

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO  
LABORATÓRIO DE FORMAÇÃO GERAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Raphael Delecrodi Leonardo Pereira

A TEORIA DE DALTON E A QUÍMICA

Rio de Janeiro

2014

Raphael Delecrodi Leonardo Pereira

## A TEORIA DE DALTON E A QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio como requisito parcial para aprovação no curso técnico de nível médio em saúde com habilitação em Análises Clínicas.

Orientadora: Tânia de Oliveira Camel

Rio de Janeiro

2014

Raphael Delecrodi Leonardo Pereira

## TEORIA DE DALTON E A QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio como requisito parcial para aprovação no curso técnico de nível médio em saúde com habilitação em Análises Clínicas.

Aprovado em \_\_/\_\_/\_\_

### BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Tânia de Oliveira Camel – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

---

Dr. Jairo de Dias Freitas – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

---

Me. Monica Mendes Caminha Murito – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

*Dedico este trabalho a todas as minhas células que, em trabalho conjunto e ordenado, tornaram possível a sua realização.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora Tânia Camel pela inesgotável paciência e dedicação comigo. Horas de orientação, algumas ameaças, mas muitas risadas e conversas esclarecedoras.

À minha amiga Ludimila Ribeiro que tanto me apoiou nessa jornada juntos na EPSJV. Inúmeros lembretes, diversas ajudas de última hora e explicações de véspera que, sem elas, eu não conseguiria me formar.

Ao Hugo Rodrigues pelo suporte técnico necessário devido a minha incapacidade de manusear programas de computador.

À todos os meus colegas de turma que, entre brincadeiras e momentos de desespero coletivos, me ajudaram no amadurecimento como pessoa. Em especial ao Vinicius Freitas, Lucas dos Santos, Fernanda Benevides, Manuela Severino, Desiree Nunes, Caio Amaral, Rogerio Almeida, Ana Beatriz Rodrigues e Yasmim Carvalho por sempre me cobrarem e me apoiarem no processo de elaboração desse trabalho.

*E não diga*

*Que a vitória está perdida*

*Se é de batalhas*

*Que se vive a vida*

*Tente outra vez!*

(Raul Seixas)

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta a teoria atômica de Dalton desde a sua formulação inicial como decorrência das investigações de Dalton sobre a disposição dos gases na atmosfera até a sua segunda versão de acordo com a segunda teoria de mistura de gases elaborada por Dalton. Inclui também partes de trabalhos anteriores que influenciaram Dalton na sua construção. Assim, são mencionados os trabalhos de Newton e Lavoisier no que contribuíram para a visão de natureza de Dalton e na teoria propriamente dita, bem como as principais críticas feitas à época pelos cientistas.

Palavras Chave: História da Ciência, História da Química, Teoria Atômica de Dalton.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura dos corpúsculos de ouro e prata segundo a concepção de Newton.....	20
Figura 2: Representação de Dalton para a constituição atômica da atmosfera terrestre, de acordo com sua primeira teoria das misturas gasosas.....	28
Figura 3: Símbolos utilizados por Dalton para representar átomos simples e compostos.....	31
Figura 4: Tabela de pesos atômicos, publicada no artigo <i>On the Absorption of gaasses by Water and Other Liquids</i> , de 1803.....	32
Figura 5: Representação das atmosferas de calor reulsivas diferentes para cada átomo.....	35
Figura 6: Átomos compostos formados por átomos simples de oxigênio e hidrogênio.....	36
Figura 7: Em (1), átomos compostos de água e amônia, respectivamente. Em (2), átomos compostos de possíveis combinações entre oxigênio e hidrogênio, na primeira coluna, e nitrogênio e oxigênio, na segunda.....	38

## LISTA DE SIGLAS

a.C. – Antes de Cristo

origin. - original

p. – Página

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 – OBJETIVOS .....	13
1.2 – JUSTIFICATIVA .....	13
1.2 – METODOLOGIA .....	14
<b>2 – ANTECEDENTES</b> .....	15
2.1. – BREVE BIOGRAFIA .....	15
2.2 – CONTEXTO .....	17
2.3– INFLUÊNCIAS .....	18
2.3.1 – O CORPUSCULARISMO NEWTONIANO .....	18
2.3.2 – A NOVA QUÍMICA DE LAVOISIER .....	21
<b>3 – APRESENTAÇÃO DA TEORIA ATÔMICA DE DALTON</b> .....	25
3.1. – ESTUDO DE COMO OS GASES ESTÃO DISPOSTOS NA ATMOSFÉRA .....	25
3.1.1. – 1ª TEORIA DAS MISTURAS DE GASES .....	25
3.1.2. – 2ª TEORIA DE MISTURAS DE GASES .....	33
3.2. – A TEORIA ATÔMICA E A DETERMINAÇÃO DOS PESOS ATÔMICOS .....	37
<b>4 – CRÍTICAS E ALTERNATIVAS À TEORIA ATÔMICA DE DALTON</b> .....	41
4.1 – CRÍTICAS À TEORIA .....	41
4.2 – ALTERNATIVAS À TEORIA ATÔMICA DE DALTON .....	42
<b>5 – CONCLUSÃO</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 – INTRODUÇÃO

A Química sempre esteve presente na humanidade, desde seus tempos mais remotos. O homem pré-histórico, ao descobrir como fazer o fogo e cozinhar um pedaço de carne, por exemplo, já estava realizando reações químicas, embora não se tratasse essas operações desse ponto de vista. Hoje em dia, esse campo da ciência mantém sua grande importância, sendo ela necessária para a fabricação de tudo o que usamos, contribuindo para o conhecimento sobre os seres vivos e matérias diversos.

A construção da Química como se tem hoje não ocorreu de modo contínuo ou sempre com conhecimentos úteis até o presente. Algumas teorias, que hoje são descartadas, foram criadas para tentar elucidar questões de um período, como a teoria do flogisto, que buscava explicar a queima dos diversos materiais acompanhada de perda ou ganho de peso ao serem submetidos a uma reação na presença do fogo. Dentre os conhecimentos que sofreram modificações o átomo receberá destaque neste trabalho.

A concepção de átomo atual nem sempre foi assim. Ela sofreu e ainda sofre muitas modificações à medida que a ciência formula novos conhecimentos e altera os modelos que foram aceitos anteriormente. O átomo passou de indivisível à divisível e, hoje, nem suas partículas que eram ditas indivisíveis mantêm essa condição.

Uma hipótese ou teoria na ciência pode representar papéis realísticos, heurísticos ou ilustrativos, dependendo da ocasião. Quando realista, a hipótese ou teoria é observada como resultado experimental. Quando heurística, não é existencial, mas sugere experimentos futuros, contribuindo para um programa de pesquisa. Quando ilustrativa, não é importante a experimentação, a teoria ou hipótese é um esquema pedagógico, sendo útil do ponto de vista didático, como o uso da hipótese atômica no ensino de química, facilitando sua compreensão. (CAMEL, 2010)

A concepção de átomo sofreu modificações estruturais conforme foram desvendados os seus mistérios ou outros fenômenos. Considerando a hipótese atômica com função heurística ou realista, foi possível a produção de conhecimento na ciência do século XIX, como algumas teorias sobre a interação entre gases, destacando-se a utilização da teoria atômica de Dalton para isso. O inverso também se deu quando átomos e moléculas foram requeridos pelas teorias, como uma inferência à melhor explicação para, por exemplo, o

fenômeno da isomeria óptica, fortalecendo desse modo a hipótese atômica ou contribuindo para mudar a função desempenhada por ela.

Ao contrário do que é possível se pensar, o átomo nem sempre foi uma hipótese aceitável. O século XIX, período em que John Dalton (1766-1844) criou e divulgou sua teoria atômica, foi um século em que as ideias iluministas dominavam o cenário científico, seguindo-se o positivismo que reforçou a ideia de banir a metafísica<sup>1</sup> da ciência. Nessa época, o átomo era considerado uma ideia metafísica e nesse contexto, não era possível lidar de modo realista com algo invisível e intocável, isto é, que não possuía bases experimentais.

Além da questão metafísica, a química daquela época não tinha necessidade do átomo para elucidar suas questões. De fato, os químicos estavam fazendo suas operações com massas e volumes e continuavam desenvolvendo seus experimentos sem levar em consideração o átomo físico<sup>2</sup>.

A teoria atômica de Dalton foi formulada, portanto, em um contexto que não era favorável a sua apropriação pelo meio científico. Contudo, essa teoria permitiu a realização de cálculos quantitativos, reunindo-se à experimentação. Dalton conferiu um caráter operacional à teoria ao identificar um tipo de átomo a cada elemento químico e ao seu peso atômico.

Esse trabalho é composto por três capítulos que pretendem contemplar os objetivos específicos. Apresento cronologicamente os antecedentes que contribuíram para a formulação da teoria atômica, a descrição da teoria atômica de Dalton e como essa teoria foi recebida à época e sua contribuição à Química.

No primeiro capítulo abordo a influência de Newton e Lavoisier sobre as ideias de Dalton e os aspectos dessas teorias que foram considerados e combinados por Dalton na formulação da sua.

O segundo capítulo consistirá em uma descrição da teoria propriamente dita e em uma exposição do porquê Dalton necessitou calcular os pesos atômicos de seus átomos e quais meios usou para mensurá-los. O terceiro trata das críticas sofridas pela teoria e enuncia as teorias concorrente à época. Nessa descrição considerarei também os aspectos externos à

---

<sup>1</sup> Um conhecimento dito como metafísico é aquele que tem suas bases apoiadas em explicações ou elementos da natureza que não são confirmados experimentalmente (BRAGA *et al*, 2000).

<sup>2</sup> Átomo físico é aquele em que não são atribuídas qualidades químicas. Possui somente a característica de ser indivisível.

formulação da teoria que permitiram que essa fosse divulgada e permanecesse em discussão em boa parte do século XIX, resultando na sua relevância diante de outras teorias propostas no mesmo século. Relevância essa que permitiu que chegasse aos dias atuais, uma vez que é citada pela maioria dos livros didáticos de química.

## **1.1 OBJETIVOS**

### 1.1.1 Objetivo geral

Apresentar a teoria atômica de Dalton a partir de uma perspectiva histórico-filosófica.

