

O ANO INTERNACIONAL DA TABELA PERIÓDICA E UM SUCINTO RESGATE DE SUA HISTÓRIA: IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA POR MEIO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

The International Year of the Periodic Table and a short rescue of its history: implications for scientific education through scientific dissemination

Cristina Spolti Lorenzetti [cspolti55@gmail.com]

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC, campus Araranguá (PIBIC)

Felipe Damasio [felipedamasio@ifsc.edu.br]

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC, campus Araranguá

Anabel Raicik [anabelraicik@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (Egressa)

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, campus Florianópolis

Recebido em: 17/05/2020

Aceito em: 25/11/2020

Resumo

A Tabela Periódica é, normalmente, vista pura e simplesmente como aquela derivada dos estudos de Mendeleev, sem contextualização e que se apresenta colada em paredes de laboratórios. Nesse sentido, esse artigo realiza uma sucinta reflexão histórica voltada para o século XIX e o desenvolvimento da Tabela Periódica e enfatiza a relevância de estudos acerca da divulgação científica para Educação Científica. Além disso, apresenta um projeto de divulgação científica desenvolvido no âmbito do Ano Internacional da Tabela Periódica dos elementos químicos e do sesquicentenário da publicação da Tabela Periódica de Mendeleev, promovidos em 2019, que abordaram a contextualização histórica e o futuro da Tabela Periódica que pode envolver a Teoria da Relatividade Restrita.

Palavras-chave: Tabela Periódica; Mendeleev; História da Ciência; Divulgação Científica.

Abstract

The Periodic Table is normally seen purely and simply as that derived from Mendeleev's studies, without contextualization and which is glued to the walls of laboratories. In this sense, this article performs a brief historical reflection focused on the 19th century and the development of the Periodic Table and emphasizes the relevance of studies about Scientific dissemination for Scientific Education. In addition, it presents a scientific dissemination project developed within the scope of the International Year of the Periodic Table of chemical elements and the sesquicentennial of the publication of Mendeleev's Periodic Table, promoted in 2019, which addressed the historical context and the future of the Periodic Table that may involve the Theory of Special Relativity.

Keywords: Periodic Table; Mendeleev; History of Science; Scientific Dissemination.

Introdução

O ano de 2019 foi escolhido pela ONU (Organização das Nações Unidas) como o Ano Internacional da Tabela Periódica dos elementos químicos. O motivo gerador desta celebração se encontra no sesquicentenário da Tabela Periódica (TP) publicada por Dmitry Ivanovich Mendeleev em 1869 (LEITE, 2019). Além disso, esse também foi o ano em que a União de Química Pura e Aplicada (IUPAC) completou seu centenário.

Entretanto, não é apenas por conta de seu notável aniversário que a Tabela Periódica vem sendo comentada nos últimos anos. Em dezembro de 2015, foi anunciado, pela IUPAC e pela IUPAP (União de Física Pura e Aplicada), que a TP receberia novos elementos químicos; que já vinham sendo estudados nos últimos anos e que reuniram evidências suficientes para serem, então, adicionados a TP (ZOLNERKEVIC, 2016). Um desses elementos, o oganessônio, tem chamado a atenção de cientistas por suas peculiaridades, de forma que pode desencadear significativas e interessantes pesquisas, que podem envolver a Teoria da Relatividade Restrita (GARCIA, 2019).

Não obstante, como comenta Leite (2019), nas aulas de química a TP ainda é utilizada de forma reducionista e pouco explorada, chegando-se a utilizá-la tão somente na forma de jogos para iniciar ou finalizar sequências didáticas. O resgate da história da TP e das recentes atualizações realizadas nela, poderiam ser uma ferramenta profícua na Educação Científica. Ao se apresentar e discutir esta enciclopédia concisa como mais que uma reunião de elementos químicos em uma folha, mas como sendo uma construção histórica, pode-se promover uma educação científica mais crítica e reflexiva, em detrimento de um mero treinamento científico (DAMASIO e PEDUZZI, 2016).

Quando se fala em Tabela Periódica dos elementos químicos, o mais natural é referir-se àquela – derivada da construída por Mendeleev – que fica colada em paredes de laboratórios de química ou em cadernos de estudantes do Ensino Médio. São omitidas, normalmente, inclusive em muitas sequências didáticas (LEITE, 2019), outras tabelas construídas antes de 1869. Os estudos e curiosidades sobre a natureza da matéria, por certo, não datam do século XIX (ROUVRAY, 2004). Desde os antigos gregos se busca respostas para a pergunta “Do que o mundo é feito?” (PEDUZZI, 2015). Embora não se pretenda, nem se faz necessário, um amplo resgate histórico dessa questão, reflexões envolvendo a história podem promover discussões acerca de concepções da própria Natureza da Ciência na Educação Científica, em distintos níveis.

No âmbito do presente trabalho, em termos históricos-epistemológico, optou-se por realizar uma sucinta reflexão voltada para o século XIX e o desenvolvimento da Tabela Periódica de Mendeleev. Além disso, ao passo que enfatiza a relevância de estudos acerca da divulgação científica, apresenta e descreve atividades e materiais que foram produzidos e promovidos em realizações de eventos que ocorreram, em 2019, em um Instituto Federal.

Ressalta-se, portanto, que a divulgação científica, em articulação com a história e, inevitavelmente a epistemologia, pode oportunizar que alunos da educação básica ou pessoas que não tiveram contato com a história da Tabela Periódica e suas atualizações, possam conhecê-la. Além disso, salienta-se que o tema pode ser tratado, também, no ensino superior como forma de situar historicamente os futuros professores e cientistas e promover discussões sobre a ciência nesse ambiente.

