelecidas as bases da Teoria Atômico-Molecular e definiram o conceito de átomo, molécula, atomicidade e valência. Depois da invenção do espectrofotômetro de massas, os elementos passaram a ser definidos por sua estrutura atômica e molecular.

No século XX, muito da mecânica quântica e da física de partículas era usado pela Química e a identificação de elementos passou a ser feita por seu número atômico. Neste momento o conceito de elemento deixou de ser “fim último da análise química”. Com tudo isso que conto a vocês, é importante notar e anotar que os conceitos, as definições, são provisórios! Estes são decorrentes das modificações da Ciência e resultam dos avanços científicos, portanto, nenhum conhecimento científico está verdadeiramente acabado, verdadeiramente completo.

A evolução da Tabela Periódica: deve haver um padrão!

A partir do século XIX, cada vez mais elementos estavam sendo descobertos quase a cada década. Esses novos elementos, com uma série de propriedades cada vez mais ampla, logo começaram a despertar dúvidas. *Quantos elementos existiam exatamente? A maioria deles já fora descoberta? Haveria um número incontável deles?*

Em meio a tantos elementos, devia haver algum tipo de ordem fundamental. Afinal, Dalton havia descoberto que os átomos de cada elemento possuíam diferentes pesos – não devia haver mais alguma coisa aí? Além disso, parecia existir grupos de diferentes elementos com propriedades semelhantes, como no

caso do outro, da prata e da platina, que são metais que resistem à corrosão ou do potássio e do sódio, que são metais alcalinos combustíveis.

Seria possível existir algum tipo de padrão por trás de tudo isso?



As triádes de Döbereiner

Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849), professor de química na Universidade de Iena/Jena, foi o primeiro a sugerir um padrão. Filho de um cocheiro, Döbereiner era, em grande parte, autodidata. Conquistou um cargo como farmacêutico e sempre

frequentava conferências públicas locais sobre Ciências. Seu precoce conhecimento de Química chamou a atenção do Duque de Weimar, o qual lhe assegurou a nomeação para a Universidade de Iena.

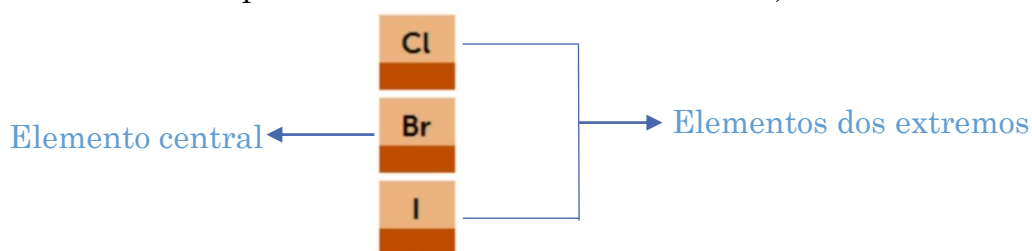
Em 1829, notou que o recém-descoberto elemento bromo possuía *propriedades que pareciam estar entre as propriedades do cloro e as do iodo*. Notou também, que seu *peso atômico* era aproximadamente igual a *média do peso atômico desses elementos*. A partir desse momento, Döbereiner começou a analisar os elementos químicos conhecidos, que estavam registrados com suas propriedades e pesos atômicos. Descobriu mais dois grupos de elementos com o *mesmo padrão: estrôncio, cálcio e bário*, onde o estrôncio se localizava entre os elementos cálcio e bário; *selênio, enxofre e telúrio*, onde o selênio se localizava entre os elementos enxofre e telúrio.

Döbereiner chamou seus grupos de *triádes* e começou a investigar os demais elementos em busca de mais triádes, porém, não obteve sucesso. *Sua “lei das triádes” parecia se aplicar a apenas nove dos cinquenta e quatro elementos conhecidos.*

- Döbereiner pensou em agrupar os elementos em grupos de três, os quais chamou de tríades.
- O que caracterizava uma tríade eram as propriedades semelhantes dos elementos constituintes e, principalmente, o fato do peso atômico do elemento central ser aproximadamente igual à média do peso dos elementos dos extremos.
- Apenas nove elementos puderam ser organizados em tríades: cloro, bromo e iodo; cálcio, estrôncio e bário; enxofre, selênio e telúrio.

Exemplificando

Para exemplificar utilizaremos a primeira tríade de Döbereiner: cloro, bromo e iodo.



Os elementos dos extremos, cloro e iodo, possuem peso atômico igual a 35,45 e 126,904, respectivamente. Portanto, considerando as características de uma tríade, o peso atômico do bromo deve ser aproximadamente igual a média dos pesos desses dois elementos.

$$\frac{35,45 + 126,904}{2} \rightarrow 81,177$$

Segundo a tabela periódica da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), o peso atômico do bromo é 79,904.

O parafuso telúrico de Chancourtois



Imagem 47 - Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois (1820 - 1866).

Mais de trinta anos passariam, desde a Lei das Tríades, para que outra tentativa de organizar os elementos segundo um padrão fosse feita. Essa tentativa foi feita por Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois (1820 – 1866). Nasceu em Paris e dedicou a maior de sua vida à Geologia, voltando-se para a Química quando já estava com cerca de 40 anos de idade.

Em seu artigo, publicado em 1862, descrevia um “parafuso telúrico”, que demonstrava que parecia realmente existir algum tipo de padrão entre os elementos. Seu parafuso consistia em um cilindro sobre o qual era traçada uma linha espiral descendente. Ao

longo desta linha, em intervalos regulares, colocou cada um dos elementos de acordo com seu peso atômico e percebeu que as propriedades desses elementos

tendiam a se repetir quando eram lidos em *coluna vertical* cilindro abaixo, após dezesseis unidades de peso atômico.

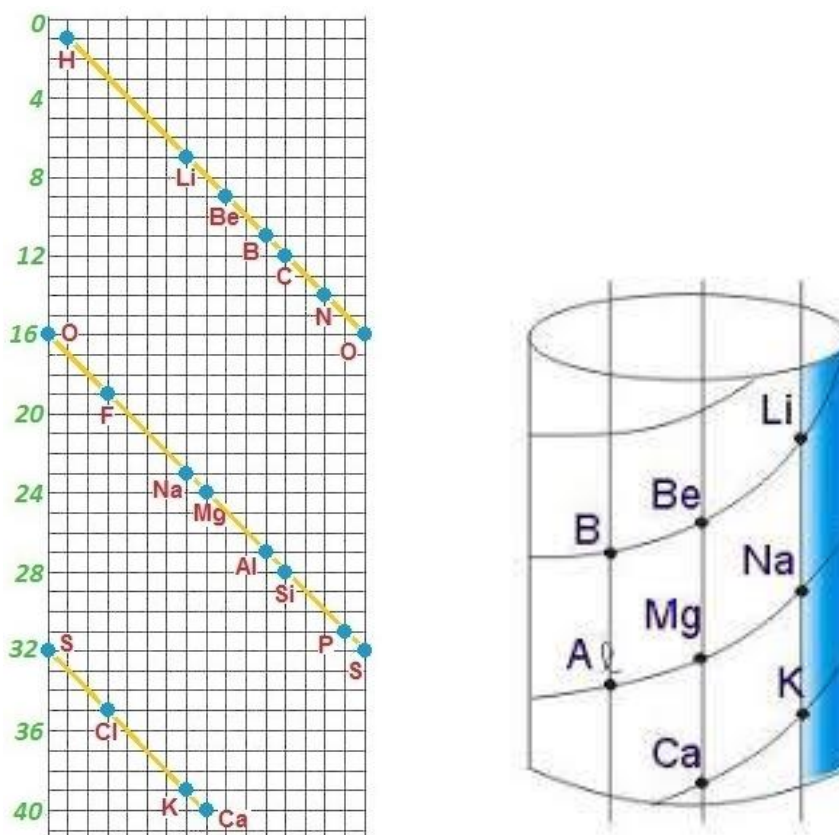


Imagem 48 - O parafuso telúrico de Chancourtois.

Sintetizando

- Chancourtois propôs distribuir os elementos ao longo de uma espiral cilíndrica, a qual chamou de Parafuso Telúrico.
- Nesta espiral, os elementos estavam distribuídos em ordem crescente de peso atômico.
- Notou que os elementos que estavam na mesma linha vertical possuíam propriedades semelhantes.
- Apesar de tudo, não funcionava para todos os elementos conhecidos.

A lei das oitavas de Newlands



Imagem 49 - John Alexander Reina Newlands (1837 - 1898)

John Alexander Reina Newlands (1837 – 1898) nasceu em Londres, na Inglaterra e era filho de um ministro presbiteriano. Aos 23 anos, interrompeu seus estudos científicos e embarcou para Palermo, na Itália, onde ingressou como voluntário do exército de Garibaldi, os *Camisas Vermelhas*.

Ao retornar da Itália, em 1863, Newlands começou a estudar os elementos químicos e chegou a algumas

conclusões semelhantes às de Chancourtois. Descobriu que ao organizar os elementos em *ordem crescente de peso atômico*, em *linhas verticais de sete*, as *propriedades se repetiam* a cada *oito* elementos, da mesma maneira que as *notas em uma escala musical*. Como Newlands também era músico, chamou seu padrão de “*lei das oitavas*”, porém, infelizmente sua lei das oitavas *não se aplicava a todos os elementos*, principalmente àqueles com maior peso atômico, onde suas propriedades simplesmente não se encaixavam.

Sintetizando

- Newlands descobriu que ordenando os elementos em ordem crescente de peso atômico, as propriedades se repetiam a cada oito elementos.
- Não se aplicava a todos os elementos, especialmente aos elementos com maior peso atômico.

H 1	F 8	Cl 15	Co-Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pb-Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 53
Gl 3	Mg 10	Ca 17	Zn 14	Sr 31	Cd 38	Ba-V 45	Pb 54
B 4	Al 11	Cr 18	Y 25	Ce-La 32	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 19	In 26	Zr 33	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di-Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro-Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51

Imagem 50 - A Lei das oitavas de Newlands

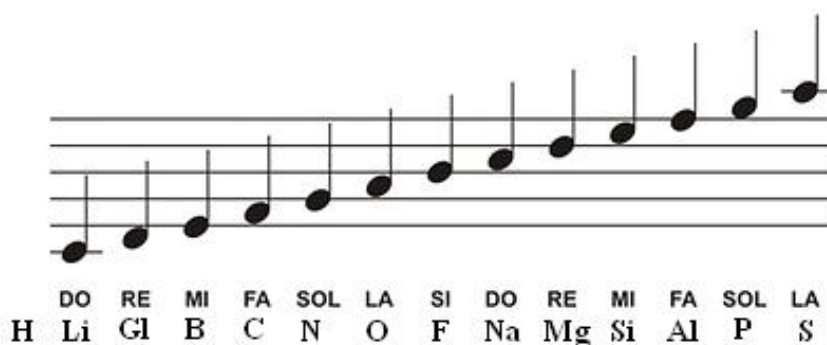
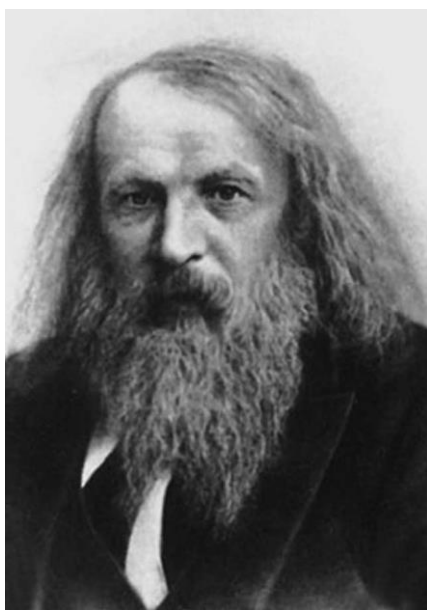


Imagem 51 - Analogia entre a Lei das Oitavas de Newlands e uma escala musical.



A Tabela Periódica de Mendeleiev

Dmitri Ivanovich Mendeleiev (1834 – 1907) nasceu em Tobolsk, no oeste da Sibéria, na Rússia. Seu pai era diretor do colégio local, porém, ficou cego no ano de seu nascimento, deixando para sua mãe a responsabilidade de sustentar a família. Mendeleiev frequentou o colégio em Tobolsk,

porém, todo seu interesse pela Ciência surgiu graças as aulas ministradas por Bessagrin, marido de sua irmã mais velha.

Com o tempo, Mendeleiev tornou-se professor titular do Instituto Técnico de São Petesburgo, onde se deparou com um problema. Suas aulas eram de Química Inorgânica, porém seus alunos tinham dificuldades por não possuírem um manual adequado sobre o assunto disponível em russo. Como já havia escrito o único manual disponível sobre Química Orgânica, Mendeleiev se dispôs a

Imagem 52 - Dimitri Ivanovich Mendeleiev (1834 - 1907)

escrever um livro texto sobre Química Inorgânica. No início de 1869 havia concluído o primeiro volume dos dois planejados para “Os Princípios da Química”. Neste manual, os elementos e seus

compostos estavam organizados em grupos com propriedades similares, um decorrendo do outro. Por exemplo, o final do primeiro volume falava sobre o grupo dos halogênios, composto por flúor, cloro, bromo e iodo. Cada elemento desse grupo se combinava com o sódio para produzir sais que tinham propriedades muito semelhantes. Portanto, nada mais lógico do que iniciar o volume dois pelos metais alcalinos, que incluía o sódio.

Quando os capítulos estavam prontos, Mendeleiev se deparou com outro problema: *qual grupo de elementos químicos abordar em seguida?* Percebeu que seria necessário descobrir algum princípio ou padrão para organizar os elementos, uma vez que toda a estrutura de seu livro dependia disso. Decidiu que resolveria este problema no final de semana. Chegado o dia, sentou-se à sua mesa e começou a examinar seu conhecimento sobre os elementos, em busca de algum padrão de propriedades. Reconhecidamente, os elementos tinham uma *ordem definida pelos pesos atômicos*, mas certamente isso era apenas *uma parte da resposta*, pois explicava apenas as propriedades físicas. Mas, e quanto a uma ordem para as propriedades químicas? Mendeleiev tinha certeza de Chancourtois estava correto.

Em uma segunda-feira, após o café da manhã, Mendeleiev foi para seu gabinete onde começou a rabiscar algumas *anotações no verso de uma carta*. Nessas notas, classificava vários elementos *em ordem crescente de seus pesos atômicos* e tinha certeza de que a chave residia nessa pista óbvia e natural. O problema é que ela apenas parecia demonstrar que um elemento é mais pesado que o outro. *Aonde se encaixavam e o que fazer com os grupos de elementos com propriedades semelhantes, porém com pesos atômicos distintos*, como era o caso dos halogênios (flúor, cloro, bromo e iodo); o grupo do oxigênio (oxigênio, enxofre, selênio e telúrio) e o grupo do nitrogênio (nitrogênio, fósforo, arsênio e antimônio)?

Noutra tentativa para encontrar um padrão, *listou esses três grupos um após o outro no verso da carta e percebeu que um padrão estava surgindo*. Quando se lia a partir do *pé* das *colunas verticais*, os elementos *cresciam em peso atômico*, e apesar de parecer não fazer sentido algum, certamente não podia ser mera coincidência.

F	Cl	Br	I
19	35	80	127
O	S	Se	Te
16	32	79	128
N	P	As	Sb
14	31	75	122

Imagem 53 - Lista com os grupos halogênio, do oxigênio e do nitrogênio. Note que do nitrogênio ao flúor é possível perceber um aumento no peso atômico, característica que permanece nas outras colunas verticais.

De qualquer forma, essa tendência só se aplicava a uma dúzia de elementos e restavam ainda mais de cinquenta. Foi quando fez uma *analogia inspirada* entre seu problema com os elementos químicos e seu jogo favorito de cartas: *a paciência*. Escreveu os nomes dos elementos, seus pesos atômicos e suas propriedades químicas numa série de fichas em branco. Na paciência, as cartas são alinhadas de acordo com seu *naipe* e em *ordem numérica decrescente*. O que ele procurava nos elementos era *algo semelhante*, um padrão que listasse todos de acordo com grupos de propriedades similares e alinhados segundo a sequência de seus pesos atômicos. Graças a essa analogia, tudo parecia se encaixar e Mendeleiev, exausto, debruçou-se, em cima mesa, em meio aos cartões e adormeceu.

Em suas palavras: “*Vi num sonho uma tabela em que todos os elementos se encaixavam como requerido. Ao despertar, escrevi-a imediatamente numa folha de papel*”. Em seu sonho, Mendeleiev percebeu que listando os elementos em *ordem crescente* de seus pesos atômicos, *suas propriedades se repetiam em intervalos periódicos*. Devido a isso, chamou sua descoberta de *Tabela Periódica dos Elementos*. Sua tabela mostrava semelhanças numa rede de relações vertical, horizontal e diagonal. Além disso, possuía *lacunas, as quais destinou para elementos ainda não descobertos*, ou seja, conseguiu prever propriedades de elementos químicos que ainda não haviam sido descobertos em sua época. Porém, possuía algumas falhas, que Mendeleiev atribuiu a erros de cálculo de pesos atômicos.

Um exemplo de um elemento que Mendeleiev previu foi o *gálio*, o qual chamou de *eka-alumínio* por ser o elemento que viria depois do alumínio. **O elemento gálio foi descoberto por Paul Emile Lecoq somente em 1875.** A tabela abaixo faz uma comparação entre as propriedades previstas por Mendeleiev para o eka-alumínio e a propriedades do elemento gálio.

Tabela 6: Comparação entre o elemento previsto por Mendeleiev e o elemento Gálio, descoberto em 1875.

	Eka-alumínio (Ea)	Gálio (Ga)
Peso atômico	Cerca de 68	69,72
Densidade do sólido	6,0 g/cm ³	5,9 g/cm ³
Ponto de fusão	Baixo	29,78°C
Valência	3	3
Método de descoberta	Por espectroscopia	Por espectroscopia

ou seja, alguns elementos pareciam não estar em seus “devidos lugares”. Mendeleiev notou essas falhas, porém, foi Moseley quem de fato as corrigiu.

Enquanto estudava os *raios-X* de alguns elementos, descobriu a *carga nuclear*, ou seja, a quantidade de prótons que esses elementos possuíam, chamada de *número atômico*. Quando *ordenou os elementos pelo número atômico*, conseguiu *corrigir* as falhas do modelo de Mendeleiev e manter a periodicidade das propriedades dos elementos.

Imagem 55 - Henry Gwyn
Jeffreys Moseley Jr. (1887
- 1915)

H 1																	He 2
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	Ac 89	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118

Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103

Imagem 56 - A Tabela Periódica atual, com os elementos organizados em ordem crescente de seus pesos atômicos.

Distribuição eletrônica: como os elétrons estão organizados

Com o desenvolvimento tecnológico, os espectrômetros ficaram mais sensíveis e foi possível notar que as raiais dos espectros de linha eram formadas, frequentemente, por uma ou duas raiais mais finas e muito próximas. A partir disso, concluiu-se que os níveis de energia eram compostos por subníveis de energia (chamados orbitais), que são denominados pelas letras s, p, d e f, e comportam um número determinado de elétrons.

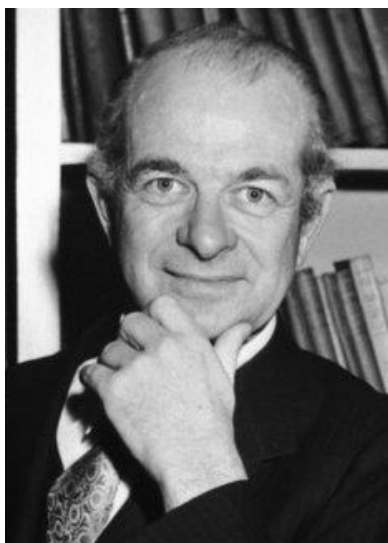


Imagem 57 - Linus Carl
Pauling (1901 - 1994)

- Subnível s: 2 elétrons
- Subnível p: 6 elétrons
- Subnível d: 10 elétrons
- Subnível f: 14 elétrons

Na década de 1930, Linus Carl Pauling desenvolveu um diagrama de níveis de energia, que passou a ser conhecido como Diagrama de Pauling, que organiza os subníveis em ordem crescente de energia. De uma forma geral, um sistema genérico, sempre procura estar em um estado de menor energia, o que proporciona maior estabilidade. Da mesma maneira, a ordem de preenchimento para os elétrons

ocorre a partir dos subníveis de menor energia. Com isso, os elétrons estarão sempre em seu estado fundamental (menor energia).

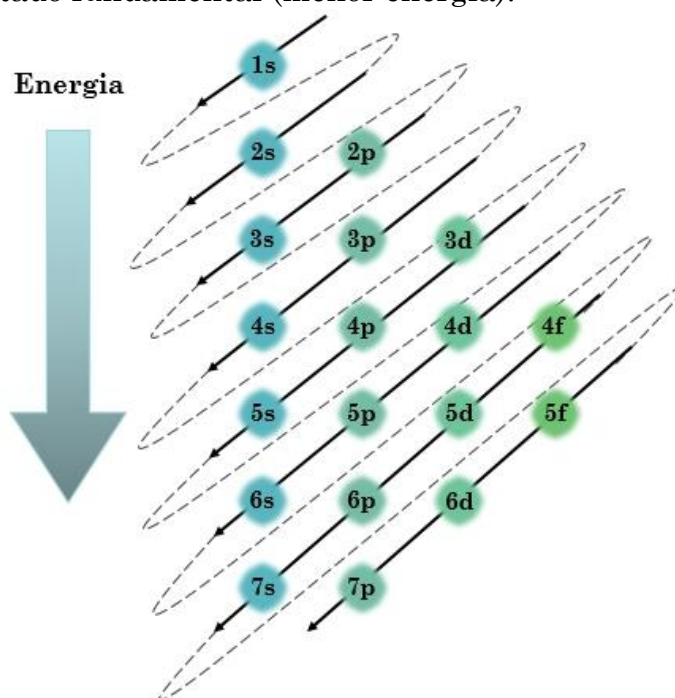
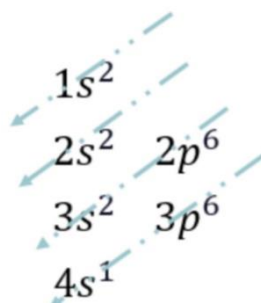


Imagem 58 - Diagrama de energia de Linus Pauling

Exemplificando

Para ilustrar melhor como se faz uma distribuição eletrônica, faremos a distribuição do elemento potássio (K). O potássio possui um número atômico igual a 19 e obedecendo a ordem de preenchimento, do menos energético para o mais energético; e obedecendo também a quantidade máxima de elétrons por subnível (orbital), temos a seguinte distribuição para o elemento potássio.

 ${}^{39}_{19}\text{K}$


Um átomo, em seu estado fundamental, possui a mesma quantidade de prótons e elétrons e é, conseqüentemente, neutro. Porém, ao ganhar ou perder elétrons, ele perde sua neutralidade e passa a ser um íon.

- Quando um átomo ganha elétrons, ele passa a ter um excesso de cargas negativas e, conseqüentemente, passa a ser um íon negativo denominado ânion.
- Quando um átomo perde elétrons, passa a ter um excesso de cargas positivas e, conseqüentemente, passa a ser um íon positivo denominado cátion.

Podemos encontrar íons monovalentes (com apenas uma carga elétrica), divalentes (duas), trivalentes, etc. A forma correta de representa-los é colocando o sinal que representa a carga em excesso, (-) para negativo e (+) para positivo, no canto superior direito do símbolo do elemento.

Íons (cátions e ânions) podem ser simples ou compostos. Íons simples são formados por átomos de um único elemento. Já os íons compostos são formados por átomos de diferentes elementos.

Tabela 7: Principais cátions e ânions

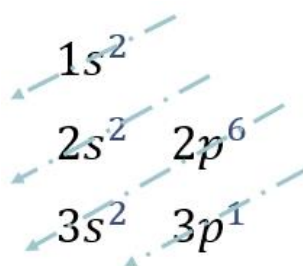
Íons					
Simples			Compostos		
Monovalente	Bivalente	Trivalente	Monovalente	Bivalente	Trivalente
Lítio - Li ⁺	Berílio - Be ²⁺	Alumínio - Al ³⁺	Nitrato - NO ₃ ⁻	Fosfito - HPO ₃ ²⁻	Fosfato - PO ₄ ³⁻
Sódio - Na ⁺	Rádio - Ra ²⁺	Bismuto - Bi ³⁺	Metafosfato - PO ₃ ⁻	Sulfato - SO ₄ ²⁻	Arsenito - AsO ₃ ³⁻
Iodeto - I ⁻	Seleneto - Se ²⁻	Fosfeto - P ³⁻	Hidrônio - H ₃ O ⁺	Manganato - MnO ₄ ²⁻	Borato - BO ₃ ³⁻
Fluoreto - F ⁻	Óxido - O ²⁻	Nitreto - N ³⁻	Amônio - NH ₄ ⁺	Dicromato - Cr ₂ O ₇ ²⁻	Antimoniato - SbO ₄ ³⁻

Como fazemos a distribuição eletrônica de um íon? Começamos fazendo a distribuição eletrônica do átomo no seu estado fundamental e, feito isso, retiramos ou adicionamos elétrons a sua camada de valência.

O que é camada de valência? A camada de valência é o nível mais energético e, conseqüentemente, mais externo ocupado por elétrons.

Exemplificando

Vamos fazer a distribuição para o íon Al^{3+} ? Começamos fazendo a distribuição eletrônica para o alumínio em seu estado fundamental. O alumínio tem um número atômico igual a 13, portanto, sua distribuição ficará:



Feita a distribuição eletrônica para o átomo em seu estado fundamental, agora retiraremos ou adicionaremos elétrons. No caso, o elemento alumínio forma um cátion trivalente. Portanto, são retirados três elétrons de sua camada de valência, restando um excesso de cargas positivas (prótons no núcleo).

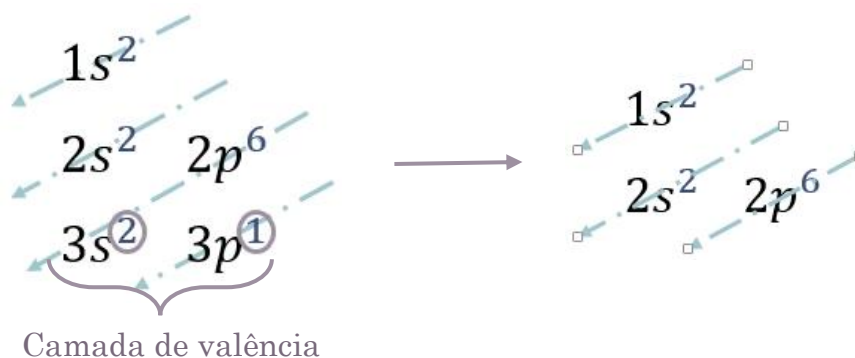


Tabela Periódica atual: organização e estrutura

Períodos

Os períodos são as *linhas horizontais*, num total de *sete* e estão dispostas em *ordem crescente de cima para baixo*.

(a)
(b)

Imagem 60 - Representação dos grupos/família da tabela periódica. Na figura (a) temos a representação recomendada atualmente pela IUPAC e na figura (b) temos a representação antiga com números e letras.

É importante ressaltar que *alguns grupos/famílias possuem nomes especiais*, descritos abaixo:

Tabela 9: Nomes especiais de determinados grupos/famílias.

Representação		Elementos	Nome
Antiga	Atual		
1A	1	Li, Na, K, Rb, Cs, Fr	Metais Alcalinos
2A	2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra	Metais Alcalinos-terrosos
6A	16	O, S, Se, Te, Po, Lv	Calcogênios
7A	17	F, Cl, Br, I, At, Ts	Halogênios
8A	18	He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Og	Gases Nobres

É *importante* considerar que, o hidrogênio é o primeiro elemento da Tabela Periódica e, por conta de sua *estrutura eletrônica simples*, possui *propriedades únicas* que não podem ser relacionadas com *nenhum* dos grupos representativos. Portanto, embora o hidrogênio apareça na coluna 1A/1, ele *não* é um metal alcalino.

No caso de uma família *não possuir um nome especial*, por exemplo o caso das famílias 13, 14 ou 15, elas são chamadas pelo nome do *primeiro elemento que a constitui*. A família 13 é chamada de grupo ou família do boro.

Uma *informação* que pode ser obtida de uma família/grupo é *quantos elétrons* os elementos constituintes possuem em sua *camada de valência*.

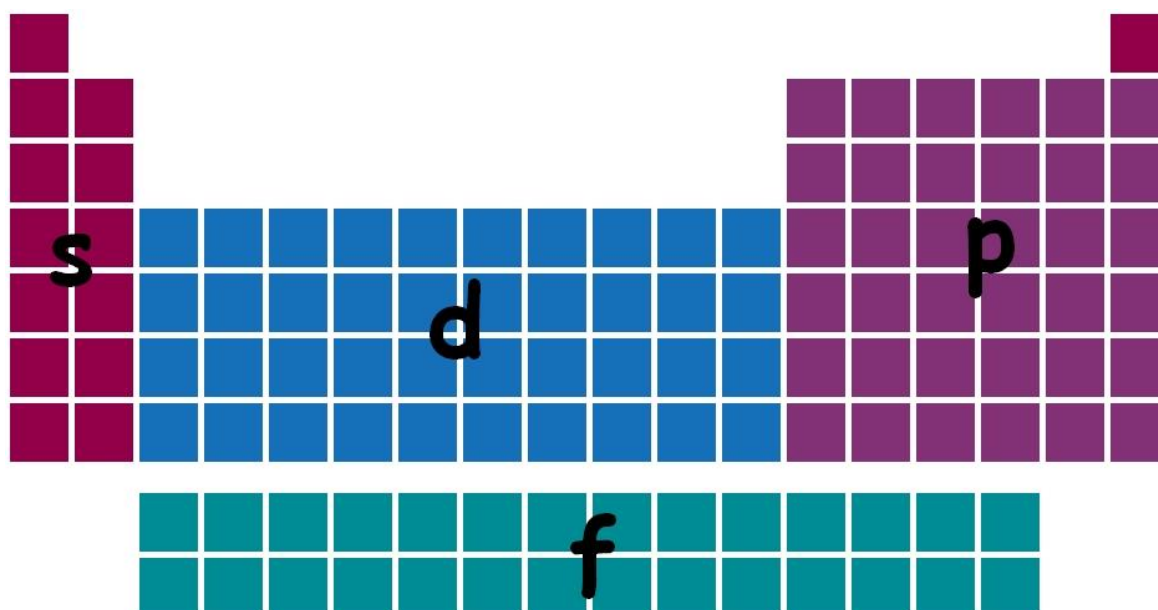


Imagem 61 - Divisão da tabela no subníveis eletrônicos s, p, d e f.

Elementos Representativos

Os elementos representativos são aqueles que apresentam o *elétron mais energético* em um *subnível s* ou *p* e pertencem as famílias 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18.

H 1																	He 2
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	Ac 89	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118
		Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71		
		Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103		

Imagem 62 - Blocos s e p – Elementos Representativos

Com n sendo o nível *mais externo* do átomo em seu estado fundamental, temos a seguinte classificação para os elementos representativos:

Tabela 10: Distribuição eletrônica para os elementos dos blocos s e p.

Numeração	Grupo / Família	Nome	Distribuição Eletrônica terminando
-----------	-----------------	------	------------------------------------

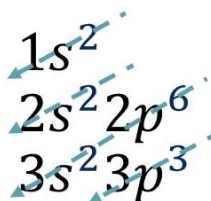
1	Metais Alcalinos	em ns^{1*}
2	Metais Alcalinos Terrosos	ns^{2*}
13	Grupo do Boro	$ns^2 np^1$
14	Grupo do Carbono	$ns^2 np^2$
15	Grupo do Nitrogênio	$ns^2 np^3$
16	Calcogênios	$ns^2 np^4$
17	Halogênios	$ns^2 np^5$
18	Gases Nobres	$1s^2$ ou $ns^2 np^{6**}$

*com $n \neq 1$ / ** se $n > 1$

O fósforo (P) é um elemento representativo pertencente ao grupo do nitrogênio, com um número atômico igual a 15.

1																		18
H																		He
1	2																	2
Li	Be																	10
3	4																	18
Na	Mg																	36
11	12																	54
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	86
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	86
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	86
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	118
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	118
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	118
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71					
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103					

Portanto, sua configuração eletrônica deve terminar em $ns^2 np^3$, vamos confirmar?



Como é possível observar, sua configuração eletrônica termina em $3s^2 3p^3$. Mas, e se não tivéssemos o número atômico do fósforo? Como saber sua configuração eletrônica de valência?

Simples! O fósforo pertence ao grupo do nitrogênio, grupo 15 ou antigo 5A. O grupo/família ao qual um determinado elemento pertence nos indica quantos elétrons ele possui em sua camada de valência, portanto, para o fósforo, cinco elétrons.

Esse elemento está localizado no terceiro período da tabela, e isso nos indica qual a camada de valência desse elemento e, portanto, terceira camada (camada M). Já sabemos que sua configuração final deveria ser $ns^2 np^3$ e, juntando todas as informações que temos, chegamos na distribuição eletrônica de valência do elemento fósforo: $3s^2 3p^3$.

Elementos de transição ou transição externa

Os elementos de transição são aqueles que apresentam o *elétron mais energético* em um *subnível d* e pertencem as famílias 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12. Sua configuração eletrônica termina, portanto, em $ns^2 (n-1)d^1 a 10$.

Classificação dos Elementos

Semimetais

Os semimetais são *quebradiços* como os ametais, possuem um *brilho metálico* como os metais, são *sólidos* e *levemente condutores*.

Esse grupo de classificação *não é reconhecido pela IUPAC* e, por consequência, atualmente os elementos são *divididos apenas em metais e ametais*. Portanto, germânio, antimônio e polônio são considerados *metais* e boro, arsênio e telúrio são considerados *ametais*.

Metais

A *maior parte* dos elementos são metais. Dos *118 elementos* que constam na Tabela Periódica atualmente, *94 são metais*, sendo 26 representativos, 40 de transição externa e 28 de transição interna.

Os metais são *sólidos e maleáveis à temperatura ambiente*, exceto pelo *mercúrio* que é líquido, são *bons condutores de calor e eletricidade*, são *dúcteis*, ou seja, podem ser transformados em fios possuem um *brilho metálico* característicos.

