



**UFAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E**

**MATEMÁTICA**

**SKÁRLLAT MAYANA KETTLE FURTADO**

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E MODELOS MENTAIS EM TEORIA  
ATÔMICA: UMA PERSPECTIVA DE ANÁLISE ATRAVÉS DE HISTÓRIAS EM  
QUADRINHOS.**

**MANAUS**

**2020**

SKÁRLLAT MAYANA KETTLE FURTADO

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E MODELOS MENTAIS EM TEORIA  
ATÔMICA: UMA PERSPECTIVA DE ANÁLISE ATRAVÉS DE HISTÓRIAS EM  
QUADRINHOS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Amazonas, como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Renato Henriques de Souza

MANAUS  
2020

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F992h Furtado, Skarllat Mayana Kettle  
História e filosofia da Ciência e modelos mentais em teoria atômica: uma perspectiva de análise por meio de histórias em quadrinhos / Skarllat Mayana Kettle Furtado . 2020  
150 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Renato Henriques de Souza  
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. História e Filosofia da Ciência. 2. Modelos Mentais. 3. Ensino de Ciências. 4. Modelos Atômicos. I. Souza, Renato Henriques de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## SKARLLAT MAYANA KETLLE FURTADO

### HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E MODELOS MENTAIS EM TEORIA ATÔMICA: UMA PERSPECTIVA DE ANÁLISE ATRAVÉS DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPG-ECIM da Universidade Federal do Amazonas/UFAM, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

#### BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Renato Henriques de Souza  
Presidente da Banca



---

Prof. Dra. Sidilene Aquino de Farias  
Membro Interno



---

Prof. Dr. Leandro de Oliveira Souza  
Membro Externo

## **Agradecimentos**

Agradeço,

A minha mãe Fátima e minhas irmãs Lindsey e Alynne por todo incentivo e apoio que me dão para permanecer nesta jornada;

A minha família Wenndisson, Cael, Lily, Linus e Francio, meus amores que me motivam;

A meu orientador prof. Dr. Renato Henriques por toda sabedoria compartilhada e paciência;

A todos os professores do programa pelos ensinamentos;

Agradeço também aos professores Leandro de Souza, Sidilene Aquino, Célia Maria e Irlane Maia por aceitarem contribuir com este trabalho;

Por fim, a FAPEAM pelo fomento inicial;

Ao IFAM pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho;

A UFAM por ser mais uma mais vez minha companheira nesse processo de desenvolvimento profissional;

E a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente neste momento pelo qual venho passando.

## RESUMO

Neste trabalho é visto que o Ensino de Ciências apresenta um processo pautado em abordagens baseadas em reproduções dos livros didáticos, que distorcem a imagem da ciência e das descobertas ou invenções conhecidas perante a comunidade científica. Observando a forma de ensino de Química e a visão que os alunos têm sobre os átomos, é discutido sobre a abordagem de ensino das teorias atômica, em que este é compreendido pelas metodologias de ensino atuais, como modelos simplórios e que pouco abrangem sobre as questões históricas e filosóficas. A partir desta ideia, neste estudo é investigado como ferramenta de ensino o uso da História e Filosofia da Ciência (HFC), referenciando-a como uma alternativa de mudar a visão fragmentada e errônea que muitos alunos obtêm nas escolas sobre as teorias atômicas. Com isto, foca-se ao estudo dos modelos mentais, sendo este um fator dominante na percepção humana, pois se trata de como vemos o mundo ao nosso redor e de como compreendemos conceitos básicos. Utilizando a estratégia de investigação denominada fenomenologia, buscou-se compreender as experiências e as concepções que alunos de educação básica têm a respeito do átomo, e como poderá ser mudado este processo ao inferir novas experiências por meio da História e Filosofia da Ciência (HFC). Para isto, foi analisado as representações de dezesseis participantes da pesquisa, que eram alunos do segundo ano do ensino médio técnico integrado em informática, a respeito dos átomos e ciência por meio de desenhos e linguagens apresentados por eles através de entrevistas semiestruturadas gravadas, questionários, ambos de forma individual, e o desenvolvimento de histórias em quadrinhos realizados em grupos. Logo, neste trabalho é respondido: *Como analisar as representações dos Modelos Mentais dos alunos do ensino básico a partir da História e Filosofia da Ciência intrínseca ao estudo das Teorias Atômica por meio da fenomenologia?* A fenomenologia auxiliou capturar os modelos mentais consistentes em alunos no antes e depois do desenvolvimento desta análise. Por fim, os resultados obtidos foram organizados em dezesseis temas, com base nas interpretações realizadas das concepções e desenhos fornecidos pelos alunos, conclui-se com a discussão sobre os desafios e conquistas alcançadas nesta pesquisa pela pesquisadora e pelos alunos, focando nos objetivos propostos a este trabalho, que foram discutidos com base nos teóricos Thomas Kuhn, referenciando a HFC, e Johnson-Laird, aos modelos mentais.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência, Modelos Mentais, Ensino de Ciências.

## **ABSTRACT**

In this work, it is seen that Science Teaching presents a process based on approaches which focus on reproductions of textbooks that distort the image of science and the discoveries or inventions known by the scientific community. Through observing the way of teaching Chemistry and the view that students have about atoms, it is discussed about the teaching approach of atomic theories, in which it is understood by current teaching methodologies, as simple models that barely reach the historical and philosophical issues. Based on this idea, in this study, the use of History and Philosophy of Science (HPS) is investigated as a teaching tool, which indicates it as an alternative to change the fragmented and erroneous view that many students obtain about atomic theories in schools. This way, the study of mental models is focused, which is a prevailing factor in human perception, because it is about how we see the world around us and how we understand the basic concepts. By using the qualitative research called phenomenology, it was tried to understand the experiences and conceptions that students of elementary education have about the atom, and how this process can be changed by inferring new experiences through History and Philosophy of Science (HPS). Thereby, the representations of sixteen research participants, who were students of the second year of technical high school integrated in computer science, about atoms and science through drawings and languages presented by them through recorded semi-structured interviews, questionnaires, both individually, and the development of comic books carried out in groups. Therefore, in this work it is answered: How to analyze the representations of the Mental Models of basic education students from the History and Philosophy of Science intrinsic to the study of Atomic Theories through phenomenology? Phenomenology helped to capture the consistent mental models in students before and after the development of this analysis. Ultimately, the results obtained were organized into sixteen themes, based on the interpretations made of the concepts and drawings provided by the students, concluding with the discussion about the challenges and achievements achieved in this research by the researcher and the students, focusing on the objectives proposed to this work, which were discussed based on theorists Thomas Kuhn, referring to HFC, and Johnson-Laird, to mental models.

**Keywords:** History and Philosophy of Science, Mental Models, Chemistry Teaching.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
Motivação e Pesquisa .....	8
<b>CAPÍTULO I</b> .....	12
<b>1. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
1.1. A História e Filosofia da Ciência: Um panorama sobre sua origem e implantação nos Currículos Escolares.....	12
1.2. Significação de Modelo Mental.....	16
<b>CAPÍTULO II</b> .....	19
<b>1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	19
1.1. A História e Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn. ....	19
1.2. A reflexão de Thomas Kuhn sobre a História e Filosofia da Teoria Atômica....	22
2. Os Modelos Mentais de Philip N. Johnson-Laird. ....	24
<b>CAPÍTULO III</b> .....	28
<b>1. TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	28
<b>2. RELEVÂNCIA DA PESQUISA</b> .....	33
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	37
<b>1. METODOLOGIA</b> .....	37
1.1. A Fenomenologia e a ATD: Análise dentro do contexto da pesquisa. ....	37
1.2. Sobre o Instituto Federal do Amazonas, campus Itacoatiara (IFAM/CITA).....	39
1.3. Caminho Metodológico .....	40
1.3.1. Roteiro coleta de dados .....	40
1.3.2. Caracterização dos sujeitos da pesquisa para análise dos dados .....	45
1.3.3. Procedimento análise de dados.....	45
<b>2. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	47
2.1. A fenomenologia acerca do conhecimento da História e Filosofia da Teoria Atômica <sup>47</sup>	
2.1.1. Uma concepção inicial .....	48
2.1.2. Mudança de perspectiva.....	56
2.2. Uma concepção inicial e mudança de perspectiva: é possível comparar?.....	66
2.3. Quanto a concepção de ciência .....	68
2.4. Descrevendo o modelo mental em teoria atômica .....	70
2.4.1. O primeiro momento .....	70
2.4.2. O segundo momento .....	74
2.5. Trabalhando o modelo mental e a História e Filosofia da Ciência: uma perspectiva por meio de gibis .....	88
2.6. Capturando a história por meio de seus modelos mentais.....	92
2.7. A História e Filosofia da teoria atômica: uma visão diferenciada .....	113
2.8. Análise fenomenológica acerca do novo: o que há de novo?.....	115
<b>3. CONCLUSÃO</b> .....	118
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	120
<b>APÊNDICES</b> .....	126
<b>ANEXOS</b> .....	143

## INTRODUÇÃO

### Motivação e Pesquisa

A ideia deste trabalho partiu de experiências pessoais, isto é, por meio da interação aluno-professor. Como docente observo que cada vez mais os alunos têm a liberdade de conversar abertamente conosco e isto inclui a liberdade de falarem a respeito de nossa didática em sala de aula, em que muitos relatam falhas e erros nossos como uma forma de pedido para que se melhore o ensino. Sabendo disso, certa vez em atividades de finalização do ano letivo, após algumas conversas, um aluno abordou-me com a seguinte questão: *“Professora, a senhora entende sobre os modelos atômicos de Bohr e Dalton?”*. Eu o respondi positivamente, então ele continuou: *“Preciso lhe confessar que não entendi nada deste assunto, se a senhora souber uma maneira mais fácil de explicar isso, por favor, use com seus próximos alunos e se puder me chame. Parece ser um conteúdo bastante interessante e sinto vontade de compreender melhor como foi para os cientistas chegarem ao conhecimento sobre a existência do átomo”*.

Deparando-me com tal posicionamento e a forma que este aluno levantou tal questão, não poderia julgá-la como maldosa. Ao contrário, serviram-me como ‘pontapé’ inicial a necessidade de transformação e mesmo tendo conhecimento que os currículos escolares podem ser difíceis de serem alterados, é, no entanto, conhecido por mim e demais licenciados que o papel do professor parte da reflexão, da pesquisa e da ação (Pimenta; Lima, 2012). E por meio disto que inicio esta pesquisa e com base em alguns trabalhos realizados, partimos com a perspectiva de mudança em benefício a melhoria do aprendizado dos alunos.

Ao redigir este breve relato de minha história, faz vir a memória o termo bastante conhecido de Freire (1967), educação bancária. Este termo de Freire refere-se à escola que apresenta o ensino descontextualizado e mecânico, fragmentando o conhecimento e a criticidade de alunos, os tratando como pessoas vazias, sem conhecimento ou experiências, cujo professor é único conhecedor da verdade e transferidor do conhecimento. Este modelo de ensino é visto como depósito de alunos, pois consentem os conteúdos ensinados na sala de aula como incoerentes tanto a realidade do aluno, quanto a história que a envolve e isto implica diretamente para que muitos saiam do âmbito escolar sem conhecer os contextos históricos e sociais dos conteúdos que lhes foi apresentado, que por vezes pode ser associado a sua própria realidade histórica e social. Nisto, o professor narra o conhecimento como algo acabado e estático, pois o aluno é percebido como alguém que nada sabe e os conteúdos vistos

apenas como parte programática de uma ementa, tendo como consequência a perda da curiosidade e a autonomia dos educandos (Menezes; Santiago, 2014)

Esta perda da curiosidade, criticidade e autonomia, se dá devido às escolas no Brasil se basearem em meras reproduções de livros/apostilas escolares e estes não relatam de fato como se constituem o conhecimento ou seus fatores históricos que é base da ciência (Leão, 1999; Silva, 2006). No estudo da Teoria Atômica, não se faz diferente. Estas teorias muitas vezes são apresentadas pelos livros com um argumento simplista, em pequenos textos e imagens da estrutura do átomo que podem facilmente ser encontrados em ilustrações de materiais disponíveis na internet (Ferreira, 2013). Materiais que trazem uma ideia de que a ciência é dogmática e segue uma sequência rígida, não levando em consideração o conhecimento que tínhamos no passado para se chegar ao que temos no presente, muitas vezes, interpretando que as primeiras teorias foram anuladas após novas descobertas, sem considerar a ligação e a importância que um teve para o outro. Destarte, os alunos saem da escola com a visão distorcida das teorias de filósofos da Grécia Antiga e com modelos e/ou percepções equivocadas das teorias propostas por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

Por conseguinte, ao mencionar sobre percepção distorcida e modelos não concretos ao estudo da Teoria Atômica, neste momento pode-se usar os conectivos essenciais a este trabalho que serão Modelo Mental e História e Filosofia da Ciência (HFC). Ao mencionar modelo mental, é necessário saber que esta é uma representação interna, ou seja, uma forma de *representação mental*, que é a maneira de “representar” internamente o mundo externo, assim as pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais dele (Eysenck e Keane, 1994). Como o ensino de ciências busca modelos teóricos cada vez mais adequados para explicar o processo de aprendizagem e considerar a visão, percepção, os conceitos dos alunos sobre sua realidade, utilizar o termo modelo mental, refere-se às “representações mentais, ou seja, as representações internas que as pessoas constroem do mundo externo e estas apresentam-se na forma de representações proposicionais, modelos mentais e imagens em que a cognição humana utiliza para explicar o mundo em que se rodeia, construindo-os por meio das abstrações acerca do que lhes é incidido (Marandino, 2003; Johnson-Laird 1983a).

Destacar os modelos mentais traz uma perspectiva à discussão sobre a cognição humana, em que na ciência cognitiva usa os modelos mentais para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem e representam os sistemas físicos com os quais interagem (Cazelli et al, 1999; Borges 1998). Ao aludir que os modelos mentais dos alunos se encontram fragmentados devido ainda se encontrar muitos livros didáticos que apresentam

histórias e conceitos simplistas dos conteúdos, acrescenta-se a ideia de Modelo Mental a História e Filosofia da Ciência (HFC), que segundo Penitente e Castro (2010), existem situações em sala de aula que requerem análises à luz da História e da Filosofia da Ciência, justamente por elas darem vida aos conteúdos, conceitos e ideias trabalhadas pelo professor e pela professora, contextualizando tais saberes e aproximando-os de aspectos da vida humana. *“E esses estudos históricos sugerem a possibilidade de uma nova imagem da ciência”* (Kuhn, p. 22, 1962).

Embora se possa separar a História da Filosofia, foi adotado o prisma de Lakatos (1982) ao parafrasear Kant que, *“A Filosofia da Ciência está vazia sem História da Ciência; a História da Ciência está cega sem Filosofia da Ciência”*, onde ambas necessitam estar conectadas, pois ambas complementam o que uma traz a outra, em que qualquer história é uma reconstrução teórica e avaliativa da história e a filosofia da ciência que esta fornece metodologias normativas em termos das quais o historiador reconstrói a história interna e, portanto, contribui com uma explicação racional do desenvolvimento do conhecimento objetivo (Lakatos, 1982). Assim, incluir a História e Filosofia da Ciência (HFC) no processo de abstração e formação dos modelos mentais dos alunos, é visto como ponto de partida para ir contra o ensino bancário, pois tenta-se trabalhar a criticidade por meio de modelos históricos, considerando que:

[...] o princípio do Ensino de Ciências para a formação da cidadania é estar socialmente contextualizado, destacando o papel social da Ciência com aspectos políticos, históricos, econômicos e éticos, diferente do ensino cotidiano que reproduz a concepção de ciência pura e neutra, pois cidadania só pode ser exercida plenamente se o cidadão tiver acesso ao conhecimento e aos educadores cabe então fazer essa educação científica”. (Chassot, p. 94; 96, 2018).

Com esta perspectiva, visto o estudo do modelo mental em teoria atômica na perspectiva da HFC como uma análise investigativa, foi utilizado a fenomenologia para ajudar na compreensão e processo de interpretação. Para Bicudo (1994), a fenomenologia é um nome que se dá a um movimento cujo objetivo precípuo é a investigação direta e a descrição de fenômenos que são vividos conscientemente, livre de preconceitos para assim compreender e interpretar seu sentido e significado. Significado este que se manifesta para uma consciência, que na fenomenologia é a intencionalidade do fenômeno. Sendo o fenômeno compreendido como a realidade perspectival, isto é, que não é única, mas tantas quantas forem suas interpretações e comunicações, tornando sua verdade subjetiva e relativa. Logo, neste trabalho tenta-se responder: *Como analisar as representações dos Modelos Mentais dos alunos do ensino básico a partir da História e Filosofia da Ciência intrínseca ao estudo das Teorias*

*Atômica por meio da fenomenologia?* Delimitando este problema de pesquisa, indaga-se a mesma por meio de questões norteadoras: *Como a História e Filosofia da Ciência é uma forma de trabalhar as teorias atômicas sem torná-las apenas em mais uma forma de reprodução igualmente encontrada em livros didáticos e aprimorar os modelos mentais de alunos de educação básica? Como a fenomenologia ajudará a responder essas questões e a analisar o processo de construção dos modelos mentais de alunos?*

Para facilitar a resposta a estes problemas, têm-se os seguintes objetivos de pesquisa:

**a. Objetivo Geral**

- Investigar, por meio da fenomenologia, as representações dos Modelos Mentais em Teoria Atômica e sua abordagem relacionada a História e Filosofia da Ciência, em alunos do segundo ano do ensino médio.

**b. Objetivos Específicos**

- Interpretar, nos modelos mentais dos alunos, suas concepções e imagens acerca dos modelos atômicos e história ciência segundo suas experiências obtidas no âmbito escolar;
- Caracterizar em temas fenomenológicos as concepções de alunos acerca da ciência e do atomismo em perspectiva a abordagem da História e Filosofia da Ciência;
- Explicar fenomenologicamente as representações mentais de concepções, desenhos e imagens dos alunos obtidas acerca da história e filosofia da teoria atômica.

Assim, com propósito de contextualizar a HFC e definir modelo mental o capítulo 1 deste trabalho demonstra o referencial teórico deste trabalho, no capítulo 2 encontra-se a fundamentação teórica, tendo como base a análise da História e Filosofia da Ciência segundo o epistemólogo Samuel Thomas Kuhn e para os modelos mentais o teórico Phillip Johnson-Laird.

Em seguida, no capítulo 3 descreve-se a relevância desta pesquisa e apresenta-se junto seis trabalhos relacionados que foram realizados por demais pesquisadores referentes a esta linha de pensamento. Por fim, no capítulo 4 estão descritos os caminhos metodológicos apresentando a fenomenologia e análise textual discursiva para a coleta e análise de dados, seguidos também dos resultados e discussão realizadas com base nos dados coletados.

## CAPÍTULO I

### 1. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 1.1. A História e Filosofia da Ciência: Um panorama sobre sua origem e implantação nos Currículos Escolares.

A História e Filosofia da Ciência parte do pressuposto de que a Ciência é um conjunto de conhecimentos empíricos, teóricos e práticos sobre a natureza oriundos de questionamentos, métodos e fundamentos científicos, a fim de mostrar os métodos adotados por filósofos e/ou cientistas na formulação de suas teorias e que essas teorias passam por fatores históricos, sociais e culturais suscetíveis a novas reformulações. Nesse sentido, observa-se que foi no início do século XX que começaram os primeiros esforços de estabelecer a ideia de história e filosofia da ciência. A primeira corrente tem a filosofia da ciência com caráter positivista (seguindo o pensamento de August Comte e o empirismo de Francis Bacon e John Locke). A segunda corrente mostra a filosofia da ciência pelo ato da observação da realidade como uma atividade construída pela razão (racionalismo de René Descartes e de Immanuel Kant), entretanto estas correntes mostram a história da ciência como um desenvolvimento contínuo e acumulativo da ciência, evidenciando-se somente o método pelo qual recorrem (Vidal; Porto, 2012; Campanario; Chagas; Ruiz, 2012).

Posteriormente a estas correntes, levantou-se debates que contribuiriam para transformar o modo como se entende a história da ciência. Gaston Bachelard (1884-1962), foi um dos primeiros a propor, com base em alguns exemplos históricos, que a ciência não evoluiria de maneira linear e contínua, mas por meios de “saltos” – ou seja, ao longo da história teria havido, em algumas ocasiões, o rompimento com uma forma de pensar anterior e sua substituição por outra. No entanto, o marco importante nesse debate foi a polêmica causada por Thomas S. Kuhn (1996) em sua obra ‘A estrutura das revoluções científicas’ (1962) e Karl Popper (1994) na obra ‘A Lógica da Pesquisa Científica’ (1963) (Vidal; Porto, 2012; Campanario; Chagas; Ruiz, 2012). Villani, 2001, descreve que a Filosofia da Ciência de Kuhn e Popper trouxe um marco importante devido ambos se interessarem pela história da ciência, rejeitando a visão de que a ciência progride por acumulação, em que ambos descrevem em suas discussões o avanço da ciência por meio de revoluções nas quais uma teoria antiga é substituída por uma nova incompatível com ela. Kuhn e Popper enfatizavam o papel das anomalias, teóricas ou experimentais na produção de revoluções científicas, reconheciam a relação íntima entre teorias e experimentos, e a conseqüente dificuldade de

produzir uma linguagem de observação neutra. E ambos reconheciam o papel fundamental da tradição no desenvolvimento da ciência.

Em perspectiva disto, estes filósofos contemporâneos procuraram demarcar a relevância da Filosofia da Ciência externalizando que toda ciência começa como filosofia e acaba como arte, que surge na hipótese e flui para a realização (Durant, 1926). E externalizam os aspectos históricos por meio da História da Ciência crendo que por ela é possível determinar quando e com quem cada fato, teoria ou lei científica foi descoberto ou inventado (Kuhn, 1962). Paralelamente a este discurso, evidencia-se que:

A abordagem externalista fez com que aspectos como religião, cultura, política e ambiente social fossem, com o passar do tempo, definitivamente incorporados à historiografia da ciência – de tal forma que o conflito entre “internalismo” e “externalismo” se encontra, hoje, inteiramente superado entre os historiadores da ciência, com o reconhecimento de que ambos os aspectos são necessários para a compreensão da complexidade da transformação do pensamento científico ao longo da história (Vidal; Porto, p. 294, 2012).

Com a construção do conhecimento considerada como um processo social, foi caracterizada a sua complexidade aliada à grande inventividade da abordagem não mais internalista, mas agora externalista, agregada a proposta de História da Ciência e Filosofia da Ciência que resgatou aspectos históricos e sociológicos como requisito para análise da produção do conhecimento, minimizando os aspectos lógicos e metodológicos instruídos no período da ciência positivista (Oki, 2004).

Concluindo a análise deste núcleo de pensamento, constata-se também a importância da História e Filosofia da Ciência para uma educação científica de qualidade. A HFC tem sido frequentemente defendida na literatura ao longo dos últimos 60 anos não só por filósofos, mas também por pesquisadores da área de ensino que pretendem resgatar este tema para os currículos escolares. Nas concepções encontradas, nos fazem simplesmente observar o quão longo tem sido a discussão acerca desta temática, pois segundo a literatura de 1989 de Mathews, já se faziam 30 anos desde as últimas grandes reformas do ensino de ciências. Muitos acreditavam que já era hora de reavaliar currículos anteriores e de renovar a educação científica - seu conteúdo, objetivos, métodos. Além disso, e mais importante, já havia um interesse renovado na preparação de professores de ciências. Um número crescente acredita que a história e a filosofia da ciência têm um papel importante a desempenhar nessa renovação. É reconhecido por todos que houve muito pouca interação e cooperação entre filósofos e historiadores de ciência e educadores de ciências. (Mathews, 1989).

Outro aspecto observado no estudo de Mathews (1992) relata que, na Grã-Bretanha houve uma tradição longa, embora tênue e desigual, de incorporar a história da ciência no

ensino de ciências. Durante as décadas de 1970 e 1980, a Associação Britânica para Educação Científica, em vários de seus relatórios (Alternatives for Science Education 1979, Educação pela Ciência, 1981), instou a incorporação de mais material histórico e filosófico no currículo de ciências.

Dentro de nosso sistema educacional, apresentam-se como documentos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que é uma proposta de inovação para os currículos escolares, previsto vigor a partir de 2020 e o Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) que tem sido utilizado como modelo nos anos anteriores (Brasil,2000). O motivo de o PCN ainda ser discutido aqui se dá devido a dois fatores, primeiro porque a mesma apresenta competências e habilidades específicas a cada área, Química, Biologia, Matemática e Física em relação a história e filosofia, comparado a BNCC que apresenta uma proposta mais abrangente, ou seja, de modo que explana as Ciências Naturais de forma geral. Segundo, porque como a BNCC ainda não está em vigor, apresenta pouco material na bibliografia referente a mesma, especificamente a discussão da HFC, tornando o PCN um dos documentos mais citados.

A respeito da HFC, foi verificado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM 2000, os seguintes argumentos sobre ensino de Biologia:

Elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político (...) (p. 14)

(...) importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da Biologia como um movimento não linear e frequentemente contraditório (p. 19)

Ao tratar das competências a serem desenvolvidas pelos estudantes nas aulas de Física, Química e Matemática, em relação a HFC, ele se refere:

Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico (p.29).

A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos (p. 31).

Relacionar etapas da história da Matemática com a evolução da humanidade (p. 46).

A importância da história das Ciências e da Matemática, contudo, tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos (p. 54).

Em vista a implantação da HFC nos currículos escolares seguindo a propostas encontradas nos PCNs, Corrêa, Echeverria, Oliveira, (2006) abordam que, embora se afirme que os currículos propostos pelos PCNs, sejam planejados com “conteúdos apoiados em uma

coerência”, dificilmente isto é percebido pelos estudantes e professores, pois, apesar da preocupação com a inserção de conteúdos de história e filosofia da ciência na Química e demais Ciências, um grande desafio acerca do uso adequado da História e Filosofia da Ciência no ensino é produzir material didático de qualidade acessível. O que cabe a refletir, é que os livros didáticos não contemplam adequadamente o assunto (Silva, 2006; Ferreira, 2013). Desse modo, é observado na literatura que apesar das tentativas de inserção do tema HFC, os PCNs não promovem a inclusão desse aspecto da educação no Ensino de Ciências, pois não se discutem abertamente a inclusão do mesmo, os textos encontrado neste documento leva a uma interpretação que Ciência se faz pelo acúmulo de conhecimento ao longo do tempo e ainda tem como centro as disciplinas, ao redor das quais giram as tentativas de atingir os objetivos maiores do processo educacional (Guttman; Braga, 2015; Corrêa, Echeverria, Oliveira, 2006).

Com isto, levando em consideração diversos aspectos, foi realizado a proposta de modernização dos currículos por meio da BNCC (2018). Após leituras, foi visto suas propostas sobre a HFC no ensino de ciências, e foi encontrado o seguinte parecer sobre a implantação do mesmo nos currículos:

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais (p. 549).

A contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura (p. 550).

À contextualização histórica, propõe-se, por exemplo, a comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das ciências, criando oportunidades para que os estudantes compreendam a dinâmica da construção do conhecimento científico (p. 550)

Ao revisar a literatura, foi visto que esta proposta ainda não está sendo executado nos currículos escolares, no entanto é visto que este documento discute a HFC unicamente a uma contextualização histórica e não muito filosófica, mas que é possibilitada a explicação da dinâmica da construção do conhecimento como fator histórico, social e cultural e também possibilitada a abranger os métodos científicos. É visto também, que aparentemente este documento discute de forma mais abrangente a respeito da HFC em relação ao PCN, pois leva em consideração a Ciência como um processo de construção histórica influenciada pela política, economia e tecnologia. O que vale esperar que a partir deste é que seja mais comum encontrar livros didáticos e/outras materiais que abordem a HFC de uma forma mais eficaz.

Diante deste panorama, é visto sobre os debates realizados por filósofos a respeito de inserir a história da ciência no método científico e também como tem sido o processo de implantação da HFC nos currículos escolares. Este no qual é observado que tem se mantido como desafio ao longo de todos estes anos.

## **1.2. Significação de Modelo Mental**

Os estudos referentes aos modelos mentais têm sido realizados ao longo de vários anos tanto no ensino como fora dele, por pesquisadores como Moreira (1996, 2014); Johnson-Laird (1983, 2001, 2012, 2013), Harrison; Treagust (1996), Norman (1983), Borges (1996, 1997, 1998, 1999) e Eysenck e Keane (1994). Borges (1999), explicita uma caracterização simples de modelo mental como um modelo que existe na mente de alguém. Isso significa que não há meios de se conhecerem, objetivamente, os modelos mentais de outros. Nós só podemos falar a respeito de nossa própria concepção dos modelos mentais usados por outras pessoas. Johnson-Laird (1983a) apresenta as “representações mentais, ou seja, as representações internas que as pessoas constroem do mundo externo na forma de representações proposicionais, modelos mentais e imagens.

Logo, Eysenck e Keane (1994), definem as representações proposicionais e representações analógicas propostas por Johnson. Onde as representações analógicas são não-discretas (não-individuais), concretas (representam entidades específicas do mundo exterior), organizadas por regras frouxas de combinação e específicas à modalidade através da qual a informação foi originalmente encontrada. E as representações proposicionais são discretas (individuais), abstratas, organizadas segundo regras rígidas e captam o conteúdo ideacional da mente independente da modalidade original na qual a informação foi encontrada, em qualquer língua e através de qualquer dos sentidos. Para Moreira (1996) as representações proposicionais apresentam-se como “tipo-linguagem”, mas trata-se de uma linguagem que não tem a ver com a língua nem com a modalidade de percepção, é uma linguagem da mente que não são frases em uma certa língua, mas são entidades individuais e abstratas formuladas em linguagem própria da mente.

Nesse contexto, tem-se o conhecimento que cada indivíduo pode captar o mundo externo de  $n$  formas e transformá-lo em uma representação mental, esta a princípio é criada segundo seu prisma posteriormente adequada as ideias conhecidas perante a sociedade. Um exemplo é quando um bebê está aprendendo a falar. Os pais usam termos como papai/mamãe para serem suas primeiras palavras. Um ser humano adulto, devido já ter passado por essas fases têm conhecimento do que ou quem é o papai e a mamãe, mas um bebê em processo de

formação não. Nisto, ele pode associar ou representar mentalmente a qualquer pessoa como mamãe/papai, até ter a imagem formada de quem são estes de fato. Dessa forma, um aspecto importante é que a habilidade de um indivíduo em explicar e prever eventos e fenômenos que acontecem à sua volta evolui à medida que ele adquire modelos mentais mais sofisticados dos domínios envolvidos (Borges, 1996) e estes são percorridos por comandos ou linguagens criadas mentalmente para que possamos representar o mundo externo para o mundo interno e vice-versa.

Além disso, Norman (em Gentner e Stevens, p. 7-8, 1983) considera quatro fatores importantes sobre modelos mentais:

Em consideração aos modelos mentais, precisamos realmente considerar quatro coisas diferentes: o sistema alvo, o modelo conceitual desse sistema alvo, o modelo mental do usuário do sistema alvo e a conceituação do cientista desse modelo mental. O sistema que a pessoa está aprendendo ou usando é, por definição, o sistema de destino. Um modelo conceitual é inventado para fornecer uma representação apropriada do sistema alvo, apropriado no sentido de ser preciso, consistente e completo. Modelos conceituais são inventados por professores, designers, cientistas e engenheiros. Modelos mentais são modelos que evoluem naturalmente. Isto é, através da interação com um sistema alvo, as pessoas formulam modelos mentais desse sistema. Esses modelos não precisam ser tecnicamente precisos (e geralmente não são), mas devem ser funcionais. Uma pessoa, por meio da interação com o sistema, continuará a modificar o modelo mental para chegar a um resultado viável.

Khemlani (2018) aponta que para tarefas de raciocínio mais complexas, manter os três modelos na memória deve ser difícil, de modo que o raciocínio tende a manter apenas as funções mentais, modelos que são um subconjunto apropriado dos modelos totalmente explícitos o que gera os modelos conceituais.

Se não considerar o processo de modelo conceitual, os modelos mentais serão limitados por coisas como o histórico técnico do usuário, experiências anteriores com sistemas semelhantes e a estrutura do sistema de processamento de informações humanas, não levando em consideração que todas as pessoas têm crenças particulares sobre suas máquinas e sobre suas próprias limitações (Norman, em Gentner e Stevens, p. 8, 1983).

Para Krapas (*et al*, 1997) modelos mentais e modelos conceituais são, portanto, representações de processos ou objetos do mundo real, construídos basicamente através do estabelecimento de relações analógicas. Pois, quando algum produto resultante de um processo de modelagem passa a ser compartilhado por uma certa comunidade, recebe o nome de modelo conceitual e pode ser, em determinadas situações, transformado em um objeto concreto e para alguns analogias e representações são construtos do mesmo tipo visto que envolvem tomar alguma coisa para representar uma outra (Borges, 1998).

Apesar de que o foco não seja propor uma diferença entre modelo conceitual e modelo mental, é necessário deixar claro o que é encontrado na literatura sobre estes conceitos. Moreira (2014), aborda que os modelos científicos dependem das aproximações feitas. Já que os modelos científicos são construídos por pesquisadores, as teorias científicas não são definitivas, pois certamente serão superadas por outras melhores, mais explicativas, logo no ensino o professor usa modelos conceituais à espera que o aprendiz construa modelos mentais consistentes por meio destes modelos conceituais, pois o modelo conceitual pode dar ao seu construtor uma imagem simbólica do real, buscando inseri-lo em uma teoria capaz de descrevê-lo (Moreira, 1996; 2014.). Assim, este tipo de modelo é necessariamente uma forma de transpor didaticamente o modelo científico nas escolas.

Cabe salientar também que modelo mental não é a mesma coisa que mapa conceitual. O mapa conceitual é uma estrutura esquemática para representar um conjunto de conceitos imersos numa rede de proposições, considerado como um estruturador do conhecimento, em que permite mostrar como o conhecimento sobre determinado assunto está organizado na estrutura cognitiva de seu autor, que assim pode visualizar e analisar a sua profundidade e a extensão. Ele pode ser entendido como uma representação visual utilizada para partilhar significados, pois explicita como o autor entende as relações entre os conceitos enunciados (Tavares, 2007). Logo, o mapa conceitual é instrumento facilitador na aprendizagem significativa, é um recurso utilizável de variadas formas no contexto escolar: estratégia de ensino/aprendizagem; organizador curricular, disciplinar ou temático; instrumento avaliativo e outros (Souza; Boruchovitch, 2010).

Dessa forma, a análise sobre o conceito de modelo mental encontrado na literatura baseia-se sobre estudos referentes aos tipos de representações que as pessoas têm a respeito do mundo. Trata-se de concepções, experiências e visões que são abstraídas internamente por cada pessoa acerca daquilo que é vivenciado. E estas representações podem ser complexas e por isso transformadas em modelos conceituais ou mapas conceituais. Explicando porque a escola adota este modelo de esquemas de conceitos, mas muitos pensadores consideram apenas uma possibilidade, o modelo mental, para compreender a formação das representações mentais.

## CAPÍTULO II

### 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho resgata a História e Filosofia da Ciência do epistemólogo Thomas Samuel Kuhn e a teoria sobre Modelos Mentais de Johnson-Laird. No livro a “Estrutura das Revoluções Científicas (1962)”, Thomas Kuhn aborda sua percepção sobre a formação do conhecimento científico, tratando-a como um fator histórico que precisa ser estudado conforme a evolução que a ciência tem obtido no decorrer dos anos. Evidenciado a ciência não somente como um processo que acumula ou que anula o conhecimento, mas como um fator que é construído com base em crenças e métodos científicos, do qual passa por erros e acertos para assim formular tais teorias e leis. Dito isto, a escolha desta obra e, especificamente, deste filósofo trará a este trabalho o respaldo que se tem discutido ao longo dos capítulos, que é sobre a importância da HFC no estudo das Ciências nas Escolas.

Sobre os Modelos Mentais de Philip N. Johnson-Laird, faz refletir suas obras que abordam questões como: “É possível alcançar uma compreensão científica da mente? ”, “Como as pessoas representam mentalmente o silogismo? ”; e a sua explicação “que todo conhecimento do mundo depende da habilidade de construir modelos deles” (Johnson- Laird, 1983), compreendendo o estudo de modelos mentais como uma forma de construção do conhecimento científico realizada por meio do desenvolvimento da cognição humana ao longo do estudo de teorias e/ou leis formuladas pela Ciência.

Logo, a escolha destes teóricos uni os saberes sobre a História e Filosofia da Ciência e os Modelos Mentais. Onde a ciência e o estudo da estrutura do átomo não serão vistos como um fator a-histórico para assim poder compreender a representação mental de estudantes de educação básica acerca deles, buscando responder à questão problema proposta para o desenvolvimento da discussão desta pesquisa.

#### 1.1. A História e Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn.

Thomas Samuel Kuhn (1922-1996), físico e filósofo que revolucionou o mundo científico ao discorrer sobre a importância de apresentar a ciência de forma adequada àquelas pessoas que buscam compreendê-la. Muitas pesquisas discorrem sobre os conceitos por ele atribuído aos termos como paradigma, ciência normal e revolucionária discorridas em sua obra Estrutura das Revoluções Científicas (1962).

Para chegar a ideia de paradigma, Kuhn inicia sua abordagem relatando que os livros mostram o conhecimento científico apenas ilustrando os cientistas como pessoas que fazem

ciência com base na reprodução de técnicas, para postular leis e teorias que anulam ou acumulam sobre as outras existentes. Algo que é visto, por ele como anedota, mas que pode ter essa visão transformada ao se estudar a história da ciência. Isso é observado em sua colocação:

Se a história fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas e cronologia, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem da Ciência que atualmente domina (...) o objetivo de tais livros é persuasivo e pedagógico; (...) esses livros nos têm enganado em aspectos fundamentais” (Kuhn, p. 19-20, 1962).

Para Kuhn, os livros enganam ao mostrar os métodos científicos de forma meramente pedagógica e acumulativa, devido isso implicar sobre a visão que as pessoas podem obter sobre o que é Ciência. Logo, para ele é necessário que se conheça os fatores históricos que implicam a ciência e a produção do conhecimento científico, para assim se obter um pensamento crítico a respeito da mesma. Esta análise é feita sobre o seguinte discurso:

Os livros têm sido interpretados como se afirmasse que os métodos científicos são simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregada nas coletas de dados (...) o resultado disso tem sido um conceito de ciência com implicações profundas no que diz respeito a sua natureza e desenvolvimento (Kuhn, p. 20, 1962).

Se continuamos a procurar e perscrutar os dados históricos sobretudo para responsabilizar as questões postas pelo estereótipo a-histórico extraídos dos textos científicos (...) esses textos frequentemente parecem implicar que o conteúdo da ciência é exemplificado de maneira ímpar pelas observações, leis e teorias descritas em suas páginas (Kuhn, p. 20, 1962).

Logo, essa visão a-histórica proporcionada pelos livros de Ciências, abordam aquilo que Perez (*et al*, 2001) chama de uma imagem deformada da ciência. Isso porque este tipo de colocação encontrada implica diretamente sobre os conteúdos que são trabalhados pelas teorias científicas. Nesse aspecto, construir uma imagem não deformada da Ciência é importante para que ela não seja baseada somente em simples ilustrações, como as que tem sido apresentado nos livros, que se perde os fatores históricos que envolvem o desenvolvimento dela. Observando-a não somente como uma forma de conhecimento que agrega métodos, mas como um método que é construído por cientistas no decorrer de vários períodos. Desse modo, para Kuhn construir uma imagem não deformada da ciência inclui a importância do estudo da História da Ciência, e esta deve ser vista da seguinte forma:

A história da ciência, de um lado, deve determinar quando e por quem cada fato, teoria, ou lei científica foi descoberta ou inventada. De outro lado, deve descrever e explicar os amontoados de erros, mitos e superstições que inibiram a acumulação

mais rápida dos elementos constituintes do moderno texto científico (Kuhn, p. 20, 1962).

Nesses aspectos, relatar a história da ciência inclui falar sobre as crenças, que por sua vez, não são totalmente nulas a produção do conhecimento científica. Estas crenças que fazem parte da formulação das ideias são advindas de experiências e observações de fenômenos, e estas tendem a variar ao longo do tempo em que são formuladas. E mesmo não podendo chegar por si só à conclusão de descobertas científicas, estas fazem parte na análise do método científico. Como é dito por Kuhn, em:

“Talvez a ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções (...) A ciência inclui conjuntos de crenças totalmente incompatíveis com as que hoje mantemos (...)” (Kuhn, p. 21, 1962).

Aquele que sendo instruído para examinar fenômenos elétricos ou químicos sabe como proceder cientificamente (...) as conclusões particulares a que ele chegar são provavelmente determinadas por suas experiências prévias em outras áreas, por acidentes de investigação ou formação individual (Kuhn, p. 22, 1962).

A observação e a experiência podem e devem restringir drasticamente a extensão das crenças admissíveis, porque de outro lado não haveria ciência. Mas, não podem por si só determinar um conjunto específico de crenças (Kuhn, p. 23, 1962).