História da Ciência no desenvolvimento da tabela periódica: uma sucinta reflexão

Em 1789, em seu “Tratado elementar de química”, Antonie-Laurent de Lavoisier (1743-1794) agrupava, em uma lista com 33 elementos, gases, metais, não metais e terrosos (LEITE, 2019). Alguns dos elementos que Lavoisier apontou em seu estudo, depois foram classificados como compostos e outros, como a luz, deixaram de integrar essa classificação. O certo é que 25 desses elementos ainda estão presentes na tabela periódica atualmente (PEDUZZI, 2015).

Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849), em 1817, também apresentou uma sistematização dos elementos químicos, seus estudos ficaram conhecidos como “Lei das Tríades” (BRITO, RODRÍGUEZ e NIAZ, 2005). Nessa classificação quando os elementos eram agrupados em trios, de acordo com suas propriedades químicas, o peso do segundo elemento era aproximadamente a média dos pesos do primeiro e do terceiro. A grande dificuldade de Döbereiner, e dos que o seguiram na abordagem das tríades, foi estabelecer um princípio geral, que refletissem tais relações numéricas (RAWSON, 2006).

Em 1862, Alexandre Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886) desenvolveu uma classificação tridimensional que nomeou de “Parafuso Telúrico”. Organizando os elementos em uma hélice em ordem crescente de seus pesos atômicos, de Chancourtois pode constatar uma repetição periódica das propriedades dos elementos em seu eixo vertical (LEITE, 2019). Por mais que o de Chancourtois tenha sido um dos primeiros estudiosos a apresentar os elementos químicos de forma que repetissem periodicamente suas características, o geólogo teve problemas com a difusão do seu trabalho em razão da dificuldade em representá-lo, pois, como supracitado, seu “Parafuso Telúrico” possuía estrutura tridimensional. Além disso, sua formação em geologia dificultou a disseminação de suas ideias em termos linguísticos; utilizou uma linguagem voltada mais para a mineralogia do que para a química (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

John A. R. Newlands (1837-1898) também desenvolveu uma classificação que reunia os elementos a partir das suas semelhanças nas propriedades em 11 grupos, em 1863. Tais semelhanças repetiam-se a cada oito elementos, o que levou a “Lei das oitavas” (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1997), em analogia às oitavas musicais, como apontou o próprio Newlands. Em 1866 ao apresentar seu trabalho para a Chemical Society em Londres, ele foi questionado – de forma sarcástica – se teria organizado os elementos em ordem alfabética (LEITE, 2019), devido sua correspondência a música. Por certo, o trabalho de Newlands não teve muito reconhecimento, “suas bases taxonômicas eram consideradas vagas ou confusas” (DMITRIEV, 2004, p. 268). Entretanto, em 1887, ele recebeu a medalha Davy of the Royal Society, em homenagem aos seus trabalhos. Em 1864, William Odling (1829-1921) estabeleceu, de mesmo modo, um sistema de classificação, organizando os elementos em grupos de propriedades análogas e respeitando a ordem crescente dos pesos atômicos.

Embora esses estudiosos estivessem trabalhando independentemente em sistemas de classificação envolvendo periodicidade, e seus estudos tivessem originalidade e discernimento consideráveis (RAWSON, 2006), esses sistemas de classificação possuíam problemas e não davam conta de abranger todos os elementos conhecidos sem deixar lacunas (LEITE, 2019). Uma situação referente a época que é importante destacar – principalmente porque representa um dos pontos de ambivalência de Mendeleev – é a rivalidade entre os conceitos de peso atômico e peso equivalente (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997). Com a teoria atômica de Dalton o termo peso atômico ganhou força e espaço nas discussões, entretanto o século XIX foi todo permeado pelo “espírito positivista”, exigindo que conclusões fossem tiradas a partir da prática experimental (OKI, 2009; PEDUZZI, 2015). Em termos gerais, como a instrumentação da época não possibilitava a experimentação direta com os átomos, muitos pesquisadores não admitiam a sua existência. Não obstante, cabe destacar que um sistema de pesagem dos elementos, que permitia um manuseio mais experimental da situação - o peso equivalente – foi popularizado por William H. Wollaston (1766-1828) em 1814 (OKI, 2009).

Torna importante salientar, inclusive, que muitas nomenclaturas e conceitos eram usados de formas diferenciadas pelos pesquisadores, pois ainda não se tinha um padrão para defini-los. O congresso de Karlsruhe que aconteceu em 1860 e reuniu 129 químicos, pode ser um exemplo das primeiras tentativas de adotar uma mesma forma de nomear e conceituar os conteúdos das pesquisas químicas (OKI, 2009). Entre os principais pontos de discussão do evento estavam a diferenciação entre as palavras átomo, molécula, equivalente e básico; uma revisão sobre os equivalentes e as fórmulas químicas; e, uma definição de nomenclatura padrão (OKI, 2009).

A título de exemplo, Stanislao Cannizzaro (1826-1910), um dos palestrantes no referido congresso, distribuiu cópias de um artigo de sua autoria sobre um novo sistema de pesos atômicos de

forma que, além de outros estudiosos, receberam um exemplar Julius Lothar Meyer (1830-1895) e próprio Mendeleev (KAJI, 2003). Com efeito, depois de ter entrado em contato com as ideias de Cannizzaro, Meyer buscou produzir tabelas dos elementos químicos de acordo com a sua valência. Em 1864 ele publicou uma tabela que possuía 28 dos 56 elementos conhecidos na época. Já em 1868, começou a trabalhar em uma tabela periódica que incluía todos os elementos conhecidos de acordo com a valência e, quando plotado um gráfico do volume atômico em relação ao peso atômico, podia-se perceber um padrão. Os trabalhos de Meyer relativos a essa tabela terminaram e foram publicados em 1870 (LEITE, 2019). Um ano antes, porém, Mendeleev também publicava uma tabela periódica.

