



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Lucas Menhê Dias**

**ANÁLISE DO MODELO ATÔMICO DE THOMSON PRESENTE NOS LIVROS  
DIDÁTICOS DE QUÍMICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Brasília – DF**

**1.º/2022**

**Lucas Menhõ Dias**

**ANÁLISE DO MODELO ATÔMICO DE THOMSON PRESENTE NOS LIVROS  
DIDÁTICOS DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada(o) em Química.

**Orientadora: Evelyn Jeniffer de Lima Toledo**

**1.º/2022**

## *SUMÁRIO*

Resumo	3
Introdução	5
Revisão Bibliográfica	6
Metodologia	19
Resultados e discussão	22
Conclusão	40
Referências	42

## Resumo

O ensino de Química é complicado, pois se trata de uma ciência de caráter muito abstrato, e dependendo de como é abordado pelo professor, acaba dificultando ainda mais a compreensão do estudante. Dessa forma, muitos docentes se apropriam de estratégias e recursos didáticos para tentar facilitar o ensino, como por exemplo, uso de recursos multimídias, criação de modelos, experimentação, analogias, entre outros. O presente trabalho busca analisar as analogias que estão presentes nos livros didáticos de química do Plano Nacional do Livro Didático de 2018 e 2021 e do ensino superior e como elas foram usadas para explicar o modelo atômico de Joseph John Thomson, proposto em 1907, verificando as explicações textuais e imagéticas a fim de averiguar se correspondem ao modelo científico coerente com o proposto pelo cientista, além de identificar as relações analógicas, os formatos das analogias, condição, posição e o nível de enriquecimento que são propostos por CURTIS e REIGELUTH (1984).

**Palavras-chaves:** *Analogias, Modelos atômicos, Joseph John Thomson.*

## Introdução

Ensinar Química é trabalhar com uma ciência muito abstrata e muito difícil em todo processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, a depender das escolhas do docente e do impacto dessas nos discentes, a abordagem pode ser desmotivadora aumentando ainda mais as dificuldades no processo de ensino - aprendizagem (ROCHA, VASCONCELOS, 2016).

Na tentativa de encontrar caminhos para o problema citado, pesquisas demonstram que professores buscam por alternativas para levar à sala de aula. Entre essas está o uso de analogias, que tem como objetivo aproximar o estudante do conceito científico a partir de algo que para ele é familiar (FARIAS, BANDEIRA, 2009).

O uso de analogias não está presente apenas na fala do docente. Muitas vezes ele é explicitado também em livros didáticos de química. De forma histórica, os livros didáticos têm papel importante no ensino, servindo como apoio para professores e discentes (MELZER *et al.*, 2009), porém a forma como o conteúdo de química é apresentado nos livros didáticos pode estar contribuindo para diversas dificuldades quanto a elaboração de conceitos, modelos e teorias a nível microscópico pelos alunos (MORTIMER, 1995; MELZER *et al.*, 2009) que podem estar relacionados.

Os livros didáticos têm papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem como um recurso para auxiliar os professores e alunos em sala de aula. Ele contribui para a construção do conhecimento, ajudando a entender os conteúdos e como uma ponte entre os conteúdos e a solução de problemas em sala de aula (LEMES *et al.*, 2010 citado por SCALCO, CORDEIRO, KIILL, 2014).

Entre os assuntos abordados nos livros didáticos, situam-se os modelos atômicos. Esses são um dos pilares para se aprender química, porém a alta abstração exigida pode dificultar a compreensão. Assim, é objetivo desta pesquisa analisar como livros didáticos estão abordando a teoria do modelo atômico de Thomson a fim de verificar a fidedignidade da abordagem e o uso de analogias nessa transposição didática.

# CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O referencial teórico foi dividido em três partes. Na primeira aborda-se o processo de transposição didática, em que é apresentado o processo de transformação entre o conhecimento científico construído por cientistas até o que é abordado em sala de aula. A segunda parte é dedicada a entender o que é uma analogia, os passos para construção de uma boa analogia e a definição de analogia de acordo com alguns autores, com o intuito de ter vários critérios para análise de uma boa analogia. Por fim, a terceira parte desse referencial tem como objetivo mostrar ao leitor o trabalho original sobre o modelo atômico de Joseph John Thomson.

## 1.1 Transposição didática

A ciência se preocupa em entender os fenômenos que estão acontecendo e o professor em sala de aula procura ensinar esses fenômenos aos seus discentes. Uma maçã caindo na cabeça de um ser humano embaixo de uma árvore, para alguns, pode ser apenas um fato desagradável. Para a ciência não é apenas um fato, e sim um fenômeno que tem uma relação entre a física de corpos pesados e a gravidade (CHEVALLARD, 2013), essa questão fenomenológica que os docentes têm como um dos objetivos ao ministrar suas aulas.

A escola tem como papel principal a transmissão de conhecimento, o que vamos definir como **saber**. De acordo com Chevallard e Joshua (1982) o saber é um termo utilizado para definir um objeto que esteja sujeito a transformações. Essas modificações são chamadas de transposição didática, e pode ser dividida em três diferentes níveis:

1. Saber sábio
2. Saber a ensinar
3. Saber ensinado

1 - **Saber sábio**: É o resultado do entendimento do homem diante dos fatos da natureza. É a forma com que o cientista ou um grupo entende a realidade. É o

resultado dos trabalhos, dos diálogos que fazem em busca das respostas necessárias para explicar as observações. Isso é o que chamamos de processo de construção. A partir do momento em que isto é publicado e se torna público, ele vira um produto da ciência, com linguagem e formatação própria. Mas o produto não reflete o processo, visto que não apresenta o contexto em que o cientista está inserido e nem explica sua linha de pensamento no momento de suas investigações. O objetivo do saber sábio é ser aceito como um acervo da humanidade e ser transmitido como conhecimento para futuros profissionais. Para que isso ocorra, o saber sábio passa por um processo de transposição didática, gerando um novo saber, o saber a ensinar (FILHO, 2000).

2 - **Saber a ensinar:** O saber sábio se apresenta por meio de publicações científicas, já o saber a ensinar é exibido por meio de livros e manuais de ensino, com formatações próprias e organizadas, de forma dogmática e a-histórica. No ambiente escolar, este saber se torna um objeto de trabalho para docentes que utilizam-se de livros como base para o preparo de suas aulas. A partir disso, é criado um novo nicho, que através de uma nova transposição didática, o saber a ensinar passa a ser saber ensinado (FILHO, 2000).

3 - **Saber ensinado:** O último saber é o mais instável de todos os três, por se apresentar no ambiente escolar. Este é composto por pais, supervisores, diretores e responsáveis pela instituição que podem exercer influência e pressão no professor, interferindo na forma como é o preparo de sua aula e na forma em que ele a ministra. O saber sábio e o saber a ensinar é caracterizado como uma transposição externa, pois não há interferência do meio em suas ações, já o saber ensinado é denominado como uma transposição interna, devido a essas possíveis fontes de pressão e interferência que podem ocorrer (FILHO, 2000).

Martinand citado por Astolfi (1995) diz que existe um aspecto no saber ensinado de suma importância, denominado de "prática social de referência". Este conceito diz que nós temos a necessidade de relacionar os conteúdos a serem ensinados com o cotidiano e cultura do discente. De forma simples, as atividades do dia a dia, como atividades domésticas, culturais, entre outras servem de referência para resolução dos saberes listados. As analogias são exemplos de relacionar o

cotidiano do estudante com o fenômeno a ser estudado, além de ser uma forma de transposição didática.

## 1.2 Analogias

As analogias de acordo com Duit (1991) são "Comparações de estruturas entre dois domínios", se diferenciando das metáforas, modelos e comparações.

1. **Metáfora:** Figura de linguagem em que haja uma comparação implícita entre dois domínios.
2. **Modelo:** Ferramentas em que os cientistas utilizam para produzir conhecimento e produtos da ciência (MONTEIRO; JUSTI, 2000).
3. **Comparação:** Equiparação de dois conceitos, no qual tem como objetivo relacionar as características semelhantes entre um domínio e um alvo. Elas podem ser consideradas como implícitas e/ou explícitas (MÓL, 1999).
  - 3.1. Implícitas: Quando a relação entre o alvo e o domínio não são compreensíveis. As metáforas e alegorias se encaixam nessa definição.
  - 3.2. Explícitas: Quando a relação entre o alvo e o domínio são claras. Se encaixam nessa definição os modelos e analogias.

Indurkha (1992) diz que as analogias podem ser **simples**, visando apresentar as semelhanças entre dois referentes ou analogias **preditivas**, que mostram a descrição de mais semelhanças além das existentes.