Estas crenças que abordam a filosofia da ciência, advindas sobre os questionamentos e a tentativa de neutralidade dos métodos científicos. Seja por meio da observação ou experimentação, com o levantamento de hipóteses que formulam posteriormente os resultados de cada trabalho desenvolvido por cientistas. Logo, toda pesquisa científica consiste para Kuhn no processo de ciência normal para a ciência extraordinária, e este processo apresenta anomalias e paradigmas que sempre serão reformulados à medida que os primeiros questionamentos são respondidos.

Com essas reflexões, inicia-se a ideia de paradigma. Kuhn (1962), apresenta os seguintes pressupostos:

Paradigma, de um lado indica toda a constelação de crenças, valores, técnicas partilhadas pelos membros de uma determinada comunidade. De outro lado, denota um tipo de elemento dessa constelação, as soluções concretas de quebra-cabeças empregadas como modelos ou exemplos que podem substituir regras explícitas com base para outras soluções advindas da ciência normal (...) (p. 218).

(...) O termo paradigma é aquilo que os membros de uma comunidade científica partilham, e inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma (p.219).

Em sua filosofia da ciência, Kuhn acredita que uma comunidade científica parte em busca de resolver as anomalias compartilhando paradigmas. E que a “*ciência normal significa*

*uma pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas do passado*” (p. 29, 1962). Este processo de ciência gera o que ele chama de ‘crise’. Um artifício que cessa a ciência normal, passando para a ciência extraordinária. Nisto é possível observar três pontos: 1. O paradigma consegue resolver a anomalia; 2. A anomalia persiste e sua resolução é deixada às gerações seguintes; 3. A anomalia persiste e dá ensejo ao nascimento de um novo paradigma.

Logo, a ciência extraordinária reconduz a ciência, iniciando-se novos paradigmas. Como dito por Kuhn (1962), *“Consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-acumulativo, nos quais um paradigma é total ou parcialmente um novo incompatível com o anterior (p. 125)”*.

E partindo deste processo, das ideias de Ciência normal, paradigmas e revoluções científicas que Thomas Kuhn traz um marco para a ciência, tratando-a como uma união de fatos, teorias e leis que são construídas e reformuladas a medida necessitam se adaptar ao processo evolutivo.

## **1.2. A reflexão de Thomas Kuhn sobre a História e Filosofia da Teoria Atômica**

Thomas Kuhn, resgata em seu livro um pouco sobre a evolução histórica das teorias de Química. Aborda sobre a química pneumática e a descoberta do oxigênio feita por Lavoisier. Seguindo uma discussão sobre os paradigmas que isso trouxe para aquela época apresentando a perspectiva de outros estudiosos da Química e Física. Logo pois, a esta discussão, Kuhn perpassa para a reflexão da história do atomismo, da seguinte maneira:

Durante grande parte do século XVIII e mesmo do século XIX, os químicos europeus acreditavam quase universalmente que os átomos elementares, com os quais eram constituídas todas as espécies químicas, se mantinham por forças de afinidade mútuas (Kuhn, p. 166, 1962).

Para Kuhn, a proposta de teoria atômica proporcionada por Dalton apresentou-se em um período em que muitos estudiosos ainda se mantinham na visão mais simples sobre a filosofia da ciência fazendo com que muitas teorias não fossem condizentes aos fenômenos observáveis.

Mas, enquanto a química era concebida dessa maneira os fenômenos químicos exemplificavam leis diferentes daquelas que emergiam após a assimilação do novo paradigma de Dalton. Essa era a situação de prevaência, quando John Dalton empreendeu as investigações que acabou levando a sua famosa teoria atômica para a química (Kuhn, p. 168-169, 1962).

No entanto, Kuhn acredita que Dalton trouxe para a química um paradigma que evidencia o que ele chama de revolução científica, ou seja, um paradigma que trouxe uma mudança na forma de ver os as teorias químicas. Mesmo, sem ser esse o propósito de Dalton, como é visto a seguir:

Mas até os últimos estágios dessas investigações, Dalton não era um químico e nem estava interessado em química. Era um meteorologista investigando os problemas físicos da absorção de gases pela água e da água pela atmosfera. Mas, um problema que ele pensava poder resolver caso pudesse, era de determinar os tamanhos e pesos relativos das várias partículas atômicas nas suas misturas experimentais (p. 169-170).

Foi para determinar os tamanhos e os pesos relativos que Dalton se voltou finalmente para a Química. (...) Quando Dalton consultou pela primeira vez a literatura Química em busca de dados que corroborassem sua teoria física, encontrou alguns registros de reações que se ajustavam a ela, mas dificilmente poderia ter deixado de encontrar outras que não se ajustavam (p.170-171).

Kuhn, apresenta a teoria atômica de Dalton como um processo que busca solucionar uma anomalia originada pela ciência normal. No qual, esta ciência proporcionava paradigmas que poderiam ou não corresponder a nova teoria, resultando com que sua ideia inicial não fosse aceita perante a comunidade científica.

Mas é difícil fazer com que a natureza se ajuste a um paradigma (...) os químicos não poderiam simplesmente aceitar a teoria de Dalton com base nas evidências existentes, já que uma grande parte dessas eram negativas (p. 171).

É desnecessário dizer que as conclusões de Dalton foram atacadas a serem anunciadas pela primeira vez. (...) mas para a maior parte dos químicos, o novo paradigma de Dalton demonstrou ser convincente, onde de Proust não foi (p.170)

Muitos estudiosos, que se voltam para a história da química, sabem que Dalton trouxe um marco para a teoria atômica, pois, foi por meio dele que se viu o atomismo como teoria científica. Mesmo, Dalton não rejeitando totalmente a ideia de átomo proposto inicialmente por Demócrito e Leucipo, conseguiu elaborar teorias de proporções que condizem com muitos dos fenômenos. Kuhn evidencia isto e mostra que embora, a teoria de Dalton tenha apresentado aceitação comparado a estudos antigos, a solução de uma anomalia traz um ciclo de novos paradigmas que busquem corresponder os fenômenos presentes na natureza naquele respectivo período. Fazendo com que Dalton, traga em sua teoria uma revolução científica para aquele determinado momento. No entanto, com as mudanças da natureza e com novos cientistas estudando esses processos, houve-se uma grande transformação nos conhecimentos empíricos voltados a química e a teoria atômica. No qual

poderia ser evidenciado não por cientistas, mas posteriormente por historiadores da ciência. Como foi observado por Thomas Kuhn, da seguinte maneira:

Mesmo após aceitação da teoria, eles ainda tinham que forçar a natureza e conforma-se a ela, processo que no caso envolveu quase toda uma outra geração. Quando isso foi feito, até mesmo a percentagem de composição de compostos conhecidos passou a ser diferente. Os próprios dados haviam mudado. Este é o último dos sentidos no qual desejamos dizer que, após uma revolução, os cientistas trabalham em um mundo diferente (p.171).

Ao observar a história da química, Kuhn evidencia de que a ciência não é algo que se é construído sozinho. Parte da reflexão de que as revoluções científicas são proporcionadas por fatores históricos, em que cada cientista busca contribuir para determinada descoberta ou lei. Apresentando acertos e erros, que geram não só soluções para as anomalias daquele período, mas também que deixam possibilidades de criar novos paradigmas para as gerações futuras. Um fato que é bem observado por ele no desenvolvimento da teoria atômica, assim como também nas descobertas feitas por Lavoisier e Proust.

## **2. Os Modelos Mentais de Philip N. Johnson-Laird.**

O teórico britânico Philip Johnson-Laird (1936), se tornou conhecido por estudar a cognição e a forma de raciocínio humano. Em seus estudos voltados a psicologia da aprendizagem desenvolveu a proposição sobre modelos mentais.

Ao se mencionar modelo mental, Johnson-Laird (p. 353, 1981a) refere-se que “*as pessoas têm o poder e/ou habilidades de extrair representações para que pareçam experimentar os eventos ao invés de meramente ler ou ouvir sobre eles*”.

Isto é, para Johnson Laird (p. 63, 1983b), “*as pessoas em vez de pensar de maneira funcional, elas constroem modelos mentais de estados de coisas descritos nas premissas, confiando em seu conhecimento geral e em seu conhecimento do contexto*”.

Para Laird, as construções e/ou extrações desses modelos se baseiam em duas premissas básicas, que são elas:

Primeiro, enunciados são traduzidos em um código mental que fornece uma representação linguística direta deles. Este estágio diz respeito à identificação de sons de fala, o reconhecimento de palavras e a recuperação da estrutura sintática superficial (...) A ideia básica da semântica da teoria dos modelos é a seguinte: por um lado, existe uma linguagem que é recursivamente definida por regras sintáticas que governam o conjunto de expressões bem formadas (...) (Johnson-Laird, p. 353-354, 1981a).

Ele explica essa primeira premissa relacionada a construção da linguagem, isto é, que pode ser representada pela fala ou expressões que são formadas pelas pessoas. Sendo conhecido representada pela simbologia de letras, que constituem as vogais, o alfabeto; para assim formar as palavras, os pensamentos, a língua básica voltado a comunicação.

A segunda premissa é apresentada sobre a inferência de representações acerca dos demais fatores que nos rodeiam como a forma de representar um objeto, uma ideia, uma pessoa e coisas do tipo. Como é visto abaixo:

(...) em segundo lugar, o código linguístico pode ser usado como parte da base para a construção inferencial de um modelo mental do estado de coisas que os enunciados descrevem. (...) por outro lado, existe uma estrutura de modelo que consiste em um domínio de indivíduos, números ou entidades de algum tipo (Johnson-Laird, p. 354, 1981a).

A ideia de inferência usada por ele é associada a ideia de que as pessoas constroem seus modelos acerca daquilo que lhes é mostrado sobre o mundo, incluindo a própria linguagem. Que é explicado sobre:

Uma semântica para a linguagem é fornecida especificando uma função que produz uma interpretação com relação à estrutura do modelo para cada expressão na linguagem. Os termos básicos da linguagem são mapeados diretamente nos conjuntos apropriados de indivíduos na estrutura do modelo (Johnson-Laird, p. 354, 1981a).

Assim a linguagem e os objetos de coisas que conhecemos são representações que envolvem a interpretação e a abstração que fizemos sobre elas. Assim, Johnson-Laird (p. 355, 1981a) relata que, *“cada estrutura de modelo representa um possível estado de coisas, construímos a interpretação de uma sentença recursivamente como uma função das interpretações de suas partes”*. *“E, se continuarmos da mesma maneira, estaremos fadados a desvendar o funcionamento da mente”* (Johnson-Laird, p. 71, 1980).

Ao se referir aos termos ‘interpretação’ e ‘inferência’, Johnson-Laird estabelece a ideia de que os modelos ou representações são formados por meio de informações que façam sentido ou tenha lógica a pessoa que recebe alguma premissa. Um exemplo é o uso de analogias e silogismos. Seguindo a analogia, segundo Johnson-Laird (p. 74, 1980):

Todos os homens prudentes evitam as hienas

Todos os banqueiros são homens prudentes

“Todos os banqueiros evitam as hienas”

Apesar de sua simplicidade lógica, no entanto, eles têm algumas propriedades psicológicas interessantes. Você pode se atentar em finalizar uma conclusão antes de continuar lendo, parte da base para a construção inferencial de um modelo mental dependem do estado de coisas que os enunciados descrevem, a maioria dos sujeitos é capaz de fazer uma inferência silogística válida a partir dessas premissas (Johnson-Laird, 1980; 1981a). Mas se apresentar ideias incompletas, sem lógica ou que faça sentido a pessoa, dificilmente a mesma criará um modelo persistente daquilo. Exemplo, ao usar as seguintes asserções de Johnson-Laird (p. 357, 1981a):

A colher está à esquerda da faca  
 A placa está à direita da faca  
 O garfo está na frente da colher  
 A xícara está na frente da faca

Johnson-Laird (p. 357, 1981a), simplesmente muda a última palavra na segunda sentença:

A colher está à esquerda da faca  
 A placa está à direita da colher  
 O garfo está na frente da colher  
 A taça está na frente da faca.

Isto explica que os sujeitos constroem um modelo mental para as descrições determinadas, mas abandonam tal representação em favor de uma linguística superficial assim que encontram uma indeterminação. Os modelos mentais são relativamente fáceis de lembrar, mas se codificam pouco ou nada da forma das sentenças originais nas quais eles são baseados, os sujeitos confundem descrições inferíveis com as sentenças originais. *“Eles também introduzem palavras sincronizadas e como seu produto final é entregar o valor de verdade de uma sentença com relação à estrutura do modelo”* (Johnson-Laird, 1981a; 2001). Tentativas de usar a estratégia reconstrutiva na qual um modelo existente é modificado à luz de informações subsequentes provavelmente colocarão uma carga muito maior sobre o sistema cognitivo, e, infelizmente, este último procedimento sempre produzirá uma conclusão, e a teoria é incapaz de prever respostas da forma: ‘não há conclusão válida’ (Johnson-Laird, 1980; 1981a).

Os dados mentais podem consistir em uma percepção ou pensamento efêmero, mas também de conhecimentos e crenças de longo prazo. Esses dados são frequentemente

introspectivos, porém nossas mentes têm ‘programas’ que usam esses dados e esses programas são inacessíveis à consciência. No entanto, o programa pode construir uma nova cadeia causal. A possibilidade resultante explica a inconsistência e as possibilidades contra factuais geram nova alegação (Johnson-Laird, 2012; 2013).

Johnson-Laird, associa um programa de computador a mente humana. Isto ajuda a explicar como ocorrem os processos de abstração e representações do mundo por meio de inferências. Para ele funciona por meio de “comandos”, mas para que estes tenham resultados esperados é preciso inferir da forma correta. E que quando uma pessoa já tem suas representações acerca de algo, ao serem promovidos novos “comandos” podem reformular e reconstruir novos tipos de representações mentais. No entanto para isso ser feito de forma válida é necessário que se tenha estratégias que contenham informações válidas, isto é, que façam sentido a pessoa, para assim elas reconstruírem as representações mentais que continham anteriormente acerca daquela informação.

## CAPÍTULO III

### 1. TRABALHOS RELACIONADOS

Após recorrentes pesquisas e leituras de vários trabalhos que envolvem a temática desta pesquisa, foram selecionados sete trabalhos que nos possibilitou ter como apoio inicial a demonstração da relevância que esta investigação pode trazer ao processo de ensino e aprendizagem em ciências, além de que estes trabalhos inspiraram a dar andamento a mesma, pois após uma longa seleção, foi visto como poderia ser feito uma estratégia de investigação com base na união da HFC e modelos mentais, sendo elas de ramos diferentes de pesquisa. Em que esta união teria necessidade de dialogar com os campos das Didáticas da Ciências, Ensino de Ciências e Psicologia Educacional com Teorias da Aprendizagem. Logo, como foi visto anteriormente que as pesquisas em História e Filosofia da Ciência e modelos mentais são realizadas de forma individualizada, foram selecionadas quatro trabalhos sobre a HFC e três trabalhos que relatam os modelos mentais de alunos sobre átomos e moléculas para que se pudesse ter como base os trabalhos que são realizados nestas áreas de formas distintas, para assim poder uni-las em um único campo que é o Ensino de Ciências. Desta forma, há a seguir uma breve descrição dos trabalhos relacionados compatíveis a ideia desta investigação, para assim fazer o diálogo sobre a relevância desta pesquisa.

O artigo “Studying the consistency between and within the student mental models for the atomic structure” dos autores Zarkadis, Papageorgiou e Stamovlasis, (2017) tem como objetivo investigar a coerência dos modelos mentais em estrutura atômica quando os alunos os aplicavam e explicavam em atividades rotineiras. Para este propósito, um conjunto de seis tarefas de diferentes situações cotidianas foram dados a 225 estudantes da 10ª e 11ª séries de escolas secundárias do norte da Grécia, equivalente com alunos de 11 a 12 anos. A metodologia dos autores consistiu em análises quantitativas e qualitativas. Na análise quantitativa foi utilizado a técnica de Análise de Classe Latente (LCA) para facilitar a identificação de uma série de modelos mentais de cada participante. Este processo mostrou que não há consistência entre os modelos mentais dos átomos e as situações habituais e que o contexto das tarefas cotidianas afeta a distribuição das respostas dos alunos em seus respectivos modelos sobre os átomos.

Na análise qualitativa obtiveram uma variedade de conhecimentos de diferentes modelos que os alunos combinam quando manipulam as tarefas, o que possivelmente causa uma falta de consistência dentro de cada um dos modelos. Os resultados são discutidos em termos de coerência entre modelos conhecidos e dentro dos modelos dos alunos. As conclusões contribuem para o debate sobre a coerência *versus* hipóteses e o conhecimento fragmentado. A evidência empírica

fornecida pela análise demonstra claramente que os modelos mentais do estudante para a estrutura atômica não eram coerentes quando aplicados em diferentes situações cotidianas. *“Implicações para a teoria e prática são também discutidas”* (p.1).

Seguindo temos a dissertação *“Atomismo: Um resgate histórico para o ensino de Química”* da autora Ferreira, (2013). Este trabalho trata-se de uma dissertação de mestrado desenvolvida por uma acadêmica da Universidade Federal de Santa Catarina, no Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica. Em primeiro momento, pesquisadora buscou diagnosticar nos livros didáticos de química a relação ao conceito de átomo, as produções que englobam a história da ciência relacionadas ao ensino de Química. Em seguida, a autora realizou um resgate histórico do conceito de átomo, desde a antiguidade até a descoberta do elétron, organizados em dois capítulos.

O desenvolvimento deste trabalho teve como referencial epistemológico Gaston Bachelard, na obra *“Les Intuitions Atomistiques”*. Os capítulos desenvolvidos ao resgate sobre a história do átomo serviram para o desenvolvimento de um texto intitulado *“Atomismo: Um resgate histórico para o ensino de química”*, que foi o objeto da pesquisa desta autora. O texto foi enviado aos participantes, os quais responderam a um questionário composto por seis perguntas abertas. A amostra selecionada para responder às questões foi constituída por acadêmicos da área de ensino de química que possuíam conhecimentos em história e epistemologia da química. O texto e o questionário foram enviados de forma eletrônica para cada participante voluntário desta pesquisa (Ferreira, 2013). Nesse processo, a autora observou uma recorrente conclusão de que a história mostrada nos livros didáticos é pontual e que não contribui de fato para uma visão ampla acerca do desenvolvimento científico, compreendendo a necessidade de elaboração de materiais educativos com conteúdo que articulem a história, a filosofia e o ensino de ciências a fim de possibilitar conhecimentos diferenciados daqueles tradicionalmente contidos nos livros didáticos.

O artigo *“A Reconstruction of Structure of the Atom and Its Implications for General Physics Textbooks: A History and Philosophy of Science Perspective”* de Niaz e Rodríguez (2004) relata uma apresentação dos modelos Thomson, Rutherford e Bohr do átomo em livros de física geral baseados em critérios derivados de história e filosofia da ciência. Quarenta e um manuais de física geral (todos publicados nos Estados Unidos) foram avaliados em dois critérios baseados no trabalho de Thomson, três no trabalho de Rutherford e três no trabalho de Bohr. Os resultados obtidos mostram que os livros de física geral não incluem sistematicamente uma perspectiva de história e filosofia da ciência. Para os autores, a maioria

dos textos encontrados nos livros apresentam uma perspectiva indutivista em que os detalhes experimentais são considerados primordiais. Uma reconstrução histórica dos detalhes experimentais inevitavelmente inclui: o contexto no qual um experimento é conduzido, o arcabouço teórico que orienta o cientista e interpretações alternativas de dados que levam a conflitos e controvérsias. *“Exemplos são fornecidos para mostrar como reconstruções históricas de modelos atômicos podem proporcionar aos estudantes uma oportunidade de apreciar como os cientistas trabalham e a ciência progride”* (p. 409). Por fim, sugerem que as apresentações de livros didáticos baseadas em uma perspectiva de história e filosofia da ciência possam despertar o interesse dos alunos pelo assunto e, portanto, levar a um maior entendimento conceitual.

No artigo *“Mental models in chemistry: senior chemistry students mental models of chemical bonding”* de Coll e Taylor, (2002) os autores pesquisaram sobre os modelos mentais de alunos a respeito de ligações químicas. Observaram os modelos em estudantes secundários, estudantes de graduação e pós-graduação da Nova Zelândia. Os modelos mentais de ligação química foram sondados usando um protocolo de entrevista que incluía o uso de uma variedade de substâncias comuns e cartões de foco que descreviam o uso do modelo de alguma forma. O estudo descobriu que os modelos mentais dos alunos eram de natureza simples e realista, em contraste com os modelos sofisticados e matematicamente complexos aos quais estavam expostos durante a instrução. *“Os estudantes recorreram a alguns conceitos de outros modelos quando seus modelos se mostraram inadequados para explicar eventos macroscópicos”* (p. 175).

Em *“History and philosophy of science through models: some challenges in the case of ‘the atom’”* de Justi e Gilbert, (2000) é um trabalho referente às pesquisas de Rosária Justi, que faz parte do Departamento de Química da UFMG e Jhon Gilbert, da The University of Reading, Reino Unido. Os autores sugerem que a história e a filosofia da ciência pode contribuir à educação para melhorar a abordagem dos modelos científicos, integrando os modelos históricos do átomo como relevantes para inserção nos currículos. O trabalho é baseado em seis afirmações:

Modelos são uma base adequada para História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências; Modelos históricos podem ser caracterizados; Um número finito de modelos do átomo; Currículos escolares não se referem claramente a modelos históricos; Livros didáticos não fazem uso apropriado de modelos históricos; Modelos híbridos são usados no ensino.

Em cada afirmação procuram resgatar a relevância de se apresentar os modelos dos átomos contextualizados a história e filosofia da ciência Na afirmação dois os autores mostram a relevância de estudar os modelos atômicos, explicando sobre a teoria de Johnson-

Laird de que as representações mentais são baseadas pela formação de modelos mentais, em que representamos o mundo por meio de modelos. Na afirmação três, os autores realizam um resgate a história do átomo, descrevendo um pouco sobre os modelos propostos por filósofos gregos e posteriormente pelos cientistas Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

O trabalho é baseada nas obras de Lakatos (1970, 1978). Com isso, é feita uma análise da forma como o currículo para alunos de 14-16 anos e livros típicos no Brasil e no Reino Unido tratam os modelos históricos do átomo. Justi e Gilbert, identificam nesta pesquisa o uso de modelos "híbridos". Onde descrevem que os modelos híbridos, por sua própria natureza são compostos tirados de vários modelos históricos distintos, não permitindo que a história e a filosofia da ciência faça uma contribuição completa para a educação científica. Para os autores, isso é feito negando o papel de modelos distintos na história da ciência e do papel da progressão entre os modelos da filosofia da ciência, trazendo como consequências para o ensino da ciência um tratamento inadequado aos modelos históricos.

Ainda nos trabalhos de Justi, temos “Teaching with Historical Models” – Justi (2000), em que o artigo tem como base a investigação inicial feita em Justi e Gilbert (1999) que analisou os currículos brasileiros e do reino unido a respeito da inserção da HFC para contextualizar os modelos atômicos. Por outro lado, o ensino da cinética química foi investigado em um estudo de caso realizado em uma classe específica brasileira. Neste estudo de caso, os modelos expressos pelo professor e pelo livro didático foram analisados, bem como as ideias dos estudantes sobre tais modelos (Justi, 2000). Segundo a autora, em ambos os estudos, os modelos expressos no ensino foram analisados na crença de que é importante introduzir o HFC no ensino de ciências de tal forma que possa promover uma aprendizagem significativa e abrangente da ciência. Além disso, os modelos expressos no ensino de cada tópico foram relacionados aos modelos históricos caracterizados em cada caso. A análise verificou que muitos textos encontrados nos livros didáticos afirmam ideias errôneas a respeito do átomo devidos eles estarem identificados por meio de modelos híbridos, fornecendo uma nova visão através da qual o ensino pode ser discutido. O estudo abrange que a existência de um modelo híbrido no ensino significa que nenhuma história da ciência é possível porque implica que o conhecimento científico cresce linearmente e é independente do contexto. Levando os alunos a ter equívocos em seus modelos mentais do tema. Para Justi, a proposta de modelos históricos sustentados pelas ideias de Lakatos a respeito dos programas de pesquisa, pensa na forma alternativa sobre a introdução do HFC no ensino de ciências. Isso é porque a caracterização dos modelos históricos implica a associação de modelos em consenso com os contextos históricos particulares em que foram desenvolvidos.

Já em “Secondary Students’ Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry” de Harrison e Treagust (1996), os autores fizeram um estudo sobre modelos mentais em 48 alunos de oitava a décima série, referentes às suas concepções sobre a existência de átomos e moléculas. Os alunos eram de três diferentes escolas australianas que participaram voluntariamente da pesquisa. Os autores utilizaram entrevistas semiestruturadas com duração média de 20 minutos. Segundo os autores, no começo das entrevistas, cada aluno recebia um pedaço de folha de alumínio e um bloco de ferro e lhe era perguntado: “De que você acha que são feitos estes materiais?” Alguns estudantes lhes respondiam que o alumínio e o ferro eram feitos de átomos e moléculas. E quando isto não acontecia depois de quatro ou cinco perguntas, os pesquisadores davam uma pista usando a palavra “átomo”. *“Posteriormente, era pedido ao aluno que pensasse sobre seu modelo mental de átomo e que o desenhasse em uma folha de papel e descrevesse o desenho”* (p. 515). Como a maioria dos alunos entrevistados desenhavam ou mencionavam-se aos átomos como uma bola ou uma esfera, os pesquisadores lhes davam uma bola de poliestireno de 5 cm de diâmetro e um pompom (com núcleo duro), *“em seguida lhes perguntavam qual desses dois modelos tinha alguma semelhança com seu desenho e descrição”* (p.516).

Após esta etapa, os alunos recebiam uma folha contendo seis “diagramas de átomos”, tirados de livros didáticos usados habitualmente pelos professores. Eles deveriam indicar qual desses diagramas melhores se ajustava ao seu modelo mental de átomo, qual o segundo melhor ajuste, qual o terceiro e quais os diagramas que não gostavam. Nesse momento, frequentemente os alunos falavam em núcleo, camada eletrônica, nuvem eletrônica, movimento do elétron, prótons e nêutrons. E quando isso não acontecia, o entrevistador dava pistas perguntando aos alunos sobre nuvens e camadas eletrônicas. A discussão passava então para moléculas e cada entrevistado recebia dois modelos concretos de molécula de água, dos quais devia escolher um e explicar as razões de sua escolha. Cada entrevista foi gravada em áudio e transcrita. As transcrições mais os desenhos dos alunos formaram o conjunto de dados a ser analisado. Da análise qualitativa feita, foram identificadas categorias nas quais podiam ser enquadradas as preferências dos alunos. No artigo são apresentadas tabelas com tais preferências e com os atributos atômicos e moleculares segundo os modelos dos estudantes. São também apresentadas e comentadas várias descrições dos alunos sobre seus modelos mentais.

## 2. RELEVÂNCIA DA PESQUISA

A História e Filosofia do Atomismo segundo Justi e Gilbert (2000), é demonstrada por meio de seis modelos delineados ao longo de vários séculos. Estes modelos estão integrados ao currículo escolar dos alunos que são eles: Modelo Atômico da Grécia Antiga, Modelo Atômico de Dalton, Modelo Atômico de Thomson, Modelo Atômico de Rutherford, Modelo Atômico de Bohr e Modelo Atômico da Mecânica Quântica. No Brasil, a ciência faz parte do currículo dos alunos entre as idades de 7 e 14 anos (nível fundamental) e entre as idades de 15 e 17 anos (nível "médio). Ensinar sobre o átomo ocorre principalmente no nono ano do nível fundamental e no primeiro ano do nível médio, em Física, Química, Biologia no qual os conceitos do mesmo estão incluídos (Justi; Gilbert, 2000). E mesmo a ciência fazendo parte dos currículos de educação básica desde o ensino fundamental, pouco se houve falar nas escolas sobre a origem da Ciência e quando são abordadas utiliza-as somente como método para evidenciar uma ilustração de um determinado estudo, tratando a origem do conhecimento científico como uma “ciência criada por gênios” (Silva, 2006).

Algumas pesquisas realizadas no âmbito do Ensino de Química sugerem que isso se deve ao fato de muitos professores não estarem preparados a explorar os conteúdos que comportam o prelúdio do processo de aprendizado dos discentes, fragmentando o conhecimento dos alunos (Lima; Leite, 2012). De acordo França; Marcondes; Carmo (2009), sabendo que estrutura do átomo é um tema que os alunos apresentam dificuldade de compreensão, devido sua aprendizagem carecer de elevada capacidade de abstração, os professores se esquecem que a superação das dificuldades na construção do conhecimento científico tem evolução histórica e apresentam aos alunos conceitos e modelos de forma pronta e acabada. No entanto, mesmo havendo o despreparo de professores para lidar com a história da ciência, é também possível observar que o problema de se ter à falta de acesso a material de qualidade nas escolas faz com que se trabalhe com este tema de forma inadequada. De acordo com Melo (2002), os livros didáticos não resgatam as apresentações históricas necessárias para a representação dos modelos atômicos, dando a impressão de que existem modelos corretos e errados, fazendo com que muitos alunos questionem o porquê de não se aprender apenas o correto.

Em perspectiva, trabalhos como de Ferreira, (2013); Vidal, (2009) e Megi Neto; Fracalanza, (2003), mostram que os livros didáticos de Química integram poucos indícios referentes a história e filosofia da ciência em relação ao conceito de átomo, confirmando que a ciência é mostrada como um produto pronto e acabado, desenvolvido por mentes brilhantes, desprovidos de interesses políticos, econômicos, ideológicos e sem nenhum vínculo com o

contexto histórico, cultural e social. Logo, professores de Química ao reproduzir os conhecimentos voltados ao conteúdo desta ciência conforme é mostrado nos livros didáticos, fazem com que os alunos de ensino básico e até mesmo de graduação vejam a produção do conhecimento científico como um processo de difícil interpretação, baseado na reprodução de exercícios e de aulas experimentais. Ou seja, encaram esta disciplina como um aprendizado mecânico, que depende somente ligar a teoria à prática.

Ao expor sobre concepções equivocadas da ciência, estudos mostram que os modelos mentais dos alunos são de natureza simples e realista, em contraste com os modelos sofisticados, eles mencionam-se aos átomos simplesmente como uma bola ou uma esfera que contém uma nuvem repleta de elétrons, prótons e nêutrons e não entendem a forma de que a ciência é construída (Niaz; Rodriguez, 2004; Coll; Taylor, 2002; Harrison e Treagust, 1996). O padrão de erros que se observa é certamente compatível com a ideia de que os sujeitos em geral constroem modelos mentais das premissas, tomando ou não a forma de imagens (Johnson-Laird, 1981b). Pois, todo conhecimento do mundo depende da habilidade de construir modelos deles, as pessoas usam informações contidas nas premissas para a construir um modelo mental acerca daquilo (Johnson-Laird, 1983b). Logo, os primeiros estágios do desenvolvimento das ciências ao se caracterizar pela contínua competição entre diversas concepções de natureza possíveis, cada uma delas parcialmente derivadas e todas apenas aproximadamente compatíveis com os ditames da observação e do método científico, faz com que, a recordação obtida por alunos sobre ciência ou o átomo, em grande parte, seja uma reconstrução ativa, baseada no que resta desse modelo. Porque, quando o modelo é incompleto, pode ser invicto involuntariamente para tornar a memória mais significativa ou mais plausível - um processo que tem seu paralelo na construção inicial do modelo (Kuhn, 1962; Johnson-Laird, 1981b).

Em consequência disso, muitos pesquisadores como Klopfer (1969), Matthews (1997), Good (1999), Niaz; Rodríguez (2000), Lin; Chen (2002), Solbes; Traver (2003), Martins, A. (2007), Rosa; Martins (2007), Beltran (2013), corroboram com a proposta de inserção da HFC nos conteúdos Ciências a fim de tornar o ensino mais contextualizado contendo uma educação científica de qualidade. Desse modo, seria possível apresentar a HFC como uma alternativa para a reformulação desses modelos mentais ao se estudar as teorias atômicas com alunos de educação básica? *“Se não se tem o poder de considerar os eventos, torna-se difícil encontrar outro critério que revele tão claramente que um campo de estudos se tornou ciência”* (Kuhn, p. 42, 1962). Em conhecimento que um modelo pode ser usado para representar uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema (Gilbert e Boulter, 1995). E

um modelo mental é produzido na essência da perspectiva da ciência cognitiva sobre a aprendizagem (Johnson-Laird 1983b, Gentner e Stevens 1983). E que estes não podem ser acessados diretamente, apenas inferidos dos principais modos da comunicação humana: gesto, fala e escrita (Justi; Gilbert, 2000).

A literatura mostra que o ensino de Ciências, têm aderido à ideia de investigar e averiguar o desenvolvimento de modelos mentais nos alunos de Física e Química, através dos autores como Moreira (1996, 2014), Krapas *et al* (1997), Borges (1997-1998), Coll; Taylor; (2002), Greca; Santos (2005), Filho *et al* (2009), Santos; Melo; Andrade (2015). Segundo Justi (2008), desenvolver o uso de modelos mentais em sala de aula encoraja a participação dos alunos, favorecendo a construção do conhecimento sobre os significados e conceitos, já que o ser humano utiliza modelos para explicar o mundo a sua volta, criando representações de conceitos, articulando teorias e leis, este processo pode relacionar as abstrações de dados empíricos em representações que facilitam a construção do conhecimento (Justina; Ferla, 2006).

Ao revisar a literatura é plausível considerar a relevância de se trabalhar a HFC nas escolas e com o contexto dos modelos mentais de alunos, no entanto foi possível observar que as pesquisas nestas áreas apresentam sempre abordagens individuais. Isto é, trata-se artigos tratam a HFC como uma medida importante a aprendizagem, mas não citam sobre modelos mentais e vice-versa. Sendo que uma pode trazer contribuição para a outra. Logo, um diferencial deste trabalho trata-se de unir essas duas ciências para que ambas tragam benefícios em alunos no processo de ensino e aprendizagem em Química. Além do mais, pode-se citar também como diferencial a forma de análise que será utilizado neste trabalho, a fenomenologia. Muitos outros trabalhos analisam modelos mentais por meio de outras metodologias, mas não como um fenômeno em si. Logo, tratar modelo mental como fenômeno, entende-se que as representações mentais podem ser induzidas nos alunos utilizando os materiais adequados a este processo, pois trata-se de uma vivência ou experiência que os alunos irão apresentar.

E para que alunos tenham experiências concretas dos conteúdos, se aprofundar em pesquisas e leituras, a fim de elaborar materiais necessários para transpor didaticamente este conhecimento de forma adequada para que o processo de construção de modelos, vá além do conteúdo literal do enunciado, se baseando em inferências fundamentadas em conhecimentos gerais e específicos (Johnson-Laird, 1981b). Apresentando a ciência como uma reunião de fatos, teorias e métodos, que os cientistas são homens que com ou sem sucesso, empenharam-se em contribuir, com um ou outro elemento para essa constelação específica e a história da

ciência torna-se disciplina que registra tanto esses aumentos sucessivos como os obstáculos que inibiram sua acumulação (Kuhn, p. 20, 1962). Mesmo havendo a luta de inserção da HFC nos livros didáticos de forma eficaz, caberia aos educadores e pesquisadores reverterem este papel (Vidal, 2009).

Nesta perspectiva, após recorrentes pesquisas na literatura, no ensino de Química, são encontradas trabalhos próximos à linha de pensamento desta investigação nos estudos de Justi; Gilbert (2000), Justi (2000) e Harrison; Treagust (1996). Em Justi (2000) tanto sua pesquisa sobre a utilização de modelos históricos para contemplar o ensino de teoria atômica por meio da HFC, quanto suas análises de comparação dos currículos e livros didáticos do Brasil com Reino Unido, nos estimulou sobre a premissa de que a contribuição que a História e Filosofia da Ciência (HFC) poderá trazer para o aprendizado ao estudo das Teorias e Modelos Atômico é plausível como método de tentativa para mudar o método de ensino atual. No entanto, nosso diferencial é trazer esta perspectiva voltado a teoria de Thomas Kuhn, enquanto eles utilizam com base a História e Filosofia de Lakatos. Quanto a pesquisa de Harrison; Treagust (1996), nos possibilitou refletir sobre como poderá ser a captura de modelos mentais de alunos a respeito dos átomos, pois ele se baseia somente em capturar a concepção que os alunos têm referente ao átomo.

## CAPÍTULO IV

### 1. METODOLOGIA

Esta pesquisa visa responder: *Como analisar as representações dos Modelos Mentais dos alunos do ensino básico a partir da História e Filosofia da Ciência intrínseca ao estudo das Teorias Atômica por meio da fenomenologia?* Para isso, sabe-se que a investigação em representações mentais é bastante difícil, primeiro porque não se pode simplesmente perguntar à pessoa qual o modelo mental que ela tem para determinado estado de coisas, pois ela pode não ter plena consciência desse modelo (MOREIRA, 1996). Em segundo, porque não adianta buscar modelos mentais claros, nítidos, elegantes, pois os modelos que as pessoas de fato têm são estruturas confusas, malfeitas, incompletas e difusas (Norman, 1983). Com isso, ao considerar a pesquisa em modelos mentais como uma análise investigativa, aborda-se este trabalho como pesquisa qualitativa a fim de que os dados coletados tenham um caráter investigativo e interpretativo.

Apreciando o caráter investigativo e interpretativo deste trabalho, para alcançar os objetivos de pesquisa foi escolhido o uso da abordagem qualitativa denominada fenomenologia. Em que a fenomenologia vem ser o estudo da experiência humana e do modo como as coisas se apresentam para nós por meio de experiências, possibilitando descobrir objetos e a nós mesmos tornando evidente o modo como as coisas são (Sokolowski, 2004). E para estruturação e análise de dados foi utilizado a Análise Textual Discursiva (ATD), uma ferramenta que contempla o método de análise e validação dos dados fenomenológicos.

Dado o exposto, é necessário deixar ciente que pesquisa foi realizada no município de Itacoatiara, Amazonas, no Instituto Federal do Amazonas (IFAM/CITA), com dezesseis alunos que apresentam faixa etária entre 15-16 anos que cursavam o 2º ano do Nível Médio Técnico Integrado, após obter o parecer aprovado do conselho de ética.

#### 1.1. A Fenomenologia e a ATD: Análise dentro do contexto da pesquisa.

O conceito fenomenológico envolve o fenômeno, que se entende por ‘o que se mostra’, o ‘ser dos entes’, o seu sentido, as suas modificações e derivados, e precisamente a fenomenologia permite a busca, pois os fenômenos podem estar ocultos, consistindo em ‘pôr a descoberto’ os elementos menos aparentes, que por sua vez são fundamentais para descobrir o ‘seu ser’, tornando-o evidente (Cirigliano, 1969). A fenomenologia é ao mesmo tempo uma filosofia e um método a chegar à compreensão do fenômeno, a descrição daquilo que se manifesta em si mesmo à consciência, que se dá, que se torna visível, fundamentada no

encontro entre consciência e materialidade, a partir do qual só tem sentido falar de um mundo com base nos fenômenos apresentados a consciência (Moraes; Galiuzzi, 2016).

O propósito básico da fenomenologia é reduzir as experiências individuais com um fenômeno a uma descrição da essência universal, comunicando suas ‘experienciações’ e compreendendo o mundo, não como uma forma de apreendê-lo objetivamente, mas como um ato de descortiná-lo (Creswell, 2014; Garnica, 1997). A fenomenologia nos ajuda a compreender que estamos diante de processos cognitivos em busca de uma resposta válida, em que se entende as ideias subjetivas como um ato revelador (Bicudo, 2010).

Nesta perspectiva, entende-se a fenomenologia como um processo em que o pesquisador busca investigar conceitos, concepções, ideias, sentimentos que foram experimentados. Já que a fenomenologia necessita que o grupo estudado tenha alguma experiência sobre o tema de pesquisa, explica-se que foram selecionados os alunos de 2º ano devido seguir o currículo escolar. O estudo sobre a teoria atômica começa no 9º ano do ensino fundamental, estendendo-se ao 1º ano a ideia de elementos químicos e ligações químicas de átomos e moléculas, abrangendo posteriormente novos conceitos químicos mais complexos como nas turmas de 2º ano cujo foco parte a reações químicas (físico-química) e 3º ano a química do carbono. Logo, os alunos de 2º possuirão, objetivamente a este estudo, concepções mais específicas a ideia de átomo e ciência, com base nas experiências vividas nas aulas de Ciências (Química, Física e Biologia), possibilitando a investigação que visa a captura dos modelos mentais. Observando, inicialmente sobre seu entendimento a respeito da teoria atômica acerca de suas experiências na escola e já que a fenomenologia permite a busca do novo, das modificações referentes à experiência individual, posteriormente foram investigadas as novas experiências ou modificações que alunos terão segundo a abordagem deste trabalho.