Cabe, então, a indagação: por que a tabela de Mendeleev obteve reconhecimento na época e hoje atribuímos a ele a construção da tabela periódica? É importante destacar preliminarmente que, em relação as outras tabelas construídas até 1869, a tabela de Mendeleev possuía alguns diferenciais: previa a existência de elementos, deixando alguns espaços vazios; e, ao incluir todos os elementos conhecidos e deixando espaços para novos elementos, levava em consideração várias propriedades físicas e químicas, podendo inclusive antever quais seriam as propriedades dos elementos que seriam descobertos (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997). Entretanto esses não foram os únicos aspectos que contribuíram para o seu reconhecimento.

Em uma análise desenvolvida por Kaji (2003), ele frisa que os primeiros estudos de Mendeleev, quando ingressou no Instituto Pedagógico Principal de São Petersburgo (*Main Pedagogical Institute of St. Petersburg*), em 1850, já apontavam algumas habilidades e conhecimentos que viriam a ser úteis posteriormente na construção da tabela periódica. Suas primeiras publicações que tratam de análises químicas de minerais e sua primeira ‘tese’ sobre isomorfismo, podem indicar que Mendeleev já estava em contato com as similaridades das propriedades químicas dos componentes com os quais trabalhava (KAJI, 2003). Seus trabalhos posteriores sobre volumes específicos e estrutura de silicatos, seguiram a mesma linha de pesquisa. Para esses estudos Mendeleev utilizou o sistema de pesos atômicos de Auguste Laurent (1808-1853) e Charles Gerhardt (1816-1856) e a hipótese de Avogadro (KAJI, 2003).

Na década de 1860, a recém-criada Sociedade Química Russa – a qual Mendeleev fazia parte – estava incentivando o desenvolvimento de pesquisas no campo industrial e teórico; com o intuito de obter avanços no campo da indústria (KAJI, 2003). Os professores eram então apoiados na escrita de livros, que em muitos casos ainda não tinham exemplares no idioma russo. Nesse sentido, em 1861, Mendeleev escreveu seu primeiro livro de química *Organic Chemistry*, cabe ressaltar que ele definiu o peso atômico conforme a descrição de Cannizzaro. O livro foi tão bem recebido que, no ano seguinte, ele ganhou um prêmio (Demidov) concedido pela Academia de Ciências de Petersburgo. Ainda naquela década, Mendeleev começa a escrever o livro *Principles of Chemistry* sobre Química Inorgânica; por certo antes de escrevê-lo ele já buscava por uma classificação na qual conseguisse sistematizar os elementos (KAJI, 2003).

Foi durante a escrita do *Principles* que Mendeleev desenvolveu as ideias que vieram acarretar na Tabela Periódica. Na primeira parte do livro foram feitas análises baseadas no princípio de valência, já na segunda parte, em um capítulo onde Mendeleev realiza uma comparação nas propriedades físico-químicas dos metais alcalinos terrosos e alcalinos, ele utiliza os pesos atômicos como base para a análise (KAJI, 2003). Concomitante a escrita do livro e para a escrita do livro, ele estava desenvolvendo uma tabela que sistematizasse os elementos; como salientado anteriormente o desenvolvimento de tabelas não era inédito. Mendeleev terminou sua primeira tabela 1869 e escreveu um artigo falando sobre ela e seu objetivo - que era o de mostrar a relação existente entre os pesos atômicos e as propriedades dos elementos. O artigo foi lido na Sociedade Química Russa em 6 de março daquele ano (KAJI, 2003).

É importante ressaltar que por ter estudado um tempo na Alemanha (BRITO, RODRÍGUEZ, NIAZ, 2005) e por fazer parte da Sociedade Química Russa, Mendeleev possuía contatos que o ajudavam a publicar traduções dos seus trabalhos em alemão (KAJI, 2003). Nesse sentido, seu primeiro artigo publicado acerca da Tabela Periódica em alemão, foi enviado para um periódico da Alemanha pelo próprio Meyer (KAJI, 2003). Com efeito, Meyer quando publicou sua tabela em 1870,

admitiu que seu sistema era muito semelhante ao de Mendeleev, exceto por aqueles pontos supracitados deste último que evidenciam alguns de seus ineditismos (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

Cabe ressaltar que mesmo buscando entender a natureza dos átomos e das moléculas e adotando o sistema de pesos atômicos (referindo-se a teoria atômica) – que muitos tinham apenas como hipotético, uma ferramenta para realizar a pesquisa já que não podiam averiguar diretamente – Mendeleev ainda falava em medida empírica dos pesos, referindo-se aos pesos equivalentes (NIAZ, RODRÍGUEZ, BRITO, 2004). Isto é, Mendeleev apresentava certa ambivalência de conceitos. Ademais, é importante localizá-lo entre teorias e concepções também desenvolvidas no século XIX. A título de exemplo, pode-se destacar que após aquele congresso de Karlsruhe, ele afeiçoou-se com o sistema de peso atômico de Cannizzaro chegando a escrever para o então seu professor que o sistema de Gerhardt apresentava inconsistências e que a proposição de Cannizzaro, que apontava uma multiatomicidade para os metais, parecia ser mais adequada (KAJI, 2003).

Além disso, é importante destacar que a Tabela Periódica não teve seu formato estagnado com a versão de Mendeleev, ela é um instrumento de pesquisa e estudo em constante revisão. O próprio Mendeleev realizou modificações ao longo dos anos. Uma delas se refere a criação de um oitavo grupo para o que ele chamava de elementos de transição; a necessidade da criação desse grupo veio com uma quebra na periodicidade das propriedades dos elementos, a partir do elemento ferro, quando organizados a partir do seu peso atômico (SCERRI, 2011). Com efeito, posteriormente, o grupo oito contendo os elementos de transição foram realocados ao corpo principal da tabela periódica. A incorporação dos recém-descobertos gases nobres, no final do século XIX, foi outra mudança que ocorreu no formato da Tabela Periódica – enquanto Mendeleev ainda estava vivo. Com isso, esses elementos, que ocuparam esse grupo, estavam de acordo com muitos estudos realizados anteriormente, incluindo do próprio Mendeleev; a saber, de que a periodicidade dos elementos se repetia em grupos de oito (SCERRI, 2011).