Ametais

Na tabela periódica temos *quinze elementos* considerados ametais e possuem características contrárias as dos metais. Não são bons condutores de calor, ou seja, são *isolantes térmicos*; não são bons condutores de eletricidade, ou seja, a *maioria* atua como *isolante elétrico*; e *não possuem brilho metálico* característico.

As *exceções* são o *iodo*, I_2 , um *sólido cinza-escuro com brilho metálico* e a *grafita*, uma forma alotrópica do carbono, que também possui um *brilho metálico* e é um *bom condutor de calor e eletricidade*.

Gases Nobres

São um conjunto de *sete elementos* e recebem essa denominação por serem *quimicamente inertes*, ou seja, não precisam se ligar a outro elemento para serem estáveis. São gases *inodoros e incolores* e, apesar de serem obtidos em laboratório vários compostos de gases nobres (como os óxidos de xenônio, XeO_3), eles *não formam compostos espontaneamente* por não possuírem tendência de doar ou receber elétrons.

Hidrogênio

O hidrogênio é o *mais simples dos elementos* e possui, no estado fundamental, apenas *um nível de energia com um único elétron*. É encontrado na forma de um *gás diatômico*, H_2 , pode formar ligações com *metais e ametais* e seu comportamento químico varia sensivelmente em cada caso.

Elementos naturais e artificiais

Atualmente na tabela periódica temos *elementos naturais*, ou seja, que são *encontrados na natureza*; e *elementos artificiais*, que são *produzidos em laboratórios especializados*. Os elementos artificiais podem ser divididos em *cisurânicos*, que estão situados antes do elemento *urânio (U)*; e *transurânicos*, que estão situados depois do elemento urânio, ou seja, que possuem número atômico maior que o mesmo. Os elementos cisurânicos são: *tecnécio (Tc)*, *promécio (Pm)* e *astato (At)*, os demais elementos artificiais encontram-se todos localizados após o urânio.

Propriedades Periódicas

Raio atômico

Cada elemento em uma família se encontra em um *período distinto*. Este período, como já dito, indica o *número de níveis de energia* que o átomo possui em seu *estado fundamental*.

Portanto, um elemento que ocupa o *primeiro período* possui apenas *um nível de energia* e, todavia, possui um *raio atômico menor* que um elemento que ocupa o *terceiro período*. Consequentemente, esse elemento, do primeiro período, é *menor* que o referido do terceiro período. Dessa forma:

Em um grupo/família o raio atômico aumenta de cima para baixo devido ao aumento dos níveis de energia (camadas preenchidas por elétrons).

Para elementos em um *mesmo período*, o número de níveis de energia *permanece o mesmo* e o que se observa é a *diminuição, da esquerda para a direita*, do raio atômico.

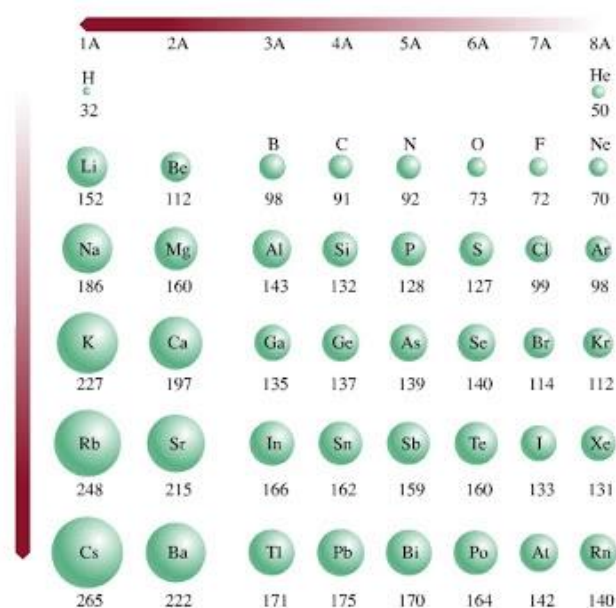


Imagem 65 - Comparação dos raios atômicos dos elementos representativos (blocos s e p).



Imagem 66 - Ordem crescente do raio atômico.

Para compreender como varia o raio atômico dos elementos que pertencem ao mesmo período, precisa-se calcular a *carga nuclear efetiva* (Z_{eff}). Para isso, é preciso considerar o átomo como o *sistema elétrico* que é, constituído por *cargas positivas* encontradas no *núcleo*, chamadas prótons, e *cargas negativas* distribuídas *ao redor* (eletrosfera/nuvem eletrônica), chamados elétrons.

A *atração próton/elétron* tende a *diminuir* o raio atômico, bem como a *repulsão elétron/elétron* tende a *aumentá-lo*. Desse modo, para o cálculo da carga nuclear efetiva:

$$Z_{eff} = (Z) - (S)$$

Número atômico

Número de elétrons de níveis internos

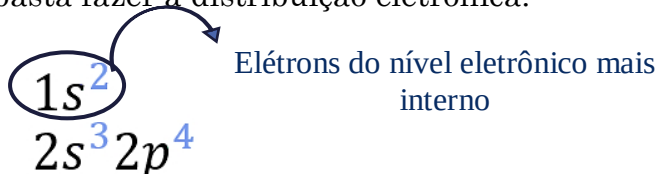
A carga nuclear efetiva conceitua a *atração do núcleo pelos elétrons do último nível de energia*, sem deixar de considerar que elétrons de níveis *mais internos blindam* a atração que o núcleo sobre esses elétrons mais externos. Dessa forma:

Em um mesmo período o raio atômico diminui da esquerda para a direita, conforme se aumenta o número atômico, ou seja, conforme aumenta a atração do núcleo pelos elétrons do último nível de energia, resultando em uma carga nuclear efetiva maior.

Exemplificando

Para tornar claro o cálculo da carga nuclear efetiva, calculemos para o elemento oxigênio (O) e para seu ânion, o O^{2-} .

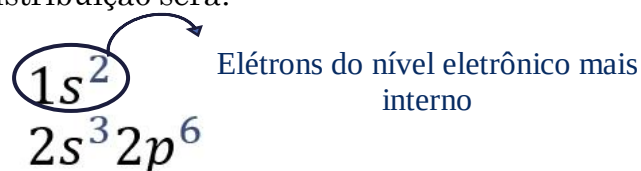
Segundo a fórmula para a carga nuclear efetiva precisamos do número atômico e do número de elétrons localizados em níveis mais internos. Já sabemos que o número atômico do oxigênio é oito ($Z = 8$). Para descobrirmos quantos elétrons temos em níveis mais internos, basta fazer a distribuição eletrônica.



Como visto na distribuição, o oxigênio possui dois elétrons internos, ou seja, há dois elétrons blindando a atração do núcleo pelos elétrons mais externos. Portanto, a carga nuclear efetiva será:

$$Z_{eff} = Z - S \rightarrow Z_{eff} = 8 - 2 \rightarrow \boxed{Z_{eff} = 6}$$

Para o ânion do oxigênio, O^{2-} , a distribuição será:



O elemento, como pode ser visto, ainda permanece com dois elétrons internos, a entrada de dois elétrons em um subnível mais externo não provoca efeito algum na carga nuclear efetiva, justamente por não terem papel na blindagem contra as forças de atração. Portanto, o valor da carga nuclear não mudará, porém, por sofrerem uma blindagem parcial e a repulsão entre os elétrons aumentar, seu raio aumenta.

Raio Iônico

Quando um átomo se torna um *íon*, *ganhando* ou *perdendo* elétrons, seu *raio* sofre uma *variação*.

Para os *cátions*, ou seja, para átomos de elementos que *perdem elétrons*, a carga nuclear efetiva *aumenta* e, como resultado, apresentam um *raio atômico menor* que o seu no estado fundamental.

Para os *ânions*, ou seja, para átomos de elementos que *ganham elétrons*, a carga nuclear efetiva *diminui* e, como resultado, apresentam um *raio atômico maior* que no seu estado fundamental.

Portanto:

O raio atômico é sempre maior para o átomo no seu estado fundamental, quando comparado com seu cátion; e menor quando comparado com seu ânion.

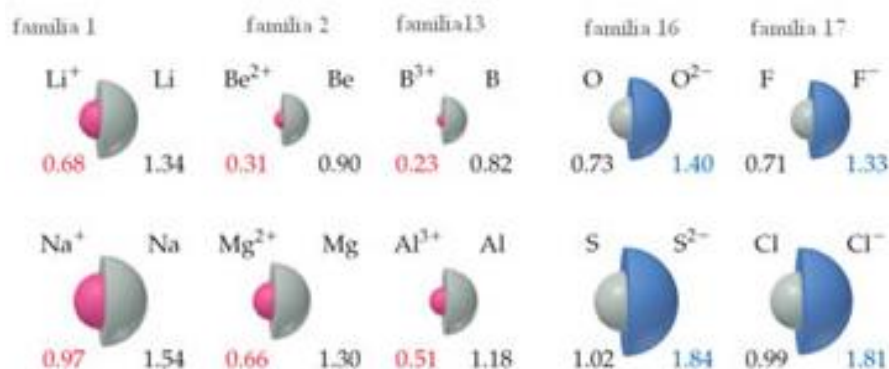


Imagem 67 - Comparação entre o raio atômico e o raio iônico.

Energia de ionização

O que é energia de ionização?

Energia de ionização é a energia mínima necessária para se arrancar um elétron de um átomo isolado, gasoso e em seu estado fundamental.

Quando um átomo gasoso, isolado e em seu estado fundamental *absorve energia*, seus elétrons são *promovidos para níveis mais energéticos*. Se esta energia for *suficientemente alta*, esse elétron poderá ser *arrancado* do átomo em questão, o tornando um *íon positivo*.

A energia mínima necessária para arrancar um elétron de um átomo gasoso isolado é chamada de *primeira energia de ionização*. Deve ser expressa em $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ e, no caso de um *íon*, pode-se ter uma *segunda* ou *terceira* energia de ionização.

É possível “prever” como a energia de ionização *varia em um grupo/família* e em um *período* com base na *variação do raio atômico*. Quanto *maior o raio atômico, mais distante* do núcleo estão os elétrons mais externos e, portanto, *menor a atração* exercida pelo núcleo sobre os mesmos, resultando em uma *menor energia de ionização*. Quanto *menor o raio atômico, maior a atração* exercida pelo núcleo sobre os elétrons mais externos e, portanto, *maior energia de ionização* é necessária.

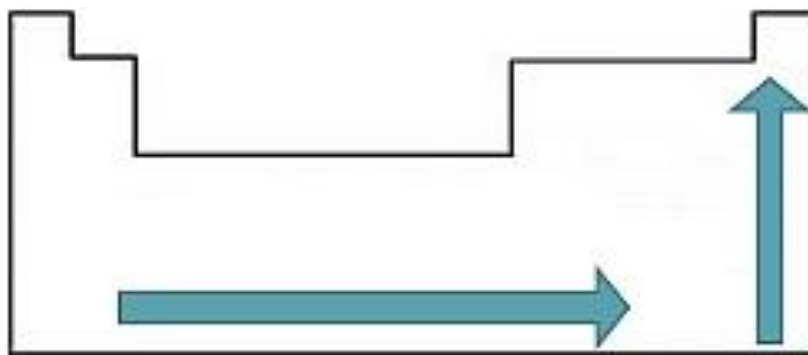


Imagem 68 - Ordem crescente da Energia de Ionização.

Afinidade Eletrônica

O que é afinidade eletrônica?

A afinidade eletrônica é a quantidade de energia liberada quando um átomo gasoso, isolado e no seu estado fundamental recebe um elétron.

Portanto, quanto *mais estabilidade* esse elétron proporciona ao átomo, *maior a quantidade de energia liberada*.

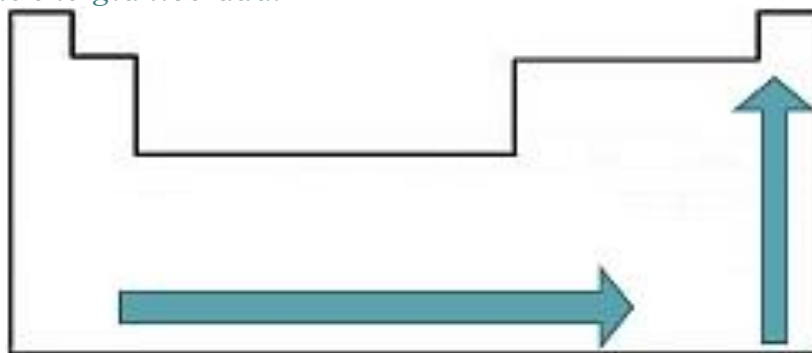


Imagem 69 - Ordem crescente da Afinidade Eletrônica

Eletronegatividade e Eletropositividade

Eletronegatividade é a tendência que um átomo de um determinado elemento possui de atrair elétrons quando se encontra ligado a outro átomo de um elemento químico diferente.

Com base na *variação do raio atômico* dos elementos, temos que, quanto *menor* o raio atômico, *maior a atração* do núcleo pelos elétrons e, portanto, *maior a eletronegatividade*.

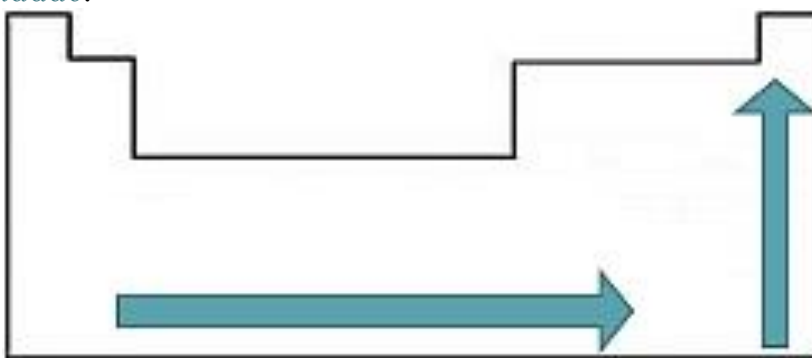


Imagem 70 - Ordem crescente de Eletronegatividade

Eletropositividade é a tendência que um átomo possui de se afastar de seus elétrons, quando se encontra ligado a outro átomo de um elemento químico diferente.

Pode ser chamada também de *caráter metálico*, pois os *metais* apresentam essa tendência quando *ligados a elementos altamente eletronegativos*.

De acordo com a *variação do raio atômico*, quanto *menor* o raio, *maior a atração* do núcleo pelos elétrons e, portanto, *menor a eletropositividade*, ou seja, mais

difícil o átomo “doar” seus elétrons. O oposto também é verdadeiro, quanto *maior* o raio, *menor a atração* do núcleo e, portanto, *maior a eletropositividade*.

Densidade

A densidade (d) de um corpo é expressa pela relação entre sua massa (m) e o volume (V) ocupado por ele.

$$d = \frac{m}{V}$$

A tendência observada é o *aumento da densidade das extremidades para o centro* e, para as *famílias*, de *cima para baixo*, pois, quanto *menor o volume* (em relação a massa do elemento) *maior sua densidade*.

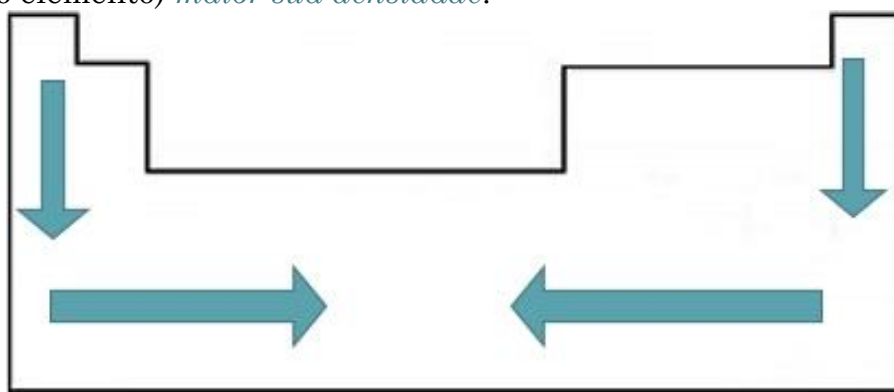


Imagem 71 - Ordem crescente da Densidade

Ponto de Fusão e Ponto de Ebulição

Ponto de fusão (P.F.) é a temperatura na qual o sólido se torna líquido, a uma determinada pressão.

Ponto de ebulição (P.E.) é a temperatura na qual o líquido se torna vapor, a uma determinada pressão.

O que determina essas temperaturas são as *forças intermoleculares*, que quanto *maior*, *maior serão as temperaturas*, pois mais *difícil será romper a interação entre os átomos*. Portanto, a tendência observada é: *aumento dos pontos de baixo para cima, para os metais alcalinos e alcalinos terrosos; aumento de cima para baixo para as demais famílias; e aumento das extremidades para o centro*.

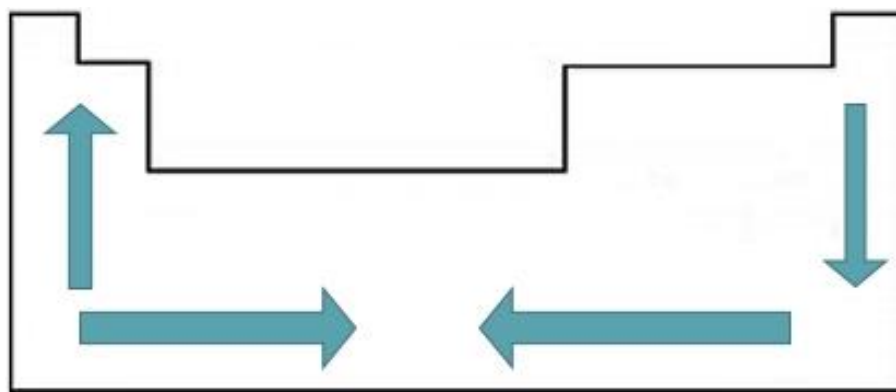


Imagem 72 - Ordem crescente dos pontos de fusão e ebulição

Referências Bibliográficas

Teoria

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química: questionando a vida moderna**. 5. ed. - São Paulo: Bookman, 2012.

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. **Química: a ciência central**. 9. ed. Prentice-Hall, 2005.

FELTRE, Ricardo. **Química**. Vol. 1. - 7. ed. – São Paulo: Moderna, 2008.

FONSECA, Martha Reis da. **Química**. Vol. 1. - 1. ed. – São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, volume 3: eletromagnetismo**. 10. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Vol. Único - 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

LEE, John David. **Química Inorgânica não tão concisa**. 1. ed. – São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

MAAR, J. H. **História da Química parte I: dos primórdios a Lavoisier**. Vol. 1 - 2. ed. – Santa Catarina: Papa Livros, 2008.

MAAR, J. H. **História da Química parte II: de Lavoisier ao Sistema Periódico**. Vol. 2 – 2. ed. – Santa Catarina: Papa Livros, 2011.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Química: ensino médio**. Vol. Único. - 2. ed. – São Paulo: Scipione, 2013.

PERUZZO, Francisco M.; CANTO, Eduardo L. do. **Química na abordagem do cotidiano**. vol. 1. - 4. ed. – São Paulo: Moderna, 2006.

STRATHERN, Paul. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química**. 1. ed. – Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

Imagens

Modelos atômicos

Imagem 01 – Tales de Mileto. Fonte <https://www.estudopratico.com.br/biografia-do-filosofo-tales-de-mileto/>

Imagem 02(a) – Mapa da Grécia séc. VIII a VI. Fonte <https://geografalando.blogspot.com/2014/09/estudos-dirigido-antiguidade-classica.html>

Imagem 02(b) – Mapa da Grécia atual. Fonte: Google Maps. Link

<https://www.google.com/maps/place/Gr%C3%A9cia/@38.0602976,19.99062,6z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x135b4ac711716c63:0x363a1775dc9a2d1d!8m2!3d39.074208!4d21.824312>

Imagem 03 – Demócrito de Abdera. Fonte

http://conoscendo.altervista.org/democrito/?doing_wp_cron=1578341972.9699850082397460937500

Imagem 04 – Aristóteles. Fonte

<https://edukavita.blogspot.com/2015/06/biografia-de-aristoteles-quem-e.html>

Imagem 05 – Otto von Guericke. Fonte

<https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/vintage-illustration-featuring-otto-von-guericke-the-german-news-photo/491434064#/vintage-illustration-featuring-otto-von-guericke-the-german-scientist-picture-id491434064>

Imagem 06 – John Dalton. Fonte <https://www.thoughtco.com/john-dalton-biography-4042882>

Imagem 07 – Representação do modelo atômico de Dalton. Fonte

<https://www.caracteristicass.de/br/modelo-atomico-de-dalton/>

Imagem 08 – Símbolos de Dalton. Fonte

<https://www.flickr.com/photos/alanmol/6232979624/in/photostream/>

Imagem 09 - Esquema do bastão de vidro. Fonte: PERUZZO, Francisco M.; CANTO, Eduardo L. do. **Química na abordagem do cotidiano**. vol. 1. - 4. ed. – São Paulo: Moderna, 2006

Imagem 10 – Ampola de Crookes. Fonte

<http://thesaurusonline.museus.ul.pt/ficha.aspx?frm=tg&value=Tubo%20de%20Crookes&t=o&id=599>

Imagens 11 e 12 – Representação da ampola de Crookes (desenho). Fonte

<https://www.algosobre.com.br/quimica/descoberta-das-particulas-subatomicas.html>

Imagem 13 – Joseph John Thomson. Fonte

<https://www.tes.com/lessons/OzIrwRaXYv9ruA/j-j-thomson>

Imagem 14 – Representação do modelo de Thomson. Fonte

<https://www.grupoescolar.com/pesquisa/modelo-atomico-de-thomson.html>

Imagem 15 – Wilhelm Conrad Röntgen. Fonte

https://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_R%C3%B6ntgen

Imagem 16 – Representação do experimento de Röntgen. Fontes <https://16657167.weebly.com/the-experiment.html> e <http://museovirtual.csic.es/csic75/laboratorios/lab3/lab3.html>

Imagem 17 – Antoine Henri Becquerel. Fonte https://pt.wikipedia.org/wiki/Antoine_Henri_Becquerel

Imagem 18 – Marie e Pierre Curie. Fonte <https://www.alamy.com/stock-photo-pierre-and-marie-curie-pierre-curie-french-physicist-and-his-wife-171103568.html>

Imagem 19 – Representação do experimento de Rutherford com radiação. Fonte <http://radioatividade3e.blogspot.com/2013/04/emissoes-radioativas-tempo-de-meia-vida.html>

Imagem 20 – Ernest Rutherford. Fonte https://pt.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford

Imagem 21 – Representação do experimento de Rutherford com partículas alfa. Fonte <https://alunosonline.uol.com.br/quimica/experimento-rutherford.html>

Imagem 22 – Representação da conclusão de Rutherford. Fonte <https://alunosonline.uol.com.br/quimica/experimento-rutherford.html>

Imagem 23 – Representação do modelo atômico de Rutherford. Fonte <http://modeloatomico3.blogspot.com/2011/04/modelo-de-rutherford.html>

Imagem 24 – Eugen Goldstein. Fonte <https://www.infoescola.com/fisica-nuclear/proton/>

Imagem 25 – Representação do experimento de Goldstein. Fonte <http://www.quimicafisica.com/descubrimiento-proton-rayos-canales.html>

Imagem 26 – Sir Isaac Newton. Fonte <https://super.abril.com.br/blog/superblog/adolescente-indiano-resolve-enigma-deixado-por-isaac-newton-ha-300-anos/>

Imagem 27 – James Clerk Maxwell. Fonte <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/maxwell-integracao-luz-com-magnetismo.htm>

Imagem 28 - Onda eletromagnética. Fonte <http://ondassonorasfaviotorrealba.blogspot.com/2015/11/segun-el-medio-en-que-se-propagan.html>

Imagem 29 - Características fundamentais das ondas eletromagnéticas. Fonte <http://clawcuevas3.blogspot.com/2014/06/las-ondas.html>

Imagem 30 – Relação entre comprimento de onda e frequência. Fonte
http://www.fonologia.org/acustica_osom_2.php

Imagem 31 – Espectro eletromagnético. Fonte
<http://caminhosinteriores.com.br/cromoterapia-entrando-no-universo-das-cores/>

Imagem 32 – Mas Karl Ernest Ludwig Planck. Fonte
<https://www.britannica.com/biography/Max-Planck>

Imagem 33 – Albert Einstein. Fonte
https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Albert_Einstein_Head.jpg

Imagem 34 – Representação do efeito fotoelétrico. Fonte
<https://naturezadafisica.com/2015/01/31/o-efeito-fotoeletrico-pode-ocorrer-em-nossa-pele/>

Imagem 35 – Espectro contínuo (adaptado). Fontes
<https://www.iluminet.com/arcoiris-codigo-universo/> e
<http://aulasdefisicafelipe.blogspot.com/2008/08/3-modelo-atmico-de-bohr-parte-i-1913.html>

Imagem 36 – Espectro de linhas do hidrogênio (adaptado). Fontes
<https://www.iluminet.com/arcoiris-codigo-universo/> e
<http://aulasdefisicafelipe.blogspot.com/2008/08/3-modelo-atmico-de-bohr-parte-i-1913.html>

Imagem 37 – Niels Henrick David Bohr. Fonte
https://en.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr

Imagem 38 – Modelo atômico de Rutherford-Bohr. Fonte
<https://descomplica.com.br/blog/quimica/resumo-evolucao-dos-modelos-atomicos/>

Imagem 39 – James Chadwick. Fonte
<https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal%C3%ADstica/james-chadwick-english-physicist-discoverer-of-the-foto-jornal%C3%ADstica/517388946>

Imagem 40 – Representação do experimento de Chadwick. Fonte
<https://sites.google.com/site/annemaryknowles/my-history>

Imagem 41 – Louis De Broglie. Fonte
<https://www.thefamouspeople.com/profiles/louis-de-broglie-4949.php>

Imagem 42 – Werner Heisenberg. Fonte
https://pt.wikipedia.org/wiki/Werner_Heisenberg

Imagem 43 – Erwin Schrödinger. Fonte
<https://www.pinterest.pt/pin/440156563579597315/>

Imagem 44 – Representação do orbital s. Fonte
https://pt.wikipedia.org/wiki/Orbital_at%C3%B4mico

Imagem 45 – Henry Gwyn Jeffreys Moseley Jr. Fonte
<http://www.explicatorium.com/biografias/henry-moseley.html>

Tabela Periódica

Imagem 46 – Johann Wolfgang Döbereiner. Fonte
<http://ritaconstantino.blogspot.com/2014/12/historia-da-tabela-periodica-hening.html>

Imagem 47 – Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois. Fonte
https://pt.wikipedia.org/wiki/Alexandre-Emile_B%C3%A9guyer_de_Chancourtois

Imagem 48 – Parafuso telúrico de Chancourtois (adaptado). Fontes
<http://dererummundi.blogspot.com/2012/05/um-parafuso-quimico-muito-geologico.html> e <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/tabela-periodica-as-propriedades-periodicas-dos-elementos.htm>

Imagem 49 – John Alexander Newlands. Fonte
[https://en.wikipedia.org/wiki/John_Newlands_\(chemist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Newlands_(chemist))

Imagem 50 – Lei das oitavas de Newlands. Fonte
<http://seguindopassoshistoria.blogspot.com/2014/12/alguns-aspectos-historicos-da.html>

Imagem 51 – Analogia entre a lei das oitavas e uma escala musical (adaptado). Fonte <https://www.descomplicandoamusica.com/como-ler-partitura/>

Imagem 52 – Dimitri Ivanovich Mendeleiev. Fonte
<https://citacoes.in/autores/dmitri-mendeleiev/>

Imagem 53 – Lista de grupos de elementos feita por Mendeleiev (adaptado). Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 54 – Tabela Periódica de Mendeleiev. Fontes
https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_tabela_peri%C3%B3dica e http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421997000100014

Imagem 55 – Henry Gwyn Jeffreys Moseley Jr. Fonte
<http://www.explicatorium.com/biografias/henry-moseley.html>

Imagem 56 – Tabela Periódica atual. Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 57 – Linus Carl Pauling. Fonte
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1954/pauling/biographical/>

Imagem 58 – Diagrama de energia. Fonte: elaborado pela autora.

Imagem 59 – Representação dos períodos da tabela periódica (adaptado). Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 60 – Representação dos grupos/famílias da tabela periódica (adaptado). Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 61 – Divisão da tabela em subníveis eletrônicos (adaptado). Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 62 – Blocos s e p (adaptado). Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 63 – Bloco d (adaptado). Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 64 – Bloco f (adaptado). Fonte <https://www.rsc.org/periodic-table>

Imagem 65 – Comparação dos raios atômicos. Fonte <http://www.noas.com.br/ensino-superior/quimica/quimica-geral/propriedades-periodicas/raio-atomico/>

Imagem 66 – Ordem crescente do raio atômico (adaptado). Fonte <https://mundoquimico.com.br/variacao-do-raio-atomico-devido-a-blindagem-e-a-repulsao-eletronica/>

Imagem 67 – Comparação entre o raio atômico e iônico (adaptado). Fonte <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/raio-atomico-tamanho-atomo.htm>

Imagem 68 – Ordem crescente da Energia de Ionização (adaptado). Fonte <https://mundoquimico.com.br/variacao-do-raio-atomico-devido-a-blindagem-e-a-repulsao-eletronica/>

Imagem 69 – Ordem crescente da Afinidade Eletrônica (adaptado). Fonte <https://mundoquimico.com.br/variacao-do-raio-atomico-devido-a-blindagem-e-a-repulsao-eletronica/>

Imagem 70 – Ordem crescente da Eletronegatividade (adaptado). Fonte <https://mundoquimico.com.br/variacao-do-raio-atomico-devido-a-blindagem-e-a-repulsao-eletronica/>

Imagem 71 – Ordem crescente da Densidade (adaptado). Fonte <https://mundoquimico.com.br/variacao-do-raio-atomico-devido-a-blindagem-e-a-repulsao-eletronica/>

Imagem 72 – Ordem crescente dos pontos de fusão e ebulição (adaptado). Fonte <https://mundoquimico.com.br/variacao-do-raio-atomico-devido-a-blindagem-e-a-repulsao-eletronica/>

APÊNDICE E – Mapas Conceituais feitos pelos alunos

MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR JÚLIA

Figura 22 - Primeiro mapa.

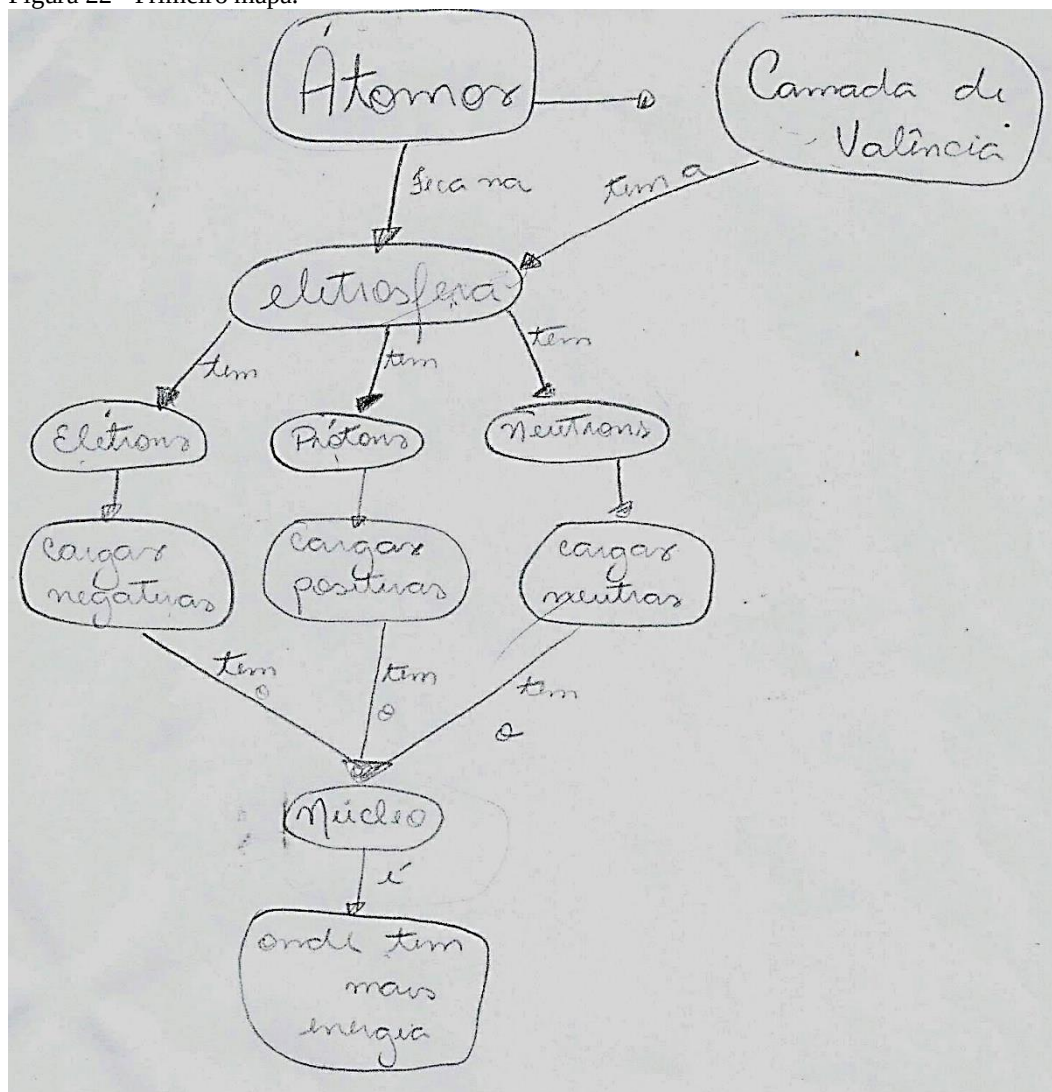


Figura 23 - Segundo mapa.