### 1.2 Objetivos específicos

1.2.1 Apresentar as influências e fatos importantes que contribuíram para a elaboração da teoria atômica de Dalton.

1.2.2 Descrever a teoria atômica de Dalton.

1.2.3 Apresentar as críticas feitas à época e as teorias atômicas concorrentes.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A teoria atômica de Dalton é mostrada em livros didáticos como a primeira teoria atômica envolvida no estudo de química. Nesse caso ela teria uma grande importância histórica para o entendimento de como essa ciência se desenvolveu. No entanto, o que se nota é que os livros não abordam vários aspectos relevantes da teoria, restringindo o conhecimento dos alunos.

Essa visão restrita dos alunos sobre o processo de construção da teoria atômica de Dalton inibe debates mais profundos sobre a construção do conhecimento científico. Inclusive essa teoria não se apoiou apenas nos conhecimentos da química, como o estudo pelos livros

didáticos parece mostrar. Boa parte dela se deve a física da época, o que sugere quão importante é a comunicação interdisciplinar para o desenvolvimento da ciência.

O presente trabalho se justifica, portanto, não só pelo valor histórico não explorado nos livros e, na maioria das vezes, também pelo professor em sala, bem como pela motivação que a força de vontade de Dalton em elaborar e divulgar sua teoria causaram em mim.

A necessidade de um átomo para explicar os fenômenos, tal qual Dalton pensou, só surgiu no final do século XIX, logo, Dalton passou grande parte do século defendendo uma ideia com poucos adeptos, mas com muitos críticos influentes e importantes e manteve a sua posição. Alterou sua teoria conforme novas informações eram vindas, mas sempre se mostrou firme em suas posições.

Dessa maneira, tendo em vista a importância das colocações de Dalton ao introduzir o átomo na química, bem como o desenvolvimento da teoria e a sua importância como exemplo de construção do conhecimento em ciência, torna-se relevante a revisão bibliográfica do presente trabalho.

### **1.3 METODOLOGIA**

A metodologia empregada nesse trabalho consiste na revisão bibliográfica de fontes primárias, como o *A New System of Chemical Philosophy* do próprio Dalton e secundárias sobre o assunto como livros, artigos atuais ou não e trabalhos de conclusão de curso. Destaca-se uma fonte secundária do século XIX que é o livro *A new view of the origin of Dalton's atomic theory* de 1896.

## 2 – ANTECEDENTES

### 2.1 BREVE BIOGRAFIA

É importante conhecer alguns aspectos da vida de John Dalton que o levaram a sua primeira publicação sobre a mistura dos gases na atmosfera no ano de 1801 e para que se compreenda o universo teórico que sustentou a elaboração da sua teoria atômica e as posteriores modificações feitas por Dalton nessa. Além disso, observando a trajetória de Dalton, é possível traçar uma teia de relações pessoais que contribuíram para suscitar os interesses que deram espaço para a formulação de sua teoria atômica.

John Dalton nasceu em Eaglesfield, na Inglaterra, no dia 6 de setembro de 1766 e, assim como a sua família, pertencia à religião *Quaker*<sup>3</sup>. Sob a influência dessa religião é que Dalton obteve avanços no meio científico da época, bem como teve acesso a livros e educação. Vale destacar que ele nunca chegou ao nível universitário, mas sempre se mostrou muito interessado e esforçado, principalmente em matemática.

Dalton sempre teve muita facilidade nos estudos, sendo autodidata em vários ramos do conhecimento. Por necessidade começou a lecionar quando tinha 12 anos, enquanto ainda iniciava seus estudos com Elihu Robinson. Foi com Robinson que Dalton, provavelmente, teve seu interesse em meteorologia despertado (VIANA & PORTO, 2007). Nessa época ainda, Dalton possivelmente teve acesso a obras de divulgação do newtonianismo, forte influência no modo pelo qual contruiria sua concepção de natureza.

Em 1781, Dalton e seu irmão Jonathan foram convidados a serem assistentes em uma escola na cidade de Kendal, onde lecionaram matemática e línguas. Em 1785 assumiram a direção dessa escola que contava com uma vasta biblioteca, incluindo entre suas obras os *Principia* de Newton. Dalton também assistiu a várias conferências sobre filosofia natural e apresentou algumas. Os temas das conferências de Dalton versavam sobre assuntos diferenciados como mecânica e astronomia. Sob a influência de John Gough (1757 – 1825), um filósofo natural cego, começou a registrar observações sobre a meteorologia. Dalton manteve este hábito até o dia de sua morte.

---

<sup>3</sup> Quakers ( ou Amigos, como eles próprios se referem) são os membros de uma família de movimentos religiosos de caráter protestante, conhecida coletivamente como a Sociedade religiosa dos amigos.

Dalton possuía grande admiração por Gough e foi com ele que provavelmente leu os *Principia*, enquanto escrevia artigos para o *Ladies' Diary*. Seus estudos sobre Newton influenciaram de modo determinante a concepção de matéria em Dalton. Um exemplo da admiração de Dalton por Gough está presente em um trecho de sua carta para Peter Crosshwait, outro filósofo natural, em 1783. Este trecho dizia:

“John Gough é [...] um perfeito mestre do latim, do grego e do francês. [...] Sob sua orientação, adquiri um bom conhecimento delas. Ele compreende bem todos os ramos da matemática. [...] É bem proficiente em astronomia, química, medicina, etc. Tem a vantagem de ter todos os livros que deseja. [...] Ele e eu fomos muito íntimos por um longo tempo, já que nossos objetivos eram comuns – matemática e filosofia.” (THACKRAY, 2007, p.564).

Na sua busca por conhecimento, Dalton se viu restrito em Kendal. Essa cidade trouxe muitas conferências novas e muito conhecimento para Dalton, mas com o passar do tempo ele se viu limitado em uma sociedade científica local e da qual já conhecia grande parte das conferências ali ministradas.

No ano de 1793, Dalton chega a Manchester para ser professor de filosofia natural e matemática no New College. Usava o livro *Elements of Chemistry*, versão inglesa do tratado de Lavoisier, nas suas aulas de química. Em 26 de março de 1800 renunciou ao seu cargo no New College, abrindo sua academia matemática própria, onde dava aulas particulares.

Parecia estar satisfeito na cidade de Manchester e lá passou o restante da sua vida. Também em Manchester, Dalton publicou a maior parte de sua obra, indo das misturas de gases na atmosfera a sua teoria atômica.

Ingressou na Sociedade Literária Filosófica de Manchester em 17 de outubro de 1794, fato que ampliou os horizontes de Dalton na ciência. Seu primeiro artigo foi sobre o daltonismo, distúrbio óptico do qual Dalton sofria. Assumiu o cargo de secretário da sociedade em 1800, se tornando vice-presidente em 1808 e presidente em 1817. (PARTINGTON, 1962, p. 757)

## 2.2 CONTEXTO

A formulação das leis ponderais na química e a consequente quantificação das operações químicas foram um processo gradativo com muitos cientistas como colaboradores de novas informações e mudanças. Observa-se no iluminismo o rompimento com as referências alquímicas e o fortalecimento da química como ciência.

No período iluminista buscava-se desenvolver o conhecimento por meio do pensamento crítico em todos os campos do saber. Dessa maneira as influências da alquimia, no que diz respeito aos termos ambíguos e a linguagem alegórica, foram sendo substituídas por uma nomenclatura sistemática desenvolvida por Lavoisier. Todavia não se deve negar a importância do legado que a alquimia deixou para a química em termos de processos, como a destilação, e equipamentos.

A química desse período era desenvolvida por médicos e boticários, em busca de medicamentos e outros produtos. Tanto a teoria química quanto a prática foram desenvolvidas de acordo com as necessidades da medicina. A química surgiu como uma disciplina ancilar nos cursos de medicina, só se tornando independente na transição do XVIII para o XIX <sup>4</sup>.

Newton buscou reduzir a química a uma ciência descritiva de interações mecânicas entre as partículas últimas com base nas forças de atração entre elas. Essa filosofia mecânica não se mostrou muito útil para a química por não explicar propriedades como acidez e basicidade ou processos como a combustão e fermentação. Por outro lado, teve em suas tabelas de afinidades e força de atração entre partículas um objeto de estudo da química por um grande período histórico.

A revolução industrial também teve sua importância no desenvolvimento químico. A indústria tinha demandas de produtos químicos e também técnicas para melhorar a

---

<sup>4</sup> Química (quimiatria) associada à medicina e à farmácia (séculos XVI e XVII), a química mais "aplicada" associada à metalurgia e à indústria (século XVIII), uma química independente alocada na faculdade não de medicina mas de filosofia (pela primeira vez em 1789). Na transição do século XVIII ao XIX consolida-se a química como disciplina universitária (MAAR, 2004).

manufatura. Técnicas que utilizavam a química foram desenvolvidas em metalurgia, cerâmica e tinturaria, como o branqueamento têxtil (HANKINS, 1985).

Quanto à quantificação da química, Lavoisier permitiu racionalizar todos os métodos experimentais utilizados com a sua teoria. Encontrou vários elementos químicos com experimentos de decomposição da matéria e refutou a teoria do flogisto na química. Sua nova teoria sobre reações de combustão permitiu uma mquantificação mais eficiente e com base em dados exerimentais (MAAR, 2011).

## **2.3 INFLUÊNCIAS**

### **2.3.1 O CORPUSCULARISMO NEWTONIANO**

É incontestável a importância da figura de Isaac Newton (1642 – 1727) quando se trata de ciência, mantendo-se fiel às orientações do iluminismo e se firmando como um filósofo mecânico. Suas obras foram muito difundidas existindo, assim, várias leituras diferentes desse material. Para Newton, a matéria era passiva e o espaço era absoluto, enquanto Deus regia esse sistema, sendo o espaço uma qualidade de Deus (CAMEL, 2010).

Antes de focar em como o corpuscularismo de Newton foi aceito e o que ele dizia, deve-se considerar que a ideia da constituição da matéria em corpúsculos não foi bem recebida por um longo período de tempo, principalmente pela rejeição de religiosos. Com uma grande difusão dos trabalhos de Aristóteles de Estagira (384 - 322 a.C.), que colocavam a matéria sendo constituída de quatro elementos básicos (terra, fogo, água e ar), a teoria atomista de natureza foi mantida às sombras. Somente em meados do século XV, quando o Ocidente voltou a ter contato com obras de Lucrecio (98 – 55 a.C), é que o atomismo voltou a ser lembrado, embora fosse travado pela barreira da religião. O atomismo era uma visão ateuista à época relacionado ao materialismo (VIANA, 2007).