Um dos químicos responsáveis pela modificação mencionada, incluindo os gases nobres na tabela periódica, foi Willian Ramsay (1852-1916). Entretanto se olharmos para essa tabela (Figura 1) veremos que sua aparência ainda não se assemelha com a tabela periódica que geralmente encontramos nos livros-texto e nos laboratórios. A tabela periódica começou a se assemelhar com a atual com as modificações feitas por Alfred Werner (1866-1919), que estudava a possibilidade de arranjar o que ele chamava de “bloco d” no meio da tabela, formando uma *série de transição*. Desse modo, a tabela construída por ele tinha um sentido diferente (Figura 2), como se ela tivesse recebido um “giro” em 90 graus (CONSTABLE, 2019).

Figura 1: Tabela periódica de Ramsay. Fonte: Constable, 2019.

Figura 2: Tabela periódica de Werner. Fonte: Constable, 2019.

O engenheiro Charles Janet (1849-1932) também contribuiu para a construção da tabela periódica que influenciou no seu atual formato. Janet utilizou os últimos estudos físicos acerca da teoria atômica para construir um novo estilo de tabela periódica que se baseasse nesse corpo teórico. Sua tabela (Figura 3) ficou conhecida como tabela a esquerda ou *left-step* por possuir esse deslocamento (SCERRI, 2008; SCERRI, 2011).

Figura 3: Tabela periódica *left-step* sugerida por Janet. Fonte: Scerri, 2008.

A instituição que oferece o formato padrão da tabela periódica é a IUPAC, assim como também regulariza as mudanças que podem vir a ocorrer nela (GARCIA, 2019). As últimas mudanças ocorridas se deram a partir da expansão dos elementos químicos conhecidos (GARCIA, 2019). Com

o aperfeiçoamento dos laboratórios de fusão nuclear, a lista de elementos superpesados sintetizados tem aumentado. Juntamente a este aumento, surgiram algumas incertezas quanto ao atual formato da tabela periódica. O oganessônio – de número atômico 118 – é o elemento mais pesado sintetizado até o momento, seguindo a ordem da tabela ele seria um gás nobre. Entretanto, por conta de seu núcleo superpesado existe a possibilidade de que seus elétrons orbitem o núcleo a velocidades relativísticas, o que acarretaria em um aumento de energia, que deixaria o átomo ainda mais pesado e desorganizaria suas posições eletrônicas. Essas mudanças no átomo acarretariam mudanças nas propriedades do elemento também, logo existe a possibilidade de que o oganessônio não seja um gás nobre (GARCIA, 2019). Os cientistas terão que lidar com essa mudança de análise com os próximos elementos que serão sintetizados também, com isso, já se estuda ilhas de estabilidade para que os elementos possam ter meia vida cada vez maior e se possa estudar suas propriedades, bem como já se espera que a tabela periódica tenha um formato um pouco diferente no que se refere aos novos elementos (ZOLNERKEVIC, 2016). Essas são discussões atuais que, juntamente e em semelhança à História e Filosofia da Ciência, dificilmente aparecem nos livros didáticos ou no ensino superior.

Como apontam Brito, Rodríguez e Niaz (2005), Mehlecke *et al.* (2012) e Leite (2019), por exemplo, discussões, ainda que sucintas, como as promovidas anteriormente, sobre o contexto do desenvolvimento da Tabela Periódica, são deixadas de lado – parcial ou inteiramente – em livros didáticos da educação básica e da graduação. Nesse sentido, a História e Filosofia da Ciência tem se mostrado uma ferramenta muito útil para a realização de reflexões de e sobre ciência.

Peduzzi (2001) aponta sobre os perigos de ensinar a ciência sem a sua história, retratando uma ciência estática e pronta. Olhando para os acontecimentos que levaram ao desenvolvimento de um sistema periódico, quão dinâmico não mostra o século XIX? Deixando de apontar quais conhecimentos Mendeleev já tinha em mãos quando desenvolveu sua primeira Tabela Periódica, quão “indutivista” pode parecer quando apresentada em função da teoria atômica do século XX? Tantas outras perguntas surgem ao passo que se conhece mais sua história e a maneira descontextualizada com que o tema é tratado no ensino.

Entretanto não é aconselhado olhar para a História e Filosofia da Ciência como a salvadora dos problemas do ensino de ciência, ou da divulgação científica; pode-se pensá-la como uma ferramenta profícua para refletir e promover aprendizagens potencialmente significativas no ensino. Por certo, ao utilizar a História, alguns cuidados devem ser tomados para não divulgar, como ressaltam Damasio e Peduzzi (2016), uma pseudo-história ou uma quase-história. No primeiro caso usa-se a história “de maneira equivocada no ensino de ciência, devido aos assuntos e temas selecionados e utilizados, e coloca como causa disso a distância entre a percepção de um cientista e de um historiador” (p. 15). A quase-história ocorre quando “há uma falsificação histórica com aspectos de história genuína” (p. 16). Os conceitos citados, pseudo-história e quase-história, poderiam reforçar ainda mais as narrativas de que dentro da ciência existe uma verdade absoluta, como também os estereótipos do cientista e das suas “descobertas” e do fazer ciência, o que não é desejado e precisa ser combatido.