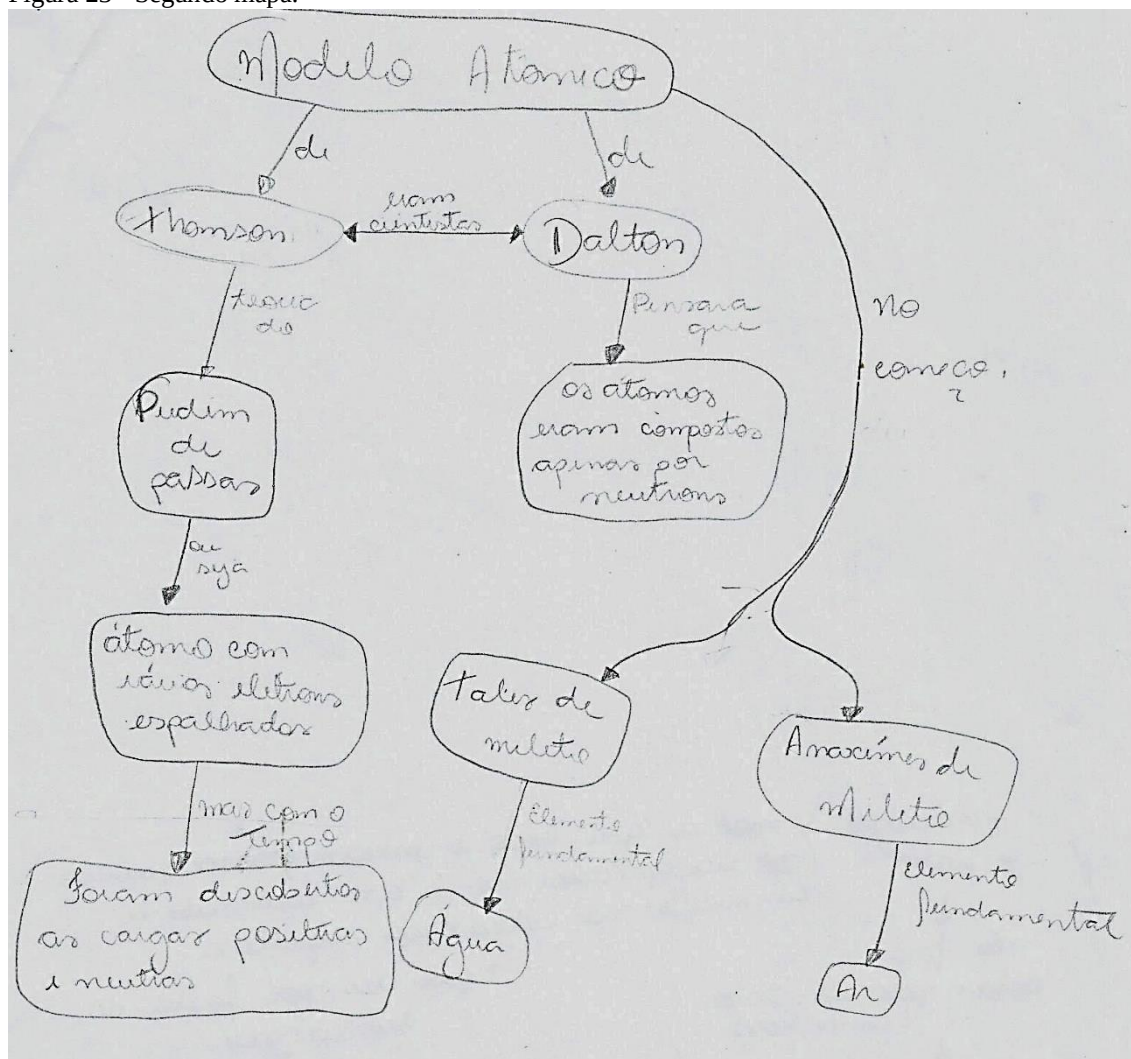


Figura 24 - Terceiro mapa.

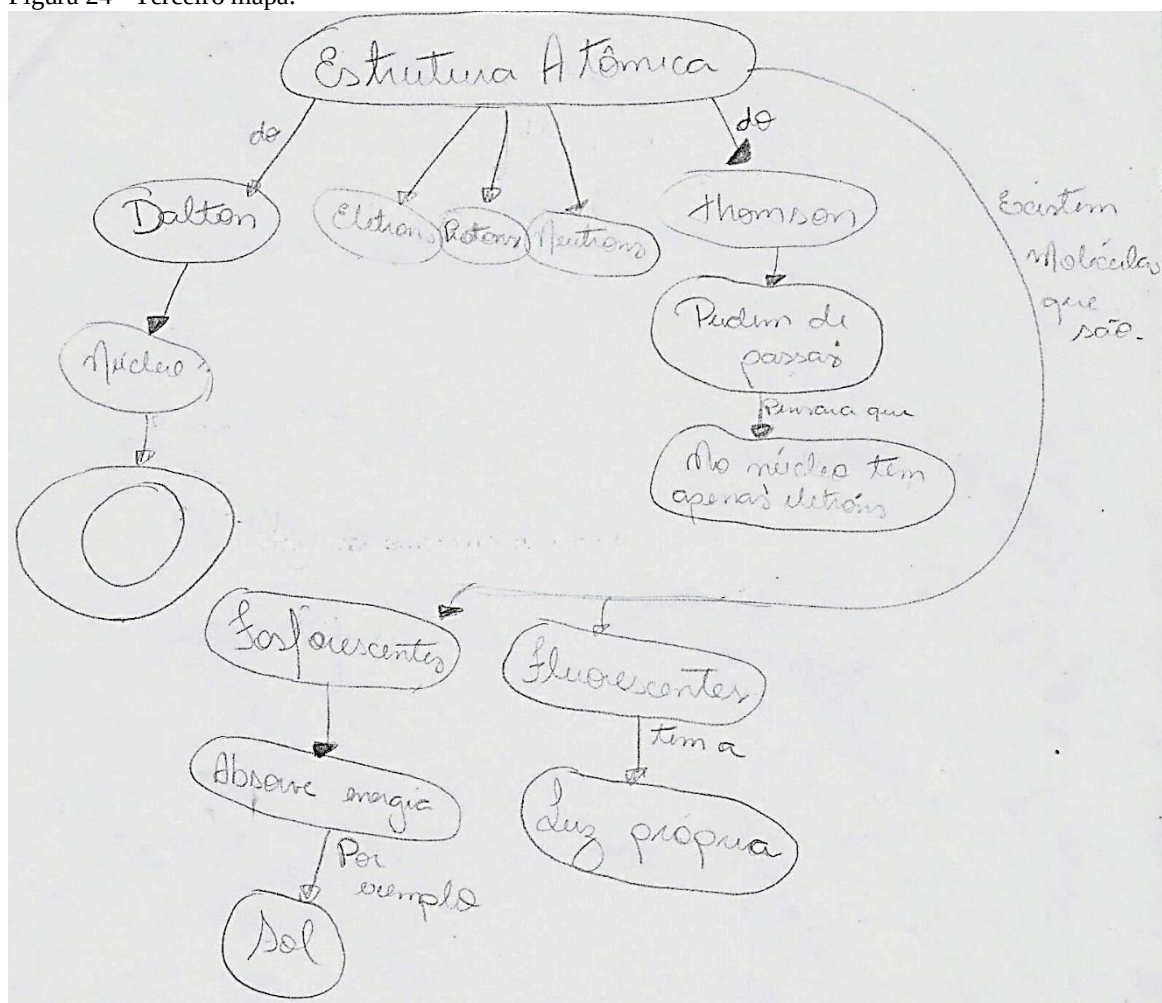


Figura 25 - Quarto mapa.

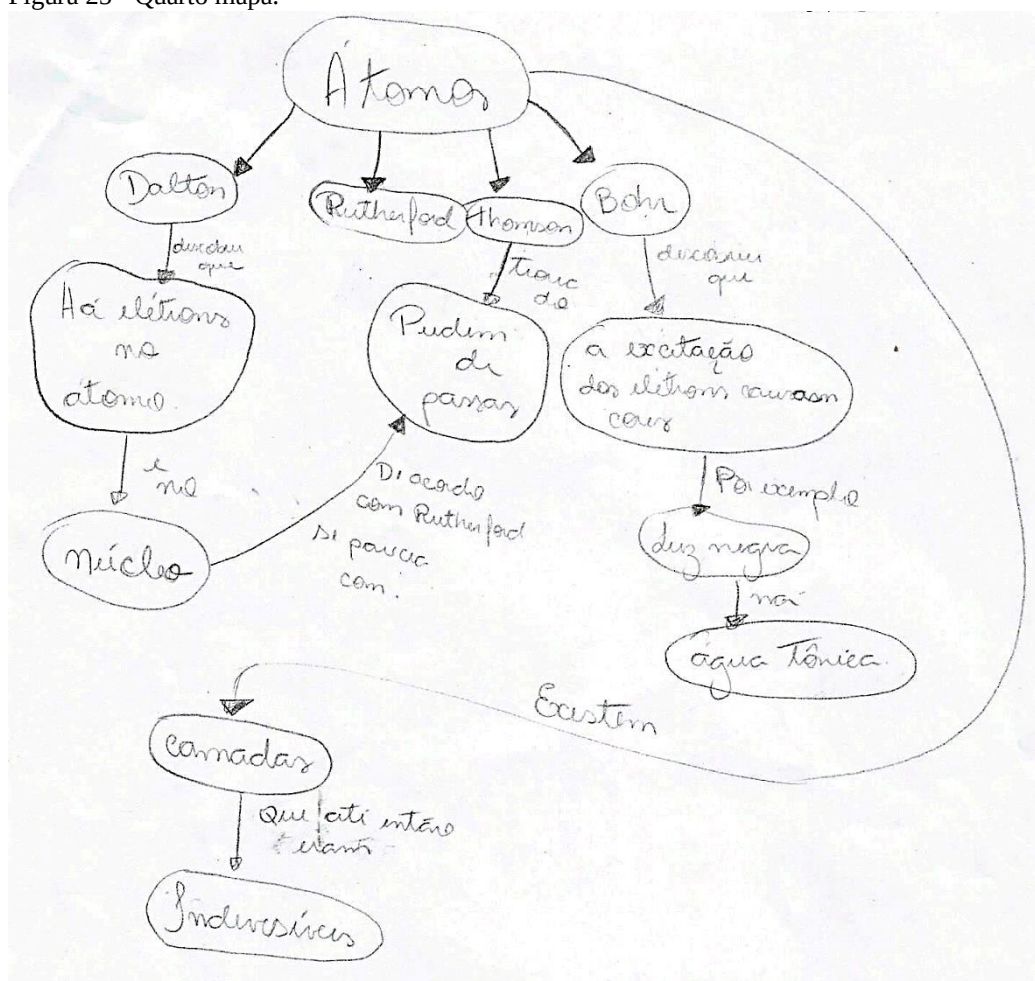
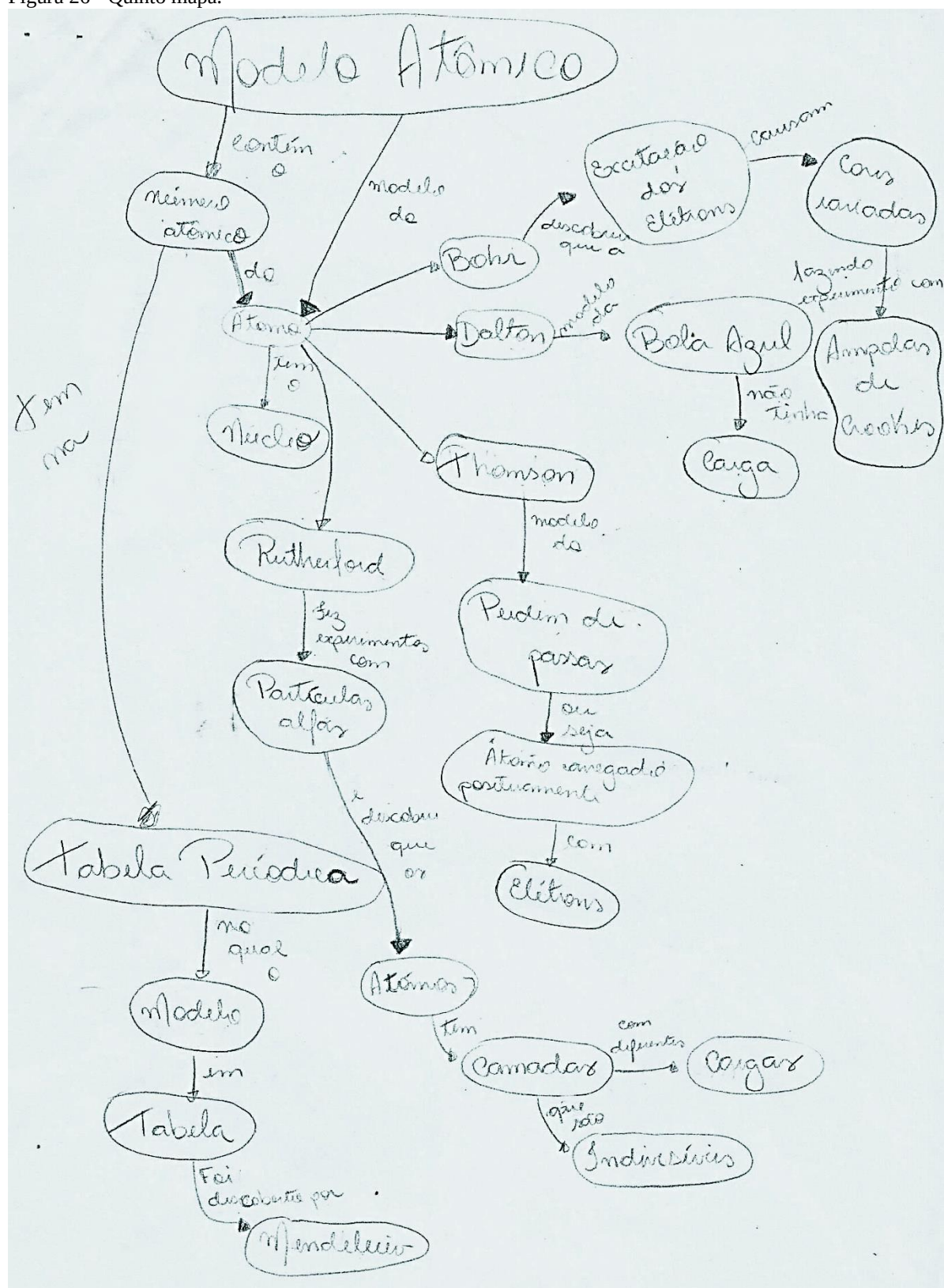


Figura 26 - Quinto mapa.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR JOÃO

Figura 27 - Primeiro mapa.

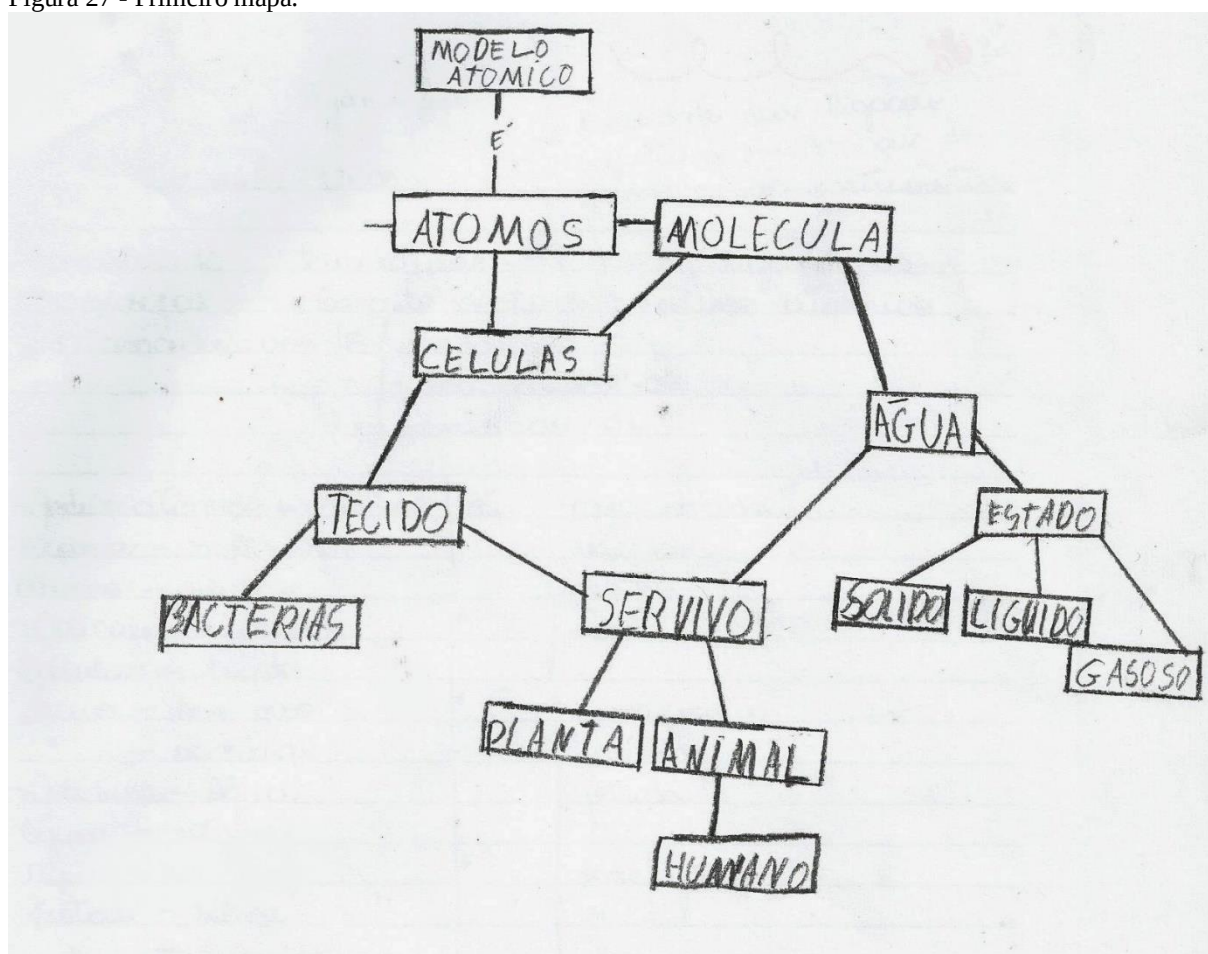


Figura 28 - Segundo mapa.

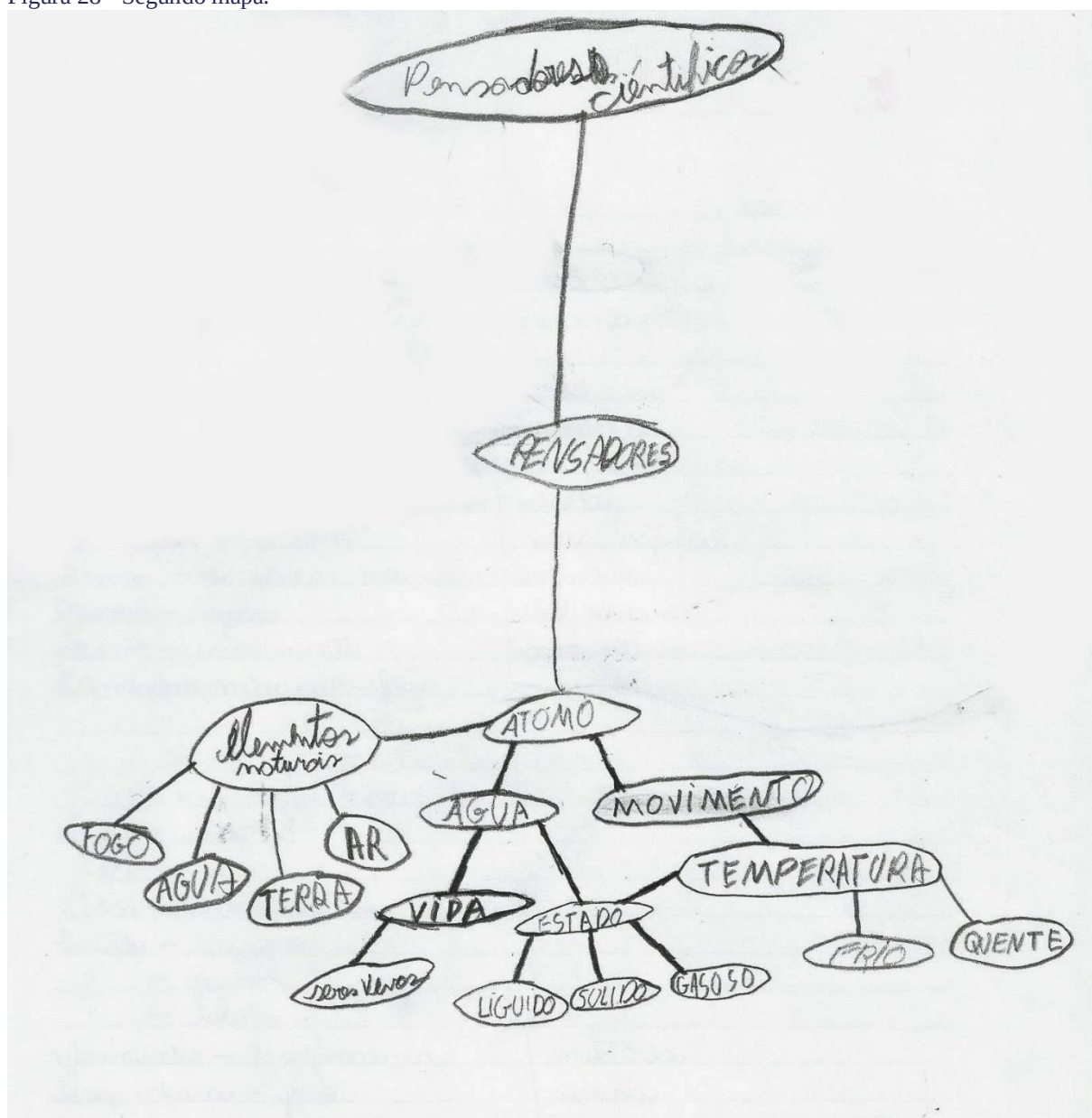


Figura 29 - Terceiro mapa.

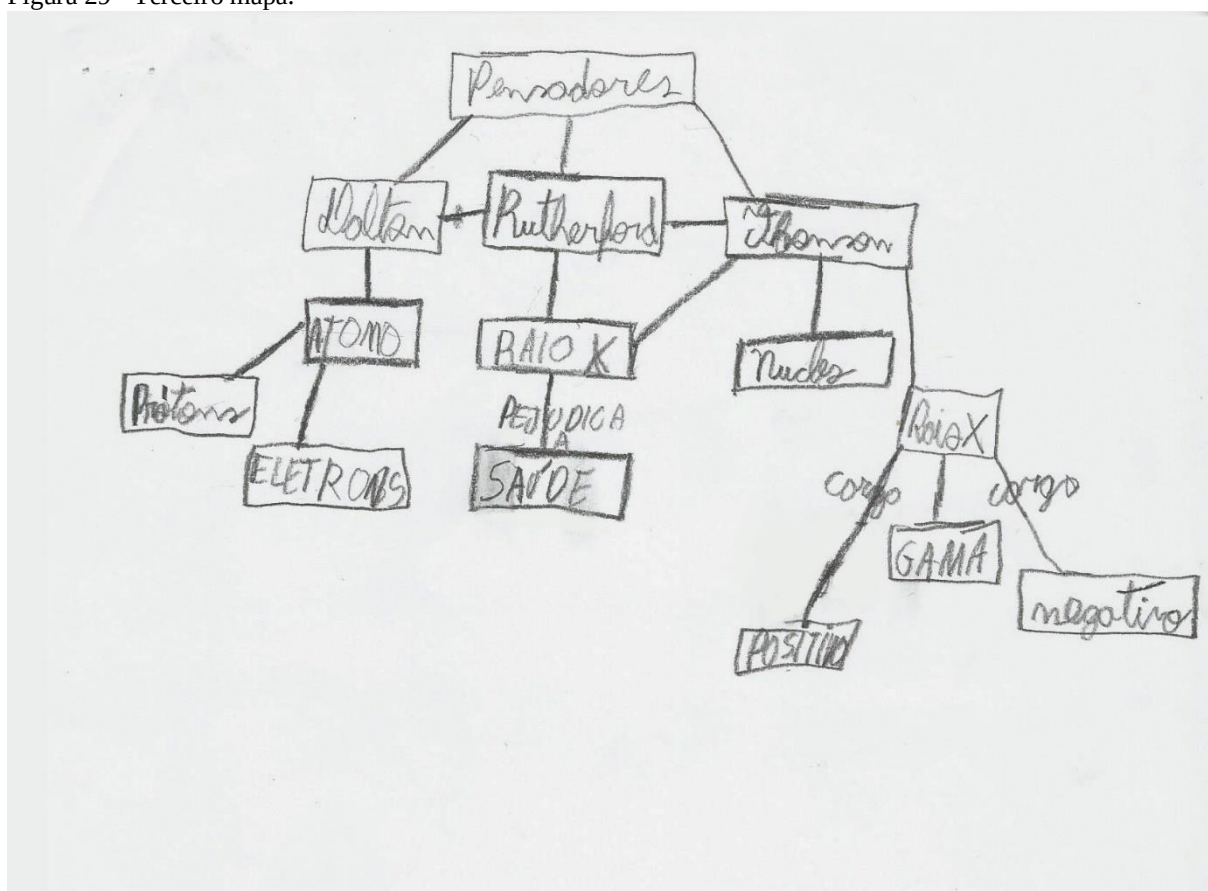
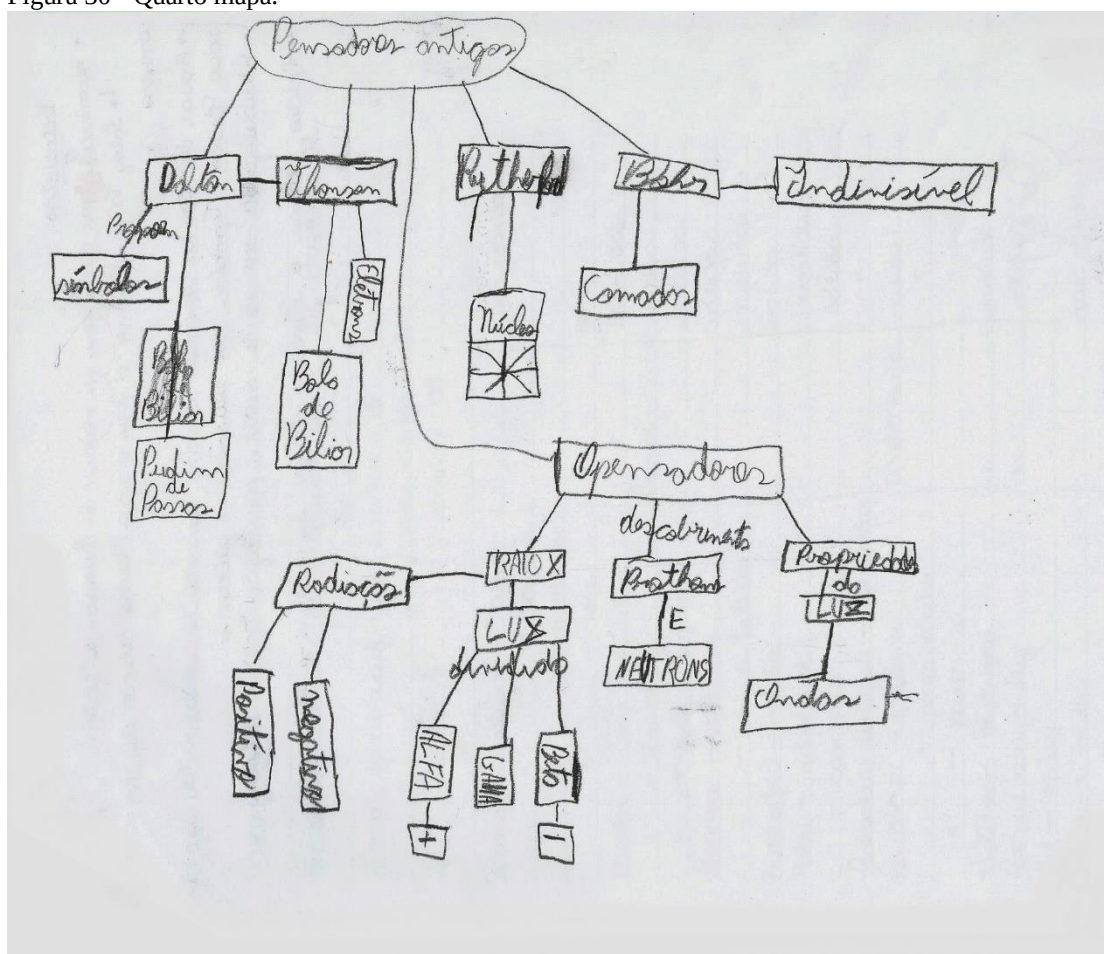


Figura 30 - Quarto mapa.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR BRUNA

Figura 32 - Primeiro mapa.

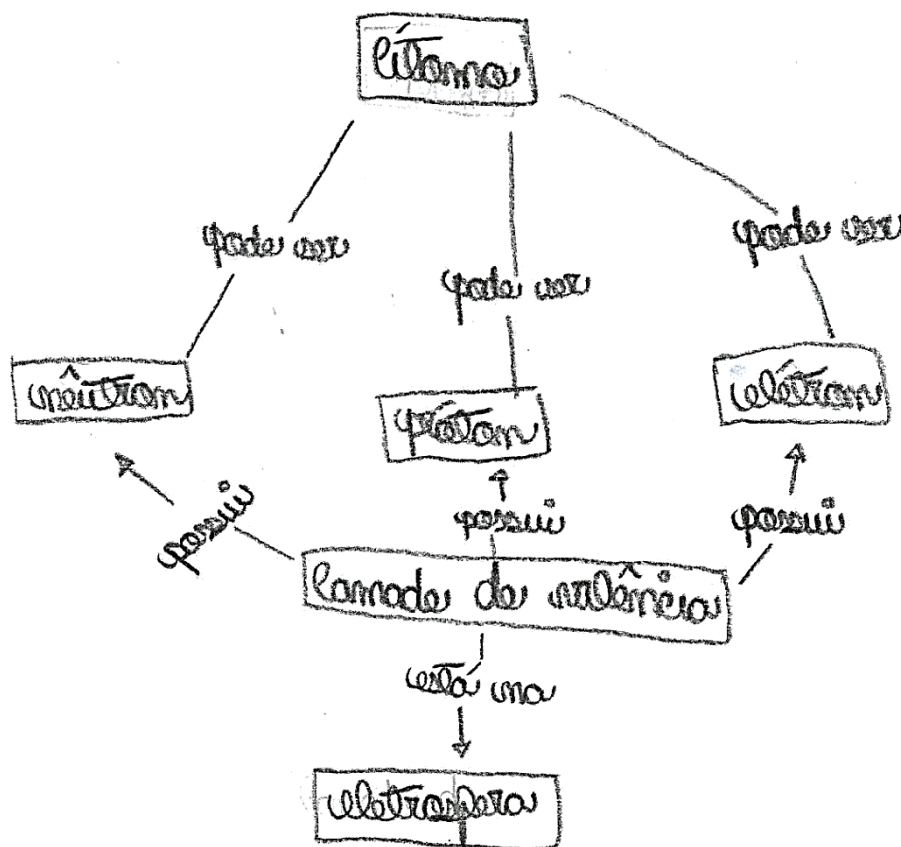


Figura 34 - Terceiro mapa.

