

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Licenciatura em Ciências da Natureza para os Anos Finais do Ensino Fundamental

THAÍS SPERB MÜLLER

**ESTRUTURA DA MATÉRIA E A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE AS ESTRATÉGIAS PARA O
ENSINO DA QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Porto Alegre
2022

THAÍS SPERB MÜLLER

**A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E A ESTRUTURA DA MATÉRIA:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE AS ESTRATÉGIAS
PARA O ENSINO DA QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Trabalho de conclusão como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências da Natureza para os Anos Finais do Ensino Fundamental do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Daniele Trajano Raupp

Porto Alegre
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Müller, Thaís Sperb

A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E A ESTRUTURA DA
MATÉRIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DAS ESTRATÉGIAS PARA
O ENSINO DA QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO
FUNDAMENTAL / Thaís Sperb Müller. -- 2022.

43 f.

Orientadora: Daniele Trajano Raupp.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Licenciatura em Ciências da Natureza,
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Estrutura da matéria. 2. Modelos atômicos. 3.
Estratégia de ensino. I. Raupp, Daniele Trajano,
orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

THAÍS SPERB MÜLLER

A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E A ESTRUTURA DA MATÉRIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DAS ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DA QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Trabalho de conclusão como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências da Natureza para os Anos Finais do Ensino Fundamental do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Daniele Trajano Raupp

Aprovada em: Porto Alegre, 16 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Daniele Trajano Raupp - Doutora em Educação em Ciências
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Luana Carina Benetti - Doutora em Física da Matéria Condensada
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

José Ribeiro Gregório - Doutor em Química
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Este trabalho objetiva apresentar uma revisão sistemática de literatura a respeito das estratégias de ensino e dos principais problemas relacionados com o ensino dos modelos atômicos e dos princípios básicos dos constituintes da matéria (átomos e partículas subatômicas), com base na Análise de Conteúdo de artigos publicados na Revista Química Nova na Escola no período de 2011 a 2020. Estes artigos indicam a dificuldade dos alunos na compreensão de conceitos microscópicos, prejudicando o desenvolvimento de conteúdos mais abstratos, também realizam críticas aos livros didáticos, inclusive sobre o uso inadequado de analogias, ao utilizarem termos que os alunos não estão familiarizados ou por não compreenderem a relação existente. Os resultados desta revisão indicam como estratégia de ensino o uso de simuladores, vídeos e a confecção de estruturas de substâncias químicas utilizando miçangas. Como síntese geral, pode-se afirmar que o uso destes recursos didáticos tende a tornar a aula mais dinâmica, criativa e desperta o interesse do aluno, principalmente quando o professor cria a possibilidade de aplicar ou relacionar o conteúdo com conceitos que façam parte do cotidiano destes.

Palavras-chave: Estrutura da matéria. Modelos atômicos. Estratégia de ensino. Átomo. Partículas subatômicas.

ABSTRACT

This work aims to present a systematic literature review on the teaching strategies, and the main problems related to the teaching of atomic models and the basic principles of matter (atoms and subatomic particles), which are based on the Content Analysis of articles published in the *Química Nova na Escola* from 2011 to 2020. These articles indicate the students' difficulty in understanding more abstract microscopic concepts, which can prejudice their development in even more abstract content, they also present criticisms didactic books about and the use of analogies, when using, for example, terms that students are not familiar, or not understanding existing relationships between concepts. The results of this review indicate a teaching strategy use of simulations, videos and the making of structures of chemical substances using beads. As a general synthesis, it can be said that the use of these didactic resources tends to make class more dynamic and peaks student's interest, especially when the teacher creates the possibility of applying or relating the content with the concepts that are part of their daily life.

Keywords: Structure of matter. Atomic models. Teaching strategies. Atom. Subatomic particles

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática do elemento químico.	12
Figura 2 - Comparação molecular entre substâncias simples, composta e mistura.	13
Figura 3 - Triângulo: ilustração dos três níveis de pesquisa.	14
Figura 4 - Diagrama do fluxo de seleção de artigos.	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVO GERAL	8
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.3	JUSTIFICATIVA	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	MODELOS ATÔMICOS	10
2.2	ÁTOMOS E SUAS SUBPARTÍCULAS	11
2.3	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA	12
2.4	OS DESAFIOS DO ENSINO DA COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA	13
3	METODOLOGIA	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1	MODELOS ATÔMICOS	21
4.2	ESTRUTURA DA MATÉRIA	26
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6.	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Nos Anos Finais do Ensino Fundamental, que abrange o 6º ao 9º ano, os estudantes, nas aulas de Ciências, são inseridos dentro de três unidades temáticas organizadas da seguinte forma: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Essas três temáticas se repetem ao longo dos anos, contudo a complexidade evolui progressivamente.

Assim, a área de Ciências da Natureza é constituída por diversos saberes capazes de auxiliar na compreensão e no estudo de fenômenos observados na natureza, sejam eles biológicos, físicos ou químicos (BRASIL, 2017).

Contudo, é somente no 9º ano que os estudantes iniciam o estudo dos conceitos químicos em um universo microscópico, a partir do ensino de Estrutura da Matéria, com enfoque no átomo, nas partículas subatômicas, na evolução dos modelos atômicos e na composição de moléculas simples.

Essa transição do mundo macroscópico para o microscópico, requer o uso de modelos representativos, para que, de acordo com Bernadelli (2020) os professores possam consolidar conceitos com exemplos e técnicas apropriadas, promovendo ao estudante significativa interpretação dos conceitos apresentados. E futuramente, para que estes, ao ingressarem no Ensino Médio, apresentem melhor compreensão das teorias e dos conceitos da química.

Nesse sentido, o modo como o professor apresenta o conteúdo de Estrutura da Matéria, precisa levar em consideração a abstração existente na faixa etária dos estudantes do 9º ano, entre 14 e 15 anos (BERNADELLI, 2020).

Portanto, tendo em vista que os conceitos químicos abordados na última etapa do Ensino Fundamental servirão de base para o Ensino Médio, este trabalho busca a partir de uma Revisão Sistemática de Literatura, investigar as estratégias e metodologias que estão sendo utilizadas em sala de aula e que facilitem a compreensão destes conceitos microscópicos, e que podem contribuir para despertar o interesse do estudante para o ensino de química.

Este trabalho apresenta, além deste capítulo de introdução, o capítulo 2, com a fundamentação teórica; o capítulo 3, com a metodologia; o capítulo 4, com os resultados e discussões; e por fim um último capítulo, com as considerações finais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo identificar as estratégias e metodologias utilizadas no ensino do conteúdo de Estrutura da Matéria, a partir da revisão sistemática de literatura de trabalhos publicados na Revista Química Nova na Escola no período de 2011 a 2020. A pergunta de investigação que norteia este estudo é: *Quais são as estratégias utilizadas para o ensino dos modelos atômicos e dos princípios básicos relacionados aos constituintes da matéria?*

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos temos:

- a) Realizar revisão sistemática de literatura em periódicos da revista Química Nova na Escola (QNEsc) sobre como o conteúdo de Estrutura da Matéria vem sendo trabalhado na educação básica - conteúdo abrange os modelos atômicos, o átomo, as partículas subatômicas e a composição de moléculas simples (substâncias simples e compostas);
- b) Investigar as estratégias didáticas e os recursos utilizados como metodologia no ensino de Estrutura da Matéria e Modelos Atômicos;
- c) Identificar os principais problemas relacionados ao modelo de ensino atual dos conteúdos Estrutura da Matéria e Modelos Atômicos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A justificativa para desenvolver o presente trabalho deve-se ao fato de que, segundo Reis e Silva (2015), o estudo da estrutura da matéria é a chave para a compreensão conceitual dos modelos atômicos, das ligações e transformações químicas, entre outros conceitos fundamentais da química. Por isso o tratamento inadequado destes conceitos, ainda na disciplina de ciências nos anos finais do ensino fundamental, pode acarretar prejuízos no processo de aprendizagem do aluno, quando na realidade estes conceitos deveriam ser incorporados de forma significativa, facilitando a ancoragem dos demais conceitos de química no Ensino Médio (BERNADELLI, 2020).