Sobre as “descobertas”, a partir do trabalho de Raicik e Peduzzi 2016, a título de exemplo, é possível analisar o quão complexo pode ser o seu processo e, conseqüentemente, como é reducionista tratar o feito de Mendeleev como a “descoberta da Tabela Periódica”. A Tabela Periódica pode ser considerada uma das enciclopédias mais compactas que existem, e entender o seu processo de construção demanda muito mais do que conhecer o ‘formato’ elaborado por ele.

Ademais, outra forma de explorar o episódio histórico da publicação da Tabela Periódica para tratar de aspectos acerca de sua própria construção é analisando sua imagem original publicada por Mendeleev. Raicik, Peduzzi e Angotti (2017) mencionam que utilizar imagens originais, em alguns casos, pode auxiliar na construção do que se estuda e fomentar discussões históricas. Analisar e resgatar a tabela de Mendeleev (Figura 4) pode possibilitar a visualização, por meio de comparação, de que a tabela publicada não é exatamente a mesma que se usa atualmente (Figura 5). Elementos foram adicionados e a posição de alguns deles foram modificadas; além disso, a versão atual apresenta mais informações, como peso e número atômico. Isso pode suscitar reflexões, até mesmo, sobre o papel das imagens, sobretudo no âmbito do ensino de ciências.

				Ti = 50	Zr = 90	? = 180
				V = 51	Nb = 94	Ta = 182
				Cr = 52	Mo = 96	W = 186
				Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
				Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
				Ni = 59	Pd = 106,6	Os = 199
				Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Su = 118		
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?	
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204	
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207	
		? = 45	Ce = 92			
		?Er = 56	La = 94			
		?Yt = 60	Di = 95			
		?In = 75,6	Th = 118?			

Figura 4: Tabela Periódica de Mendeleev. Fonte: Leite, 2019.

IUPAC Periodic Table of the Elements

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2016. Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Figura 5: Tabela Periódica atual. Fonte: IUPAC

Não apenas a História e Filosofia da Ciência pode ser utilizada para tratar da TP, mas também discussões atuais que vem ocorrendo referentes a sua constituição. Garcia (2019) e Zolnerkevic (2016) tratam da introdução de novos elementos superpesados na TP e a instabilidade que apresentam e, ademais, os possíveis problemas que o oganessônio poderá causar nos diagramas da tabela periódica.

A Divulgação Científica e a Tabela Periódica

O modo de produzir divulgação científica vem se modificando ao longo dos anos. Conquanto, autores tem reforçado a sua importância pela oportunidade de acesso à ciência (SILVEIRA e SANDRINI, 2014) e por promover uma formação de docentes mais preparados para realizar a atividade de divulgação (RODRIGUES, DAMASIO e CUNHA, 2013). Também para que os cidadãos possam ter acesso a informações que são úteis para a sociedade do século XXI, ajudando a formar pensadores críticos, que estão rodeados por tecnologias e onde governos realizam constantemente decisões acerca da ciência do país (VALÉRIO e BAZZO, 2005).

Em Massarani et al. (2004) são reunidos textos chamados de “Guia de divulgação científica” que abordam a divulgação científica em diferentes aspectos, com o intuito de auxiliar e dar algumas dicas sobre o assunto. A maior parte dos textos presentes nesse guia são voltados para o público jornalístico, entretanto em Vieira (2004), pode-se encontrar o “Pequeno manual de divulgação científica - Um resumo”. Nele são apresentados uma sequência de passos a serem seguidos para realizar a construção de um material de divulgação científica. Dentre as instruções dadas está a cautela com a linguagem; faz-se necessário torná-la acessível, sem equações ou jargões científicos e, quando necessário, adicionar notas de rodapé ou legendas, tomando a devida atenção para não causar

reducionismos no que se deseja reportar. Outra sugestão se encontra na contextualização do tema em questão, caso se trate de cientista é recomendado que o apresente, dizendo onde nasceu, em que se graduou, quais eram seus objetivos com aquilo. Ademais, é aconselhado que se use muitas analogias e exemplos.

As sugestões presentes em Vieira (2004) podem ser úteis ao iniciante em divulgação científica, mas podem apresentar-se superficiais para aquele que busca algo a mais e devem ser vistas com cautela. É possível ir além ao divulgar ciência, falar não apenas de ciência, mas também sobre ciência. Uma ferramenta que se mostra capaz de desenvolver discussões e reflexões sobre ciência é a própria História da Ciência, como mencionado. Ao resgatar um contexto sócio-histórico da ciência – envolvendo a economia, filosofia, sociologia, cultura e aporte teórico da época, por exemplo – pode-se criar a chance de contribuir para educar cientificamente o cidadão que a lê, e não apenas informá-lo sobre determinado assunto. No ambiente escolar, essa divulgação científica contextualizada pode auxiliar para que o treinamento científico, que visa a “decoreba” e a listagem de equações e leis, dê espaço para uma Educação Científica, que busca promover um pensamento crítico nos alunos (DAMASIO e PEDUZZI, 2016).

O livro “O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química”¹ (STRATHERN, 2002) conta, por exemplo, a história da “criação” da tabela periódica. Criou-se um mito em torno da figura de Mendeleev, onde muitas vezes chegam a retratar este episódio histórico, pura e simplesmente, como fruto de um sonho do químico russo, e acabam ignorando as pesquisas e construções que foram realizadas por ele e antes dele. Por mais que o livro traga o contexto anterior ao desenvolvimento da Tabela Periódica por Mendeleev, ele o faz de forma linear, como se a tabela estivesse sendo gestada por outros estudiosos e Mendeleev a colocou no mundo, em um episódio único e genioso, com o incremento – de caráter duvidoso e reducionista – de que a “versão final” da Tabela Periódica foi visualizada em um sonho. Peduzzi (2001) e Forato, Pietrocola e Martins (2011) ressaltam o perigo e o desserviço que os recortes e as anedotas da história podem trazer ao ensino de ciências, essas narrativas reforçam a ideia de insight de um gênio, de grande descoberta e ciência linear, sem erros e sem defeitos.