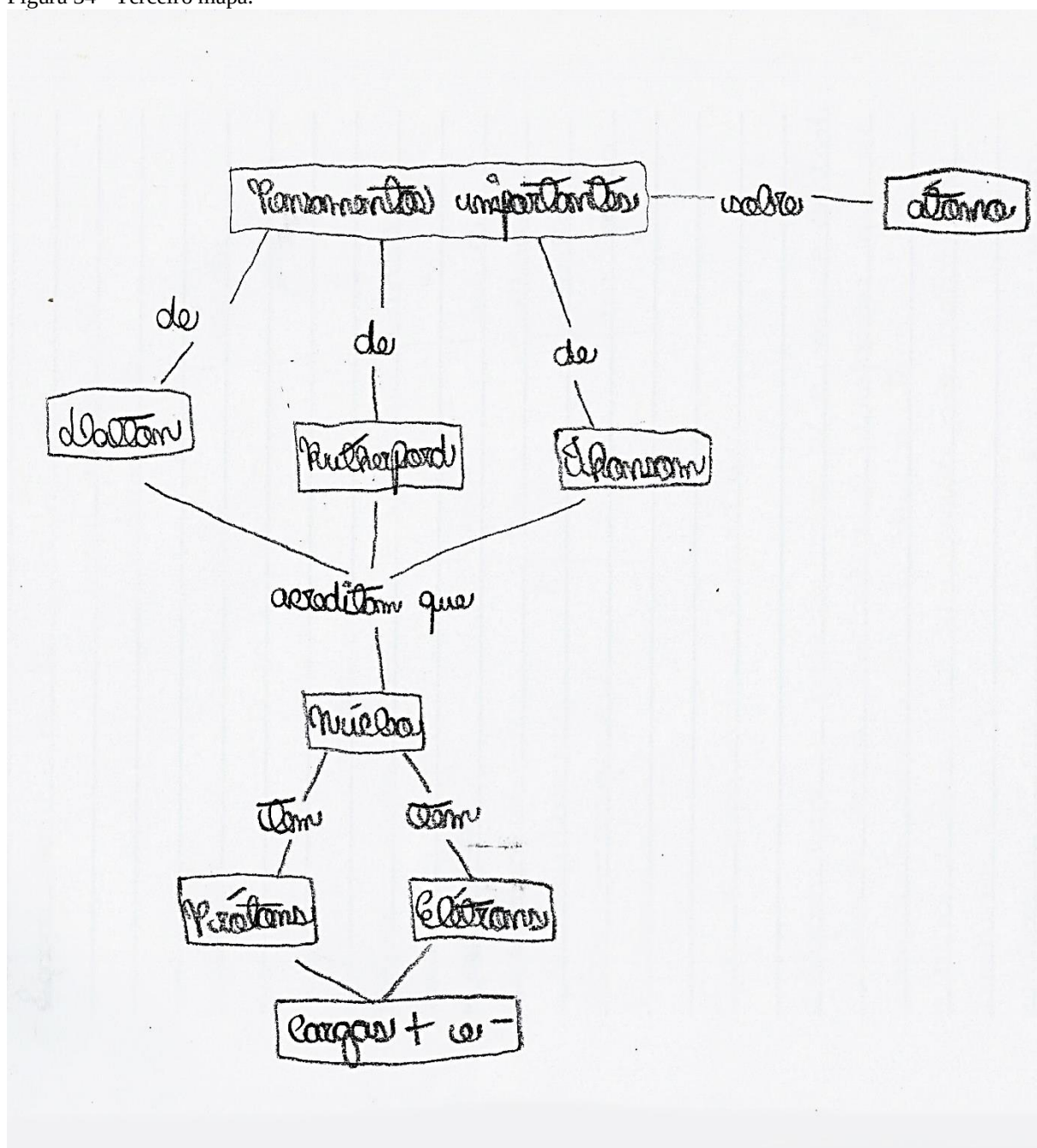
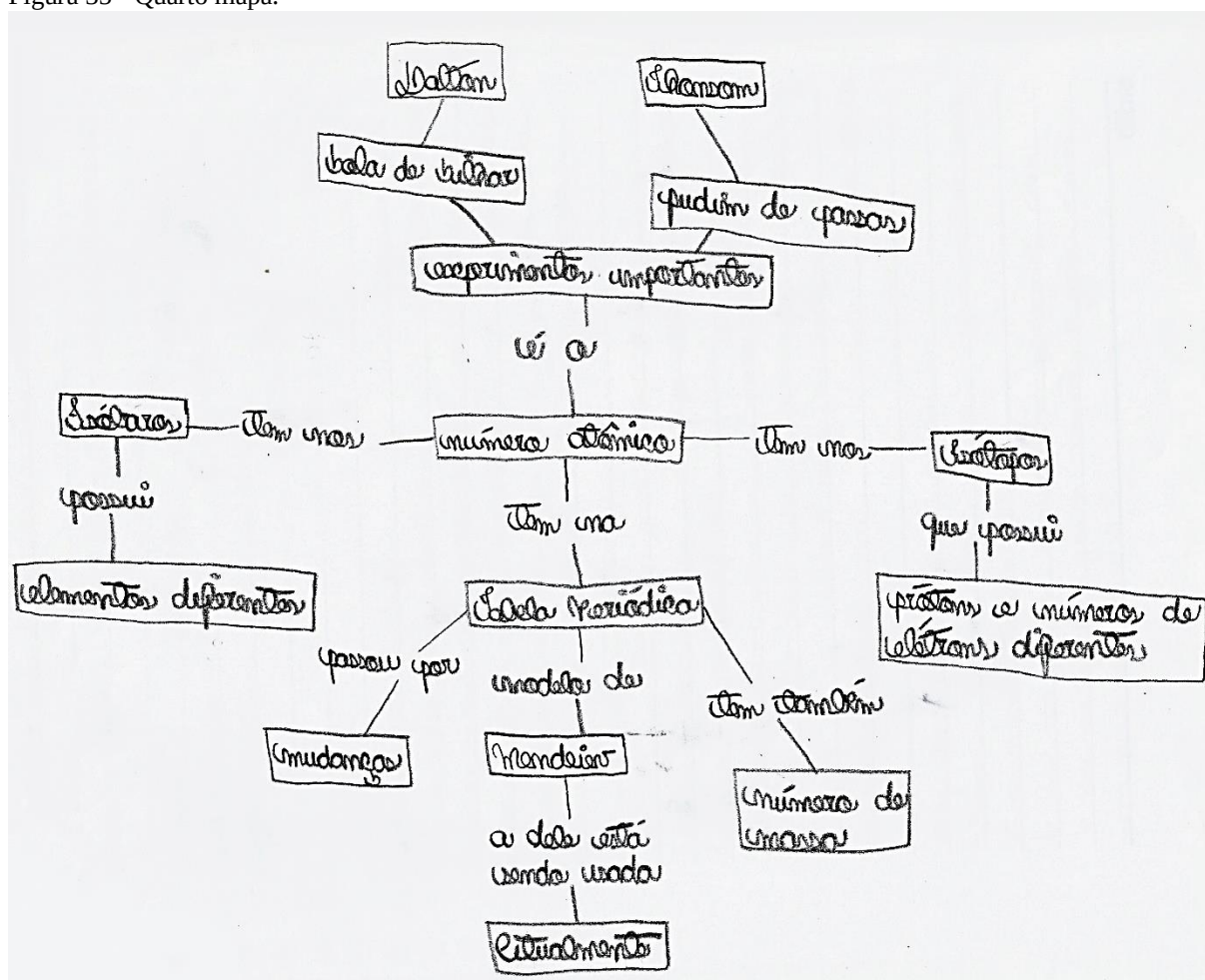


Figura 35 - Quarto mapa.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR DANIELE

Figura 37 - Primeiro mapa.

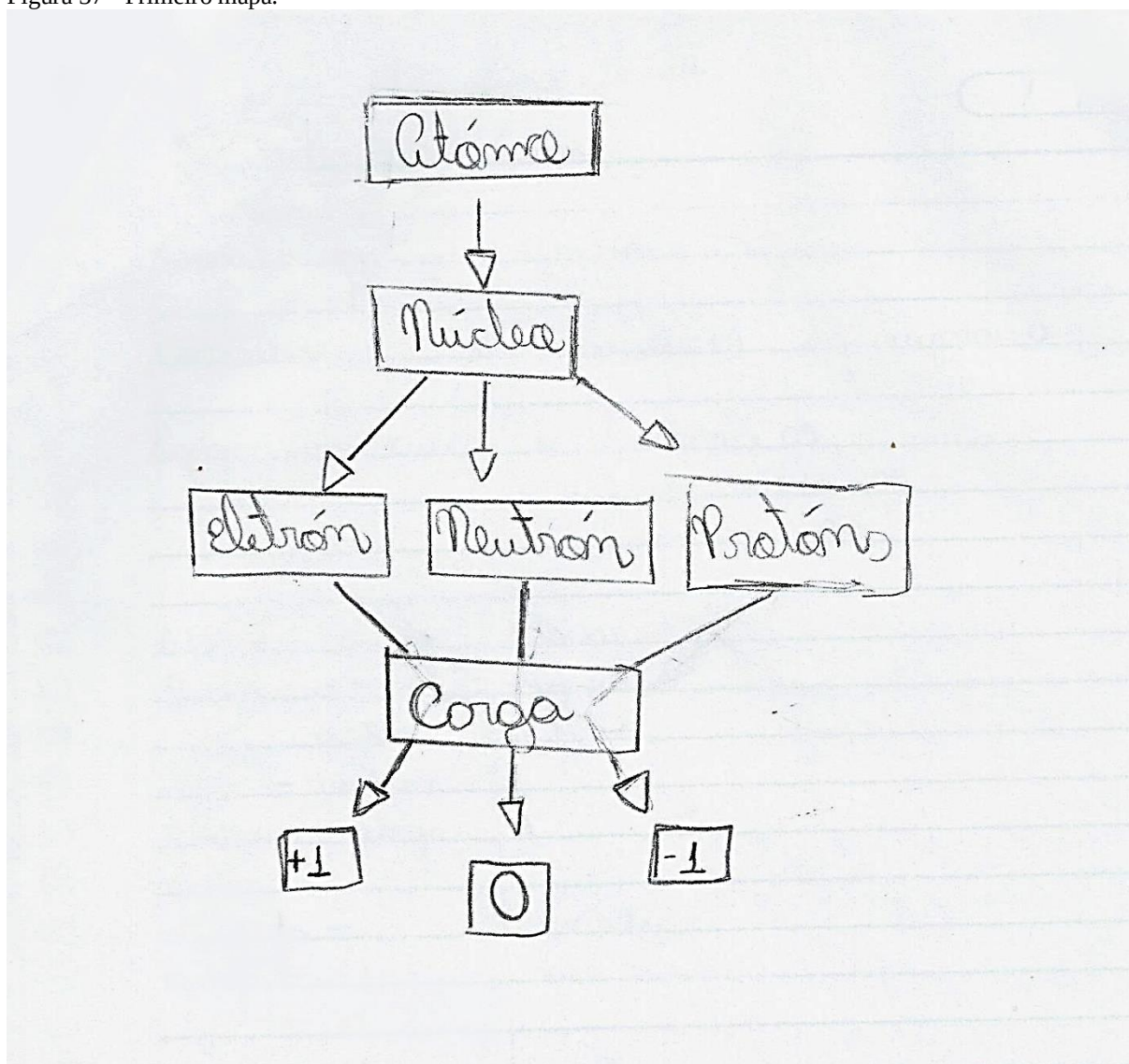


Figura 38 - Segundo mapa.

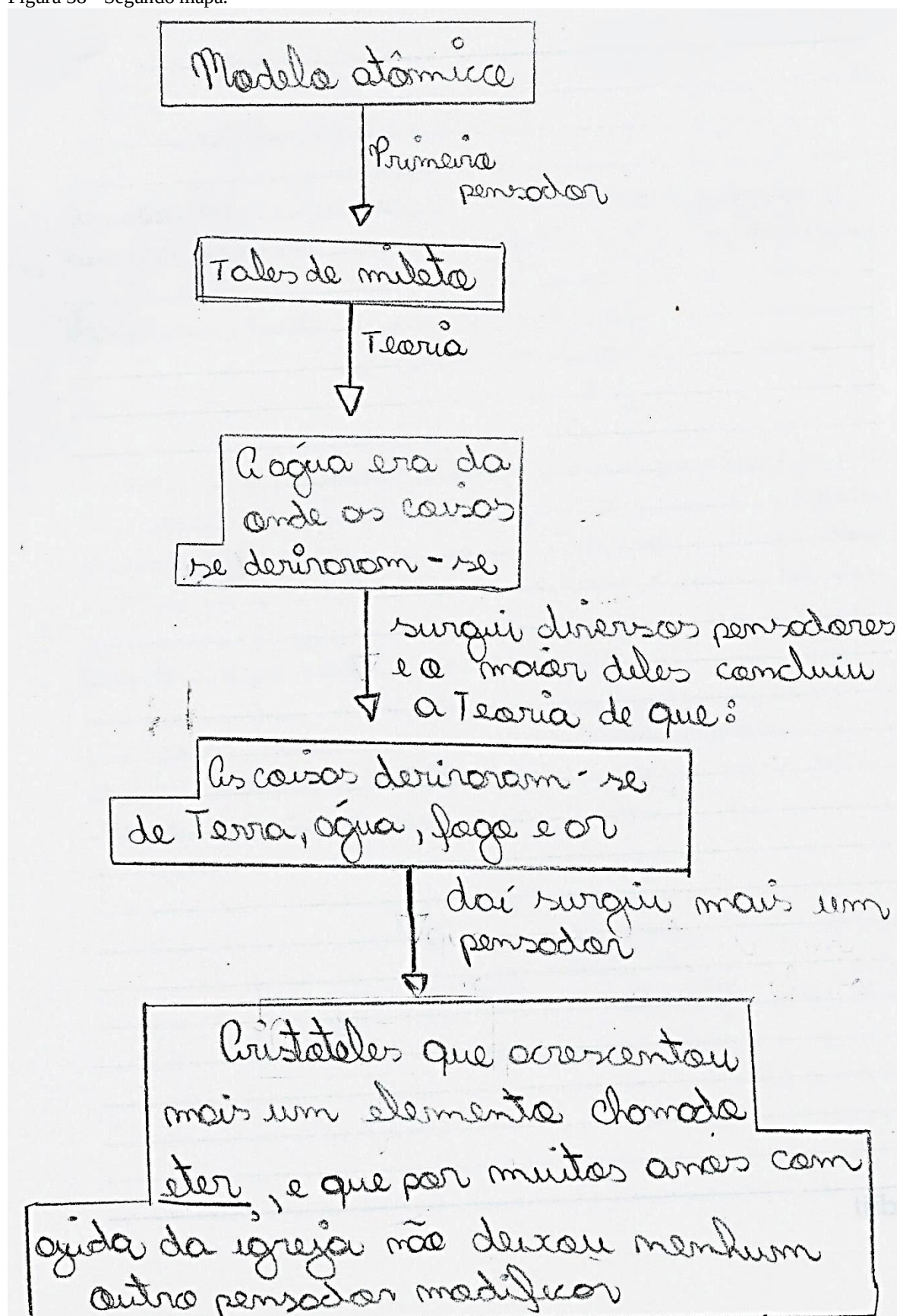


Figura 39 - Terceiro mapa.

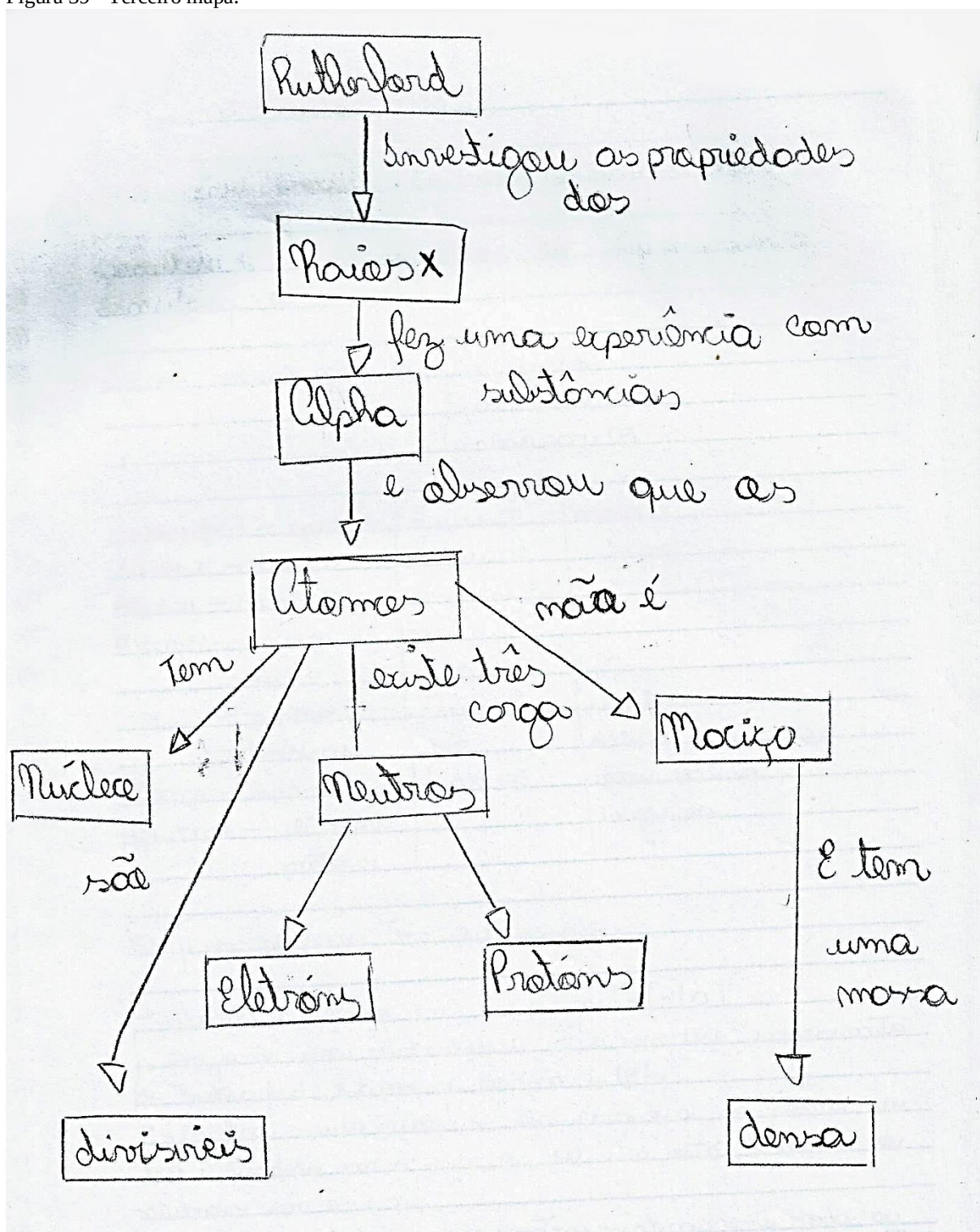


Figura 40 - Quarto mapa.

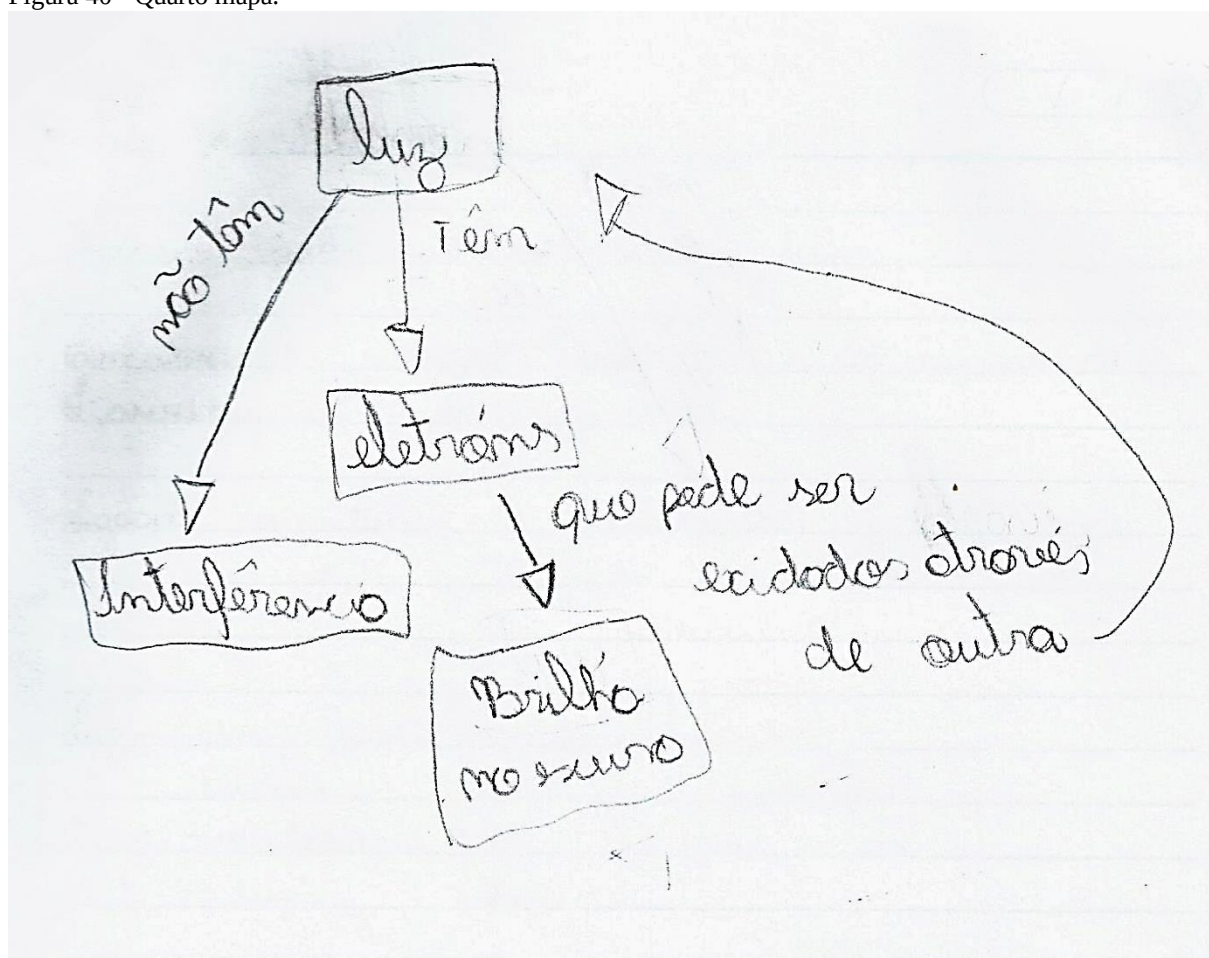


Figura 41 - Quinto mapa. Modelos atômicos

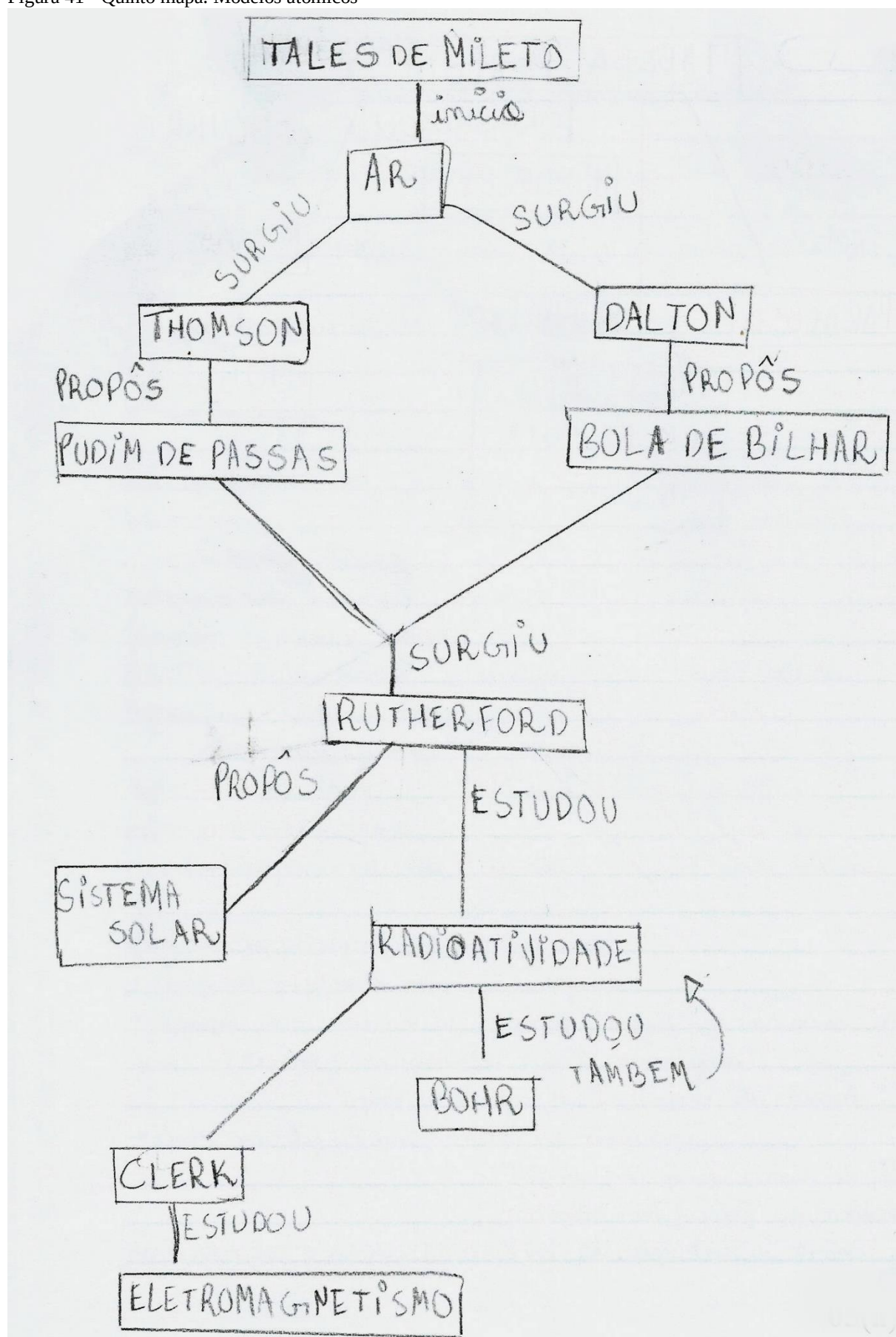
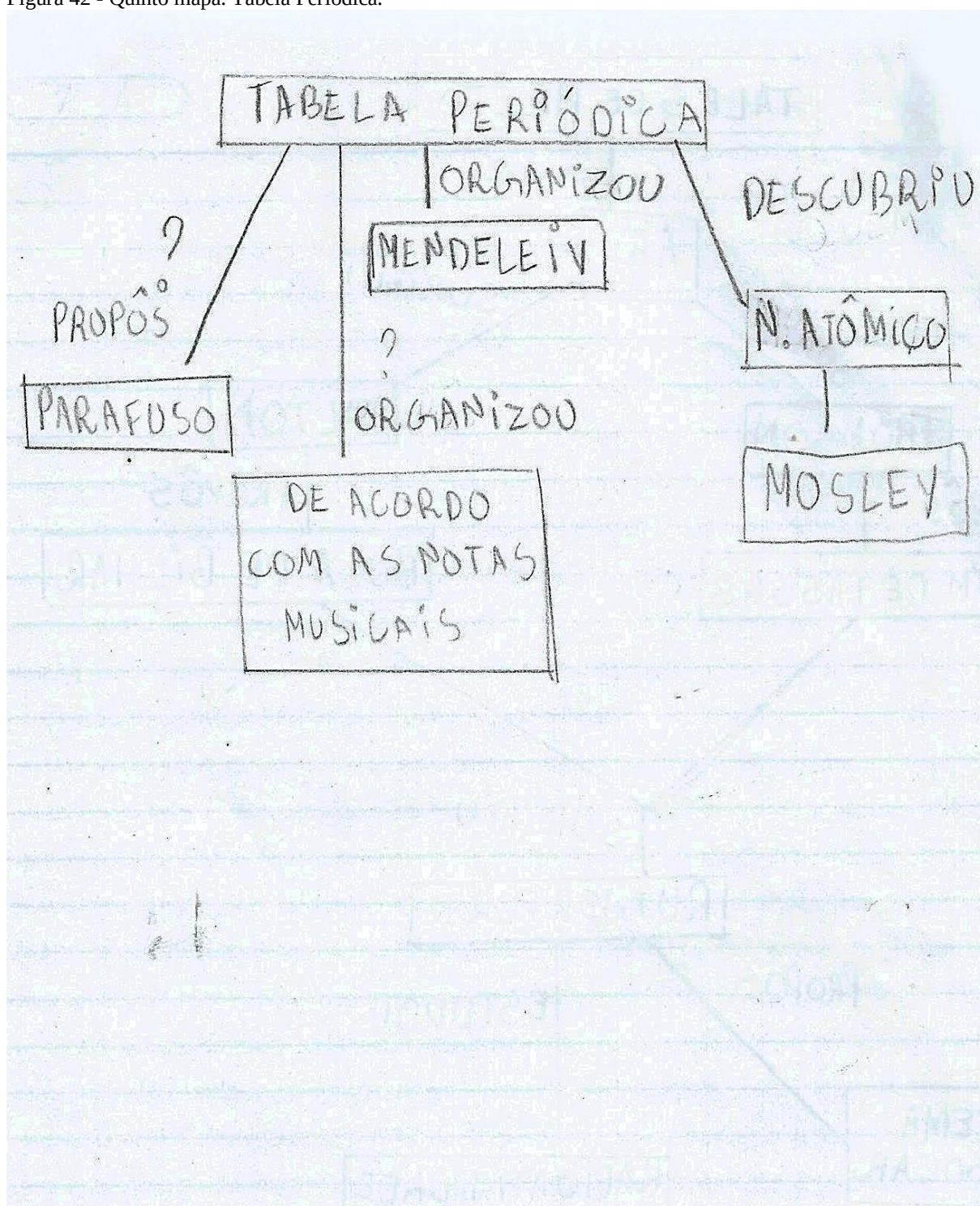


Figura 42 - Quinto mapa. Tabela Periódica.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR PEDRO

Figura 43 - Primeiro mapa.

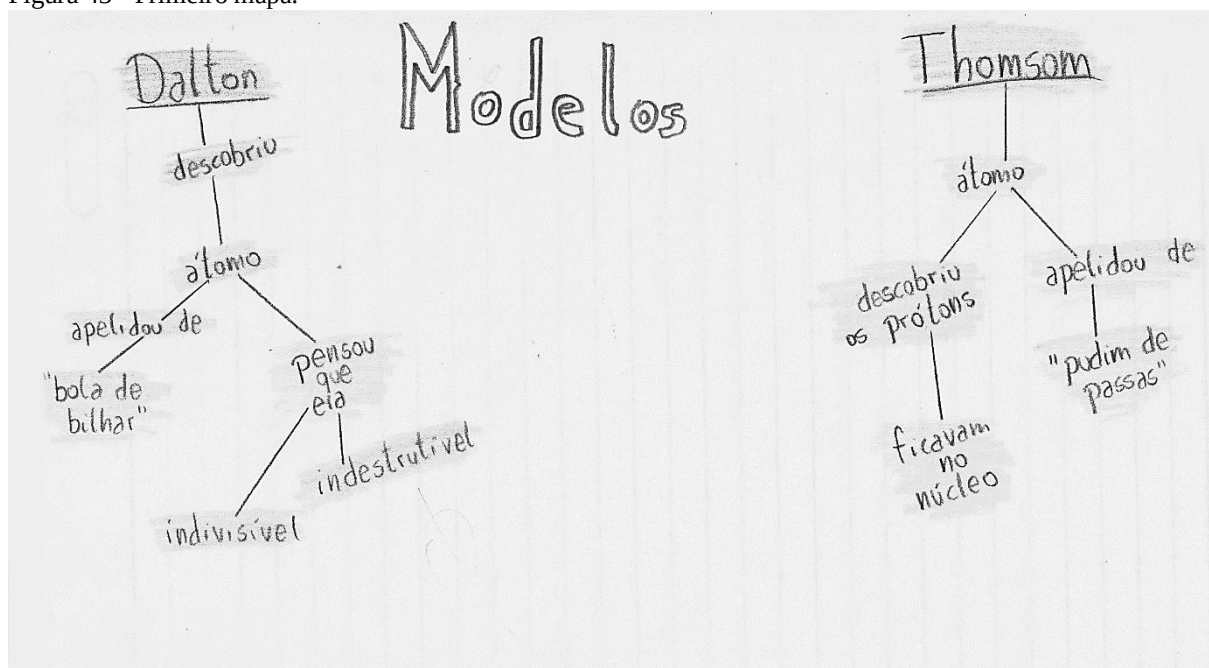


Figura 44 - Segundo mapa.

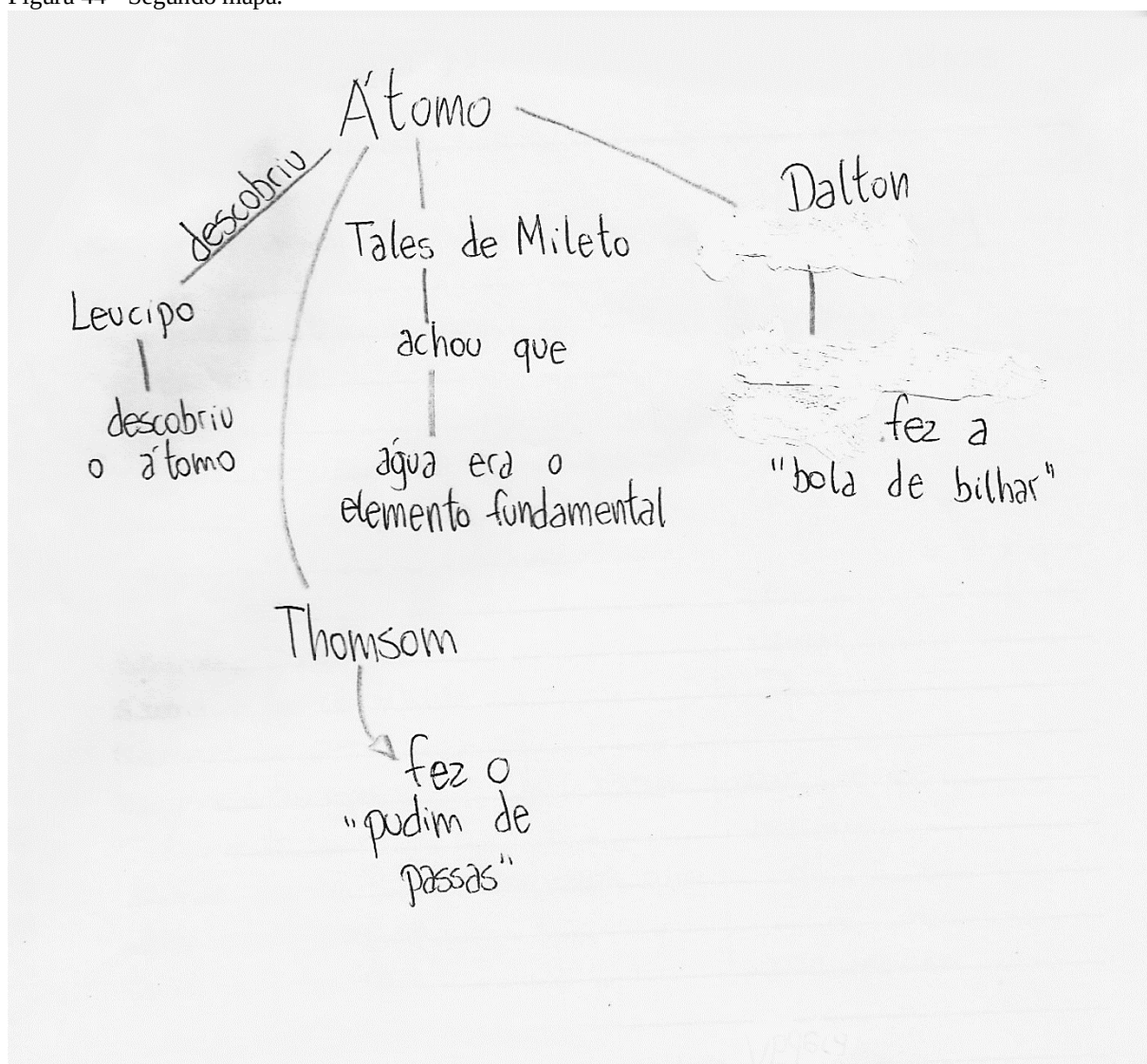


Figura 45 - Terceiro mapa.