A utilização da fenomenologia possibilita ao pesquisador fazer a coleta de dados por diversos meios, como análises de documentos, entrevistas, análise de desenhos, expressões e posteriormente os organiza por meio de categorias, sendo denominado como um processo de fenomenologia-hermenêutica, em que essas categorias trarão à luz a compreensão e interpretação das ideias do pesquisador acerca do grupo estudado (Creswell, 2014). Para a compreensão e validação do fenômeno por meio de categorias, foi utilizado a análise textual discursiva, em que o uso desta técnica é compreendido como um processo auto organizado de construção da compressão de novos entendimentos consistente nas leituras e interpretações que o pesquisador faz a partir de seu conhecimento e teorias dos discursos em que se inserem (Moraes, 2003). Realizar uma análise textual discursiva é pôr-se em movimento das verdades, dos pensamentos, sendo processo fundado na liberdade e na criatividade, não possibilitando

nada fixo e previamente definido, criando os caminhos e as rotas enquanto se prossegue, com toda a insegurança e incerteza que se acarreta, isto requer envolver-se, assumir uma viagem sem mapa, aceitar o desafio de acompanhar o movimento de um pensamento livre e criativo, de romper o caminho já prontos para construir os próprios (Moraes; Galiazzi, 2016).

Acredita-se que por meio desta técnica, será possibilitado que a análise deste trabalho capture a finalidade desta investigação.

## 1.2. Sobre o Instituto Federal do Amazonas, campus Itacoatiara (IFAM/CITA)

A criação dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia pelo Governo Federal constitui como base a Rede Federal de Educação Tecnológica. Os Institutos surgiram com uma proposta de expansão do ensino técnico e tecnológico, uma vez que promovem o ensino nos níveis básico, técnico e tecnológico, incluindo programas de formação e qualificação de trabalhadores, licenciaturas e cursos de pós-graduação lato e stricto sensu. O Instituto Federal do Amazonas, campus Itacoatiara não se diferencia desta iniciativa, teve implantação de suas atividades no município ano de 2014. Deste período passou por vários processos de adaptação até sua inauguração da sede no ano de 2018. Atualmente está localizado na estrada AM -010 e apresenta as seguintes modalidades de cursos técnicos.

NÍVEL MÉDIO INTEGRADO	MODALIDADE SUBSEQUENTE
Técnico em Administração Técnico em Agropecuária Técnico em Informática	Técnico em Administração Técnico em Agronegócio (última turma 2018) Técnico em Agropecuária Técnico em Informática Técnico em Meio Ambiente (última turma 2020)

O Instituto Federal de Itacoatiara apresenta como missão: Promover com excelência a Educação, Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. Visão: Consolidar o IFAM como referência nacional em Educação, Ciência e Tecnologia. Valores: Acessibilidade e inclusão social; Valorização das pessoas; Cidadania e justiça social; ética e transparência; Excelência na gestão educacional; Gestão democrática participativa; Inovação e empreendedorismo; Respeito à diversidade; Responsabilidade socioambiental; Solidariedade (IFAM, 2019).

Recentemente o instituto registra aproximadamente 400 alunos matriculados no curso integrado (ensino médio e técnico) e 150 no subsequente (ensino técnico), atendendo toda a comunidade (rural e urbana). Consta como quadro de servidores técnicos, docentes, diretoria, coordenação, SGA, parte social psicólogo, assistente social e enfermeiro. O corpo docente é estruturado em professores efetivos, substitutos e voluntários. Visto que as turmas vêm aumentando e o corpo docente não consegue atender toda a demanda, o instituto estende a oportunidade para a comunidade trabalhar no quadro de docentes como voluntários, atendendo e auxiliando nos três pilares que são ensino, pesquisa e extensão (IFAM, 2019).

### **1.3. Caminho Metodológico**

As coletas de dados foram desenvolvidas com apoio e no espaço do IFAM Campus-Itacoatiara, para isso, no primeiro momento foi realizado pelo pesquisador um acompanhamento das turmas durante as aulas de Química para aproximação tanto dos professores, quanto dos alunos. No segundo momento, foi conversado com os pais de alunos, em uma reunião, sobre a pesquisa que ali seria efetivada, explicando todos os pontos importantes do voluntário e os termos de consentimento e assentimento, no qual eles e seus filhos deveriam assinar para assim poderem participar deste processo.

No terceiro momento foi feito o mesmo com os alunos e dispostas 30 vagas para os que manifestassem interesse como voluntários a esta pesquisa. Destas 30 vagas, 27 foram preenchidas, considerando não só o interesse, mas também ter o TCLE devidamente preenchida e assinada por eles e seus pais. No quarto momento, foi assentido com os voluntários e pesquisador os horários para que todos pudessem participar deste processo de forma conjunta, em que, inicialmente, foram cedidos pela escola os tempos de aula de Química e, posteriormente, os tempos de aulas de professores que estavam de licenciados para tratamento de saúde. A partir deste momento, inicia-se de fato a coleta de dados, que foi realizada de forma que será descrita logo mais, propondo alcançar assim os objetivos deste trabalho.

#### **1.3.1. Roteiro coleta de dados**

Para alcançar o objetivo geral da pesquisa que é: Investigar, por meio da fenomenologia, as representações dos Modelos Mentais em Teoria Atômica e sua abordagem relacionada a História e Filosofia da Ciência, em alunos do segundo ano do ensino médio.

A coleta de dados iniciou com uma breve conversa e a aplicação do primeiro questionário (Apêndice A) e entrevista (Apêndice D) de forma individual aos 27 voluntários.

O questionário pode ser realizado de forma simultânea a todos, no entanto, a entrevista necessitou de mais tempo para ser realizada, onde só pôde ser iniciado o segundo passo, após o término desta etapa. É importante relatar que os encontros eram semanais e o processo das entrevistas se basearam em conversas gravadas em áudio, que seguiam um roteiro semiestruturado realizado pelo pesquisador.

Após todas entrevistas e questionários iniciais coletados, foram realizados com alunos encontros para discussão de leituras de textos. Em que estes lhes foram entregues no final da primeira etapa, lhes dando tempo para leitura dos mesmos. Estas leituras e discussões foram mediadas pelo pesquisador. Muitas destas discussões, foram anotados no diário de campo, para contemplar as interpretações posteriormente. Realizado este processo, foram aplicados aos participantes o segundo questionário (Apêndice B) para posterior análise.

Posteriormente, foi realizado uma breve apresentação expositiva dialogada guiada por material em PowerPoint®, foram também realizados encontros para que os participantes realizassem histórias em quadrinhos sobre o tema estudado. Estes, no entanto, foram feitos em grupos pequenos, para que pudéssemos aproveitar o tempo que estava quase finalizando. Os encontros foram feitos de forma quinzenal, onde eles puderam discutir e desenvolver suas ideias de como realizar os quadrinhos. Foi dado a eles autonomia para desenvolver da forma que achassem divertido e interessante tanto como maneira de estudo e como de entretenimento, muitos ainda mantinham os textos dos livros estudados para consulta, o pesquisador apenas os acompanhava durante o processo. Deste período foram realizados sete (7) quadrinhos. Ao concluir esta etapa, foi lhes passado o terceiro e último questionário individual (Apêndice C), as entrevistas individuais gravadas e em grupo anotadas em diário de campo (Apêndice E) com roteiro semiestruturado acerca do trabalho realizado pelos mesmos e sobre a participação da pesquisa. Foram realizados exatamente 22 encontros, em que cada um está descrito referenciando materiais utilizados, no quadro abaixo.

**Quadro 1- Estrutura metodológica dos encontros**

	<b>Encontros</b>	<b>Organização</b>	<b>Objetivo e Material</b>
<b>Planejamento e Orientação</b>	1	Explicação sobre pesquisa voluntária e TCLE	Divulgação da pesquisa e conscientização da realização das atividades
	2	Recebimento dos documentos assinados e combinar os dias e horários de aplicação questionários e entrevistas	Orientação para os próximos encontros
	3	Aplicação primeiro questionário	Questionário individual realizado com todos os participantes da pesquisa (Apêndice A)
	4	Realização primeira entrevista	Entrevista individual realizada com dez alunos (Apêndice D)
	5	Realização primeira entrevista	Entrevista individual realizada com dez alunos (Apêndice D)
	6	Realização primeira entrevista	Entrevista individual realizada com sete alunos (Apêndice D)
	7	Entrega dos materiais de apoio para leituras e combinar horários dos encontros para discussão	Orientação para os próximos encontros e entrega de três capítulos de livros para leituras em casa e nos encontros.
<b>Apresentação</b>	8	Leitura e Discussão do material de apoio: Texto 1	Livro “A fabricação da Ciência”, autor Alan Chalmers. Leitura Capítulo 3: A meta da Ciência. (Anexo A – Resenha do Capítulo)
	9	Leitura e Discussão do material de apoio: Texto 2	Livro “História da Química”, autor Luiz Neves e Robson Farias. Leitura Capítulo 2: Alquimia. (Anexo B – Resenha do Capítulo)
	10	Leitura e Discussão do material de apoio: Texto 3	Livro “A origem dos elementos Químicos: uma abordagem inicial”, autor Antônio Moraes. Capítulo 1: A origem da ideia do átomo. (Anexo C – Resenha do Capítulo)

	11	Aplicação segundo questionário	Questionário individual realizado com todos os participantes da pesquisa (Apêndice B)
	12	Finalização das discussões, por meio de apresentação expositiva dialogada guiado por material em PowerPoint sobre Ciência e as Teorias Atômica. E discussão sobre elaboração dos quadrinhos, combinando dias e horários para os encontros de preparação deles.	<p>Utilização de apresentação de PowerPoint (Apêndice F).  Apresentação feita com base nos seguintes materiais de apoio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Livro “Haja Luz! Uma história da Química através de tudo”, autor Jorge Calado. (Capítulo 7- Iluminações; Capítulo 8 – Os elementos);</li> <li>✓ Livro “A origem dos elementos Químicos: uma abordagem inicial”, autor Antônio Moraes. (Leitura em anexo: Capítulo 1- A origem da ideia do átomo);</li> <li>✓ Livro “A concepção da Teoria Evolutiva desde os gregos: Ideias, controvérsias e filosofias”, autor Rocco di Mare. (Capítulo 3- Os filósofos gregos e as ideias sobre a natureza);</li> <li>✓ Livro “História do Atomismo: Como chegamos a conceber”, autor Gustavo Rocha;</li> <li>✓ Livro “História da Química”, autor Luiz Neves e Robson Farias (Leitura em anexo: Capítulo 2 – Alquimia)</li> <li>✓ Artigo “Propagating phonons coupled to an artificial atom”, autores Martin V. Gustafsson <i>et al.</i> Disponível na Revista Science pelo link: “<a href="http://science.sciencemag.org/content/346/6206/207">http://science.sciencemag.org/content/346/6206/207</a>”;</li> <li>✓ Vídeo “Incrível: Físico Consegue Fotografar um Átomo!” - Canal Youtube do Schwarza. Disponível em: “<a href="https://www.youtube.com/watch?v=TRCR_MYv7OY">https://www.youtube.com/watch?v=TRCR_MYv7OY</a>”;</li> <li>✓ Vídeo “Quão Pequeno é um Átomo?” Canal Youtube do Kurzgesagt – In a Nutshell. Disponível em: “<a href="https://www.youtube.com/watch?v=_INF3_30IUE">https://www.youtube.com/watch?v=_INF3_30IUE</a>”.</li> </ul>

Criação e finalização	13	Elaboração quadrinhos	Atividade realizada em grupos.
	14	Elaboração quadrinhos	Atividade realizada em grupos.
	15	Elaboração quadrinhos	Atividade realizada em grupos.
	16	Elaboração quadrinhos	Atividade realizada em grupos.
	17	Elaboração quadrinhos	Atividade realizada em grupos.
	18	Elaboração quadrinhos	Atividade realizada em grupos.
	19	Elaboração quadrinhos	Atividade realizada em grupos.
	20	Aplicação do terceiro questionários	Questionário individual realizada com todos os participantes da pesquisa (Apêndice C)
	21	Aplicação segunda entrevista	Entrevista individual realizada com seis participantes da pesquisa (Apêndice E)
	22	Aplicação segunda entrevista	Entrevista individual realizada com dez participantes da pesquisa (Apêndice E)

### 1.3.2. Caracterização dos sujeitos da pesquisa para análise dos dados

Dos 27 participantes que iniciaram a investigação, apenas 16 permaneceram até o fim, então somente esses foram considerados para análise e validação de dados. Todos os 16 alunos eram do 2º ano do curso médio técnico integrado em informática, considerados como aplicados e participativos. Tendo em vista a análise fenomenológica encontrada em muitos trabalhos, foi definido que aqui os participantes não seriam identificados individualmente para que não fossem analisados com dados comparativos a conhecimento (se foram desenvolvidos ou não), devido a fenomenologia não considerar o julgamento dos sujeitos e sim focar no fenômeno que está sendo estudado. Logo, na descrição dos resultados serão apenas utilizados os termos E de estudante referente a questionários e entrevistas e P de pesquisador para acrescentar anotações referentes ao diário de campo realizado no período de coleta de dados.

Logo, no texto referente aos resultados ficará redigido:

E	Estudantes do 2º ano do EM técnico integrado em informática.
P	Pesquisador (referente às anotações de diário de campo).

### 1.3.3. Procedimento análise de dados

Para atender os objetivos específicos deste trabalho que são:

- Interpretar, nos modelos mentais dos alunos, suas concepções e imagens acerca dos modelos atômicos e história ciência segundo suas experiências obtidas no âmbito escolar;
- Caracterizar em temas fenomenológicos as concepções de alunos acerca da ciência e do atomismo em perspectiva a abordagem da História e Filosofia da Ciência;
- Explicar fenomenologicamente as representações mentais de concepções, desenhos e imagens dos alunos acerca da história e filosofia da teoria atômica.

Primeiramente, foi feita a transcrição de todas as entrevistas realizadas com os alunos. Posteriormente, a análise individual delas, ponderando as respostas sobre o tema estudado. Em que na ATD este processo é chamado de:

Desconstrução e Unitarização: Leitura e significação: processo de interpretação de cada entrevista para elaborar sentido ao “*corpus*”. Que segue posteriormente ao período de desenvolver, em uma forma organizada, unidades para cada texto (conforme palavras e/ou ideia que dão mais sentido ou são mais usadas nas falas dos entrevistados).

Isto é, nenhuma das respostas foram consideradas como certa ou errada, mas foram necessárias a interpretação da mensagem.

Em segundo momento foi realizado o processo de categorização que consiste em analisar e comparar as unidades levando ao agrupamento de elementos semelhantes, isto é, organizar categorias à medida que obtiver aproximação nas ideias dos entrevistados. Neste momento, já foi analisado de forma conjunta todas as entrevistas.

Todas as unidades adquiridas tiveram o processo de Estabelecimento de Relação: que obtém relação das análises dos textos com as unidades e/ou categorias; E obtém relação da análise das teorias encontradas na literatura e do “corpus” (material coletado). Para o fim deste processo de análise, foi considerado a:

Capturação do Novo através da construção de metatextos: Descrição e apresentação das categorias; Produção de argumentos do porquê as categorias foram organizadas daquela forma.

Validação através da transformação dos metatextos em discussão atribuindo relação entre argumentos do pesquisador (incluindo as anotações do diário como citação), com a informações do *corpus* (as entrevistas como citação) e com base nos teóricos referentes a este trabalho (por meio de citações)

Para os questionários o processo de análise foi bastante semelhante, todavia, não houve a etapa de transcrição de dados. Foi visto como pertinente manter a íntegra das respostas no texto, principalmente por causa dos desenhos que foram feitos pelos participantes, tanto no questionário, quanto nas histórias em quadrinhos. Para isso foi digitalizado cada resposta dos voluntários e assim seguiu-se as mesmas etapas de análise ditas anteriormente, etapas estas cujas descrições são encontradas no livro *Análise Textual Discursiva* de Moraes e Galiazzi (2016). Quanto às histórias em quadrinhos, o processo de análise se deu por meio do desenvolvimento da história que os alunos propuseram a fazer e por meio da interpretação dos desenhos, onde não haverá descrição em categorias ou temas como para os demais, mas sim a interpretação do pesquisador sobre mesmos.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa realizada com os alunos do IFAM/Campus Itacoatiara resultou em dezesseis questionários, dezesseis entrevistas e sete quadrinhos e foram presumíveis cerca de dezesseis temas referentes às análises das amostras efetivadas.

Estes temas têm base nas concepções dos alunos, algumas destas análises demandaram uma interpretação referente não só nas declarações significativas encontradas nos materiais coletados, mas também diante das inúmeras visões que muitos desses alunos transpuseram a respeito de seus modelos mentais sobre os modelos atômicos. Ressaltando que, o processo de coleta foi realizado por meio de duas entrevistas, aplicação de três questionários e o desenvolvimento dos quadrinhos, sendo somente as entrevistas e questionários o embasamento da construção dos temas. E que para enriquecer o trabalho foi considerado as conversas e anotações de diário de campo referente às perguntas e respostas referentes aos instrumentos de coleta de dados. Enfim, a seguir, cada tema será descrito, segundo a interpretação do pesquisador.

### 2.1. A fenomenologia acerca do conhecimento da História e Filosofia da Teoria Atômica

Para este tópico foi considerado conveniente mostrar as diferentes visões dos alunos sobre o conteúdo em estudo, apreciando o *corpus* como um ‘antes’ e ‘depois’, para ressaltar as leituras que os dados nos proporcionam. Com isso, no primeiro subtópico serão observados temas com partes do *corpus* do primeiro questionário e partes do *corpus* da primeira entrevista, que serviram como complementação aos resultados, assim como terão a primeira interpretação realizada pela pesquisadora. No segundo subtópico, observaremos temas com as mesmas características do primeiro, no entanto o material e as interpretações serão referentes aos questionários 2 e 3. Nestes subtópicos, também poderão ser contemplados com anotações e interpretações do diário de campo do pesquisador. E o terceiro subtópico, trará a visão do “*corpus*” considerando os teóricos que servem de embasamento para este trabalho, junto de uma proposta de interpretação do todo. A fenomenologia destacada, é referenciado as suas experiências e concepções que cada modelo mental pode nos proporcionar segundo a visão dos alunos e do pesquisador. Cada subtópico apresenta cinco temas determinados pela análise e interpretação realizada dos conectivos nas respostas dos alunos.

### 2.1.1. Uma concepção inicial

#### Tema 1: Átomos e as células

Este primeiro tema, foi pensado devido na primeira entrevista realizada, ao perguntar aos alunos: *“Qual seu entendimento a respeito do átomo?”*. Muitos o compararam ou citaram as células que compõe os organismos vivos. E esta representação, pode ser observada nas seguintes respostas:

E: *“Átomo? É aquele que, ele é a menor a partícula da célula que existe no planeta. Que é constituído por prótons, nêutrons e elétrons”*

Neste podemos observar que ele utilizou a palavra célula, ao se referir onde ele pode ser encontrado.

Um outro aluno, comparou o tamanho de um átomo ao tamanho da célula, por achar que os dois podem ser vistos somente pelo microscópio:

E: Pra mim assim, um átomo é a menor partícula encontrada no nosso corpo, tipo a célula é microscópica, certo? E o átomo está contido dentro da célula, pode ser também dentro do núcleo, do DNA, os átomos e por isso pra mim ela é a menor partícula

Em outra perspectiva, este aluno relatou que átomos são iguais células, porque ambas fazem ligações:

E: *“Átomo é ligação de valência, que várias células se ligam para formar um átomo, para desenvolver algum produto químico”*.

Ao observar esta tendência de ideias cheguei a indagar de onde poderia vir tal comparação:

P: Ao deparar com a primeira pergunta, referente ao primeiro questionário, foi possível observar como a maioria dos alunos que tentam descrever um átomo, tendem a comparar os mesmos as células, que são estudados na disciplina de biologia, seria isto ensinando pelo professor ou pensamento próprio para facilitar a associação do quão pequeno é um átomo?

Foi perguntado aos alunos o porquê de recordarem a células em suas respostas, a maioria não sabia dizer o motivo, enquanto outros respondiam ter aprendido assim. Seguindo a imagem de que, talvez, o foco nesta associação seja dado devido a ideia de que células são pequenas, vistas somente microscopicamente, assim como os átomos que são considerados ainda menores que uma célula. Ou, talvez, tenham realmente aprendido desta forma, que átomos e células são parecidos. O que pode ser bem comum, considerando a realidade Da comunidade escolar da cidade de Itacoatiara-AM, há muitos professores de ciências com a formação em Licenciatura em Ciências: Química e Biologia. Logo, alguns tem tendências de relacionar a Química com a Biologia para tentar ensinar de forma didática os conceitos. Por

vezes, algo que é visto como abstrato a imaginação dos alunos, como os minúsculos átomos, podem ser associados por eles a imagem de células que são representadas nos livros didáticos como microscópicas.

## Tema 2: Questionar ajuda a explicar as ‘coisas’

Este tema é referente as concepções dos alunos sobre a importância da filosofia no estudo da ciência. Ao lhes questionar “A história da Ciência nos mostra que o conhecimento científico se iniciara por meio de questionamentos feitos pelos filósofos gregos antigos e contemporâneos. Com base nisso, diga se você considera relevante a filosofia para a origem e permanência das Ciências. Por quê?”. Para esta pergunta, obtive as seguintes respostas:

Sim, pois graças a filosofia com as suas perguntas, tipo "porque o céu é azul?"; a ciência pode resolver os mistérios

E:

Sim, porque através dos questionamentos dos filósofos sobre algo, até então inexplicável, foi possível fazer as investigações e assim desenvolver a ciência.

E:

Sim, através dos questionamentos, houve motivações para procurar soluções e respostas. Tentando explicar tudo na nossa volta.

E:

Nestas respostas pode-se observar que estes alunos acreditam que o papel do filósofo se trata em questionar e que este processo é o que facilita a explicação e formulação de muitas teorias existentes atualmente, pois para eles é a partir da curiosidade que se gera o saber. Referente às entrevistas temos uma visão similar, aos lhes perguntar, “Você acha que os filósofos têm influência na construção da ciência ou só os cientistas?”, foi respondido:

E: “Filósofos buscam, ops, eles se perguntam né, como é, porque é, eles sempre têm dúvida sobre algo em relação, como posso falar, em relação a tentar entender algo sobre alguma coisa”.

E: Eu acho que eles têm muita relação muito grande, porque os filósofos antigamente eles faziam perguntas tipo como surgiu a água, como surgiu o fogo essas coisas assim e água tem uma (se corrigiu), é H<sub>2</sub>O, né?! Aí uma relação de filosofia e química é bem importante, acho que a filosofia tem sim importância na ciência, porque a filosofia é basicamente uma base pra todas as outras matérias existentes, exemplo português essas coisas.

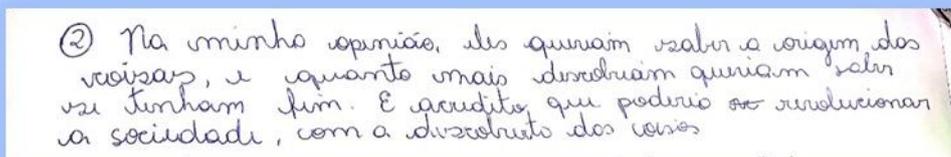
Na resposta acima, pela fala, pode ser interpretado que há o reconhecimento de que a filosofia é a base ciência. Quanto ao termo ‘antigamente’ utilizado na última resposta, foi anotada a seguinte indagação:

P: Foi observado o termo ‘antigamente’ na resposta da seguinte aluna, ao se referir a importância da filosofia para ciência. Acredito que este pensamento seja dado, devido tanto a história, quanto a sociologia e filosofia trabalharem bastante pensadores antigos/contemporâneos, relacionando a ideia de que hoje, talvez não haja mais pensadores que buscam respostas como antes.

Este não foi questionado o porquê da referência ao termo, logo, a ideia inicial permanece a mesma, podendo também ter outras interpretações de leitores.

### **Tema 3: A curiosidade é essencial**

Apesar de que este tema parece ser repetido ou igual ao anterior, aqui refere-se a pergunta: *“Para você, como os filósofos chegaram ao conhecimento do átomo, isto é, quais motivos ou de que forma surgiram questionamentos que poderiam revolucionar toda sociedade?”*. Nas respostas averiguadas no questionário, encontra-se o padrão ‘curiosidade’, o que fez ocasionar a escolha deste tema, como pode ser observado:



② Na minha opinião, eles queriam saber a origem das coisas, e quanto mais descobriam queriam saber se tinham fim. E acredito que poderia revolucionar a sociedade, com a descoberta das coisas.

E:

Quanto ao termo revolucionar, para este foi anotado:

P: *“Ao perguntar para a aluna sobre como se chegou ao conhecimento do átomo, a mesma utilizou o termo ‘revolucionar’ a sociedade. Acredito que esta referência se dê devido ela crer que neste período, o conhecimento das coisas era considerado como algo importante”*.

Devido a curiosidade sobre a resposta, perguntei para a mesma o porquê deste pensamento e ela mencionou acreditar que: E: *“o acesso ao conhecimento antes era muito mais difícil do que hoje, eles vinham de pessoas importantes”*.

Observando outras respostas, teremos:

2. Acreditamos que pela necessidade e curiosidade os filósofos começaram a procura de soluções para explicar os porquês das coisas, conforme foi avançando os pesquisadores chegaram ao desdobramento do átomo.

E:

2. Para você, como os filósofos chegaram ao conhecimento do átomo, isto é, quais motivos ou de que forma surgiram questionamentos que poderiam revolucionar toda sociedade? Eu acho que é através da curiosidade, e se deu o estudo profundo.

3. As imagens abaixo representam algumas das simbologias utilizadas por filósofos nos seus estudos.

E:

2.0 Através de suas curiosidades, onde eles buscaram em constantes, a entender como, porque, e que fez tudo acontecer.

E:

forma surgiram questionamentos que poderiam revolucionar toda sociedade?  
 na curiosidade foi o primeiro fundamento de tudo

3. As imagens abaixo representam algumas das simbologias utilizadas por filósofos nos seus estudos.

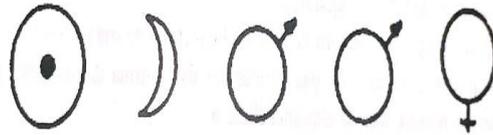
E:

Nestas respostas é constatado que para os alunos muitas descobertas e teorias surgiram de uma base comum que seria o desejo pelo ‘saber’, não considerando os métodos científicos que há por trás de cada processo. Isto pode ser relacionado ao senso comum ou talvez a falta de associação aos procedimentos experimentais aprendidos nas aulas, como observação, experimentação, análise e outros. Assim como também, não é associado a filosofia, apesar de ter uma similaridade no quesito “questionar” e “curiosidade”, eles usam dando a ideia de serem opostos ou que não há envolvimento dos dois na construção do conhecimento.

#### Tema 4: facilidade no entendimento

Para este a tema foi considerado as respostas dos alunos referentes a pergunta:

“As imagens abaixo representam algumas das simbologias utilizadas por filósofos nos seus estudos voltados a alquimia (Química antiga). Qual seu entendimento sobre a necessidade de os filósofos atribuírem símbolos em seus estudos alquímicos?”



. Das diferentes versões as respostas que proporcionaram a seleção deste tema, foram as seguintes:

3. Se torna mais prático atribuir símbolos para representar ideias, informações e conceitos pois dessa forma podemos ter facilidade para comprimir vários dados em um pequeno espaço. Até hoje o uso de símbolos é utilizado em métodos de criptografia para resumir um grande número de informações.

E:

É uma forma de interpretar, melho a química, o símbolo é uma facilidade para dizer o que é cada elemento apresentado. vejo um círculo, lua, um círculo com um triângulo que o homem, um círculo com um triângulo que o mulher.

E:

3. Em minha opinião, os símbolos eram uma forma mais fácil para atribuir e decorar formas nos seus estudos.

E:

Acima observa-se o engajamento nas respostas dos alunos a respeito da pergunta, e todas apresentam um conectivo em comum que é o termo “facilidade”. Dando a compreender que mesmo havendo as demais respostas curtas, a atribuição do termo em questão pode ser referente aos alunos acreditarem que o uso de modelos ou símbolos podem apresentar um efeito facilitador de associar teoria a imagens ou mesmo para auxiliar no entendimento de conceitos. Como ainda pode ser visualizado abaixo:

...em símbolos em seus estudos alquímicos?  
 Para facilitar no desenvolvimento do estudo

E:

③ Acredito que a justificativa para os químicos atribuírem  
 simbolologia era pela facilidade de identificar os mesmos.

E:

s? Para facilitar o seu  
 entendimento

E:

...em símbolos em seus estudos alquímicos?  
 Para facilitar no entendimento e para fugir da Igreja que os consi-  
 derava bruxos.

E:

Quanto a esta última resposta, o termo “fugir das bruxas” gerou uma certa curiosidade a pesquisadora, que foi interpretado da seguinte forma:

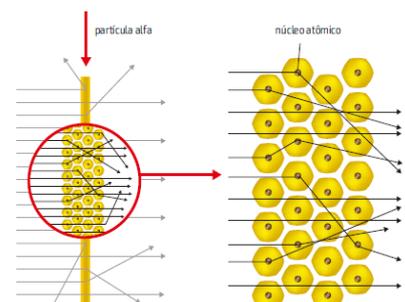
P: “Além de curioso, é engraçado ver esse aluno relacionando a simbologia química a bruxaria, talvez seja porque ele ouviu na escola ou porque veja em filmes ou séries essa imagem de químicos associados a bruxos”.

Em nenhum momento o aluno foi procurado a explicar sua resposta, apesar de que precise de ampla interpretação, foi considerado pertinente deixar cada leitor com sua leitura a respeito deste pensamento.

### Tema 5: O papel do cientista é observar, pesquisar, teorizar e experimentar

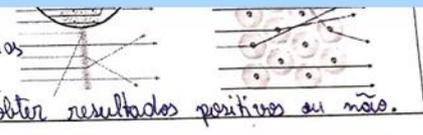
Quando perguntado aos alunos:

“A imagem ao lado, representa a descoberta do núcleo atômico nos estudos realizados por Rutherford. Qual seu entendimento sobre como é desenvolvido o trabalho de um cientista na formulação de suas teorias, modelos e descobertas?”



As respostas obtidas foram muito similares, tanto no questionário, quanto nas entrevistas. Havendo uma variação somente em alguns termos, mas que no final, o entendimento realizado foi observado como o mesmo. Logo, pode-se analisar as respostas abaixo:

descobertas:  
 eles observam e a partir disso propõe ideias  
 para saber o que causa tal fenômeno e  
 isso gera um experimento que pode obter resultados positivos ou não.



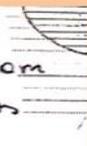
E:

No primeiro momento de leitura desta resposta, foi realizado as seguintes anotações:

P: “Percebo que este aluno considera que o papel do cientista pode ser associado a desenvolvimentos ‘bons’ ou ‘ruins’, mas ao que ele realmente menciona: fazer mal a sociedade ou cometer erros que todos podem cometer.”

Pode-se entender que este aluno não tem uma imagem de que a ciência é infalível, devido explicar sua concepção de que cientistas podem ter falhas. O que conclui que para ele se anula uma imagem deformada do ramo científico, que é crer que a ciência é sempre verdadeira e infalível, mas que busca sempre ter bons resultados.

descobertas? Os cientistas trabalham  
 através de curiosidade, de modo que pesquisam  
 o fundo, com várias teorias, e equipamentos  
 que ajudam.

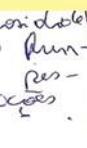


E:

Primeira leitura:

P: Vejo que essa pessoa considera as teorias como um viés de embasamento científico, além das crenças que o cientista pode obter sobre o que está sendo estudado. E ao por equipamentos, pode estar se referindo ao procedimento experimental para verificação e validação de dados.

5. O cientista observa os casos, com isso vem a curiosidade  
 e necessidade de entender e explicar como aquilo fun-  
 ciona, assim fazendo uma descoberta. Depois vem os pes-  
 quisas, as hipóteses e elaboração de respostas e explicações.



E:

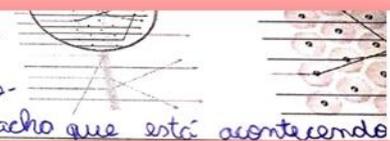
descobertas?  
 o desenvolvimento dos trabalhos de um cientista deve-se de-  
 por meio de estudos e leituras,  
 e buscas sobre de outros pessoas  
 como, ~~com~~ eles sabem ou buscarem entender  
 um.



E:

Nestas duas respostas podemos considerar que ao mencionarem “descobertas”, “estudos e leituras”, os alunos compreendem que um estudo científico ou que um cientista se baseia em estudo nos quais podem ser relacionados a leituras de outros autores, para se embasarem no seu campo de pesquisa.

descobertas? Pelo o que entendi, parece  
 que o cientista pesquisa sobre o que  
 ele quer buscar, faz vários teste e anota  
 sobre suas descobertas, o que ela acho que está acontecendo



E:

5. Um cientista observa algo, procura entender o motivo de algo aconte-  
 ecer, apresenta hipóteses e formula teorias a serem comprovadas

E:

É desenvolvido com bastante calma  
 e experiência e testes

E:

Este tema apresenta bem como diferentes alunos podem apresentar leituras e concepções similares a respeito de um determinado tema. Mesmo que apresentando variáveis, pode-se constatar que as ideias não fogem de um tema central que é a visão de que os cientistas buscam soluções para diferentes problemas por meio de procedimentos.

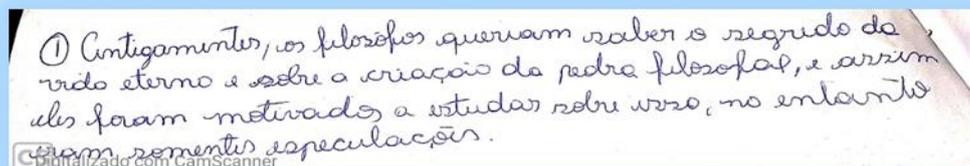
Finalizando este primeiro subtópico foi identificado que muitos alunos apresentam bons conceitos a respeito da história da ciência e seus métodos, no entanto, ainda podem apresentar alguns entendimentos deturpados. E devido a isso, adiante foi analisado mais sobre suas concepções do tema em estudo, que corresponde ao segundo momento de coleta de dados desta pesquisa.

### 2.1.2. Mudança de perspectiva

Após a realização de algumas leituras e discussões a respeito da história e filosofia da teoria atômica, foi iniciado o novo ciclo de coleta de dados com os alunos. E nesta, foi possível categorizar mais cinco temas, que serão descritos a seguir.

#### Tema 1: O desejo pela vida eterna

As respostas que resultou a criação deste tema, é referente a seguinte pergunta do questionário: “Ao ler o texto “*Química da Antiguidade*”, diga o seu entendimento sobre: como o desejo de vida eterna influenciou nos primeiros estudos voltados a *Química*?”. A partir disso, foi obtido as seguintes respostas:

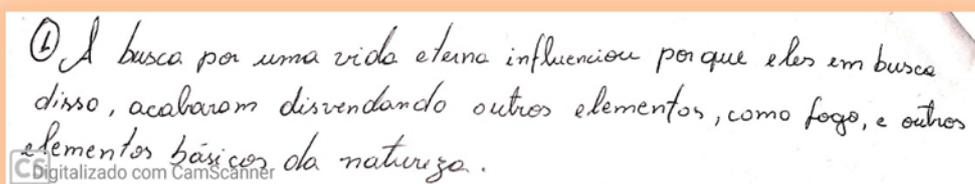


1) Antigamente, os filósofos queriam saber o segredo da vida eterna e sobre a criação da pedra filosofal, e assim eles foram motivados a estudar sobre isso, no entanto eles foram somente especulações.

E:

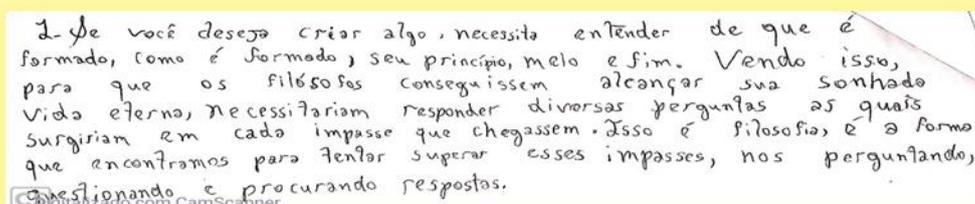
Primeira anotação:

P: “Observando o termo ‘especulações’, compreendo que o aluno tem a crença de que a filosofia e a alquimia se tratava da imaginação referente ao desejo que tinham e não a um procedimento experimental”.



1) A busca por uma vida eterna influenciou porque eles em busca disso, acabaram descobrindo outros elementos, como fogo, e outros elementos básicos da natureza.

E:



1) Se você deseja criar algo, necessita entender de que é formado, como é formado, seu princípio, meio e fim. Vendo isso, para que os filósofos conseguissem alcançar sua sonhada vida eterna, necessitariam responder diversas perguntas as quais surgiriam em cada impasse que chegassem. Isso é filosofia, e a forma que encontramos para tentar superar esses impasses, nos perguntando, questionando e procurando respostas.

E:

Primeira anotação:

P: “Observa-se que para este aluno, ao se referir a alquimia, ele associa a filósofos cuja contribuição a química ainda se resume ao questionar”.

1. O desejo de vida eterna influenciou com que eles percebessem qual é a partícula da vida.

E:

E:

1) Eles pensaram na vida eterna e então começaram a refletir sobre nossa vida, surgindo várias teorias.

1. Os filósofos antigamente tinham o desejo de saber a fórmula da vida eterna, e descobrir a pedra filosofal e que fez com que se enserrassem o entendimento.

E:

1. Muitos devem ter pensado que poderia existir uma forma de viver eternamente, ou como os deuses, então tiveram muitas pesquisas e descobertas, principalmente na natureza, para encontrar uma resposta para ter a vida eterna. Também o desejo de saber das coisas.

E:

Primeira anotação:

P: “O termo ‘pesquisa’ que foi utilizado ao se referir a filósofos pode ser associado a ideia de que ele compreenda o trabalho da alquimia como de cientistas atuais”.

1) Antigamente, homens tinham [um desejo] o imenso desejo de ter vida eterna. Com isso, motivados por essa curiosidade e desejo, começaram suas buscas de como poderiam fazer isso se concretizar na vida real.

E:

Visto que em todas as respostas os alunos usaram o termo “desejo pela vida eterna”, é dito que este foi caracterizado como algo novo a eles, pois foi uma das leituras realizadas nos encontros. Acredita-se que a maioria apresentou este termo devido lembrar bem das discussões que foram feitas e que reproduziram como são acostumados a realizar em suas avaliações. No entanto, nota-se que suas complementações as respostas, podem influenciar quanto ao nível de entendimento do tema. Considerando as respostas do estudo inicial, aqui

pode-se verificar que ainda houve pouca associação do trabalho e questionamento de filósofos antigos ao trabalho de cientistas, e em vez de considerar somente o ‘questionar’ ou ‘explicar’, acrescentaram algumas variáveis como ‘teorias’, ‘especulação’ e ‘pesquisa’.

## Tema 2: Questionando sobre a vida

Este tema foi proporcionado por meio da reflexão das respostas dos alunos quando solicitados que tivessem um momento de indagação sobre a natureza. Como é visto a seguir: “Se imagine como um filósofo antigo e crie seus questionamentos sobre a natureza, o universo e a vida (mediante a ideia sobre vazio, partículas, elementos e matéria)”.

Nas respostas, pode-se notar que há uma mistura de curiosidade sobre os fenômenos da natureza, com a existência da vida, mas não de forma individual. Apresentaram várias indagações, como é visto a seguir:

2. Será que nós estamos vivendo ou apenas sonhando?  
O que é imaginação? O que é o planeta Terra? como podemos?  
Eu sou um G? O que é um G?

E:

2) Será que os peixes não irão ver o ar? e sim o ar? Como é a forma do ar? Qual as outras cores primárias? Existe um universo paralelo?

E:

2- Por que o céu tinha que ser azul? O céu poderia ser de outra cor?  
Ele muda?  
O universo pode ter um fim? As estrelas são pequenas ou é só a distância que me confunde? :v

E:

2) De onde surgiu a água? • Como pedras formam o fogo?  
• Por que o céu é azul? • De onde surgiu a vida?  
• O que são aqueles brilhos no céu?

E:

### Primeira leitura:

P. Após uma breve leitura nas respostas de cada aluno, fiquei me perguntando se estas indagações realmente partiram de uma curiosidade que eles possuem ou se apenas imaginam que seja desta forma que um filósofo contemporâneo poderia pensar, pois ao ver perguntas como “Por que o céu é azul? ”, me fizeram ficar na dúvida se o aluno não sabe que é conhecido esta resposta ou se referenciava como eram os pensamentos daquele período.

Devido esta dúvida, foi resolvido conversar com os alunos e a maioria respondeu: E: “(...) parti dos dois pontos de vista, como a pergunta se referenciava a filósofos antigos, coloquei perguntas ‘padrões’ de filósofos junto com as minhas dúvidas sobre o funcionamento das ‘coisas’”. E isto, pode ainda ser observado em outros questionamentos, a seguir:

② Quem fez a natureza? Como será o forma do vento, será que as cous que vemos, é realmente desse jeito?

E:

2) De que é a natureza?, como surgiu?, como pode uma pequena semente virar uma linda árvore e dar belos frutos e flores?, o que deu a origem a vida?, porquê existimos?, qual o propósito de tudo isso?, como será o fim de tudo, já que somos meros mortais?, porquê o universo é tão imenso?, como tudo isso teve origem?, por o universo é tão lindo, mas porquê não conseguimos alcançar o céu?, qual o sentido de tudo isso?