Mehlecke et al. (2012), ao apresentarem uma pesquisa realizada em livros didáticos de química utilizados na educação básica brasileira, apontam que, quando esses materiais abordam a história da Tabela Periódica, o fazem em forma de recortes, aumentando os rótulos criados em torno deste episódio. Inclusive, os autores discutem como meros recortes “históricos” não possibilitam uma discussão e reflexão sobre o tema estudado, evidenciando ainda mais como a parte histórica da construção da TP é tratada, geralmente, de forma rasa.

Brito, Rodríguez e Niaz (2005) também desenvolvem uma análise em livros que, normalmente, são utilizados em nível superior. Um dos critérios que foram utilizados para selecionar os livros que eles fariam as análises foi utilização dos livros em diferentes países, ou seja, se eles possuem tradução para português, espanhol e italiano por exemplo (o estudo foi publicado em inglês). Com isso, é possível trazer muitos dos aspectos discutidos no trabalho para a realidade brasileira. Os autores utilizaram sete critérios – voltados para a HFC – para realizar a análise dos livros: (i) a importância da acomodação dos elementos na tabela periódica; (ii) A importância da lei como evidência para apoiar a lei periódica; (iii) A importância relativa da acomodação e da previsão no desenvolvimento da tabela periódica; (iv) O papel das novas previsões; (v) explicação da periodicidade na tabela periódica; (vi) contribuições de Mendeleev: teoria ou lei empírica? (vii) desenvolvimento da tabela periódica como uma sequência de princípios heurísticos. Os resultados obtidos evidenciam que os livros dão ênfase a importância da acomodação dos elementos na Tabela Periódica (critério i). A maior parte dos livros (75%) também deram importância para as previsões feitas por Mendeleev (previsões de elementos que ainda não haviam sido descobertos) (critério ii). Entretanto poucos livros fizeram a discussão entre esses dois critérios (que no caso seria o critério iii). Com efeito, a reflexão entre essas duas componentes poderia mostrar como a aceitação de uma

1 A grafia usual do nome do químico é Mendeleev, entretanto o livro traz *Mendeleiev*.

construção, como a Tabela Periódica, não depende um ou outro fator, mas de toda uma rede fatores. Poucos livros também se ocuparam em abordar as causas da periodicidade na tabela periódica, que muitas vezes já trata como consequência direta da teoria atômica do século XX – abordando números atômicos em vez de pesos atômicos.

Como discutido em Niaz, Rodríguez e Brito (2004), durante seus estudos e do processo de construção da Tabela Periódica, Mendeleev esteve em contato com ideias como a teoria atômica de Dalton, a lei das proporções múltiplas, a palestra de Cannizzaro no Congresso de Karlsruhe (1860), a ideia de pesos atômicos razoavelmente confiáveis, a valência e as pesquisas relacionadas as propriedades físicas e químicas dos elementos. Como buscou-se salientar, a partir do desenvolvimento desses estudos que antecederam a Tabela Periódica de Mendeleev e a maneira como ele lidou com as diferentes teorias que disputavam não somente o campo científico, mas também ideológico, é possível realizar uma discussão envolvendo a História e a Filosofia da Ciência assim como refletir sobre aspectos acerca da Natureza da Ciência. Além, é claro, de fomentar essas reflexões por meio da Divulgação Científica.

Nesse sentido e à luz do exposto, a seguir descreve-se eventos realizados em um Instituto Federal, em homenagem ao AITP e ao sesquicentenário da Tabela Periódica. Esses eventos contaram com a participação em uma rádio local, uma exposição da tabela periódica e de elementos químicos, a produção de material para divulgação, a realização de palestras e a impressão da tabela periódica em uma impressora 3D. Essas atividades promoveram uma discussão da história envolvida na construção da TP levando em consideração toda a abordagem da construção histórica da tabela atual feita neste artigo anteriormente.

Discutindo a evolução histórica da Tabela Periódica na Educação Científica por meio de divulgação científica

As ações desenvolvidas como eventos promovidos no Instituto Federal podem ser divididas em seis etapas, que incluem as atividades realizadas: I. apropriação do tema, por meio da produção de um material de divulgação científica; II. exposição da Tabela Periódica; III. divulgação e conversa sobre a Tabela Periódica na Rádio Araranguá; IV. evento aberto ao público realizado nas dependências do IF; V. exposição de elementos químicos; e, VI. impressão da Tabela Periódica na impressora 3D.

Na etapa I, gravou-se um vídeo discutindo cinco assuntos geralmente não tratados sobre a TP na educação científica. Dentre eles estão: i) o mito do “sonho de Mendeleev”; ii) os problemas que a Tabela Periódica apresentava na sua primeira publicação; iii) a instabilidade dos novos elementos adicionados a TP, o que impossibilita encontrá-los na natureza; iv) os últimos elementos adicionados a TP em 2015; e v) o caso do oganessônio, que possivelmente não obedece aos diagramas da tabela periódica por possuir um núcleo muito pesado. O vídeo está disponibilizado no canal no Youtube².

Na etapa II, buscou-se simbolizar o AITP a partir da impressão de uma TP que, depois de montada, ocupou uma parede do IF (Figura 6). Na etapa III, falou-se sobre a história da Tabela Periódica e os novos elementos adicionados a TP, no programa de *Atualidades* em uma rádio local (Figura 7). Procurou-se com isso divulgar para o público em geral os projetos realizados no Instituto, pois além da transmissão via rádio, o programa também é transmitido ao vivo via Facebook. Além disso, na oportunidade, divulgou-se o evento aberto ao público que aconteceria no IF.