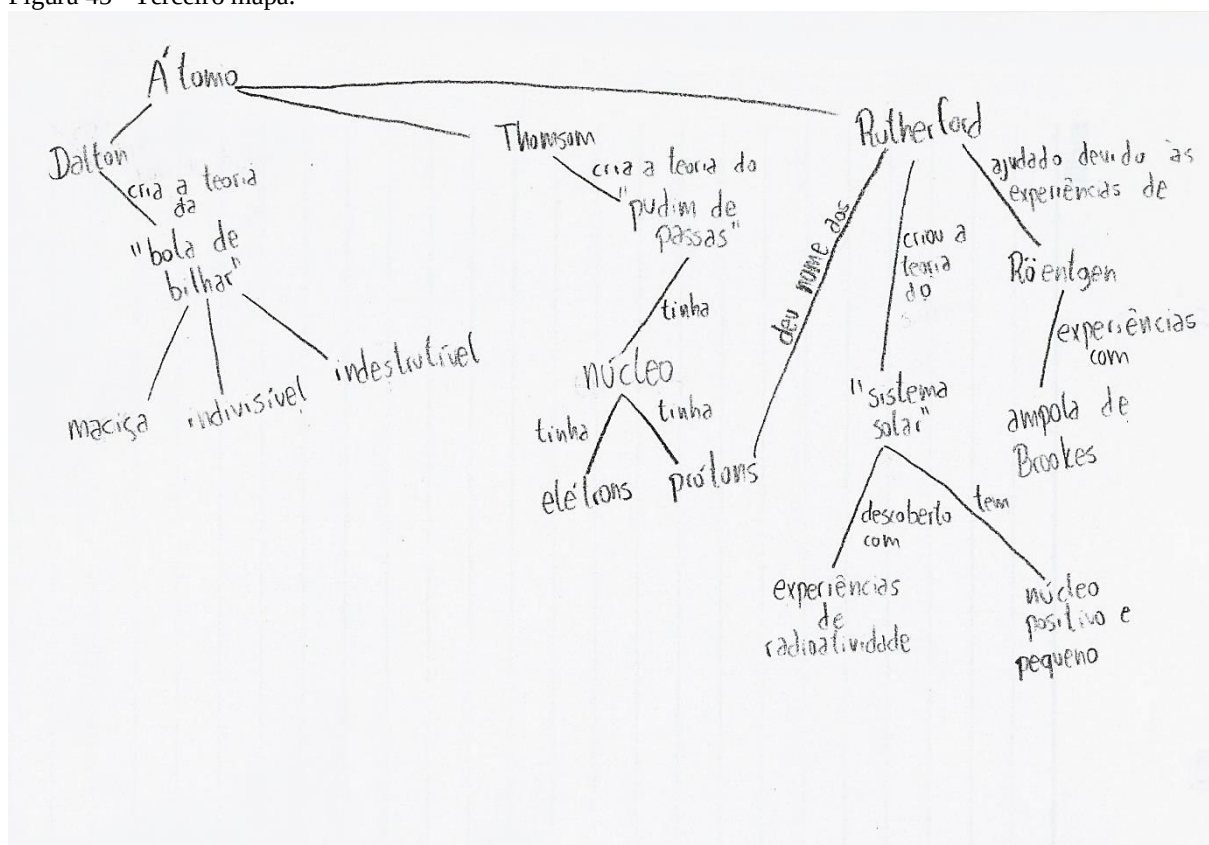
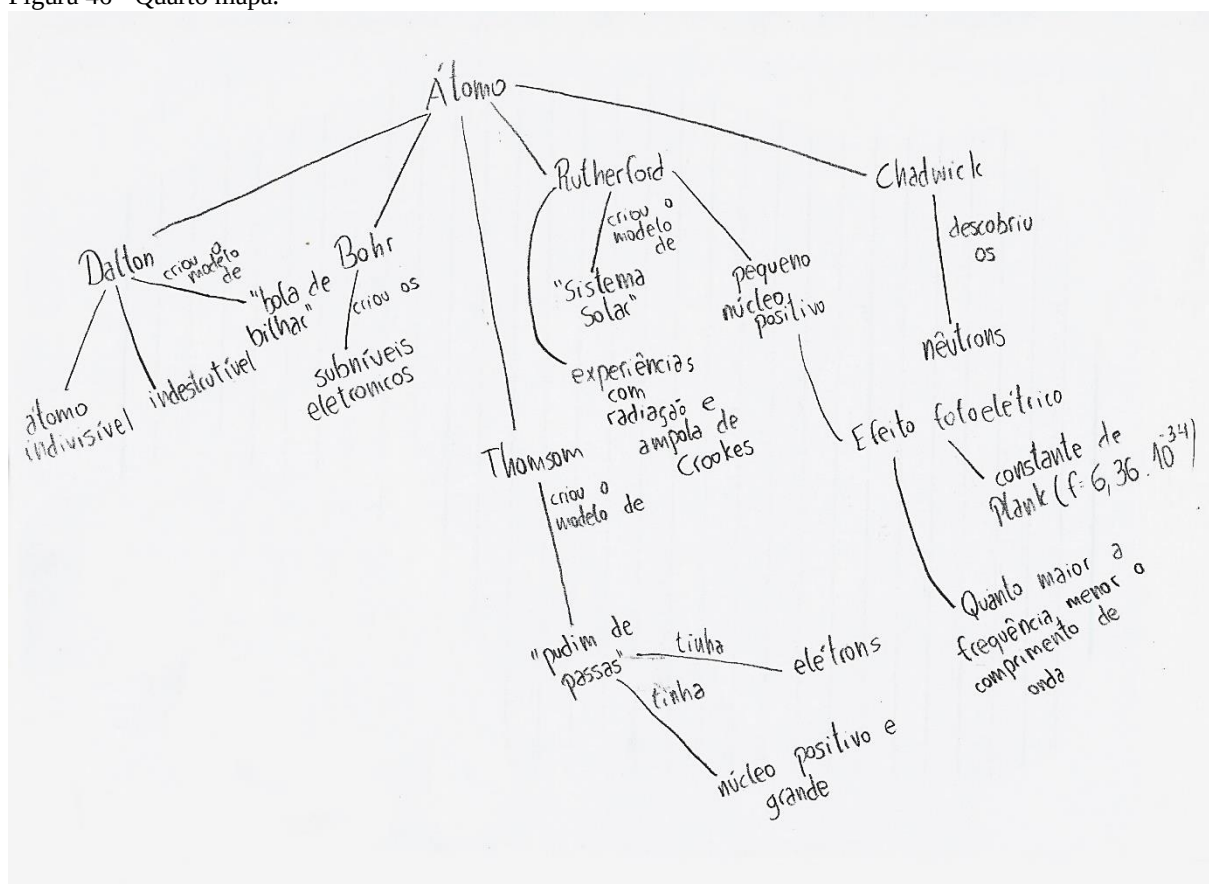


Figura 46 - Quarto mapa.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR ALINE

Figura 47 - Primeiro mapa.

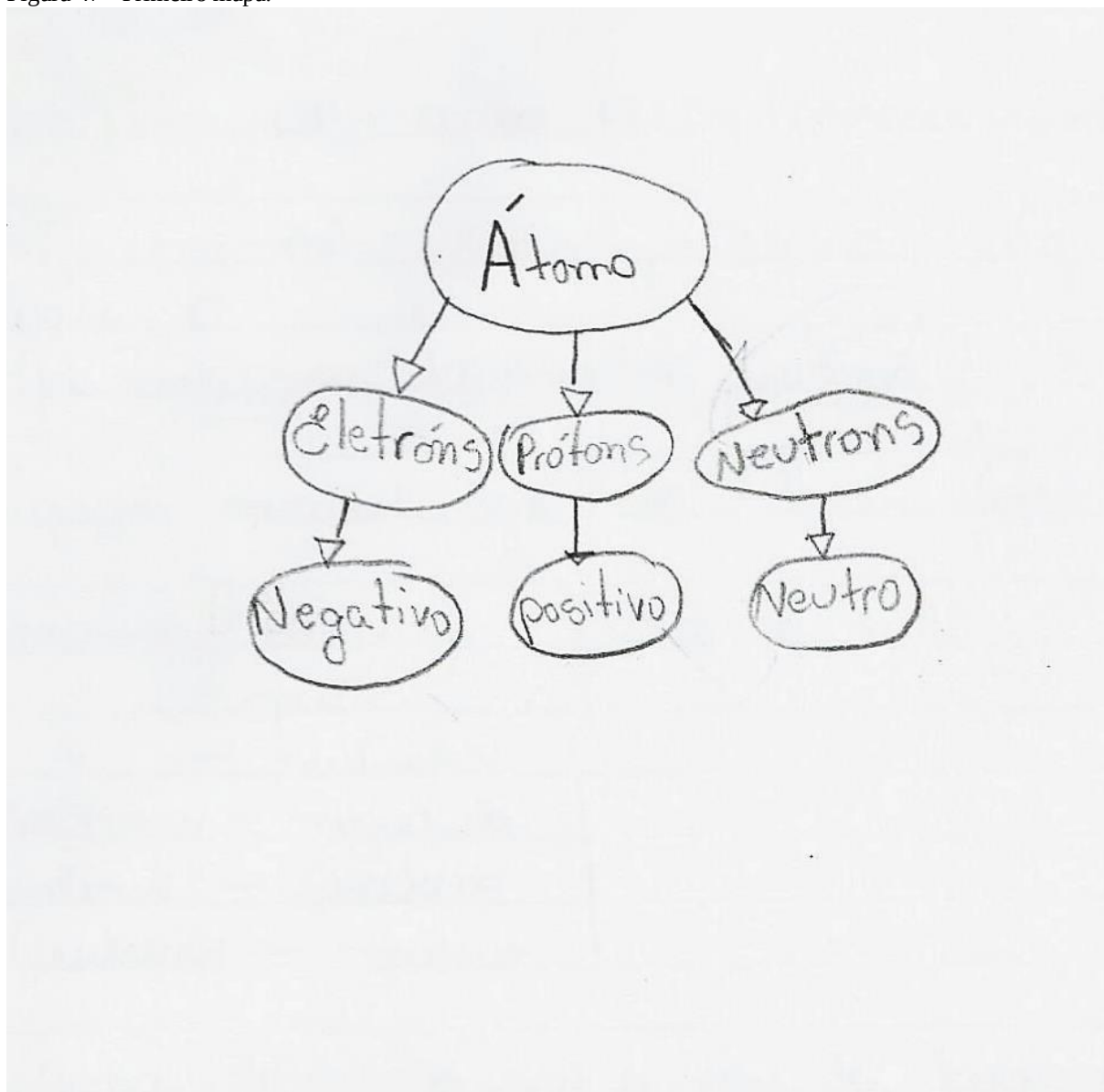


Figura 48 - Segundo mapa.

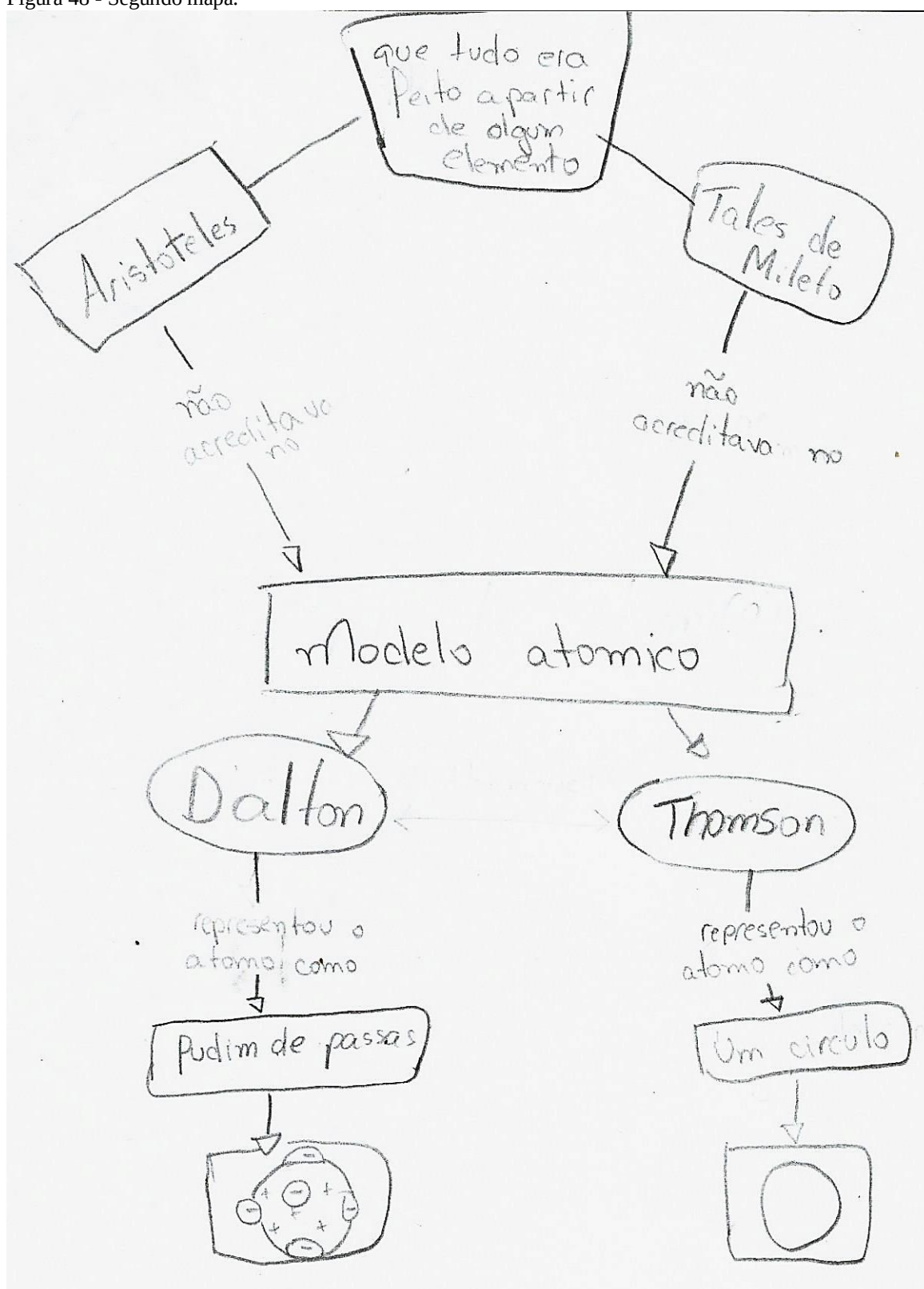


Figura 49 - Quarto mapa.

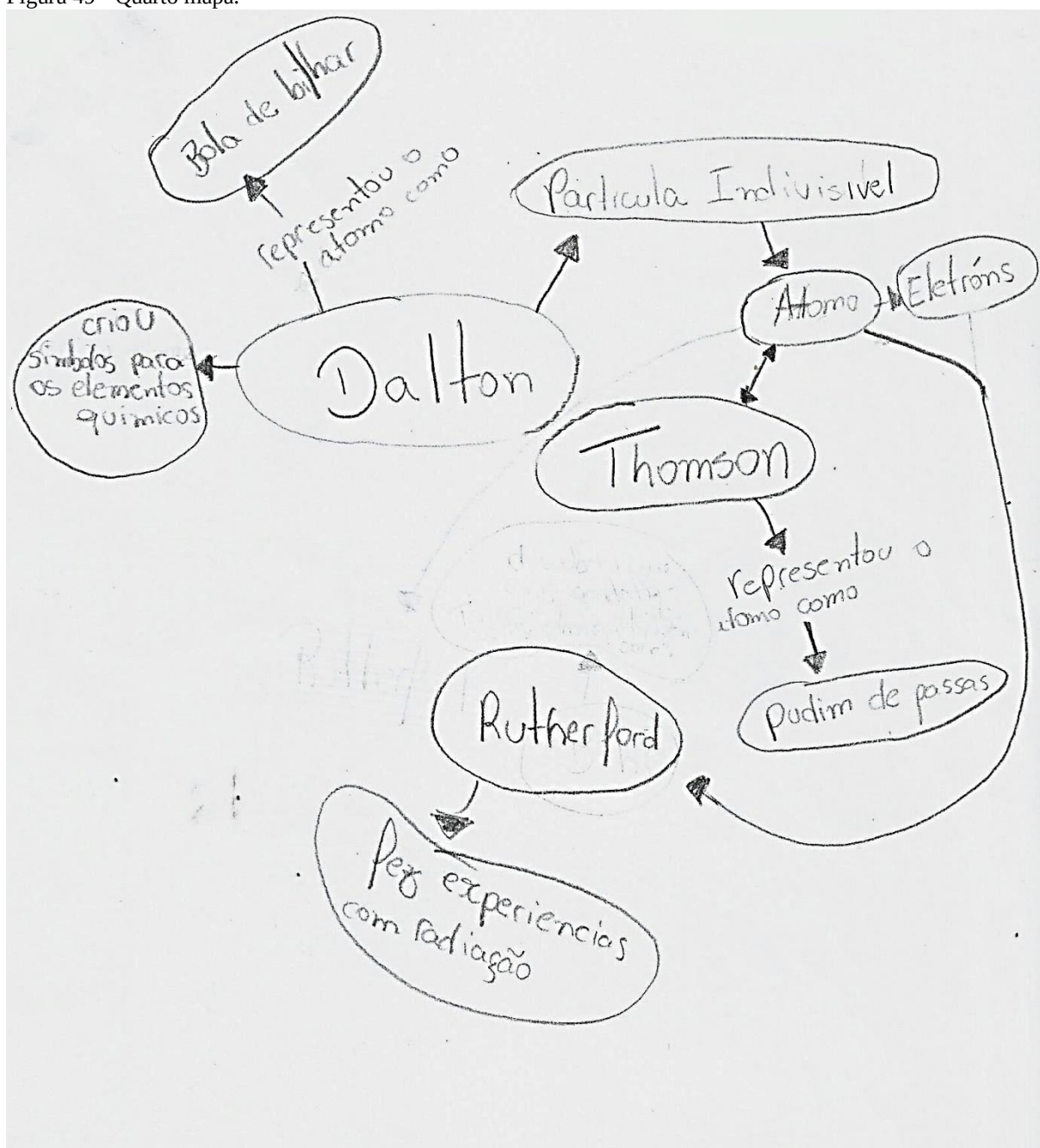


Figura 50 - Mapa cinco. Modelos atômicos

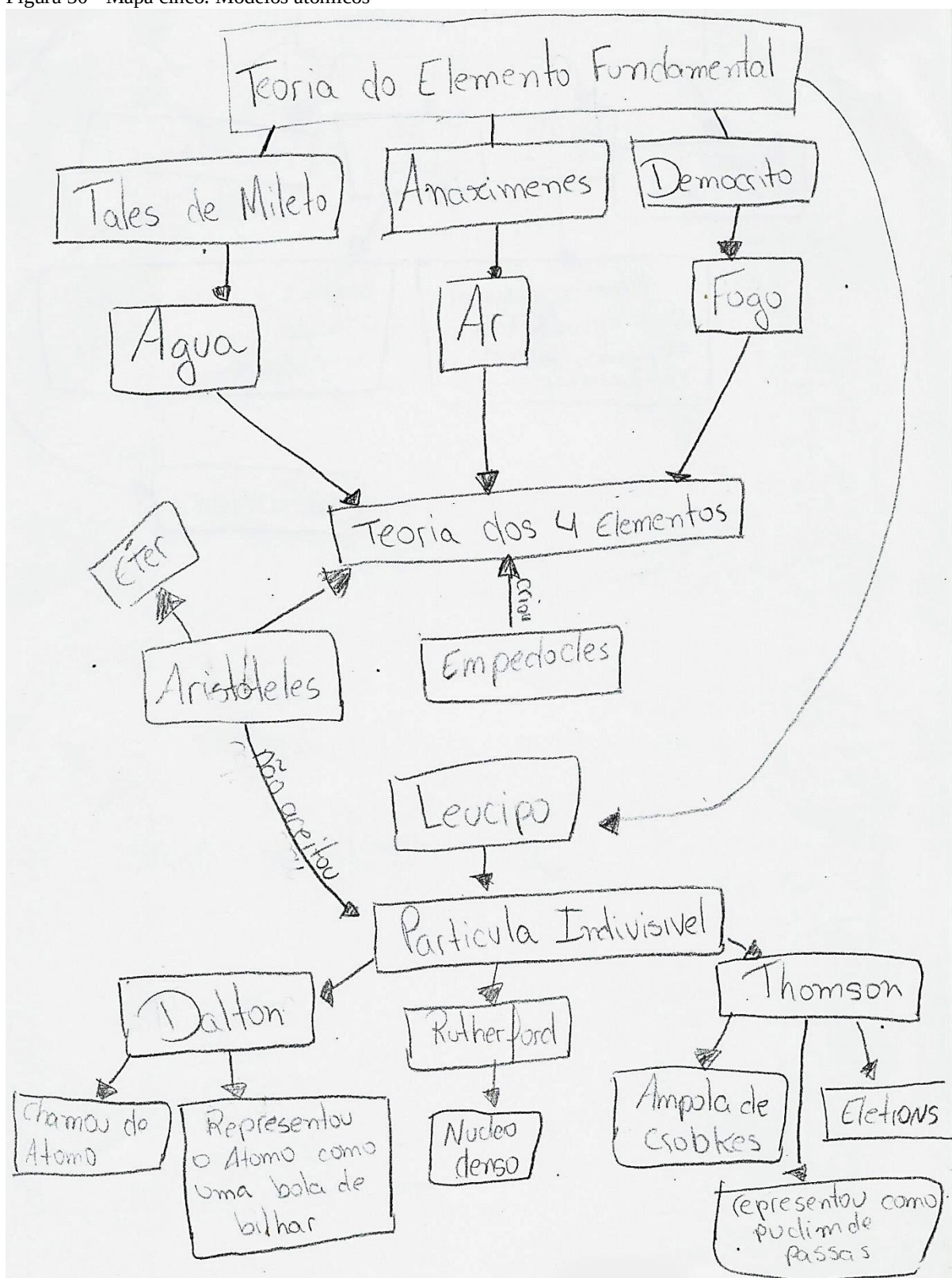
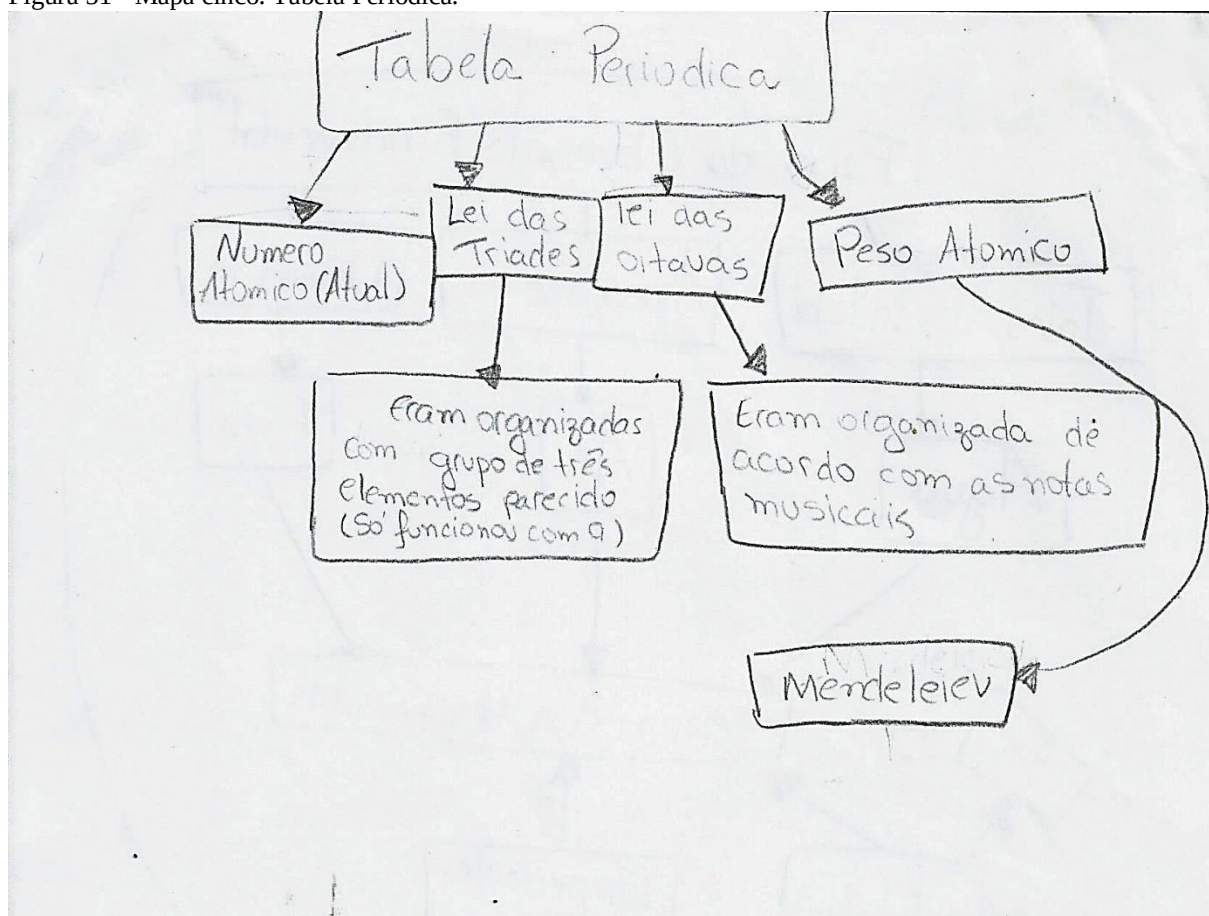


Figura 51 - Mapa cinco. Tabela Periódica.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR AMANDA

Figura 52 - Primeiro mapa.

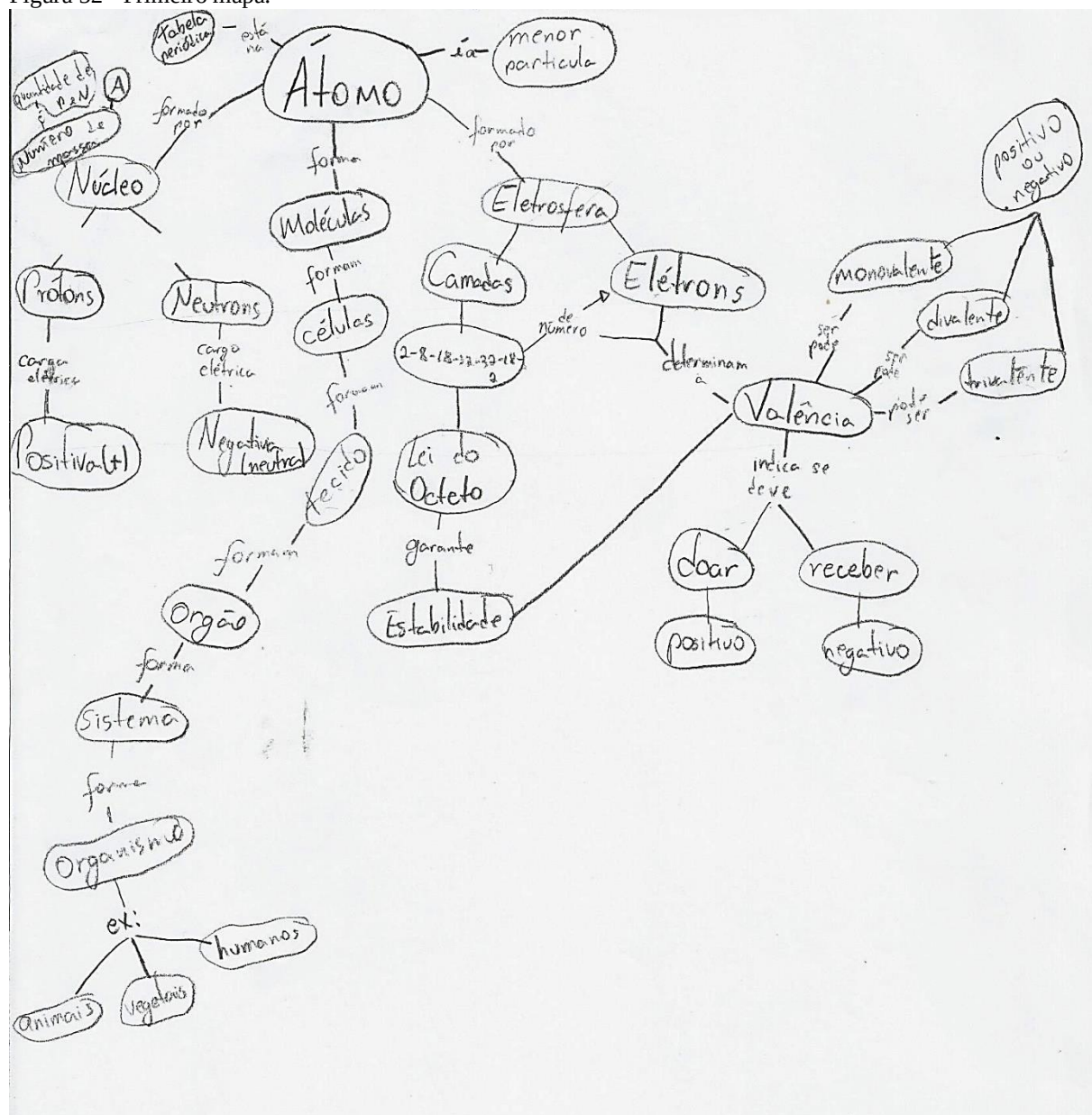


Figura 53 - Segundo mapa.

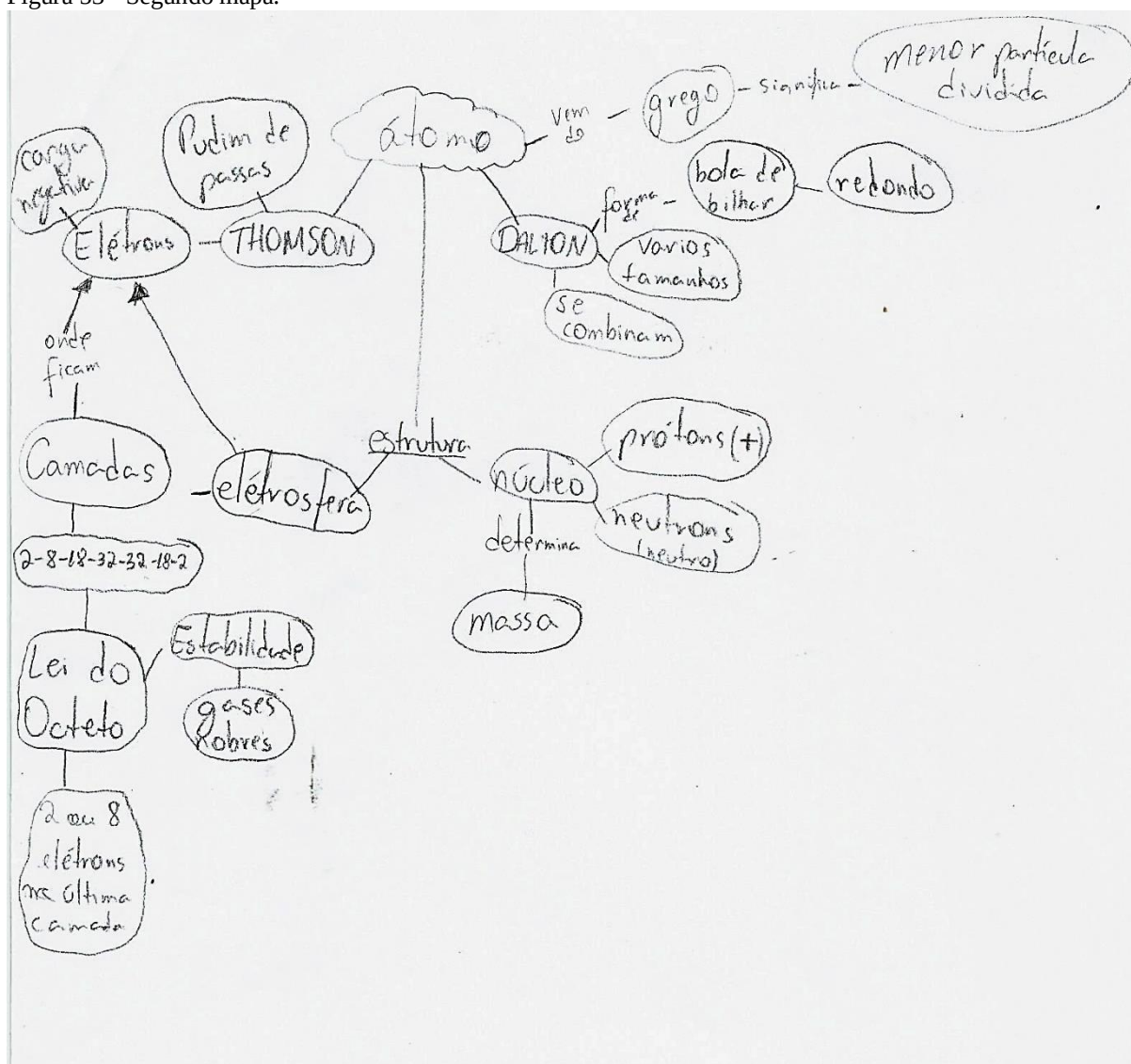


Figura 54 - Terceiro mapa.