Dagher (1995) descreve as analogias como "Uma família de similaridades, incluindo metáforas, modelos ou símiles". Este tipo de descrição para Mól (1999) é totalmente equivocado, visto que as analogias, apesar de terem semelhanças com as metáforas, modelos e as comparações, não são tão amplas. De acordo com o autor, as analogias têm como objetivo descrever aquilo que pode ser observado do conhecimento com aquilo que não é observado em relação ao mundo em que o cientista procura entender e descrever (MÓL, 1999).

CURTIS e REIGELUTH (1984) descrevem as analogias em cinco níveis de classificação, a saber:

1. Relação analógica



2. Formato da analogia
3. Condição
4. Posição
5. Nível de enriquecimento

**1-Relação analógica:** descreve as relações existentes entre as analogias. Quando possuem uma mesma relação física ou uma similaridade no seu desenvolvimento, classificamos a analogia como uma relação **estrutural**. Quando possuir funções semelhantes, classificamos como uma analogia **funcional**. A combinação entre esses dois tipos de analogias, são chamados de analogias estruturais-funcionais.

**2-Formato da analogia:** as analogias são divididas em dois formatos. Um considerado **verbal**, no qual temos apenas palavras sendo expressas para caracterizar aquela analogia e outro considerado **pictórico-verbal**, onde as palavras são conectadas com figuras de forma a auxiliar o entendimento daquilo que está escrito. Para entender as analogias verbais, é necessário que o estudante crie sua própria imagem daquilo que está sendo descrito, enquanto as pictóricas-verbais utilizam de imagens ou figuras para entender o que está escrito.

**3-Condição:** categorizado como concreto e abstrato, no qual o domínio e o alvo se relacionam em três possíveis combinações, são elas:

3.1: **Concreto/concreto:** Tanto o domínio quanto o alvo são de natureza concreta;

3.2: **Abstrato/concreto:** O Alvo é abstrato e o domínio é de natureza concreta;

3.3: **Abstrato/abstrato:** Ambos, domínio quanto alvo, são de natureza abstrata;

**4-Posição:** Está relacionado à posição do professor em seus discursos. Ele pode apresentar **antes** informações ou instruções que possam facilitar o entendimento da analogia, pode aparecer no **meio** do discurso,

complementando alguma informação para dar prosseguimento no que está explicando ou aparecer no **final** complementando aquela informação passada a fim de melhorar a compreensão dos estudantes.

**5-Nível de enriquecimento:** Pode ser classificado como **simples**, quando o domínio e o alvo têm relações bem similares e a conectividade entre eles é praticamente óbvia, não requer uma explicação muito complexa da parte do professor. Pode ser classificada como **estendida**, no qual vários domínios são utilizados para explicar um único alvo, cada domínio possui uma relação similar com o alvo. Por fim, pode ser classificado como **enriquecido**, onde temos um único domínio com várias relações de similaridade com o alvo.

É importante salientar que nem tudo pode ser considerado uma analogia. Quando algo estiver sendo analisado, de forma a investigar as relações que aquilo tem com um domínio alvo, e isso possuir uma relação apenas de similaridade com um objeto, caracterizando cor ou tamanho por exemplo, isso é apenas uma comparação de aparência (RAMOS, 2014). Caso essa relação seja de comparação entre objetos, temos uma comparação literal, ou seja, é um paralelo criado de forma direta, sem muitos detalhes daquilo que está sendo descrito (GENTNER 1983,1989 citado por RAMOS, 2014).

Quando se fala em analogia, alguns autores pensam em uma análise entre dois domínios sendo comparados com uma relação de igualdade perfeita, mas isso não é correto. O conceito de analogias não é de uma relação de igualdade perfeita entre duas coisas, mas sim de algo que está correlacionado a outro identificando suas similaridades (DUARTE, 2005).

Um problema que se tem ao trabalhar analogias é que muitos docentes, no processo de criação, apresentam conceitos e concepções errôneas, o que compromete a elaboração das semelhanças, prejudicando o processo de ensino – aprendizagem podendo causar concepções alternativas e obstáculos epistemológicos (MOZZER; JUSTI, 2013 citado por RAMOS, 2014).

Assim, para utilização desse recurso, os educadores devem se atentar a três passos em geral (RAMOS; MOZZER, 2017).

1. Certificar que o domínio análogo possui uma relação de **familiaridade** com o educando, ou seja, aquilo que está sendo referenciado seja habitual a quem está ouvindo, faça parte de seu cotidiano ou até mesmo que seja algo que já tenha sido vivenciado pelo discente (DUIT, 1991; MOZZER, JUSTI, 2012);
2. Fazer um levantamento entre as **similaridades dos domínios analisados**, para que haja um direcionamento correto do que está sendo discutido, evitando certas generalizações que podem vir a ocorrer (DUIT, 1991; HAGLUND e JEPPSSON, 2012);
3. Identificar suas **limitações**, saber quais são os potenciais de sua analogia para que não tenha informações irrelevantes se sobressaindo sobre o objetivo real, gerando assim concepções alternativas a quem está ouvindo (GLYNN, 1991; SOUZA *et al.*, 2006).

Dessa forma, quando a analogia é mal utilizada, há um grande risco do estudante identificar apenas os detalhes mais expressivos da analogia, dificultando a compreensão da sua finalidade, se atentando apenas aos pontos positivos e não enxergar suas limitações e falhas (DUIT, 1991; NEWTON, 2000; TREAGUST *et al.*, 1992 citado por DUARTE, 2005).

Entretanto, quando a utilização é feita de forma devida, pesquisadores têm observado um grande potencial desses três passos no processo de aprendizagem dos estudantes, por possibilitar:

- Uma maior organização e desenvolvimento relacionado ao raciocínio lógico do discente, assim como uma maior compreensão de conceitos abstratos;
- identificar concepções alternativas, promover um maior interesse do estudante e poder usar os passos para avaliação dos mesmos quanto ao conteúdo em questão.

Assim, para auxiliar na boa construção de uma analogia, Glynn (1991) citado por Ramos e Mozzer (2017) desenvolveu um modelo chamado “ensinando com

analogias”, que descreve passo a passo de como construir uma analogia. Para um maior detalhamento, o quadro 1 descreve cada um desses passos, explicando-os.

Quadro 1. Passos para uma boa construção de uma analogia

<b>Passos</b>	<b>Explicação</b>
Introduzir o conceito alvo	Descrever qual o objetivo proposto para aquela aula, qual conceito você quer que os estudantes aprendam
Rever o conceito análogo	Apresentar a analogia e observar se os alunos entenderam
Identificar as características relevantes do alvo e análogo	Identificar as similaridades entre os dois conceitos, explicitando seus pontos positivos e negativos
Mapear as semelhanças	Observar as características do conceito com o alvo análogo
Identificar onde analogia falha	Discussão com os estudantes sobre os pontos negativos observados nos passos 3 e 4.
Tirar conclusões	Sintetizar tudo que foi discutido sobre sua analogia

Fonte: adaptado de RAMOS, MOZZER. p. 109. 2018.

Portanto, apesar de ser um facilitador no ensino de ciências, o uso de analogia, como podemos observar, possui uma dificuldade quanto ao seu empenho, pois não pode ser utilizada de forma livre e espontânea. É algo que requer um estudo maior antes de ser empregado (RAMOS, 2014). É importante que os estudantes participem do processo de criação de analogias juntamente com os professores. Dessa forma, os professores introduzem o conceito alvo e relacionam com o conceito análogo, auxiliando os estudantes nas identificações das características das analogias, observando suas limitações e entendendo as similaridades entre os domínios. Assim, é possível também identificar conceitos que podem ter gerado alguma confusão no estudante de modo que ambas as partes se ajudam. O professor pode identificar as falhas que a analogia pode ter, e o estudante obtém uma analogia com uma maior apropriação dos limites.

As analogias utilizadas por professores, alunos e autores de livros possuem relações que se diferem uma das outras, visto que o método de construção de cada uma delas é bem particular (MONTEIRO; JUSTI, 2000). Ao usar uma analogia um professor pode identificar os seus potenciais e as dificuldades que o estudante tem com aquele análogo, podendo ajudar o discente a passar por essas barreiras, esclarecendo e identificando estes pontos. Nessa relação entre professor-aluno, o docente consegue sintetizar todos os passos para uma boa construção de analogia

como descrito por Glynn (1991). Porém, o autor de um livro didático não está em contato diretamente com o aluno, nem com o professor, em seu cotidiano, contexto em que sua coleção de livros está sendo utilizado, o que acaba dificultando a análise de sua analogia, já que não há como fazer ponderações durante seu uso. Além disso, existem fatores externos que estão fora do seu alcance, como por exemplo, saber se aquela analogia é plausível com o cotidiano do estudante, se foi possível identificar as similaridades entre os análogos, bem como as suas diferenças e possíveis falhas que a analogia pode apresentar. Portanto ao utilizar uma analogia em seu livro, seu papel é identificar antes de tudo todas as dificuldades que sua analogia pode apresentar a quem está lendo (MONTEIRO; JUSTI, 2000).