Dessa forma, compreender como professores e pesquisadores da área de ensino de ciências têm estruturado suas práticas docentes de modo a promover a aprendizagem desses conceitos, pode ser uma contribuição para os licenciandos e docentes de Ciências da Natureza.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão definidas as principais teorias atômicas, a partir da apresentação de um breve histórico sobre a evolução dos modelos atômicos; as principais partículas subatômicas do modelo nuclear atual; a classificação da matéria quanto a sua composição; e por fim os principais desafios para o ensino desses conceitos.

2.1 MODELOS ATÔMICOS

Uma das primeiras teorias atômicas foi proposta por John Dalton entre 1803 e 1808, na qual Dalton descreve que a matéria é constituída por átomos, e que os átomos são como esferas simples, como bolas de bilhar - maciças, esféricas e indivisíveis (ATKINS, 2018).

Em 1897, ao realizar vários experimentos com raios catódicos, J. J. Thomson evidencia de forma experimental a estrutura interna dos átomos, descobrindo nos átomos a presença de partículas ainda menores, posteriormente denominadas de elétrons (com carga elétrica negativa e de massa desprezível). No entanto, em 1898, Thomson percebeu que o átomo é eletricamente neutro, logo este precisa conter uma carga positiva para neutralizar a negativa. Com isso, sugeriu um novo modelo atômico "gelatinoso com carga positiva, sobre a qual os elétrons estão suspensos" (ATKINS, 2018).

Por volta de 1908, durante experimentos utilizando elementos que emitem partículas de carga positiva (partículas alfas), Ernest Rutherford e dois de seus estudantes perceberam que

Embora quase todas as partículas α (alfa) passassem e sofressem eventualmente um desvio muito pequeno, cerca de 1 em cada 20.000 sofria um desvio superior a 90° , e algumas poucas partículas voltavam na direção da trajetória original. "Foi quase inacreditável", declarou Rutherford, "foi como se você disparasse uma bala de canhão de 15 polegadas contra um lenço de papel e ela rebatesse e o atingisse" (ATKINS, 2018).

Assim surgia um novo modelo atômico, no qual Rutherford descreve o átomo como "um centro muito pequeno e denso de carga positiva, o núcleo, era envolvido por um volume muito grande de espaço praticamente vazio que continha os elétrons" (ATKINS, 2018).

Por fim, em 1913, Niels Bohr buscava uma explicação para justificar as diferentes cores emitidas por diferentes gases, quando expostos a uma voltagem elevada. Após diversos experimentos, Bohr fundamenta seu modelo nos seguintes postulados (BROWN, 2016):

1. os elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas circulares;
2. um átomo tem um número limitado de órbitas denominadas níveis ou camadas de energia;
3. a energia é emitida ou absorvida pelo elétron apenas quando o elétron muda de um estado de energia permitido para outro, isto é, quando ocorre a transição de um elétron de um nível para o outro;
4. quando o elétron retorna ao seu nível energético original, libera a mesma quantidade de energia absorvida anteriormente, na forma de onda eletromagnética.

Em 1932, James Chadwick propôs a existência do nêutron, uma partícula subatômica sem carga e localizada no núcleo do átomo. E com isso, o átomo passa a ser caracterizado por três partículas subatômicas principais: elétrons, prótons e nêutrons (BROWN, 2016).

2.2 ÁTOMOS E SUAS SUBPARTÍCULAS

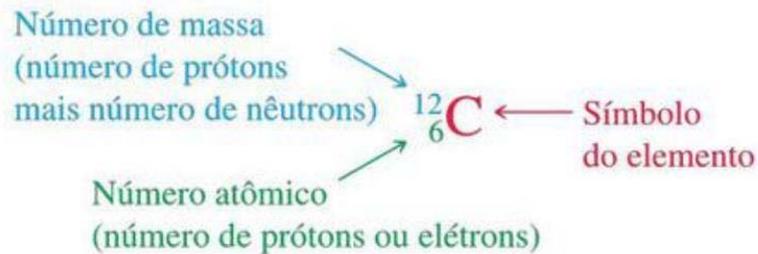
Os átomos são essenciais no estudo dos fenômenos químicos, por isso conseguir obter informações a respeito da sua estrutura e composição podem revelar informações bastante relevantes, contudo é preciso estar familiarizado com a evolução dos modelos atômicos.

Após a evolução dos modelos atômicos, o modelo nuclear atual mostra que o átomo é constituído por partículas subatômicas, sendo as mais importantes: o elétron (carga negativa), o próton (carga positiva) e o nêutron (sem carga).

Cada elemento químico apresenta um número característico, denominado número atômico. O número atômico é o número de prótons do átomo de qualquer elemento específico. Como o átomo no estado fundamental não apresenta carga elétrica (positiva ou negativa), o número de elétrons deve ser igual ao número de prótons. Enquanto os "átomos de um dado elemento podem ter variados números de nêutrons e, conseqüentemente, massas diferentes", isso porque o número de massa

é determinado pelo somatório do número de prótons e nêutrons, conforme representado no esquema a seguir (Figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática do elemento químico.



Fonte: BROWN (2016, p. 51).

Portanto, cada elemento é composto por um único tipo de átomo, e toda matéria existente no mundo é formada a partir de combinações de cerca de 100 elementos. Logo, quando dois ou mais átomos se unem ocorre a formação de moléculas (BROWN, 2016).

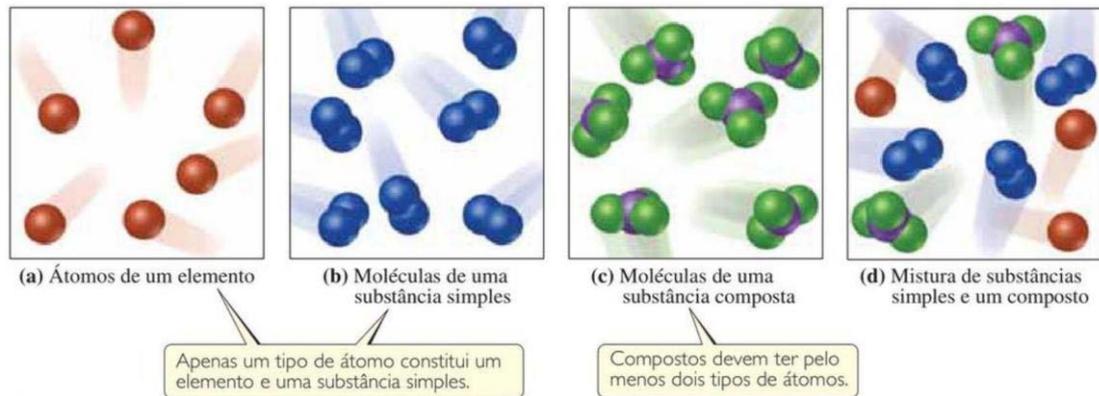
2.3 COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA

Uma das principais formas de classificação da matéria é quanto a sua composição, podendo estas serem classificadas como: substância simples, composta ou mistura. De acordo com Brown (2016), as substâncias simples são formadas por apenas um tipo de átomo (um único elemento); e as substâncias compostas são formadas por dois ou mais átomos diferentes (dois ou mais elementos).

Substâncias puras, ou somente substâncias, é a matéria cujas propriedades específicas, bem como a sua composição não sofrem variações, mesmo quando diferentes amostras são analisadas. E as misturas são combinações de duas ou mais substâncias, e nestes casos, cada substância mantém as suas propriedades específicas (BROWN, 2016).

A comparação molecular conforme a composição da matéria pode ser representada da seguinte forma (Figura 2).

Figura 2 - Comparação molecular entre substâncias simples, composta e mistura.