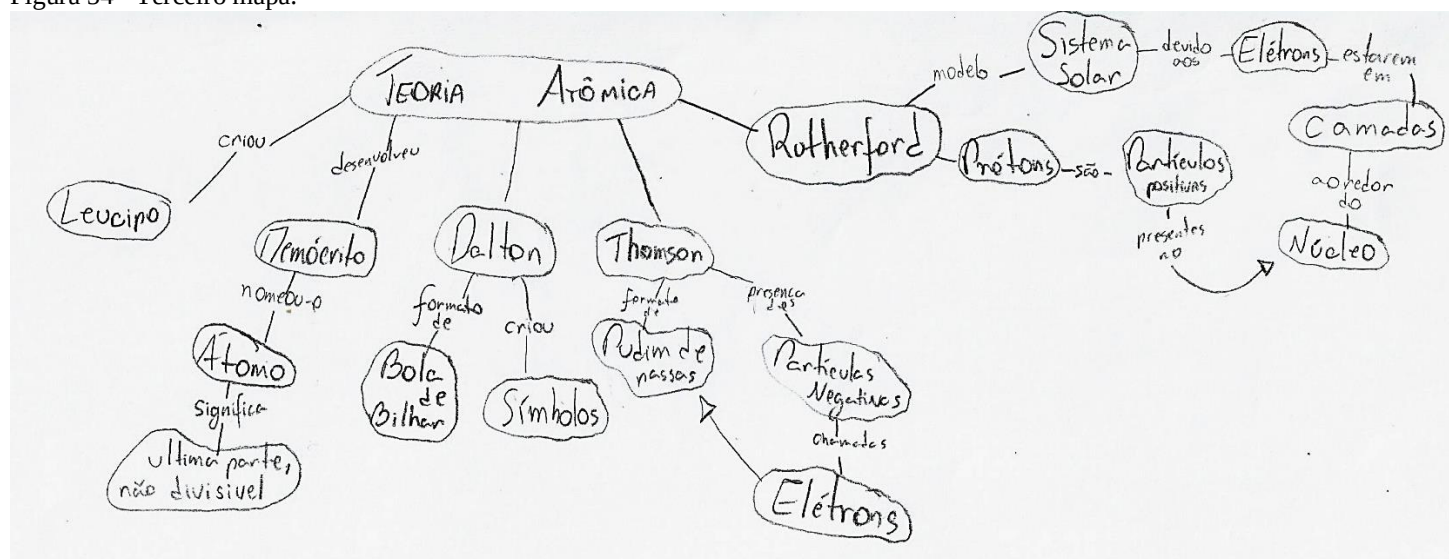
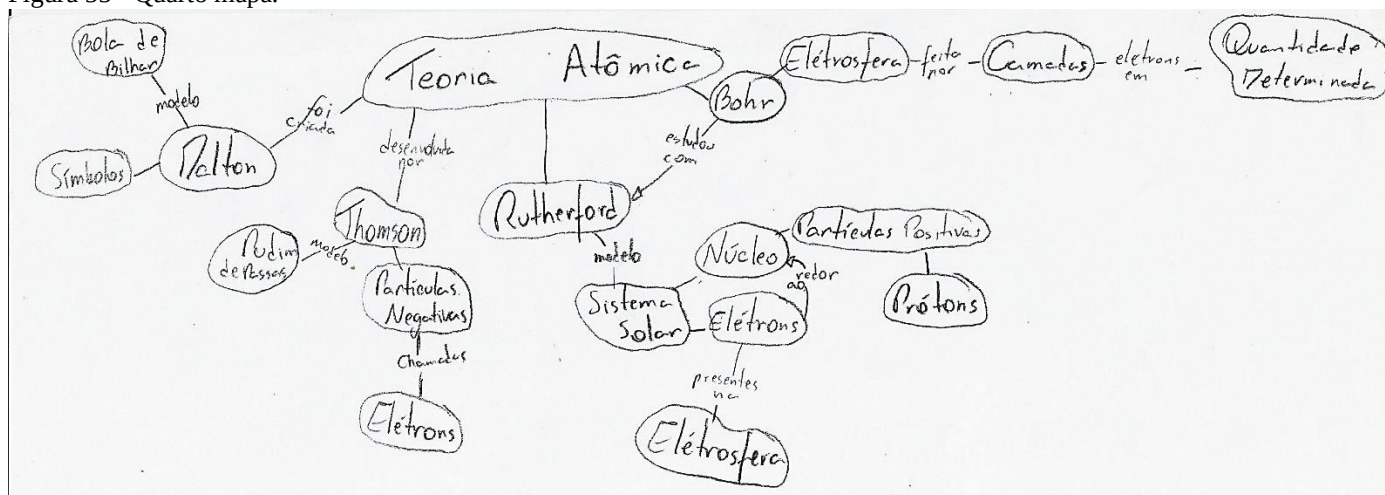


Figura 55 - Quarto mapa.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR CAIO

Figura 56 - Primeiro mapa.

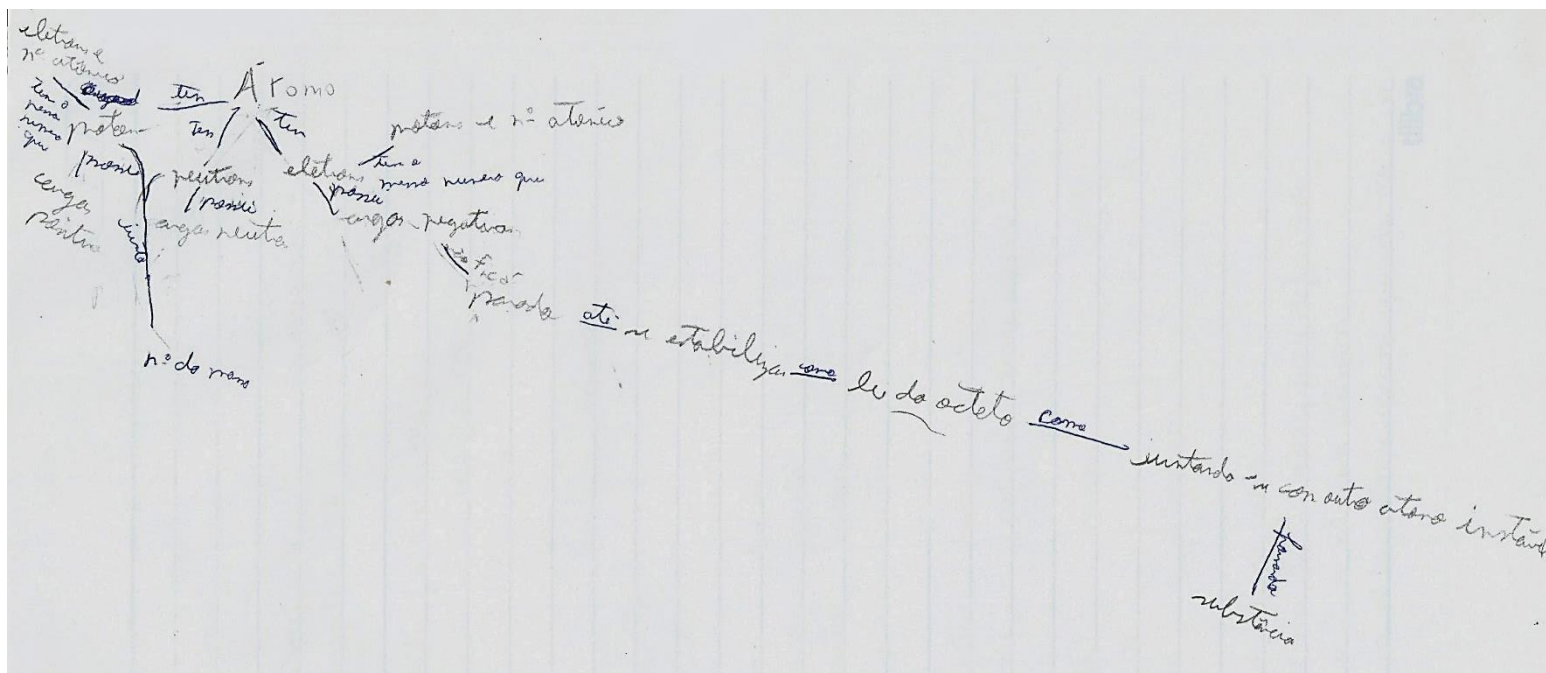


Figura 57 - Segundo mapa.

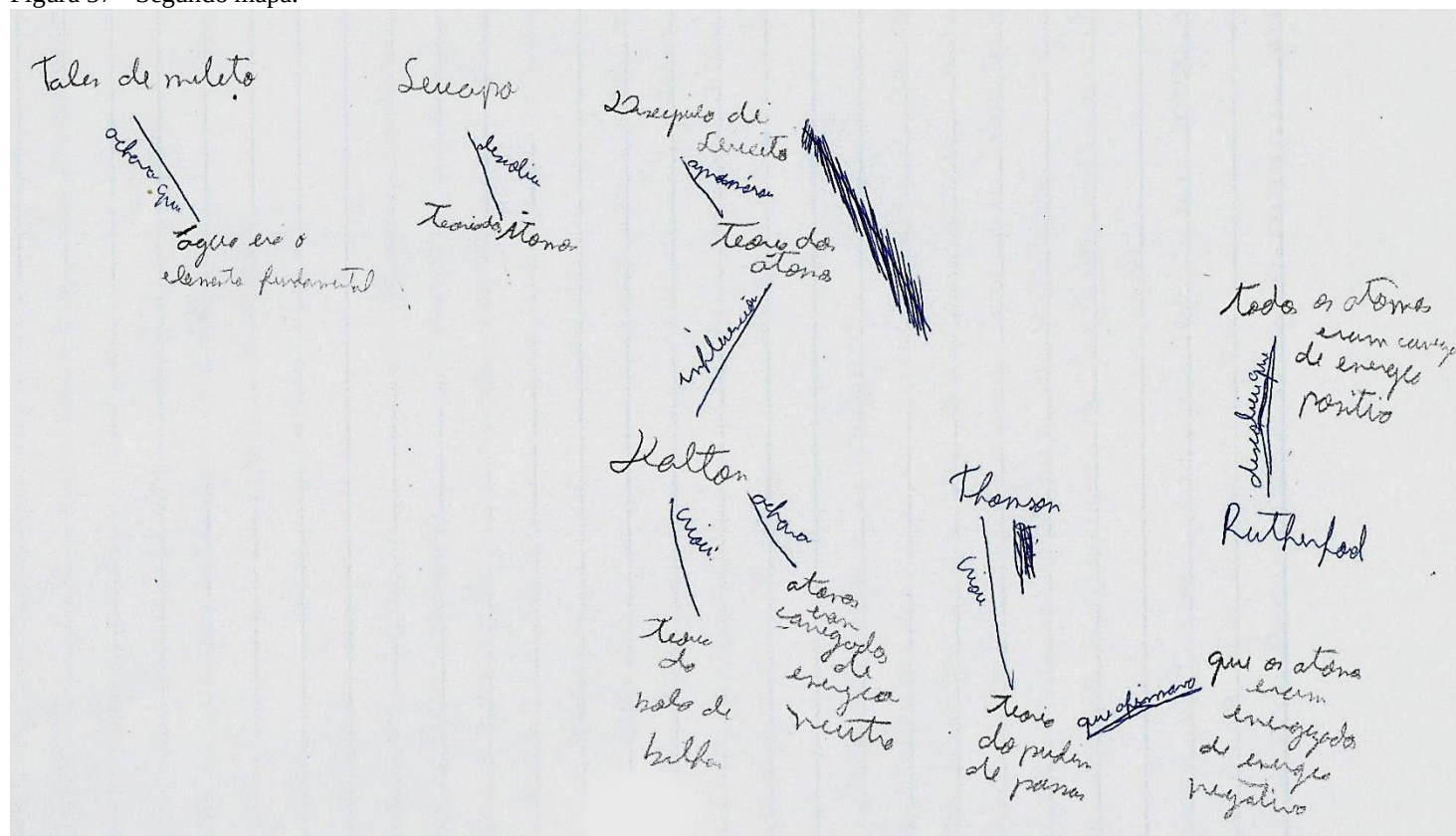


Figura 58 - Terceiro mapa.

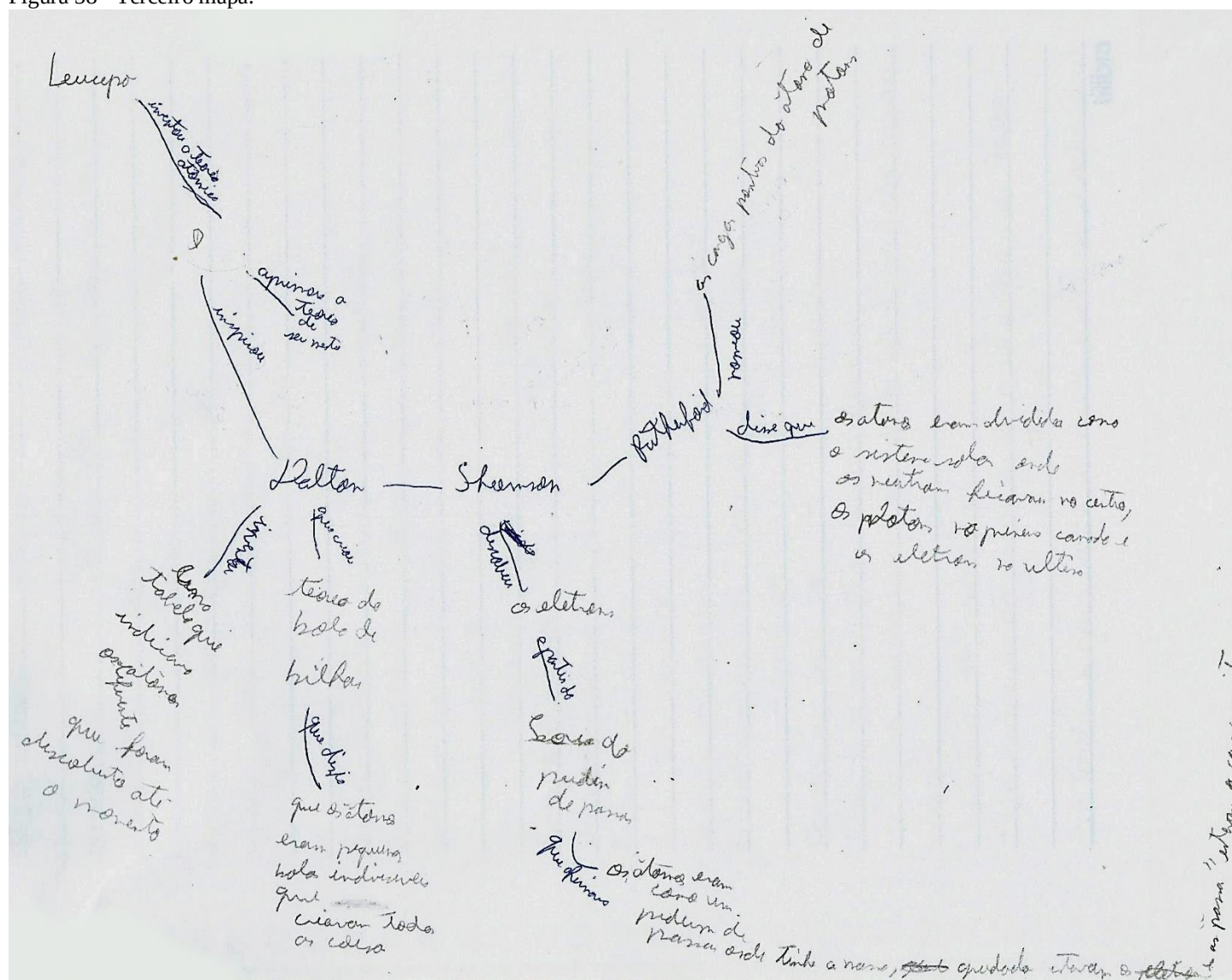


Figura 59 - Quinto mapa. Modelos atômicos.

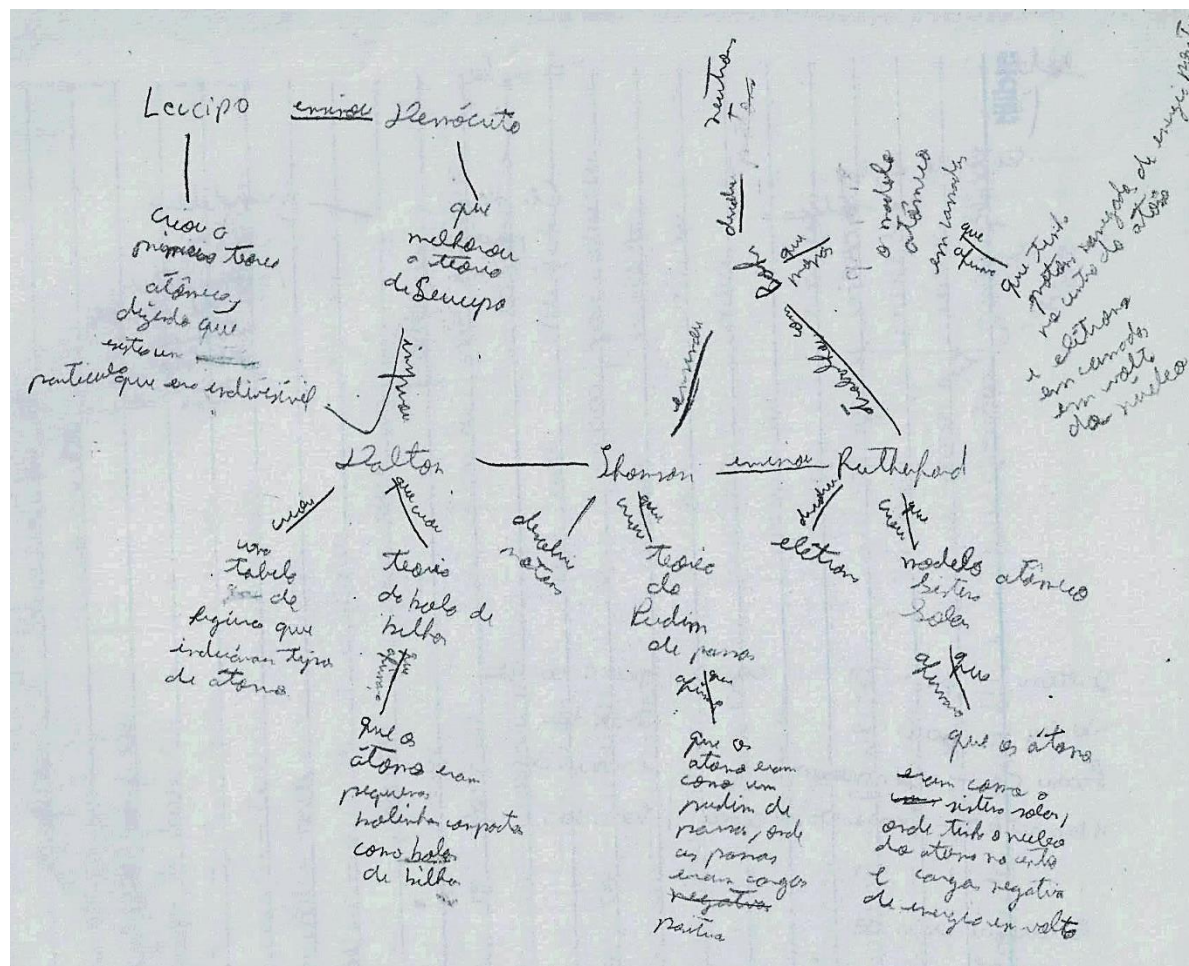


Figura 60 - Quinto mapa. Tabela Periódica.

Dalton

|

um table de legies
que indicam

os atomos

e seus tipos de atomos

Mendeleev

|

Ele descreve
o peso de
um atomo

Mendeleev

|

um table
de elementos
atomicos de
acordo com
seu peso

MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR ALICE

Figura 61 - Primeiro mapa

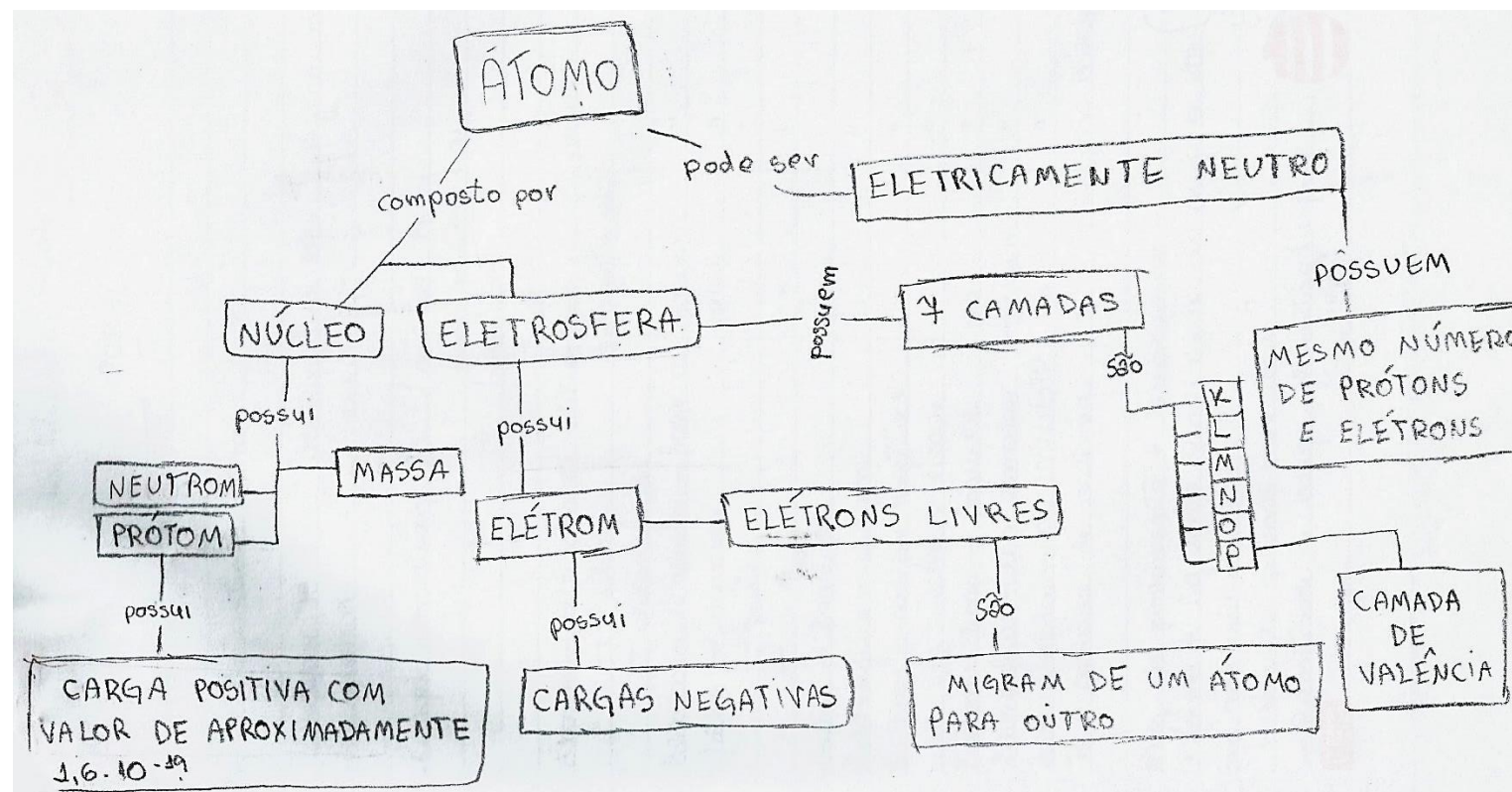


Figura 62 - Segundo mapa.

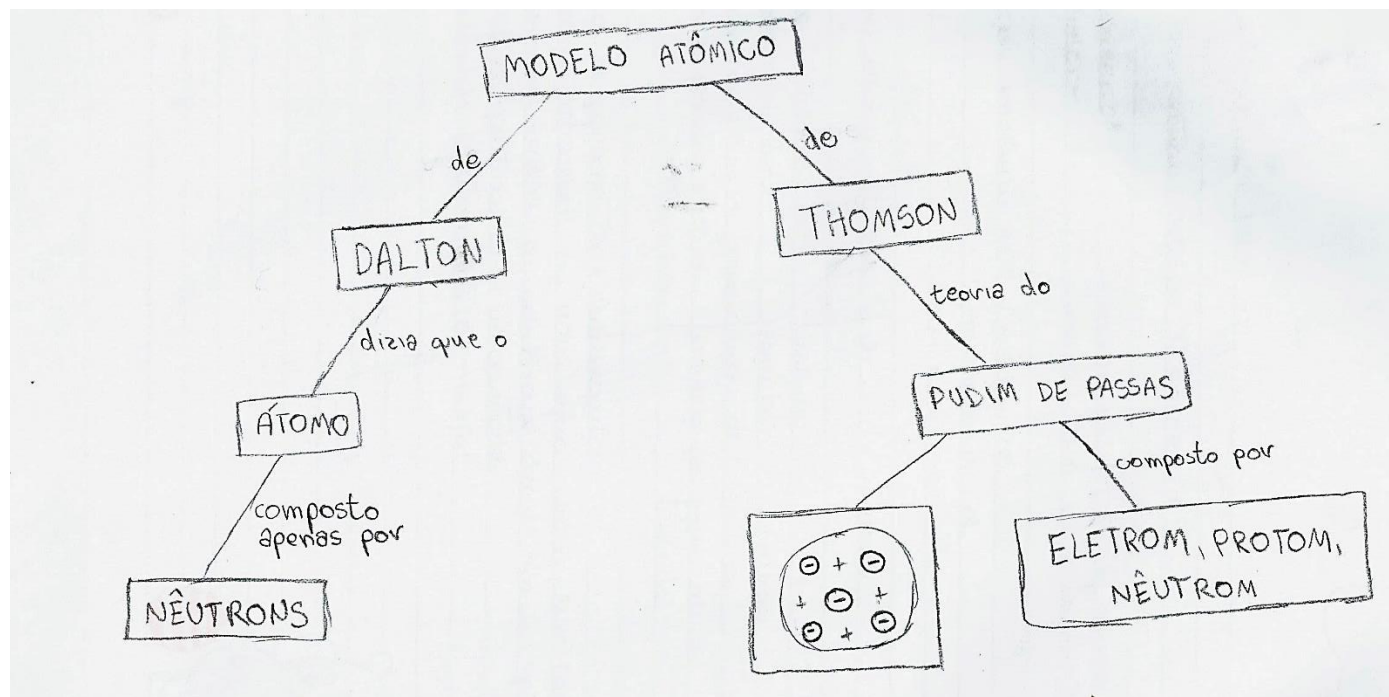


Figura 63 - Quinto mapa. Modelos atômicos e Tabela Periódica.

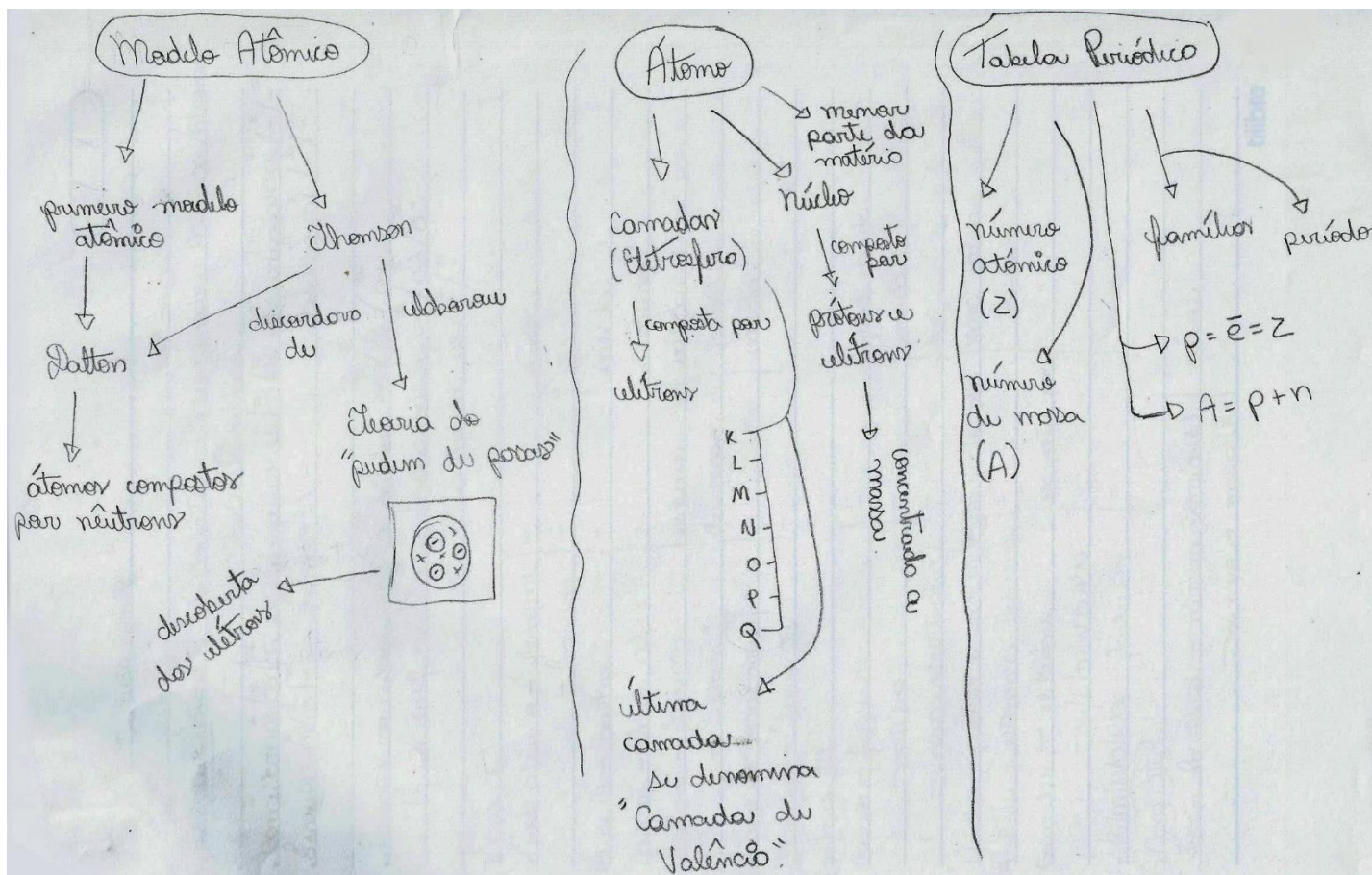
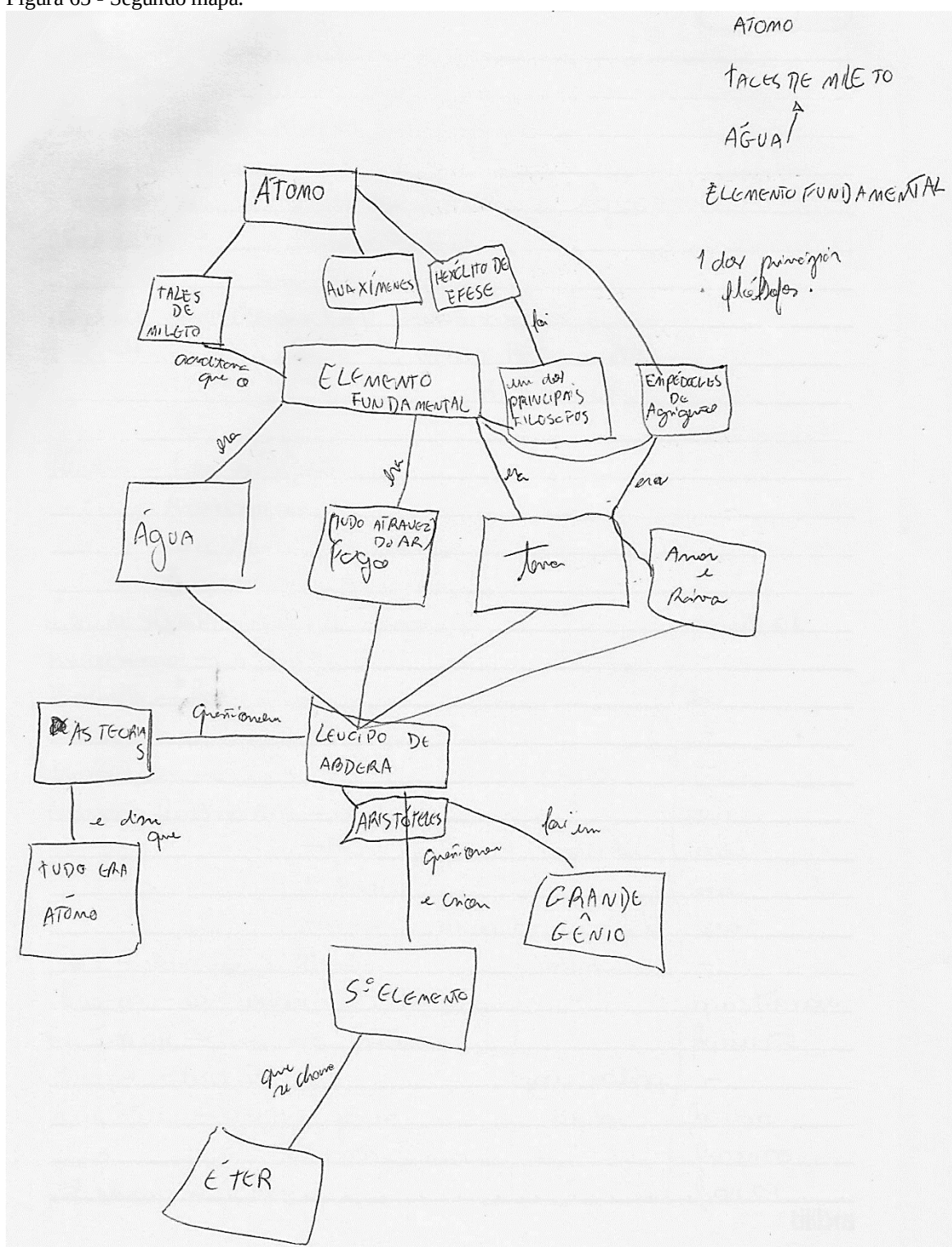


Figura 65 - Segundo mapa.



MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR BRUNO

Figura 67 - Primeiro mapa.

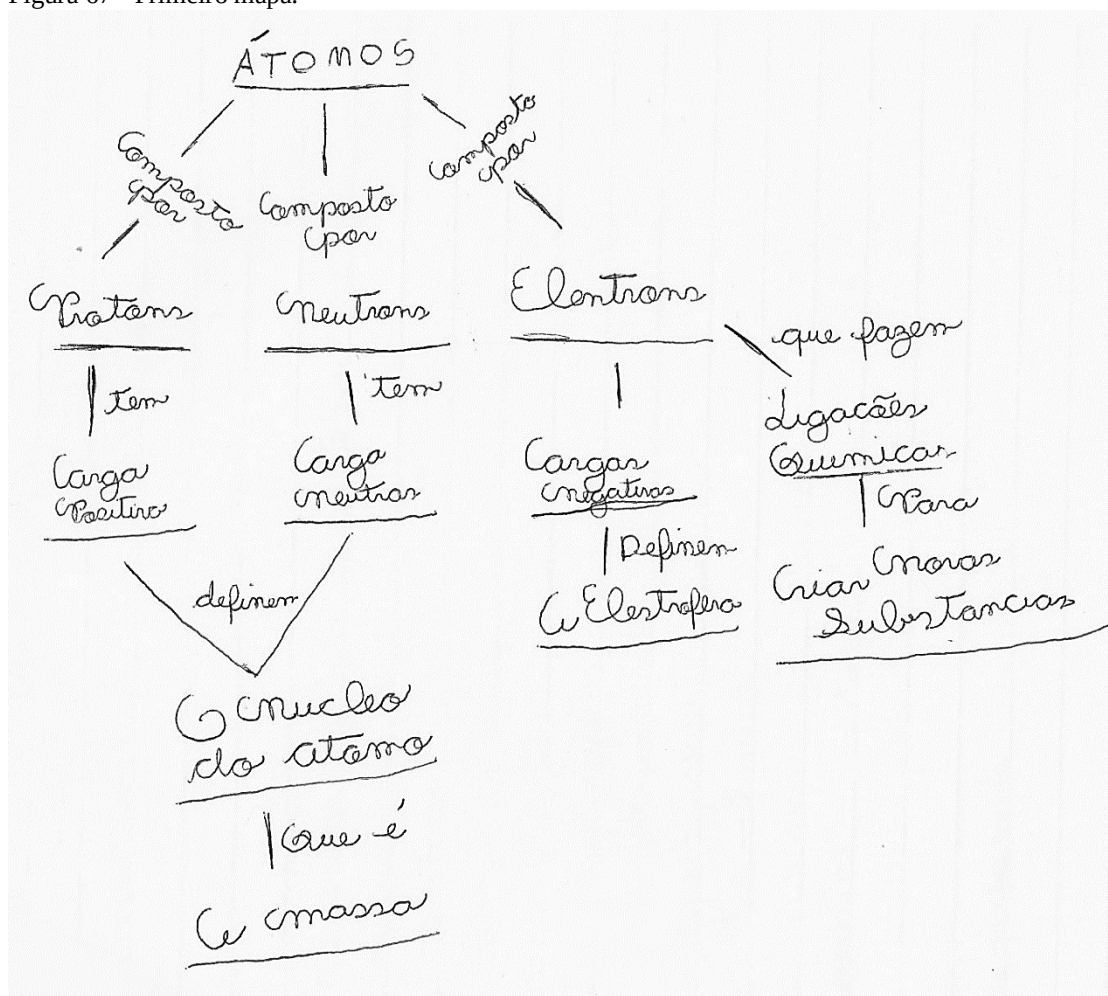


Figura 68 - Segundo mapa.