A utilização desordenada de analogias pode acarretar grandes problemas para o ensino. Em um contexto em que o aluno está sempre recebendo analogias prontas sem que haja discussão, pode trazer problemas como aceitação, pois é necessário que antes de tudo essa analogia possua uma relação de familiaridade com o estudante (RAMOS, MOZZER, 2017), que faça parte do seu cotidiano, pois pode ser que ela não seja adequada ao contexto em que o estudante está inserido e dificultar ainda mais sua compreensão do conceito (GLYNN, 1989 citado por DUARTE, 2005). Em situações em que temos um análogo muito similar ao alvo podem ocorrer generalizações, como já foi dito acima, ou pensamentos errôneos que podem levar a um mal direcionamento do conceito que o professor tem o objetivo de ensinar (SOUZA, JUSTI, FERREIRA, 2006 citado por DUARTE, 2005).

Todos os pontos negativos que foram discutidos até o momento, podem ser o que Bachelard denomina de "obstáculos epistemológicos". Esses obstáculos são tudo aquilo que pode gerar alguma dificuldade na construção do conhecimento científico, de modo geral (RAMOS, 2014). A tentativa de fazer um análogo do seu modelo com o cotidiano do estudante acaba extrapolando a abstração necessária para o que Bachelard afirma ser o "Espírito científico", pois diante da nossa realidade o que acreditamos saber com total clareza pode ser ofuscado pelo que realmente deveríamos saber (BACHELARD, 1996). De certo modo, o uso indiscriminado de analogias é um dos grandes fatores para concepções e conceitos errôneos presentes no ensino de ciências.

Entre os temas em que há inúmeros relatos de dificuldade de aprendizagem, encontram-se os modelos atômicos. Isso ocorre por conta da dificuldade em que o estudante tem de relacionar um modelo abstrato com um fenômeno macro (MASKILL, JESUS, 1997 citado por MELO, NETO, 2012). Dentre os modelos atômicos presentes no componente curricular da educação temos o Modelo de Thomson.

### 1.3 Modelo Atômico de Joseph John Thomson

Joseph John Thomson (Figura 1) foi um físico britânico, nasceu em 18 de dezembro de 1856 e faleceu no dia 30 de agosto de 1940, com 84 anos. Iniciou seus estudos aos 14 anos de idade em engenharia pelo *Owens College*, demonstrando então seu interesse pela física, particularmente pela área de teorias atômicas e de combinações químicas, sendo influenciado por John Dalton. Além disso, foi sucessor de Lorde Rayleigh no laboratório de Cavendish onde desenvolveu sua pesquisa sobre a natureza elétrica da matéria e sobre a teoria atômica (LOPES, MARTINS, 2009).

**Figura 1** – Fotografia de Joseph John Thomson



Fonte: <https://trabalhosparaescola.com.br/biografia-de-joseph-john-thomson/>

A partir de 1903, J.J. Thomson começou a investigar a estrutura dos átomos e tentar compreender a distribuição dos elétrons juntamente com os cálculos de

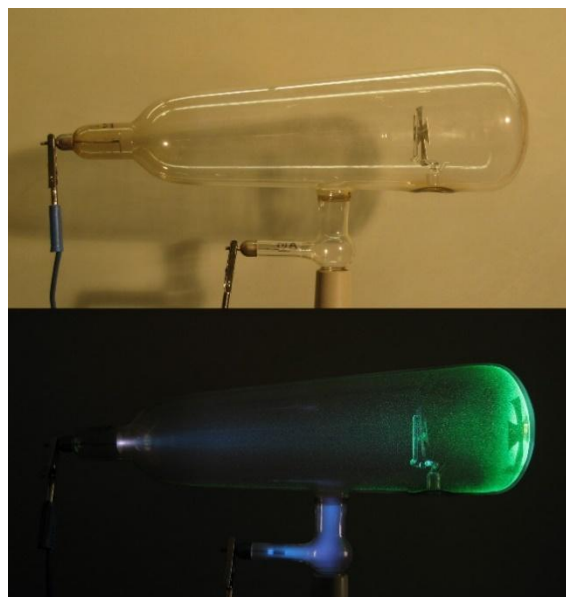
cargas e de massa. Neste período que ele começou a desenvolver sua teoria atômica e seus trabalhos sobre condução de eletricidade.

Thomson afirmava que a base de sua teoria era a eletricidade, e como uma visão geral, ele descrevia o átomo como *“The positive electricity being supposed to occupy a much larger volume than the corpuscles. The properties of an atom of this kind are shown to resemble in many respects those of the atoms of the chemical elements”* (THOMSON, 1907. p. 1).

Supondo que a parte elétrica, carregada positivamente, ocupava um volume muito maior quando comparado com os corpúsculos, as partículas carregadas com cargas negativas, as atrações e repulsões entre as cargas elétricas no átomo seguem a lei do inverso do quadrado da distância, presente no cálculo de cargas elétricas, ressaltando que, essa lei é descrita experimentalmente para cargas de magnitudes muito maiores do que temos em um átomo (THOMSON, 1907).

As cargas negativas que compõem o átomo são chamadas de corpúsculos, e, eles sempre possuem o mesmo tamanho e quantidade de carga elétrica (THOMSON, 1907). Esses corpúsculos foram identificados nos tubos de raios catódicos, ao passar descargas elétricas é possível observar uma luz verde fluorescente. Isso pôde ser mostrado no experimento feito por Sir. William Crookes (Figura 2).

**Figura 2 – Tubos De Crookes**



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tubo\\_de\\_Crookes](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Crookes)

Esse anteparo que está presente no tubo é uma cruz de malta feita de Mica, um minério de alta rigidez dielétrica que serviu para evidenciar que os raios presentes nos tubos têm um percurso linear, pois ao entrar em contato com a Mica, uma sombra é produzida com o formato da Cruz. Thomson (1907) afirma que esses raios catódicos causaram uma grande discussão na época, dividindo cientistas alemães e ingleses. Para os ingleses, esses raios são corpos de natureza elétrica negativa disparados com grande velocidade, já para os alemães esses raios são algum tipo de vibração ou onda. Para Thomson, os raios possuíam cargas carregadas negativamente, pois ao aproximar um ímã, esses raios sofriam uma deflexão acionado pelo positivo do ímã.

Quanto à natureza dessas partículas dos raios, elas sempre produzem um mesmo valor de acordo com a relação Elétron/massa. Esse valor é independente da velocidade e dos eletrodos que usamos nos tubos (THOMSON,1907). A partir desses cálculos ele achou um valor de massa que é 1700 vezes menor que o átomo de hidrogênio, o que foi muito relevante para a época, pois ele mesmo descreve em seu texto que ainda não tinha achado nenhum corpo com massa menor que a do hidrogênio. “*No positively electrified body has yet been found with a mass less than that of a hydrogen atom.*” (THOMSON, 1907. p. 27)

Sendo assim, Thomson (1907) conseguiu evidenciar experimentalmente que existem partículas menores que o átomo. Ou seja, contrariando a teoria de Dalton, o átomo é divisível.

Esses corpúsculos repelem uns aos outros a não ser que haja alguma força que tende a mantê-los juntos. Como os átomos em seu estado fundamental possuem uma neutralidade, esses corpúsculos devem estar em equilíbrio com uma quantidade equivalente de carga positiva (THOMSON,1907). Quando colocada em prática sua teoria, a densidade de carga positiva atrai os corpúsculos do átomo da mesma forma que os corpúsculos repelem uns aos outros (THOMSON,1907).

Since the corpuscles are all negatively electrified, they repel each other, and thus, unless there is some force tending to hold them together, no group in which the distances between the corpuscles is finite can be in equilibrium. As the atoms of the elements in their normal states are electrically neutral, the negative electricity on the corpuscles they contain must be balanced by



an equivalent amount of positive electricity; the atoms must, along with the corpuscles, contain positive electricity (THOMSON, 1907. p. 103).