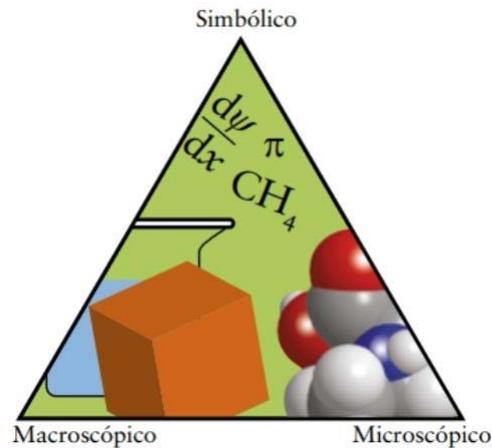
Fonte: BROWN (2016, p. 7).

2.4 OS DESAFIOS DO ENSINO DA COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA

No Ensino Fundamental, os conceitos químicos são introduzidos no 9º ano, porém no 8º ano os alunos já se deparam com o termo elétron, quando são trabalhados os circuitos elétricos e a geração de energia.

Segundo Atkins (2018), a química funciona em três níveis: o macroscópico, o microscópico e o simbólico, de modo que: "o químico pensa no nível microscópico, conduz experimentos em nível macroscópico e representa as duas coisas por meio de símbolos". Esses níveis representacionais são mais detalhados nos trabalhos de Johnstone (1991) e Gilbert e Treagust (2009): o nível macroscópico corresponde às representações adquiridas a partir da experiência sensorial direta, com informações provenientes dos sentidos. Descreve, basicamente, as propriedades empíricas dos sólidos, líquidos (incluindo soluções), coloides etc. O nível microscópico está relacionado às representações abstratas (átomos, íons, moléculas de radicais livres). Já no nível simbólico as representações expressam os conceitos com o uso de fórmulas, equações entre outros. Estes três níveis estão representados como um triângulo (Figura 3), e "À medida que a compreensão dos conceitos da química aumentar, o mesmo acontecerá com a capacidade de viajar comodamente pelo triângulo, ligando, por exemplo, uma observação de laboratório aos símbolos impressos em uma página e às imagens mentais de átomos e moléculas" (ATKINS, 2018).

Figura 3 - Triângulo: ilustração dos três níveis de pesquisa.



Fonte: ATKINS (2018, p. F3).

O átomo é a unidade fundamental da química, a grande maioria dos conceitos e definições desta ciência fazem alusão a ele, e pouco pode ser compreendido sem levá-lo em conta. Portanto, é essencial entender suas características, sua composição e principalmente compreender a evolução da teoria dos modelos atômicos (ATKINS, 2018).

Porém os átomos são invisíveis ao olho humano, e por isso são utilizados modelos para representá-los, conforme especifica a habilidade EF09CI03 da nova Base Nacional Comum Curricular (2017):

Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição dos átomos e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica (BRASIL, 2017, p. 351).

Contudo, de acordo com Bernadelli (2020), ainda que o uso de modelos para a mediação dos conceitos abstratos seja uma prática comum no ensino de química, o aluno não aprende somente olhando para um modelo, isso porque o ser humano, de modo geral, aprende mais com a construção e a manipulação de um modelo. Logo, quando os alunos estão envolvidos com atividade de elaboração de modelos, além de permitir a visualização dos conceitos abstratos, o modelo construído permite que o aluno explore e teste o seu objeto de estudo.

Diante disso, Crestani *et al* (2016), destacam a importância da utilização de atividades lúdicas no ensino, contribuindo para que o aluno exercite essa imaginação. De acordo com os autores, “o uso do lúdico pode motivar os alunos e despertar maior interesse sobre os conteúdos apresentados pelo professor, além de facilitar a contextualização com assuntos do cotidiano”.

Para Rocha e Cavicchioli (2005), a natureza abstrata e não intuitiva destes conceitos é incompatível com o nível de aprendizado dos estudantes nessa faixa etária, principalmente pela dificuldade de “visualizar corretamente o mundo microscópico e à ausência de referenciais que os ajudem nesse esforço de abstração”.

Como recursos didáticos lúdicos, Crestani *et al* (2016) sugerem atividade prática de construção de moléculas utilizando balas de goma; Rocha e Cavicchioli (2005) propõem o uso de miçangas de cores e tamanhos diferentes para a construção de moléculas, uma estratégia alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, enquanto Silva *et al* (2019), que apesar de apresentarem estratégia de ensino para o ensino de química orgânica, sugerem o uso do kit de peças para montagem de modelos moleculares, contudo este recurso também pode ser utilizado para a construção de moléculas.

A fim de complementar a atividade prática de construção de moléculas, Crestani *et al* (2016), sugerem a utilização de um software educacional que simula a representação de estruturas, o simulador "Monte uma molécula", disponível na plataforma Phet Colorado. De acordo com os autores, recursos tecnológicos despertam o interesse dos alunos, além disso, os alunos podem analisar e comparar as moléculas do simulador com aquelas construídas com as balas de goma.

Oliveira *et al* (2014) também concordam que a grande parte dos conteúdos de química do Ensino Fundamental envolvem conceitos abstratos e complexos, portanto sugerem o uso de recursos tecnológicos no ensino de ciências, e também citam como objetos digitais de aprendizagem os simuladores da plataforma Phet Colorado, como o "Monte um átomo" - utilizado para desenvolver conceitos de modelagem atômica, demonstrando a importância das partículas subatômicas (elétrons, prótons e nêutrons) na formação do átomo, bem como a estabilidade do átomo e a formação de íons; e o "Espalhamento de Rutherford" - utilizado para simular o experimento de Rutherford. Para estes autores, os simuladores auxiliam a prática pedagógica dos professores, além de dinamizar o aprendizado dos alunos.

Para o ensino de modelos atômicos, Silva e Gonçalves (2019) também sugerem o uso de simulador computacional como ferramenta capaz de facilitar o processo de ensino aprendizagem, pois estes apresentam representações gráficas de fenômenos que ocorrem a nível submicroscópico. Portanto, o uso dos simuladores,

como os da Phet Colorado, pode proporcionar aos alunos condições para compreender os conceitos científicos que exigem um alto grau de abstração.

Por fim, de acordo com Silva e Gonçalves (2019)

é preciso que as novas tecnologias sejam inseridas de forma mais efetiva na formação dos futuros professores nas aulas de metodologias do ensino para que os mesmos possam conhecer melhor os benefícios e limitações que esse recurso pode apresentar e assim deixarem de produzir metodologias ultrapassada, ¹⁶⁰é preciso também que as novas tecnologias sejam abordadas em programas de formação continuada que são oferecidos para antigos professores possibilitando assim que estes repensem a sua prática abrindo caminho para o uso do novo (SILVA e GONÇALVES, 2019).

3 METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma pesquisa de natureza básica, no qual a abordagem sobre o problema foi qualitativa, com objetivo exploratório e descritivo. Como procedimento técnico foi utilizado a pesquisa bibliográfica (PRODANOV, 2013).

A revisão sistemática de literatura é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados literaturas relacionadas a uma pergunta científica de investigação. De acordo com Sampaio e Mancini (2007):

Esse tipo de investigação [revisão sistemática] disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada (SAMPAIO; MANCINI, 2007, p. 84).

Para a realização desta revisão foram considerados os três passos introdutórios, definidos por Sampaio e Mancini (2007):

- 1º) Definir a pergunta de investigação;
- 2º) Buscar as evidências: inicialmente a partir da definição de termos ou palavras-chave, seguida pela busca de literatura;
- 3º) Revisar e selecionar os estudos a partir de critérios de inclusão e exclusão definidos com base na pergunta de investigação.

A pergunta de investigação, ou seja, a pergunta base que norteou esta revisão foi: Quais são as estratégias utilizadas para o ensino dos modelos atômicos e dos princípios básicos relacionados aos constituintes da matéria?