² Disponível em: < <https://youtu.be/KIFEPOGsSDY> >.



Figura 6: Exposição da Tabela Periódica. Fonte: acervo dos autores.



Figura 7: Participação no programa da Rádio Araranguá. Fonte: acervo dos autores.

A etapa IV consistiu, então, na realização do evento, aberto ao público, no qual discutiu-se a TP (Figuras 8 e 9). Para isso, convidou-se turmas de ensino médio da rede estadual de educação básica da cidade sede do IF e de uma cidade próxima (aprox. 31 km), para participarem. Uma palestra foi ministrada, abordando a história da TP, desde de Lavoisier com sua primeira tabela (não periódica), passando por Johann Döbereiner e a Lei das Tríades, Chancourtois com sua tabela em espiral, John Newlands e a lei das oitavas, Julius Meyer que quase chegou aos resultados da TP antes de Mendeleev, e finalmente a tabela periódica publicada por Mendeleev em 1869 (LEITE, 2019).



Figuras 8 e 9: Momento da palestra. Fonte: acervo dos autores.

Ainda na palestra, discutiu-se quais modificações foram realizadas para se chegar no formato atual da TP, e também sobre os novos elementos adicionados em 2015, apresentando como se define quando um elemento deve ser adicionado a TP. Por fim, falou-se da questão do oganessônio e seu núcleo superpesado (GARCIA, 2019). Aproveitou-se essa fala sobre as mudanças que poderão acontecer na TP, para discorrer sobre porque ainda não se sabe quais as propriedades de alguns desses

elementos, e com isso, foi introduziu-se as ilhas de estabilidade e os números mágicos de Maria Goeppert-Mayer (ZOLNERKEVIC, 2016; CORDEIRO, 2017).

Na etapa V, levou-se o público para conhecer a exposição da TP (montada na etapa II, supracitada) em um ambiente externo e, então, realizou-se uma exibição com elementos químicos (Figura 10). Depois disso os estudantes foram levados ao LAE²F, onde eles puderam presenciar a realização de alguns experimentos envolvendo diferentes áreas da física.



Figura 10: Exposição dos elementos químicos. Fonte: acervo dos autores.

Finalmente na etapa VI, efetivou-se a impressão de parte da Tabela Periódica em uma impressora 3D (Figuras 11 e 12). Pretende-se finalizar a impressão e deixá-la no acervo do IFScience e possibilitar seu empréstimo para professores. Cabe ressaltar que a impressão de materiais didáticos já vem sendo estudada a algum tempo e apresenta potencial para ocupar um lugar de importância no desenvolvimento de práticas didáticas (PALAIO; ALMEIDA e PATREZE, 2018; AGUIAR e YONEZAWA, 2014). Por possuir um formato de quebra-cabeças a tabela periódica impressa oportuniza, por exemplo, a sua utilização em séries iniciais de forma lúdica, permitindo a exploração de alguns aspectos de sua construção.



Figura 11: Impressora 3D utilizada. Fonte: acervo dos autores.



Figura 12: Parte da Tabela Periódica já impressa. Fonte: acervo dos autores.

É importante ressaltar que a palestra realizada no evento foi promovida, também, em um curso de formação continuada de professores da rede estadual de educação da região da cidade sede do IF (Figura 13). A palestra foi filmada e disponibilizada³ no YouTube. Salienta-se que ações como essa (tanto no que se refere ao evento promovido, quando a divulgação da palestra) podem auxiliar que conteúdos científicos, por meio de materiais de divulgação científica, cheguem até professores da educação básica que, conseqüentemente, podem utilizar a palestra e os materiais em sala de aula com os alunos.



Figura 13: Palestra realizada no curso de formação continuada de professores. Fonte: acervo dos autores.

Considerações finais

A produção de materiais para a divulgação científica e a realização de eventos como os apresentados, podem contribuir para a inserção da história da ciência em discussões onde normalmente ela não está presente. Além disso, esses ambientes são propícios para o debate sobre os novos rumos que tal estudo poderá tomar, neste caso os rumos da Tabela Periódica.

A oportunidade de trazer professores e alunos da rede estadual para esses eventos, é um bom caminho para ultrapassar cada vez mais os muros da Universidade, as suas portas já estão abertas,

³ Disponível em: < <https://youtu.be/KIFEPOGsSDY> >

porém criou-se uma cultura de formalidade dentro dessas instituições, que por muitas vezes acabam afastando a comunidade dos seus estudos.

A utilização da história da ciência tem se mostrado uma ótima ferramenta para realizar discussões de e sobre ciência no ensino (FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011). No caso da Tabela Periódica, não apenas o recorte da sua publicação em 1869, mas os problemas que apresentava, o caminho traçado e os problemas que vem apresentando hoje em dia também podem desencadear reflexões significativas (GARCIA, 2019; LEITE, 2019). Um resgate histórico do tema, associado a reflexões acerca de aspectos da natureza da ciência que promove, indica um caminho profícuo para discussões posteriores. O livro “O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química” (STRATHERN, 2002), supracitado, por exemplo, indica diversas concepções não adequadas acerca da ciência e do trabalho de Mendeleiev que podem ser exploradas, em trabalhos futuros, por meio da história e pensando em suas implicações para o ensino de ciências. É certo que muitos materiais de divulgação científica visam disseminar a ciência para um público mais leigo, mas isso não os exemem de apresentar visões limitadas e passíveis de reflexões. Por certo,

Ter um melhor entendimento da ciência e seus processos implica em reconhecê-la não apenas como um corpo de conhecimento bem estruturado, mas como uma maneira de ver, pensar e entender o mundo e seus fenômenos, que influencia e é influenciada pelas tradições de conhecimento e de cultura onde ela é praticada (PEDUZZI e RAICIK, 2020, p. 3).