Thomson (1907) estuda a solução para descrever como esses corpos se mantêm em equilíbrio, aumentando de um a um o número de corpúsculos que contém um átomo. Esses corpúsculos estão dispostos, geralmente, em anéis concêntricos por toda a esfera:

- Quando há apenas um corpúsculo, esse se encontra ao centro da esfera;
- Quando houver dois, eles se irão se situar a um diâmetro do outro;
- Com três corpúsculos vão se localizar de modo a formar um triângulo equilátero;
- Com quatro corpúsculos eles estarão dispostos em um formato de quadrilátero;
- E quando houver cinco, os corpúsculos estarão em forma de um pentágono.

Thomson (1907) demonstra que se o átomo tiver um único anel ele não pode ter mais de cinco corpúsculos no anel. Assim, corpúsculos devem ser colocados no centro da esfera equilibrando essa instabilidade.

Mesmo que tenhamos um valor de seis corpúsculos, por exemplo, a estabilidade pode ser gerada quando colocamos um dos corpúsculos ao centro da esfera. Na figura 3, “n” refere-se ao número total de corpúsculos no átomo, e “i”, os corpúsculos que devem ser colocados no centro para gerar a estabilidade.

Figura 3 – Relação entre corpúsculos no anel e no centro da esfera.

<i>n.</i>	5.	6.	7.	8.	9.	10.	12.	13.	15.	20.	30.	40.
<i>i.</i>	0.	1.	1.	1.	2.	3.	8	10.	15.	39.	101.	232.

Fonte: adaptado de Thomson, 1907. p. 107.

Caso tenha mais de um anel, podemos distribuir os corpúsculos restantes entre esses anéis, como é mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Relação entre corpúsculos e anéis

Corpúsculos totais	60	50	40	30	20	10	5
Anel 1	20	18	16	15	12	8	5
Anel 2	16	15	13	10	7	2	
Anel 3	13	11	8	5	1		
Anel 4	8	5	3				
Anel 5	3	1					

Fonte: adaptado de Thomson, 1907. p.110

## CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

Foram analisados os livros do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018, do PNLD de 2021 e dois livros comumente utilizados no ensino superior do curso de Química, “Química - A ciência central” do Brown *et al.* (13<sup>a</sup> edição, 2016) e “Princípios de Química - Questionando a vida moderna e o meio ambiente” do Atkins & Jones (7<sup>a</sup> edição, 2018) de forma a compreender como o modelo atômico de Thomson é abordado em cada um deles (Quadro 2). Um código (C) foi indicado para cada coleção a fim de facilitar a descrição na análise de resultados.

Quadro 2. Livros para análise

	C	Título	Autor (es)
PNLD 2018	QC18	Química Cidadã - V. 1-3	W. Santos e G. Mól
	V18	Química "Vivá" – V. 1-3	V. L. D. de Novais e M. T. Antunes
	MM18	Química – V. 1 -3	E. F. Mortimer e A. H. Machado
	SP18	Química "Ser Protagonista" – V. 1-3	L. M. Bezerra
	MR18	Química – V. 1-3	M. Reis
	C18	Química – V. 1-3	C. A. M. Ciscato <i>et al</i>
	PNLD 2021	CN21	Ciências da natureza – V. 1- 6
C21		Conexões – V.1-6	M. Thompson <i>et al</i>
D21		Diálogo – V. 1- 6	K. C. dos Santos
SP21		Ser Protagonista- V. 1- 6	A. Fukui <i>et al</i>
MEV21		Matéria, energia e vida – V. 1- 6	E. Mortimer <i>et al</i>
MP21		Moderna Plus- V. 1- 6	J. M. Amabis <i>et al</i>
M21		Multiversos – V. 1- 6	L. Godoy, R. M. D. Agnolo e W. C. Melo
Ensino superior	QCC16	Química - A ciência central	Brown <i>et al.</i>
	PQ18	Princípios de Química - Questionando a vida moderna e o meio ambiente	Atkins e Jones

Fonte: Autor

Serão analisadas as explicações textuais e imagéticas a fim de verificar a transposição didática e constatar se correspondem ao modelo científico coerente com o proposto pelo cientista e se essas explicações fazem uso de analogias. Caso sejam identificadas analogias, serão analisadas à luz dos critérios propostos por CURTIS e REIGELUTH (1984) de **Relação analógica; Formato da analogia; Condição; Posição; e Nível de enriquecimento** e os critérios de RAMOS e MOZZER (2017) de **Familiaridade; similaridades dos**

**domínios analisados; e limitações** descritos na fundamentação teórica.

A pesquisa nos livros, que estavam em formato pdf, foi dividida em três partes, de acordo com a análise de conteúdo interpretada pela visão da autora Laurence Bardin (SANTOS, 2012). A primeira parte, denominada pré-análise, consistiu em definir o *corpus* de análise, o que foi feito inicialmente com o auxílio da ferramenta “Buscar (Ctrl + F)” da palavra-chave “Thomson” e “Pudim de Passas” para que fosse possível separar todas as páginas na qual o referido modelo estivesse presente. A partir dessa identificação inicial foi feita uma leitura flutuante para selecionar quais trechos eram pertinentes para serem usados na análise. Após a seleção foi feita uma leitura profunda do *corpus* a fim de formular hipóteses e elaborar identificadores que permitiriam interpretar o material.

A segunda parte, denominada exploração do material, consistiu em realizar um recorte do *corpus* em unidades de registros, estabelecer as categorias de análise fazendo uso do referencial teórico. Nesse momento, houve um agrupamento das unidades de registros nas categorias identificadas.

Por fim, a terceira parte abarcou a interpretação e inferências das categorias construídas à luz do referencial teórico a fim de responder a seguinte questão de pesquisa: como o modelo atômico de Thomson é apresentado nos livros de Química?

## **CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Na primeira fase da análise, denominada pré-análise, foi definido o *corpus* de análise. Para isso foi feita uma procura com o auxílio da ferramenta “Buscar (Ctrl + F)” da palavra-chave “Thomson” e “Pudim de Passas”. A partir dessa identificação inicial foi feita uma leitura flutuante para selecionar quais trechos seriam usados na análise, ou seja, os trechos que de fato se referiam ao modelo atômico de Thomson. Os resultados podem ser visualizados no *Quadro 3*.

Quadro 3- Volumes que abordam o modelo atômico de Thomson

Livros	Aborda	Não aborda
MR18	Volumes 1	Volumes 2 e 3
SP18	Volumes 1 e 2	Volumes 3
V18	Volumes 1	Volumes 2 e 3
QC18	Volumes 1 e 3	Volumes 2
C18	Volumes 1	Volumes 2 e 3
MM18	Volumes 1	Volumes 2 e 3
CN21	Volumes 1,2 e 5	Volumes 3,4 e 6
C21	Volumes 1	Volumes 2,3,4,5 e 6
D21	Volumes 1	Volumes 2,3,4,5 e 6
MEV21	Volumes 3 e 6	Volumes 1,2,4 e 5
MP21	Volumes 1 e 6	Volumes 2,3,4 e 5
M21	Volumes 1	Volumes 2,3,4,5 e 6
SP21	Volumes 1	Volumes 2,3,4,5 e 6
PQ18	Volume único	-
QCC16	Volume único	-

Fonte: O Autor

De forma geral, é possível perceber que o conteúdo aparece ao menos uma vez em cada coleção. É importante observar também que o modelo atômico de Thomson se localiza principalmente no primeiro volume, mas em algumas coleções ele aparece em outros momentos, como é o caso da coleção **CN21**, que trouxe o assunto em três volumes, as coleções **MP21**, **SP 18**, **MEV21** e **QC18**, que abordaram o tema em dois volumes. Uma possível vantagem em se trabalhar o mesmo conteúdo mais de uma vez é a possibilidade de que, com um maior amadurecimento do estudante, ele consiga assimilar nuances que não haviam sido percebidos na primeira abordagem a depender de como esse conteúdo é apresentado. Outro fator relevante é que nenhuma das 13 coleções deixaram de abordar, de alguma forma, o modelo de Thomson.

Após a seleção foi feita uma leitura profunda do *corpus* a fim de formular hipóteses e elaborar identificadores que permitiriam interpretar o material.

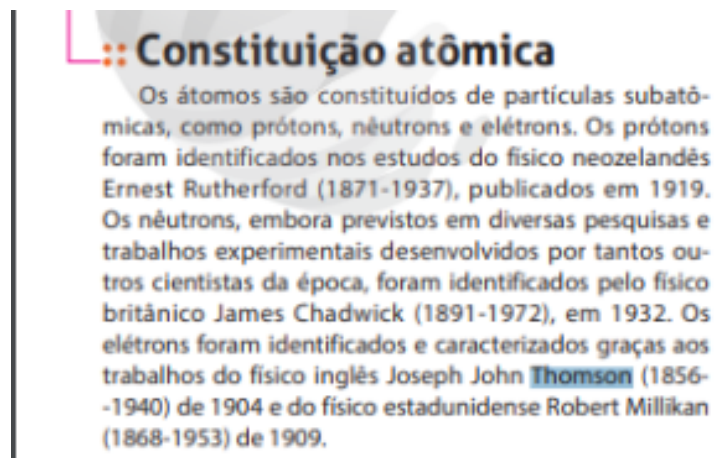
### 3.1. O que é o modelo de Thomson para cada coleção?