Para a realização deste processo de revisão sistemática, foi realizada uma busca por periódicos nacionais disponíveis na Revista Química Nova na Escola (QNEsc), uma plataforma acessível ao público em geral, principalmente aos educadores, representando um importante meio de pesquisa, pois disponibiliza diversos artigos sobre o ensino e a aprendizagem de química. O período de seleção de periódicos foi de 2011 a 2020 e as palavras-chave utilizadas foram: estrutura da matéria, substância simples, substância composta, moléculas, modelos atômicos, ligações químicas. Na Tabela 1 são listados os números de artigos encontrados para cada palavra-chave utilizada.

Tabela 1 - Número de publicações encontradas por palavras-chave.

Palavra-chave	Número de publicações encontradas na Revista Química Nova na Escola
Substância simples	9
Moléculas	14
Modelos atômicos	25
Ligações químicas	9
Total de artigos	57

Fonte: Autora (2021).

Para a seleção dos artigos, foram considerados os seguintes critérios: recorte temporal de 10 anos; contemplar o conteúdo de modelo atômico ou estrutura da matéria como tema principal, apresentar estratégia ou metodologia para a contextualização no ensino.

A análise de conteúdo foi baseada na Análise de Conteúdo de Laurence Bardin, na qual a autora resume a AC em três fases, de acordo com Sampaio e Lycarião (2021):

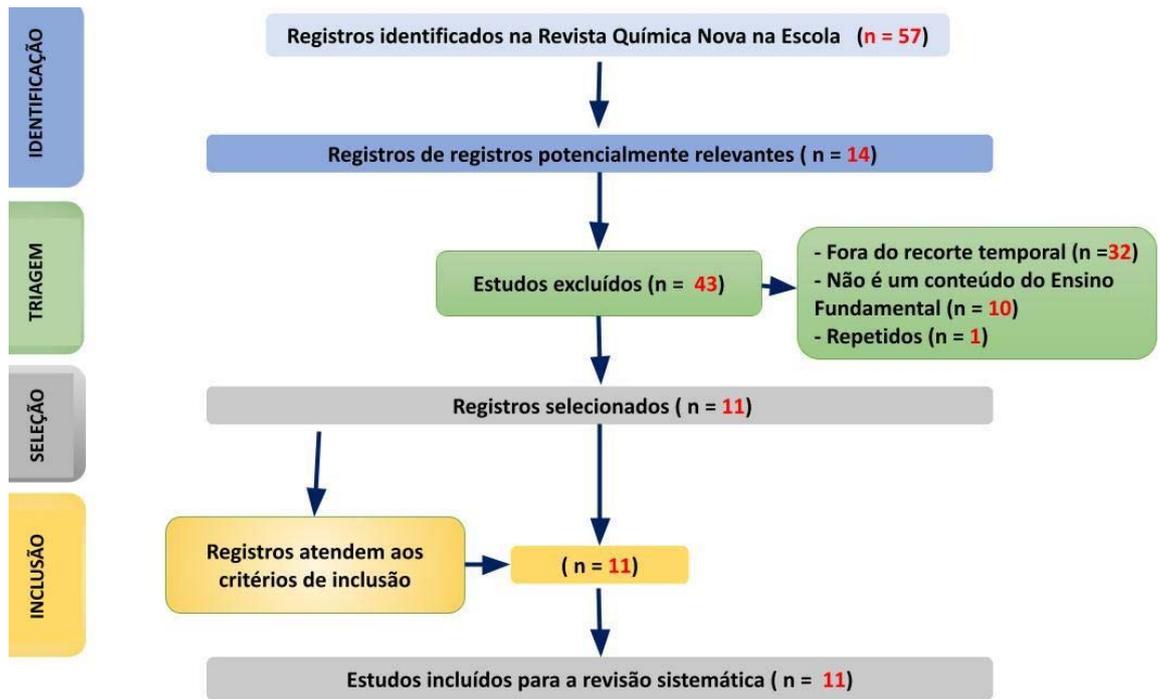
Primeira Etapa: pré-análise. [...] Consiste num processo de escolha dos documentos ou definição do corpus de análise; formulação das hipóteses e dos objetivos da análise; elaboração dos indicadores que fundamentam a interpretação.

Segunda Etapa: exploração do material ou codificação. [...] dados brutos são transformados sistematicamente e agregados em unidades, as quais permitem uma descrição exata das características pertinentes aos conteúdos expressos no texto.

Terceira etapa: Tratamento dos resultados. [...] colocar em relevo as informações fornecidas pela análise, por meio de quantificação simples (frequência). (BARDIN, 1977 *apud* SAMPAIO; LYCARIÃO, 2021, p. 47)

Na primeira etapa, a pré-análise, um total de 57 artigos publicados na revista Química Nova na Escola foram identificados (Apêndice A). Dessa forma, a etapa consistiu na análise dos resumos e leitura flutuante dos textos, para realização do processo de escolha dos documentos. Foram excluídos 43 artigos, porque tratavam de conteúdos que não são abordados no 9º ano, como por exemplo o estudo da termoquímica, dos processos oxidativos e das interações intermoleculares; ou que estavam fora do recorte temporal. Portanto, a partir desta pré-análise, foram definidos 14 artigos como corpus de análise para a leitura na íntegra durante a segunda etapa de exploração do material. Destes 14 artigos, 11 foram selecionados para o estudo da revisão sistemática. O diagrama do fluxo de seleção (Figura 4) representa esta seleção de artigos e as causas de exclusão.

Figura 4 - Diagrama do fluxo de seleção de artigos.



Fonte: A Autora (2021)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização da pré-análise e exploração, 11 artigos passaram a constituir o *corpus* de pesquisa e estão sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Artigos que compõem o *corpus* de análise.

Nº	Título	Autor(es)/Ano
1	O conceito de substância química e seu ensino	Renata R. D. Bellas, Indman R. L. Queiroz, Luiza R. F. C. Lima, José Luis P. B. Silva, 2019.
2	Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química	Letícia S. Pereira e José Luís P. B. Silva, 2018.
3	Análise do Uso da Analogia com o “Pudim de Passas” Guiado pelo TWA no Ensino do Modelo Atômico de Thomson: considerações e recomendações	Tatiana C. Ramos e Nilmara B. Mozzer, 2018.
4	Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química	Adriano Silveira Machado, 2016.
5	Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa	Nilma S. Silva, André C. Ferreira e Kátia P. Silveira, 2016.
6	Concepções sobre substância: Relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos	João R. R. T. da Silva e Edenia M. R. do Amaral, 2016.
7	Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia	Glenda R. da Silva, Andréa H. Machado e Katia P. Silveira, 2015.
8	Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química	Marlene Rios Melo e Edmilson Gomes de Lima Neto, 2013.
9	Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos	Saulo França Oliveira, Noel Felix Melo, José Tatiano da Silva e Elder Alpes Vasconcelos, 2013.
10	Abordagem dos Conceitos Mistura, Substância Simples, Substância Composta e Elemento Químico numa Perspectiva de Ensino por Situação-Problema	Cristiana de Castro Lacerda <i>et al</i> , 2012.
11	Cibercultura em ensino de química: Elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos.	Anna M. C. Benite, Claudio R. M. Benite e Supercil M. da Silva Filho, 2011.

Fonte: A Autora (2021).

Como este trabalho teve como objetivo principal identificar estratégias e metodologias utilizadas no ensino do conteúdo de estrutura da matéria e modelos atômicos, a partir da revisão sistemática de literatura de trabalhos publicados na Revista Química Nova na Escola, conforme descrição realizada na metodologia, os resultados foram agrupados, de acordo com a proposta principal dos artigos, nas

seguintes categorias: estrutura da matéria e modelos atômicos, como mostra o Gráfico 1. Portanto, serão apresentados nos seguintes tópicos: modelos atômicos e estrutura da matéria. E para esclarecer os resultados obtidos, cada tópico possui a descrição de como os artigos selecionados apresentam suas contribuições a fim de atender os objetivos deste trabalho.