No século XVII, a ideia das menores partículas já estava tão estabelecida, que os adeptos oficiais de Demócrito e Epicuro tinham dado espaço para elas nas suas teorias. Uma série de filósofos naturais defendia a visão atomista de natureza, destacando-se Pierre Gassendi (1592 – 1655) e Newton. O primeiro defendia um atomismo “cristianizado”, aonde Deus era o grande responsável pelas forças e movimentos que regulam o mundo. Não se poderia aceitar o atomismo grego, sem referências a Deus, o que caracterizaria o materialismo (FILGUEIRAS, 2004). Com essa concepção de Deus atuando na matéria, o corpuscularismo ou ainda um

atomismo metodológico, adotado por Newton, em grande parte influenciado por Boyle e sua junção entre o atomismo antigo e as *mínima naturalia*<sup>5</sup> conseguiu tomar força e ser difundido na Europa.

Newton conseguiu fazer uma melhor junção entre matemática, tendências experimentalistas e o atomismo. Utilizou uma escala do campo macroscópico para o microscópico, a mesma força que atraía dois planetas, que variava em relação à distância que eles se encontravam, fazia efeito também entre partículas microscópicas. Dessa maneira, Newton explicou a relação de partículas com suas *leis universais*, já existentes e bastante consolidadas. Newton uniu a física celeste à física terrestre (VIANA, 2007).

A teoria das *ultimate particles* e das *first composition particles* foi o modo como Newton buscou descrever as diferentes propriedades dos compostos químicos. As *ultimate particles* eram partículas primeiras, estando presentes em toda a matéria. O arranjo dessas primeiras partículas formariam as *first composition particles* que, por sua vez, ditariam as propriedades químicas vistas nos laboratórios. Com partículas últimas, sem qualidades, pertencendo a todos os componentes químicos, Newton aceitaria a transmutação alquímica, pois essa mudança de espécies se daria por um rearranjo profundo das *ultimate particles*, como fica evidenciado pela figura 1 (PORTO & VIANA, 2007).

---

<sup>5</sup> Teoria de Aristoteles que diz que partículas mínimas que teriam, no limite, as propriedades qualitativas observadas nos corpos macroscópicos.

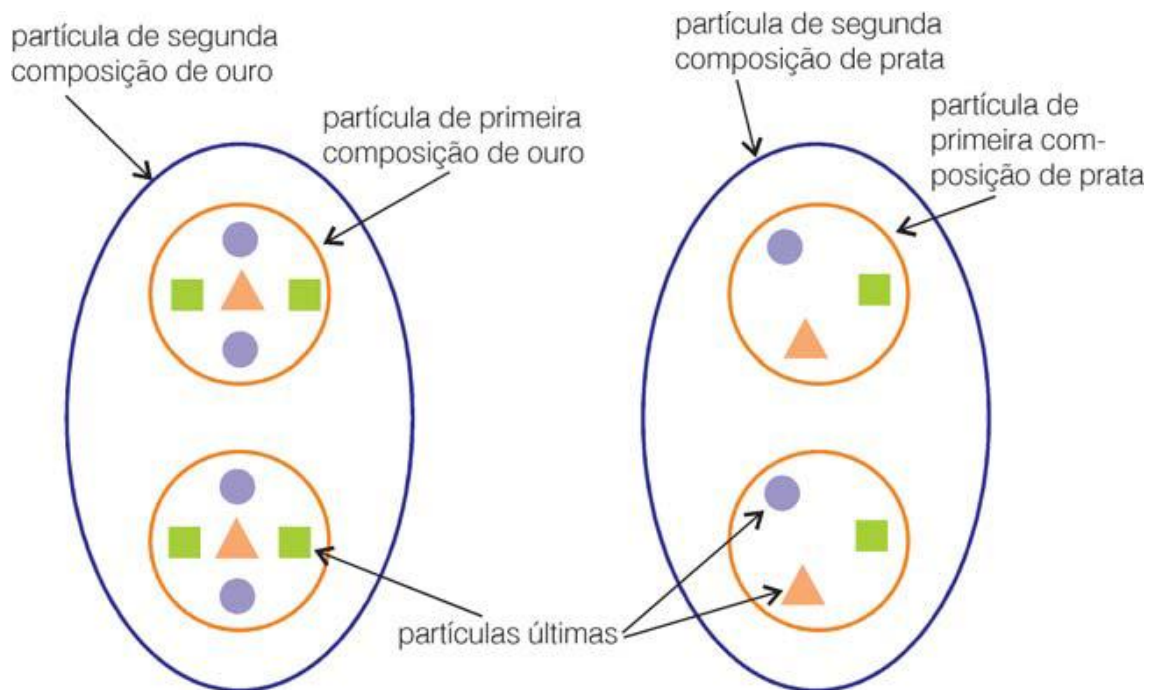


Figura 1: Estrutura dos corpúsculos de ouro e prata segundo a concepção de Newton.

Fonte: VIANA, 2007.

A ideia de forças agindo na matéria, explicaria também o comportamento das substâncias nos diferentes estados físicos. A explicação do comportamento dos compostos se daria pela força de repulsão entre suas partículas. Compostos que tivessem uma força de repulsão grande entre as suas partículas seriam gases à temperatura ambiente, pois suas partículas teriam dificuldade de permanecer juntas em um recipiente fechado. O estado líquido seria intermediário entre o sólido e o gasoso em termos de repulsão entre as partículas. No estado sólido as partículas estariam mais juntas do que no líquido, no qual estariam mais agregadas do que nos gases (VIANA, 2007).

Uma obra de Newton deixou um forte legado para a Química do século XIX, vindo a ser uma das principais influências de Dalton na sua concepção de natureza. Nessa obra, o livro *Opticks*, a Questão 31 marcou as formulações sobre as teorias da matéria. Essa foi a Questão que introduziu as partículas newtonianas:

“Parece-me provável que Deus, no início, formou a matéria em partículas sólidas, maciças, duras, impenetráveis e móveis, de tamanhos e formatos tais, e com tais outras propriedades, e em tal proporção, de modo a melhor conduzi-las à finalidade para a qual Ele as formou; e que essas partículas primitivas, sendo sólidas, são incomparavelmente mais duras do que quaisquer corpos porosos compostos por elas.

São tão duras que nunca se desgastariam ou se quebrariam. Nenhum poder comum seria capaz de dividir o que o próprio Deus fez Um, na primeira criação” (NEWTON, 1704 apud, VIANA, 2007).

As concepções de matéria de Dalton derivavam também da teoria corpuscular de Newton na Questão 23 da obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Nessa questão, Newton demonstrou que um fluido elástico é constituído de pequenas partículas, ou átomos de matéria, as quais se repelem através de uma força que aumenta na proporção que a distância diminui.

Dalton foi um filósofo natural que acreditava na real existência de átomos. As partículas que Newton apresentou como hipótese, para Dalton, passaram a ser a realidade microscópica da matéria. Assim, construiu uma teoria atômica que contemplasse as ideias de Newton, mas apresentando singularidades. Essas singularidades se devem principalmente as necessidades da Química, como ciência de qualidades e aos avanços que a Química do século XVIII apresentou, como os trabalhos de Lavoisier, que Newton não teve acesso.

### **2.3.2 A NOVA QUÍMICA DE LAVOISIER**

Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) fez grandes contribuições para a química, dentre elas a Teoria da combustão e o oxigênio como elemento incorporado nessa reação decretando o fim da Teoria do flogisto. Soma-se a decomposição do ar e a da água, além de um novo projeto de nomenclatura e de investigação na química. Dessa maneira buscava afastar a química de todo conhecimento acrítico, como muitos conhecimentos provenientes da alquimia.

A crítica que Lavoisier tanto buscava representava um embate contra a metafísica. Então, para Lavoisier, não bastava que a teoria explicasse de maneira razoavelmente bem algum problema (como o flogisto explicando a combustão), era necessário que essa explicação tivesse bases experimentais e pudesse, assim, ser comprovada.

O flogisto, na teoria proposta por Georg Ernst Stahl (1660-1734), seria um “espírito do fogo” que estaria presente nas substâncias combustíveis e se desprenderia delas quando fossem aquecidas. O flogisto seria liberado da combustão, calcinação e respiração e absorvido pelo ar, que atuaria como uma esponja absorvendo o flogisto. Essa substância proposta por Stahl teria por características ser imperceptível aos sentidos humanos e impossível de isolar.

Os problemas com o flogisto surgiram quando, se observou que durante a calcinação de metais, o produto apresentava aumento de peso. Segundo os defensores de tal teoria, o flogisto poderia pesar negativamente, pois a cal (CaO) seria livre dessa substância e pesaria mais do que o metal (Ca). A explicação de que o flogisto não se comporta segundo as leis gravitacionais somadas as demais características dessa substância não atraíram os químicos do século XVIII por torná-lo cada vez mais metafísico (HANKINS, 1985).

Para entender como se deu a luta de Lavoisier contra o flogisto, é necessário que seja feito um panorama de seus trabalhos sobre a decomposição do ar e da água, que ainda eram elementos à época. Lavoisier foi um dos principais responsáveis pela criação da teoria do oxigênio, bem como provou que a água era composta desse elemento juntamente com o hidrogênio.

Na Inglaterra, o químico Joseph Priestley (1733-1804) obteve um gás que identificou como ar deflogisticado em 1774. Esse ar não era outro elemento, mas sim o elemento ar com a diferença de não ter flogisto, segundo ele. Lavoisier, sabendo desse resultado, realizou experimentos para verificar os resultados do britânico buscando uma explicação que não envolvesse a teoria do flogisto. Ele queria ver a participação desse novo ar nos processos de calcinação e combustão.

As experiências que realizava consistiam em aquecer fósforo e enxofre, por exemplo, e ver quais as modificações de peso que teriam após o processo. Notou que o peso aumentava. Também aqueceu o óxido de chumbo e notou que uma grande quantidade de gás era liberada, concluiu com esses experimentos que o flogisto não poderia existir. Julgou também que o ar atmosférico poderia ter um grande papel nesses processos.

Os experimentos sobre combustão e calcinação levaram Lavoisier a concluir que o ar atmosférico não era um elemento, mas um composto. Passou, então, a trabalhar para identificar os gases que compõem a atmosfera. O “ar deflogisticado” de Priestley muda de nome para princípio oxigênio, já que pensar em flogisto não fazia mais sentido à luz da nova teoria. Em uma memória apresentada em 1777, Lavoisier anuncia o novo nome:

“De agora em diante designarei o ar deflogisticado ou ar eminentemente respirável, no estado de combinação ou fixidez, pelo nome de princípio acidificante ou, se se preferir o mesmo significado com um nome grego, pelo de príncipe oxygine” (LAVOISIER apud TOSI, 1989).