A primeira categoria de análise criada foi denominada **Explicação**. Nessa categoria foi verificado se as coleções explicam ou não explicam o referido modelo. Dessa forma, são separadas as coleções que apenas citam das que, ao menos, tentam fazer uma transposição do conceito científico para o livro. Portanto, a categoria foi dividida em duas subcategorias: Explica e não explica.

A **não explica** relaciona aquelas coleções na qual não há explicação sobre o modelo de Thomson. Foi identificado que das 15 coleções apresentadas, apenas CN21 não apresenta uma explicação para o modelo atômico.

A coleção CN21 menciona Thomson em alguns de seus volumes e capítulos, porém não descreve como seria o átomo para o cientista, apenas relata a contribuição do pesquisador em relação aos fenômenos elétricos, a natureza dos raios catódicos e a identificação e caracterização dos elétrons. Mesmo no tópico denominado constituição atômica (Figura 4), não há demonstração do modelo atômico de Thomson.

**Figura 4** - Imagem do livro CN21



Fonte: CN21 p. 22

A **explica** se refere a todas as coleções que explicam o modelo de Thomson de alguma forma. O objetivo era observar quais coleções explicam o modelo de Thomson, sem a preocupação dessa explicação estar correta ou não, questão que será analisada na próxima categoria.

### 3.1.1. Sobre a explicação do modelo atômico de Thomson

Essa categoria, denominada **transposição**, foi dividida em 4 subcategorias: não compreende, Correta, parcialmente correta e incorreta, sendo que:

A **não compreende (NC)** engloba as coleções que não abordam os trabalhos de Thomson relacionados a sua teoria atômica. A coleção **CN21** não fala sobre o modelo de Thomson. Menciona seus trabalhos em pequenos trechos espalhados por todo o livro, mas em nenhum momento é separado um espaço para falar sobre os trabalhos de 1904, a única proximidade que pode ser observada sobre a constituição atômica e os trabalhos de Thomson são trechos e partes de capítulos no qual é falado sobre subpartículas que constituem o átomo e mencionam Thomson como um contribuinte para a identificação e caracterização do elétron. A **QCC16** explicita em seu capítulo apenas os trabalhos de Thomson até o ano de 1897, compreendendo suas contribuições sobre os tubos de raios catódicos e o elétron, mas sua teoria de 1904 não é mencionada em nenhum momento.

A **correta (C)** engloba as coleções que apresentam de forma completa tudo que é abordado no trabalho original de Thomson, ou seja a teoria publicada em 1904 em que descreve o átomo como: (1) uma esfera de massa positiva uniformemente distribuída, (2) corpúsculos negativos dispostos em anéis concêntricos em posições matematicamente calculadas de tal forma que possa ser capaz de estabilizar a carga positiva, partículas essas que estão se (3) movimentando em alta velocidade. Nessa subcategoria foram enquadradas as coleções **QC18 e M21**. O **QC18** (Figura 5) consegue sintetizar em tópicos enquanto a **M21** utiliza de um texto em formato de linha do tempo todos esses três critérios que foram abordados nesta subcategoria: massa positiva, corpúsculos negativos em anéis concêntricos e a velocidade desses corpúsculos no átomo.

**Figura 5:** Imagem do livro QC18

poderiam ser formados por condensação do hidrogênio, Thomson propôs um modelo para os átomos que pode ser sintetizado com as seguintes características:

- O átomo de hidrogênio seria a base para a constituição de todos os outros átomos.
- As cargas dos diferentes átomos seriam sempre múltiplos inteiros da carga do átomo de hidrogênio.
- Os átomos dos diferentes elementos seriam esferas com carga elétrica positiva uniforme.
- Essas esferas conteriam os elétrons dispostos em uma série de anéis paralelos.
- Os anéis conteriam diferentes quantidades de elétrons.
- Os elétrons se movimentariam em alta velocidade em torno de anéis.
- Esses anéis estariam organizados de forma que a maioria dos elétrons ficaria próxima da superfície da esfera e os anéis, com menores quantidades de elétrons, ficariam mais no centro da esfera.

**Fonte: QC18 p. 160**

A **Parcialmente correta (PC)** engloba aquelas coleções que de alguma forma deixaram de mencionar alguma informação importante sobre o modelo atômico de Thomson. Para essa categoria foi identificada apenas a coleção **MR18**, pois apesar de descrever de forma correta a massa de carga positiva e seu equilíbrio com as cargas negativas, assim como o constante movimento desses corpúsculos pelo átomo, falta a informação de onde esses corpúsculos estariam dispostos no átomo.

A **incorreta (I)** engloba coleções que trazem informações incorretas sobre sua explicação do modelo atômico de Thomson. Conforme já foi explicado, os critérios de análise são em relação à massa do átomo (**ma**) e ao elétron (posição (**P**) e movimento (**mo**)). Para essa categoria foram identificadas as seguintes coleções: **C18, MM18, V18, SP18, PQ18, D21, MP21, MEV 21, SP21, e C21**.

Quanto à massa do átomo, todas as coleções nessa subcategoria a classifica de forma errônea, utilizando de características que Thomson não apresenta em seus trabalhos, como citado nas coleções **MM18, MEV21, MP21, SP21, SP18, C18 e D21** em que os átomos são descritos como uma esfera maciça, nas coleções **V18 e C21** como uma esfera sólida e na coleção **PQ18** como uma esfera gelatinosa.

Thomson em nenhum momento descreveu o átomo como sólido, maciço ou gelatinoso, ele apenas especificou que a massa estaria distribuída de forma uniforme e que os elétrons se movimentariam nela.

Quanto a movimentação dos elétrons as coleções **C18 e D21** se mostram corretas, explicitando que os corpúsculos presentes nos anéis concêntricos estão em constante movimentação. **As coleções MM18, V18, SP18, PQ18, MP21, MEV21, SP21 e C21** omitem essa informação, em nenhum momento os autores mencionam a questão da movimentação dos corpúsculos negativos no átomo.



Quanto a posição dos elétrons as coleções **MM18**, **MEV21**, **MP21**, **PQ18**, **SP21** e **SP18** apresentam eles de forma aleatória sobre o átomo sem qualquer menção dos anéis concêntricos ou de como os corpúsculos se organizam para gerar estabilidade para o átomo. Enquanto as coleções **V18** e **C21** omitem a informação, ou seja, não apresentam em seu texto nada relacionado à disposição dos elétrons no átomo, a coleção **C18** e **D21** apresentam a informação correta, dizendo ao leitor que os corpúsculos negativos estão dispostos em anéis concêntricos no átomo.

Um resumo das informações referentes às categorias Explicação e Transposição pode ser observado no Quadro 4. Para a subcategoria incorreta, as informações incorretas foram destacadas em vermelho, enquanto as informações corretas foram destacadas em verde.

Quadro 4. Categorias Explicação e Transposição analisadas no LD

Livros	Explicação		NC	Transposição		
	NE	E		C	PC	I
MR18		X			X	
SP18		X				X ma-maciça mo-omite P-aleatório
V18		X				X ma-sólida mo-omite P-omite
QC18		X		X		
C18		X				X ma-maciça mo-constante P-anéis
MM18		X				X ma-maciça mo-omite P-aleatório
CN21	X		X			
C21		X				X ma-sólida mo-omite P-omite
D21		X				X ma-maciça mo-constante P-anéis
MEV21		X				X ma-maciça mo-omite P-aleatório
MP21		X				X ma-maciça mo-omite P-aleatório
M21		X		X		

SP21		X				X	ma- maciça mo- omite P- aleatório
PQ18		X				X	ma- gelatinoso mo- omite P- aleatório
QCC16		X	X				

Legenda: NE: não explica, E: explica, NC: não compreende, C: correta, PC: parcialmente correta, I: incorreta, ma: massa do átomo, mo: movimento dos elétrons, P: posição dos elétrons.

Fonte: O autor

### 3.1.2. Recurso Visual

Essa categoria aborda a presença ou ausência de imagens que representem o modelo atômico de Thomson. Dessa forma essa categoria foi dividida em duas subcategorias: Presença ou ausência de imagem.