Gráfico 1 - Categorias elaboradas conforme a proposta principal dos artigos.

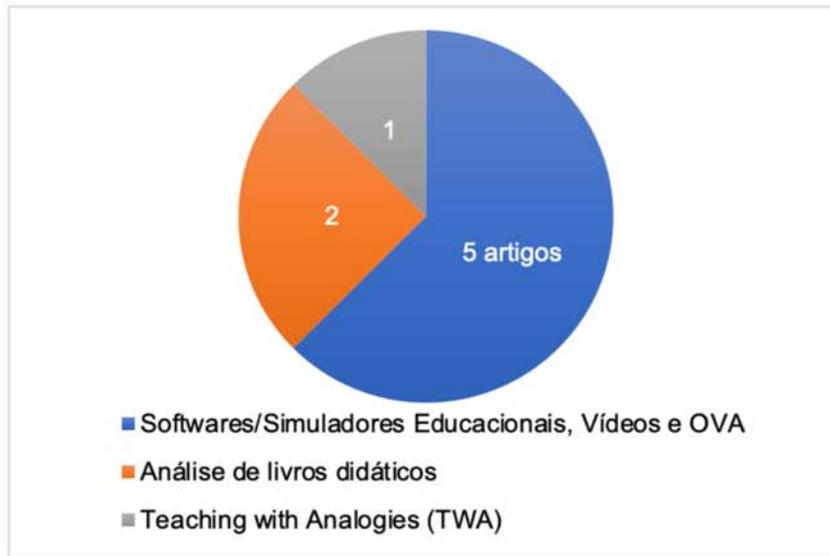


Fonte: A Autora (2021).

4.1 MODELOS ATÔMICOS

Sobre modelos atômicos foram selecionados como *corpus* de pesquisa 8 artigos, destes: 5 utilizam softwares (simuladores virtuais), vídeos ou objeto virtual de aprendizagem (OVA) como ferramenta de estratégia de ensino (artigos: 4, 5, 7, 9 e 11); 2 apresentam análise de livros didáticos (artigos: 2 e 8); e 1 analisa os efeitos do uso do modelo *Teaching with Analogies* (TWA) sobre a compreensão dos estudantes a respeito da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson (artigo: 3), conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Principais temas abordados nos artigos sobre os modelos atômicos.



Fonte: A Autora (2021).

Sobre o uso de softwares como recurso didático, os autores trazem que estes podem tornar as aulas mais dinâmicas e criativas, facilitando a aprendizagem do aluno. Contudo no artigo 7, Silva e colaboradores (2016) salientam sobre o uso destes recursos:

[...] o uso da informática nas escolas não pode ser vista como a solução para todos os problemas educacionais brasileiros nem como uma panaceia para a educação. Destacam que apesar da possibilidade de seu uso como uma importante aliada do professor, não podemos delegar-lhe a função de transmitir os conhecimentos aos alunos, pois a função do professor como mediador da elaboração do conhecimento é fundamental (SILVA *et al*, 2016).

Por isso, Silva e colaboradores (2016) consideram fundamental o diálogo entre o professor e o aluno, tendo em vista o desafio de garantir a participação ativa dos alunos durante a aula.

No artigo 4, Machado (2016) também destaca o emprego de tecnomídias como recurso que comporta aspectos de comunicação e informação atrelados às tecnologias. Para o autor, os softwares educacionais (SE) são excelentes ferramentas de apoio, e quando aplicadas corretamente pelos professores é capaz de promover a aprendizagem científica, além de reforçar a ação docente de forma significativa. Estes SE podem ser utilizados em diversos conteúdos, conforme o autor enfatiza:

O emprego de SE permite a simulação, a demonstração e as variáveis envolvidas nos fenômenos em que a matéria é transformada, em que são constatadas situações envolvendo a análise de arranjos geométricos, ligações químicas, atomística, processos físico-químicos, química orgânica, entre outros assuntos abordados pela química como ciência investigativa (MACHADO, 2016).

Nos artigos 7 (SILVA *et al*, 2015) e 5 (SILVA *et al*, 2016), os autores buscam engajar os alunos nas atividades a partir de uma abordagem investigativa, enquanto Oliveira e colaboradores (2016) no artigo 9, utilizam a estratégia de aprendizagem cooperativa, a partir do método Jigsaw.

No entanto, ambos autores utilizam além de vídeos, o simulador Espalhamento de Rutherford, desenvolvido pela PhET da *University of Colorado-Boulder* e disponível gratuitamente através do site: <https://phet.colorado.edu/>. Estes avaliam o uso deste software como algo positivo para o desenvolvimento de conteúdos mais abstratos, pois promovem uma estimulação significativa na capacidade dos alunos quanto à compreensão dos aspectos envolvidos na evolução dos modelos atômicos. Segundo Silva e colaboradores (2016), esta estimulação é fundamental principalmente porque:

No estudo dos modelos para o átomo, é difícil contemplar o foco fenomenológico, uma vez que não existem muitos experimentos ou observações simples de serem realizados em sala de aula (SILVA *et al*, 2016).

Para Silva (2016), “a simulação é uma forma de mediação distinta que serve para relacionar os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições” (GIORDAN, 2008 apud SILVA, 2016). Logo, o resultado será positivo quando ocorrer uma conexão entre o submicroscópico e a visualização de sua representação, isto é, quando a simulação através de softwares permitir que os alunos observem os fenômenos submicroscópicos como se eles estivessem enxergando o átomo.

O autor complementa, que estas simulações são capazes de trazer diferentes resultados aos alunos e desta forma, é capaz de auxiliar no entendimento da evolução dos modelos atômicos através das considerações que cada modelo traz sobre a constituição da matéria.

O artigo 5, também faz referência ao uso do simulador Balões e Eletricidade Estática, desenvolvido pela PhET da *University of Colorado-Boulder*, para facilitar a visualização da natureza elétrica das cargas.

Diferente dos demais artigos que utilizam softwares com simuladores, o artigo 11 versa sobre a elaboração de um objeto virtual de aprendizagem (OVA) desenvolvido para o ensino de modelos atômicos. De acordo com os autores, objetos virtuais de aprendizagem também podem ser definidos como qualquer recurso, suplementar ao processo de aprendizagem, que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem. “Nas quais podem ser incluídos jogos, áudio, vídeos, gráficos, imagens

desenvolvidas para serem usados e reutilizados em diferentes contextos de aprendizagem" (BENITES *et al*, 2011).

Para estes autores, ao contrário da memorização, a intenção com o OVA é promover nos alunos o exercício do pensar e de se expressar corretamente, a partir da interpretação do enunciado e solucionando o que está sendo proposto na atividade, utilizando um forte apelo visual através das mídias apresentadas.

Nos artigos 2 (PEREIRA *et al*, 2018) e 8 (MELO *et al*, 2013), os autores criticam os livros didáticos, principalmente pela abordagem histórica dos modelos atômicos nos livros, ignorando os debates ocorridos ao longo dos séculos sobre a realidade atômica (antiatomismo) e assim apresentando as teorias atômicas de maneira pouco crítica. Para Pereira, a importância das controvérsias para o ensino de química é fundamental para que os alunos percebam a existência de opositores à teoria atômica e suas motivações para tais questionamentos. E a partir disso, abordar o desenvolvimento dos modelos atômicos, com o objetivo de mostrar que a ideia de átomo nunca foi um consenso" (PEREIRA *et al*, 2018).

Melo e colaboradores (2018), no artigo 8 propõem que:

Uma das razões para as incompreensões de modelos atômicos pode estar relacionada a como os livros didáticos abordam o conceito de modelo, pois esses livros são considerados um dos mais importantes instrumentos didáticos utilizados nas escolas, com conseqüente efeito nas relações de ensino e aprendizagem, já que a maioria dos professores tem no livro didático um referencial para a elaboração de suas estratégias de ensino.