Em junho de 1783, Lavoisier toma conhecimento das experiências de Cavendish por intermédio de um assistente do mesmo. Essas experiências consistiam na síntese da água.

No dia 24 de junho de 1783, Lavoisier realiza a síntese da água a partir do “princípio oxigênio” e do “princípio hidrogênio” que fora obtido devido à ação do ácido sulfúrico sobre o ferro. Relatou, junto com Pierre Simon Marquis de Laplace (1749-1827), os resultados dessa experiência com a conclusão de que “a água não é uma substância simples, ela está composta, peso por peso, de ar inflamável e de ar vital” (LAVOISIER *apud* TOSI, 1989).

Nota-se que a química sofreu grandes modificações com essas descobertas pelas quais Lavoisier foi responsável. Era preciso reunir os novos conhecimentos de uma maneira a se dar continuidade ao que já tinha sido feito. Lavoisier escreveu o *Traité Elementaire de Chimie*, um livro que continha a nova nomenclatura, que visava o afastamento entre a “nova química” e a alquimia, bem como os caminhos metodológicos que as pesquisas científicas deveriam seguir (BRAGA *et al*, 2000).

Alguns pontos de importância referentes a essa obra foram o ideia de calórico como substância, ideia presente também na teoria atômica pensada por Dalton, bem como a tabela de substâncias simples, a primeira do tipo e também, a definição de gás, sendo ele “um nome genérico, que designa o último grau de saturação de uma substância qualquer pelo calórico, é a expressão de uma maneira de ser dos corpos” (TOSI, 1989).

Essa definição se assemelha a interpretação de Dalton para a função do calórico em seus átomos. Como será explicado mais a frente, os átomos de Dalton possuem uma camada envolvente de calórico que atua na separação entre os átomos.

As substâncias simples são tratadas por Lavoisier como as últimas substâncias as quais os químicos da época foram capazes de chegar com suas análises. Essa visão de substâncias simples não nega que, com o decorrer do tempo, essas próprias substâncias sejam decompostas ou que outras mais sejam adicionadas à tabela. Como Lavoisier disse:

“Se pelo termo elementos queremos expressar aqueles átomos simples e indivisíveis de que se compõe a matéria, é extremamente provável que nada saibamos sobre eles; mas se aplicarmos o termo elementos, ou princípios dos corpos, para expressar nossa ideia do último ponto que a análise é capaz de alcançar, temos de admitir, como elementos, todas as substâncias nas quais somos capazes, por quaisquer meios, de

reduzir corpos por decomposição. Não que estejamos autorizados a afirmar que essas substâncias que consideramos simples não possam ser compostas de dois, ou mesmo um número maior de princípios; mas, como esses princípios não podem ser separados, ou melhor, como ainda não descobrimos meios de separá-los, eles agem com relação a nós como substâncias simples, e jamais deveríamos supô-las compostas, até que o experimento e a observação tenham provado que são” (NEVES & FARIAS, 2008).

Nesse trecho, Lavoisier não afirmar qualquer coisa sobre a realidade dos átomos por não possuir dados experimentais sobre a existência destes. Dalton, por sua vez, infere sobre os átomos considerando sua existência real e adota o princípio calórico de Lavoisier na sua teoria.

### 3 – APRESENTAÇÃO DA TEORIA ATÔMICA DE DALTON

#### 3.1 ESTUDO DE COMO OS GASES ESTÃO DISPOSTOS NA ATMOSFERA

##### 3.1.1 1ª TEORIA DAS MISTURAS DE GASES

No século XVIII, já se sabia da composição da atmosfera por diversos gases diferentes, como o nitrogênio, gás carbônico, vapor d'água e oxigênio. Esses gases apresentam diferentes densidades e capacidades de expansão quando submetidos ao calor. Por que os gases não se dispunham em camadas na atmosfera, que apresentava composição constante até mesmo em grandes altitudes era uma questão.

A explicação que prevalecia para esse fenômeno das proporções constantes de gases na atmosfera era que o vapor d'água estava dissolvido no ar, parecido com o sal na água, e que os demais gases interagiam fracamente entre eles. Essa interação se daria por uma atração de força intermediária, não sendo uma atração química por ser mais fraca (CAMEL, 2010).

Dalton não acreditava na atração química entre os gases que compunham a atmosfera, mas sim num comportamento mais físico, sendo puramente mecânica a permanência de gases no ar. Essa visão de atmosfera contradizia vários estudiosos da época, como Humphry Davy (1778 – 1829), John Bostock (1773 – 1846), John Murray (1786 – 1851), entre tantos outros. Murray defendia que a existência de uma atração química entre partículas nem sempre resultaria em uma combinação química, mas que poderia ocorrer uma atração de maneira que a elasticidade dos gases não admitiria a formação de uma substância.

A ideia dos gases independentes na atmosfera aparece no seu primeiro livro, *Meteorological Observations and Essays*, publicado em 1793. Esse livro foi escrito com base nas anotações meteorológicas próprias e do amigo John Gough. Os ensaios, além de uma teoria sobre os ventos alísios e uma teoria sobre a aurora boreal, já continham o germe da sua teoria atômica (THACKRAY, 2007).

Neste livro, Dalton propõe “uma teoria do estado de vapor na atmosfera, a qual, até onde posso descobrir, é inteiramente nova e será capaz de englobar todos os fenômenos do vapor com os quais estamos familiarizados” (THACKRAY, 2007, p.567). Essa nova teoria que ele exhibe é a de que “evaporação e condensação do vapor não são resultados de afinidades químicas, mas que vapor aquoso sempre existe como um fluido *sui generis*, difuso entre o

resto dos fluidos aéreos. [...] Não há necessidade de se supor uma atração química no caso.” (THACKRAY, 2007, p.567).

Dalton continuou pensando sobre a questão do vapor d’água na atmosfera, como se pode perceber examinando os três artigos que leu para a Sociedade Literária e Filosófica de Manchester entre os anos de 1799 e 1800. No primeiro, *Experiments and Observations to determine wheter the Quantity of Rain and Dew is equal to the quantity of water carried off by the Rivers and raised by Evaporation; with na Enquiry into the Origin o f Springs*, publicado em março de 1799, discutiu a relação entre a chuva, o orvalho, o transbordamento dos rios e a evaporação na natureza. Repete a afirmação de que o vapor d’água não está combinado quimicamente na atmosfera e que a quantidade de vapor d’água aumenta conforme a temperatura aumenta. Definiu o ponto de orvalho, que denominou como “temperatura extrema”.

Os outros dois artigos foram *Experiments and Observations on the Power of Fluids to conduct Heat*, publicado em abril de 1799, e *Experiments and Observations on the Heat and Cold produced by the Mechanical Condensation and Rarefaction of Air*, em junho de 1800. Nesses dois artigos deixa firme sua crença em um fluido de calor (THACKRAY, 2007, p.567).

Em 14 de setembro de 1801, Dalton escreve para o *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts* a sua *New Theory of the Constitution of Mixed Aeriform Fluids, and Particularly of the Atmosphere* (Nova teoria da constituição de fluidos aeriformes misturados e particularmente da atmosfera). Essa teoria explica a homogeneidade dos gases na atmosfera supondo que átomos de um tipo não repelem átomos de outro tipo, repelindo somente os de seu próprio tipo. Com essa hipótese, explica o porquê da difusão de qualquer gás através de outro, não importando as densidades dos gases. Essa primeira teoria da mistura de gases inclui a afirmação de que:

“Quando dois fluidos elásticos, denominados A e B, são misturados, não há qualquer repulsão mútua entre suas partículas, isto é, as partículas de A não repelem as de B, como o fazem entre si. Consequentemente, a pressão ou peso total sobre qualquer partícula deve-se apenas às de sua própria espécie.” (DALTON, 1801 apud CAMEL, 2010).

Esse enunciado contém o conteúdo do que ficou conhecido como lei das Pressões Parciais. Percebe-se a relação desse trabalho com o de 1793, sobre vapor d'água e também com as propriedades de um gás particulado e elástico de Newton, discutido nos *Principia*, volume 2, na proposição 23.

“Se a densidade de um fluido composto de partículas, que se repelem mutuamente, é proporcional à pressão, as forças centrífugas de repulsão são inversamente proporcionais às distâncias entre seus centros e, reciprocamente, partículas que se repelem mutuamente por forças inversamente proporcionais às distâncias entre seus centros constituem um fluido elástico cuja densidade é proporcional à pressão.”  
(Newton, apud CAMEL 2010).

Os gases, segundo Dalton, se comportariam como fluidos elásticos newtonianos, atuando como se não houvesse outros gases na mistura (THACKRAY, 2007, p.567).

O modelo atmosférico de Dalton ainda fazia uso da ideia do calórico, de Lavoisier. Dalton cercou as partículas de gases constituintes da atmosfera com calórico que se repelia. Dessa maneira explicou a repulsão das partículas gasosas que Newton havia escrito, mas nunca explicado, unindo os pressupostos de Lavoisier e Newton.

A ideia de repulsão ser ocasionada pelo envoltório de calor era uma consequência da teoria do calórico, já que era observado que o calor passava de uma substância mais quente para uma mais fria, concluindo que a substância do calor era repulsiva ao calor.

Dalton imaginou a partícula de determinado gás como sendo composta “de um átomo central de matéria sólida extremamente pequena, rodeado por uma atmosfera de calor, de grande densidade e rarefazendo-se aos poucos de acordo com alguma potência da distância” (DALTON, 1808-1810, p.147). Repensa a ideia de calórico, dita por Lavoisier, introduzindo uma repulsão de calóricos às partículas do mesmo gás. Justifica, com esses pensamentos, a não estratificação dos gases atmosféricos e a independência dos mesmos no valor das suas respectivas pressões.

Ainda no ano de 1801, no dia 2 de agosto, Dalton leu para a Sociedade Literária e Filosófica de Manchester o *Experimental Essays On the Constitution of Mixed Gases*. Nele, Dalton não faz uso da palavra átomo, mas partículas últimas e expõe o diagrama abaixo representando a atmosfera segundo sua visão. As partículas últimas do gás carbônico estão

representadas por triângulos pretos, as de vapor d'água por asteriscos, do gás nitrogênio por pontos e as do gás oxigênio por losangos.