A **Presença de imagem** engloba as coleções no qual é utilizado imagens como uma forma de auxiliar a parte textual da explicação do modelo atômico de Thomson. Dentre as coleções analisadas foram identificadas a presença de imagens nas coleções **MR18, SP18, V18, QC18, D21, MEV 21 e SP21**. E entre essas, a coleção **QC18** (Figura 6) é a única das coleções citadas que tem sua imagem representativa da descrição feita por Thomson. Na figura, é possível observar com uma coloração mais escura a representação dos anéis concêntricos e os corpúsculos negativos dispostos de forma organizada no átomo, assim como descreveu o cientista. Isso coaduna com a relação entre corpúsculos nos anéis e no centro da esfera calculado por Thomson e exemplificado na figura 3 da fundamentação teórica, no qual, se houver sete corpúsculos, um deles ficaria no centro da esfera, enquanto os demais ficariam dispostos no anel de forma a gerar a estabilidade necessária ao átomo.

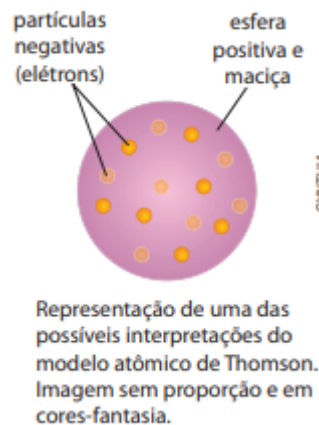
**Figura 6:** Imagem da coleção QC18



Fonte: QC18, Pg 160

As demais coleções (**MR18**, **SP18**, **V18**, **D21**, **MEV21** e **SP21**) não apresentam em suas imagens elétrons dispostos em anéis concêntricos, aliás, os corpúsculos são dispostos de forma desorganizada e aleatória pelo átomo, como é possível observar na figura 7.

Figura 7: Imagem da coleção D21



Fonte: D21, p. 51

Chama atenção a representação imagética no livro **D21** (Figura 7), pois a descrição em relação a posição dos elétrons estava correta, “pequenas partículas negativas, os elétrons, estavam distribuída em circunferências concêntricas” (D21,

p.51), conforme analisamos no quadro 4, porém, ao representá-la houve um equívoco.

Quanto ao critério das **legendas**, as coleções **QC18** e **MEV21** não utilizaram legendas que indicassem ao leitor que aquela representação está fora de escala e que as cores são fantasia. Por outro lado, as coleções **MR18**, **SP18**, **V18**, **SP21** e **D21** (Figura 7) avisam o leitor sobre essas questões. Isso é importante pois, além de Thomson não utilizar nenhuma imagem que represente seu modelo, os átomos não têm cores já que a previsão do modelo é de que a entidade seja menor do que o comprimento de luz visível. Portanto é imprescindível que os autores se atentem para a explanação a fim de evitar a fomentação de concepções alternativas

A **Ausência de imagem** engloba as coleções nas quais não há nenhuma ilustração utilizada pelo autor como forma de auxiliar ou representar a explicação apresentada sobre o modelo atômico de Thomson, são elas: C18, MM18, CN21, C21, MP21, M21, PQ18 e QCC16.

Um resumo do critério **recurso visual** pode ser visualizado no Quadro 5. Quando as informações apresentadas estão condizentes com o esperado de acordo com o modelo atômico, a informação está marcada de verde no quadro.

**Quadro 5.** Análise dos recursos visuais apresentados nos LD

Livros	Recurso Visual		
	Presença	Posição dos elétrons	Cores e Escala
MR18	X	Aleatório	Cita
SP18	X	Aleatório	Cita
V18	X	Aleatório	Cita
QC18	X	Anéis	Não cita
C18	-		
MM18	-		
CN21	-		
C21	-		
D21	X	Aleatório	Cita

MEV21	X	Aleatório	Não cita
MP21	-		
M21	-		
SP21	X	Aleatório	
PQ18	-		
QCC16	-		

Legenda: Fala: refere-se aos textos que explicitam que as cores e a escala dos átomos apresentados não são reais.

Fonte: O Autor

### 3.2. Analogias

As coleções foram lidas de forma a localizar analogias que se referiam ao modelo atômico de Thomson. Assim, como primeiro critério temos a **Presença** de analogias nos livros. Como resultado foi identificado que elas estão presentes nos seguintes livros: MR18, SP18, QC18, MM18, MEV21, SP21, PQ18, ou seja, abarcam aproximadamente 47% das coleções analisadas.

#### 3.2.1. Quais nomes os livros utilizam para cada analogia

A segunda categoria, denominada **Tipo**, visava identificar qual tipo de analogia os livros estavam usando. Foram identificados Pudim de passas/ameixas, Panetone e Melancia

O **Pudim de passas/ameixas** engloba as coleções no qual ele é utilizado como analogia para descrever o modelo atômico de Thomson. Essa analogia, originada a partir de um Jornalista inglês da época no qual a teoria atômica de Thomson foi publicada (HON, GOLDSTEIN, 2013), foi observada nas coleções: **PQ18, SP21, SP18, MR18, MEV21 e QC18**. Portanto, das sete coleções que fizeram uso de analogias, 5 optaram por ela, ou seja, apesar da sobremesa não ser comum na mesa dos brasileiros ela está presente com maior frequência nos livros didáticos quando esses almejam fazer uma transposição didática a partir de analogias da teoria de Thomson.

Outra analogia localizada é a denominada **Panetone**. Nessa a coleção MM18 utiliza o pão natalino como análogo ao modelo atômico de Thomson. A escolha

possivelmente resultou de uma tentativa dos autores em trazer maior proximidade do modelo para a cultura brasileira, tendo em vista ser esse um alimento comum no Brasil durante o Natal. Nessa mesma direção de aproximação com a cultura nacional, foi identificado na coleção **MEV21** a **Melancia** como objeto análogo ao modelo de Thomson. Assim, embora seja uma fruta originária da África, é comum na culinária brasileira e, portanto, tem maior proximidade com nossos estudantes e professores do que o Pudim de ameixas/passas, mais popular na literatura.

### 3.2.2. Representação das analogias

Esta categoria, denominada Representação, foi subdividida em duas subcategorias, a saber: Textual e textual-imagética.

A categoria **Textual** engloba todas as coleções na qual a analogia está presente somente na forma escrita. Dessa forma, foi possível observar que as coleções que se encaixam nesta subcategoria são: **PQ18, SP21, SP18, MR18**. Os autores optaram pela não utilização de ilustrações para justificar a explicação textual presente nas coleções. Portanto, a analogia aparece nos textos do capítulo no qual é explicado o modelo atômico de Thomson.

Importante salientar que das coleções escolhidas para análise, dois autores se repetem do PNLD de 2018 para o PNLD de 2021, um deles é da coleção “Ser protagonista”, que tem sua versão em ambos os programas, e pode se observar que o autor utilizou da mesma abordagem empregada na coleção 2018 para a coleção 2021.

A **Textual-imagética** engloba as coleções na qual a analogia é apresentada tanto na forma textual como na forma ilustrativa. Dessa forma, foi possível observar essa subcategoria presente nas coleções **QC18, MM18, MEV21**. Os autores optaram por trazer além da explicação textual alguma imagem que representasse a analogia na qual eles estavam se referindo, como por exemplo, pudim de passas (**PQ18, SP21, SP18 e MR18**), panetone (**MM18**), melancia (**MEV21**), pudim de ameixas (**QC18**) e a partir dessas figuras eles iam explicando como cada parte dessa imagem era análoga ao modelo de Thomson.

A **MEV21** (Figura 12) é um exemplo de como essa subcategoria aparece nas coleções.

**Figura 12 - Imagem da coleção MEV21**



# Figura 3.8 – Na analogia ao modelo de Thomson, a massa vermelha da melancia corresponderia à esfera com carga positiva uniformemente distribuída, enquanto as sementes da melancia seriam os elétrons.

**Fonte: MEV21 p. 45**

### 3.2.3. Quais livros dizem que a analogia foi mencionada por Thomson

Essa categoria, denominada autoria, foi subdividida em 3 subcategorias: autor, Não autor e omissa.

A **Autor** engloba as coleções na qual afirmam que a analogia descrita foi proposta por Thomson. Essa abarca as seguintes coleções: MEV21 e MM18. Nas coleções os autores apresentam a analogia como sendo algo proposto por Thomson. O livro MEV21 exemplifica isso com um trecho no qual os autores dizem “Thomson propôs, como imagem para seu modelo, um pudim de passas, sobremesa típica do Natal inglês, à época” (MEV21, p. 45), afirmando ao leitor que isso estava escrito nos trabalhos do cientista.