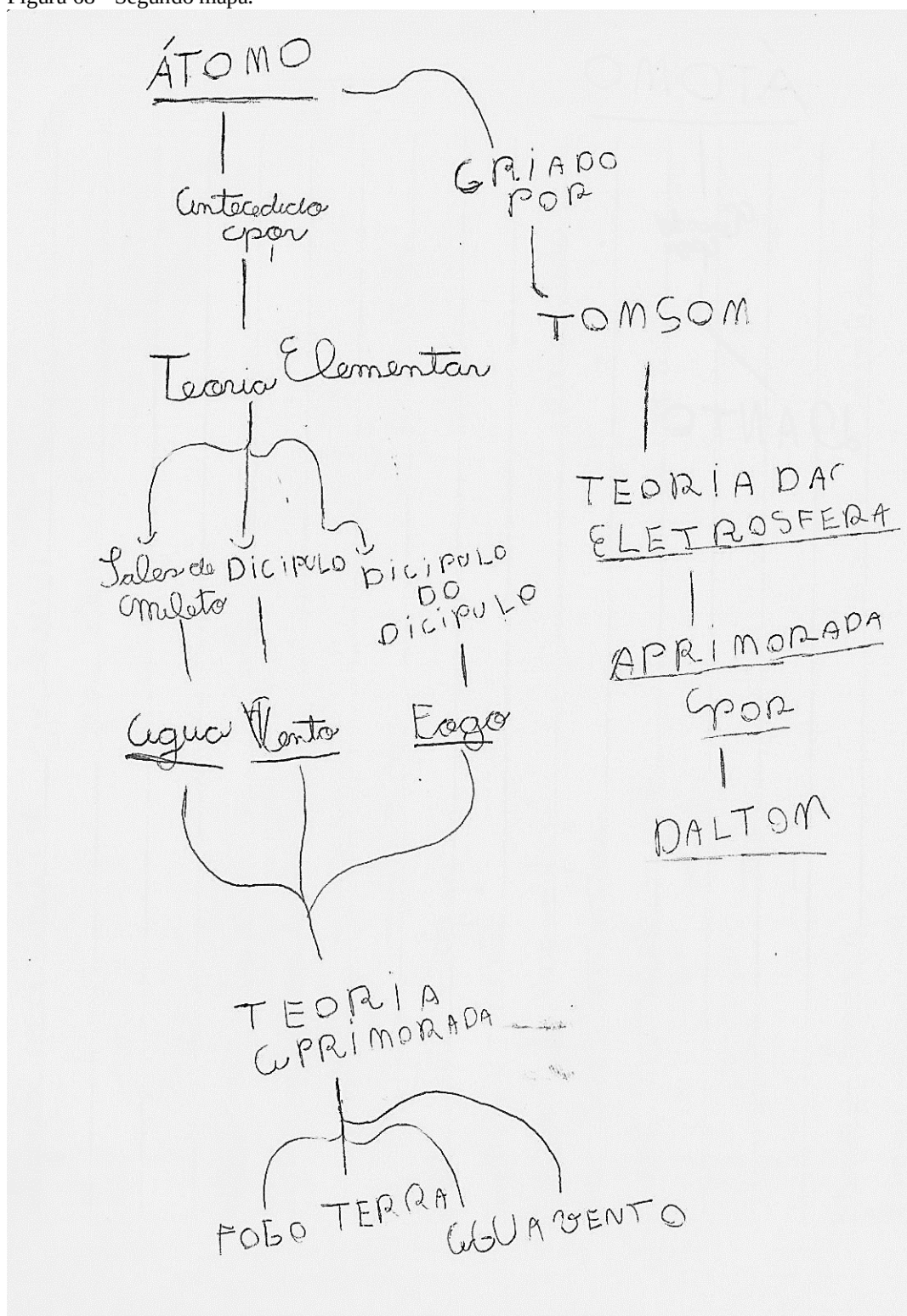
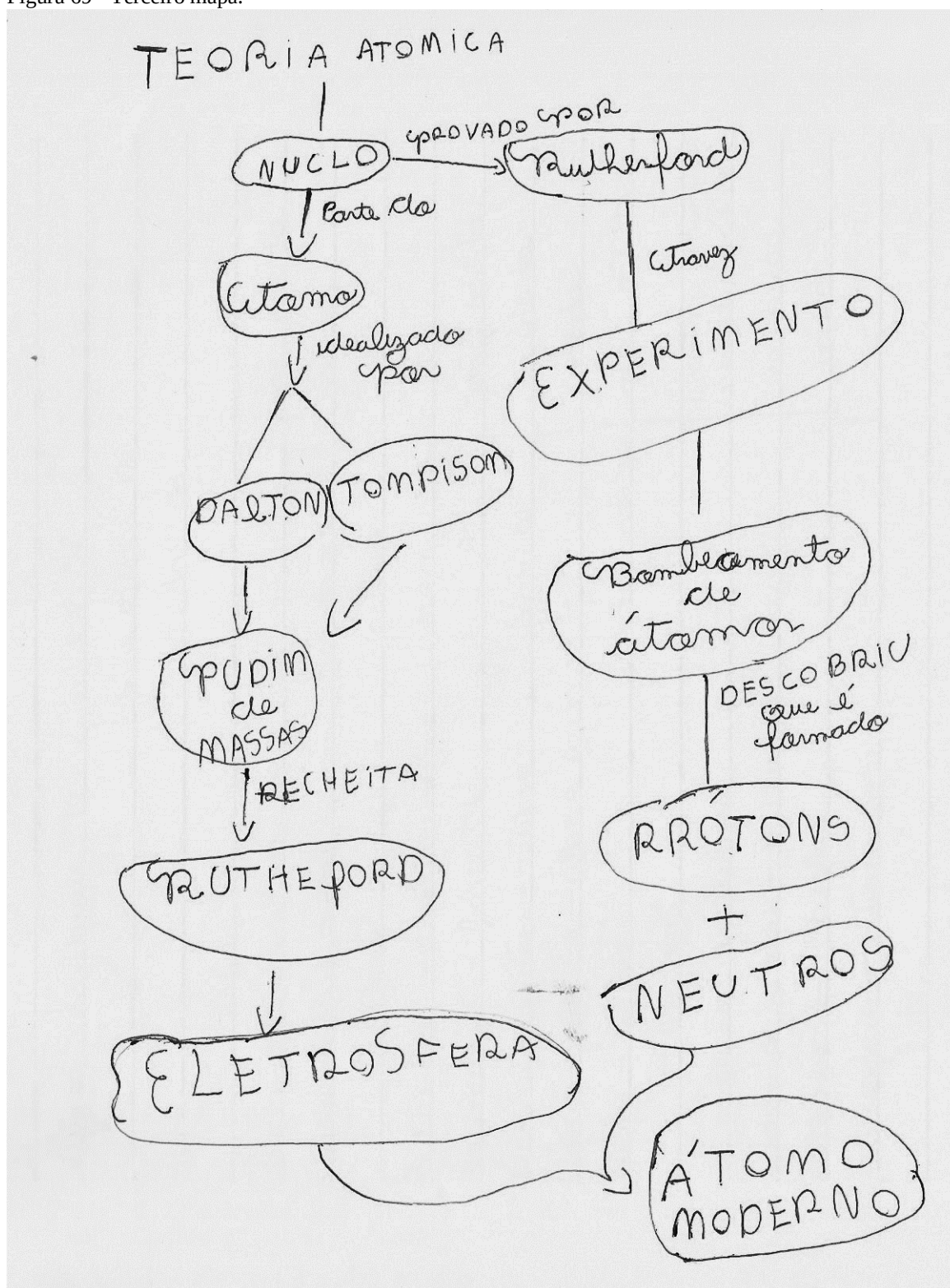


Figura 69 - Terceiro mapa.



APÊNDICE F – Transcrição das Entrevistas

Importante: o termo [...] indica que o aluno fez uma pausa para pensar em quais palavras iria usar, ou seja, indica silêncio.

1. Transcrição das entrevistas de Júlia

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Júlia: Sim. Vi ano passado.

Pesquisadora: Você sentiu alguma dificuldade em aprendê-lo?

Júlia: Não senti muita dificuldade, apenas em decorar alguns nomes e a definição de cada um.

Pesquisadora: Ok. Me explique seu mapa e quais as relações que existem no mapa que você criou.

Júlia: Em geral seria o átomo que, se eu não me engano, fica na eletrosfera. Onde estão os elétrons, os prótons e os nêutrons. Os elétrons têm carga negativa, os prótons têm carga positiva e os nêutrons são neutros. E aí todos tem um núcleo, todo átomo tem um núcleo e o núcleo é o lugar onde tem mais energia. Eu coloquei aqui também camada de valência, porque eu não sabia onde exatamente encaixar, aí eu coloquei que no átomo tinha uma camada de valência, que se não me engano, tem na eletrosfera também.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Júlia: Então, modelo atômico [...] aí eu coloquei o modelo de Thomson e do Dalton. O Thomson é do exemplo do pudim de passas, né?! Que é [...] que pelo que me lembro é [...] era [...] só tinha elétrons e depois *com* o tempo, eu coloquei que foi descoberto as cargas positivas e neutras.

Aí o do Dalton já [...] ele pensava que era composto por nêutrons [...] aí eu coloquei só isso. Aí depois eu lembrei que tinha anotado no meu caderno os dois nomes do começo né,

de tudo, do Tales e do Anaxímenes, não sei falar direito [...] e que um achava que o elemento fundamental era a água e o outro ar.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Júlia: Sim, mais hoje. Por causa dos nomes né, *aí* eu fiquei em dúvida.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Júlia: *Ham* [...] eu coloquei estrutura atômica em cima, *aí* eu falei do Dalton e do Thomson. Eu ia falar do Rutherford também, só que eu acabei esquecendo, então eu não coloquei. *Aí* eu coloquei que o Dalton [...] o núcleo né, do Dalton, que era [...] que não tinha [...] sabe aquela bolinha azul que você mostrou? Então, aquilo.

Aí do Thomson, que era do pudim de passas, que ele pensava que só tinha elétrons né no núcleo. *Aí* depois eu falei dos átomos fosforescentes e fluorescentes. Que os fosforescentes absorvem energia e o fluorescente já tem a luz própria. [...] E *aí* que absorve energia, por exemplo, do sol (em relação as fosforescentes).

Pesquisadora: Foi mais fácil para você fazer hoje?

Júlia: Não, o primeiro dia foi mais fácil.

Pesquisadora: Porque esse foi mais difícil?

Júlia: Acho que é porque tem mais conteúdo e você fica meio confuso na hora de fazer. Eu acho que foi por causa disso.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Júlia: É mais fácil com as palavras.

Quarta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Júlia: *Tá*, então, eu coloquei átomos em cima de tudo [...] *ham* [...] *aí* eu coloquei os cientistas, o Dalton, o Rutherford, o Thomson e o Bohr. *Ham* [...] o Dalton é o que descobriu os elétrons no átomo e também tinha no núcleo, né?!

Aí Rutherford, de novo, eu sempre esqueço o que ele fez, aí eu só coloquei o nome dele. O Thomson, que era a teoria do pudim de passas. O Bohr que é o [...] sobre que a excitação dos elétrons causam, *tipo*, cores, né?! É, por exemplo, a luz negra na água tônica, como a gente fez ontem. E [...] eu coloquei que até então eles pensavam que os átomos eram [...] tinham camadas indivisíveis.

Pesquisadora: Ok. Hoje a gente vai ver sobre a Tabela Periódica, você já viu alguma coisa sobre?

Júlia: Já, eu estudei o ano passado.

Pesquisadora: O que você viu sobre a Tabela Periódica?

Júlia: *Ham* [...] eu vi as famílias [...] é [...] sabe as colunas são as famílias. As linhas são [...] esqueci [...] *ham* [...] eu vi alguns elementos, eu vi [...] *ham* [...] *ai tipo* não foi muita coisa, a gente não foi muito a fundo, né. Mas eu vi por cima assim.

Quinta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Júlia: Tá. Então, eu coloquei modelo atômico em cima, e aí [...] todo modelo atômico tem um número atômico e o número atômico é do átomo, né?! Aí, do átomo a gente tem o Bohr, o Dalton, o Thomson e o Rutherford. O Bohr descobriu que a excitação dos elétrons causam cores variadas, fazendo experimentos com a ampola de crookes.

E aí o Dalton, do modelo da bola azul, porque eu não lembrei exatamente o nome [...] e [...] ele pensava que não tinha carga. Aí o Thomson era o modelo do pudim de passas [...] é [...] que era o átomo carregado positivamente com elétrons. E o Rutherford que fez experimentos com partículas alfa e descobriu que os átomos têm camadas e que tem diferentes cargas, cada camada. E [...] aí, tem agora a tabela periódica, que eu não coloquei muita coisa, mas eu coloquei que foi Mendeleiev que descobriu o modelo, *tipo*, em tabela né!? *Pra* poder organizar em tabelas.

Pesquisadora: Ok. Para fins de estudo, você utilizaria mapas conceituais ou ler o livro didático apenas?

Júlia: Olha [...] eu prefiro os dois na verdade. Eu gosto de ler o texto e depois ver o mapa, *pra* poder, tipo, organizar as ideias.

2. Transcrição das entrevistas de João

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

João: Bem pouco. Não entramos muito a fundo nesse tema, mas [...] só foi bem pouco mesmo, a gente não revisou direito.

Pesquisadora: Do pouco que você viu, você sentiu alguma dificuldade? Gostou do pouco que viu?

João: Olha [...] um pouquinho de dificuldade. Tenho um pouquinho de dificuldade. Eu acho bem difícil encontrar [...] a questão certa.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

João: Não. Na verdade, eu não tinha escutado bem o que você tinha dito e eu fiquei esperando lembrar o que você tinha dito. Então eu fiquei um tempo parado lá até alguém falar esse tema, daí eu lembrei e comecei a fazer depressa, isso aqui foi bem rapidinho na verdade, foi bem no finalzinho mesmo que eu comecei a fazer.

Pesquisadora: Você escolheu começar por modelos atômicos ao invés de átomos, porque?

João: Eu acho que começa pelo átomo [...] é [...] modelo atômico e depois átomo.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

João: Basicamente, é que o modelo atômico forma um átomo e o átomo forma as moléculas e as células. As células e o átomo [...] eu não lembro se é a molécula que forma a célula acho que é isso [...] a molécula que formava as células também. Aí, as moléculas são a água e tem os estados da água, o sólido, o líquido, o gasoso. E a água também é o que traz o ser vivo a vida. As células formam tecidos [...] e também as bactérias [...] e os tecidos formam os seres vivos também, as plantas e os animais e os seres humanos.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

João: Olha eu [...] pensei em colocar aquilo que a gente viu ontem dos pesquisadores e dos filósofos, aí eu não lembrava o nome deles, então eu coloquei só o *pensadores* e depois o que eles pensavam sobre isso, que eram os átomos, que eram todos eles. Os átomos, eles

também foram, mais ou menos, baseados nos elementos que era o fogo, água, terra e ar. Os átomos também formavam a água que era um [...] é mais ou menos isso.

Aí, a água formava a vida e os seres vivos, que eles também descobriram isso. Os átomos geram movimento e o movimento gera a temperatura, frio e quente, e a temperatura leva ao estado [...] aí a água [...] o estado pode ser da água ou de outros elementos, por exemplo, ferro [...] qualquer outro elemento, que é líquido, sólido e gasoso.

É nisso daí que eu queria basear e ontem foi mais ou menos um resumo, porque na verdade eu tinha que colocar o nome dos pensadores, só que aí eu não coloquei no caderno e depois que eu lembrei que era pra ter colocado também *inaudível* outro dia e fui anotando pra lembrar o nome dele. Eu não coloquei no caderno e não lembrei o nome deles. Eu ia colocar, eu lembrava essa parte aqui sobre eles, só que eu não lembrava mesmo deles [...] então eu fiz esse resumo [...] no máximo mesmo *pra* ser um resumo, porque eu não lembrava o nome deles e não dava pra fazer certinho.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

João: Foi um pouco. *Risos*

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

João: Olha [...] é [...] eu me confundi com os nomes de novo, então, sem querer eu troquei os nomes, mas eu achei que o Rutherford fosse aquele homem que tivesse mexido com raios-x sabe?! Aí eu coloquei algumas coisas sobre os raios-x nele. O Thomson e o Dalton estão meio trocados, mas foi mais ou menos isso aí. O átomo que foi na verdade no Thomson eu acho que foi meio *[inaudível]* que era o [...] que ele reconheceu que o átomo é [...] também tinha duas *partes(?)* que era o elétron e o próton, que são carga negativa e positiva. Que o Rutherford, que ele [...] é [...] conheceu os raios-x e depois de um tempo, com certeza, ele deve ter descoberto que prejudicava a saúde [...] aí eu coloquei que o Thomson, ele foi mais fundo nisso e ele descobriu sobre núcleo e sobre as três partes do raio-x, que era a carga positiva, a negativa e a neutra que é o gama.

Pesquisadora: Foi mais fácil para você fazer hoje?

João: Ah, foi bem rapidinho, é só confusão dos nomes de novo.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

João: É ficou mais fácil [...] as palavras ajudaram um pouco.

Quarta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

João: Aqui eu falei sobre os pesquisadores, que a senhora colocou aqui (lousa). Aí eu falei sobre eles e depois eu coloquei uma aqui embaixo que é dos pensadores que eu coloquei o resto do que eu lembrava. Aí eu vou começar por aqui, por cima.

Sobre o Dalton, eu troquei o Dalton pelo Thomson, só na bola de bilhar e no pudim de passas que *[inaudível]* aqui eu coloquei bola de bilhar. Aí, depois eu pensei e troquei. O Dalton propôs sobre os símbolos, que você disse aquele dia. E o Thomson estudou sobre os elétrons e o Dalton também. Dalton e ele (Thomson) estudaram [...] e ele é o mestre e ensinou o aprendiz dele. Por isso eu coloquei esse tracinho, porque os dois foram [...] na verdade um estudou com o outro [...] aprenderam muito um com o outro.

O Rutherford que descobriu o núcleo pelo [...] que era tipo um [...] que era [...] como é que é o nome daquele metal? Que era [...] eu esqueci o nome do metal, aí que ele media, que colocava na placa de ouro e que separava. Ele descobriu que tinham algumas interferências e depois ele [...] é [...] deu o nome de núcleo. Que era o núcleo que protegia o átomo [...] que não fazia todos os elétrons e os prótons [...] é [...] e os prótons sem se unir assim e explodir, sei lá.

O do Bohr [...] o do Bohr eu não lembro de muita coisa, lembro tipo, bem pouco, então eu não sei muito dele. Ainda, por enquanto, depois eu vou dar uma recapitulada nele. Aí ele viu sobre as camadas que era aquele, tipo q, m, l [...] essas coisas aí. Aí e a indivisível, que eu não sei o que é. Eu não entendi direito, sabe. Eu ia falar pra você, mas eu esqueci de falar também, que eu não sei o que é isso, depois você me explica direito? Eu não sei o que que é.

E agora sobre os pensadores, eu coloquei sobre o raio-x. Que o raio-x é uma luz e ela se divide em três partes que era a beta, a alfa e a gama. A beta é a negativa e a alfa é a positiva. E no raio-x também sobre a radiação [...] que a radiação tem o negativo e o positivo.

Aí, também aqui, a dos pensadores [...] a descoberta dos prótons e dos nêutrons [...] também que eu coloquei que é bem importante. Também as propriedades da luz e do que elas são feitas, são de ondas [...] mais ou menos, ninguém sabe direito ainda. Eu ia colocar sobre as ondas magnéticas, mas estava um pouco fora de ordem né, aí eu deixei assim mesmo, mas

também tem sobre as ondas magnéticas que fazem a [...] que propagam na velocidade da luz também [...] mais ou menos isso.

E sobre o Maxwel, aí sobre ele eu não [...] também não lembro direito também sobre ele. Eu não estudei ontem sobre ele também, eu não cheguei naquela parte ainda, mas eu vou estudar amanhã, tá bom? E é isso, por enquanto.

Pesquisadora: Ok. Hoje a gente vai ver sobre a Tabela Periódica, você já viu alguma coisa sobre? O que você viu sobre a Tabela Periódica?

João: Sim eu [...] antes de vir pro agrícola eu tinha que fazer a prova do vestibulinho pra entrar. Antes disso, eu tinha uma professora, eu esqueci o nome dela agora, aí ela me ensinou um pouco sobre a tabela periódica e foi ela que me ensinou como que funciona [...] sobre a tabela periódica certinho, que tinha os metais e os não metais, os gases nobres e o do hidrogênio, que tá sozinho [...] coitado. Ela explicou pra mim direito, aí passou muito tempo que eu não mexia, eu não lembro direito das coisas. Ela deu exemplos dos símbolos dos [...] dos [...] dos elementos, do ferro, do cobre e foi indo e viu também umas misturas, se são ácidos ou óxidos, essas coisas [...] aí são quatro né, eu esqueci das outras duas, faz tempo que eu não mexo na tabela periódica mesmo. E é por aí, isso aí que eu aprendi mais ou menos sobre a Tabela Periódica.

Quinta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

João: Eu fiz mais ou menos baseado [...] aqui em cima nos pensadores, sobre os átomos, e aqui embaixo sobre a história da tabela periódica. Posso começar pela tabela periódica?

Pesquisadora: Sim, pode sim.

Aqui na tabela periódica, eu não lembro o nome de alguns pensadores, mas eu fiz uma [...] um pouco das coisas que eles fizeram aqui, que é sobre os números atômicos, que eu lembro quem [...] que ele fez um [...] os números atômicos. Aqui que tem mais alguns outros tipos até chegar na tabela periódica atual que é a *trindade*, o parafuso e a tabela periódica só que a velha, aquela que o [...] eu não lembro o nome dele. Aí que ele tinha baseado na tabela periódica e o Moseley ele deu uma arrumadinha e [...] arrumou a tabela periódica, que eu coloquei como tabela periódica atual [...] que ficou até hoje.

Aí, aqui tem os pensadores que é o Dalton, aquele que propôs símbolos para os *números atômicos*, que também falou muito sobre a indivisibilidade que é algo que não pode mais se partir. Ele que propôs a bola de bilhar, uma maneira de alguma coisa [...] eu não lembro direito [...] ele também estudou sobre os elétrons. Thomson também, que é o discípulo dele, ele também estudou sobre os elétrons e ele também criou o pudim de passas.

Aí tem o Röntgen, ele estudou sobre os raios-x. Aí tem, também, depois dele (Röntgen), um homem que eu esqueci o nome também, que ele ensinou a duas pessoas que eram Pierre e Marie, que são casados, eles estudaram também sobre raio-x e sobre [...] eu esqueci o nome também. *Pera* deixa eu lembrar *inaudível* é muita coisa. Aí ele também estudou sobre os raios-x e sobre alguns fatos que ele colocava duas placas assim [...] é [...] que guardava uma carga negativa e outra positiva e via que separava os três tipos, uma chamada de beta, a gama e a outra de alfa. E Rutherford que descobriu os átomos e os prótons. Moseley, que também tá aqui, que ele falou sobre as camadas que baseou as camadas [...] e Bohr que descobriu os núcleos.

Pesquisadora: Ok. Para fins de estudo, você utilizaria mapas conceituais ou ler o livro didático apenas?

João: Bem mais fácil. Porque geralmente quando você pega alguma sobre eles, tem aquele textão gigante e aí tem que ler tudo, geralmente você esquece da metade [...] você não lembra de quase nada.

Aqui também, eu tinha que ler um pouco mais porque eu acabo esquecendo de muita coisa, mas é bem mais fácil mesmo assim montar o mapa, é bem mais fácil porque você encontra as coisas mais fáceis. Enquanto num texto que tem numa folha desse tamanho você precisa caçar e encontrar as coisas assim [...] e as palavras importantes que tem nas coisas assim. Aí o mapa ajuda bastante, você não precisa caçar, aqui já tá mostrando né. Bem mais fácil.

3. Transcrição das entrevistas de Bruna

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Bruna: Já, já tinha visto.

Pesquisadora: Você sentiu alguma dificuldade?

Bruna: Não, não muito quando eu estudei. Foi mais na hora de fazer o gráfico (mapa) e de lembrar das coisas para montar.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Bruna: Um pouquinho, mas depois foi fácil.

Pesquisadora: Então foi mais difícil começar seu mapa?

Bruna: Isso.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Bruna: Foi assim. Quando eu comecei, comecei pela [...] quando abre a chave [...] pelo átomo. Aí aqui eu pensei “*tem três tipos*”, aí eu coloquei que pode ser nêutron, próton e elétron. Depois eu fui direto aqui pra baixo [...] eu não, *tipo*, comecei e já coloquei aqui, na eletrosfera, que na eletrosfera possui a camada de valência que possui esses três, que são os nêutrons, os prótons e o elétrons. Agora eu não sei se tá certo, porque eu não lembro muito. E é basicamente isso.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Bruna: Bom, eu decidi começar pelos elementos fundamentais, que eu achei que era tipo uma palavra-chave, pra um ponto de partida, pra começar o gráfico (mapa). Aí depois eu fiquei pensando nos elementos, eu coloquei água, fogo, ar e terra. Aí depois, pelo que eu lembrava mais ou menos, eu coloquei tipo [...] o que cada [...] eu não sei como eu posso fala, não sei se é cientista, físico [...] que era *tipo*, o que eles mais acreditavam, entre aspas. Aí eu coloquei *tipo*, o que eu lembrava, que água era Tales de Mileto, fogo era Heráclito, do ar o Anaxímenes, eu acho que é assim que fala (Anaximénes) e de terra eu não lembrei.

Aí eu puxei uma seta lá pra cima sobre amor e discórdia, porque eu tinha lembrado que a gente tinha falado isso durante a aula, mas eu não sei se eu coloquei no ponto certo. Só coloquei porque eu lembrei mesmo, que a gente tinha falado.

E [...] aí eu puxei uma seta do Thomson e naquela [...] não sei se, é tipo uma [inaudível], não sei [...] que ele acreditava naquele pudim de passas, tipo uma forma, [inaudível]. E ali eu puxei também pro Aristóteles e pro Dalton, dos elementos fundamentais, que eu não lembrei também no que eles acreditavam. E foi isso.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Bruna: Sim. Tive dificuldade pra fazer com o que eu lembrava de ontem.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Bruna: Bom, eu quis começar por [...] *tipo* [...] pensamentos importantes que são [...] que eu achei que eram importantes. *Tipo* desses três químicos/cientistas, enfim. Aí eu coloquei, eu não sei se tá certo, mas eu coloquei que eles acreditavam que tinham um núcleo e que nesse núcleo tem os prótons e elétrons. Ai eu não sei se eu coloquei certo aqui ou era pra mim ter colocado ali. Depois eu fiquei pensando até [...] eu coloquei que os prótons e elétrons tinham cargas negativas e positivas.

Ai depois, ainda nos pensamentos importantes, eu coloquei que tinha sobre o átomo [...] aí eu não [...] igual eu falei, não sei se tá certo, essas cargas positivas e negativas é ali no átomo ou [*inaudível*].

Pesquisadora: Foi mais fácil para você fazer hoje?

Bruna: Ah mais ou menos, nem tanto.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Bruna: Acho que ajudou sim.

Quarta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Bruna: Eu quis começar pelos cientistas e químicos. Aí como eu não lembrava muito [...] desses que você passou na lousa [...] do que eles acreditavam, eu fui pelo que eu lembrei. Aí eu coloquei o Newton, que eu lembrei que ele tinha falado da lenda da maçã e ele acreditava que a luz era um fluxo de pequenas partículas, igual eu coloquei aqui. Aí depois eu puxei pro Christian e o Young, que eles acreditavam que a luz era composta por ondas. Eu lembrei só desses, praticamente.

Do Planck que ele era tipo o pai da mecânica quântica e o Clerck que ele era [...] não sei se ele acreditava [...] não sei, mas eu lembro que ele era do eletromagnetismo. Aí eu não sei se essa parte tá certa, que eu coloquei o eletromagnetismo possuía a fosforescência e eu ia

colocar a outra também, só que eu acabei não lembrando. E eu coloquei que *tava* ligada a luz, de alguma maneira.

Pesquisadora: Ok. Dos modelos atômicos você não lembrou de nenhum deles?

Bruna: Não.

Pesquisadora: Ok. Hoje a gente vai ver sobre a Tabela Periódica, você já viu alguma coisa sobre?

Bruna: Já, já vi.

Pesquisadora: O que você viu sobre a Tabela Periódica?

Bruna: Bom, quando eu estava [...] foi no nono que eu vi. Nos outros anos eu não tinha visto. Aí eu vi a tabela e tudo o que tinha lá, os elementos. Eu tinha visto também aquela formulinha, que agora eu não vou lembrar, mas é alguma coisa relacionada a tabela periódica. Esqueci a fórmula, mas eu lembro que é alguma coisa ligada [...] a foi isso, basicamente. E a gente usava pra fazer algumas coisas [*inaudível*].

Quinta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Bruna: Eu lembrei do [...] aí você tinha que colocar Dalton e o Thomson, aí eu coloquei o Dalton, ele é da bola de bilhar, que eu não tinha lembrado, e o Thomson era do pudim de passas. Aí eu coloquei que foram dois experimentos importantes, e nesses experimentos também surgia o número atômico. Do número atômico eu puxei pra dois lados, que tem os isótopos que possuem prótons e número de elétrons diferentes. E nos isóbaros que possuem elementos diferentes.

Aí no número atômico eu puxei que ele tem na tabela periódica, nos elementos né, todos eu acho que tem, pelo que eu lembro, aí [...] que ela passou por mudanças durante o tempo e que também tem o número de massa, igual número atômico. E na Tabela periódica, o modelo [...] eu acho, não sei se tá certo, de Mendeleiev né, aí eu não sei se ele era da Tabela Periódica, da última tabela e, pelo que eu me lembre, eu acho, que a dele é a que tá sendo usada atualmente. Não sei se tá certo.

Pesquisadora: Ok. Para fins de estudo, você utilizaria mapas conceituais ou ler o livro didático apenas?

Bruna: Então, porque [...] é [...] geralmente eu não tenho muito costume de fazer mapas, acho que eu nunca fiz mapa para estudar pra prova. *Tipo assim*, até que é uma boa

porque [...] pra você organizar seus pensamentos assim, suas opiniões e o que você acha. Mas eu nunca tinha usado não, eu sempre lia ou fazia resumo.

4. Transcrição das entrevistas de Daniele

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Daniele: Sim, meio por cima, quando tava estudando pra prova da ETEC. Aí foi quando eu fui procurar. Na minha escola a gente não tinha a matéria química, tinha ciências, mas bem por cima.

Pesquisadora: Do pouco que você viu, estudando pra prova da ETEC, você sentiu alguma dificuldade?

Daniele: Um pouco. Eu nunca tinha visto né, foi o início. Mas acho que, assim, deu pra pegar.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Daniele: Um pouquinho.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Daniele: Eu não sei se as cargas estão corretas, mas pelo que eu lembrava eu tentei colocar. Eu coloquei o átomo né, e dele puxei uma seta pro núcleo, que dentro do átomo existe um núcleo e dentro desse núcleo tem as partículas de elétrons, prótons e nêutrons. Aí eles tem uma carga, eu tenho certeza que o nêutron é uma carga neutra, zero né. E aí eu não sei se o elétron e o próton é mais um ou menos um. Aí eu coloquei assim, do jeito que eu achei que era.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Daniele: Então, lembrando do que estudei do modelo atômico, eu lembrei do primeiro, não tenho certeza, mas eu tentei resumir. Ainda faltou os outros que a gente realmente estudou, mas eu não lembrava e não deu espaço aí eu não coloquei.

Mas aí eu coloquei Tales de Mileto e a teoria que ele achava que era só água né, que derivava as coisas, aí como eu não lembrava de todos os pensadores eu coloquei que [...] é [...] que eu também não sabia qual que era o nome, mas eu sei que um resolveu a teoria dos quatro elementos, terra, água, fogo e ar. Aí depois surgiu um pensamento, que foi o que atrasou um pouco né, que foi Aristóteles que ele ainda acrescentou mais um elemento chamado éter, não tenho certeza. E ele atrasou e foi isso que eu deixei.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Daniele: Senti, bem mais do que ontem.

Pesquisadora: Porque?

Daniele: Acho que é porque eu não memorizei muito algumas coisas e também pra mim organizar, eu não consegui, as vezes eu colocava uma coisa primeiro e não sabia se colocava outra por causa das datas né.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Daniele: Eu falei de Rutherford, que ele investigou as propriedades dos raios-X né, ele fez uma substância com chumbo que ele colocou uma substância alpha dentro e ele observou algumas coisas né, com o experimento que ele fez. Que esse átomo, ele tem núcleo, que ele não é maciço [...] tem uma massa densa dentro dele e tem algumas cargas. E aí existem [...] quando ele fez o experimento ele viu que o positivo ia pro negativo e o negativo ia pro positivo e uma continuava neutra, foram chamados de nêutrons, elétrons e prótons. E eles (átomos) podiam sim ser divisíveis.