E:

2. De que sou feita? Sou diferente dos outros coisas? De onde minhas partes vieram? Posso mudar o que já existe?

E:

2- Por que cai água do céu? Como ela foi parar lá? Alguém ou algo a levou? Por que ela cai vezes sim vezes não? Posso decidir quando ela irá cair? Por que a água consegue ficar em cima e em baixo? Posso fazer isso? Posso manipular ela? Posso me manipular? Posso manipular minha vida? Por que me pergunto isso?

E:

Considerando mais conversas, eles alegaram que:

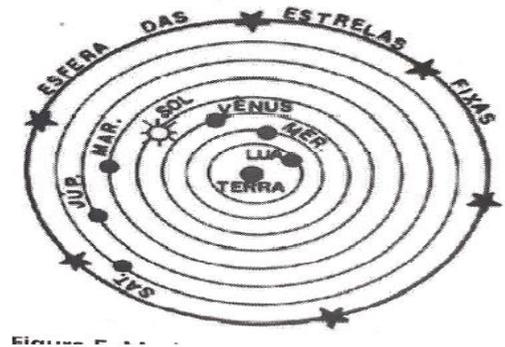
E: Esses questionamentos me fez analisar que os filósofos são como se fossem cientistas e que os cientistas são como se fossem filósofos, porque ambos necessitam de estudos e formular perguntas para encontrar soluções para as coisas, o diferente é que o laboratório do filósofo é uma biblioteca.

Diante dessa resposta concedida pelos alunos, foi entendido que eles apresentam ideias visíveis relacionadas às diferenças entre filósofos e cientistas, que corresponde cada um ter um papel diferenciado no ramo científico, e isto continua sendo visto no tema a seguir.

### Tema 3: Formulando ideias

Seguindo a ideia do tema anterior, neste foi solicitado algo similar, mas na visão de cientistas, como é visto na pergunta:

“Considerando a frase “Somos poeiras das estrelas” e a imagem abaixo. Se imagine como um cientista, apresente novas ideias que ainda podem ser estudados sobre os átomos”.



Nisso os alunos se observaram como cientistas que estão formulando teorias sobre os átomos, a partir disto, têm-se as seguintes respostas:

- Os átomos, através de suas belíssimas órbitas, sofreram modificações em sua estrutura, em do que mínimas.  
- Os átomos são copias de através de ligantes e rompimentos, ou seja, de mesmo no 2º elemento.

E:

Se os átomos se derivaram das estrelas, deveríamos abrir possibilidades para estudar ainda mais o universo extraterrestre.

E:

Quanto anos tem um átomo?

E:

2- Será que o átomo pode existir em outros lugares, além do mesmo planeta? Não sei! Só espero descobrirem. Também, será que pode existir outro partícula muito, mas muito menor que o átomo?

E:

Se o átomo é a menor partícula existente, então qual é maior?

E:

Não somos o centro de um sistema nem o norte dele nem de nada das mesmas coisas.

E:

2) Será que existe novas partículas além dos neutrões e dos prótons? Se o átomo não existisse o que aconteceria?

E:

Qual o tamanho de um átomo?  
O tamanho varia de acordo com a massa de um átomo?

E:

Neste momento, após ter trabalhado sobre várias teorias de cientistas e filósofos que discorreram os principais conhecimentos existentes sobre o átomo. Logo, na primeira leitura a seguinte interpretação foi bem similar do tema anterior:

P: "Trabalhamos em sala de aula vários conceitos e teorias, será que eles não lembram do que falamos ou apenas estão interpretando o papel de um cientista contemporâneo?"

Como foi obtido uma resposta sucinta no tema anterior sobre os questionamentos dos filósofos e esta foi uma dúvida com anotação posterior, reflete na ideia de considerar deixar entendido que as respostas recebidas cabe a interpretação individual e que apenas se imaginaram como verdadeiros cientistas, mesmo mediante as várias perguntas sobre o tamanho dos átomos e suas partículas, independente de terem conhecimento sobre algumas teorias, o papel solicitado seria apenas formular ideias e não considerar o que foi aprendido.

#### Tema 4: O método

Neste tema verifica-se as concepções dos alunos sobre a pergunta: “Para você, o que é ciência?”. E diferente dos dois temas anteriores foi encontrado um padrão de palavras que resultou a criação dele, como pode ser verificado abaixo:

4. Para você, o que é ciência? *eu testam o ponto de métodos unitários  
conjuntos de métodos que levam o comportamento  
de algo, como algo constante.*

E:

4- É uma organização, que com várias teorias, métodos, experiência que  
buscam uma conclusão

E:

4. Para você, o que é ciência? *Um método que nos permite testar e conhecer  
determinadas questionamentos*

E:

4) É o estudo, pesquisa, teorias, conclusões que fazem  
para entender como as coisas funcionam a nossa  
volta e ir além buscando métodos para compreender o  
mundo.

E:

④ Ciência é a forma / os métodos de conhecer as coisas  
nas em nosso redor

E:

É percebido que as concepções dos estudantes sobre ciência são definidas como procedimentos que requerem uma organização e formulação de ideias, cujo a maioria denominou como “método”. Este termo abordado pode ter sido usado de consenso em comum entre eles, por fazer referência a um processo organizado de investigação e pesquisa, que foi um dos conceitos vistos nos encontros e que gerou discussões sobre cada teoria atômica que poderia ou não ser considerado ciência. O que é também percebido e considerado relevante, é

a mudança de compreensões que estes alunos obtiveram sobre o termo ciência, pois quando lhes indagado anteriormente sobre a seguinte pergunta: *“Qual sua concepção sobre ciência e descoberta científica?”*, foram obtidas respostas como:

E: *“Acho que é a descoberta que o cientista faz”*

E: *“Bom, eu acho que, ciência né, é o estudo de alguma coisa, tipo, ciência engloba várias coisas, pra estudar várias coisas”*

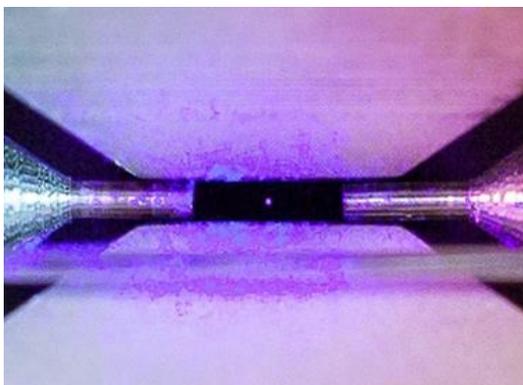
E: *“Pra mim, é um complexo bem complicado de explicar, mas se fosse resumir em poucas palavras é desenvolvimento”*.

Como pode ser visto, em sua totalidade referente a todas as respostas encontradas, não houve inferências aos termos método, experimentos ou estudo. Mesmo que pudesse haver o entendimento dos mesmos sobre o assunto, não utilizaram em sua grande parte, por defender que não sabiam explicar um conceito correto do que era ciência. E apesar do foco não ser a comparação, é interessante mostrar estas mudanças de perspectivas sobre os conceitos trabalhados neste estudo.

### **Tema 5: A tecnologia e a ciência**

Em alguns encontros foram realizados diálogos com os alunos sobre os avanços que a ciência tem alcançando, o que foi algo bem prático e curioso de se trabalhar, pois estes alunos se tratava de uma turma do curso de informática. A partir disto, neste tema será visto a concepção deles sobre como a tecnologia tem influenciado nos avanços científicos, após lhes solicitar que respondessem a seguinte questão:

*“Observe a imagem abaixo, qual seu entendimento sobre a contribuição da tecnologia para os estudos da teoria atômica? Explique!”*



Logo, as respostas obtidas para esta questão foram:

E:

1. É realmente importante ~~que~~ interessante essas descobertas e evolução durante esse tempo, tudo para descobrir a menor partícula e o que ela pode fazer, graças a tecnologia digamos que as coisas, talvez, facilitam os estudos.

E:

Como a tecnologia foi possível investigar fortemente sobre os átomos, fazendo testes.

E:

possibilitou a observação dos átomos para que fosse comprovada a teoria atômica e acabou <sup>em</sup> auxiliando ainda mais para o entendimento.

E:

① A tecnologia vem evoluindo muito nos últimos anos, ela vai ajudar na teoria atômica com ajuda de equipamentos tecnológicos para investigar melhor as teorias e aprimorar bombas.

E:

A tecnologia influencia bastante nos estudos de física atômica sobre como descobrir, o que é, fazer pesquisas sobre tudo isso, a tecnologia avançada ajuda a compreender o porquê das coisas. A tecnologia se aplica por causa do ensino e os dois trabalham juntos, uma opinando o outro.

E:

A tecnologia pode suprir a necessidade do ensino de uma ou outra ou seja nos dois contextos para a evolução das leis.

E:

A tecnologia ajudou em uma investigação mais aprofundada do ~~teoria~~ ~~atômica~~ e possibilitando testá-lo de vários pontos.

É visto um consenso nas ideias destes alunos de que os avanços tecnológicos facilitaram e facilitam com que a pesquisa seja realizada de forma mais prática, rápida e eficiente. No entanto, ao ter um primeiro momento de reflexão nas leituras destas respostas, foi pensando na seguinte questão:

P: *“Seria a tecnologia que facilita os avanços na ciência ou a ciência que possibilita que tenhamos mais avanços na tecnologia?”*

Ao conversar com os alunos sobre essa dúvida averiguada em suas concepções, tive os seguintes resultados:

E: *“acredito que os dois se ajudam, porque se nenhum avança, tudo fica parado”*.

E: *“penso o seguinte, se a ciência parar de avançar não teremos mais avanços na tecnologia, por exemplo não teríamos celulares e notebooks melhores, e a mesma coisa acontece se a tecnologia parar de avançar, prejudica a ciência”*.

E: *“se for pra parar e pensar e nas aulas que tivemos esses dias, as duas são a mesma coisa e as duas se ajudam, só que cada uma de uma forma um pouco diferente.”*

Após observar essas respostas, foi possível concluir que a maioria dos alunos apresentam ideias mais bem elaboradas sobre o tema ciência e tecnologia.

## 2.2. Uma concepção inicial e mudança de perspectiva: é possível comparar?

Ao propor falar de modelos, representações e imagens dos estudantes, na perspectiva de Johnson-Laird é referido a *“representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são modelos vistos de um determinado ponto de vista (1983, p. 165) ”*. E que estes são vistos como processos que são construídos ao longo do tempo, podendo ser inferido novos pontos de vistas a sua linguagem, mesmo que estes não consigam lembrar literalmente de cada novo modelo que inferem. E isto pode ser visto neste trabalho. Ao se referir aos subtópicos “concepção inicial” e “mudança de perspectiva”, mesmo os alunos já apresentando modelos e imagens bem definidas sobre o tema estudado, foi possível atribuir aos mesmos algumas complementações. No entanto, de todos os diálogos e encontros, não houve modelos ou lembranças nítidas, o que é considerado que seus modelos anteriores poderiam estar mais firmemente ligados à sua memória, ainda que apresentando diferenças, mesmo que sutis.

Este fato é explicado na ideia de Johnson-Laird que ao invés de uma lógica mental, as pessoas usam modelos mentais para raciocinar (Moreira, 2001). Prontamente, ao se referir em “comparar” um antes e um depois, seria preciso de um longo estudo, dedicando um tempo maior para assim dizer: “qual modelo mental perdurou mais na memória desses alunos? Além do que, quais novas concepções eles podem adquirir ao longo do tempo que podem alterar sua forma de pensar ou raciocinar sobre o tema em questão?”. Estes predicados seriam embasados na ideia de que para Johnson-Laird (1983b, p. 8) *“qualquer teoria científica da mente deve, necessariamente, tratá-la como um sistema de cômputo; deve ficar restrita a aspectos que possam ser formulados como programas de computador”*.

Logo, se, através desta pesquisa, foi possível identificar algumas alterações dos modelos nas concepções dos alunos é porque interpretamos os dados à luz de alguma teoria que temos. Aliás, o próprio modelo identificado é, por si só, uma teoria que temos sobre o que está na mente do outro (Moreira, 2001).

Na compreensão de Moreira (2001) sobre as interpretações da ideia de modelo mental de Johnson-Laird, os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser sustentados a partir de três argumentos:

1. A mente emprega distintos níveis de organização; na linguagem, por exemplo, em um primeiro nível são processados os sons, os quais combinados formam morfemas que têm significados e devem ser processados em outro nível; morfemas combinados geram sentenças que implicam outro nível de processamento pois os significados das sentenças vão

além dos significados dos morfemas; finalmente, inferências a partir dos significados das sentenças levam a modelos mentais do discurso;

2. O processamento mental, em cada nível, leva o contexto em consideração; novamente a linguagem surge como exemplo, pois a identificação e interpretação de palavras depende do contexto;

3. O processamento em diferentes níveis não é autônomo, mas interativo; por exemplo, significados de proposições podem ser obtidos por referência a outras proposições; o reconhecimento de uma palavra facilita o reconhecimento de outras semanticamente relacionadas.

Resumindo, a hipótese é que há diferentes níveis de organização mental porque processadores separados podem operar em distintos níveis simultaneamente; em um dado nível, um processador trabalha um certo item enquanto outros se encarregam do contexto; a comunicação entre processadores em diferentes níveis permite que interajam. *“Tudo isso leva a um aspecto essencial do processamento mental: ele ocorre em paralelo”* (Johnson-Laird, p.452, 1981a).

### 2.3. Quanto a concepção de ciência

Ao analisar os dados das coletas de dados e as diferentes concepções dos alunos acerca da ideia de ciência, vamos ao encontro com as ideias de Thomas Kuhn. Enfatizando que as três questões no argumento de Kuhn que influenciam a possibilidade de aplicar as suas ideias ao que acontece na ciência escolar são:

- I. O alvo dos escritos de Kuhn, que é a imagem ou imagem da ciência;
- II. A natureza de um paradigma ou esquema conceitual, que poderia ser caracterizado como um conjunto compartilhado de crenças que fornecem aos cientistas um programa de trabalho;
- III. O escopo ou escala da noção de mudança conceitual de Kuhn, que é a mudança no nível da ciência (como instituição social) e não como cientistas (como indivíduos).

Voltando ao trabalho, no primeiro questionário a concepção de ciência dos alunos eram muito vagos, onde o viam como algo que é difícil de explicar. Nos demais, a concepção foi associada ao tema “o método”. Ainda que tentado, aparentemente este tema ainda persiste ir contra a ideia de ciência de Kuhn, pois para ele a ciência faz parte de um papel para a história e ao mencionar como conjunto de métodos, significa que ainda há grande falha na forma que ela é apresentada, como pode se ver abaixo na sua afirmação:

Se a ciência é a reunião de fatos, teorias e métodos reunidos nos textos atuais, então os cientistas são homens que, com ou sem sucesso, empenharam-se em contribuir com um ou outro elemento para essa constelação específica. O desenvolvimento torna-se o processo gradativo através do qual estes itens foram adicionados, isoladamente ou em combinação, ao estoque sempre crescente que constitui o conhecimento e a técnica científicos. E a história da ciência torna-se a disciplina que registra tanto esses aumentos sucessivos como os obstáculos que inibiram sua acumulação. Preocupado com o desenvolvimento científico, o historiador parece então ter duas tarefas principais. De um lado deve determinar quando e por quem cada fato, teoria ou lei científica contemporânea foi descoberta ou inventada. De outro lado, deve descrever e explicar os amontoados de erros, mitos e superstições que inibiram a acumulação mais rápida dos elementos constituintes do moderno texto científico. Muita pesquisa foi dirigida para esses fins e alguma ainda é” (KUHN, 1998, p. 20).

Logo, se mesmo com este estudo a ideia de ciência não partilha como papel da história, mas como reunião de fatos, pode-se associar que ainda há esta leitura nos materiais encontrados e utilizados pelos alunos. Mesmo que tenham sido selecionados da melhor forma, onde pode ser explicado pela seguinte ideia:

“[...] nos últimos anos, alguns historiadores estão encontrando mais e mais dificuldades para preencher as funções que lhes são prescritas pelo conceito de desenvolvimento por acumulação. Como cronistas de um processo de aumento, descobrem que a pesquisa adicional torna mais difícil (e não mais fácil) responder a perguntas como: quando foi descoberto o oxigênio? Quem foi o primeiro a conceber

a conservação da energia? Cada vez mais, alguns deles suspeitam de que esses simplesmente não são os tipos de questões a serem levantadas. Talvez a ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais. Simultaneamente, esses mesmos historiadores confrontam-se com dificuldades crescentes para distinguir o componente “científico” das observações e crenças passadas daquilo que seus predecessores rotulam prontamente de “erro” e “superstições”. Quanto mais cuidadosamente estudam, digamos, a dinâmica aristotélica, a química flogística ou a termodinâmica calórica, tanto mais certos tornam-se de que, como um todo, as concepções de natureza não eram nem menos científicas, nem menos o produto da idiossincrasia do que as atualmente em voga” (KUHN, 1998, p. 20 – 21)

Diante disso, seria possível afirmar que por mais que a história e a filosofia tenham sido trabalhadas de maneira sucinta, o papel ou conceito de ciência encontrados nos livros de historiadores ainda é visto ou interpretado como processo metódico. Hewson (1981, p.383) argumenta:

Aprender ciência é complexo - um estudante tem em diferentes momentos para adquirir novas informações, reorganizar o conhecimento existente e até mesmo descartar ideias valorizadas. Ao abordar essa questão, a analogia entre a aprendizagem individual e a mudança conceitual nas disciplinas científicas tem sido frutífera ao fornecer aspectos de uma estrutura adequada para analisar o aprendizado da ciência

Para Kuhn, o exercício da "ciência normal" envolve a articulação de um paradigma existente que pode resultar na mudança da teoria. Somente quando estas tentativas de articulação falham repetidamente, traz a motivação para um verdadeiro paradigma de mudança surgir. “*Mudanças de paradigma acontecem em um esforço para resolver anomalias que existem na relação da teoria existente com as observações*” (Kuhn, 1998, p.97). O desenvolvimento do conhecimento pode ser visto em termos similares, processo de enriquecimento e elaboração de "teorias" existentes que podem dar origem a mudança de teoria, em outras palavras, para reestruturações fracas. Ocasionalmente, quando se enfrenta grandes anomalias que as estruturas conceituais existentes não um novo paradigma é necessário, dando origem a reestruturações radicais. E estas reestruturações podem ser discutidas como uma forma de repensar no que se pode fazer de diferente para que alunos de educação básica tenham uma mudança de conceito significativa sobre o que é ciência.

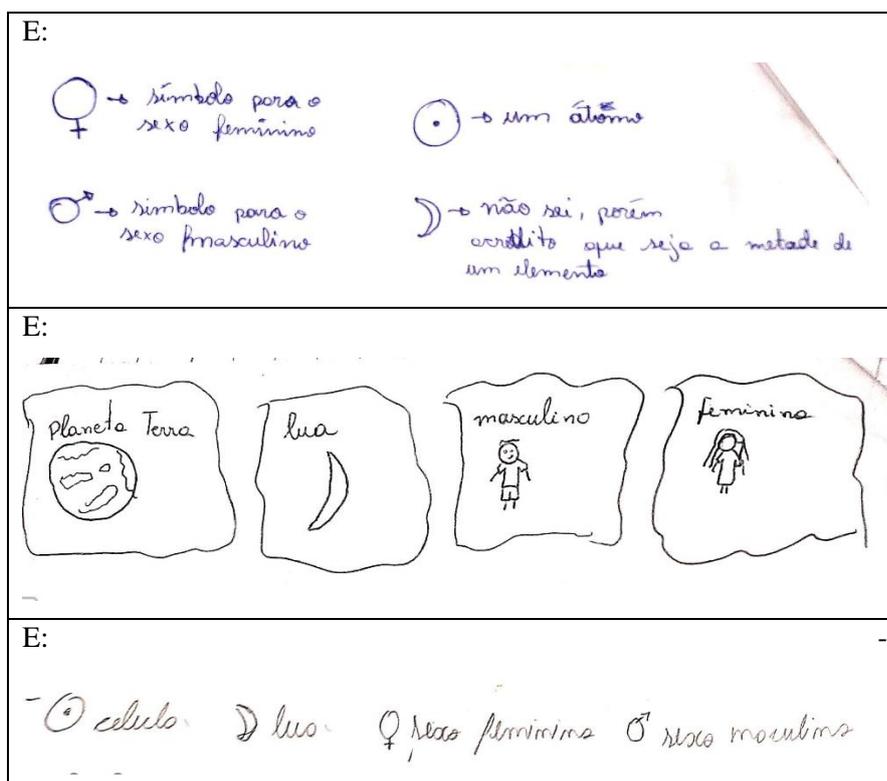
## 2.4. Descrevendo o modelo mental em teoria atômica

Este tópico e seus subtópicos são relacionadas as interpretações alcançadas pelo pesquisador dos desenhos que os alunos fizeram conforme a temática em estudo. O primeiro subtópico é referente ao primeiro questionário e o segundo subtópico é referente ao segundo e terceiro questionário. Em todos os subtópicos teremos três temas, que são organizados referenciando as leituras que os alunos proporcionaram sobre seus respectivos modelos mentais.

### 2.4.1. O primeiro momento

#### Tema 1: Associando ao conhecido

A associação do tema com os resultados foi dada após análise das interpretações que os estudantes alcançaram das simbologias ou modelos utilizados no estudo da química, de forma que foi solicitado para os mesmos que representassem segundo suas leituras acerca do que viam. Estes dados são referentes ao primeiro questionário, no qual havia algumas imagens de simbologia utilizada nos tempos de alquimia, estas no qual eram facilmente encontradas em seus livros didáticos. Logo, a pergunta referente a este tema é: *“Ainda sobre a questão (3), faça uma interpretação sobre as imagens. (Pode ser associado conforme uma lembrança e/ou semelhanças com o que é conhecido no cotidiano, pode ser utilizado desenhos e/ou esquemas)”*. E os resultados de suas interpretações das imagens são visualizadas abaixo:



As imagens eram referentes as simbologias dos primeiros elementos químicos que foram descobertos, como é visto, dos dezesseis alunos apenas três tentaram registrar ou buscar em suas memórias do que se tratavam os desenhos, mas os retrataram não como possíveis simbologias químicas, em vez disso o associaram à modelos conhecidos em sua mente como ‘lua’, ‘banana’ e outros. Os demais optaram por não registrar sua resposta.

Quando perguntado a eles, *“Por que representaram seus desenhos daquela forma?”*, foram obtidas as seguintes respostas:

E: *“Eu até pensei que era algo de Química, porque a senhora é de Química, mas como pedia pra interpretar da forma que nós havíamos entendido, eu coloquei com que achei parecido.”*

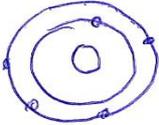
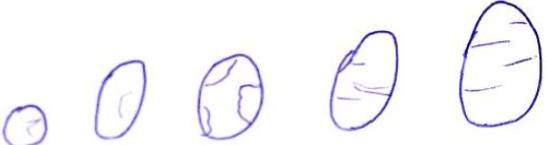
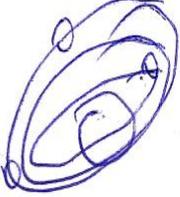
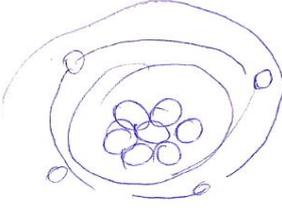
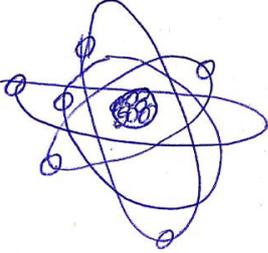
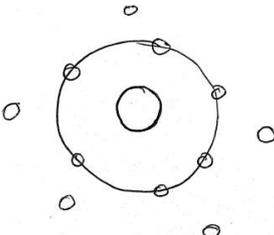
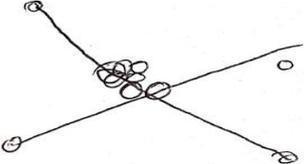
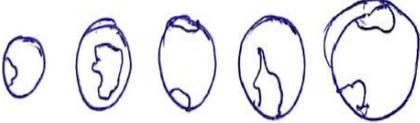
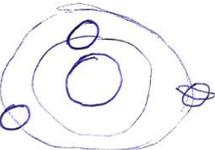
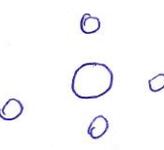
E: *“Eu olhei praqueles (sic) desenhos e pensei que não sabia nada daquilo, coloquei a primeira coisa que veio na cabeça.”*

E: *“Sabia que tava errado, mas parecia muito com planeta terra e o símbolo de feminino e masculino, então coloquei.”*

O curioso de suas respostas é que em nenhum momento foi lhes julgado que seus dados estavam corretos ou errados, mas havia convicção de que não era daquela forma. No entanto, responderam sendo fiéis aos modelos que havia em suas mentes, a respeito da interpretação que fizeram das imagens.

## **Tema 2: Parece um pouco do universo**

Os resultados abaixo são referentes às interpretações que os alunos fizeram de imagens de átomos retiradas dos livros didáticos, comumente utilizados nas escolas quando referenciado ao estudo da teoria atômica, imagens que representam modelos de cientistas como Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, desta forma, os estudantes constituíram as identificações e descrições delas, informando a qual teoria cada uma pertencia. Com isso, a pergunta feita foi: *“No estudo das teorias atômicas foram desenvolvidos modelos que pudessem representar o átomo e sua estrutura. Observe as imagens abaixo, busque representá-las segundo sua interpretação por meio de desenhos, explicando porque você representou de determinada forma e indicando as estruturas presentes em cada modelo atômico. Pode também citar como modelo é conhecido (bola de bilhar, pudim de passas, planetário etc. As imagens servem apenas como base)”*. As respostas de suas interpretações das imagens foram estas:

 <p>orbits do universo - planetário</p> <p>E:</p>	 <p>Sistema Solar em incêndio</p> <p>E:</p>
 <p>um sistema solar</p> <p>E:</p>	 <p>buraco negro engolindo um plan</p> <p>E:</p>
 <p>Sistema orbital de planetas</p> <p>E:</p>	 <p>Planetário Sistema Solar</p> <p>E:</p>
 <p>Constelação</p> <p>E:</p>	 <p>referente aos planetas em órbita</p> <p>E:</p>
 <p>- sistema solar</p> <p>E:</p>	 <p>um sistema solar, o modelo de Bohr</p> <p>E:</p>

Dos dezesseis estudantes, dez interpretaram os desenhos de átomos referenciando ao sistema solar. Alegaram que seus desenhos foram resultados de suas interpretações, devido:

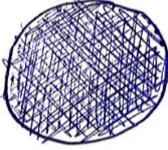
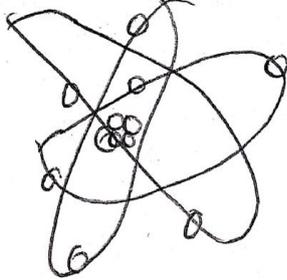
E: “não pareciam átomos, pareciam planetas. Me lembrou muito os planetas no universo.”

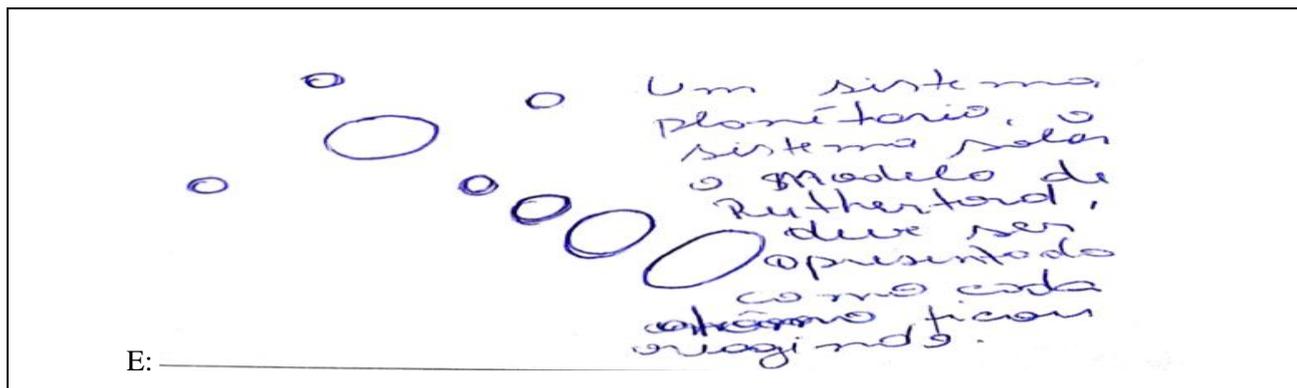
E: “eu achei muito parecido com sistema solar, mas não com átomos, mas eu sabia que eram átomos, mas não quais.”

De modo geral, todos que responderam essa questão não visualizaram átomos nos desenhos, mas sim o sistema solar ou planetas. Seguindo mais uma vez fiéis aos modelos que apresentavam em suas memórias.

### Tema 3: É átomo, porque tem seus conectivos

Nesta questão ainda é referente a interpretação dos átomos envolvidos na questão anterior, mas as respostas correspondem aos outros seis alunos que também estavam participando da pesquisa, nos quais associaram em algum momento pelo menos uma das imagens aos modelos atômicos, devido apresentarem algum conectivo que ligava suas memórias a esta ideia, como é visto a seguir:

<p>E:</p>  <p>pedim de passas</p>	<p>E:</p>  <p>bola de bilhar</p>
<p>E:</p>  <p>átomos</p>	<p>E:</p>  <p>parece um átomo</p>
<p>E:</p> <p>O A bola de bilhar representa-se dessa forma pois é muito conhecida, acredita-se que seja o modelo Atômico de Dalton</p>	<p>E:</p>  <p>Uma fórmula matemática, modelo atômico de Thomson, ele deve ter buscado por meio matemáticas como representar o (bom) átomo.</p>



Foi solicitado que os alunos explicassem um pouco sobre seus desenhos, sobre as explicações dos alunos obtive as respostas:

E: *“quando vi aquele ângulo e eixo, pensei que era o modelo do Bohr, porque eu lembro que o professor disse que de todos os modelos ele ficou com a parte mais fácil, que foi só criar a fórmula matemática, então aquele só podia ser modelo dele.”*”

E: *“eu lembro que o professor do ano passado ensinou que aquela bola, era do átomo do modelo de bilhar.”*

E: *“não sabia muito bem qual era qual, mas sabia que tinha o modelo pudim de passas, bola de bilhar e planetário.”*

E: *“parece átomos porque é assim que a gente vê que eles são nos livros”*

Observando suas respostas é possível analisar que suas representações são referentes aos registros que os mesmos apresentam em suas memórias, daquilo que tiveram de aprendizagem na sala de aula e que o uso de conectivos, como bola de bilhar, pudim de passas e outros, facilitaram a entender que os desenhos em questão se tratavam de átomos e não representações do universo ou sistema solar, como nas respostas dos outros alunos no tema anterior.

#### **2.4.2. O segundo momento**

##### **Tema 1: Reconhecendo os modelos atômicos**

Aqui foram retratadas parte dos resultados obtidos após as primeiras leituras e discussões que foram realizadas no decorrer desta pesquisa. As teorias foram trabalhadas como histórias narradas do que aconteceu no período em que cada uma delas foram elaboradas, levando em consideração o contexto histórico, social, político e econômico. Com isso, foi solicitado aos mesmos que novamente interpretassem algumas imagens de átomos e que também colocassem um pouco das histórias que foram trabalhadas nos encontros. Para isto, a pergunta realizada foi: *“Observe as imagens abaixo e da questão (3) discorra sobre as*

principais diferenças nos modelos atômicos propostos inicialmente pelos gregos e posteriormente analisados por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Como cada cientista ou filósofo contribuiu para a teoria do outro? (Busque fazer desenhos e/ou esquemas indicando as estruturas do átomo)''.

Para esta pergunta, foi possível obter de onze alunos os seguintes resultados:

Diagram 1: A central nucleus with '+' and '-' signs, surrounded by three overlapping elliptical orbits. Label: "ATômico estrutura."

Diagram 2: A circle containing several '+' and '-' signs. Label: "Bolos de milho" and "~~(Lafra)~~".

Text: "um filósofo contribuiu com outros, com seus modelos ~~de~~ e estudos sobre os átomos, onde corrigiam os erros dos antigos modelos e assim criavam outras teorias e possibilidades."

E:

É que Rutherford achava que tinha no núcleo

É o Bohr foi tendo o elétron

elétrons

E:

modelo bohr

pedra de porcos

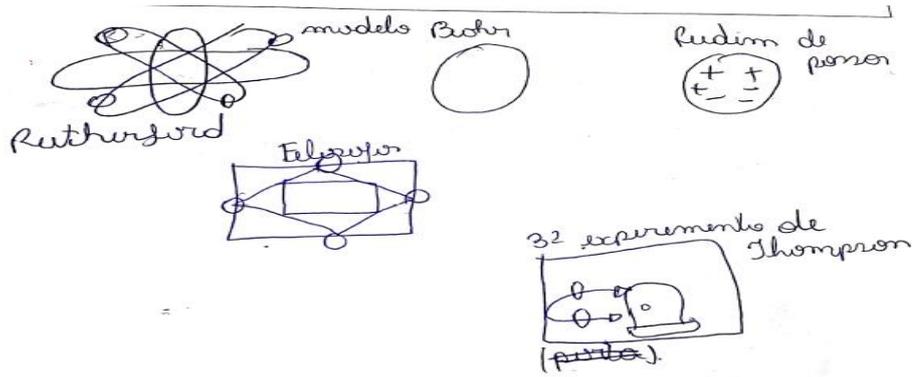
Rutherford

soluções do caso

3: experimentos de Thompson

fi. bohr

E:



E:

5. Walton fez o modelo do bolo de leite, disse que o átomo era um bolo de leite. (1)

Thomson disse que o átomo era um bolo de leite com pedras. (2)

É o modelo de Rutherford disse que o átomo tinha um núcleo, comparado ao sistema planetário. (3)

Continuação...

(5) Um pegava a ideia anterior do outro, entendeva e encontrava novas propriedades e aprimorava-as.

MATÉRIA INTEIRA

MEMBRANA

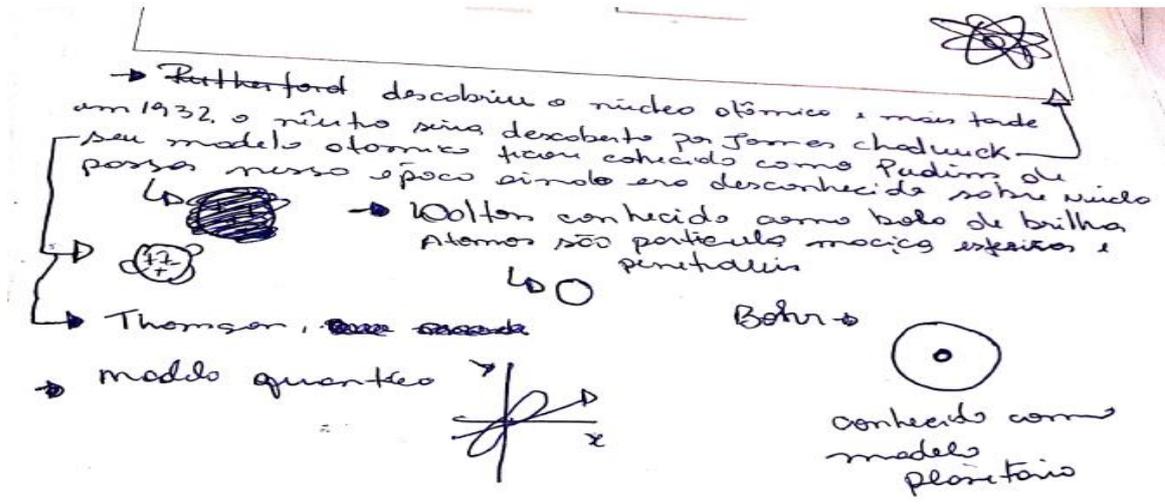
ÁTOMO

neutrons

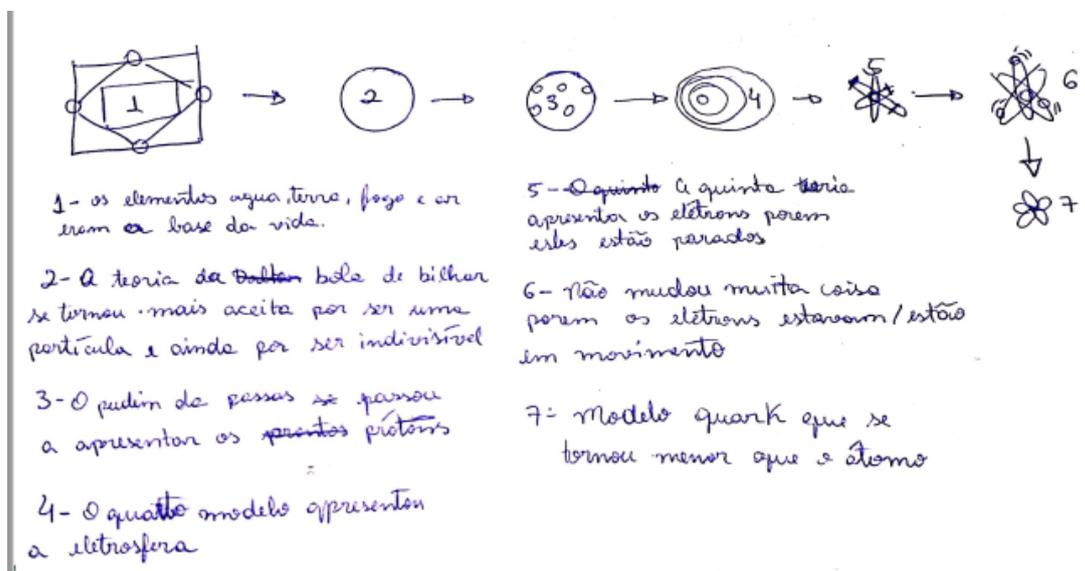
protons

electrons

E:

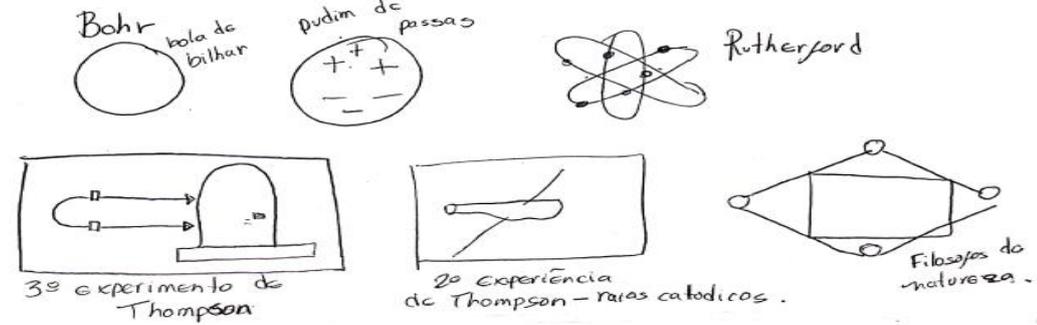


E:



E:

Primeiro surgiram os filósofos da natureza que analisaram a natureza e deixaram pontos vagos. Cada um sucessivamente por sua contribuição com o próximo.



E:

- Os filósofos gregos acreditavam que tudo na natureza vinha do fogo, ar, água e terra, mas o Demócrito veio e contou que pode existir algo pequeno, que não dá para ver, chamou de átomo. Com o passar do tempo, veio o Dalton dizendo que o átomo é apenas uma esfera rígida que ficava em um determinado elemento, como átomo de alumínio, átomo de ferro.



Porém, veio o Thomson com vários experimentos que chegou a conclusão que existia carga de energia negativa, que ficava ao redor do átomo



Ainda não acabou! Veio então o Rutherford que também fez um experimento, e descobriu que as cargas negativas não ficavam juntas com o átomo, e sim rodando do lado do átomo. Então veio o Bohr que concluiu que existia um núcleo no átomo que era composto por prótons e nêutrons

Porém (-;-)



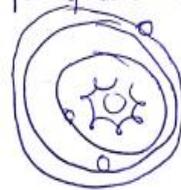
E:

5) Dalton fez o modelo da bola de bilhar, ele diz que o átomo era indivisível. (8)

Thomson diz que o átomo era indivisível no sentido de que tinha partículas nele, como um pudim de passas



E o modelo de Rutherford (Bohr) ele diz que o átomo tinha um núcleo e rodeado por elétrons e nêutrons, com paradas em sistemas planetários



E:

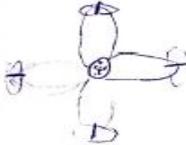
O modelo de Thomson indicava a existência não só de uma esfera bruta como a composição material, mas que nela continha pequenas partículas de carga positiva e negativa, os prótons e elétrons.

4º) Rutherford



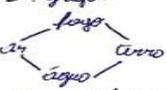
O modelo Rutherford apresentou o átomo não mais como uma simples esfera, mas a interação de elétrons em órbita a ~~em~~ prótons, no centro, junto a neutrões, que os seguravam.

5º) Bohr



Bohr contribuiu para o descobrimento do movimento de cada elétron, por meio de <sup>representação</sup> ~~representação~~ de níveis de energia, nos orbitais ao invés de seu estado estático.