A **Não autor** compreende as coleções em que os autores afirmam que a analogia não foi criada por Thomson. Nessa categoria foi encontrada apenas a coleção SP18 que em seu primeiro parágrafo apresenta um trecho que diz “Este modelo ficou conhecido por **modelo pudim de passas** (nome que não foi dado por Thomson)” (p. 81) avisando ao leitor que apesar de seu modelo ser conhecido dessa forma, não foi o Thomson que apresentou essa analogia.

A **Omissa** não menciona se a analogia foi ou não foi proposta por Thomson. Nessa subcategoria estão as coleções QC18, PQ18, MR18 e SP21, como é exemplificado pelo trecho da coleção PQ18. Podendo deixar uma dúvida em quem está lendo.

Thomson sugeriu um modelo atômico que ficou conhecido como o “modelo do pudim de passas”, segundo o qual um átomo é como uma esfera de material gelatinoso com carga positiva sobre a qual os elétrons estão suspensos, como passas de uva em um pudim (PQ18, p. 3).

Um resumo dos critérios referentes a analogia pode ser visualizado no Quadro

6.

**Quadro 6.** Análise das analogias presentes nos livros didáticos

Livros	Analogia			
	Presença	Tipo	Representação	Autoria
MR18	X	Pudim de passas/ameixa	Textual	Omissa
SP18	X	Pudim de passas/ameixa	Textual	Não autoria
V18	-	-	-	-
QC18	X	Pudim de passas/ameixa	Textual/Imagética	Omissa
C18	-	-	-	-
MM18	X	Panetone	Textual/Imagética	Autor
CN21	-	-	-	-
C21	-	-	-	-
D21	-	-	-	-
MEV21	X	Melancia/ Pudim de passas	Textual/Imagética	Autor
MP21	-	-	-	-
M21	-	-	-	-
SP21	X	Pudim de passas/ameixa	Textual	Omissa
PQ18	X	Pudim de passas/ameixa	Textual	omissa
QCC16	-	-	-	-

Fonte: O Autor



### 3.2.4. Os cinco níveis de classificação de CURTIS e REIGELUTH (1984)

Conforme explicitado na metodologia, as coleções foram também analisadas quanto aos cinco níveis de classificação de Curtis e Reigeluth (1984):

1. **Relação analógica:** Descreve as relações que existem entre as analogias, podendo ser física, classificada como **estrutural**, ou de funções semelhantes, ditas **funcionais**.

O pudim de passas, ou qualquer que seja a variação utilizada pelo livro em análise, tem como objetivo compor uma relação analógica do tipo **estrutural**, no qual os autores procuram obter as similaridades físicas do pudim de passas/ameixas, melancia ou panetone com o átomo de Thomson, fazendo com que a massa do pudim seja a parte positiva do átomo e as passas distribuídas no pudim sejam os corpúsculos negativos (Figura 18).

2. **Formato da analogia:** Podendo ser **verbal**, no qual há a utilização apenas de textos para descrição da analogia ou **pictórico-verbal**, no qual há a utilização de imagens que auxiliam o entendimento do texto utilizado na descrição do modelo.

Quanto ao formato da analogia nos livros analisados, ela se caracteriza como **pictórico-verbal**, ou seja, os autores procuram conectar o que está escrito de forma teórica com imagens, como apresentado pelas coleções **QC18, MEV21 e MM18** enquanto as coleções **SP21, PQ18, SP18 e MR18** são classificadas como **verbal** pois nenhum livro das coleções utilizam uma imagem para representar aquilo que eles estão falando.

3. **Condição:** Relação entre o concreto e abstrato e como eles são combinados de acordo com o domínio análogo e o alvo no qual se direciona a analogia, podendo ser **concreto/concreto**, **abstrato/concreto** ou **abstrato/abstrato**. Nesse caso, a analogia se caracteriza como "**Abstrato/concreto**" no qual nós temos um alvo abstrato que seria o conceito do modelo atômico de Thomson, que temos uma explicação teórica mas não é tangível, e um domínio concreto, que seria o pudim de passas, por exemplo, uma

sobremesa inglesa que nós conseguimos obtê-la de forma concreta para uma análise, independente se o estudante teve contato ou não com essa sobremesa, mas que é possível a pesquisa em livros ou internet e saber seu formato, cor e composição ou até mesmo a execução da sobremesa.

4. **Posição:** Diz respeito a posição do autor em seus discursos, se a analogia será apresentada **antes** do conceito, no **meio** da explicação ou ao **final** da apresentação da teoria. Está relacionado quanto a posição de discurso do professor, ou seja, em qual momento de sua explicação ele introduz a analogia. Nas coleções QC18 e SP21 a analogia é apresentada ao estudante como uma forma de introduzir o assunto a ser tratado, portanto, **antes** da explicação do modelo atômico de Thomson.

As coleções **MEV21 e MM18** introduzem a analogia no **meio** de sua explicação, como uma forma de complementar o que já foi dito e dar suporte para o final da explicação.

As coleções **PQ18, SP18 e MR18** apresentam a analogia no **final** de sua explicação. Como uma forma de justificar tudo aquilo que foi passado com um exemplo que em teoria deveria estar relacionado de forma análoga ao conceito, mas que nestas circunstâncias não estão. Neste caso, o discurso não é do professor, mas sim do autor de cada livro.

5. **Nível de enriquecimento:** Relacionado quanto a simplicidade na apresentação das informações, pode ser **simples** quando o domínio e o alvo tem relações similares, **estendida** quando temos vários domínios para explicar um único alvo e **enriquecida** quando temos um único domínio com várias relações análogas com o alvo. O nível de enriquecimento é classificado como **estendido**, pois temos vários domínios com o intuito de explicar um único alvo. Os domínios são o pudim de passas, melancia, panetone ou pudim de ameixas, que foram os mencionados nos livros analisados e o seu alvo é o modelo de Thomson.

Um resumo da Análise dos níveis de classificação de CURTIS e REIGELUTH (1984) pode ser visualizado no Quadro 7.

**Quadro 7.** Análise dos níveis de classificação de CURTIS e REIGELUTH (1984)

Livros	Analogia				
	Relação	Formato	Condição	Posição	Nível
MR18	Estrutural	Verbal	Abstrato/Concreto	Final	estendido
SP18	Estrutural	Verbal	Abstrato/Concreto	Final	estendido
QC18	Estrutural	Pictório-Verbal	Abstrato/Concreto	Antes	estendido
MM18	Estrutural	Pictório-Verbal	Abstrato/Concreto	Meio	estendido
MEV21	Estrutural	Pictório-Verbal	Abstrato/Concreto	Meio	estendido
SP21	Estrutural	Verbal	Abstrato/Concreto	Antes	estendido
PQ18	Estrutural	Verbal	Abstrato/Concreto	Final	estendido

Fonte: O Autor

### 3.2.5. Três passos descritos por RAMOS e MOZZER

O critério a ser analisado é quanto aos três passos que (RAMOS; MOZZER, 2017) descrevem:

1. **Familiaridade:** No qual é observado se aquele domínio análogo é habitual ao cotidiano do estudante.

O pudim de passas ou pudim de ameixas, mencionado nas coleções QC18, PQ18, SP18, SP21 e MR18 é uma sobremesa tradicional inglesa, utilizadas em eventos e festas importantes, faz parte da cultura deles (HON, GOLDSTEIN, 2013) portanto não há a possibilidade dessa analogia possuir algum tipo de familiaridade com os estudantes brasileiros, porém a MEV21 e MM18 utilizam de variações dessa analogia, trocando o pudim de passas por melancia (MEV21) e Panetone (MM18) com o intuito de deixar mais familiar a quem está lendo, que apesar de ser uma analogia tão errônea quanto ao pudim de passas, ela traz uma relação de familiaridade com o estudante brasileiro, visto que é uma fruta e uma sobremesa que faz parte do cotidiano no Brasil.

2. **Similaridade dos domínios analisados:** Identificar as possíveis similaridades existentes entre o alvo e o domínio, dando um direcionamento correto daquilo que realmente deve ser utilizado como similar.

O átomo de Thomson é esférico, mas o pudim e a melancia não possuem essa perfeição quanto a sua forma esférica. Há também outras disparidades que são importantes de serem mencionadas, essas frutas e sobremesas possuem cores, algo que o átomo não possui. As passas ou ameixas que compõe o pudim, apesar de serem uma forma análoga de relacionar com os corpúsculos presentes no átomo, assim como as sementes da melancia desempenham o mesmo papel, estão todas de forma desordenada, aleatória e não possuem qualquer tipo de movimento, característica que seu modelo apresenta, visto que os corpúsculos negativos estão se movimentando pela esfera. Por fim, toda a massa que compõe o pudim ou a parte comestível da melancia seriam a massa positiva do átomo que está presente em maior quantidade, mas nesses casos a massa seria sólida/gelatinosa/maciça, informação essa que não confere com o modelo de Thomson, portanto há mais discrepâncias do que equivalências.