A divulgação científica tem um potencial de ocupar uma importante posição na educação dos cidadãos, tanto aqueles que ainda são alunos do ensino básico ou superior, quanto as demais pessoas que se interessam pelo assunto ou buscam saber mais (DAMASIO e PEDUZZI, 2016). Projetos como o IFScience, grupo de pesquisa que promoveu as atividades aqui expostas, assim como os eventos realizados em Lorenzetti, Damasio e Raicik (2020), proporcionam cada vez mais espaços de fala que trazem discussões *de e sobre* ciência, contribuindo para a educação científica dos cidadãos em detrimento do treinamento científico, que tem feito cada vez menos sentido na sociedade do século XXI (DAMASIO e PEDUZZI, 2016).

Ademais, ressalta-se a importância, que vem sendo enfatizada há décadas, de uma maior aproximação da História e Filosofia da Ciência no ensino. Este artigo, ao apresentar o evento promovido em um IF, buscou evidenciar que reflexões sobre a ciência, por meio da história, podem ser veiculadas com a divulgação científica e na produção de seus materiais.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, L. C. D.; YONEZAWA, W. M. (2014) Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D. *In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, IV, Ponta Grossa, Brasil.

BRITO A.; RODRÍGUEZ, M. A.; NIAZ, M. (2005). A reconstruction of development of the Periodic Table based on History and Philosophy of Science and its implications for general chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (1), 84-111.

CONSTABLE, E. C. (2019). Evolution and understanding of the d-block elements in the periodic table. *Dalton Transactions*, 48 (26), 9408-9421.

- CORDEIRO, M. D. (2017). Mulheres na Física: um pouco de histórica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34 (3), 669-672.
- DAMASIO, F.; PEDUZZI L.O. (2016). A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência. *Revista Labore em Ensino de Ciências*, 1 (1), 14-34.
- DMITRIEV, I. S. (2004). Scientific discovery in *statu nascendi*: The case of Dmitrii Mendeleev's. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 34(2), 233-275.
- FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. (2011). A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28 (1), 27-59.
- GARCIA, R. A. (2019). A encruzilhada da Tabela Periódica. *Revista Fapesp*, 277, 60-63.
- KAJI, M. (2003). Mendeleev's discovery of the periodic law: the origin and the reception. *Foundations of Chemistry*, 5 (1), 189-214.
- LEITE, B. S. (2019). O Ano Internacional da Tabela Periódica e o Ensino de Química: das cartas ao digital. *Química Nova*, 42 (6), 702-710.
- LORENZETTI, C. S.; DAMASIO, F.; RAICIK, A. C. (2020). O episódio histórico do centenário eclipse de Sobral e suas implicações para o ensino de física por meio da divulgação científica. *Educar Mais*, 4 (2), 234-307.
- MASSARANI L. *et al.* Guia de divulgação científica. Rio de Janeiro: SciDev.net, 2004.
- MEHLECKE et al. (2012). A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 521-545.
- NIAZ, M.; RODRÍGUEZ, M. A.; BRITO, A. (2004). An appraisal of Mendeleev's contribution to the development of the periodic table. *Studies in History and Philosophy of Science*, 35 (2), 271-282.
- OKI, M. C. M. (2009). Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. *Química Nova*, 32 (4), 1072-1082.
- PALAIIO, S. C. S.; ALMEIDA, M. V. L.; PATREZE, C. M. (2018). Desenvolvimentos de modelos impressos em 3D para o ensino de ciências. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 8 (3), 70-82.
- PEDUZZI, L. O. Q. (2001). Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC.
- PEDUZZI, L. O. Q. (2015) *Do átomo grego ao átomo de Bohr*. Publicação interna. Florianópolis: Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, (revisado em julho de 2019). 205 p. Disponível em: www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br

PEDUZZI, L. O.; RAICIK, A. C. (2020). Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25 (2), 19-55.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. (2016). A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9 (2), 149-176.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. (2017). Uma análise da ilustração do experimentum crucis de Newton em materiais de divulgação científica. *Física na Escola*, 15 (2), 24-30.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. (1997). Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. *Química Nova*, 20 (1), 103-117.

RAWSON, D. C. (1974). The process of discovery: Mendeleev and the periodic law, *Annals of Science*, 31(3), 181-204.

ROUVRAY, D. H. (2004). Elements in the history of the Periodic Table. *Endeavour*, 28 (2), 69-74.

RODRIGUES, A. A.; DAMASIO, F.; CUNHA, S. L. S. (2013). Divulgação científica na formação docente: construindo e divulgando conhecimento por meio do rádio e da internet. *Experiências em Ensino de Ciências*, 8 (2), 80-94.

SCERRI, E. R. (2008). The role of triads in the evolution of the Periodic Table: Past and Present. *Journal of Chemical Education*, 85 (4), 585-589.

SCERRI, E. R. (2011). A review of research on the history and philosophy of the periodic table. *Journal of Science Education*, 12 (1), 4-7.

SILVEIRA, M. C.; SANDRINI R. Divulgação científica por meio de blogs: desafios e possibilidades para jornalistas e cientistas. Intexto, Porto Alegre, n. 31, p. 112-127, dez. 2014.

STRATHERN, P. O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

VALÉRIO, M.; BAZZO, W. A. (2005). O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. In: *XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA*, 2005, Campina Grande.

VIEIRA, C. L. Pequeno manual de divulgação científica: um resumo. In: MASSARANI L. *et al.* Guia de divulgação científica. Rio de Janeiro: SciDev.net, 2004.

ZOLNERKEVIC, I. (2016). À procura dos números mágicos. *Revista Fapesp*, 240 (2), 59-61.