E os autores complementam que a não compreensão dos modelos atômicos pelos alunos, pode fazer com que estes entendam que "o átomo foi descoberto e então estudado, quando na verdade o átomo não foi descoberto, mas sua teoria foi construída" (MELO *et al*, 2013).

Tendo em vista a relevância dos modelos atômicos no ensino de química como uma criação científica apoiada em experimentos, simulações e cálculos matemáticos, o artigo 8 também ressalta a importância destes modelos para explicar e prever o comportamento macroscópico da matéria. No entanto, é fundamental que os alunos compreendam que quando determinado fenômeno não for mais justificado ou previsto por um modelo, faz-se necessário a adequação deste. A partir desta adequação, surgem novas teorias que resultam em um novo modelo, que não substitui, mas sim complementa e atualiza o anterior. E assim, o professor consegue mostrar o caráter dinâmico da química (MELO *et al*, 2013).

Conforme relatado por outros autores, o artigo 8 também discute sobre a dificuldade dos alunos no que diz respeito a estabelecer relações entre o modelo atômico e a estrutura da matéria, visto que estes não conseguem utilizar um modelo conceitual e abstrato para compreender fenômenos microscópicos. Por isso, os autores sugerem "iniciar o ensino de química pela explicação de como os modelos científicos se constituem historicamente como criações mentais de um mundo invisível", a fim de melhorar os modelos mentais dos alunos.

O artigo 3 (RAMOS *et al*, 2018) analisa os efeitos do uso do modelo *Teaching with Analogies* (TWA) sobre a compreensão dos alunos da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson.

Para estes autores, as analogias podem ser ferramentas valiosas, tendo em vista a complexidade dos conceitos abstratos no ensino de química. Desta forma as analogias "atuam como pontes conceituais para o entendimento dos conceitos científicos pelos estudantes" (RAMOS *et al*, 2018).

No entanto, os autores ressaltam que ao contrário do que se pensa e muitas vezes se difunde, essa analogia não foi proposta por Thomson, mas sim há indícios de que ela tenha surgido em 1906, a partir do relato de um repórter anônimo. Além disso, há a falta de familiaridade dos estudantes com o análogo “pudim de passas”, portanto, os autores afirmam

Assim, a forma como essa analogia vem sendo abordada no contexto do ensino de Química, aliada à falta de familiaridade dos estudantes com o análogo e o limitado poder explicativo dessa analogia (que se restringe a facilitar a compreensão de um único aspecto do alvo), pode, ao contrário de sua finalidade, dificultar a compreensão do modelo atômico de Thomson. (RAMOS, *et al* 2018).

O artigo 8, também cita a analogia do pudim de passas com o modelo atômico de Thomson, contudo os autores destacam que nem sempre esta analogia é utilizada de maneira adequada, sendo que, na maioria das vezes os alunos não compreendem a relação existente, portanto considera que "o uso de analogias envolve também a discussão das limitações destas" (MELO *et al*, 2013).

Nesse sentido, os autores do artigo 3 advertem

Que uma das possíveis razões pelas quais as analogias não são apresentadas, ou para que não seja dada a devida importância a elas no ensino, pode ser o fato de não se saber fazê-lo. Seu importante papel no processo de aprendizagem muitas vezes é negligenciado pelo fato de não se conseguir mapear (fazer o levantamento das correspondências) *explicitamente* as relações de similaridade entre o análogo e o alvo.

Portanto, os autores sugerem para a aplicação do modelo TWA, o uso de análogo de algo que faça parte do cotidiano dos alunos, isto é, o uso de análogos familiares a eles.

Por fim, também sugerem

[...] a *criação, crítica e refino* de analogias pelos estudantes como uma possibilidade promissora para se trabalhar as analogias no ensino de Ciências e, em específico, a analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Isso porque, para que os estudantes possam criar, criticar e refinar suas próprias analogias, eles necessariamente terão que conhecer as evidências (ou algumas delas) que embasaram o modelo científico proposto (RAMOS, *et al* 2018).

Outros estudos mostram os benefícios do uso de software, como por exemplo o trabalho de Silva e Gonçalves (2019), apresentado no VI Congresso Nacional de Educação. Segundo os autores, o uso de simuladores como os disponíveis na plataforma PhET Colorado, mostraram-se muito eficazes no ensino de conceitos científicos que exigem um alto grau de abstração.

O uso de simulação computacional como metodologia de ensino de química além de possibilitar que o professor renove sua prática tornando a aula mais interessante possibilitar também que o aluno compreenda melhor o conteúdo, isso ocorre pelo fato de que as simulações vão trazer representações gráficas de fenômenos que ocorrem a nível submicroscópico (SILVA e GONÇALVES, 2019).

4.2 ESTRUTURA DA MATÉRIA

Dos 11 artigos que passaram a constituir o *corpus* de pesquisa, 3 apresentaram como tema principal conteúdo referente à estrutura da matéria, abordando conceitos importantes para o ensino de química, como: mistura, substância simples e composta, átomos, moléculas e íons.

Destes, o artigo 10 (LACERDA *et al*, 2012) utiliza como estratégia de ensino o uso de miçangas para representar as estruturas de diferentes substâncias químicas, com o objetivo de tornar concreto os modelos representacionais. De acordo com os autores, é relevante apresentar aos alunos diferentes abordagens para diferenciar substâncias simples e compostas de elemento químico, e com isso, é fundamental tratar o conhecimento de forma contextualizada, provocando mobilização, motivação e aprendizagem nos alunos. Além disso, os autores relatam as suas percepções quanto a influência do aspecto lúdico da atividade, pois alunos normalmente tímidos tornam-se mais participativos, promovendo discussões em grupos.

Nos artigos 1 e 6 (BELLAS *et al*, 2019; SILVA *et al*, 2016) os autores realizam críticas sobre a forma como alguns conceitos químicos, tais como: substância, mistura, átomos, moléculas e íons, são abordados no ensino de química. No artigo 1, mais especificamente, os autores analisaram coleções de livros didáticos de Química, os quais concluíram que nenhum dos livros didáticos analisados apresenta o conceito de substância de modo totalmente satisfatório e completo. Situação preocupante segundo os autores, porque:

Os livros didáticos são os materiais aos quais os estudantes brasileiros possuem maior facilidade de acesso, uma vez que são distribuídos gratuitamente na rede pública escolar da Educação Básica pelo Ministério da Educação. Sendo assim, pode-se supor que constituam seus principais materiais de estudo, por meio dos quais os estudantes terão a possibilidade de aprender os conceitos ensinados na escola (BELLAS *et al*, 2019).

Enquanto que no artigo 6, os autores buscam analisar e identificar a natureza das concepções de alunos e professores sobre o conceito de substância, principalmente quanto a dificuldade de aplicação destas concepções diante de situações em um contexto científico, isto é, de que forma concepções e contextos estão associados e como estes podem ser aplicados inclusive no cotidiano, alcançando uma aprendizagem mais significativa em sala de aula. Conforme os autores relatam:

O aluno dificilmente abandona suas concepções informais, mesmo depois de ter estudado e aplicado um conceito científico em algum momento da sua vida escolar. Podemos atribuir essa resistência ao fato de que ele parece não perceber a aplicabilidade de conceitos científicos em situações do dia a dia, enquanto que algumas de suas concepções informais são úteis em determinados contextos. No entanto, essas concepções se apresentam limitadas quando este está diante de situações em um contexto científico (SILVA *et al*, 2016).

A fim de possibilitar ao aluno a aplicação dos conceitos em situações do cotidiano, os autores do artigo 10 abordam conceitos de mistura, substâncias (simples e composta) e elemento químico, relacionando-os com uma temática vinculada ao contexto dos alunos, com o objetivo de desenvolver o interesse pela ciência. Neste caso, a escolha dos autores pela agricultura, com ênfase em fertilidade do solo, ocorre em função de que os pais da maioria destes alunos trabalham neste segmento. Além disso, essa temática também possibilita momentos de discussão e reflexão em grupo, a partir, por exemplo, da polêmica envolvendo agrotóxicos e alimentos transgênicos.