5º) Quízes



Os modelos, quízes por si mesmos somente no visível (os quatro elementos propostos), não tinham uma ideia de uma estrutura composta de tudo que há.

2º) Dalton



O modelo de Dalton foi o primeiro a demonstrar uma partícula como o item indispensável a existência das coisas, uma partícula extremamente pequena que, com ligações com outras, formavam a matéria.

3º) Thomson



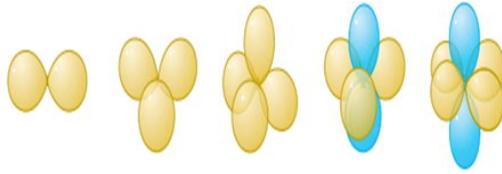
E:

P: "Observo que as representações dos modelos atômicos após essas discussões tiveram mais ligações de imagem e teoria, onde cada um buscou interpretar os modelos aos cientistas".

Como pode ser visualizado, a maioria dos estudantes buscaram responder à questão por meio das interpretações da forma que foi trabalhado com que eles nos encontraram, em forma de história, com algumas observações que alguns ainda interpretaram de acordo ao primeiro modelo guardado em suas memórias, o que era esperado conforme o conceito de Johnson-Laird do que é o modelo mental.

## Tema 2: A evolução

Neste tema, o resultado é referente a seguinte pergunta do terceiro questionário: "Considerando as imagens abaixo, discorra sobre o modelo atômico proposto pela mecânica quântica e fale quanto ele evoluiu desde os modelos propostos pelos filósofos. (Se necessário faça desenhos)".



Com isto, foram obtidas as seguintes respostas:

(veja desenhos)  
 Tudo começou com um simples atômico  
 e ele foi evoluindo até chegar as coisas  
 que são hoje. Ex: um ~~organismo~~ os seres



E:

Como tudo, começa do menor e foi evoluindo,  
 assim como qualquer outra coisa no mundo  
 como as formigas:



E:

(veja desenhos) ... evoluindo desde os modelos propostos pelos filósofos. (veja desenhos)

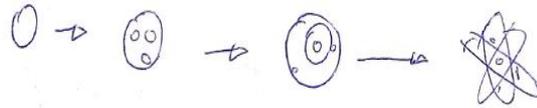
Eles pensaram em dividir para encontrar o que há  
 em comum entre eles.

Uma dessas formas foi o modelo acima

... enumerada ou traçada nas imagens abaixo

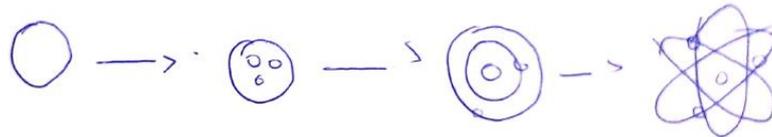
E:

6. Comparando o modelo de hoje com os de antigamente, vemos a evolução do modelo



E:

6 Comparando o modelo atual com os primeiros modelos, podemos perceber que houve muito evolução desde lá.



E:

P: *“Interpretando estes desenhos, vejo que todos apresentaram o modelo quântico como se fosse um processo de evolução dos modelos propostos aos átomos”*

Ao analisar a questão, foi observado que os alunos apresentam bastante dificuldades de explicar o modelo quântico, considerado os seguintes fatos, dito por eles

E: *“ele é difícil demais”*

E: *“muito chato de entender”*

E: *“de todos, esse modelo foi o que menos gostei”*

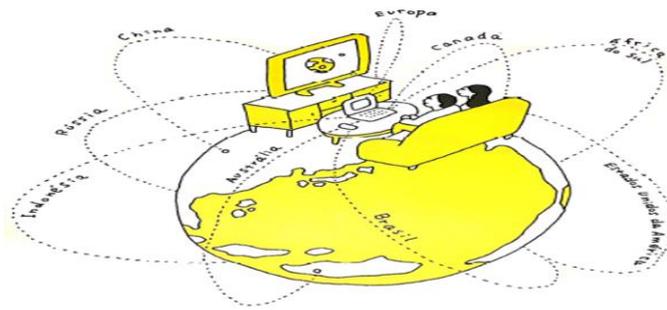
E: *“achei bem interessante sobre a teoria dos buracos negros, mas o modelo em si é complicado de entender.”*

Vale a pena citar que este modelo era novo a eles, pois não havia sido trabalhado nos anos anteriores, logo suas respostas foram identificadas como referências a ideia de que os “modelos atômicos evoluem conforme os estudos sobre eles vão avançando”.

### **Tema 3: Uma imagem, diferentes visões**

Neste tema, referente ao terceiro questionário, a proposta era que os alunos interpretassem a seguinte pergunta:

*“Observe a imagem a seguir, com base nos estudos realizados em aula e na sua visão de mundo, faça uma interpretação sobre esta imagem associando seus conhecimentos “de mundo” e “científico”. Aproveite diga o quanto este estudo mudou (se mudou) sua concepção sobre a existência dos átomos. Sinta-se à vontade para fazer desenhos semelhantes a ilustração abaixo, para que fique claro seu entendimento a respeito”.*



Desta pergunta foi possível obter um rico acervo de interpretações e junto delas, algumas conterão pequenas observações referentes a visão do pesquisador. Isso pode ser visto a seguir:



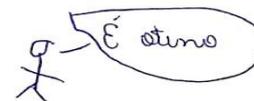
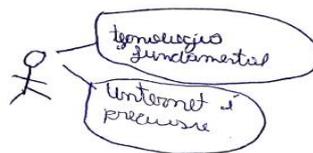
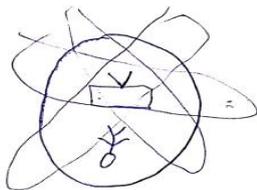
Esse desenho representa os <sup>elétrons</sup> ~~átomos~~ rondando em volta do átomo

Igual as decepções que circulam qualquer vida amorosa.

E:

P: “Esta aluna represta um átomo como se fosse um coração, onde os eletrons ao redor, são representados pelas decpções que pessoas estão propensas a ter”

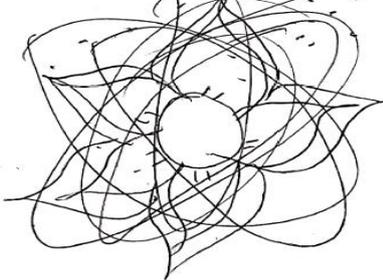
na minha concepção o estudo ajudou e muito para esse funcionamento. através da ciência uma e outra coisa ficam juntas, e como o mundo mudou, tecnologia avançou. Como o mundo tá hoje tão diferente, mudado, outros usos de vida e outras coisas



E:

P: “Vejo neste desenho a mesma ideia da imagem da pergunta, porém de forma invertida”.

Tudo a nossa volta é átomos, somos formados por átomos. Desde o início tudo mudou, isso inclui a concepção de átomos contigüamente, o mais engraçado é quando passamos para pensar sobre isso e notar quão grande foi nossa evolução.



E:

P: "Seria a natureza composta por átomos? Para mim esta imagem me traz essa ideia".

Com o para do tempo, o átomo vem sido uma grande descoberta para a humanidade, que também influenciou para tecnologia logo que foi compartilhado ao mundo, para as pessoas que tem interesse na ciência,



Fiz isso, porque deu vontade acho lol

Ok, aqui o verdadeiro



eu imagino o átomo, como um funilão, ou seja, imagino como uma coisinha pequenina e simples, pode gerar tantas pessoas que ficaram interessadas. Éi você, que se enxerga como algo simples e pequenino, alguém pode lhe acha interessante e várias pessoas vão te conhecer.

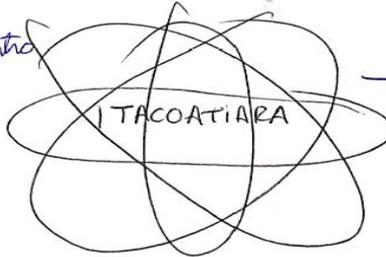
você é um ser incrível 23

E:

P: "Gosto da ideia nós somos feitos de átomos, logo ao ver o desenho associo a este pensamento: somos todos feitos de átomos".

No decorrer dos séculos a ciência vem evoluindo e com isso nós podemos nos conectar com o mundo, o que contribuiu para toda formação do ser, evoluindo a tecnologia porém a ciência e a tecnologia anda juntas contribuindo para o melhoramento da outra.

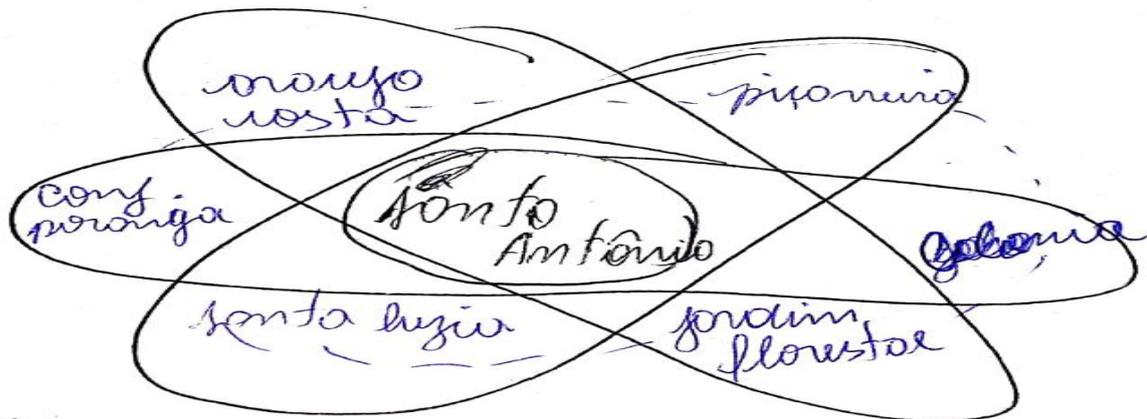
Itacoatiara ao centro  
e várias conentes de  
átomos ao redor.



→ representou  
itacoatiara  
repleta de  
átomos e o centro  
de tecnologia.

E:

P: "Muito relevante o desenho mostrar que a cidade onde vivemos é representada como um átomo, já que temos muitas fontes naturais, como a madeira e rios, como fonte de desenvolvimento econômico".



E:

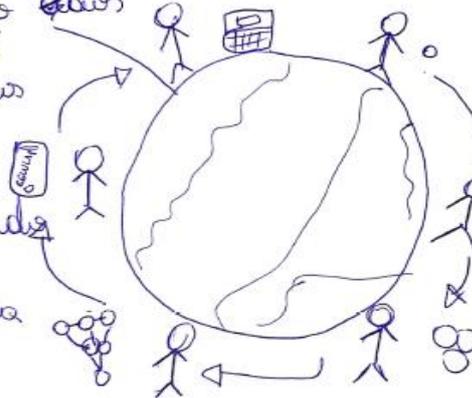
P: "Aqui nesta imagem o aluno representou o átomo como a cidade onde vivemos, e os eletrons são os bairros da cidade".

A ciência ajudou com a evolução dos Estados. Ela melhorou nossos vidas com a tecnologia. Transformando a vida dos seres humanos mais confortáveis de se viver. a ciência é o estudo da verdade porque ninguém.



E:

os átomos foram evoluindo para os atuais que chegaram nos dias de hoje contribuindo para a tecnologia.



com o passar do tempo a química junto com a física foi contribuindo para o avanço da tecnologia.

E:

④ O mundo é um átomo / matéria também, a tecnologia faz parte do mundo com os avanços da ciência. Não mudou nada.



tudo tem átomos, então até meu óculos tem átomos

E:

O desenho retrata o quanto a tecnologia e o cinema contribuíram para a evolução do mundo, pois que a tecnologia o avanço hoje em dia



Coloquei esse desenho porque mostra o quanto como posso assistir confortavelmente, através de filmes ou documentários

E:



- O conhecimento e estudo do que é, como é, por que é e para que serve? mostrou e facilitou invenções e tecnologias que hoje vemos como simples.

E:

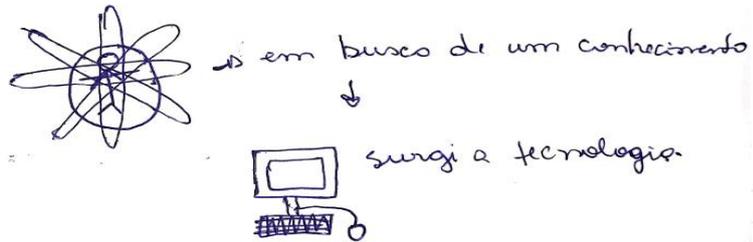
No desenho, através das tecnologias podemos observar o mundo somente usando uma tela.



meu desenho, refere-se que através de um celular podemos ter o mundo aos nossos pés.

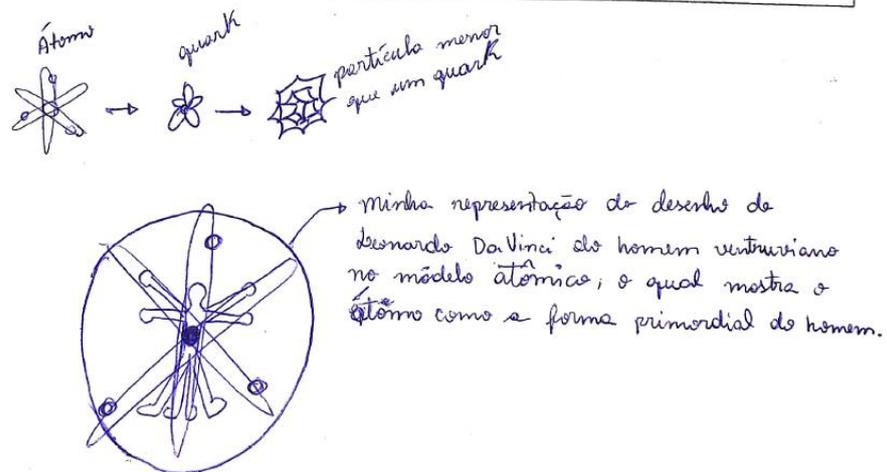
E:

A tecnologia se deu devido a ciência, uma contribuindo com a outra. e isso passou a conecta-se no mundo todo, como mostra a figura acima, a tecnologia passou a ajudar as pessoas, e a busca mais conhecimentos.



E:

P: "Este desenho me associa a ideia de que as teorias sobre os átomos compõem o conhecimento, talvez para formar assim os materiais fornecidos pela tecnologia, como baterias de celular e notebook".



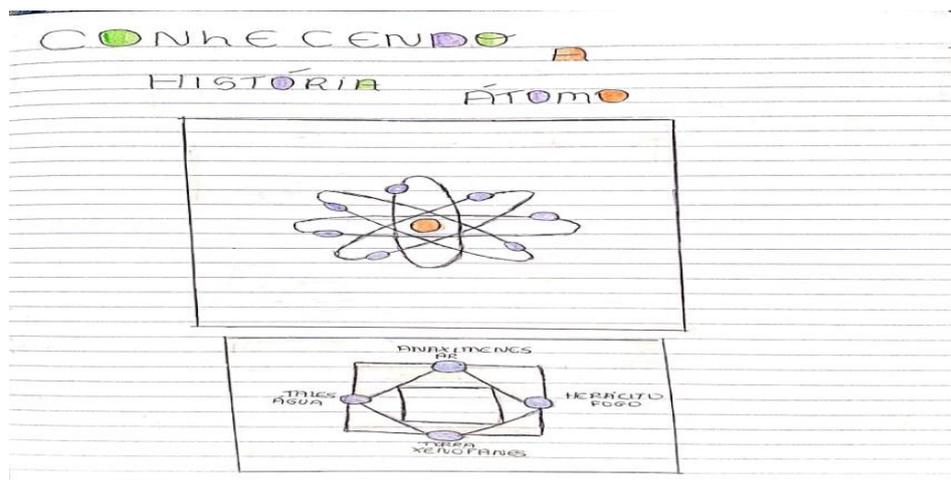
E:

Nestas diferentes interpretações que os alunos tiveram da imagem contida na questão, entende-se que muitos conseguiram compreender sobre a história e a teoria dos modelos atômicos, por mais que ainda mantenham muito das suas concepções anteriores, pode-se considerar que, sem dúvidas, não são exatamente os mesmos de antes. Isso porque pode ser visto em seus desenhos, algumas menções como "o átomo é a forma primordial do homem", "em busca de conhecimento, surge a tecnologia", "tudo tem átomos, então até meus óculos tem átomos". Concepções como estas, mostram que foram assimilados por eles o entendimento de que o universo é constituído por átomos e que as teorias que foram por eles estudadas, trouxeram sentido ao contexto de sua realidade.

## 2.5. Trabalhando o modelo mental e a História e Filosofia da Ciência: uma perspectiva por meio de gibis

Ao observar que os alunos ainda apresentavam curiosidades sobre o tema em estudo e que a turma tinha interesse em leituras de mangás e gibis. Sendo os mangás referentes a histórias em quadrinho com influência japonesa (como Dr. Slump de Akira Toriyama, 1980-1984) e gibis que apresentam histórias com características brasileiras (como Turma da Mônica de Maurício de Souza, 1970- atual). Foi pensado em trabalhar a história e filosofia da teoria atômica em uma outra perspectiva, uma que também fosse possível de capturar os modelos mentais dos estudantes. Logo, aproveitando a criatividade e o dom artísticos dos alunos, inicia-se aqui a análise da última etapa do processo dessa pesquisa.

Neste primeiro momento é observado as capas que os alunos fizeram de seus respectivos gibis ou mangás, lembrando que são sete no total e que eles foram realizados em grupos.



Primeira anotação:

P: “Analisando o título escolhido pelo grupo, dar-se a entender por meio do verbo “conhecer” que ao realizar este gibi, propiciaria a eles, ou a quem o lesse, o conhecimento sobre como surgiu a ideia do átomo”.

P: “Os desenhos na capa chamaram atenção por representarem o átomo não só na forma que é conhecida pelos livros, mas também por ter o esquema dos gregos sobre os quatro elementos, o que mostra que eles entendem que isto faz parte da história”.



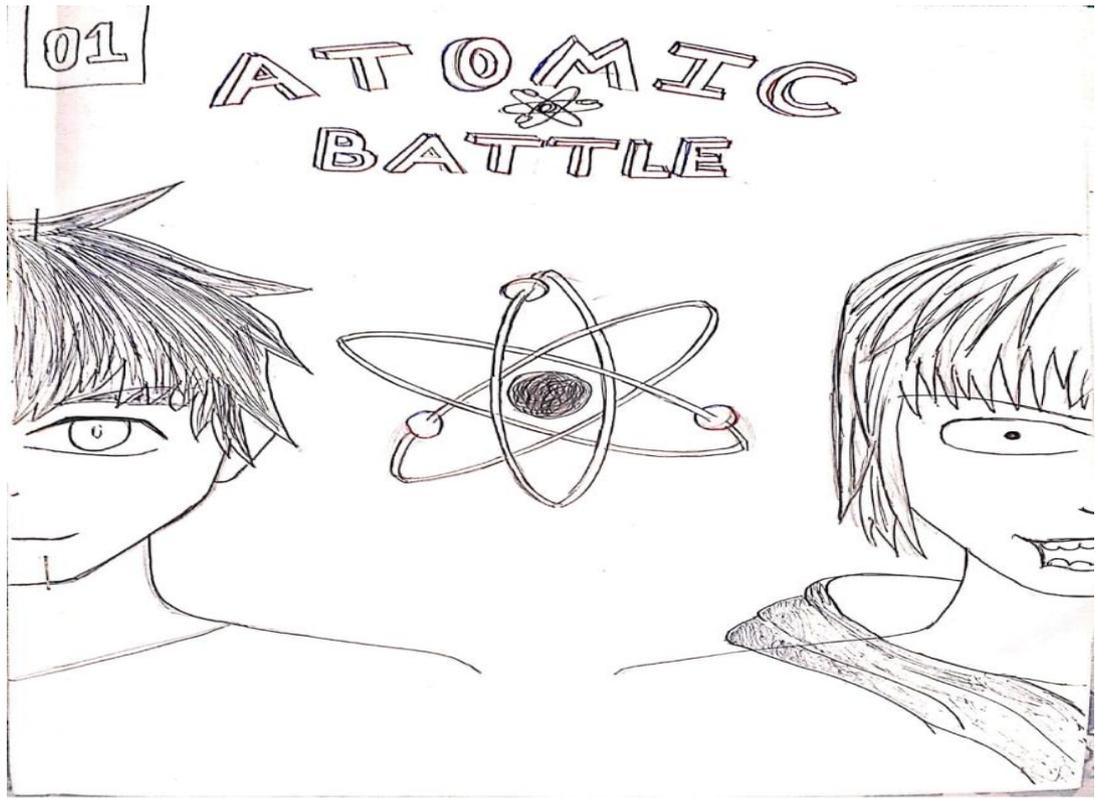
CC0 digitalizado com CamScanner

P: “É possível identificar que este grupo buscou representar as diferentes formas do átomo, onde pode ser entendido por eles que as representações acompanhem a ideia do título “história do átomo”, cujo mesmo apresenta várias teorias”.



CC0 digitalizado com CamScanner

P: Esta capa, me deixou pensativa durante um bom período. Mas, ao ver essa imagem, imagino que o grupo quis representar uma forma diferenciada do átomo. Onde se assemelha ao planeta terra, de forma idosa, isto é, o modelo mais antigo, podendo ser referenciado ao modelo de Dalton, em seguida com modelo mais comumente utilizado e atualizado. Compreendendo o título como “breve história” onde poderá narrar os estágios do átomo, seguindo seu entendimento do “antigo ao novo”.



P: “Analisando o título e a imagem, entende-se que este grupo quis dar a entender que as teorias atômicas se assemelham a uma batalha de ideias, em que o cientista renomado seria aquele que chegasse a teoria mais aceita pela sociedade científica”.



P: Nesta capa considere interessante o título utilizado, ao descrever “átomos em decorrer dos ‘séculos’”, dá a entender que o grupo passa a ideia de que compreendem que as teorias atômicas tenham sofrido mudanças por um longo período e que ainda estão propícias a continuar alterando, conforme o tempo vai passando.



UMA PARTE DE TUDO.

P: *“Apesar do grupo não ter associado a nenhum tipo de imagem, o título me dá a entender que abrangem a história do átomo como a origem de todo o conhecimento que temos hoje. Ou também que o átomo está presente em todo o universo”.*

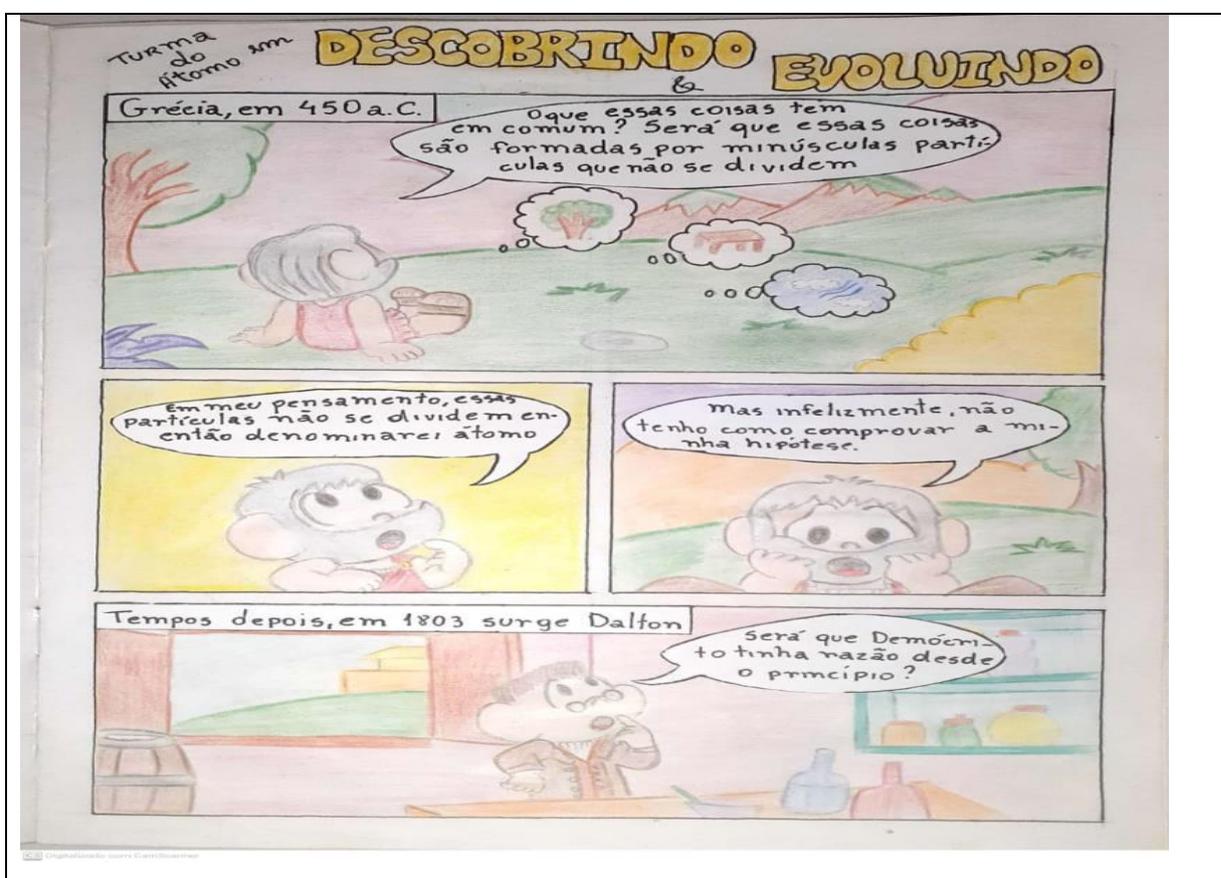
Ao analisar pela vertente do pensamento dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983b), estes desenhos são explicados pela sua teoria baseada na ideia de que nós construímos modelos de eventos e aspectos do mundo, usando processos cognitivos tácitos que nos fazem raciocinar por meio desses mesmos modelos. Do ponto de vista de tal teoria, a compreensão de um dado aspecto da realidade ocorre quando se verifica acordo entre o modelo construído para explicá-lo e a parte modelada. Dessa forma, nossa habilidade em dar explicações está intimamente relacionada com nossa compreensão daquilo que é explicado e, para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter um modelo funcional dele (Borges, 1999). Logo, as imagens e títulos encontrados nas capas, são parte do raciocínio dos alunos sobre a teoria aprendida, junto da parte modelada associada as representações da vida, como as histórias, as imagens, os modelos.

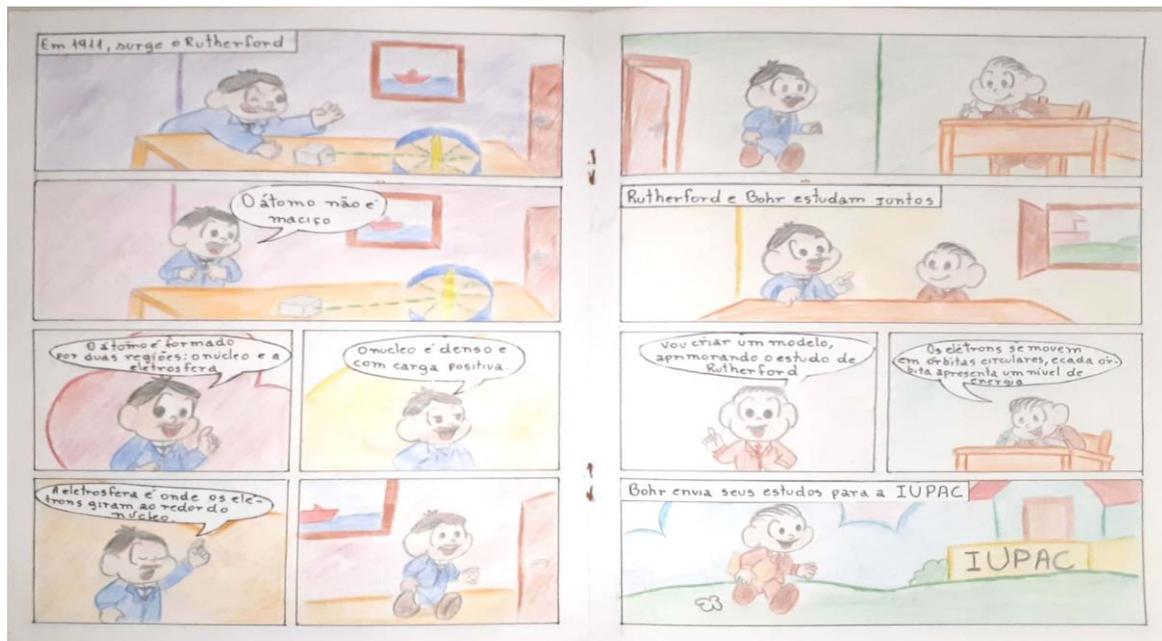
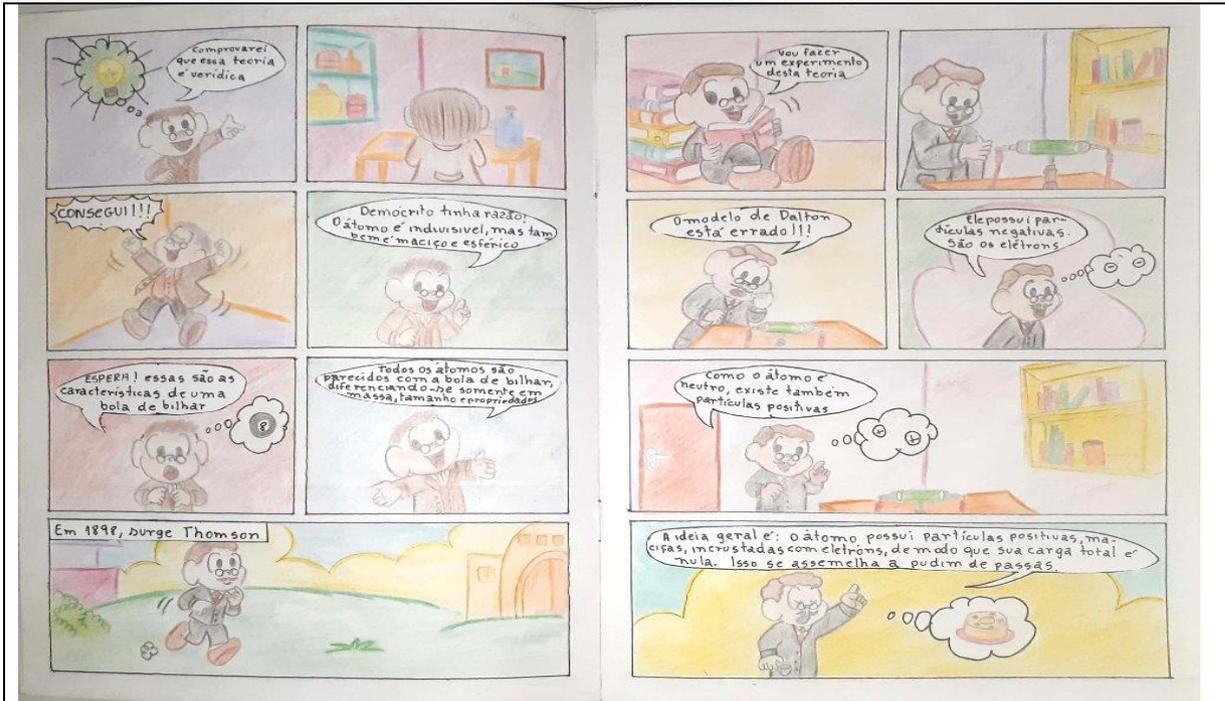
Ao que se relaciona as representações proposicionais de Johnson-Laird, que são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, esta pode ser visualizada quando as representações dos alunos são baseadas por meio de histórias pelas quais fazem parte de sua realidade, como foi visto a ‘turma da Mônica’, ‘batalha do átomo’, entre outros, que foram utilizadas como formas de representações dos seus quadrinhos. E ao que se relaciona a imagens, que são os correlates perceptuais dos modelos de um ponto de vista particular, isto pode ser visto quando um grupo de alunos representa o modelo de Dalton como um senhor sentado na cadeira. O que argumenta que nosso raciocínio se processa através da construção de modelos de eventos e estados de coisas no mundo e, então, procuramos exemplos que se ajustem a um dado modelo ou contraexemplos que os falsifiquem (Johnson-Laird, 1981b), sendo possível visualizar e interpretar estas evidências nas diferentes representações das capas das histórias em quadrinhos dos alunos.

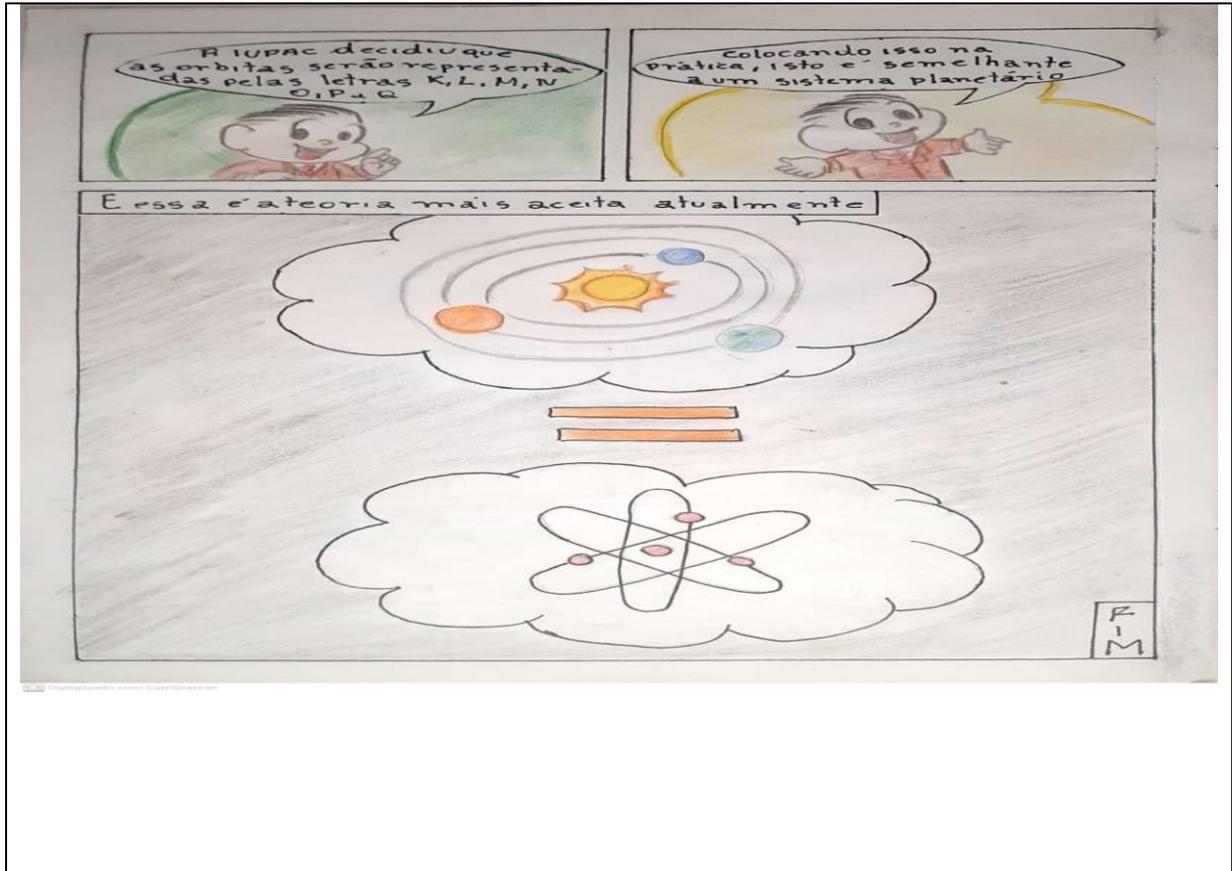
## 2.6. Capturando a história por meio de seus modelos mentais

Neste primeiro quadrinho é observado que a história de inspiração foi baseada no Gibi “Turma da Mônica”, em que os alunos abrangeram sua narrativa com a “Turma do Átomo”. Eles descrevem a história a partir das ideias de Leucipo e Demócrito, prosseguindo pelos cientistas Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

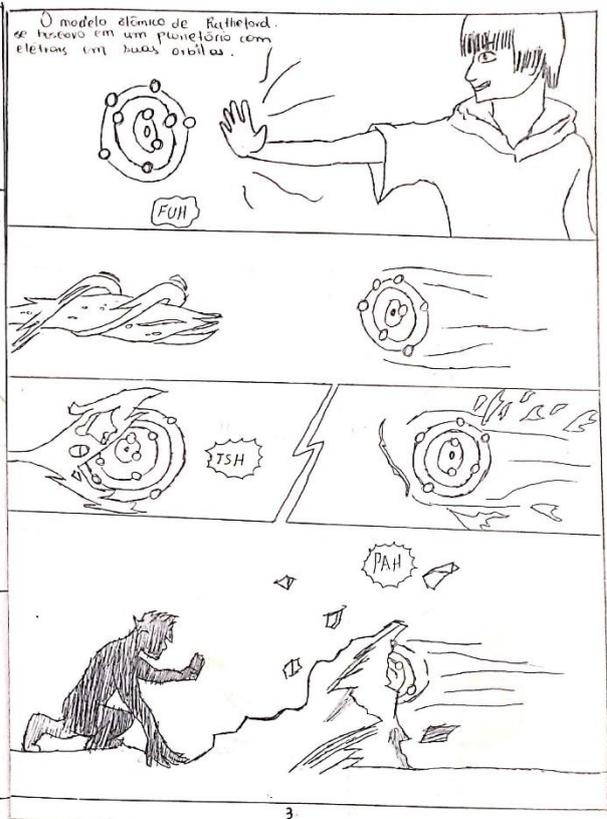
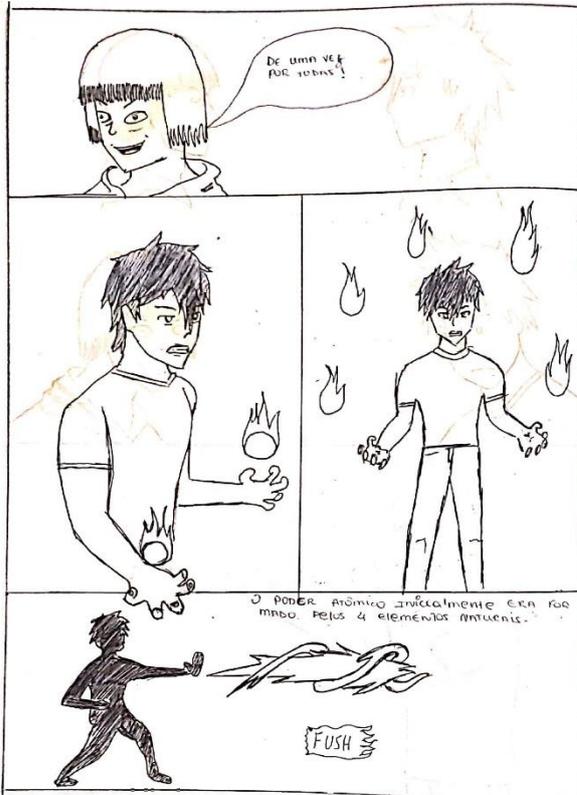
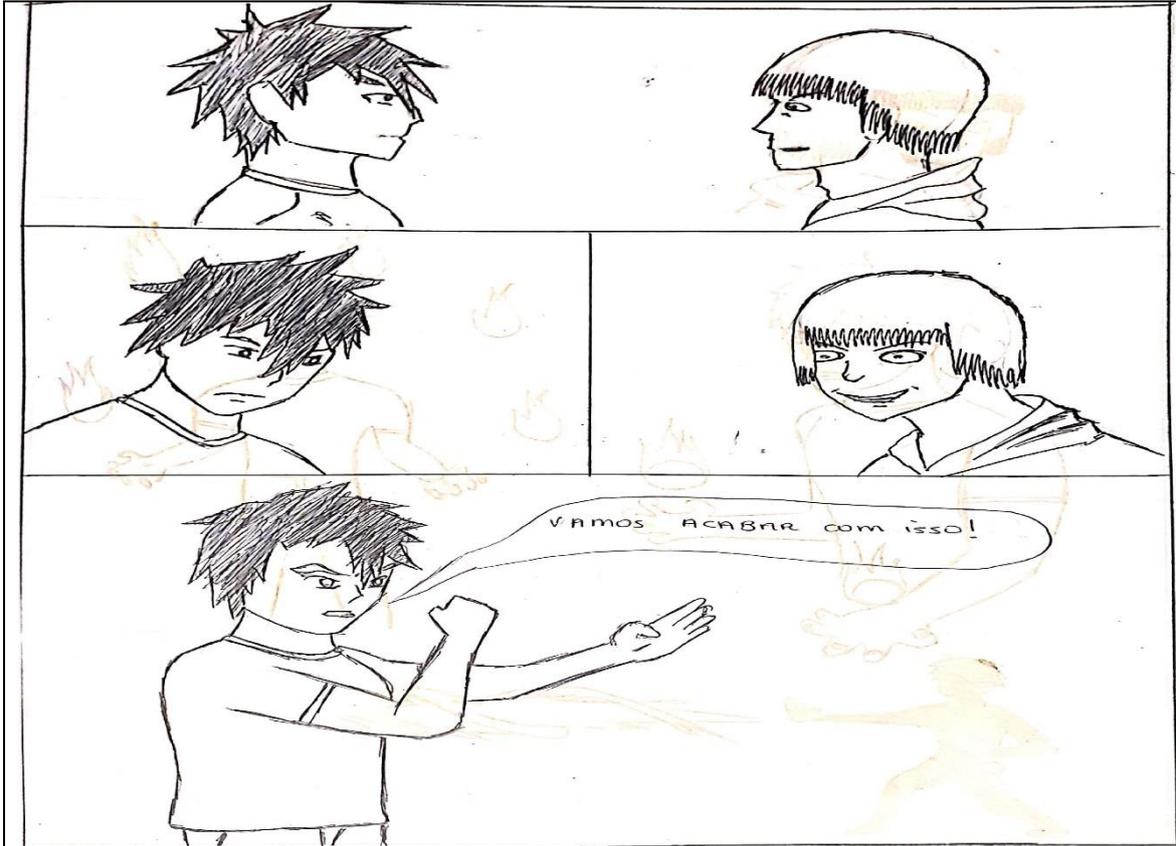
O título “descobrimdo e evoluindo” é interpretado através da história em que Leucipo e Demócrito iniciaram os questionamentos sobre os elementos e que posteriormente os cientistas evoluíram para modelos por meio de teorias e experimentos. Finalizando com a comparação do átomo de Bohr ao sistema solar. Exemplificando que seu entendimento do modelo de Bohr se dá com “o elétron girando ao redor do núcleo” remetendo a similaridade dos “planetas girando ao redor do sol”.