Pesquisadora: Foi mais fácil pra você fazer hoje?

Daniele: É, acredito que foi mais fácil hoje do que ontem.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Daniele: Sim. Você lembra e da uma clariada, as vezes *[inaudível]*.

Quarta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Daniele: Ai eu não lembrava bem, mas pelo experimento foi o que eu tentei lembrar. Aposto que tem muita coisa que tá errado ai e nem tem muita coisa. Mas eu falei [...] quando você mostrou sobre duas luzes [...] eu falei sobre a luz, eu não lembrava muito de Bohr. Mas quando duas luzes [...] elas não têm interferência, pelas partículas, uma pode atravessar a outra, normal, elas não se chocam. Ela tem partículas de elétrons, será que é isso?! Não sei. Mas eu sei que tem alguma substância que quando ela entra em contato com a luz negra, ela excita os elétrons que tem dentro dela, começam a brilhar. É isso [*inaudível*].

Pesquisadora: Você não se lembrou de nada do modelo de Bohr, de Dalton?

Daniele: Não, Dalton e Thomson eu lembro porque eu fiz no outro mapa. Mas eu queria colocar só o que a gente aprendeu na aula passada. E como eu também já fiz um eu não sabia como relacionar um com o outro.

Pesquisadora: Ah, ok! Então explica pra mim o modelo de Dalton.

Daniele: Dalton foi o que fez a bola de bilhar [...] ele fez experimento com aquela [...] ai não lembro. Acho que eu to confundindo.

Pesquisadora: Ok. Hoje a gente vai ver sobre a Tabela Periódica, você já viu alguma coisa sobre?

Daniele: Já vi uma tabela periódica mas estudar ela eu nunca estudei.

Quinta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Daniele: Eu comecei [...] só pra não voltar tudo, eu peguei só o primeiro, Tales de Mileto sobre a teoria de que do ar se derivava as coisas né. E um dos mais importantes, que eu puxei, que surgiu Thomson, que ele propôs o pudim de passas e aí o Dalton, que ele propôs a bola de bilhar.

E aí um outro mais importante que também saiu foi Rutherford, que ele também propôs um sistema sobre a [...] não é eletricidade [...] sobre os átomos né. Dai ele propôs o sistema solar e também estudou a radioatividade. E aí surgiu Bohr que eu não lembro muito o que ele fez, mas sei que ele também estudou a radioatividade. E Clerk estudou o eletromagnetismo. É o que eu lembro.

A tabela periódica eu sei que alguém, que também não lembro o nome propôs pra organizar a tabela com os átomos. Ele chamou também de parafuso alguma coisa, que eu também não lembro. E teve outro cientista que ele organizou de acordo com as notas

musicais. Aí [...] eu não tenho certeza, mas eu acho que foi Moseley que descobriu ou teve alguma coisa com o número atômico né e aí eu sei que Mendeleiev foi quem organizou o maior né, que foi o que ficou até [...] não até hoje, mas *[inaudível]*.

Pesquisadora: Ok. Para fins de estudo, você utilizaria mapas conceituais ou ler o livro didático apenas?

Daniele: Sim, bem melhor.

5. Transcrição das entrevistas de Pedro

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Pedro: Sim, eu já.

Pesquisadora: Você sentiu alguma dificuldade?

Pedro: Não, a gente viu bem rápido.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Pedro: Um pouco. Eu confundi os modelos de Dalton e Thomson.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Pedro: Eu lembro que Dalton, ele descobriu o átomo. Eu não lembro muito bem, por isso não coloquei a informação, mas foi alguma coisa de uma árvore. Eu não lembro, se estiver errado, me desculpe. Aí ele (Dalton) pensou que era indestrutível e indivisível e ele também chegou *[inaudível]* que era uma bola de bilhar, porque ele não sabia que tinham elétron, nem nêutron e nem próton.

Aí eu lembro que Thomson, ele apelidou de pudim de passas porque, eu não sei se tá certo, mas eu acho que ele descobriu os prótons que era fixados no núcleo.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Pedro: Eu fiz o mapa com o tema principal sendo átomo e eu lembro que quem descobriu o átomo foi Leucipo. E [...] aí [...] mas antes disso tivemos Tales de Mileto que ele achou que a água era o elemento fundamental, que constituía todos os seres. Após muito tempo, teve um cara lá que ele fez *[inaudível]* de Crookes né e Dalton aprofundou e ele

descobriu [...] não ele não descobriu, ele estudou mais a fundo o átomo e fez a bola de bilhar. Que ele dizia que o átomo era indestrutível e era maciço e inseparável.

Ai depois a gente teve Thomson, ele aprofundou, ele dizia que os elétrons eram grudados no átomo e que o núcleo era positivo.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Pedro: Não, foi mais fácil hoje.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Pedro: Eu vi que na teoria de Dalton, do átomo da bola de bilhar, ele dizia que o átomo era maciço, indivisível e indestrutível. [*Inaudível*] elétrons, prótons e núcleo.

Aí o de Thomson, ele disse que era o pudim de passas e ele tinha um núcleo que era positivo e as passas eram os elétrons, que eram fixadas no núcleo.

Rutherford ele, eu acho não me lembro bem, ele deu nome pros prótons, eu acho. Aí ele criou a teoria do sistema solar que ele descobriu com experiências com a radioatividade. Aí ele viu que o núcleo era pequeno e positivo. Ele descobriu também pelas experiências de Roentgen, que Roentgen fazia experiências com as ampolas de Crookes.

E é isso só, eu acho [...] eu não lembro muito dos nomes.

Pesquisadora: Foi mais fácil pra você fazer hoje?

Pedro: Foi, foi. A primeira vez eu tinha me confundido no modelo de Thomson.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Pedro: Sem, fica melhor.

Quarta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Pedro: O átomo, quem começou estudando ele foi Leucipo, mas quem aprofundou foi o Dalton. Dalton dizia que ele era um átomo indivisível, indestrutível e maciço. O átomo vem do nome que “não é divisível”, eu acho que é isso. Aí depois veio o Thomson e ele aprimorou o de Dalton, ele criou o modelo do pudim de passas, que o núcleo seria positivo e as passas seriam os elétrons.

Depois disso veio Rutherford, ele criou o modelo de sistema solar e para isso ele fez experiências com radiação e a ampola de Crookes e não de Brookes como eu escrevi ontem. E ele viu que o núcleo não era tão grande com o modelo de Thomson, que era menor e positivo e havia um espaço vazio que era a eletrosfera. Ele também descobriu isso com o efeito fotoelétrico, que eu não sei se é de Newton ou Einstein, que tem alguma coisa haver com a constante de Planck.

Eu também coloquei que a luz quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda e que a luz são eletromagnéticas [...] ondas eletromagnéticas. É [...] aí depois de Rutherford, veio o Bohr que ele criou os subníveis eletrônicos, que foram divididos em k, l, m, n, o, p, q. Que cada subnível desse [...] nível né, porque subnível é o outro, cada nível desse tem um tanto de elétrons que é 2, 8, 18, 32, 32, 18, 2 ou 8.

Depois eu vi Chadwick, que ele descobriu os nêutrons e sobre o Chadwick eu não sabia [...] e foi isso, é o que eu mais lembro, que eu achei mais importante, falta muita coisa.

Pesquisadora: Ok. Hoje a gente vai ver sobre a Tabela Periódica, você já viu alguma coisa sobre? O que você viu sobre a Tabela Periódica?

Pedro: Já, eu vi que são organizados de acordo com o número atômico e que o hidrogênio ele só tem um, se não me engano o número atômico é o número de prótons [...] não é?! Ou elétrons [...] só que elétrons é [inaudível] porque pode mudar e tem o número de massa também que são o número de prótons mais os [...] e que era dividido os gases nobres que ficam na direita, que eles têm oito ou dois, por causa do Hélio.

6. Transcrições das entrevistas de Aline

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Aline: Não, bem pouco.

Pesquisadora: Do pouco que você viu, você sentiu alguma dificuldade?

Aline: Eu gostei, mas não aprendi muito, porque eu não tive aula né.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Aline: Não, organizar não, mas eu não sabia nada então só deixei isso aqui.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Aline: Eu *peguei* o átomo e dividi ele [...] nas partes que ele tem [...] eu não sei também como é que chama isso aqui. Só coloquei isso e depois eu vi do que que ele é feito [...] não sei como fala, mas eu sei que tem esses negativos [...] carga eu acho que chama. Eu apenas dividi só.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Aline: Eu comecei pelo modelo atômico, não sei nem se tá certo, mas Dalton e Thomson [...] aí eu não lembrava muita coisa, mas eu lembrei que ele representou o átomo como um pudim de passas e [*inaudível*] e esse aqui como o círculo/bola azul lá. E depois eu peguei que Aristóteles não acreditava nisso, ele acreditava que tudo era feito de algum elemento [...] tipo terra [...] é isso e Tales também não acreditava.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Aline: Não. Eu senti mais dificuldade ontem.

Quarta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou? O que você lembra quando vê seu mapa?

Aline: Então, eu comecei com Dalton, coloquei que ele [...] *pegou* [...] foi dividindo as coisas até um ponto que ele achou uma partícula indivisível e chamou de átomo. E Thomson também estudou o átomo e ele representou o átomo como um pudim de passas. Depois, acho que ele (Rutherford) também fez experiências né?! E fez alguma coisa com radiação também [...] fez experiências.

Dalton representou o átomo como uma bola de bilhar e também criou uns símbolos para os elementos químicos.

Pesquisadora: Ok. Hoje a gente vai ver sobre a Tabela Periódica, você já viu alguma coisa sobre?

Aline: Bem pouco.

Pesquisadora: O que você viu sobre a Tabela Periódica?

Aline: Eu já vi como que é [...] eu sei alguns nomes de elementos só. Só isso mesmo.

Quinta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou? O que você lembra quando vê seu mapa?

Aline: Então, eu comecei da teoria o elemento fundamental. Coloquei de Tales, que pra ele o elemento fundamental era água. Depois Anaxímenes, que o elemento pra ele era o ar. Esse aqui (Demócrito) não tenho certeza, então não vou falar. Depois, eu acho que Empédocles criou a teoria dos quatro elementos, ele juntou todos que, né, ele achava.

Depois disso veio Leucipo, que achava que o elemento era uma partícula indivisível, então tudo era feito dessa partícula. Hum [...] é [...] Aristóteles, ele não aceitou a teoria [...] da partícula indivisível. Ele acreditava na teoria dos quatro elementos e adicionou mais um elemento pra explicar o *negócio* do sol, que é éter.

Depois, Dalton, né, que chamou essa partícula de átomo e representou o átomo como uma bola de bilhar. Thomson também, só que ele fez [...] é [...] experimentos com a ampola de Crookes, representou o átomo como um pudim de passas, que era carregado com partículas positivas e várias bolinhas negativas, e descobriu o elétron que era os *negócios* negativos. E eu acho, também não tenho certeza desse, mas Rutherford que viu que era um núcleo denso na *inaudível*.

E na tabela periódica, coloquei da lei das tríades, que era organizada com três elementos parecidos, só que só funcionou com nove. A lei das oitavas que era organizada parecida com as notas musicais. E o modelo de Mendeleiev que foi organizado pelo peso atômico e o atual, que hoje é organizado pelo número atômico.

Pesquisadora: Ok. Para fins de estudo, você utilizaria mapas conceituais ou ler o livro didático apenas?

Aline: Sim...bem mais fácil.

7. Transcrição das entrevistas de Amanda

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Amanda: Sim, essas coisas que eu coloquei aí sim.

Pesquisadora: Do que você viu, você sentiu alguma dificuldade?

Amanda: Quando você falou modelos atômicos eu não sabia o que era pra fazer. Aí depois que falou átomo, aí eu pensei “*a tá, então tá bom*”. A princípio eu pensei “*meu Deus o que eu vou fazer*”, aí eu pensei no que ele é formado, daí depois veio vindo umas coisas, mas a princípio eu não sabia o que ia fazer.

Pesquisadora: Então a dificuldade que você sentiu hoje foi para iniciar o mapa? Com qual conceito você iria começar? Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Amanda: Sim, porque eu pensei “*Meu Deus, átomo [...] átomo, o que que é átomo?*” E eu senti um pouco de dificuldade em organizar [...] como você tá percebendo.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Amanda: Tá. É, o átomo primeiramente ele é formado pelo núcleo e pela eletrosfera, eu acho, porque daí eu fiquei confusa “*Meu Deus será que é o átomo que é isso*”. Bom espero que seja. Enfim, o núcleo ele é formado por prótons e nêutrons, os prótons têm carga positiva e os nêutrons tem carga neutra. É [...] o núcleo também [...] é [...] o valor de prótons e nêutrons, um somado ao outro é a massa que vai na tabela periódica [...] que fica ali [...] que o átomo também se encontra na tabela periódica e ele é a menor partícula.

A eletrosfera ela é formada pelas camadas que tem que ter os números lá, dois, oito, dezoito, trinta e dois trinta e dois, dezoito e dois, que é o número de elétrons que pode ter e isso daí [...] é relacionado a lei do octeto que garante a estabilidade do átomo, igual dos gases nobres, quando tem dois ou oito na última camada. É [...] na eletrosfera também tem os elétrons, que ficam nas camadas e os elétrons [...] eles [...] então né, aí [...] a quantidade de elétrons nas camadas é o que define a valência, que é a monovalente, divalente ou trivalente e pode ser positivo ou negativo. Que daí a valência, você pode doar ou receber elétrons e quando você doa você fica positivo e quando você recebe você fica negativo.

E aí os átomos formam moléculas, que formam células, que formam tecidos, e órgãos, e os sistemas e os organismos, como os humanos, os animais e vegetais.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou? O que você lembra quando vê seu mapa?

Amanda: Tá. É, então, o átomo vi ontem que ele vem do grego e que significa que é a menor partícula divisível. Não a palavra átomo, vem de uma outra palavra lá que é do grego e

essas coisas. É aí, a gente viu a questão da estrutura, que eu já tinha colocado no outro mapa, que tem o núcleo com prótons e nêutrons e que o núcleo, ele é a massa do átomo, que é a soma de prótons e nêutrons. Daí tem a eletrosfera que tem as camadas, que tem a questão da lei do octeto lá, que é [...] que dois ou oito elétrons na última camada pra garantir a estabilidade dos gases nobres.

E aí a gente viu que quem mais desenvolveu a [...] como fala [...] que mais desenvolveu tudo sobre átomo foi Dalton e Thomson. Primeiro Dalton que ele [...] é [...] falou que tinha a forma de uma bola de bilhar, que é redonda, e que ele tava discordando daquele primeiro *carinha lá*, falando que os átomos não são todos de um tamanho só, eles são de várias formas e tipos e que eles se combinam pra formar as coisas [...] eu acho, nem lembro direito, enfim. E Thomson que ele falou da teoria do pudim de passas, que acho que foi a questão dos elétrons, porque ele falou que tinha uma carga negativa também nele (átomo) [...] e [...] é isso.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Amanda: Aham, acho que sim. Porque eu queria colocar as coisas que a gente viu ontem, só que daí eu lembrava mais ou menos e daí não vinha o nome na minha cabeça e quando vinha o nome eu não sabia exatamente o que que ele tinha feito. Daí eu tive um pouco de dificuldade pra começar, mais do que ontem eu acho.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Amanda: É [...] eu fiz sobre a teoria atômica, daí eu coloquei as pessoas que eu lembrei, que foi: o Leucipo que criou a teoria atômica, depois Demócrito desenvolveu a teoria e ele nomeou átomo a última parte [...] a única coisa que dá pra dividir. Muito tempo depois, Dalton retomou a teoria atômica e ele criou a hipótese do formato da bola de bilhar, que era redonda. E ele também criou símbolos pra *usar os negócios lá*. Aí Thomson [...] é [...] depois ele falou que na verdade o formato era em um pudim de passas, porque ele disse que no átomo tinha partículas negativas, que eram chamadas de elétrons e que eles se encrustavam na bola de bilhar, por isso era um pudim de passas.

Ai depois Rutherford, ele deu o modelo do sistema solar, falando que os elétrons, que eram as partículas negativas que o Thomson falou que tinha, eles não ficavam encrustados no átomo em si, eles ficavam girando em camadas na eletrosfera, envolta do núcleo e aí [...]

então, aqui eu já não sei se foi Rutherford ou não que descobriu os prótons, mas os prótons são partículas positivas que estão presentes no núcleo.

Pesquisadora: Foi mais fácil para você fazer hoje?

Amanda: Sim, o que eu mais tive dificuldade foi lembrar o que Rutherford [...] eu não tava lembrando de Rutherford, mas na hora que você colocou na lousa eu lembrei do sistema solar. Só que aí, prótons que eu fiquei com dificuldade, porque eu estava com medo de não ter sido Rutherford que descobriu eles.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Amanda: Sim, ficou mais fácil com as palavras. Porque não eu ia lembrar dele (Rutherford). Eu ia fazer só até aqui.

Quarta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Amanda: Tá, então a teoria atômica [...] quem [...] meu Deus, fiz tudo errado. Tá, enfim, Dalton deu a ideia da bola de bilhar, não foi ele que criou, tá?! Porque ele falou que era redondo e maciço, sei lá.

Thomson..é [...] falou, concordando, mas com algumas diferenças de Dalton, falando que era como um pudim de passas porque tinham os elétrons que ficavam incrustados na bola de bilhar, que os elétrons eram as partículas negativas.

Aí, Rutherford, ele deu a ideia do modelo do sistema solar, porque ele disse que os elétrons ficavam ao redor do núcleo e no núcleo tinham partículas positivas que eram os prótons. E [...] tá.

Ai Bohr, eu acho, não sei, que ele foi o que estudou com Rutherford e ele disse que os elétrons ficavam na eletrosfera e que ela era feita por camadas e que as camadas tinham quantidade determinadas de elétrons pra ficar em cada uma.

Não sei de nada, porque [...] não sei [...] não tô muito bem hoje. Não sei, confundi tudo.

Pesquisadora: Ok. Hoje a gente vai ver sobre a Tabela Periódica, você já viu alguma coisa sobre? O que você viu sobre a Tabela Periódica?

Amanda: Assim, tipo a teoria dela essas coisas, não. Mas [...] eu só vi que [...] é [...] eu não sei o que é, mas eu sei que cada linha é [...] cada coluna é uma coisa e na

horizontal é outra. E que daí tem no símbolo do elemento tem a massa e o número atômico e daí também tem a questão de quantos elétrons tem cada camada.

8. Transcrição das entrevistas de Caio

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Caio: Eu tinha visto o ano passado. Só que eu não lembro muita coisa não.

Pesquisadora: Do que você viu, você sentiu alguma dificuldade?

Caio: Gostei. Não porque eu vi bem básico mesmo.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Caio: Não, é que assim eu fiz achando que era pra falar dos modelos aí depois, quando eu descobri que não era faltava dois minutos, daí eu fiz rapidão aqui.

Pesquisadora: Mas você poderia ter falado sobre os modelos, sem problema algum. Sendo um conhecimento que você já possui, não teria problema algum você colocar aqui, certo?!

Caio: Então, o problema é que eu não lembro. Tipo, antes de eu descobrir que era pra falar sobre isso, eu tinha escrito literalmente átomo, Dalton e Thomson. Só isso que eu tinha escrito.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Caio: Eu coloquei átomo em cima, aí eu coloquei [...] no átomo possui prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons possuem cargas elétricas positivas, os nêutrons possuem cargas elétricas neutras e os elétrons possuem cargas elétricas negativas.

O próton tem o mesmo número que os elétrons e número atômico. E junto com o nêutron, tem o número da massa. Os elétrons, eles [...] é [...] eles precisam se estabilizar e para se estabilizar precisam da lei do octeto que junto com outro átomo estável, eles se estabilizam. Formando uma substância.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Caio: É [...] o primeiro cara que fez alguma coisa foi o Tales de Mileto, que ele achava que a água era o elemento fundamental. Que todas as coisas eram baseadas na água. Aí eu esqueci um monte de coisa e eu pulei pro Leucipo que descobriu a teoria dos átomos, que pra ele o átomo era uma coisa indivisível. Aí o discípulo dele que era o Demócrito, né, ele evoluiu essa teoria e ele influenciou o Dalton a criar a teoria da bola de bilhar, que pra ele o átomo eram pequenas bolas de energia [...] que eram [...] carregadas de energia neutra.

E Thomson, ele criou a teoria do pudim de passas que afirmava que os átomos eram energizados com energia negativa e, aí, assim ele descobriu os elétrons.

E Rutherford descobriu que todos os átomos são carregados de energia positiva. Só escrevi isso.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Caio: É porque era muito nome, daí eu não lembrava.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Caio: Eu coloquei que o Leucipo, ele inventou a teoria atômica, que ele falava que uma coisa indivisível que não tinha nada menor que isso. Aí o Demócrito, ele aprimorou a teoria do mestre dele e ele inspirou Dalton, que criou a teoria da bola de bilhar que dizia que os átomos eram pequenas bolas indivisíveis que criavam todas as coisas. E também inventou (Dalton) uma tabela que dizia [...] indicava todos os átomos diferentes que eram conhecidos até o momento.

Thomson descobriu os elétrons, e a partir da teoria do pudim de passas [...] ele afirmava que os átomos eram como pudim de passas, onde tinha a massa que era grudada com os elétrons e as passas estavam carregadas de forma positiva.

E Rutherford disse que os [...] disse [...] ele nomeou as cargas positivas do átomo de prótons e disse que os átomos eram divididos como o sistema solar, onde as cargas positivas ficavam no centro e as cargas negativas ficavam envolta.

Pesquisadora: Foi mais fácil para você fazer hoje?

Caio: Foi, mas aqui eu escrevi uns textos, no lugar de escrever uma palavra eu coloquei uns textos.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Caio: Eu ia usar as mesmas palavras que eu usei pra fazer se não tivesse isso aqui (lousa com palavras). É que o meu problema é o nome do pessoal, aí se eu decorar o nome fica mais fácil.

Quinta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Caio: Eu coloquei que o Leucipo criou a primeira teoria atômica dizendo que existia uma partícula que era indivisível. Demócrito, que era seu discípulo, melhorou a teoria dele e ele inspirou Dalton que criou a teoria da bola de bilhar, que afirmou que os átomos eram pequenas bolinhas compactas como bolas de bilhar. E também criou uma tabela de figuras que indicavam os tipos diferentes de átomos.

Thomson descobriu [...] é [...] que criou a teoria do pudim de passas que afirmava que os átomos eram como pudim de passas, onde as passas eram carregadas positivamente, ou negativamente não lembro. E Rutherford que criou o modelo atômico do sistema solar, provando que os átomos eram como um sistema solar, onde tinha o núcleo do átomo no centro e as cargas negativas [...] é [...] as cargas energizadas negativamente envolta.

Rutherford trabalhou com Bohr que propôs o modelo em camadas que afirmava que prótons carregados de energia positiva estavam no centro do átomo e elétrons em camadas envolta do núcleo.

E aí eu coloquei que [...] eu só coloquei que Dalton criou uma tabela de figuras que indicavam os átomos, Moseley descobriu o peso de um átomo e Mendeleiev criou uma tabela de elementos *inaudível* indicando o peso de cada átomo.

Pesquisadora: Ok. Para fins de estudo, você utilizaria mapas conceituais ou ler o livro didático apenas?

Caio: Pra estudar pra [...] tinha uma prova [...] ah! Pra estudar pra geografia eu fiz um mapa, só que não deu certo, porque eu não lembro de nada. Mas dependendo eu acho que eu vou usar, eu acho. É porque geografia é complicado de [*inaudível*] [...] tipo português, pra que que você vai usar.

9. Transcrição das entrevistas de Alice

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Alice: Sim.

Pesquisadora: Você sentiu alguma dificuldade?

Alice: Não, eu gosto.

Pesquisadora: Você gosta de química de uma forma geral?

Alice: Bastante.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Alice: Sim, senti. Eu acho até que ele tá meio desorganizado. Com aquilo de [...] *tipo* [...] o mais importante vai em cima, na mesma reta e tal.

Pesquisadora: Você mudaria alguma coisa em seu mapa?

Alice: Eu queria colocar, *tipo*, o valor de cada [...] das camadas, mas eu não lembro.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Alice: Bom, eu tava pensando em colocar, *tipo*, elétron, nêutron e próton saindo dele mesmo (átomo), mas eu achei melhor colocar primeiro o núcleo e a eletrosfera, pra depois falar deles.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Alice: Ok. Eu coloquei que o [...] eu lembrei né, no caso, do modelo atômico de Dalton e de Thomson. O modelo de Dalton falava que o átomo era composto apenas por nêutrons e Thomson, ele fez experimentos e fez a teoria do pudim de passas, que comprovou que o átomo, ele é composto por elétron, próton e nêutron. Tem também, *tipo* [...] eu não coloquei aí, mas tem aquilo do [...] que tem um moço [...] um cara que falou que tudo era água, ar [...] tem fogo também.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Alice: Sim.

Quinta entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Alice: Eu decidi fazer um de cada, porque se não ia ficar muito bagunçado. Eu faltei nas duas últimas aulas, então aqui eu coloquei mais o que eu lembrava.

No modelo atômico, eu coloquei que o primeiro modelo atômico foi Dalton quem fez e ele falava que os átomos eram compostos apenas por nêutrons. E o Thomson, ele discordava de Dalton, que elaborou a teoria do pudim de passas e descobriu os elétrons.

O do átomo, é a menor parte da matéria que, se eu não me engano, foi Rutherford, não tenho certeza, que pensou *tipo* na menor parte, até quando dividia e aí nomeou de átomo. Aí ele é composto pelo núcleo e pela eletrosfera que comporta os elétrons. Aí tem a camada k, l, m, n, o, p, q e a última ela chama camada de valência. A K comporta dois [...] eu não coloquei porque eu não tinha certeza, eu não lembrava direito. A L oito, M e N é dezesseis, eu acho, ou trinta e dois e o núcleo é onde concentra a maior parte da massa é composta por prótons e nêutrons. Aqui eu coloquei errado.

A Tabela Periódica o número atômico é representado pelo símbolo Z e a massa é pelo A. É dividida por famílias e períodos e também tem três fórmulas, que eu não lembrei a terceira que é o $p+e=Z$ e a $A=p+n$.

Pesquisadora: Ok. Para fins de estudo, você utilizaria mapas conceituais ou ler o livro didático apenas?

Alice: Eu prefiro ler, mas eu gostei bastante de usar mapas.

10. Transcrição das entrevistas de Paulo

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Paulo: Já, na escola a gente viu os nomes dos cientistas que pesquisaram e eu percebi que eu confundi depois, lá fora, eu percebi que eu confundi. Porque aqui eu expliquei o átomo, então comecei falando o nome de cada cientista, então falei Dalton que ele descobriu a bola de bilhar que era uma matéria, que tinha massa. Ele só descobriu isso e ele falou também que era indestrutível, porque não tinha o conhecimento avançado. Essa bola de bilhar é um material circular, tem massa e se movimenta. E aqui Thomson, eu coloquei que ele descobriu

o núcleo e que no núcleo tinha prótons e nêutrons. Só que na verdade, pelo que eu me lembro, quem descobriu que o núcleo tinha prótons e nêutrons era o Rutherford. E os prótons e nêutrons são partículas positivas e neutras. Aqui eu errei. E Rutherford eu coloquei que descobriu prótons e nêutrons depois [...] que eu percebi meu erro. Daí eu só coloquei isso, porque aqui eu já expliquei. É [...] e Bohr, ele, a partir do núcleo e do conhecimento de todos [...] Rutherford, na verdade ele descobriu [...] é [...] ele descobriu os prótons e nêutrons e Bohr que descobriu as camadas eletrônicas [...] é [...] porque aí alguém antes descobriu os elétrons. To confuso [...] um pouco confuso. Mas Bohr, ele descobriu as camadas eletrônicas e a partir do núcleo, dos prótons e dos nêutrons, ele descobriu as camadas eletrônicas que tem elétrons.

Pesquisadora: Para você foi mais fácil organizar uma lista e depois montar o mapa?

Paulo: É, foi bem mais fácil, eu só tive alguns errinhos aí.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Paulo: Bom, hoje eu não coloquei nem Dalton, nem Thomson, nem Rutherford e nem Bohr, mas eu coloquei os cientistas que começaram todo o estudo, antes de formar o átomo.

Aqui eu coloquei Tales de Mileto, ele acreditava que o elemento fundamental era água. Anaxímenes ele acreditava que o elemento fundamental era [...] tudo através do ar.

Inaudível ele acreditava que era fogo [...] e [...] é [...] Heráclito de Éfeso, ele foi um dos principais filósofos e ele acreditava que o elemento fundamental era a terra.

Empédocles de Agrigento, ele acreditava que o elemento fundamental era o amor e a raiva, onde os átomos [...] eles [...] quando eles se [...] contraíam mais eles representavam o amor e quando eles se afastavam eles estavam representando a raiva, a ira.

É [...] e o Leucipo de Abdera, ele questionou tudo isso, essas teorias e ele disse que tudo era um átomo. Ele foi o primeiro a acreditar nessa teoria do átomo. Depois disso, Aristóteles *foi lá* e questionou ele, e lembrando que Aristóteles foi um grande gênio, *foi lá* e questionou ele e criou o quinto elemento e a partir desse quinto elemento, ele chamou ele de éter.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Paulo: É, ontem foi mais fácil porque eu já vi isso a muito tempo atrás. O ano passado todo eu fiquei *meio que* vendo isso. Eu estudei bastante. Ontem, como eu aprendi ontem, então [...] aí não deu pra estudar tanto assim, mas eu consegui fazer.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou? O que você lembra quando vê seu mapa?

Paulo: Primeiro eu coloquei que o átomo [...] é [...] a forma mais famosa dele foi a de Dalton, que era [...] que ele descobriu que o átomo era uma bola de bilhar, que era indivisível e depois disso [...] é [...] só as mais famosas. Thomson, ele acreditava que o átomo tinha um núcleo com prótons e nêutrons. Rutherford ele acreditava que o átomo tinha elétrons e Bohr, ele descobriu as camadas eletrônicas, as camadas de elétrons do átomo, que eram k, l, m, n, o, p e q.

Então Linus Pauling chegou com tudo isso, com o conhecimento de Thomson, com Rutherford e Bohr e acabou criando subníveis, que eu coloquei subcamadas [...] é [...] eletrônicas [...] é [...] que era a s, p, d, f que tinham 2, 4 [...] é [...] 8 e 16 se não me engano [...] os subníveis. E antes de tudo isso, antes das formas mais famosas e mais conhecidas, outros cientistas já achavam que o elemento principal, porque eles não tinham conhecimento de átomo ainda, eram coisas da natureza e tinha cientista que achava até que era emoções. Que tratavam de emoções, e essas ideias eram totalmente diferentes das que nós conhecemos hoje.

É [...] aqui, eu digo que Aristóteles, que cada coisa possuía seu próprio átomo e não vários átomos que se uniam pra poder formar outras coisas. Ele acreditava que cada objeto, se tratava do seu átomo. E Demétrio, eu to meio em dúvida se esse é o nome correto, ele aprimorou as primeiras ideias de átomo de seu mestre, então, ele *meio que* modificou e aprimorou as primeiras ideias de átomo de seu mestre.

Pesquisadora: Foi mais fácil para você fazer hoje?

Paulo: Hoje eu tive bem mais conhecimento e eu acho até que meu mapa ficou bem maior porque eu tive uma amplitude maior para poder pensar e fazer esse mapa.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Paulo: Eu achei melhor você passando nos slides e explicando, sobre cada um, eu achei um pouco mais fácil pra mim [...] eu to acostumado a estudar assim então eu acho mais fácil.

11. Transcrição das entrevistas de Bruno

Primeira entrevista

Pesquisadora: Você já havia visto esse conteúdo anteriormente?

Bruno: Vi mas foi no [...] faz um tempinho já.

Pesquisadora: Você sentiu alguma dificuldade?

Bruno: Sim, um pouquinho. Eu gostei do conteúdo, mas senti dificuldade.

Pesquisadora: Você sentiu dificuldade para organizar seu mapa?

Bruno: Um pouco.

Pesquisadora: Explica para mim as relações entre os conceitos no seu mapa.

Bruno: Eu tentei simplificar o máximo o mapa [...] é [...] eu lembrei das três partes que fazem o átomo, as três moléculas lá, são o próton, o nêutron e o elétron e cada um tem sua propriedade. Dai eu [...] abaixei né [...] cargas negativas, neutras e positivas. E dentro disso eu tentei estabelecer basicamente para que cada [...] é [...] que a gente estuda cada uma dessas partes.

Segunda entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Bruno: Aham. É [...] eu parti novamente do átomo, mas dessa vez eu tentei por dois caminhos. Um explicando o que a gente usa atualmente e o outro o que tinha antigamente [...] que se usava antigamente. Como eu não lembrava muito dos nomes eu fiz uns *negocinhos*, mas basicamente eu queria ainda [...] é [...] ligar, tipo assim [...] sair mais uma flechinha pra dividir o Dalton com o Thomson, mas eu não lembrava muito bem pra dividir. E todos eles eu tentei, *tipo assim*, diminuir no máximo, pra não ficar aquele negócio extenso e difícil de entender.

Pesquisadora: Você sentiu mais dificuldade hoje? No que mais sentiu dificuldade?

Bruno: Ah, foi mais fácil [...] assim [...] na questão de estruturar e como eu não lembrava, foi mais difícil.

Terceira entrevista

Pesquisadora: Me explique seu mapa, quais as relações que existem no mapa que você criou. O que você lembra quando vê seu mapa?

Bruno: Eu dividi esse mapa em dois, pra tentar [...] é [...] primeiro, uma parte eu fui pro núcleo e a outra a eletrosfera. Então uma descendo com a parte do átomo e eu dividi o Dalton e o Thomson que [...] pudim de passas [*inaudível*] e Rutherford provou que não, que na verdade era separado. Ai o outro eu desci com um duplo, até chegar no átomo moderno.

Pesquisadora: Foi mais fácil pra você fazer hoje?

Bruno: Foi.

Pesquisadora: Você prefere com as palavras para ajudar a lembrar de algo ou sem as palavras?

Bruno: As palavras ajudaram.