Com isso, os autores do artigo 10 reforçam a importância do modo como os conteúdos científicos podem despertar a curiosidade do aluno, a partir do momento que os professores contemplem em suas aulas situações problemáticas que retratam temas importantes da sociedade na qual estes alunos estão inseridos.

Outra estratégia importante, também utilizada pelos autores do artigo 10, com objetivo de facilitar a transição entre os níveis macroscópico e microscópico, envolve o uso de miçangas de cores e tamanhos diferentes para a confecção de estruturas de diversas substâncias químicas, tendo em vista que:

[...] as interações dos alunos com modelos concretos representacionais das substâncias químicas com miçangas foram valiosas para que eles identificassem substância simples, substância composta e elemento químico na atividade (LACERDA *et al*, 2012).

Para estes autores, a atividade com miçangas pode ter contribuído para um bom desempenho da turma, pois a maioria dos grupos de alunos apresentaram mais de 50% de acertos nas atividades propostas.

O uso de modelos concretos para a representação de moléculas de substâncias são recursos utilizados em outros estudos e também buscam auxiliar os alunos na visualização das moléculas tridimensionais, conforme Silva (2019) propõe em seu estudo, apresentado no 59º Congresso Brasileiro de Química, a partir da utilização de kit de modelos moleculares como recurso didático.

[...] o professor deve criar e incentivar a prática pedagógica fundamentada em diferentes metodologias, o uso de modelos moleculares como recurso didático para melhorar o aprendizado de conceitos químicos que envolvem química e estrutura molecular. [...] a utilização deste método proporcionou melhorias na aprendizagem (SILVA, 2019).

Crestani e colaboradores (2016), na Mostra Gaúcha de Produtos Educacionais, apresentam como alternativa didática a construção de moléculas utilizando balinhas de goma como recurso didático. Os autores também sugerem o uso de software educacional que simula a representação dessas estruturas, o "Monte uma molécula", disponível na plataforma Phet Colorado. De acordo com os autores

Uso de software – para complementar a atividade de construção de modelos o professor poderá utilizar um software educacional “Construção de Moléculas”, a fim de que os alunos utilizem outro recurso que auxilie na compreensão desse conteúdo. Dessa forma os alunos utilizam também um recurso tecnológico, a informática que desperta muito interesse dos alunos no dia a dia. Através do software os alunos podem comparar as suas estruturas montadas com a maneira que o software apresenta as moléculas, abrindo maior espaço para discussão sobre esses conceitos (CRESTANI *et al*, 2016).

De acordo com os artigos, o uso de recursos didáticos variados no ensino de estrutura de matéria, tendem a contribuir de forma bastante significativa a assimilação e a imaginação dos alunos, principalmente àqueles que têm dificuldade para construir um modelo de estrutura mental ou até mesmo um desenho. Com isso Rocha e Cavicchioli (2005), destacam:

Esse problema de aprendizado se deve à dificuldade, por parte dos estudantes, de visualizar corretamente o mundo microscópico e à ausência de referenciais que os ajudem nesse esforço de abstração. As

consequências, que incluem problemas em entender os conceitos de átomo e elemento químico e em distinguir corretamente entre substâncias simples e compostas, se arrastam durante as séries seguintes do Ensino Médio. (ROCHA e CAVICCHIOLI, 2005).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi realizada uma revisão sistemática de literatura de artigos publicados na Revista Química Nova na Escola no período de 2011 a 2020, a fim de investigar as estratégias que vêm sendo utilizadas para o ensino dos Modelos Atômicos e dos princípios básicos relacionados aos constituintes da matéria, além de identificar os principais problemas relacionados ao modelo de ensino atual destes conteúdos.

Entre os artigos analisados sobre a temática da Estrutura da Matéria, destacou-se a metodologia de ensino que propõe aos alunos a construção de modelos para representar as estruturas de diferentes substâncias químicas, no intuito de estabelecer uma conexão entre os modelos abstratos e os modelos concretos, no qual constatou-se o uso de miçangas para a construção destas estruturas. No entanto, outros periódicos também sugerem o uso de massa de modelar, balas de goma e o kit molecular como recursos alternativos. Contudo, todos destacam a importância de utilizar cores e tamanhos diferentes para a confecção destas estruturas, com o objetivo de diferenciar os átomos de diferentes elementos.

Ainda sobre as estratégias didáticas para o ensino de Estrutura da Matéria, diversos autores também sugerem o uso de simuladores da plataforma Phet Colorado, como o "Monte um átomo", que possibilita a montagem de átomos contendo prótons e nêutrons no núcleo e distribuindo elétrons na eletrosfera, e o "Monte uma molécula", que permite, a partir de átomos de diferentes elementos químicos, a formação de moléculas. Ambos os simuladores, de acordo com os artigos, apresentam resultados satisfatórios em sala de aula e, portanto, foram frequentemente utilizados como ferramenta capaz de auxiliar os professores no ensino destes conceitos básicos.

A respeito do ensino da evolução dos Modelos Atômicos, percebe-se uma forte tendência para o uso de recursos tecnológicos, principalmente do simulador da plataforma Phet Colorado, o "Espalhamento de Rutherford", que possibilita a visualização do modelo de Rutherford, analisando o comportamento dos átomos quando submetidos ao bombardeamento com partículas alfa, representando a estrutura de um núcleo denso e de carga positiva.

No entanto, os artigos não citam simuladores para serem trabalhados com os demais Modelos Atômicos. Contudo o simulador "Monte um átomo", indicado para o ensino de Estrutura da Matéria, também pode ser utilizado com o objetivo de facilitar

a visualização do modelo de Bohr, pois observa-se neste simulador a região da eletrosfera, representada por órbitas circulares, nas quais os elétrons podem ser distribuídos, respeitando o número máximo de elétrons nos dois primeiros níveis de energia.

Quanto aos problemas relacionados ao modelo de ensino atual, além da dificuldade relatada sobre a abstração existente na faixa etária dos estudantes do 9º ano, o que acaba prejudicando a visualização de fenômenos que ocorrem a nível submicroscópico, também há relatos criticando os livros didáticos, pois observa-se a importância de mostrar aos alunos as críticas e as dúvidas que surgiram ao longo dos séculos sobre as teorias atômicas, a fim de explicar diferentes fenômenos e de modo que os alunos compreendam que, ao contrário do que ocorre na maioria dos livros didáticos - nos quais estas teorias são apresentadas de maneira pouco crítica - os debates e os conflitos entre diferentes hipóteses e teorias científicas foram fundamentais para o desenvolvimento destas teorias, e diga-se de passagem, estes debates sempre serão importantes para o desenvolvimento da ciência.

Por fim, espera-se que a utilização destas estratégias de ensino possa contribuir para o ensino destes conteúdos, principalmente, para a visualização dos conceitos abstratos, facilitando a transição do mundo macroscópico para o microscópico.