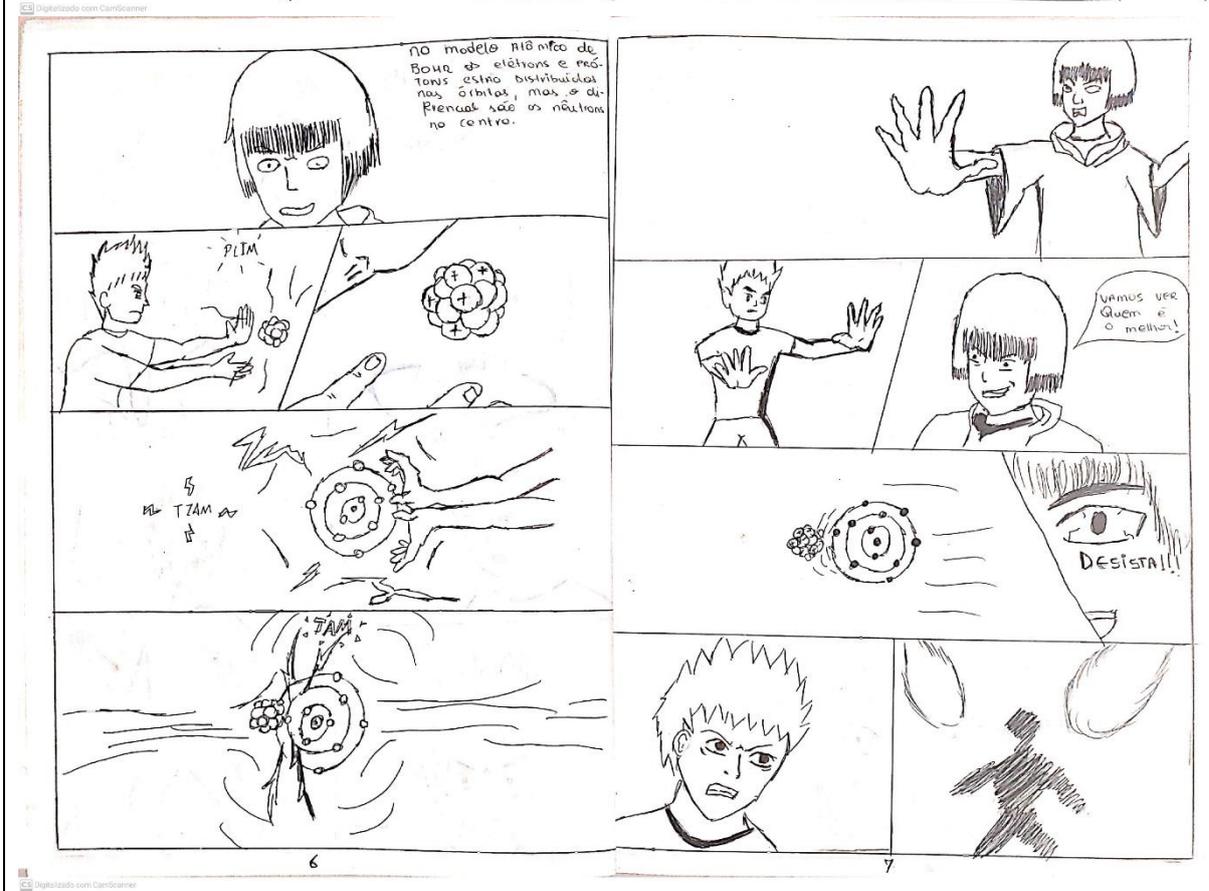


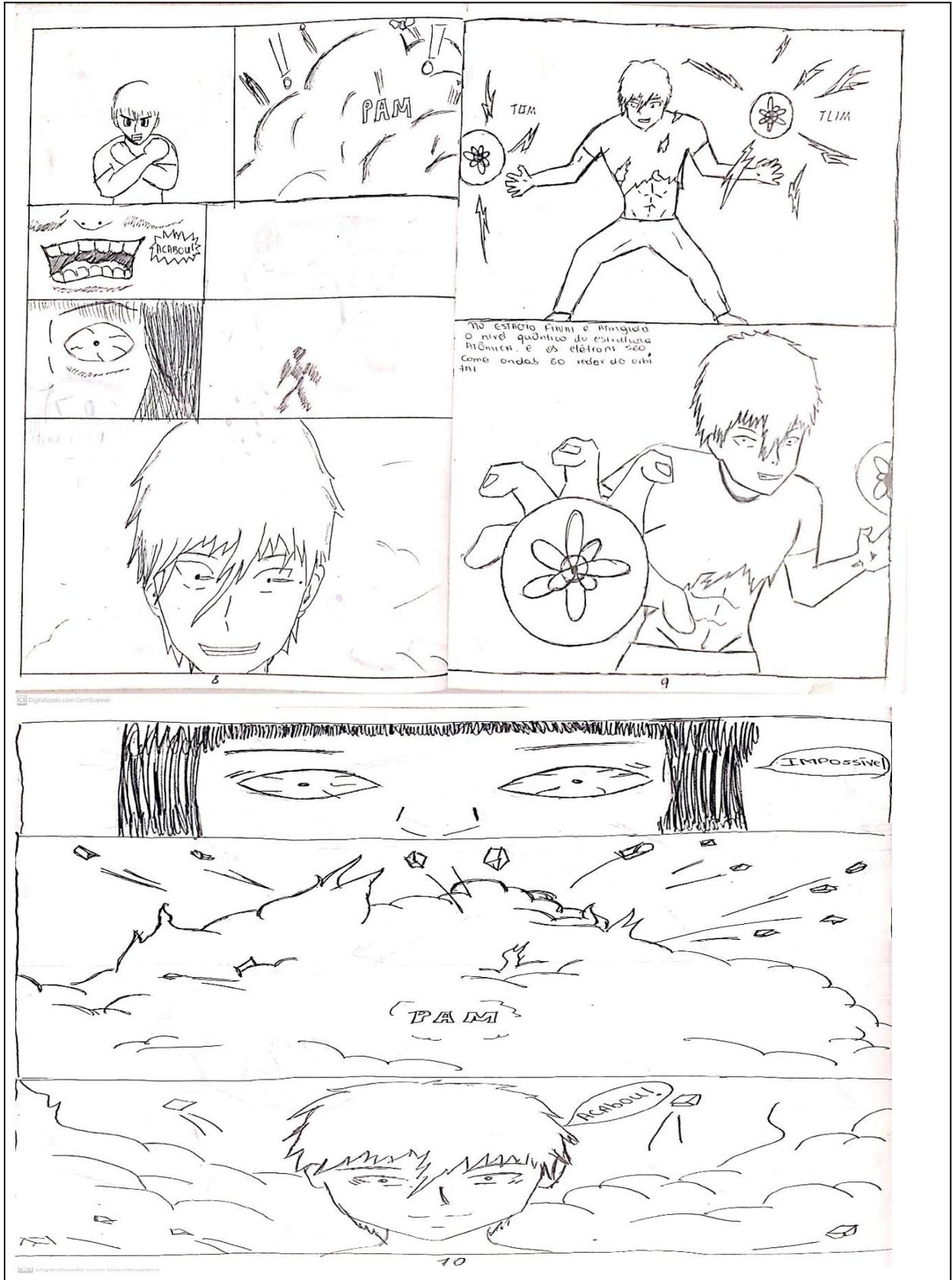




O segundo quadrinho apresenta característica similar aos mangás, o título “atomic battle” é interpretado pela história em que as teorias atômicas, foram originadas por meio de uma batalha entre os personagens criados para esta narrativa, observa-se que o átomo seria como “poder” dado aos personagens e que vão ficando mais fortes ao longo da história, isto é, vão ficando mais completos conforme a teoria de cada cientista vai sendo contada. Concluem quando o átomo chega ao seu poder máximo, que seria a referente a formulação da teoria de Bohr.

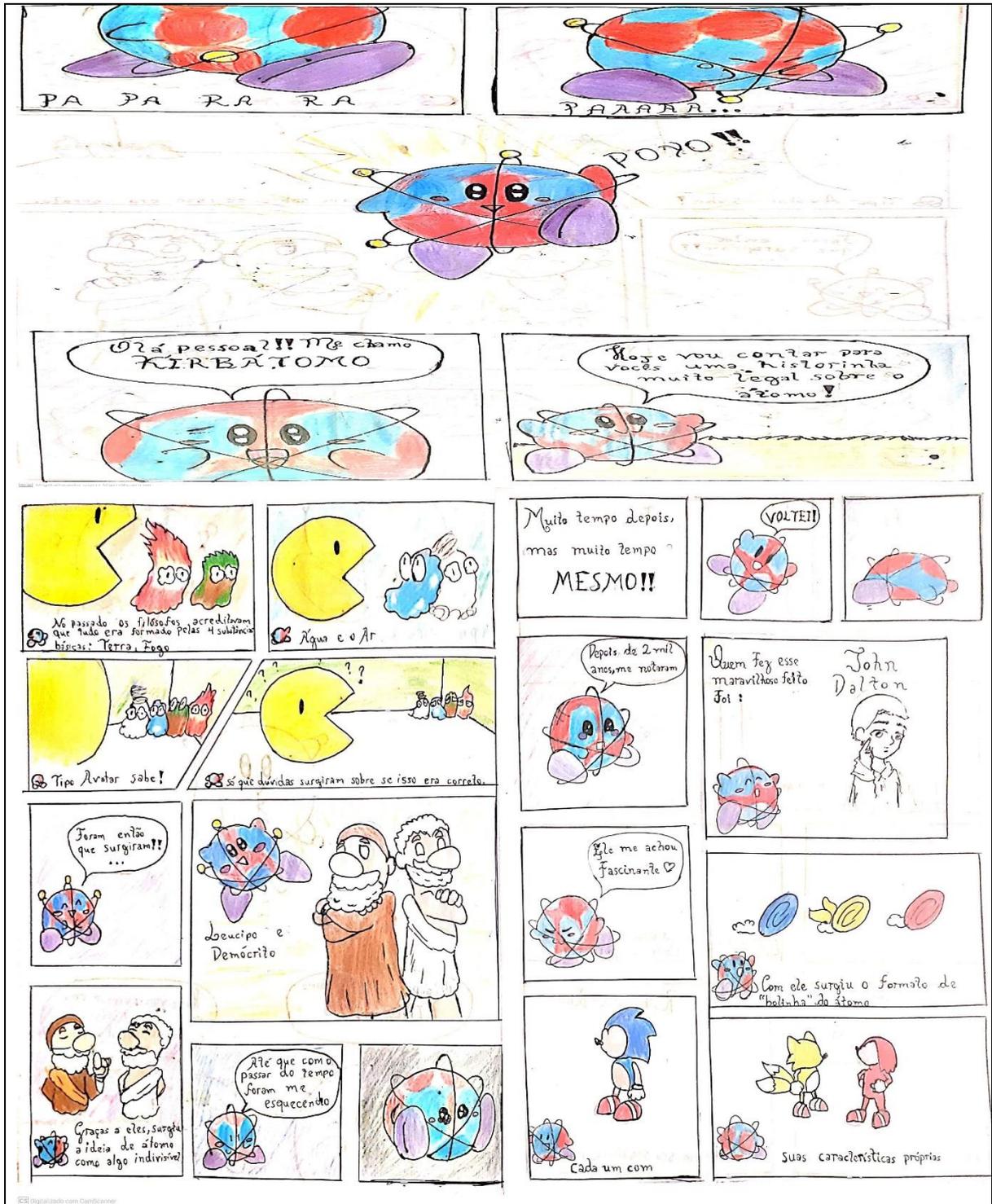






O terceiro quadrinho também com similaridade de mangá, tem título “uma breve história do átomo” e é descrita de forma narrativa, em que é explanado pela ideia de que o

próprio átomo conta sua história sobre a formulação das teorias atômicas, passando por Leucipo e Demócrito e concluído com Bohr. A história desse grupo foi inspirada por um blog conhecido como Kirby – o átomo, e adaptado por eles para realizar o quadrinho.



Depois dessas descobertas, vieram várias outras como por exemplo:

Thomson

Ele bombardeou uma finíssima folha de ouro por um feixe de partículas alfa...

eita... isso custou caro

Continuando

Com isso concluiu que grande parte do átomo era vazia e que continha um núcleo denso e positivo.

descobriu que existiam cargas elétricas negativas

... e

... e os que eram atraídos por uma esfera de carga elétrica positiva

Logo em seguida veio...

Rutherford - Bohr

Com seu seguinte experimento

Bom

Chegamos ao fim

Ele fez com que um feixe de partículas se colidiu com uma amostra de Berílio. Dessa colisão houve um tipo de radiação que não se trata de raios gama, a radiação indivisível era formada por nêutrons

mudou o núcleo

Baseado em Rutherford, Tomer Chabrick que realizou um experimento parecido.

atômico models: modelos atômicos

Esses foram os atômico models feitos até hoje.

P He

Al

B

S Fe Cu

Eu sou o último até então (espero que não venha outro).

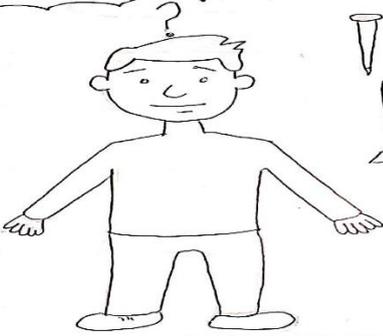
É é isso obrigado e até a próxima pessoal !!❤

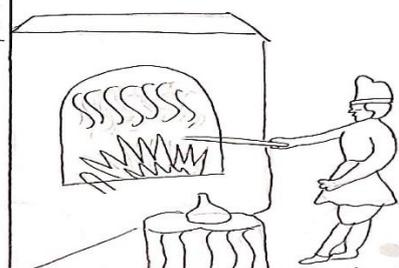
O quarto quadrinho com título "história do átomo" é caracterizado como gibi informativo, não apresenta personagens, mas conta a história do desenvolvimento da teoria do átomo. Iniciam pela história da alquimia, abrangem um pouco sobre ciência e religião, para assim começar a descrever sobre os modelos atualmente conhecidos, finalizam mostrando sobre o modelo quântico, que foi o último modelo trabalhado nos encontros.

### A química na antiguidade

#### Evolução dos Átomos

A Alquimia prometia em seus primeiros em moldes ou fundir um metal, porém os historiadores não sabem bem como fazer isso.

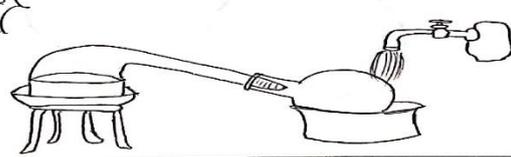




Com o passar dos anos o termo na antiguidade passou a ser de grande importância devido aos efeitos do aquecimento sobre as substâncias, aumentando-se, em seus trabalhos, diversos tipos de forno. O termo tornou-se importante devido a quem filosofa.

---

Quanto os primeiros séculos da era Cristã, Alexandria, no Egito, foi o lar de muitas mulheres alquimistas. As principais contribuições de maior foram à alquimia prática - o chamado "banho maria", que nada mais é do que um recipiente com água, aquecida, no qual se usa colocar um outro objeto, contendo uma substância que deverá ficar em aquecimento lento e controlado, foi uma invenção dela.



---

De um ponto de vista da "alquimia física", sabe-se que mais tinha como alquimistas uma concepção orientada do motor, considerado do por exemplo, que os metais tinham aspectos masculinos e femininos - que eles tinham, ainda, corpo, alma e espírito, e que poderiam ser revelado por meio dos processos alquímicos. Essa concepção orientada da transformação do motor espiritual, em grande medida, a motivação muitas vezes obscurece a utilização de muitos manuscritos que lhe são atribuídos.

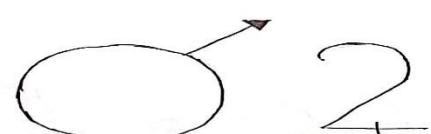


---



É o fim das contribuições para o que poderia ser chamado de alquimia prática, a alquimia deixou ainda sua "marca" no sistema de nomenclatura e nomenclatura alquímica. A título de ilustração, os símbolos alquímicos para alguns elementos, bem como algumas das associações entre os símbolos e substâncias e as operações alquímicas.

---



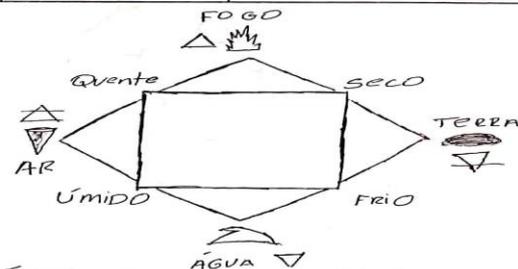




Sócrates  
Platão

Esses pensadores irão não por com a visão mítica, e a origem do movimento que prevalece na época, no sentido de buscar sempre a coerência racional para os fenômenos.

FOGO



AR

UMIDO

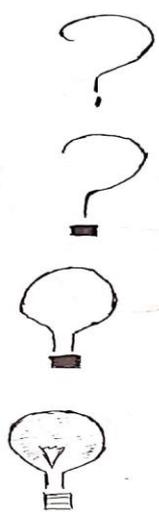
SECO

TERRA

FRIO

AGUA

Tudo de mileto, considero aqui a origem de tudo isto na água, o ar, a terra, o fogo. Heráclito → a terra Xenóforos.



Epícuro, defendeu que os átomos são "mínimas partes", mas não "mínimas motéticas", tendo origem um tamanho e partes.

Demócrito e Leucipo difundiu a ideia que a matéria era composta por pequenínissimos particulos. mas na verdade isso era verdade, porém não deve para dividir o átomo isso é impossível

com a  
passa  
dos  
anos  
surteu

o  
modelo  
atômico  
de Dalton

em  
1766 a 1844

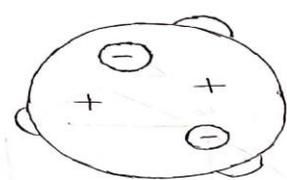


Os elementos são formados por pequenínissimas partículas, e todos os átomos de um elemento são idênticos entre si, todos os átomos de um elemento são diferentes dos átomos de outro elemento, os átomos de um elemento pode se combinar com átomos de outro elemento

conhecido como Bolo de Búlbula



Em 1856 a 1940. surgiu o estudo dos Raios Catódicos, o modelo atômico de Thomson

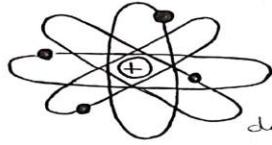


Thomson 1907

na presença de campo elétrico as cargas catódicas são desviadas, dipolo excitado, mas simples. O átomo é formado por carga positivo homogeneamente distribuídas dentro do estere. O elétron está submetido ao campo de carga positiva.

Modelo Ruidim de Pallas, neste época ainda era desconhecido sobre núcleo atômico e a eletroestática

modelo atômico de Rutherford



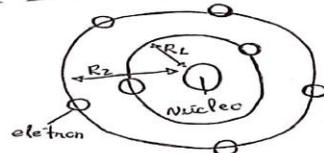
Em 1871 a 1937 surgiu o estudo da radioatividade. que analisavam o poder de penetração das partículas sobre alguns materiais. Radiações alfa e beta, as partículas, etc. usavam a lâmina com desvio médio de 90° resultado de uma composição de sucessivas colisões. Todas as desvios são devido colisão de partícula alfa o um átomo e este confere um campo elétrico forte ocasionando os desvios ao aproximarem-se dele. A distribuição dos cargas negativas é desprizuel comparado ao núcleo. (Thomson elêtrons 3x peso atômico). ficou conhecido como o Planeta Saturno, onde o mesmo é rodeado por anéis.

+ modelo atômico de Bohr

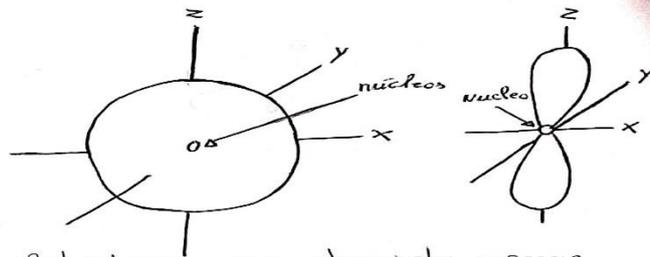
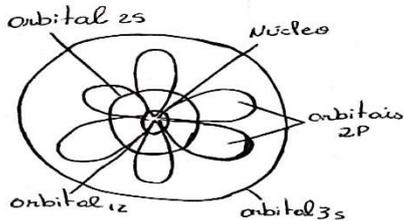
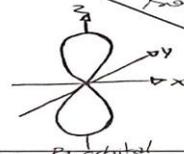
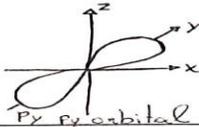
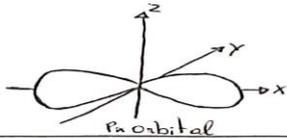
- + - + - + - + - +

modelo Quântico consegue explicar:

- A formação das ligações químicas.
- Energia de ionização
- Eletronegatividade



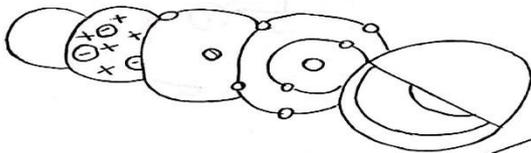
conhecido como modelo planetário devido ser comparado ao sistema solar, onde os elétrons ficam orbitando os núcleos no eletrota partícula planetas ao redor do núcleo.



modelo Quântico Agora a eletrota e conhecido como orbitais, que são nuvens eletrônicas formada pelas energias dos átomos semelhantes a um balão. O modelo quântico explica a probabilidade de encontrar um elétron num orbital. A partir desse modelo viu-se a possibilidade de criar átomos sintéticos.

Divisibilidade

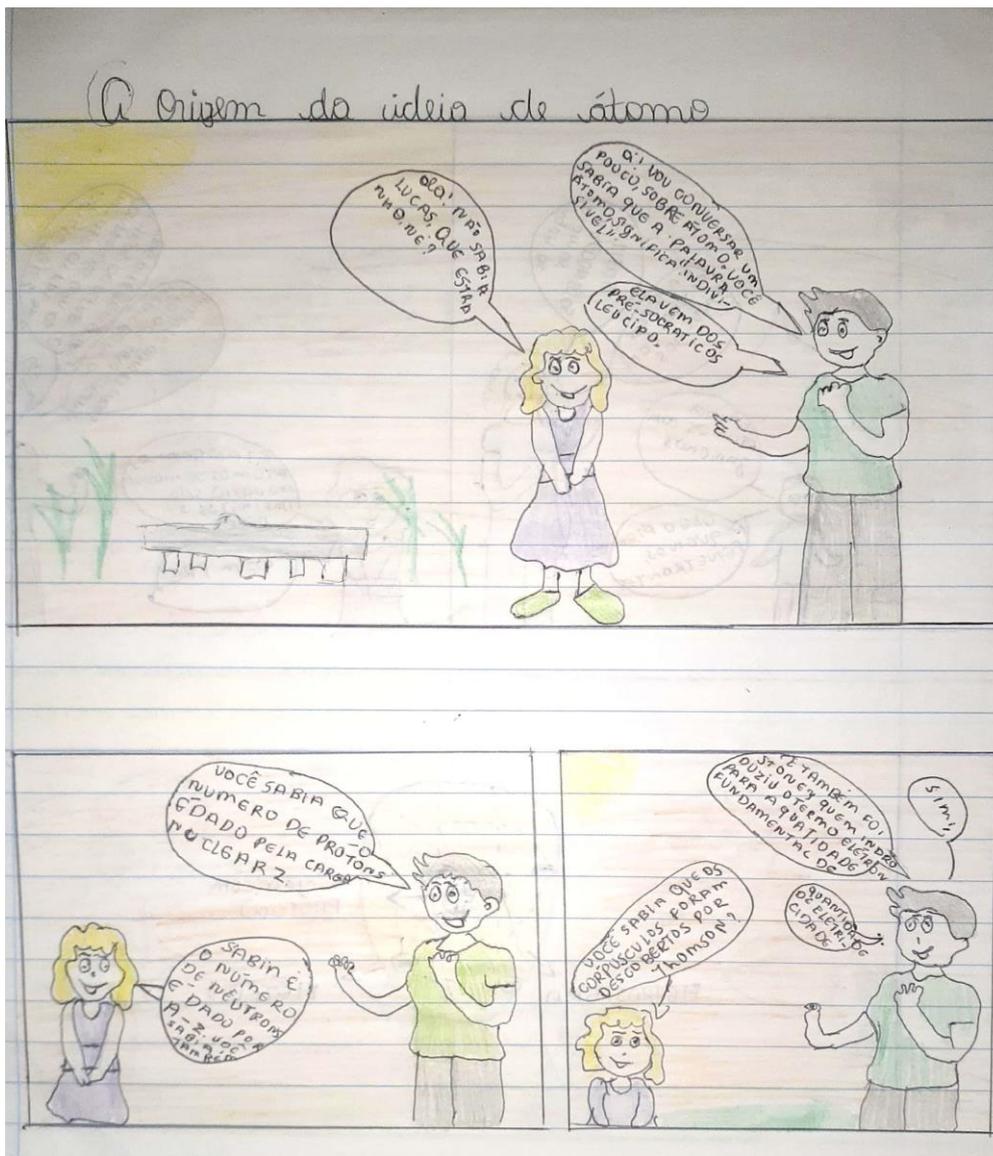
O átomo não é a menor partícula da Universo

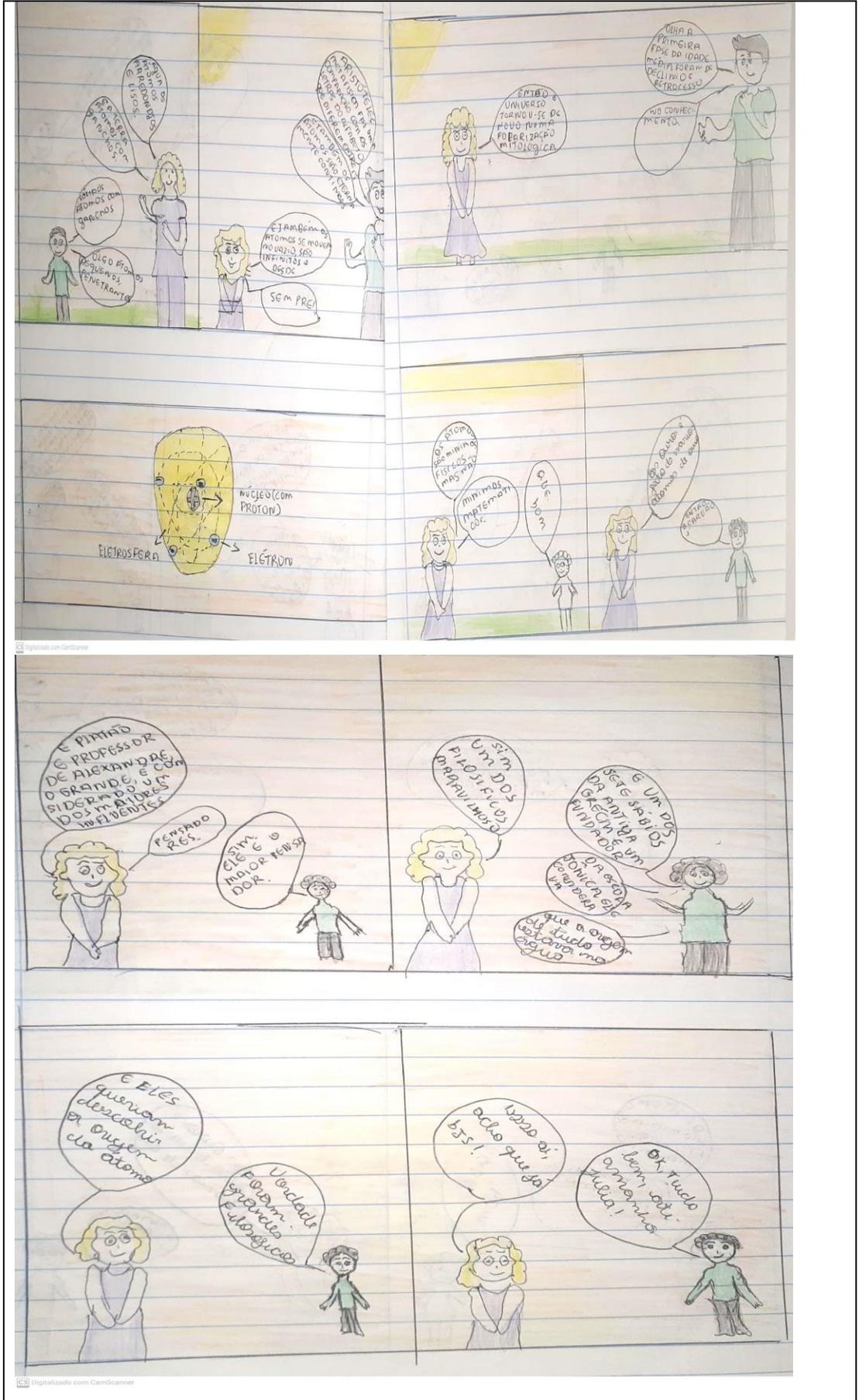


fótons e glúons e a menor partícula do átomo.

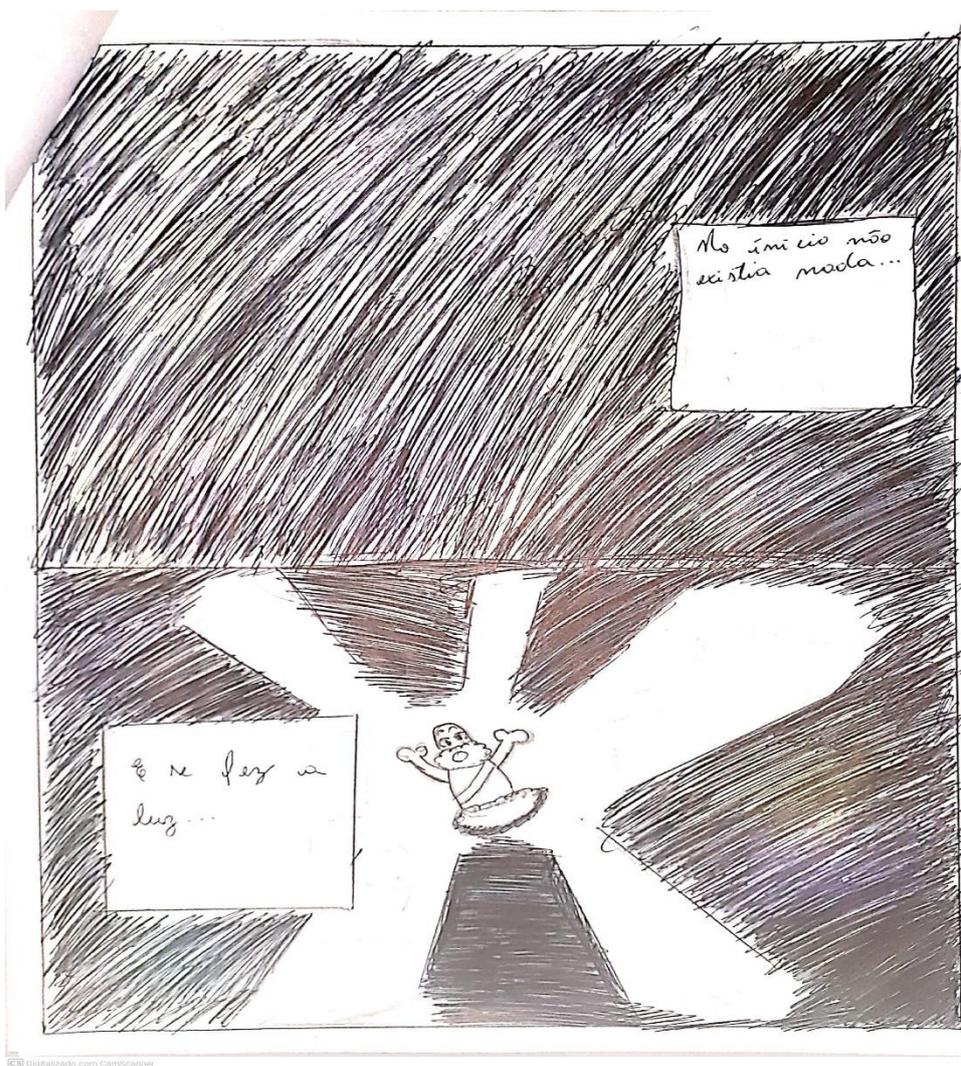


O quinto quadrinho tem título “conhecendo a história do átomo” e subtítulo “a origem da história do átomo”, tem similaridade a gibi. Nela apresenta-se dois personagens centrais, em que um seria o que conta a história de como foi originado as teorias sobre o átomo e o outro seria uma pessoa curiosa que gosta de ouvir e aprender sobre o assunto. Relatam um pouco sobre a história da ciência, falando sobre o período renascentista, os filósofos e cientistas de uma forma simples, porém interessante para público infantil.





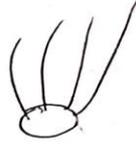
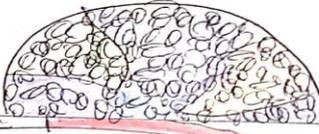
O sexto quadrinho tem título “uma parte de tudo”, também característico de gibi e com um discreto olhar para charge. Inicia por meio de uma sátira da história da ciência com religião. É desenvolvida de forma que seja entendido os estágios da formulação das teorias, contando sobre os alquimistas e concluindo com a ideia da teoria quântica. Também incluem a história da ciência, ideias “illuminatis”, também fazendo referência a uma sátira ao conhecimento científico.





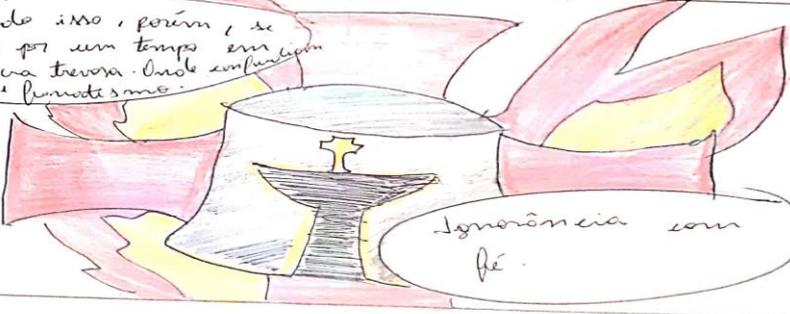
<p>Porém, para mim os átomos não têm diferentes da ideia atual.</p> 	<p>Os de terra têm arestas</p> 
<p>Os de água são lisos e arredondados</p> 	
<p>Átomos têm ganchos</p> <p>Este chegou nos filósofos e Epicuro</p>	<p>Os de ar são pequenos e penetrantes</p>  

Enquanto Epicuro adiciona peso à ideia do átomo

Demócrito dizia que tudo era feito de átomos.

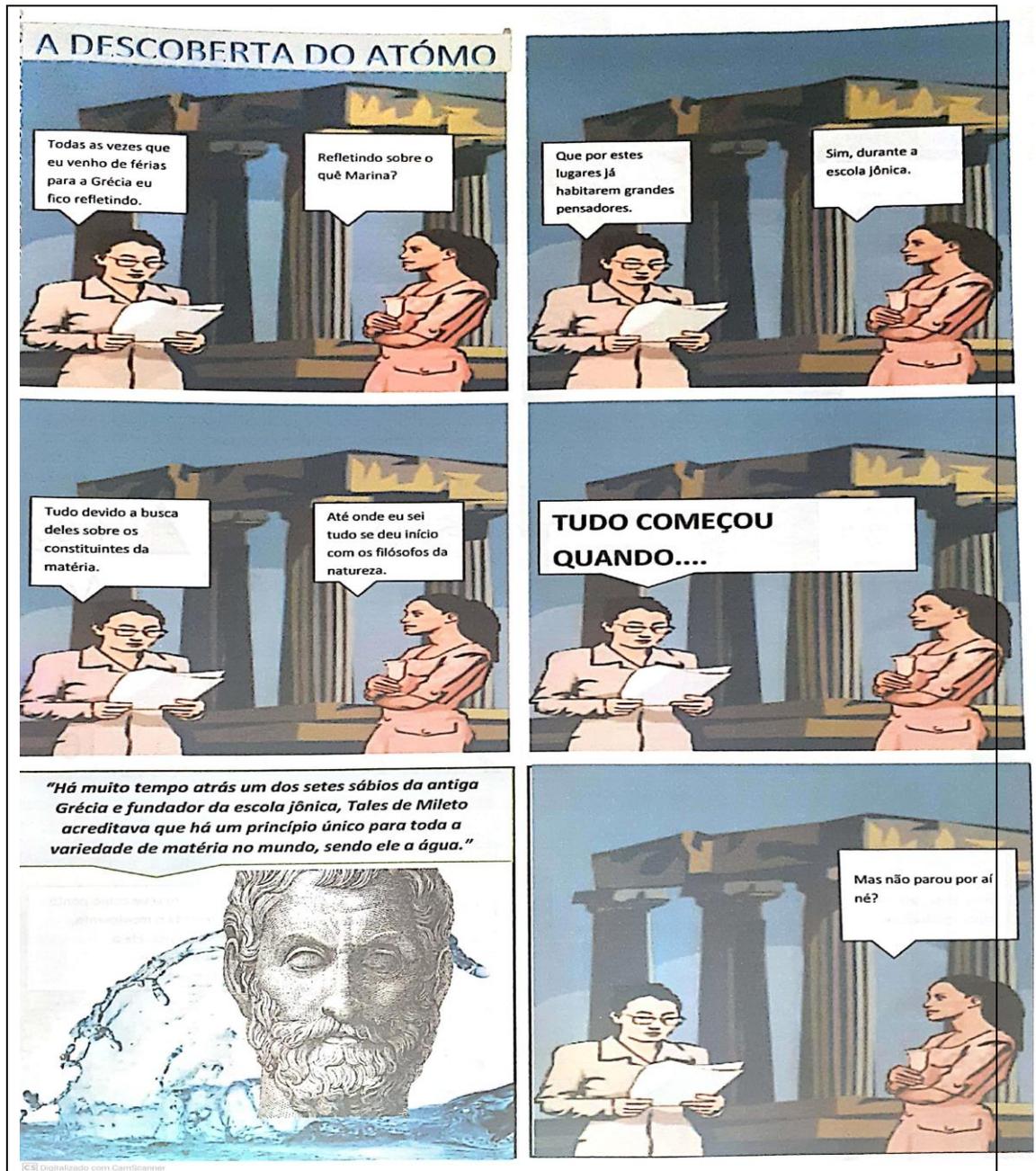
Tudo isso, porém, se perdeu por um tempo em uma era trevosa. Onde confundiam amor e fanatismo.



Ignorância com fé.



Finalizando com o sétimo e último quadrinho, este foi feito de forma digital com característica de gibi narrativo. Tem título “átomos no decorrer dos séculos”, em que narra a história das teorias sem abranger sobre religião, mas envolvendo o período de cada cientista ou filósofo conforme às ideias que eram discutidas no decorrer de cada processo de formulação sobre o conhecimento científico.



**Demócrito afirmava que o pleno não é um todo compacto, é formado por um número infinito de elementos que são indivisíveis pela pequenez da sua massa.**

Entes elementos fossem divisíveis até ao infinito, iriam se dissolver no vazio, portanto, devem ser divisíveis o que denominamos como átomo.

Não mesmo, depois de Tales vieram Anaximenes, Heráclito e Xenófanes.