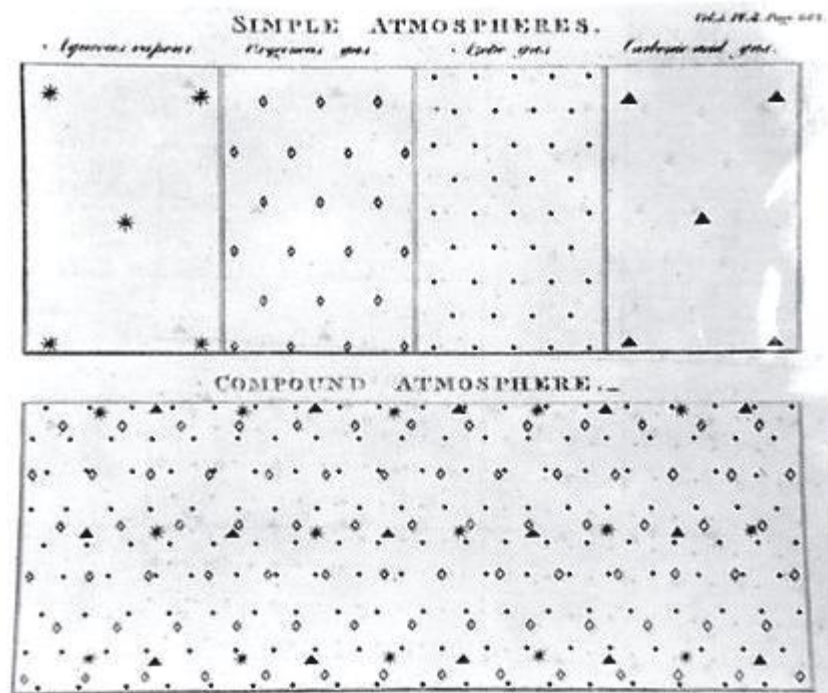


Figura 2: Representação de Dalton para a constituição atômica da atmosfera terrestre, de acordo com sua primeira teoria das misturas gasosas.

Fonte: VIANA, 2007.

Nesse diagrama, é possível perceber que a lei das Pressões Parciais sustenta a representação. Partículas representantes do mesmo gás são apresentadas de maneira igual. Átomos iguais não podem se localizar próximos, pois se repelem e átomos diferentes não exercem nenhum efeito entre eles. Percebe-se pelo número de partículas que o gás nitrogênio teria a maior pressão parcial, seguido pela pressão parcial do gás oxigênio. O vapor d'água e o gás carbônico, apresentando menor número de partículas, possuiriam menor pressão parcial. Essa teoria de misturas gases, representada pelo diagrama, explica o modo pelo qual os gases estariam dispersos na atmosfera segundo Dalton.

Dalton não admitia a interação química entre os gases, concluiu que eles formavam uma mistura na atmosfera. Com esse pensamento ele contrariou a opinião de químicos muito

conceituados como Claude Louis Berthollet (1748-1822), Humphry Davy e Thomas Thomson. Esse último será o divulgador da teoria atômica de Dalton posteriormente.

Para defender a veracidade da sua visão de como os gases se comportam na atmosfera, Dalton precisava de mais argumentos, provas práticas que confirmassem sua teoria. Foi buscando essas provas que ele começou a estudar a dissolução dos gases em água e a determinar o peso relativo dos diferentes gases em relação uns aos outros. A teoria atômica de Dalton encontra nisso sua causa mais eficiente (FILGUEIRAS, 2004, p.40).

Nos anos de 1802 e 1803, Dalton e seu amigo William Henry (12/12/1774 – 02/09/1836) se dedicaram a experimentos sobre a solubilidade de gases em água. Estudando a solubilidade do gás carbônico em água, Henry encontrou grandes variações em suas medidas, mesmo com pressão e temperatura constantes. Para solucionar esse problema, Dalton sugeriu a aplicação da lei das pressões parciais. Dessa forma, Henry descobriu que, em qualquer mistura de gases, a solubilidade de um componente da mistura é determinada pela pressão parcial daquele gás. Nenhuma quantidade de gás oxigênio, por exemplo, poderia manter qualquer quantidade de gás carbônico em solução. Esse caráter mecânico do fenômeno se encaixa perfeitamente na teoria da mistura de gases de Dalton, fornecendo um importantíssimo suporte a ela.

Henry fala publicamente que “a teoria que o senhor Dalton sugeriu a mim neste último assunto, e que parece ser confirmada pelos meus experimentos é que a absorção de gases pela água é um efeito puramente mecânico” (THACKRAY, 2007, p.568).

Formulou a lei de Henry, cujo enunciado corresponde a: numa dada temperatura, a massa de gás absorvido pela água é diretamente proporcional à pressão parcial do gás, isto é, não depende da pressão total. Essa lei corrobora a teoria de Dalton de que partículas de gases diferentes não causariam repulsão entre si.

Em seu artigo de 1802, *On the Proportion of the Several Gases or Elastic Fluids, Constituting the Atmosphere; with an Enquiry into the Circumstances Which Distinguish the Chymical and Mechanical Absorption of Gases by Liquids*, adota uma abordagem mecanicista, não fazendo uso da afinidade química. Quando lido, mas não quando publicado, contém a informação que o dióxido de carbono “é mantido na água, não por afinidade química, mas

pela pressão do gás [...] na superfície, forçando-o para dentro dos poros da água” (THACKARAY, 2007, p.568).

Em janeiro de 1803, Dalton apresentou o artigo *On the Tendency of Elastic Fluids to Diffusion Through Each Other*, no qual ele relatou experimentos sobre a difusão gasosa com aparelhagem simples. Nesses ensaios observa que os gases se misturam de maneira uniforme e “o fato extraordinário que o fluido elástico mais leve não pode permanecer sobre o mais pesado” (PARTINGTON, 1962, p.773).

No seu caderno de anotações, página 248, no dia 6 de setembro de 1803, Dalton apresenta uma tabela com pesos atômicos e na página 249 a primeira tabela com símbolos representando os átomos. Nota-se que nem todos os compostos que possuíam símbolos tinham seus pesos contidos na tabela. Alguns desses compostos são: o álcool, éter, óxido de hidrogênio e carbono gasoso. O álcool está sendo representado como composto por CH e HO e ele tenta representá-lo como  $C_2H_2O^6$ .

No mesmo dia em que apresenta a tabela de símbolos, também estão presentes os princípios que guiarão a teoria atômica de Dalton. Alguns princípios mais claramente expressos e outros mais implícitos. Princípios como:

- A matéria é constituída por átomos;
- Os átomos são indestrutíveis;
- Todos os átomos de um mesmo elemento são iguais e possuem o mesmo peso;
- Um composto sempre apresenta o mesmo número de átomos;
- O peso de uma partícula composta é a soma dos pesos dos átomos que a compõem;

Formula a lei das Proporções Múltiplas<sup>7</sup> e aplica a lei das Proporções Recíprocas<sup>8</sup> para obter o peso dos elementos. (PARTINGTON, 1962, p. 784).

---

<sup>6</sup> O álcool nesse caso é o etanol cuja fórmula atual corresponde a  $C_2H_6O$ .

<sup>7</sup> Caso exista um composto formado por dois elementos, os números de átomos de cada elemento possui uma relação igual a um número inteiro (CAMEL, 2010).

<sup>8</sup> O peso do átomo de um elemento é constante, dessa maneira é possível deduzir a composição de um composto formado pelos elementos A e B observando a composição de cada um com outro elemento C (CAMEL, 2010).

Os cálculos de Dalton para a confecção da tabela foram feitos com base nas análises de substâncias feitas por alguns cientistas, como a análise da água por Lavoisier, que definiu a proporção de 85 de oxigênio para 15 de hidrogênio, em massa. É fácil perceber que a fórmula da água, para Dalton e de acordo com a tabela, seria HO (IHDE, 1970, p.106).

Ainda observando o caderno de anotações, encontra-se outra tabela de símbolos atômicos, com algumas modificações em relação à primeira. Nessa tabela, datada do dia 12 de outubro de 1803 e localizada na página 361 do seu caderno de anotações, Dalton troca os símbolos do oxigênio e do hidrogênio, além de introduzir letras a alguns de seus símbolos (CAMEL, 2010, p. 68). A tabela está exibida na figura abaixo.

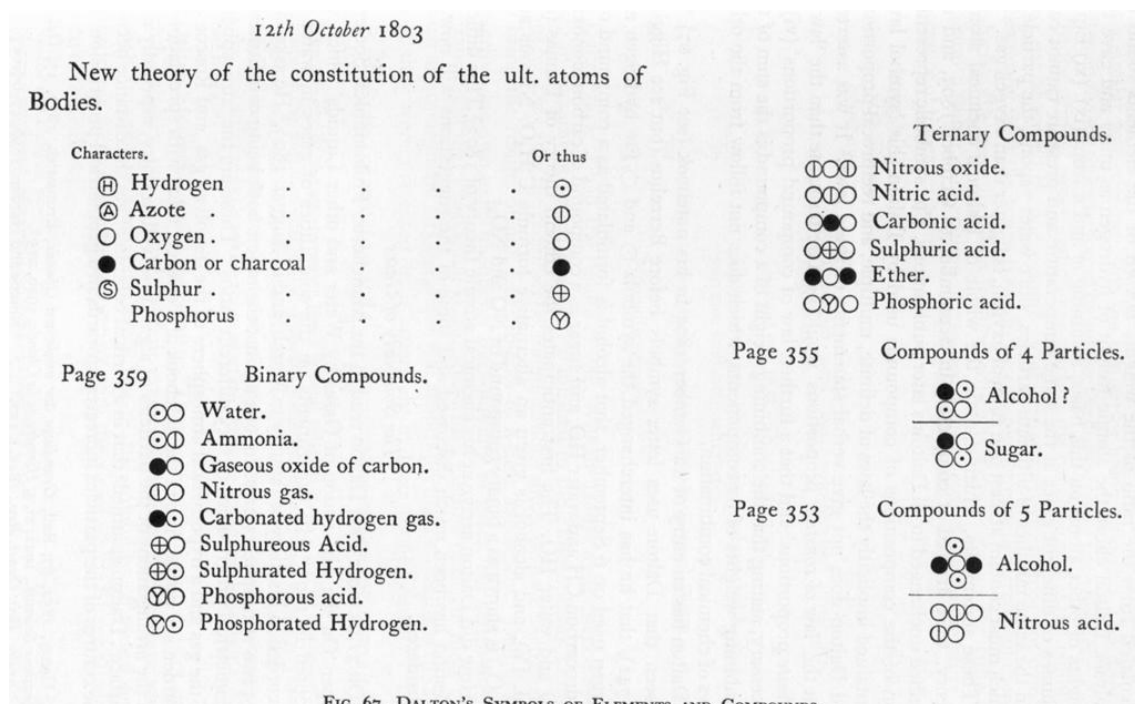


Figura 3: Símbolos utilizados por Dalton para representar átomos simples e compostos.