3. **Limitações:** Identificação dos potenciais de sua analogia e descarte de informações que são irrelevantes para sua analogia.

Existem várias limitações no qual essas analogias apresentam, inicialmente, os trabalhos de Thomson são totalmente teóricos e matemáticos, sem qualquer tipo de ilustração ou imagem do que possa ser o seu modelo, portanto é muito complicado utilizar frutas, sobremesas, ou qualquer coisa relacionada com o intuito de dar forma e estrutura para seu modelo atômico. Outro ponto importante é que essas analogias possuem cores, a melancia é vermelha, o pudim tem uma cor bege, e essas marcações pode fazer com que os estudantes pensem que o átomo possui cor. A questão das sementes, ameixas ou passas como uma representação dos corpúsculos pode dar a entender que os corpúsculos estão de forma desordenada e aleatória, o que não se caracteriza como verdadeiro, visto que os próprios trabalhos de Thomson mostram os cálculos que ele realizou para que ele chegasse à conclusão de que esses corpúsculos estariam em anéis concêntricos no

átomo, com números específicos de corpúsculos em cada anel até gerar a estabilidade do átomo. Por exemplo, a melancia que é utilizada pelo livro **MEV21**, tem várias limitações quanto ao seu uso, inicialmente a sua casca, ela cobre toda a melancia e faz com que as sementes estejam dentro da fruta, mas os corpúsculos não estão somente no interior do átomo, elas podem estar tanto no centro quanto nas extremidades, dispostas no anel concêntrico, que é outra limitação dessa analogia, não tem nada que represente este anel, e muito menos os corpúsculos nele.

## Capítulo 4 - Considerações finais

É possível considerar que, comparado ao modelo original do átomo de Joseph John Thomson, publicado em 1904, nenhum dos livros analisados segue com afinco o modelo teórico-matemático apresentado em seu trabalho. Porém é importante salientar que de acordo com os critérios que escolhemos e as análises feitas, algumas coleções conseguiram chegar no objetivo proposto pelo presente trabalho. Utilizaram de terminologias e palavras corretas para nomear o átomo e as partículas que o compõem, fizeram as relações corretas e chegaram à conclusão que Thomson queria com seu modelo atômico. Das coleções analisadas, **QC18 e M21** se enquadram nos critérios corretos que exigimos para avaliar se o modelo apresentado nos livros estava de acordo com o modelo de Thomson.

A segunda análise feita foi quanto ao uso de analogias para a explicação de seu modelo. Não são todas as coleções que utilizaram desse recurso para complementação na explicação do modelo atômico. Aquelas que utilizaram foi possível observar uma falta de cuidado tanto quanto a escolha da analogia e sua explicação, quanto em dizer que a analogia não foi mencionada por Thomson. A utilização da analogia sem um estudo prévio, uma preparação e testes sobre ela pode ser prejudicial para o processo de ensino-aprendizagem, isso pode ser observado pelos critérios que foram analisados, a falta do contato com o estudante e o professor é um fato a ser levado em conta, visto que essas analogias passaram pela análise apenas de um dos pilares da criação de uma boa analogia, os autores da coleção.

Podemos concluir que há pontos bons e ruins em todas as coleções, portanto é importante que os autores tenham um cuidado maior na criação dos livros, investindo em uma melhor transposição didática e na escolha de analogias que estarão presentes nas coleções. Enquanto essas mudanças não ocorrem, é dever do professor estar sempre atento quanto a esses equívocos pontuados neste trabalho, e contudo, chamar à atenção para esses erros e esclarecer eles em sala de aula com os estudantes.

## REFERÊNCIAS

1. **RAMOS, T. C.; MOZZER, N. B.** Análise do Uso da Analogia com o “Pudim de Passas” Guiado pelo TWA no Ensino do Modelo Atômico de Thomson: considerações e recomendações. **Química Nova na Escola**, [S.L.], p. 106-115, 2018. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/01048899.20160111>.
2. **SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. C. e FERREIRA, P. F. M.** Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os estudantes pensam a partir delas. **Investigação em Ciências**, v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006
3. **THOMSON, J. J.** On the structure of atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. **Philosophical Magazine**, série 6, v. 7, n. 39, p. 237-265, 1904a. Electricity and matter. New York: Charles Scribner’s Sons, 1904b
4. **DUARTE, M. C.** ANALOGIAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTRIBUTOS E DESAFIOS. **Investigações em Ensino de Ciências**, Braga, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005.
5. **BACHELARD, G.** A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
6. **CURTIS, R. V. e REIGELUTH, C. M.** (1984), The use of analogies in written text, *Instructional Science*, 13, 99–117.
7. **DAGHER, Z. R.** (1995), Does the use of analogies contribute to conceptual change?, *Science Education*, 78(6), 601–4.
8. **DUIT, R.** (1991), On the role of analogies and metaphors in learning science, *Science Education*, 75(6), 649–672.
9. **FARIAS, M. E; BANDEIRA, K. S.** O USO DAS ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E DE BIOLOGIA. *Ensino, Saúde e Ambiente*, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 60-71, 1 dez. 2009.
10. **LOPES, Cesar V. M.; MARTINS, R. A.** J. J. THOMSON E O USO

DE ANALOGIAS PARA EXPLICAR OS MODELOS ATÔMICOS: O 'PUDIM DE PASSAS' NOS LIVROS TEXTO. Encontro nacional de Química

11. **ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C.** Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ), [s. l.], p. 1-10, 25 jul. 2016.
12. **THOMSON, J. J.** The corpuscular theory of matter. [S. l.: s. n.], 1907.
13. **FILHO, Jose.** REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA APLICADAS AO LABORATÓRIO DIDÁTICO. Caderno Catarinense de Ensino de Física, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 44-58, 1 ago. 2000.
14. **CHEVALLARD, Yves.** SOBRE A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS. Revista de Educação, Ciências e Matemática, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 1-14, 1 ago. 2013.
15. **HON, Giora; GOLDSTEIN, Bernard.** J. J. Thomson's plum-pudding atomic model: The making of a scientific myth. Annalen der physik, [S. l.], p. 129-133, 1 nov. 2013.
16. **ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M.** A didática das ciências. São Paulo: Papyrus, 1995
17. **MONTEIRO, I.; JUSTI, R.** Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. Investigações em ensino de Ciências. v.5, n. 2, p.1-24, 2000. Disponível em: . Acesso em: 12/02/2010.
18. **INDURKHYA, B.** (1992). Metaphor and Cognition. An Interactionist Approach. Dordrecht: Kluwer.
19. **MÓL, G. S.** O uso de analogia no ensino de química. 1999. 284 f. Tese (Doutorado em Educação em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1999.
20. **MOZZER, N. B. e JUSTI, R.** Students' pre-and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. International Journal of Science Education, v. 34, n. 3, p. 429-458, 2012
21. **HAGLUND, J. e JEPSSON, F.** Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics. Journal of Research in Science Teaching, v. 7, n. 49, p. 898-921, 2012.
22. **Glynn, S.** (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. Em Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). The Psychology of Learning Science. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.



23. **MELZER, et al.** ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. MODELOS ATÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: OBSTÁCULOS À APRENDIZAGEM?. [S.l.]. [S. l.: s. n.], 8 nov. 2009.
24. **SCALCO, K. C.; CORDEIRO, M. R; KIILL, K. B.** Representações Presentes nos Livros Didáticos: Um Estudo Realizado para o Conteúdo de Ligação Iônica a Partir da Semiótica Peirceana. **Química nova na escola**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 134-142, 29 abr. 2014.
25. **CHEVALLARD, Y; JOHSUA, M.-A.** Un exemple d'analyse de la transposition didactique: la notion de distance. **Recherches en Didactique des Mathématiques Grenoble.** , [s. l.], v. 3, n. 2, 1982.
26. **RAMOS, T. C.** ANÁLISE DA ANALOGIA DO “PUDIM DE PASSAS” E DO MODELO “ENSINANDO COM ANALOGIAS” NO CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA. Orientador: Nilmara Braga Mozzer. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Graduado em Licenciatura em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal de Ouro Preto, [S. l.], 2014.
27. **DOS SANTOS, F. M.** ANÁLISE DE CONTEÚDO: A VISÃO DE LAURENCE BARDIN. **Revista Eletrônica de Educação**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 383-387, 2012.