Cada um deles acreditava em um princípio diferente, sendo para Anaximenes "o ar", Heráclito "o fogo" e Xenófanes "a terra".

É não parou por aí, logo veio Empédocles que uniu todos os princípios do demais.

Os 4 elementos, certo?

Fogo, Água, Ar, Terra.

Além disso, Demócrito dava formas geométricas aos átomos.

Essas formas compunham os quatro elementos.

O sólido representava átomos com partes arredondadas e lisas. A terra representava átomo com arestas.

Empédocles considerou como raízes básicas a partir das quais todas as coisas são constituídas- água, fogo, terra e ar.

Além disso, Demócrito viu Epicuro que afirmava que os átomos se encontravam aleatoriamente.

Epicuro afirmava que os átomos possuem tamanho e partes.

Foi devido a estes pensadores que se deu origem da palavra átomo, cujo significado é indivisível.

Se que somente através de fóssiles que foi possível essa conclusão.

Certo foi através de Aristóteles que indicou que Leucipo foi o criador do atomismo e Demócrito o desenvolvedor.

Demócrito teve como ponto de partida o movimento, pois segundo ele o pensamento é o movimento.

Após Demócrito veio Epicuro que afirmava que os átomos se encontravam aleatoriamente.

Epicuro defendeu ainda que os átomos são "mínimos físicos", mas não "mínimos matemáticos", por este motivo adicionou a propriedade de peso à lista das propriedades do átomo.

**O RENASCIMENTO DO ÁTOMO**

Sucedendo Epicuro, veio Lucrecio considerado o "último" dos grandes filósofos atomistas da antiguidade, para ele o Universo era constituído por átomos, dentre eles também os objetos imateriais.

A alma e a mente são formados por átomos mais "delicados" do que os da matéria.

Galileu formulou a hipótese de uma teoria corpuscular da luz, a qual reservava o termo átomo somente para a luz. Tendo então o calor e as partículas dos outros elementos, eram designados: "partículas ígneas".

Os corpos começaram a ser interpretados como um conjunto limitado de átomos e com a classificação de Dmitri Mendeleev organizando assim em famílias que tinham propriedades comuns.

Na primeira experiência Thomson investigou a possibilidade da carga negativa poder ser "separada" dos raios catódicos por meio de magnetismo.

Em sua terceira experiência Thomson mediu a razão da massa sobre a carga dos raios catódicos, medindo o quanto eles foram desviados por campo magnético e quanta energia eles transportam.

Por algum tempo a ideia de átomos foi abandonada por esquecimento e somente no final do século XIX, foi permitido que os átomos e as células fossem reconstruídos.

Foi durante o Renascimento que a teoria do atomismo foi retomada por Bacon, Galileu e Kepler.

Os átomos continuavam sendo o objeto e constituinte da realidade até 1897 quando Thomson descobriu o elétron.

Em uma série de três experimentos.

Foi Thomson quem construiu um tubo de raios catódicos com um vácuo praticamente perfeito, e revestido com uma extremidade com tinta fluorescente.

Em sua segunda experiência, ao investigar a possibilidade dos raios poderem ser desviados por campos elétricos.

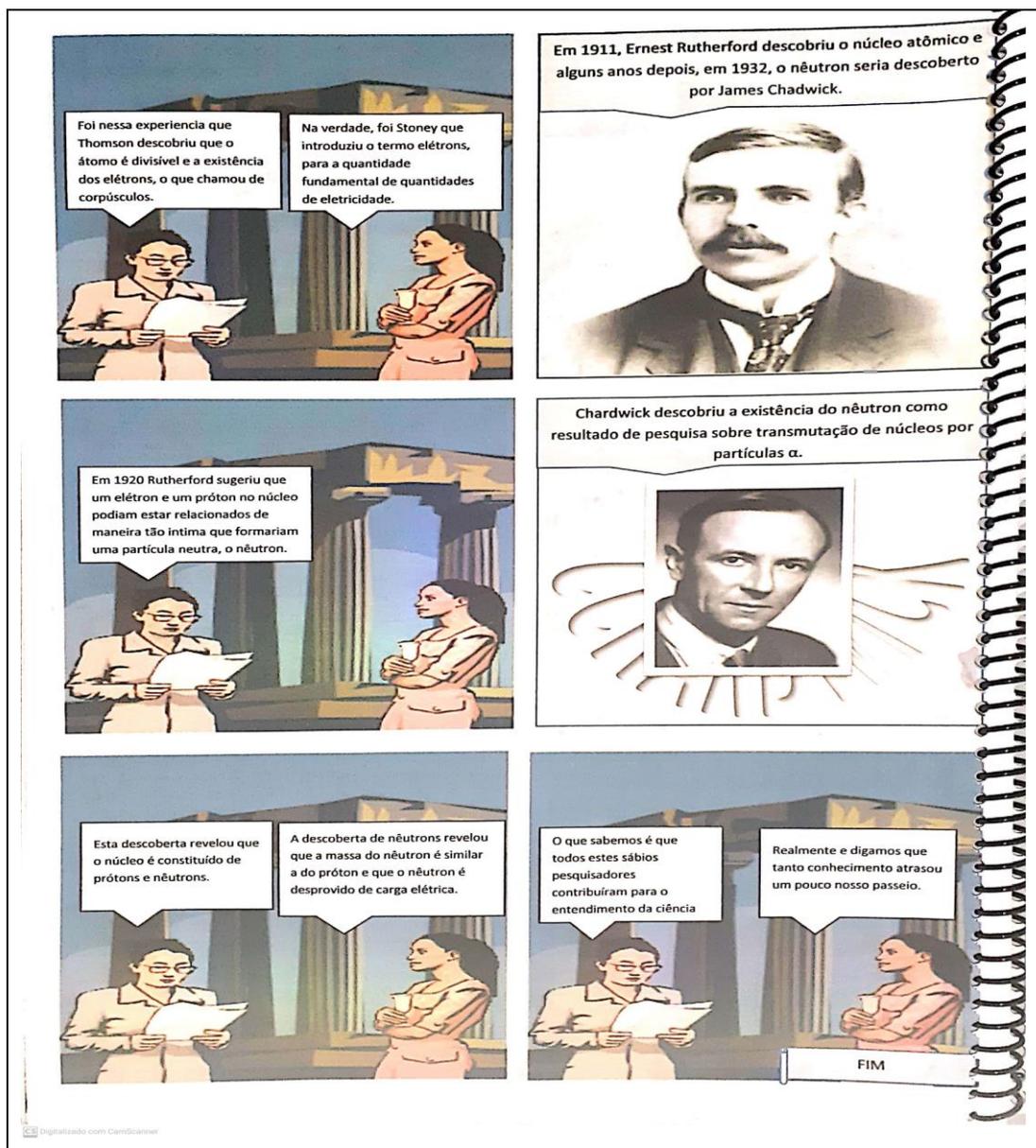
Algo que é características das partículas carregadas.

Thomson concluiu que os raios eram constituídos por partículas sob a influência de um campo elétrico, em uma direção que indica uma carga negativa.

Dois séculos depois surge o que ficou conhecido como movimento científico.

Foi nessa época que o átomo deixou de ser apenas um agregado de matéria para formar corpos e passou a ter propriedades físicas.

Thomson com isso que os raios eram constituídos por partículas sob a influência de um campo elétrico, em uma direção que indica uma carga negativa.



Ao analisar cada quadrinho foi identificado que os alunos buscaram diferentes formas de interpretar suas histórias, não só em questão de narração, mas também de representação por meio de desenhos e imagens. Mesmo sabendo que esta é uma teoria extensa, definiram seus quadrinhos de formas simples, porém desenvolvendo originalidade aos fatos que ocorreram ao longo de vários anos. Notando ainda, que alguns ainda se mantiveram nos principais modelos, isto pode ser interpretado que para esse grupo a representação do modelo atômico, pode ser mais bem definida como aquela que é mostrada nos livros de forma resumida. Enquanto para outros, as inferências das novas informações foram interpretadas como parte da história.

Quanto aos modelos mentais apresentados, pode-se referir que:

Referente as escolhas das histórias cada grupo representou seus quadrinhos da forma que se identificam em relação aos seus hábitos ou costumes de leitura, como por exemplo, ao estilo de mangá ou estilo gibi. Sendo para eles essa a visão de aprendizado e entretenimento considerada mais interessante e instigante, no sentido de não se tornar cansativa.

Referente aos modelos atômicos, foi identificado que a maioria manteve a representação original obtidas no decorrer não só dessa pesquisa, mas também na escola. Muitos representaram os átomos seguindo cada modelo e teoria, como se fossem releituras do que é comumente encontrado como representação do que seria um átomo. O que corrobora a ideia de Johnson-Laird, em que um conhecimento abstrato pouco pode ser reinventado sem a inferência de comandos, estes são possibilitados ao longo de suas experiências.

## 2.7. A História e Filosofia da teoria atômica: uma visão diferenciada

Antes de iniciar este tópico, é importante relatar que todos os quadrinhos e respostas nos questionários ou entrevistas foram fiéis as concepções dos participantes, isto é, não houve intervenções sobre suas escolhas ou suas respostas. Cada um mostrou sua percepção de forma real acerca do seu entendimento neste estudo. Eles poucos perguntavam se estava certo e quando faziam, a resposta era “não há certo ou errado” e buscavam se empenhar nas atividades, principalmente em relação aos quadrinhos. No qual todos, gostavam de compartilhar seus desenhos e histórias, explicando uns aos outros o que haviam feito ou entendido. O interessante disto é que a partir deste ponto de vista, pode-se discutir a visão diferenciada que este trabalho trouxe não só para os alunos, mas também para a própria pesquisadora.

Muitos podem indagar, *“o que os quadrinhos trouxeram de diferente dos questionários?”*.

Partindo da ideia de que *“quando os modelos mentais são colocados no domínio público através de qualquer modo de representação, eles se tornam modelos expressos (Gilbert e Bulter, 1995)”*. Foi pensando em uma nova perspectiva do que é estudar e representar seu conhecimento. Os estudantes, quando ensinados da maneira convencional, onde pouca ou nenhuma atenção é dada à história e à filosofia da ciência, inevitavelmente desenvolvem uma compreensão pobre dos processos de transformação na ciência e da epistemologia da ciência (Justi e Gilbert, 2000). Além de que, no processo de avaliação escolar, muitas vezes as metodologias avaliativas são apresentadas em provas escritas (que são similares aos questionários) e provas orais (que são similares a uma entrevista). Logo, os quadrinhos trouxeram ao trabalho uma visão diferenciada de como trabalhar as representações por meio de desenhos e histórias, e que estas podem ser narradas ou não. Estritamente falando, não foi a necessidade da linguagem intermediária: eles simplesmente facilitaram o processo de análise sobre uma nova visão (Johnson – Laird, 1981a).

Sem contar que a fase de construção deles, enriqueceu os estudantes com novas ideias e conhecimentos sobre o tema estudado. Ao realizar a construção dos quadrinhos foram vistas as diferentes possibilidades de apresentar suas histórias e representar seus modelos a respeito do que haviam compreendido. Quando a palavra ‘dificuldade’ participava dos encontros, era incluído como algo desafiador e que não era somente deles ou desta geração, mas que também fez parte da própria história que estavam ali interpretando.

Uma outra explicação é referente aos sujeitos, estes constroem um modelo mental para as descrições determinadas, mas abandonam tal representação em favor de uma

linguística superficial assim que encontram uma indeterminação. Os modelos mentais são relativamente fáceis de lembrar, mas codificam pouco ou nada da forma das sentenças originais nas quais eles são baseados, e os sujeitos confundem descrições inferíveis com as sentenças originais (Johnson- Laird, 1981a). Logo, a escolha de trabalhar os quadrinhos referentes a HFC para teoria atômica, em vez de só aplicar questionários e entrevistas, fez com que os alunos trabalhassem sua criatividade e habilidades a fim de que gerassem uma produção mais expressiva de novos modelos mentais a respeito do tema.

Pode ser indagado também, se isto não seria contra a teoria de Tomas Kuhn, ao relacionar a história da ciência como “anedotas ou cronologias”. E a resposta seria, talvez. Mas, se formos interpretar a fundo, ao se referir a estes termos Kuhn se tratava de historiadores da ciência, que muitas vezes representavam de forma equivocada as teorias científicas. Isso pode ser visualizado nos próprios livros didáticos, onde há muitos conceitos errados ou tirinhas mostrando cientistas em laboratório falando aquela famosa frase “eureca”.

Aqui o parecer apresentado dos quadrinhos, se referem a percepção e as representações que alunos do ensino médio apresentam, após um período de leituras, discussões e interpretações acerca da história do átomo. E em vez de ser representado suas ideias em tirinhas que denotam uma única ou poucas percepções, foram apresentadas em histórias em quadrinhos que podem ser interpretados e analisados de diferentes formas. Muito mais do que as tirinhas, como em relação aos desenhos, as palavras e aos conceitos.

## 2.8. Análise fenomenológica acerca do novo: o que há de novo?

Acompanhando e observando ao longo dos meses todos os processos desse trabalho, a coleta de dados para os alunos teve diferentes estágios:

- I. O processo de recordação
- II. O processo de ressignificação
- III. O processo de representação

Iniciando pelo processo de recordação, por serem alunos do 2º ano do ensino médio técnico integrado em informática, o tema de estudo para eles não era algo novo, mas também não era considerado recente. Johnson -Laird (1981b) comenta que, *“a recordação é, em grande parte, uma reconstrução ativa, baseada no que resta desse modelo”*. Logo, muitas das concepções iniciais eram vazias ou incompletas, como já era esperado, pois foi visto que *“não adianta buscar modelos mentais claros, nítidos, elegantes, pois os modelos que as pessoas de fato têm, são estruturas confusas, malfeitas, incompletas, difusas”* (Norman, p.14, 1983). Logo, este processo de recordação foi algo que para eles não era esperado, por acharem que nunca mais veriam ou estudaram este tema novamente. Então, precisaram nas entrevistas de um pouco mais de tempo para pensar nas respostas e nos questionários precisavam de um tempo a mais para reconhecer e interpretar os modelos.

Quanto ao processo de ressignificação que é considerada ao processo de compressão, é representada segundo a visão de Johnson – Laird, que em sua concepção atual de compreensão é que há uma rápida tradução inicial de um enunciado em sua forma linguística superficial, seguida de um processo opcional no qual essa representação é usada na construção de um modelo mental. O processo de construção de modelos vai além do conteúdo literal do enunciado, pois se baseia em inferências baseadas em conhecimentos gerais e específicos (Johnson-Laird, 1981a).

Nisto, o processo de ressignificação pode ser chamado desta forma, pois muito do que foi trabalhado ali, para eles foi visto como algo novo. Nas discussões, poucos sabiam como de fato ocorria a história da ciência e como havia sido o processo de formulação das teorias. Tanto é que muitas vezes, no primeiro momento, alguns indagavam *“não entender o porquê de se estudar todos os modelos, em vez de estudar um único que era mais recente e aceitável”*. E no decorrer dos encontros, começaram a ver que apesar de se estudar química como uma área exata, em que muitos temem por *“não saberem calcular”*, ela também faz parte da história, em que suas teorias, seus conceitos, suas equações e simbologias, foram trabalhadas durante anos, em diferentes períodos e diferentes grupos de pessoas. Fazendo

sentido, desta forma, aos alunos, e a partir daí viam importância e significado no que se aprendia.

O processo de interpretação, ao decorrer da pesquisa, foi deixando de ser vista como um trabalho de escola, que para eles havia um certo e um errado, se tornou algo que era “o que eu entendi e o que isto tem significado para mim, para minha realidade”. Que no final, os questionários, apesar de alguns ainda serem vazios e outros com aparência de “decoreba de conteúdo”, buscava de fato, trazer o entendimento dos alunos, que pode ser visto quando usavam as frases de “eu entendi” ou “eu acho”.

Logo, pode-se mencionar que o novo, na realidade destes alunos, não foi trazer modelos claros ou modelos perfeitos. Mas, o fato de compreenderem a química, como uma parte da história, e que a história apresenta diferentes visões, assim como eles fizeram em suas respostas nos questionários e na narração de seus quadrinhos. Algumas pessoas, pelo menos, estão cientes desse princípio e as evidências sugerem que elas buscam, de um modo mais ou menos aleatório, modelos de premissas que são inconsistentes com as conclusões putativas que eles traçaram. É importante enfatizar que a busca parece não ser nem sistemática nem exaustiva, porque a ausência de algumas características é a melhor evidência que temos de que o pensamento dedutivo não é guiado pela lógica mental (Johnson-Laird, 1981b).

Quanto ao que há de novo para a pesquisadora, posso referir que foi visto algo um pouco diferente do esperado. Diferente no sentido que o trabalho em si, passou de um ponto de vista pessoal, para algo real. Em alguns sentidos:

I. Todos partimos de uma crença sobre o tema estudado

II. Todos partimos de uma crença que o trabalho precisa ter resultado satisfatório

Acredito que ter uma crença sobre o tema e analisar partindo de uma ideia predefinida, foi o processo mais difícil para se obter resultados mais ‘puros’. Ao iniciar pelos encontros das coletas de dados, o não julgar os dados como certo e errado ou não intervir nas representações dos alunos foi bastante desafiador no início e que no final serviram de aprendizagem. Principalmente para análise dos dados, na hora de interpretar as respostas e criar os temas que poderiam representar de forma que fosse compreensível a todos. O que leva a crença de que todo trabalho precisa ter resultado satisfatório, o que no início preocupava estar bom a uma defesa foi preciso mudança, para ser visto como “o que meu trabalho proporcionou de novo a estes alunos”. Mudando a concepção de um trabalho para aprovação e trazendo a ressignificação do que foi para as pessoas que participaram. E digo que, de todos os encontros e análises feitas, compreendo que nem tudo ali ficará nitidamente salvo em suas memórias para sempre, mas trouxe novo significado do que é estudar as teorias

atômicas, sem ser só aquele por modelos de livros, sem ser só aquele em que eles ouvem e copiam. Saindo com uma nova visão de que estavam participando não só da construção do seu conhecimento, mas também dos seus colegas e de sua professora, que ali era representada pela pesquisadora de mestrado. Desta forma, estes dois estágios para a pesquisa, foi um processo que para Johnson – Laird (1981b), é descrito da seguinte maneira “*abandonar critérios é permitir que as teorias possam ser vagas, confusas e, como doutrinas místicas, apenas adequadamente entendidas por seus proponentes*”.

### 3. CONCLUSÃO

Diante de todas as etapas vivenciadas e apresentadas aqui, apresento duas conclusões sobre o trabalho desenvolvido neste período. A primeira conclusão, é referente aos resultados apresentados, apesar de ter alcançado boa parte dos objetivos e de ter alcançado novas perspectivas sobre o processo de ensino em química, ainda ficaram pendências neste trabalho. Uma delas pode ser vista na discussão sobre o tópico “quanto a concepção de ciência”, acredita-se que esse foi um desafio no decorrer do trabalho, muitos alunos ainda apresentam um modelo pronto e sugestivo sobre o que é ciência. Estas concepções são bem explicadas por Thomas Kuhn ao referi-las como ideias que pouco se relacionam a um processo histórico, fazendo menção a ideia de métodos sem relacionar ao conceito de história da ciência com história da química, biologia etc. A noção de mudança conceitual de Kuhn é um retrato das mudanças na cultura da ciência, em vez de mudanças em cientistas individuais. E nos dezesseis temas que foram apresentados, pode ser visto como segue-se um padrão de concepções sobre a história e filosofia da ciência, padrões cujas suas representações, sejam por meio da linguística ou de imagens, deram sentido sobre reconhecimento do trabalho de um filósofo ou cientista na ciência e que ambos têm papéis diferentes na produção da mesma. E nos quadrinhos, as representações das formulações da teoria dos átomos representam releituras de como eles são apresentados nos livros, seguindo por etapas ou grupos. Logo, este pode ser um bom ponto a ser repensado e reestudado, como novas formas de se trabalhar essas concepções e assim trazer a ressignificação necessária para o alcance de um objetivo, que seria a verdadeira mudança de perspectiva.

A segunda conclusão é sobre a contribuição do mesmo para a comunidade científica e escolar, acredita-se que apesar das várias discussões sobre metodologias para o ensino de ciências, estamos longe de encontrar uma única que seja viável a todos os tipos de aprendizagens. Ao estudar e analisar os modelos mentais, foi compreendido que a cognição humana ainda é um mistério. Johnson – Laird, compreende a cognição assim como computadores que processam informações e comandos. E realmente nós também podemos fazê-los, apresentando diferentes visões e compreendendo diferentes comandos para conviver em sociedade ou para aprender novos eventos. No entanto, até onde iria essa similaridade? Como foi visto no período de coleta e análise de dados, muitos alunos obtiveram visões e concepções novas acerca do estudo, enquanto outros mantiveram de forma mais forte suas concepções anteriores. Mesmo que não se esperasse modelos nítidos e precisos sobre o tema em nenhum indivíduo, pode-se dizer que suas representações acerca de um estudo abstrato ainda são propensas a erros, principalmente no decorrer dos anos em que parte deste estudo

deixará de ser um objetivo na vida destes alunos. No entanto, com todo esse ponto, pode-se dizer que este trabalho trouxe sim novas percepções e contribuições para a vida de alunos e da própria pesquisadora, onde ficou compreensível para o grupo que cada um pode ter maneiras diferentes de aprender e que todos participam da sua aprendizagem, como foi visto nas discussões anteriores, porém, é reconhecido que ainda estamos longe de chegar a um idealismo referente ao processo de ensino-aprendizagem humana, devido cada um apresentar modelos únicos sobre o mundo e que estes modelos sofrem inferências ao decorrer das suas vivências e experiências.

Por fim, cabe ainda reperguntar: “*Como analisar as representações dos Modelos Mentais dos alunos do ensino básico a partir da História e Filosofia da Ciência intrínseca ao estudo das Teorias Atômica por meio da fenomenologia?*”. Tendo visto que todo conhecimento passa por fases de construção de modelos e remodelações. E que cada análise e interpretação de um determinado modelo partem de uma concepção de outros modelos experienciados em dado momento, digo-lhes que esta foi a minha versão e que ainda há muito a ser compreendido, compressões que podem ser dadas de diferentes formas, segundo suas visões individuais acerca de cada tema. Mas, com grande satisfação, uma parte de todo este processo está sendo apresentada nesta dissertação, em que apresento como resposta à pergunta: de todos os dados, análises e interpretações, a fenomenologia contribuiu para que este trabalho tenha sentido sem considerar necessário as comparações de aprendizagens de um único indivíduo. Em vez disso, partiu como principal fenômeno o foco de como as aprendizagens são representadas coletivamente quando um grupo de indivíduos passam pela mesma experiência em um determinado momento, capturando assim, suas antigas e novas vivências como forma de facilitar o entendimento que cada indivíduo produz sobre um assunto e assim apresentá-las em temas que possam gerar compreensão do todo, um todo que como descrito por Johnson-Laird (1981b) “*pode haver certos aspectos da mentalidade humana que não podem ser capturados em nenhuma teoria modelada por um programa de computador*”. Mas, que foi deixada aqui, uma pequena interpretação da análise dos modelos no decorrer deste processo.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAN, M. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, v. 1, n. 2, p. 66-77, 2013.

BORGES, A. Como Evoluem os Modelos Mentais. **Rev. Ensaio**, v.01, n.01, p.66-92, 1999.

\_\_\_\_\_. Modelos Mentais e eletromagnetismo. **Cad. Cat. Ens. Fís.** v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.

\_\_\_\_\_. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.

\_\_\_\_\_. *Menta! Modeis of Electromagnetism*. Inglaterra: Universidade de Reading. (Tese de Doutorado), 1996.

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio. Brasília: MEC/CONSED, 2018.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ensino Médio. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BICUDO, M. (Org.) **Filosofia da Educação Matemática: Fenomenologia, concepções, possibilidades didático-pedagógicas**. São Paulo: Editora Unesp, 2010.

BICUDO, M. Sobre a Fenomenologia. In: BICUDO, M; ESPOSITO, V. (ORGS). (Org.). **PESQUISA QUALITATIVA EM EDUCACAO: UM ENFOQUE FENOMENOLOGICO**. PIRACICABA: UNIMEP, 1994, v. 1, p. 15-22.

CALADO, J. **Haja Luz! Uma história da Química através de tudo**. Lisboa: Fundação Edp, 2011.

CAMPANARIO, M.; CHAGAS, M.; RUIZ, M. O modelo de Karl Popper sob a ótica das ciências sociais aplicadas. **Revista de Ciências da Administração**, v. 14, n. 32, p. 124-140, 2012.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. 8 ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

CIRIGLIANO, G. **Fenomenologia da Educação**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1969.

COLL, R.; TAYLOR, N. Mental models in chemistry: senior chemistry students mental models of chemical bonding. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 3, n. 2, p. 175-184, 2002.

CORRÊA, S.; ECHEVERRIA, A.; OLIVEIRA, S. A inserção dos parâmetros curriculares nacionais (PCN) nas escolas da rede pública do estado de Goiás – Brasil: a abordagem dos temas transversais - com ênfase no tema meio ambiente. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambiental**, v.17, p. 1-19, 2006.

CRESWELL, J. **Investigação Qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. 3ª ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

DURANT, W. **A História da Filosofia**. Rio de Janeiro: Editora Nova Cultural LTDA, 1926.

EYSENCK, M.; KEANE, M. **Psicologia cognitiva: um manual introdutório**. Porto Alegre: Artmed, 1994.

FERREIRA, L. Atomismo: um resgate histórico para o ensino de Química. 2013. 170p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FERREIRA, P.; JUSTI, R. Modelagem e o “fazer ciência”. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

FILGUEIRAS, C.; BRAGA, J.; LEMES, N. O centenário da molécula de Bohr. **Química Nova**, v. 36, n. 7, p. 1078-1082, 2013.

FILHO, J.; MARQUES, S.; MELO, R; FREITAS, J. Modelos mentais dos estudantes do Ensino Médio e a Química dos alimentos. **R.B.E.C.T.**, v. 2, n. 3, p. 77-91, 2009.

FRANÇA, A.; MARCONDES, M.; CARMO, M. Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do Ensino Médio. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**, n. 4, p. 275-282, 2009.

FREIRE, P. **Educação como prática de liberdade**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra LTDA., 1967.

GARNICA, A. Some notes on qualitative research and phenomenology. **Interface — Comunicação, Saúde, Educação**, v.1, n.1, 1997.

GENTNER, D. and STEVENS, A. (1983) *Mental Models* (Hillsdale, N. J.: Erlbaum).

GILBERT, J.; BOULTER, C. (1995) Stretching models too far. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association (San Francisco).

GOOD, R. “Why are Chemists "turned off" by Philosophy of Science? ”. **Foundations of Chemistry**, v. 1, n. 2, p. 185-215, 1999.

GRECA, I.; SANTOS, F. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em Ciências e o caso da Física e da Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 31-46, 2005.

GUTTMANN, G.; BRAGA, M. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 442-460, 2015.

HARRISON, A.; TREAGUST, D.; (1996). Secondary students’ mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5): 509-534.

HEWSON, P.: 1981, 'A Conceptual Change Approach to Learning Science', *European Journal of Science Education* 3(4), 383–396.

JOHNSON-LAIRD, P. Mental models and cognitive change. **Journal of Cognitive Psychology**, 25:2, p. 131-138, 2013.

\_\_\_\_\_. Mental models and consistency. In Bertram Gawronski and Fritz Strack (Eds.): *Cognitive Consistency: A Unifying Concept in Social Psychology*, New York: Guilford Press, 2012.

\_\_\_\_\_. Mental models and deduction. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 5, n. 10, p. 434-442, 2001.

\_\_\_\_\_. (1983a). **Mental models**. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513p.

\_\_\_\_\_. (1983b) **Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness** (Cambridge, MA: Harvard University Press).

\_\_\_\_\_. Comprehension as the Construction of Mental Models. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B**, v. 295, p. 353-374, 1981a.

\_\_\_\_\_. Cognition, computers, and mental models. **Cognition**, v. 10, p. 139-143, 1981b.

\_\_\_\_\_. Mental Models in Cognitive Science. **Cognitive Science**, v. 4, p. 71-115, 1980.

JUSTI, R.; GILBERT, J. History and Philosophy of Science through models: some challenges in the case of 'the atom'. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 993-1009, 2000.

JUSTI R. (2000) Teaching with Historical Models. In: Gilbert J.K., Boulter C.J. (eds) **Developing Models in Science Education**. Springer, Dordrecht.

JUSTINA, L.; FERLA, M. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucariótico. **Arquivos da Apadec**, Maringá, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

KRAPAS, S.; *et al.* Modelos: Uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 185-205, 1997.

KHEMLANI, S.; *et al.* Mental models and omissive causation. **Memory & Cognition**, v. 41, n. 6, p. 1-18, 2018.

KLOPFER, L. The Teaching of Science and the History of Science". **Journal of Research in Science Teaching**, v. 6. p. 87-95; 1969.

KUHN, T. [1962]. **A estrutura das revoluções científicas**. 5.<sup>a</sup> edição. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

LEÃO, D. Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, n. 107, p. 187-206, 1999.

LIN, HS.; CHEN, CC. Promoting Preservice Chemistry Teachers' Understanding about the Nature of Science through History. **Journal of Research in Science**, v. 39, n. 9, p. 773-792, 2002.

LAKATOS, I. **História de la ciencia y sus reconstrucciones racionales**. Madrid: Tecnos, 1982.

LIMA, J.; LEITE, L. O processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química: o caso das escolas de ensino médio de Crateús/Ceará/Brasil. **Revista electrónica de Investigación en Educación en Ciências**, v. 7, n. 2, p. 72-85, 2012.

MARE, R. **A concepção da teoria evolutiva desde os gregos: ideias, controvérsias e filosofia**. EDIPUCRS: Porto Alegre, 2002.

MARTINS, A. História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há muitas pedras nesse caminho. **Cad. Bras. Ens. Fís.** v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MATTHEWS, M. History, Philosophy, and Science Teaching the present Rapprochement. **Science & Education**, v. 1, p. 11-47, 1992.

\_\_\_\_\_ A Role for History and Philosophy in Science Teaching. **Interchange**, v. 20, n. 2, p. 3-15, 1989.

MELZER, E.; AIRES, J. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v.11, p. 62-77, 2015.

MELO, M.R. Estrutura Atômica e ligações químicas – uma abordagem para o ensino médio. 2002. 128p. Dissertação (Mestrado) UNICAMP, Campinas, 2002.

MENEZES, M., SANTIGAG, M. Contribuição do pensamento de Paulo Freire para o paradigma curricular crítico-emancipatório. **Pro-Posições**, v. 25, n. 3, p. 45-62, 2014.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência e Educação**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 191-210, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. **Análise Textual Discursiva**. 3<sup>a</sup> ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

MOREIRA, M. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **R. B. E. C. T.**, v. 7, n. 2, p. 1-20, 2014.

\_\_\_\_\_ Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

NORMAN, A (1983). Some observations on mental models. In Gentner, D. and Stevens, A. (Eds.). **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. p. 6-14.

NAIAZ, M.; RODRÍGUEZ, M. Teaching chemistry as rhetoric of conclusions or heuristic principles - a history and philosophy of science perspective. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 3, p. 315-322, 2000.

OKI, M. Paradigmas, crises e revoluções: A História da Química na Perspectiva Kuhniana. **Química Nova na Escola**, v. 20, p. 32-37, 2004.

PENITENTE, L.; CASTRO, R. A História e Filosofia da Ciência: Contribuições para o ensino de Ciências e para a formação de professores. **Revista Eletrônica Pesquieduca**, v. 2, n. 4, p. 231-244, 2010.

PIMENTA, S.; LIMA, M. **Estágio e Docência**. 7. Ed. São Paulo: Cortez, 2012.

PORTO, C. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 460-1 – 4601-11, 2013.

ROSA, K.; MARTINS, M. A inserção de História e Filosofia da Ciência no currículo de Licenciatura em Física da Universidade Federal da Bahia: uma visão de professores universitários. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 321-337, 2007.

SANTOS, A.; MELO, M.; ANDRADE, T. Identificando modelos mentais de Equilíbrio Químico: Uma alternativa para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. **Revista Fórum Identidades**, v. 18, ano, 9, p. 37-56, 2015.

SILVA, C. (Org.) **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Against a Negative Image of Science: History of Science and the Teaching of Physics and Chemistry. **Science & Education**, v. 12, p. 703–717, 2003.

SOUZA, N.; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, v.26, n.03, p.195-218, 2010.

SOKOLOWSKI, R. **Introduction to phenomenology**. São Paulo: Loyola, 2004.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, v. 12, p. 72-85, 2007.

VIDAL, P.; PORTO, P. A história da ciência nos livros didáticos de Química do PNLEM 2007. **Ciência & educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.

VIDAL, P. A História da Ciência nos livros didáticos de Química do PNLEM 2007. 2009. 104p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VILLANI, A. Filosofia da Ciência e Ensino de Ciência: Uma analogia. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.169-181, 2001.

ZARKADIS, N.; PAPAGEORGIU, G.; STAMOVLASIS, D. Studying the consistency between and within the student mental models for the atomic structure. **Chemistry Education Research and Practice**, v. **18**, p. 893-902, 2017.

# APÊNDICES

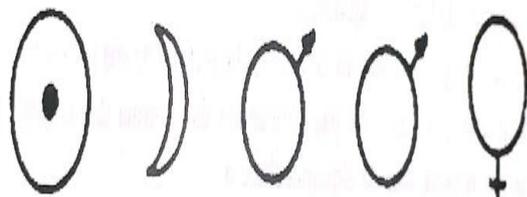
**APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO (INICIAL)**

**Identificação**

1. A história da Ciência nos mostra que o conhecimento científico se iniciara por meio de questionamentos feitos pelos filósofos gregos antigos e contemporâneos. Com base nisso, diga se você considera relevante a filosofia para a origem e permanência das Ciências. Por quê?

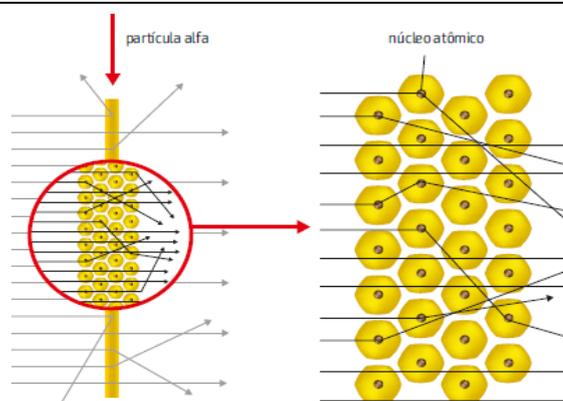
2. Para você, como os filósofos chegaram ao conhecimento do átomo, isto é, quais motivos ou de que forma surgiram questionamentos que poderiam revolucionar toda sociedade?

3. As imagens abaixo representam algumas das simbologias utilizadas por filósofos nos seus estudos voltados a alquimia (Química antiga). Qual seu entendimento sobre a necessidade de os filósofos atribuírem símbolos em seus estudos alquímicos?



4. Ainda sobre a questão (3), faça uma interpretação sobre as imagens. (Pode ser associado conforme uma lembrança e/ou semelhanças com o que é conhecido no cotidiano, pode ser utilizado desenhos e/ou esquemas)

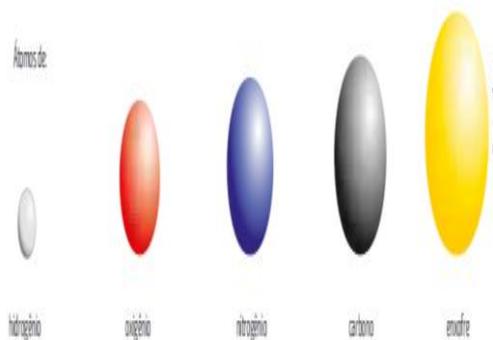
5. A imagem ao lado, representa a descoberta do núcleo atômico nos estudos realizados por Rutherford. Qual seu entendimento sobre como é desenvolvido o trabalho de um cientista na formulação de suas teorias, modelos e descobertas?



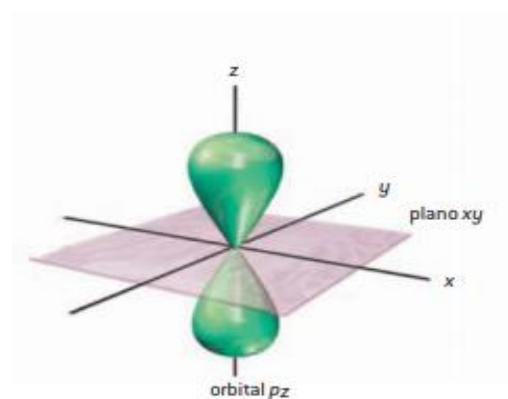
6. No estudo das teorias atômicas foram desenvolvidos modelos que pudessem representar o átomo e

sua estrutura. Observe as imagens abaixo, busque representá-las segundo sua interpretação por meio de desenhos, explicando porque você representou de determinada forma e INDICANDO as estruturas presentes em cada modelo atômico. Pode também citar como modelo é conhecido (bola de bilhar, pudim de passas, planetário etc. As imagens servem apenas como base)

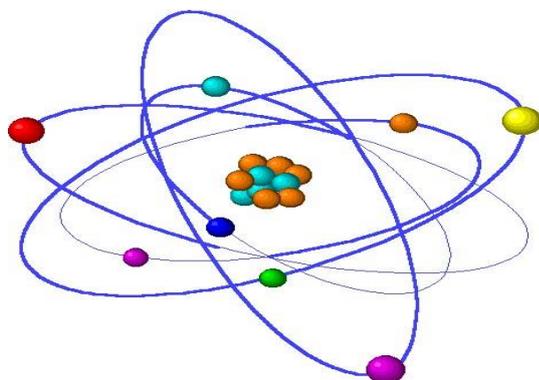
a.



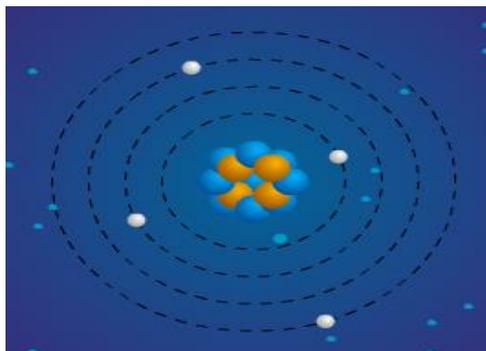
b.



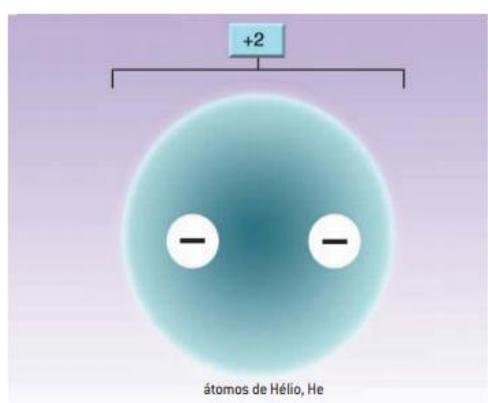
c.



d.



e.



7. Você considera o átomo como a menor partícula já encontrada? Você acha possível que consigamos ver ou ouvir o mesmo? Como?

8. Assinale as questões:

a. Qual a primeira pessoa a usar o termo átomo?

( ) Dalton ( ) Bohr ( ) Rutherford ( ) Leucipo

b. Sobre a premissa “O Átomo é a menor partícula da matéria, sendo ele indivisível e impenetrável”. Quem foi a primeira pessoa deduzir esta ideia?

( ) Demócrito ( ) Dalton ( ) Bohr ( ) Thomson

c. O átomo é composto por: ( ) núcleo, elétrons e eletrosfera ( ) prótons, elétrons e nêutrons

( ) elétrons, prótons e ânions.

d. O núcleo do átomo é composto por: ( ) elétrons e prótons ( ) prótons e nêutrons ( )

## nêutrons e elétrons

9. Sobre a questão (6), associe as ilustrações a seus respectivos modelos, em seguida associe os modelos as imagens dos seus respectivos cientistas.