Fonte: PARTINGTON, 1962.

Em 21 de outubro de 1803, Dalton lê um artigo cujo nome é *On the Absorption of gases by Water and Other Liquids*. Nesse artigo, embora sua teoria sobre mistura de gases se mostrasse fortalecida por evidências decorrentes dos seus estudos que se relacionam com a lei das pressões parciais, sente-se incomodado, pois “a maior dificuldade que acompanha a hipótese mecânica surge de diferentes gases observarem diferentes leis” (THACKRAY, 2007, p.568). Sobre essa questão, Dalton considerou a seguinte hipótese:

“A circunstância depende do peso e do número das partículas fundamentais dos vários gases. Aqueles cujas partículas são leves e simples, sendo menos absorvíveis, e os outros mais conforme na medida em que aumentam em peso e complexidade” (THACKRAY, 2007, p. 568).

Além desse questionamento, a primeira tabela de pesos relativos (figura 4) também é notável nesse artigo.

*Table of the relative weights of the ultimate particles of gaseous and other bodies.*

Hydrogen	-	-	-	-	-	-	-	1
Azot	-	-	-	-	-	-	-	4.2
Carbone	-	-	-	-	-	-	-	4.3
Ammonia	-	-	-	-	-	-	-	5.2
Oxygen	-	-	-	-	-	-	-	5.5
Water	-	-	-	-	-	-	-	6.5
Phosphorus	-	-	-	-	-	-	-	7.2
Phosphuretted hydrogen	-	-	-	-	-	-	-	8.2
Nitrous gas	-	-	-	-	-	-	-	9.3
Ether	-	-	-	-	-	-	-	9.6
Gaseous oxide of carbone	-	-	-	-	-	-	-	9.8
Nitrous oxide	-	-	-	-	-	-	-	13.7
Sulphur	-	-	-	-	-	-	-	14.4
Nitric acid	-	-	-	-	-	-	-	15.2
Sulphuretted hydrogen	-	-	-	-	-	-	-	15.4
Carbonic acid	-	-	-	-	-	-	-	15.3
Alcohol	-	-	-	-	-	-	-	15.1
Sulphureous acid	-	-	-	-	-	-	-	19.9
Sulphuric acid	-	-	-	-	-	-	-	25.4
Carburetted hydrogen from stag. water	-	-	-	-	-	-	-	6.3
Olefiant gas	-	-	-	-	-	-	-	5.3

Figura 4:Tabela de pesos atômicos, publicada no artigo *On the Absorption of gaasses by Water and Other Liquids*, de 1803.

Fonte: CAMEL, 2010.

### 3.1.2 2ª TEORIA DE MISTURAS DE GASES

A primeira teoria da mistura de gases recebeu críticas contínuas e não discordava de alguns resultados experimentais. Se um gás era semelhante ao vácuo para outro, não haveria motivos para a difusão dos gases não ser espontânea. Na prática, um gás parecia ter dificuldade para se difundir em um meio ocupado por outro gás. No entanto, a crítica que tinha mais peso contra essa teoria de Dalton era a visão da atmosfera como composto, predominante por químicos importantes da época.

Quando pensou a primeira teoria, Dalton não considerou os tamanhos das partículas, como é possível notar na fala do próprio:

“Eu supus, na época, que as partículas dos fluidos elásticos eram todas do mesmo tamanho e que um volume de oxigênio continha exatamente tantas partículas quanto o mesmo volume de hidrogênio, ou se não, não tínhamos nenhum dado a partir do qual a questão pudesse ser resolvida [...]” (DALTON, 1808-1810, p.188)

Ainda na primeira teoria, Dalton não tinha “contemplado o efeito de uma diferença de tamanho nas partículas dos fluidos elásticos. Por tamanho eu entendo a partícula dura no centro juntamente com a atmosfera de calor”. Com base nisso, concluiu que “se os tamanhos das partículas fossem diferentes e supondo que o calor é o poder de repulsão, nenhum equilíbrio pode ser estabelecido por partículas de tamanhos diferentes pressionando umas as outras” (CAMEL, 2010).

Essa variação de tamanho dos átomos que não são do mesmo elemento manteria um movimento vagaroso do fluido de modo que a mistura de diversos gases continuaria homogênea. O calor que envolve os átomos constituintes da mistura gasosa gera esse movimento (IHDE, 1970). Sobre a diferença de tamanho das partículas, Dalton assim se pronunciou:

“Gases diferentes não têm suas partículas do mesmo tamanho e isto pode ser adotado como uma máxima, até que se prove o contrário. Isto é, toda espécie de fluido elástico puro tem suas partículas globulares e de um só tamanho, porém não há duas espécies que tenham partículas do mesmo tamanho, à mesma pressão e temperatura” (DALTON, 1808-110, p.188).

Nesse sentido, o tamanho de um átomo torna-se uma propriedade tão importante quanto o seu peso e responsável por sua identificação.

Com base na figura 5, aonde são representados os gases de hidrogênio, nitroso e ácido carbônico e também os átomos de azoto(atual gás nitrogênio) e hidrogênio, é possível tirar algumas conclusões. Nota-se que os átomos possuem uma atmosfera de calor, representadas por retas que saem do centro do átomo. Percebe-se, também, que átomos do mesmo elemento são iguais, como os de azoto no quadro 4 e os de hidrogênio no quadro 5. Esses dois quadros ainda indicam o fato de átomos do mesmo elemento não terem facilidade de se encontrar por conta do prolongamento de suas retas de calor se encontrarem e manterem a distância, enquanto as retas de átomos diferentes não se encontrariam, possibilitando a aproximação.

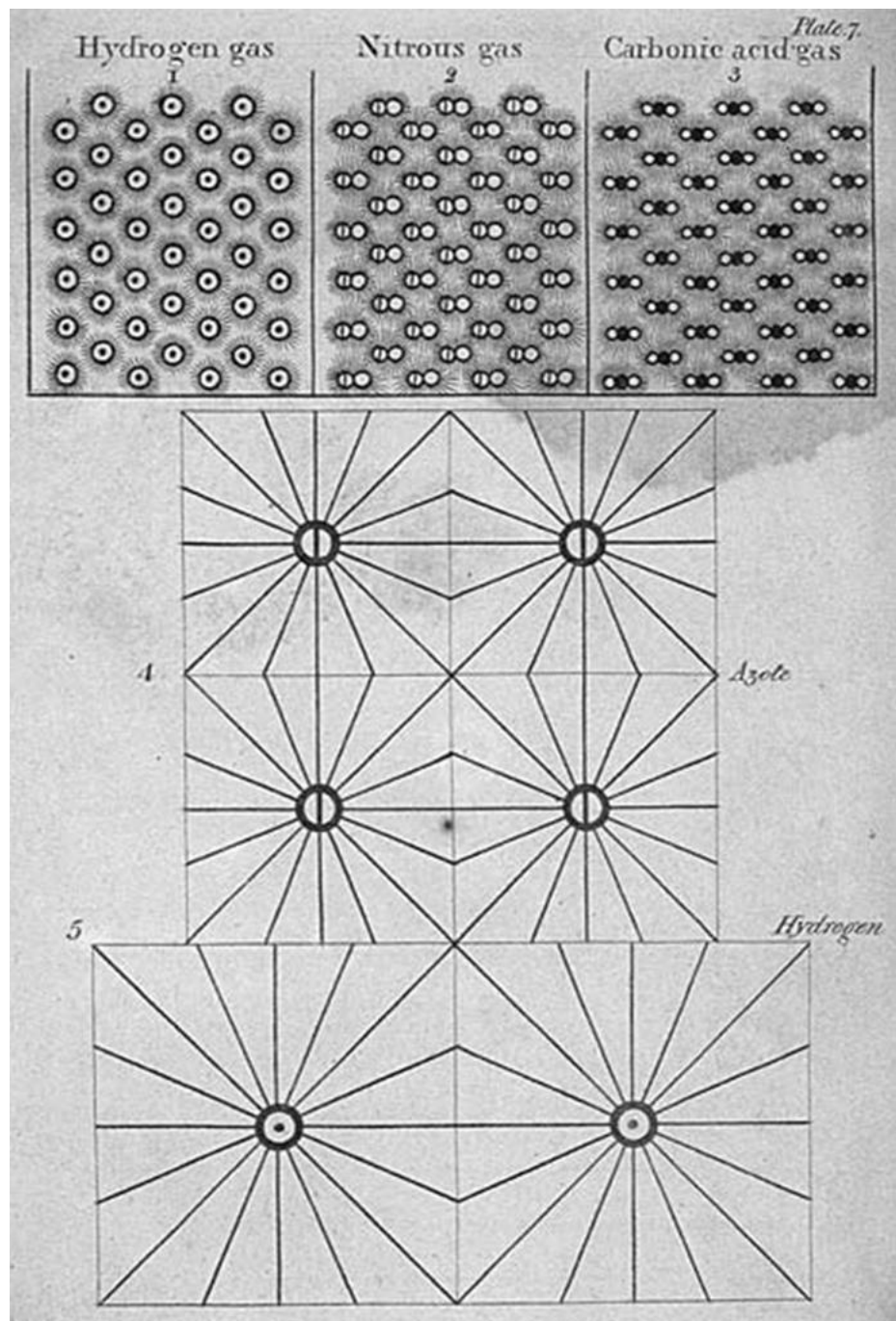


Figura 5: Representação das atmosferas de calor repulsivas diferentes para cada.

Fonte: DALTON, 1893, orig.1808. Disponível em [www.archive.org](http://www.archive.org), acessado em 12 de abril de 2013

Dalton também ilustra como seria a combinação de dois átomos simples gerando um átomo composto em seu caderno de anotações. Percebe-se que, no primeiro átomo composto, dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, no meio e no segundo átomo composto, um

átomo de oxigênio e um de hidrogênio. Nas duas figuras, a atmosfera de calor é uma só para o átomo composto.