6. REFERÊNCIAS

- ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. *Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. 7ª edição. Bookman Editora. 2018.
- BELLAS, Renata R. D.; QUEIROZ, Indman R. L.; LIMA, Luiza R. F. C.; SILVA, José Luis P. B. O conceito de substância química e seu ensino. **Química Nova na Escola**, vol. 41, n. 1, p. 17-24, 2019.
- BENITE, Anna M. C.; BENITE, Claudi R. M.; SILVA, Supercil M. Filho. Cibercultura em ensino de química: Elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos. **Química Nova na Escola**, vol. 33, n. 2, 2011.
- BERNADELLI, Marlize, S. **Encantar para Ensinar – procedimento didático alternativo para o ensino de Química**. Cornélio Procopio: UENP, 2021.
- BERNARDELLI, Marlize S. **Química: Uma Reflexão para Chamar de Sua**. Ijuí: Ed. Unijuí, p.83-92, 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.
- BROWN, T. L., *et al.* *Química: a Ciência Central*; 13. ed. - São Paulo: Pearson Prentice Education do Brasil, 2016.
- CRESTANI, Eva Rita M. F.; KLEIN, Carine; LOCATELLI, Aline. Construção de moléculas com balinhas de goma e o ensino de geometria molecular. **In Anais da II Mostra Gaúcha de Validação de Produtos Educacionais e I Encontro do PIBID de Física/RS**. Universidade Passo Fundo, Rio Grande do Sul, RS, 2016.
- GILBERT, John K. *Multiple representations in chemical education*. Dordrecht: Springer, 2009.
- JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of computer assisted learning**, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.
- LACERDA, Cristiana de Castro *et al.* Abordagem dos Conceitos Mistura, Substância Simples, Substância Composta e Elemento Químico numa Perspectiva de Ensino por Situação-Problema. **Química Nova na Escola**, vol. 34, n. 2, p. 75-82, 2012.
- MACHADO, Adriano S. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, vol. 38, n. 2, p. 104-111, 2016.
- MELO, Marlene R.; LIMA, Edmilson Gomes Neto. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, vol. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

OLIVEIRA, Saulo F.; MELO, Noel F.; SILVA, José T.; VASCONCELO, Elder A. Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos. **Química Nova na Escola**, vol. 35, n. 3, p. 147-151, 2013.

OLIVEIRA, W. N.; FILHA, V.L.S.A.; SÁ, C.L.S.G. A Utilização dos Simuladores "Espalhamento de Rutherford" e "Monte um Átomo" no Estudo da Atomística no Ensino Fundamental. **12º SIMPEQUI - Simpósio Brasileiro de Educação Química**. Fortaleza, CE, 2014.

PEREIRA, Leticia S.; SILVA, José Luís P. B. Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, vol. 40, n. 1, p. 19-24, 2018.

PHET, COLORADO. Geometria Molecular. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_pt_BR.html. Acessado em: 27 dez. 2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed – Novo Hamburgo: Feevale, p. 51-55, 2013.

RAMOS, Tatiana C.; MOZZER, Nilmara 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**, vol. 40, n. 2, p. 106-115, 2018.

REIS, N. A.; SILVA, E. L. Estrutura da Matéria: buscando discutir História da Ciência e Mapas Conceituais no Ensino Superior. **Scientia Plena**, vol. 11, n. 6, 2015.

ROCHA, J.R.C. e CAVICCHOLI, A. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, no ensino fundamental e médio. **Química Nova na Escola**, n. 21, p. 29-33, 2005.

SAMPAIO, Rafael Cardoso; LYCARIÃO, Diógenes. **Análise de conteúdo categorial: manual de aplicação**. Brasília: Enap, 2021. 155 p

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SILVA, Glenda R.; MACHADO, Andréa H.; SILVEIRA, Katia P. Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia. **Química Nova na Escola**, vol. 37, n. 2, p. 106-111, 2015.

SILVA, João R. R. T.; AMARAL, Edenia M. R. Concepções sobre substância: Relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos. **Química Nova na Escola**, vol. 38, n. 1, p. 70-78, 2016.

SILVA, M.L.B *et al.* O uso do Kit de Modelo Molecular como recurso didático nas aulas de química orgânica. **59º Congresso Brasileiro de Química**. João Pessoa, PB, 2019.

SILVA, Nilma S.; FERREIRA, André C.; SILVEIRA, Kátia P. Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa. **Química Nova na Escola**, vol. 38, n. 2, p. 141-148, 2016.

SILVA, Sostenes M.; GONÇALVES, Silwellem Talyta. Simulação Computacional Como Instrumento Facilitador no Ensino de Modelos Atômicos. **VI Congresso Nacional de Educação**. Fortaleza, CE, 2019.

APÊNDICE A - ARTIGOS PUBLICADOS NA REVISTA QUÍMICA NOVA NA
ESCOLA QUE ABORDARAM AS PALAVRAS-CHAVES

	Título do artigo	Resultado da pré-análise	Motivo da exclusão
Palavra-chave: Substância simples			
1	Jogo Pedagógico para o Ensino de Termoquímica em turmas de educação de jovens e adultos	Não	Termoquímica não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.
2	Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados	Não	Processos oxidativos não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.
3	Abordagem teórico-experimental entre Química e Matemática utilizando práticas laboratoriais	Não	Reação ácido-base não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.
4	Abordagem dos Conceitos Mistura, Substância Simples, Substância Composta e Elemento Químico numa Perspectiva de Ensino por Situação-Problema	Sim	N/A
5	O conceito de elemento: Da antiguidade à modernidade	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
6	O conceito de substância química e seu ensino	Sim	N/A

7	Concepções sobre substância: Relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos	Sim	N/A
8	O mito da substância	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
9	Mol: Uma nova terminologia	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
Palavra-chave: Molécula			
10	Estrutura Molecular: O conceito fundamental da química	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
11	A nanotecnologia das moléculas	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
12	Peneiras Moleculares	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
13	Razões da atividade biológica: interações micro e biomacro moléculas	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
14	Espectroscopia molecular	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
15	Interações intermoleculares	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
16	Recomendações da IUPAC para a nomenclatura de moléculas orgânicas	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.

17	Desenhando isômeros ópticos	Não	Isômeros ópticos não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.
18	Os fulerenos e sua espantosa geometria molecular	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
19	Modelagem molecular	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
20	O conceito da modelagem molecular	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
21	Polímeros e interações intermoleculares	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
22	Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais	Não	Não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.
23	Processos endotérmicos e exotérmicos: Uma visão atômico-Molecular	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
Palavra-chave: Ligações Química			
24	Ligações Químicas: Ligação Iônica, Covalente e metálica	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
25	Conceito dos estudantes sobre ligação química	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
26	Outro olhar sobre as ligações de hidrogênio	Não	Interações intermoleculares não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.

27	Ligação química: Abordagem clássica ou quântica?	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
28	Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas	sim	N/A
29	A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
30	A energia e a química	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
31	A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas?	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
32	Como os estudantes concebem a formação de soluções	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
Palavra-chave: Modelos Atômicos			
33	Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química	Sim	N/A
34	O envolvimento dos estudantes em aulas de Ciências por meio da linguagem narrativa das histórias em quadrinhos	Sim	N/A

35	Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos	Sim	N/A
36	O Ensino de Equilíbrio Químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial	Não	Síntese da amônia não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.
37	Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química	Sim	N/A
38	História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência	Não	Não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.
39	DIFICULDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM DOS MODELOS ATÔMICOS EM QUÍMICA	Não	Repetido.
40	Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia	sim	N/A
41	Hipermídia no Ensino de modelos atômicos	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
42	Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos	sim	

	Multimídia em Uma Abordagem Investigativa		
43	Sobre prováveis modelos de átomos	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
44	O átomo e a tecnologia	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
45	Concepções atomistas de estudantes	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
46	Duzentos anos da teoria atômica	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
47	A representação pictórica de entidades quânticas da química	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
48	Cibercultura em ensino de química: Elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos	Sim	
49	Análise do Uso da Analogia com o “Pudim de Passas” Guiado pelo TWA no Ensino do Modelo Atômico de Thomson: considerações e recomendações	sim	
50	Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química	sim	

51	Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
52	Discutindo a Química do Ensino Fundamental Através da Análise de um Caderno Escolar de Ciências do Nono Ano	Sim	
53	O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
54	Como a química funciona?	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
55	Análise dos Artigos Sobre “Natureza da Ciência” Publicados na Seção História da Química da Revista QNEsc entre 1995-2016	Não	Análise de história em quadrinhos entre 1995 e 2016.
56	Introdução à representação estrutural em química	Não	Artigo fora do recorte temporal de 10 anos.
57	O ensino de química no Brasil e os debates sobre o atomismo: um estudo dos programas da educação secundária	Não	Não é um conteúdo trabalhado no Ensino Fundamental.

Fonte: A Autora (2021)