- i. Modelo de Dalton ( )
- ii. Modelo de Thomson ( )
- iii. Modelo de Rutherford ( )
- iv. Modelo de Bohr ( )
- v. Modelo Quântico ( )

( )                      ( )                      ( )                      ( )                      ( )





**UFAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**

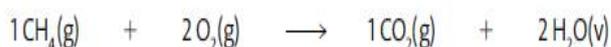
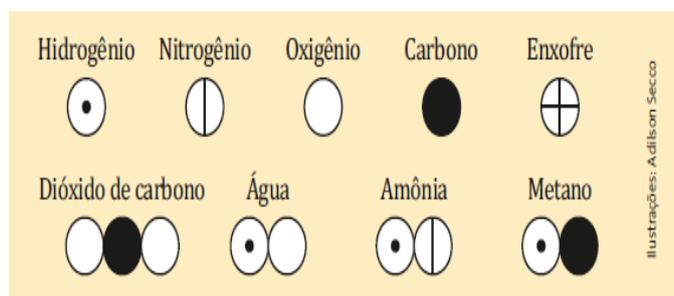
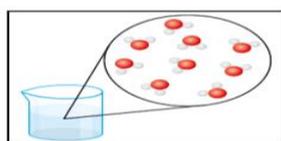
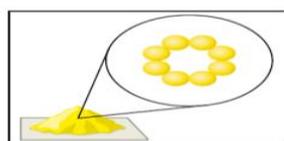
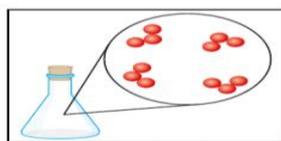
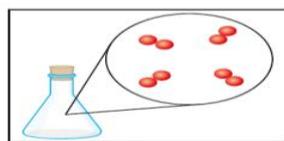
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO PARCIAL**

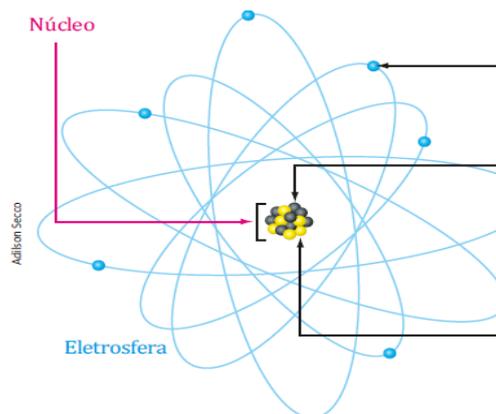
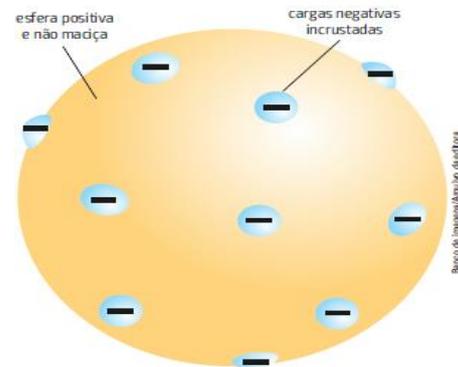
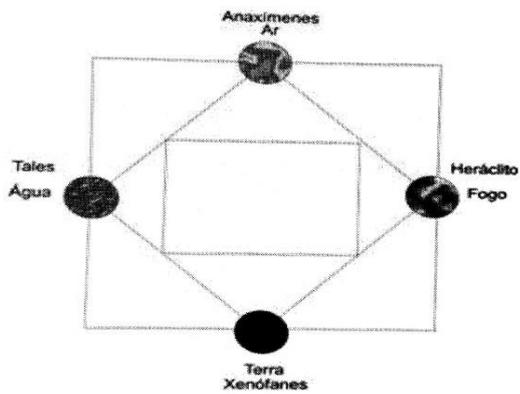
**Identificação:**

1. Ao ler o texto “Química da Antiguidade”, diga o seu entendimento sobre: como o desejo de vida eterna influenciou nos primeiros estudos voltados a Química?
2. Se imagine como um filósofo antigo e crie seus questionamentos sobre a natureza, o universo e a vida (mediante a ideia sobre vazio, partículas, elementos e matéria).
3. As imagens abaixo, apresentam características similares de um dos modelos atômicos que foram estudados. Discorra sobre a teoria deste modelo.



4. Você acha que o fato de o Dalton ser um meteorologista que estudava sobre o comportamento dos gases influenciou sobre os “erros” observados em sua teoria atômica? Por quê?
5. Observe as imagens abaixo e da questão (3) discorra sobre as principais diferenças nos modelos atômicos propostos inicialmente pelos gregos e posteriormente analisados por

Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Como cada cientista ou filósofo contribuiu para a teoria do outro? (Busque fazer desenhos e/ou esquemas indicando as estruturas do átomo).





**UFAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**

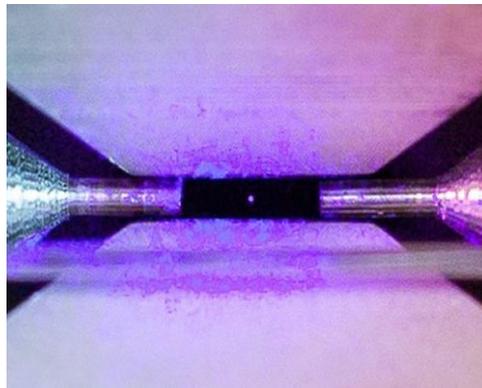
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO FINAL**

**Identificação:**

1. Observe a imagem abaixo, qual seu entendimento sobre a contribuição da tecnologia para os estudos da teoria atômica? Explique!



2. Considerando a frase “Somos poeiras das estrelas” e a imagem abaixo. Se imagine como um cientista, apresente novas ideias que ainda podem ser estudados sobre os átomos.

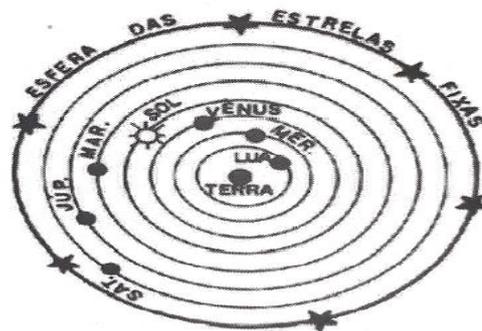
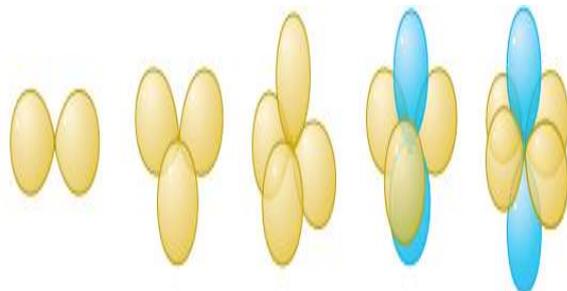


Figura 1.1.1

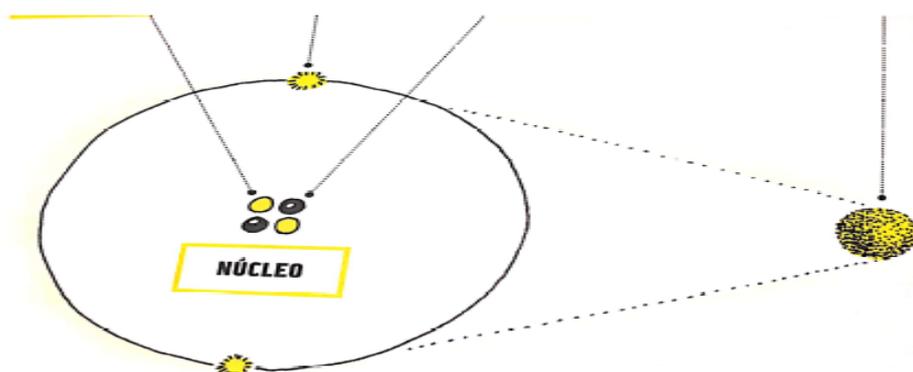
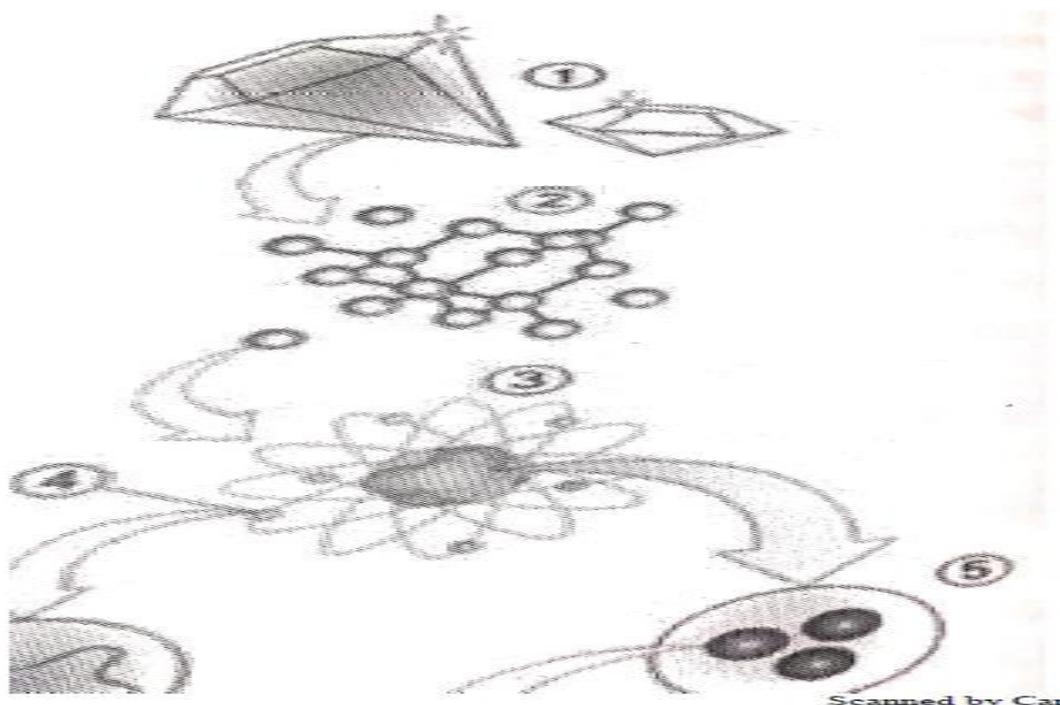
3. Ao estudar as teorias do átomo, responda: Como a história sobre estes modelos influenciaram sobre a sua visão do que é um cientista?
4. Para você, o que é ciência?
5. Ao imaginar um átomo como a menor partícula da matéria e posteriormente saber que o

mesmo não é. Qual é a sua ideia sobre prótons, elétrons, nêutrons e quarks?

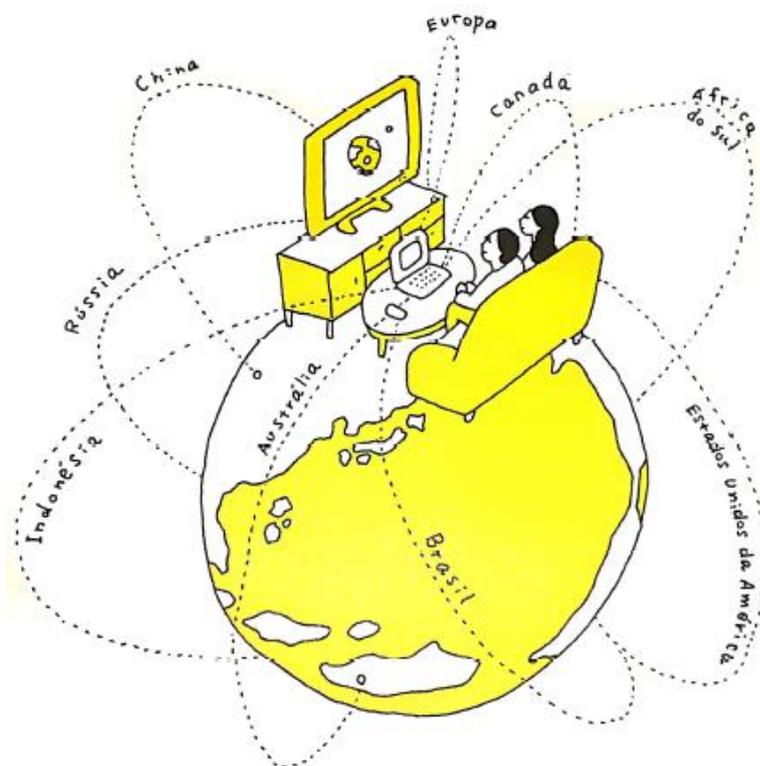
6. Considerando as imagens abaixo, discorra sobre o modelo atômico proposto pela mecânica quântica e fale quanto ele evoluiu desde os modelos propostos pelos filósofos. (Se necessário faça desenhos)



7. Diga o que representa cada estrutura enumerada ou tracejada nas imagens abaixo (correspondente do macroscópico ao microscópico)



8. Observe a imagem a seguir, com base nos estudos realizados em aula e na sua visão de mundo, faça uma interpretação sobre esta imagem associando seus conhecimentos “de mundo” e “científico”. Aproveite diga o quanto este estudo mudou (se mudou) sua concepção sobre a existência dos átomos. Sinta-se à vontade para fazer desenhos semelhantes a ilustração abaixo, para que fique claro seu entendimento a respeito.



## APÊNDICE D

### Roteiro de Entrevista Semiestruturada Gravada (Entrevista inicial)

1. Qual seu entendimento a respeito do átomo?
2. Como você acha que se chegou ao conhecimento sobre a existência do átomo?
3. Qual sua visão sobre filósofos e cientistas?
4. Você já ouviu a expressão atomismo ou já ouviu falar sobre escola atomista?
5. Qual sua concepção sobre ciência e descoberta científica?
6. Você acha que os filósofos têm influência na construção da ciência ou só os cientistas?
7. Você vê as descobertas científicas como fatos históricos? Por quê?
8. O que lhe vem à cabeça quando ouve os nomes Leucipo, Demócrito, Dalton e Rutherford?
9. Você enxerga o avanço tecnológico favorecendo os estudos científicos? Como?

## APÊNDICE E

### **Roteiro de Entrevista Semiestruturada Gravada (Entrevista Final)**

1. Qual sua percepção sobre a contribuição dos filósofos para as teorias que conhecemos hoje?
2. Como você vê que seja o trabalho dos cientistas e pesquisadores na construção do conhecimento científico?
3. Para você qual impacto conhecer a existência do átomo nos traz?
4. Em sua percepção, o quanto o avanço tecnológico tem favorecido a produção do conhecimento? Exemplifique!
5. O que lhe vem à cabeça ao ouvir os termos elementos químicos, átomos, nêutrons, elétrons, quarks?
6. Qual seu entendimento sobre o atomismo baseado sobre a filosofia grega antiga
7. E qual seu entendimento sobre os modelos e estrutura atômica proposta pelos cientistas contemporâneos?

APÊNDICE F

APRESENTAÇÃO EM POWERPOINT

**Teoria Atômica:  
Dos gregos a  
atualidade**  
Prof. Skárlfat  
Kettle

1

PARTE 1- A teoria evolutiva dos Gregos sobre a Teoria Atômica

*A Evolução Humana*

2

Filosofia e a origem da Ciência

- ▶ A ciência é simplesmente um método pelo qual se tenta compreender os objetos animados e inanimados que nos rodeiam ou pelo menos suas partes reproduzíveis (Watson, 1928)
- ▶ Há cerca de 10 mil anos atrás a chamada ciência teve início quando o homem começou a reunir conhecimentos para sua vida diária (Ronan, 1987)

Filosofia e a origem da Ciência

FILÓSOFO  
COSMOS, ASTRONOMIA  
ALQUIMIA  
SABER CIENTÍFICO

Os Gregos e o atomismo

Hipócrates (459 -337 aC.) Escola Jônica - Naturalismo

- ▶ Corpus Hipocráticos a medicina;
- ▶ Teoria dos quatro humores

Sangue      Fluma      Bile amarela      Bile escura

5

Os Gregos e o atomismo

Empédocles (492 -450 aC.) Escola Jônica - Naturalismo

- ▶ Teoria dos quatro elementos;
- ▶ Transmutáveis;
- ▶ Propriedades físicas.

"A qualidade da matéria depende exclusivamente da proporção desses elementos os quais determinariam os diferentes tipos de matéria."

6

Os Gregos e o atomismo

Aristóteles (384-322 aC.) Escola Jônica - Naturalismo

- ▶ Qualidades dos elementos.

quente      Fogo      seco  
ar      terra  
úmido      água      frio

Os Gregos e o atomismo

Zeno, Melisso e Parmênides (425/430 /515 aC.) Escola Eféstica - Tudo existe só o ser é, não pode não ser.

Espaço cria paradoxos contra multiplicidade, divisibilidade e movimento.

"O ser não tem forma e se apresenta infinito no espaço e o tempo, sendo sempre idêntico a si mesmo."

"O universo é único, imutável, indestrutível, indivisível e imóvel. O vazio é fôfofo. Movimento, tempo, mudança e pluralidade é ilusão."

↓

A mudança é uma passagem do ser para o não ser - tudo é pensável; O universo é constituído pelo vazio, por elementos indivisíveis e o movimento destes geram união ou separação, produzem ou destroem materiais.

### Os Gregos e o atomismo

Leucipo e Demócrito (460-370 a.C.)

Escola Atomista



- A partícula é o menor constituinte da matéria;
- Não é fragmentada e divisível – vazio/átomo;
- Tudo é resultado das causas e efeitos dos átomos;
- Teoria mecanicista – foga de choque é o movimento dos átomos no vazio que condicionam a arrojos e a diversidade;
- A combinação dos átomos formam os quatro elementos;
- Características dependem da estrutura de combinação dos átomos – forma e tamanho.

“É convenção o doce, convenção o amargo, é convenção o quente, convenção o frio, convenção a cor, a realidade são átomos e vazio.”

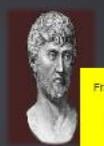
9

### Os Gregos e o atomismo

Epicuro (341-271 a.C.)

Lucrecio (99 a.C.)

Escola Epicurista – ciência materialista

“O movimento incessante em que os átomos estão submetidos, a saber, é em razão do seu peso e estes tendem que movimentar para baixo”

“Todas se formam devido o movimento dos átomos no vazio infinito. Este movimento depende exclusivamente do seu peso e a gravidade, sendo possível que estes se encaixem, se unam e adiram uns aos outros”

“Coisa nenhuma subsiste, mas tudo flui. Fragmento ajusta-se a fragmento e as coisas assim crescem. Até que as conhecemos e nomeamos. Fundem-se, e já não são as coisas que conhecíamos. Formados dos átomos que caem velozes ou lentos. Vejo os sóis, vejo os sistemas se ordenarem; É sólio que a natureza está em nós até mais Do que nossa consciência sobre nós mesmos (...)”

10

### Parte 2 - Ressurgimento do Atomismo: Século XV - XX



11

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

- Pagglo (1417)
- Galileu (1600)
- Descartes (1618)
- Gassendi (1623)
- Charrleton (1645)

“Não pode existir átomos ou parte da matéria indivisíveis, pois por menores que sejam suas partes, podemos sempre diminuir qualquer uma elas em duas ou mais partes menores.”

“Átomos foram criados por Deus. Não obedecem a aleatoriedade cega, mas são controlados por Deus.”

Formatos: redondas, ovais, cônicos, tetraédricos, cilíndricos, lisos, irregulares, etc.;

Átomos coloríficos -> Redondos, de menor tamanho e extremamente rápidos;

Átomos figuríficos -> Tetraédricos, maiores, movimentos lentos;

Experimento: Ao expor um recipiente contendo água salgada ao sol (ou aquecido a outro método), ao observar a parte aquosa ser evaporada sobrar o sal acumulado no fundo formando massas cúbicas.

12

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

Modelo Atômico: Dalton (1766-1844) – Estudo dos Gases



- Boyle (1661) – Estudo da matéria, dos quatro elementos e comportamento dos gases;
- Leis Ponderais: Proust (1797) – Lei das proporções definidas / Lavoisier (1783) – Lei da conservação de massas;
- Teoria corpuscular de Newton – comportamento dos gases

Lei de Dalton (1802)

$P_T = P_1 + P_2 + \dots$

Experimento para ter uma ideia da origem de grandeza do deslocamento das partículas.

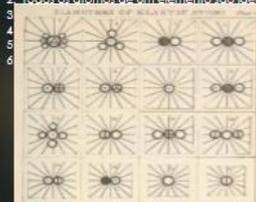
13

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

Modelo Atômico: Dalton (1766-1844) – Estudo dos Gases

1810

- Os elementos são formados por pequeníssimas partículas;
- Todos os átomos de um elemento são idênticos entre si;
- Os átomos de um elemento são diferentes dos átomos de outro elemento;
- Os átomos de um elemento não podem combinar com átomos de outros elementos;
- Os átomos são rígidos, ou estruturados;
- Os átomos são impenetráveis.




14

### Por que o modelo de Dalton é associado a uma bola de bilhar?

- Por ser considerado a menor partícula do Universo;
- Por ser considerado indivisível e impenetrável;
- Por não se ter o conhecimento das cargas (elétrons, prótons, nêutrons), considerando os átomos como partículas maciças e esféricas;
- Porque ele estudava sobre a proporção de ligação e observava como os átomos simples se combinavam para formar átomos compostos.

15

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

Modelo Atômico: Thomson (1856-1940) – Estudo dos Raios Catódicos

Laboratório de Cavendish



- Geister (1854) – Eleticidade de Faraday
- Crookes (1875) – Ampola de Crookes
- Armenius (1884) – Eletrolitos
- Stoney (1891) – Denominação de elétron
- Goldstein (1886) – partículas positivas
- Wien (1898) – prótons – hidrogênio ionizado

Thomson (1907)

- Na presença de campo elétrico os raios catódicos são desviados;
- Dipolo oscilante mais simples;
- O átomo é formado por carga positiva homogeneamente distribuída dentro da esfera;
- O elétron está submetido ao campo de cargas positivas.

16

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

17

### O átomo de Thomson teria o aspecto de ameixas em um pudim. Por quê?

J.J. Thomson sugeria que os elétrons situavam-se numa parte do átomo que apresentava carga positiva;

18

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

Modelo Atômico Ernest Rutherford (1871 - 1937) - Estudo da radioatividade Grupo de Cambridge

- Geiger e Marsden - Inglaterra
- Lenzard - Alemanha
- Curie - França
- Chadwick - Reino Unido

- Analisavam o poder de penetração das partículas sobre alguns materiais;
- Radioatividade alfa e beta;
- Partículas: atravessavam a lâmina com desvio médio de 90° resultado de uma composição de sucessivas colisões;
- Todos os desvios são devido colisões de partículas alfa a um átomo e este contém um campo elétrico forte ocasionando os desvios ao aproximar-se dele;
- A distribuição das cargas negativas é desprezível comparado ao núcleo (Thomson elétrons x 3600 prótons);

17

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

Modelo Atômico Ernest Rutherford (1871 - 1937) - Estudo da radioatividade

6. Raio do núcleo é menor que o raio do átomo;  
7. Seção de choques;

18

[https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_en.html)

21

### Se o núcleo atômico é formado por partículas positivas, por que essas partículas não se repelem e o núcleo não desmorona?

Chadwick

### Como os elétrons ficam em movimento ao redor do núcleo sem que os átomos entrem em colapso?

Bohr

22

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

Modelo Atômico Niels Bohr (1885 - 1962) - Espectroscopia Atômica

Segundo a teoria de Rutherford, supomos que os átomos dos elementos são formados por um núcleo carregado positivamente rodeado por um enxame de elétrons. No núcleo está concentrada a parte essencial da massa do átomo, sendo as suas dimensões lineares extremamente pequenas em comparação com as distâncias entre os elétrons que o rodeiam. (...) Postularemos que os elétrons estão dispostos em intervalos angulares iguais, rotando sobre eixos coaxiais em torno do núcleo. Com a fim de determinar a frequência e dimensões dos anéis empregaremos a hipótese principal do primeiro artigo, ou seja: que, no estado permanente de um átomo, o momento angular de cada elétron em torno do centro da sua órbita é igual ao valor universal  $h/2\pi$ , sendo  $h$  a constante de Planck (BOHR, 1963, p. 133).

22

### Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX

Modelo Atômico Niels Bohr (1885 - 1962) - Espectroscopia Atômica

O primeiro foi revisado por Bohr utilizando a hipótese de Planck. ... (1913) ...

1. Quando os elétrons descrevem órbitas circulares, a força que mantém seu movimento centrípeta é a atração eletrostática entre o núcleo positivo e os elétrons negativos. ...

2. Quando a órbita descreve órbitas circulares, a força que mantém seu movimento centrípeta é a atração eletrostática entre o núcleo positivo e os elétrons negativos. ...

3. Quando a órbita descreve órbitas circulares, a força que mantém seu movimento centrípeta é a atração eletrostática entre o núcleo positivo e os elétrons negativos. ...

22

**Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX**

- > James Hopwood Jeans (1877 – 1946) – Átomo ideal
- > Hanaro Nagaoka (1865 – 1950 – Anéis de Saturno
- > Lord Rayleigh (1842 – 1919) – Igualdade de “partículas”
- > George Adolphus Schott (1868 – 1937) – Crítica a Nagaoka:

- (1) O elétron se expande vagarosamente.
- (2) Para satisfazer o princípio da conservação de energia, se faz necessário que haja um stress interno que resiste à expansão, a qual segundo a visão de Schott era um caso clássico de pressão hidrostática.

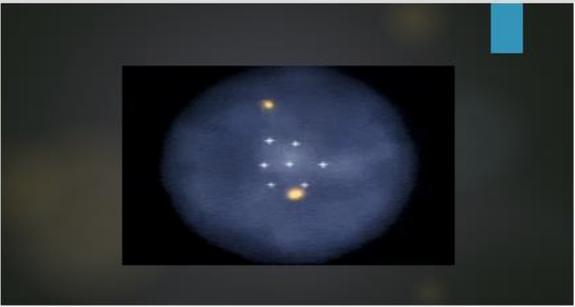
25

**Ressurgimento do atomismo: Século XV - XX**

John William Nicholson (1881 – 1955) - atribuiu as emissões do espectro a fenômenos de configuração eletrônica dos átomos.

- (1) Corórium: átomo com um anel com dois elétrons girando ao redor de um núcleo positivo.
- (2) Hidrogênio: átomo com um centro e um anel com três elétrons girando ao seu redor.
- (3) Nebulium: átomo contendo um único anel com quatro elétrons girando ao redor de um núcleo positivo.
- (4) Protófluorine : átomo com um único anel com cinco elétrons girando ao redor de um núcleo positivo.

26



27

**Parte 3 - A tecnologia a favor da Ciência no Século XXI**

28

O que nós já conhecemos sobre o átomo e o que ainda podemos descobrir?

O quanto a tecnologia pode nos ajudar a formar um novo modelo atômico?

29

O átomo é a menor partícula conhecida?

Ele é indivisível e impenetrável?

Podemos fazer átomos sintéticos ou apenas recombina para produzir novos elementos?

Podemos ver ou ouvir um átomo?

30

**Cientistas capturam som de átomo**

Propagação de fónons acoplados a um átomo artificial

Artigo | Figuras e Dados | Informações e métricas | eLetters | PDF

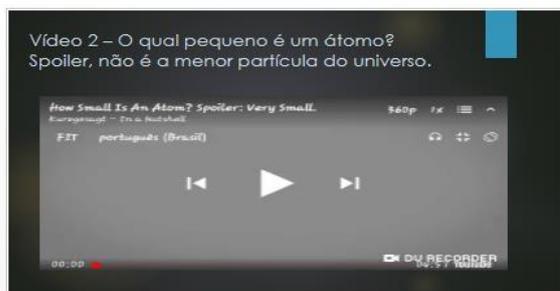
**Abstrato**

Informações quânticas podem ser armazenadas em ressonâncias microscópicas, confinadas em um espaço de vibração confinado como fonões. O transporte eletrônico é então mediado por interações empobrecidas de ressonância, o que ocorre como armazenamento local para fónons. Em contraste, nos acoplamos fónons propagados a um átomo artificial no regime quântico e exploramos os efeitos de dupla quântica, como o som acoplado a papel de luz. Nossa habilidade observar os acoplamentos entre fónons e átomos, nos permite apontar para novas quantidades desconhecidas, como o tempo de soma da mecânica quântica. A nossa visualização da propagação dos fónons deve permitir novos experimentos alternativos de processamento de informação quântica, e o compartilhamento de dados muito grande, incluindo registros de física atômica que não podem ser alcançados em sistemas tradicionais.

31

**VIDEO 1- Cientistas capturam imagem de átomo (2018).**

32



33

**MODELO QUÂNTICO  
(ESPECTROMETRIA)**

**NÃO É A MENOR PARTÍCULA DO UNIVERSO  
NÃO É INDIVISÍVEL  
NÃO É IMPENETRÁVEL  
ALÉM DE PRÓTONS, NEUTRONS E ELETRONS  
POSSUI TAMBÉM OS QUARKS**

**QUARKS?**  
Quarks se combinam para formar partículas compostas chamadas hádrons, CONSTITUEM A MATÉRIA (NÚCLEO ATÔMICO).

34



**Referências**

CALADO, J. *Hoje tudo é uma história da Química através de tudo*. Lisboa: Fundação Esp, 2011.

RUJBERA, C.; BRAGA, J. O centrário da molécula de Bohr. *Quim. Nova*, Vol. 34, n. 7, p. 1078-1082, 2013.

LOPES, J. *Introdução à teoria atômica da matéria*. Centro de Pesquisas Físicas, 1953.

LOPES, C. *A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr*. Tese de Doutorado em História da Ciência, FUC, São Paulo, 2009.

MARX, R. *A concepção da teoria evolutiva desde os gregos: Ideias, controversas e filosofia*. EDUFURCS, Porto Alegre, 2002.

WELSER, E.; ARES, J. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v.11, p. 62-77, 2015.

PORTO, C. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 4, p. 480-1 – 481-11, 2013.

PORTO, F. Walter Charlatan (1820 - 1707) e sua teoria atômica. *Química Nova*, 20(3), p. 335-338, 1997.

Propagating phonons coupled to an artificial atom: autores Martin V. Gustafson et al. Disponível na Revista Science pelo link: <http://science.sciencemag.org/content/344/6206/207>

A origem dos elementos químicos: uma abordagem física, autor Antônio Moraes. História da Atomística: Como chegaram a concepção?, autor Gustavo Rocha.

Vídeo 1 "Incrível: Física consegue fotografar um Átomo!" Canal Youtube do Schwarzi. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=TR5E\\_MHVDI](https://www.youtube.com/watch?v=TR5E_MHVDI)

Vídeo 2 "Quão Pequeno é um Átomo?" Canal Youtube do Kurzgesagt – in a Nutshell. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_JNf3\\_30UE](https://www.youtube.com/watch?v=_JNf3_30UE)

# **ANEXOS**

## ANEXO A

## Resenha Primeira Leitura– Cap. 3: A meta da Ciência- do Livro A fabricação da Ciência – Alan Chalmers.



## CAPÍTULO 3

## A META DA CIÊNCIA

## 3.1 Observações introdutórias

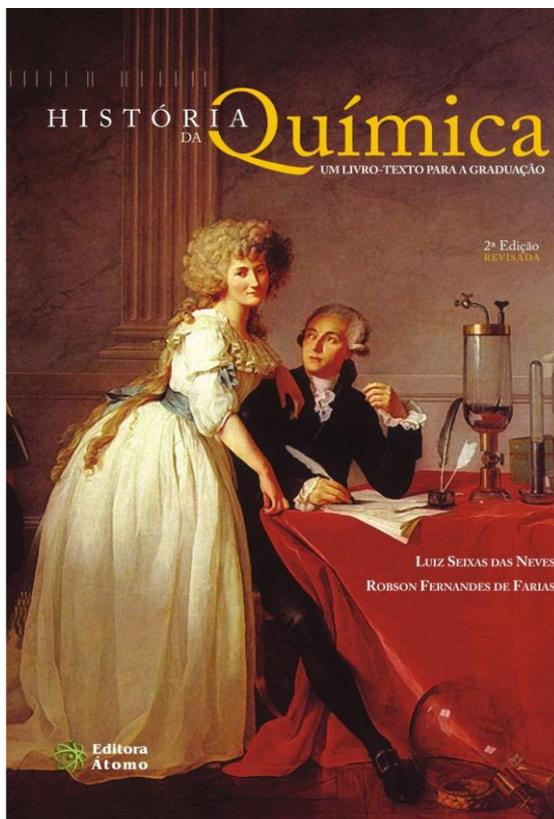
Embora seja necessário falar muito mais sobre o que exporei resumidamente, a meta da ciência pode ser entendida como a produção do conhecimento do mundo, ao passo que o objetivo das ciências físicas, com as quais me preocupo neste livro, pode ser entendido como a produção do conhecimento do mundo físico, em oposição ao mundo social. Falando superficial e rapidamente, pode-se no mínimo avaliar a distinção que existe entre o objetivo ou o interesse na produção do conhecimento e outros objetivos, como atender a interesses econômicos ou políticos de indivíduos, grupos ou classes específicos.\* Eu diria, contra os céticos (entre os quais se pode incluir uma série de sociólogos contemporâneos), que nas ciências físicas foram desenvolvidas técnicas devidamente

\* A ideia desenvolvida aqui tem certa afinidade com a compreensão de Althusser (1966, capítulo 6 e p. 231) da produção do conhecimento, que ele considerava análoga à produção material. Essa visão althusseriana está claramente articulada e amplificada em Sunning (1983).

Neste capítulo Alan Chalmers busca explicar sobre como a imagem da ciência é apresentada pela comunidade científica e como é a análise dessa imagem das pessoas de fora desta realidade. O capítulo expõe sobre a ideia de filósofos como John Locke, Thomas Kuhn, Karl Popper, Tomás de Aquino, Euclides, Arquimedes entre outros. Chalmers aborda sobre a imagem a-histórica e universal que a ciência passa para a sociedade em geral, retratando sobre a ciência e sua generalidade por meio de estudos da Física e a meta que a ciência deveria apresentar. Deste modo, é exposto que as características da ciência contemporânea pura se perdem quando buscam fazer generalizações. Isto é, se perde ao relacionar o estudo da física, como exemplo o estudo da luz, em generalizações teóricas. Em que Brewster explica a luz como a teoria ondulatória, Hacking explica ‘como a luz se comporta’ e outros buscaram dar suas explicações sobre diversas teorias que unem ou as divergem dessas ideias. Assim, Chalmers retrata que estas generalizações da ciência são alvo de ataques de céticos ou de relativistas, por ver a ciência teórica como falha, que não se expressa aos exemplos do mundo de forma mais real. Diante disso, devido Chalmers, acreditar que relativizar generalizações teóricas, expressando na “maioria dos casos”, faz com que se apresente soluções insatisfatórias a um problema. E como ele defende que não se constrói conhecimento sozinho e a partir do nada, apresenta a ideia de meta da ciência buscando dessa forma, ter uma nova imagem a ciência. Em que, para ele a meta da ciência é apresentar as leis e teorias científicas de modo que estabeleça seu grau de superioridade em relação ao confronto delas com o mundo e com outras leis e teorias concorrentes, para assim reduzir alguns equívocos que os céticos e relativistas se propõem a encontrar nas teorias científicas, em especial a mudança de métodos padrões e paradigmas que podem ser avaliados como uma meta de produção de conhecimento aperfeiçoada e mais abrangente, pois a ciência é sobretudo produção de conhecimento mais do que interesses de classes, ideológicos ou pessoais.

## ANEXO B

## Resenha Segunda Leitura – Cap. 2 Alquimia- do Livro História da Química – Luiz Neves e Robson Farias.



## Alquimia

O alquimista [...] trabalhava sozinho [...].  
Aquele solidão rigorosa, aliada à preocupação  
com obscuridades incessantes de seu trabalho,  
eram suficientes para ativar o Inconsciente e,  
pelo poder da imaginação, trazer à existência  
coisas que antes pareciam inexistentes.

Jung

Quem não desejaria viver para sempre, e na mais absoluta riqueza material e espiritual? Via de regra, quando se fala em alquimia, a pedra filosofal (capaz de transmutar qualquer metal em ouro) e o elixir da longa vida (capaz de dar, a quem o utilizar, a vida eterna) são enfocados como os principais objetivos da prática alquímica. Contudo, estes eram apenas os propósitos exotéricos dos alquimistas, existindo, contudo, propósitos esotéricos, que eram tão ou mais valorizados, conforme veremos ao longo deste capítulo.

### Alquimia: natureza e propósitos

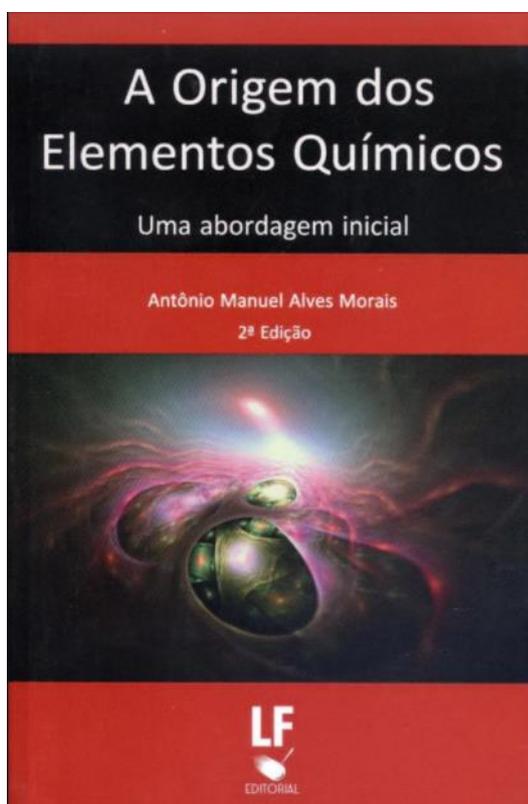
Em seu livro *L'Alchimie*, Serge Hutin (1991), ao ver-se às voltas com a espinhosa tarefa de definir alquimia, afirma:

Portanto, é muito mais difícil do que se pensa dar uma resposta exata à pergunta: o que é a alquimia? Esta palavra [alquimia] abrange domínios diferentes que podem ser agrupados em cinco aspectos principais:

Neste Capítulo Luiz Neves e Robson Farias apresentam a ideia de alquimia como práticas ou experimentos químicas do tempo antigo. Em que retratam sobre as ideias de vida eterna, pedra filosofal e elixir da vida, simbologias, bruxarias e a experimentação em laboratório. Sendo a alquimia vista como: uma doutrina secreta a filosofia hermética, teoria que pode se qualificar como 'científica' a constituição da matéria, uma arte prática com finalidade de transformação dos metais e medicina universal, uma mística e uma curiosa aliança do misticismo, a aspirações religiosas e processos práticos. Para os autores, ao estudar a origem da palavra, a alquimia teria se originado no Egito, remontando os primórdios da civilização. Relatam também que os alquímicos davam importância aos efeitos das substâncias em aquecimento e que somente a composição química, temperatura, pressão etc. determinam a ocorrência ou falta de ocorrência de uma reação química com a formação de novos produtos de interesse. Os autores relatam não só sobre as contribuições práticas dos alquímicos, mas também as contribuições no sistema de nomenclatura e notações químicas, assim como associações entre símbolos e substâncias. Por fim, retratam a alquimia como parte da história da química cuja vertente esotérica buscava muito mais o aprimoramento do espírito do que enriquecimento.

## ANEXO C

Resenha Terceira Leitura – Cap. 1: A origem da ideia do átomo – do Livro A origem dos elementos químicos uma abordagem inicial – Antônio Moraes.



## Capítulo 1

*"Tudo que existe no universo é fruto do acaso e da necessidade"*  
Demócrito de Abdera

*Para entender a origem do átomo, precisamos regressar cerca de 25 séculos, na época do nascimento da Filosofia na antiga Grécia e suas colônias.*

*Neste capítulo indicarei como a transição da visão da natureza para bases racionais irá nos levar à procura da compreensão da matéria e as suas origens.*

*Tentarei encadear o tema do ponto de vista histórico, mas sem a pretensão de esgotar o assunto, até a descoberta do nêutron, tendo como base o quadro atômico básico que se aprende no ensino médio. Para uma leitura mais profunda sobre a história moderna do átomo, recomendo a referência [10] da bibliografia.*

No capítulo 1 do seu livro, o autor Antônio Moraes, busca explicar o desenvolvimento das teorias atômicas, iniciando pelo período pré-socrático. Moraes, fala que os filósofos deste período são voltados ao estudo da natureza, em que investigam questões relacionadas a ela e fundamentalmente ao que ela é constituída, rompendo a visão mítica e religiosa da época. Ele aborda sobre as duas teorias que os filósofos deste período trabalharam, que são: 1- a separação entre natureza- e sobrenatural em que os terremotos não eram causados por deuses e sim das grandes ondas e tremores marítimos. 2- A prática do debate -que era discutir a ideia de seus colegas e antecessores em grandes plateias. Logo mais, ele disserta sobre ideias de Tales de Mileto, Empédocles, Leucipo, Demócrito e Epicuro. Em que a ideia de origem e tudo está na água de Tales, levou a formação da teoria dos quatro elementos -terra, fogo, ar e água- de Empédocles, chegando assim ao conhecimento sobre a teoria do átomo, denominado por Leucipo, como indivisível, e proposto por Demócrito como a menor partícula da matéria. Segundo o autor para Leucipo e Demócrito o átomo era forma, arranjo e posição da matéria, já para Epicuro era tamanho, partes e com a propriedade peso que gerava um movimento aleatório. Finaliza os filosofia pré-socrática com Lucrécio sendo o responsável por eternizar a teoria atômica dos filósofos gregos, ao escrever o poema *Natura Rerum*. Moraes, disserta também neste capítulo sobre as teorias atômicas do século XVI, trazendo os cientistas Dalton, Galileu, Avogadro, Mendeleev, Thomson, Rutherford, Chadwik, Bohr entre outros. Para Moraes, estes foram fundamentais para experimentar a matéria transformando a ideia de átomo em modelos teorizados. Moraes busca dissertar sobre a contribuição de cada um na formulação das teorias atômicas, dando ênfase sobre como se constituiu o conhecimento da constituição da matéria, sendo os átomos formados por partículas elétricas responsáveis pelas reações nucleares e interações fortes existentes na natureza.