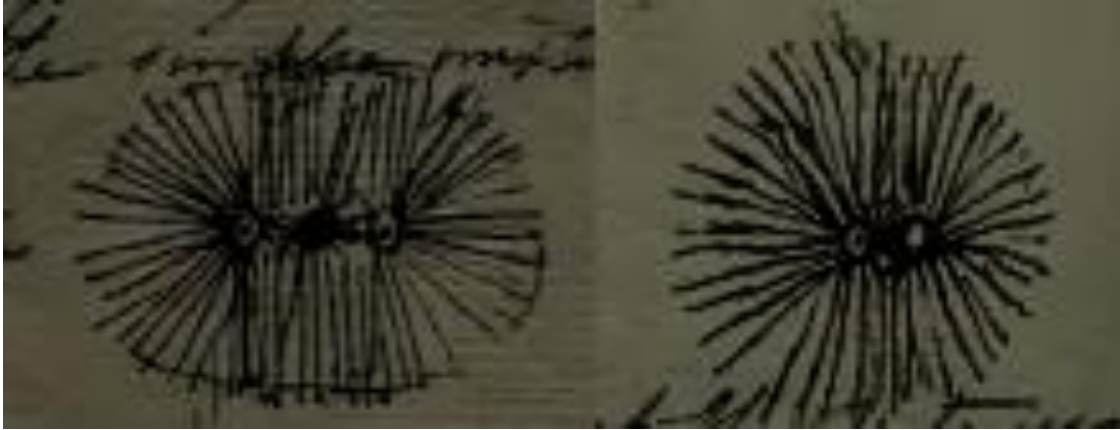


Figura 6: Átomos compostos formados por átomos simples de oxigênio e hidrogênio.

Fonte: ROSCOE e HARDEN, 1896. Disponível em [www.archive.org](http://www.archive.org), acessado em 14 de janeiro de 2014.

A segunda teoria explicava a difusão de gases no mesmo sistema. No entanto, Dalton precisava calcular o tamanho relativo das partículas, para que se obtivesse as bases necessárias da segunda teoria.

Os cálculos feitos por Dalton levavam em consideração a densidade e o peso atômico. Dessa maneira continuou dando valor aos pesos atômicos, necessários ao cálculo do tamanho. As densidades podiam ser medidas experimentalmente (CAMEL, 2010, p. 91).

As atmosferas de calor que rodeavam um átomo variavam de acordo com a capacidade calorífica de cada átomo, ou seu calor específico. Dessa maneira, átomos com maior afinidade pelo calor teriam diâmetros maiores como consequência da grande atmosfera de calor que se localizava ao redor da sua porção central (VIANA, 2007).

Com a formulação da segunda teoria da mistura de gases, Dalton buscou desfazer as contradições e definir de uma vez que o ar é uma mistura e não um composto (CAMEL, 2010, p.86).

### 3.2 A TEORIA ATÔMICA E A DETERMINAÇÃO DOS PESOS ATÔMICOS

A teoria atômica de Dalton adotou algumas variações de acordo com as necessidades de oferecer suporte às leis de misturas de gases. Mesmo com essas mudanças, como a repulsão entre átomos deixar de ser exclusiva entre átomos de mesmo elemento e passar a ser entre todos os átomos, a teoria seguiu fiel aos princípios básicos que Dalton pensou para ela e já mencionados.

Átomo, então, era o nome usado para representar a menor unidade que ainda mantinha as qualidades da substância. Ele não utilizava o conceito de molécula, mas sim átomos compostos. Um átomo composto de água, por exemplo, caso fosse decomposto em átomos de hidrogênio e oxigênio deixaria de ser um átomo de água. Dessa maneira, não se pode pensar em uma divisão do átomo de água, já que essa divisão teria como consequência a perda da qualidade de água. Dalton também se refere aos átomos como partículas sólidas e indivisíveis, como seus átomos elementares.

A condição dos átomos não se deteriorarem e de permanecerem inalterados formando uma substância é notável também nos atomistas antigos, diferindo quanto ao fato dos átomos de Dalton possuírem qualidades. Essas qualidades variavam de substância para substância. Essas características diferentes de cada átomo também são passíveis de comparação à *mínima naturalia* de Aristóteles, que admitia partículas especificamente diferentes para cada tipo de matéria, sendo as menores partes de uma substância semelhantes entre si e diferentes das demais substâncias, porém as *mínima* eram divisíveis ao menos em teoria.

Dalton diferencia os átomos pelo peso atômico e, depois da segunda lei de misturas gasosas, pelo seu tamanho. Observa-se, no entanto, uma contradição quando, em suas publicações, apresenta átomos diferentes com o mesmo tamanho ao ilustrar átomos compostos como a água e a amônia e outras possíveis combinações de oxigênio e hidrogênio ou hidrogênio e nitrogênio na figura 7.

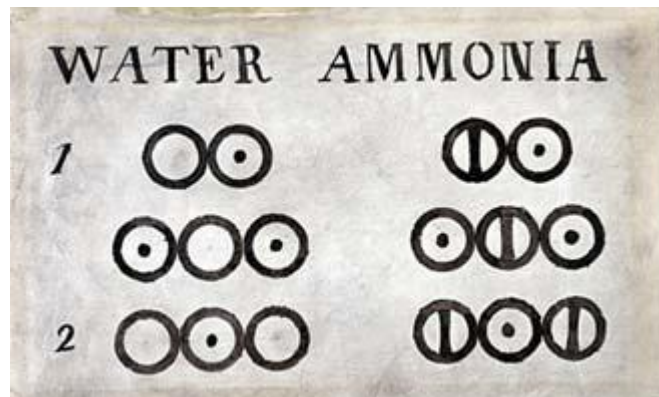


Figura 7: Em (1), átomos compostos de água e amônia, respectivamente. Em (2), átomos compostos de possíveis combinações entre oxigênio e hidrogênio, na primeira coluna, e nitrogênio e oxigênio, na segunda.

Fonte: PORTO & VIANA, 2007.

Essa discordância entre o tamanho das partículas nas suas em representações e o tamanho delas nas suas condições teóricas, se deve ao fato de que átomos compostos deveriam ter uma configuração geométrica de seus átomos simples. Dessa maneira, círculos de mesmo tamanho ofereceriam uma solução mais fácil para desenhar essas configurações (CAMEL, 2010, p.104).

O modelo de configuração geométrica, tinha como função atenuar a força de repulsão entre átomos iguais. Um átomo composto com quatro átomos em sua composição teria a forma trigonal plana, de maneira que os átomos ficassem dispostos formando um ângulo de  $120^\circ$  em torno do átomo central como por exemplo a amônia.

Dalton identificou o fenômeno da isomeria entre alguns compostos como gelatina e albumina, o que Thomas Thomson também identificou para o ácido acético e o succínio. Essa representação de isômeros por mudança na posição de átomos em suas representações se deve à preocupação que Dalton tinha em representar seus átomos compostos com configuração geométrica.

Para o cálculo do peso atômico, um dos fatores mais importantes para o suporte da sua teoria, Dalton fez uso de alguns dados quantitativos já obtidos por outros cientistas além de dados que ele obteve em experimentos. Esses dados de outros cientistas eram obtidos de análises experimentais de compostos como a amônia e o anidrido sulfúrico.

Com esses dados de massas, Dalton seguiu suas regras de máxima simplicidade e a lei das proporções múltiplas para calcular as massas dos átomos elementares. Essas duas regras eram importantes para que fossem preditas as fórmulas dos compostos. O hidrogênio, por sempre estar com menor massa em relação aos outros átomos, foi utilizado como padrão e a ele foi dado o valor 1 de massa.

Dalton pensou, seguindo suas conclusões sobre as misturas gasosas, que caso dos corpos A e B estiverem dispostos a se combinar, a repulsão entre as partículas iguais seria o controle entre o que acontece ou não aos átomos. Dalton lista em seu livro a ordem que combinações entre partículas A e B devem se formar:

- 1 átomo de A + 1 átomo de B = 1 átomo de C, binário.
- 1 átomo de A + 2 átomos de B = 1 átomo de D, ternário.
- 2 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de E, ternário
- 1 átomo de A + 3 átomos de B = 1 átomo de F, quaternário.
- 3 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de G, quaternário, etc. (DALTON, 1808-1810, p.213).

Essas combinações de síntese química ainda obedeciam as regras escritas no livro de Dalton logo abaixo dos exemplos de combinação:

1° Quando somente uma combinação de dois corpos pode ser obtida, deve-se presumir que seja binária, a não ser que alguma causa sugira o contrário.

2° Quando duas combinações são observadas, deve-se presumir que sejam binária e ternária.

3° Quando três combinações são obtidas, podemos esperar que uma seja binária e as outras sejam ternárias.

4° Quando quatro combinações são observadas, devemos esperar uma binária, duas ternárias e uma quaternária, etc.

5° Um composto binário deve ser sempre especificamente mais pesado do que a mistura simples de seus dois ingredientes.

6° Um composto ternário deve ser especificamente mais pesado do que a mistura de um binário e um simples, os quais se combinados, o constituem; etc.

7° As regras e observações acima são igualmente aplicadas, quando dois corpos, como, por exemplo, C e D, D e E, são combinados. (DALTON, 1808-1810, p.214)

O cálculo do peso atômico era simples, tomando como exemplo o peso do oxigênio calculado a partir da água. De acordo com experimentos de Lavoisier, 15g de hidrogênio reagem com 85g de oxigênio para gerar 100g de água. Pela regra da máxima simplicidade, tem-se que um átomo simples de hidrogênio e um átomo simples de oxigênio geram um átomo composto de água e, admitindo o peso do hidrogênio como 1, conclui-se que o peso do oxigênio é 5,66, como mostrado na primeira tabela de pesos atômicos relativos de Dalton.

## 4 – CRÍTICAS E ALTERNATIVAS À TEORIA ATÔMICA DE DALTON

### 4.1 CRÍTICAS À TEORIA

As críticas sobre a teoria atômica são bem variadas. Os próprios atomistas tinham visões diferentes de átomos. Destacam-se três modalidades principais de críticas à teoria atômica, a primeira quanto a realidade dos átomos, tornando os átomos entidades teóricas desnecessárias. À segunda modalidade cabiam as críticas quanto à quantidade de tipos de átomos propostos por Dalton, já que alguns cientistas, como Davy, acreditavam na unidade da matéria. O terceiro grupo de críticas serão os defensores de uma química matemática, como Benjamin Collins Brodie (1783 – 1862).

Alguns cientistas do primeiro grupo, mesmo não acreditando na realidade do átomo, usavam o termo “átomo” para exprimir resultados experimentais. Era um termo cômodo para a apresentação desses resultados nas fórmulas correspondiam aos volumes de combinação de acordo com a Lei de Gay Lussac (1778 – 1850).

O mais importante crítico, ainda da primeira modalidade de oposição ao átomo como realidade, foi Wollaston. Esse grupo defendia que, como ninguém poderia provar a existência dos átomos, era melhor para a química que buscasse leis de fenômenos observáveis e não tentasse fundamentar suas teorias em bases hipotéticas e irreais, inobserváveis (CAMEL, 2010). Esse tipo de argumento contra o atomismo se torna comum no século XIX por conta do positivismo.

O próprio Wollaston trabalha com base na teoria atômica. Em 1808 comunicou exemplos de proposições múltiplas à Royal Society, na qual usa o termo átomo. No entanto, em 1813, muda drasticamente sua visão quanto aos átomos e não trata mais como possíveis existentes.

Essa mudança de opinião de Wollaston se deve ao fato de não poder ter certeza da composição de um átomo composto. Nega a teoria atômica de Dalton argumentando que não era possível saber se um composto era realmente binário ou se era ternário. Propõe pesos equivalentes como alternativa, sendo esses pesos obtidos a partir das necessidades cotidianas dos químicos.

A segunda modalidade de críticas conta com a crença de seguidores de Newton, por exemplo, já que estes esperavam uma quantidade pequena de tipos de átomos, de uma ou duas partículas fundamentais no máximo, e não a diversidade apresentada por Dalton. Davy pertencia a esse grupo de críticos e questionava se os elementos de Dalton não poderiam ser divididos novamente. Acreditava que com o avanço das técnicas científicas esses elementos poderiam ser divididos em unidades de matéria que, como as partículas de Newton, seriam as mesmas em todos os compostos.

#### **4.2 ALTERNATIVAS À TEORIA ATÔMICA DE DALTON**

Com tantas críticas, era de se esperar que muitos químicos não adotassem os pesos atômicos calculados com base na teoria e fundamentos de Dalton. Assim, surgiram alternativas que não envolvessem o uso de átomos para sua explicação. Além dessa fuga do atomismo, os que discordavam da quantidade de tipos de átomos também adotaram outras teorias atômicas, como os átomos pontuais, bem como os que defendiam uma química matematizada.

Os pesos equivalentes, propostos por Wollaston em 1814, buscavam diferir dos pesos atômicos de Dalton por serem obtidos experimentalmente. De fato seus equivalentes não variaram muito em relação aos pesos obtidos por Dalton, apenas diferindo nos elementos ferro, fósforo, cobre e nitrogênio. O equivalentismo tinha algumas falhas, como, por exemplo, não explicar o porquê de substâncias de mesma composição apresentarem propriedades diferentes (THUILLIER, 1994) e não eram sempre tão experimentais. Havia uma certa dose de arbitrariedade.

Wollaston listou cerca de noventa elementos e foi o quarto químico a publicar a tabela de pesos equivalentes (CAMEL, 2010). Esse equivalentismo de Wollaston ficou bastante popular na Grã Bretanha, o que fez com que a concepção atômica de Dalton fosse usada em menor escala. O importante para Wollaston era se afastar de qualquer teoria atômica.

Os átomos pontuais de Rudger Josef Boscovich (1711-1787) possuíam forças de repulsão e atração no próprio átomo e essa característica da força variava conforme a distância que separavam os elementos. Conforme a distância tendia à zero, a força de repulsão entre os centros aumentava de maneira que o contato entre os centros era impossível. Os

elementos químicos são uma combinação desses átomos pontuais e suas propriedades são derivadas das forças resultantes dessa combinação (CAMEL, 2010).

Outra ideia atômica do século XIX eram os átomos de vórtices, de William Thomson (1824-1907). Essa teoria de 1867 foi baseada em trabalhos sobre movimentos em turbilhão de fluidos homogêneos e não comprimíveis. O átomo, pensado por ele, era um turbilhão em formato de anel. Os químicos da época não deram muita importância para essa teoria por achá-la muito especulativa (THUILLIER, 1994). O desenvolvimento dessa teoria se apoiou na bem sucedida hidrodinâmica.

Prout buscou fornecer uma base quantitativa para a teoria da unidade da matéria, ao reduzir o hidrogênio à unidade mínima e todos os outros átomos sendo derivados átomo de hidrogênio. Procurava, assim, reduzir o número de tipos de átomos, já que todos seriam derivados do hidrogênio.

Prout encontrou, contudo, um problema na realização dos cálculos quando os resultados não eram inteiros. Tomando o hidrogênio como peso um e todos os outros elementos constituídos de vários átomos de hidrogênio, todos deveriam ter pesos inteiros, o que não era observado na prática. Os números não inteiros eram arredondados para ficar mais próximo do outro múltiplo do hidrogênio. Esse arredondamento, não deveria ocorrer, como Berzelius diz que “em nenhum caso, quando o peso atômico de um corpo simples fica próximo do múltiplo de um outro corpo, deve-se igualar o número dado pela experiência a esse múltiplo” (THUILLIER, 1994). Esse fato trouxe descrédito à sua teoria. Posteriormente se reinterpretou este fato a partir do fenômeno de isotopia apontado por Francis Aston (1877 – 1945) em 1919.

Outra teoria radicalmente contrária ao atomismo foi a proposta por Benjamin Collins Brodie (1817 – 1880). Inicialmente atomista, Brodie torna-se opositor do atomismo em meados dos anos sessenta, quando começa a pensar em reações químicas sem o intermédio do atomismo (CAMEL, 2010). Sugeriu uma mudança radical em que as letras não representariam mais átomos de um determinado elemento, mas sim operações. Brodie, porém, ignorou um fato que reforçava o atomismo, que eram os isômeros espaciais.

Deduz-se portanto que o atomismo, quando presente no século XIX, não se referia sempre ao átomo de Dalton.

## 5 - CONCLUSÃO

Na química posterior ao fim do século XIX, a necessidade do átomo de Dalton não era tanta. A química tinha como objetivos principais a identificação de novos elementos, bem como sua classificação, estudo de suas qualidades e entender como as reações químicas aconteciam. Nesse contexto, a teoria atômica de Dalton não era necessária. Os equivalentes se mostravam bastante práticos ao proporcionar aos químicos medidas de massas para realizar seus experimentos.

Admitir qualquer teoria atômica era muito difícil para químicos com visão muito voltada à experimentação e observar resultados coerentes com a realidade. Não era possível a comprovação e observação de átomos experimentalmente, por isso, não se poderia concebê-lo como realidade, como alguns críticos da Teoria Atômica Dalton argumentavam.

Com base nessa crítica, químicos como Wollaston procuraram se desvencilhar do conceito atômico, utilizando outros métodos, como os pesos equivalentes. O problema dessas medidas que buscavam não considerar o atomismo se dá quando surge a necessidade de uma explicação para novas questões na química, como a isomeria espacial.

Assim, o átomo só passou a ser necessário à química quando foi preciso explicar fenômenos levando em consideração a posição do átomo na estrutura da molécula, isto é, quando duas substâncias de mesma fórmula molecular apresentavam propriedades diferentes com base na diferença de posição de um átomo nas moléculas das duas substâncias. A inferência a melhor explicação levava em consideração o átomo tal qual Dalton colocou, com qualidades.

É notável que, no ano de publicação do seu livro, a teoria atômica de Dalton era um modo muito avançado de explicação da química. É possível perceber isso pois a maior aceitação e utilidade de uma teoria atômica surgem com o avanço da química orgânica e a necessidade de diferenciar compostos com mesma fórmula estrutural.

Concluo a partir desse estudo que a Teoria Atômica de Dalton é muito mais ampla e complexa do que o apresentado nos livros didáticos do ensino médio. A proposta dos livros didáticos ao apresentar essa teoria é reducionista não só quanto à descrição da teoria como

quanto a própria construção do conhecimento, omitindo o diálogo entre os dados experimentais e a teoria que constituem o próprio fazer científico.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P. **Imagens da Natureza, Imagens de Ciência**. Campinas: Papirus, 1998.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. **Breve História da Ciência Moderna, volume 2: das máquinas do mundo ao universo-máquina**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2004.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. **Breve História da Ciência Moderna, volume 4:A belle-époque da ciência**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2004.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; FREITAS, J.; REIS, J. C. **Newton e o Triunfo do Mecanicismo**. São Paulo: Atual, 1999 (Ciência no tempo)
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; FREITAS, J.; REIS, J. C. **Lavoisier e a Ciência no Iluminismo**. São Paulo: Atual, 2000 (Ciência no tempo)
- CAMEL, T.O. **A relevância das teorias da Química Orgânica na aceitação do conceito de molécula e de uma realidade atômica**. 355 f. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e epistemologia)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**. Manchester: [s.n.], v. 1, 1808-1810. Disponível em [www.archive.org](http://www.archive.org) em fevereiro de 2014
- FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, 20, p. 38-44, novembro de 2004.
- HANKINS, T. **Science and the Enlightenment**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- IHDE, A. **The development of modern chemistry**. New York: Harper and Brothers, 1970.
- MAAR, J. H. **Aspectos históricos do ensino superior de química**. *Sci. stud.* [online]. v. 2, n.1, p. 33-84, 2004. acessado em 21 de fevereiro de 2014.
- MAAR, J. H. **História da Química – Química Quantitativa: Do Nascimento ao Átomo de Dalton**. Florianópolis: Ed. Para-Livro, 2011.
- MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. P. Lavoisier e a Conservação da Massa. **Química Nova**, 16, p. 245-256, 1993.

NEEDHAM, P. When Did Atoms Begin to Do Explanatory Work in Chemistry?. **International Studies in the Philosophy of Science**, Londres, 18, p. 199-219, 2004.

PARTINGTON, J. R. **A History of Chemistry**. London: Macmillan, v. 3, 1962.

PORTO, P.; VIANA, H. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. **Cadernos Temáticos de Química Nova na escola**, 7, p. 4-12, 2007.

ROSCOE, H. E.; HARDEN, A. **A new view of the origin of Dalton's atomic theory: a contribution to chemical history**. [S.l.]: Macmillan and co., 1896.

SCHINDLER, S. **The Epistemic Value of Dalton's Theory of Atoms**. Birmingham: Department of Philosophy, 2009.

THACKRAY, A. W. Dalton, John. In: CHARLES, G. **Dictionary of Scientific Biography**. Tradução de Carlos Alberto Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, v. 1, p. 563-574, 2007..

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

VIANA, H. E. B. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton Como Estudo de Caso – e algumas reflexões para o ensino de química**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TOSI, L. Lavoisier: Uma Revolução Na Química. **Química Nova**, 12, p. 33-54, 1988.