

UMA PROPOSTA HCTS PARA O ENSINO DOS MODELOS ATÔMICOS: CONTRIBUIÇÕES DE BUNGE PARA O ESTUDO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS

Andréia Hornes, Sandro Aparecido dos Santos
Universidade Estadual do Centro Oeste
andreiahornes@yahoo.com.br, androsantos@unicentro.br

RESUMO: As interpretações propostas para as teorias científicas têm nos seus modelos diferentes perspectivas, dependendo do seu objetivo e de sua fundamentação. Os modelos servem como referência, podem materializar o pensamento e torna-los assimiláveis. Nas palavras de Bunge, as idealizações constituem o ponto de partida para se chegar a uma conceituação real em que um objeto-modelo permite se sustentar por teorias. Além da importância para o processo de ensino e aprendizagem, o levantamento histórico mostra quão rica é a Ciência e como ela se constrói pelo compartilhamento de ideias. O presente trabalho propõe uma sequência didática para o estudo histórico, científico, tecnológico e social (HCTS) dos modelos atômicos no ensino médio, apontando sua relevância como proposta didático-metodológica, na qual se pode evidenciar a relevância do trabalho principalmente pela abrangência teórica a respeito da natureza da ciência.

PALAVRAS CHAVE: Ensino de Física, HCTS, Modelos Atômicos, Sequência Didática;

OBJETIVOS: Na aprendizagem de conceitos científicos, quanto mais complexos forem suas teorias mais dificuldades temos para compreendê-las. Dessa forma, explicar a evolução de uma teoria para estudantes do ensino médio requer o uso de métodos e estratégias de ensino que vão além do que se apresenta nos livros didáticos. Logo, conceitos abstratos, como a evolução da estrutura da matéria é apresentada por modelos, que demonstravam o quanto as teorias científicas são consistentes.

A História da Ciência possui um papel importante para entendermos como Ciência evolui e como as ideias transformaram-se em teorias fundamentadas teoricamente. Ao associar a História da Ciência com a Tecnologia temos algumas respostas para as descobertas científicas, visto que as experimentações que serviam para testar hipóteses por vezes desencadearam resultados inesperados, gerando outras teorias, outras descobertas. Os acessos a novas informações acumulam os conhecimentos e estes, associados, promovem novas aplicações resultando no mundo moderno que temos hoje. As consequências sociais desse desenvolvimento variam muito, dependem de confrontar os prós e contras e geram interpretações e opiniões diferentes.

No ensino de Ciências podemos definir o uso de modelos como representações parciais de um objeto ou entidade com propósitos distintos a exemplo da visualização de uma teoria, da explicação e representação de uma ideia da elaboração de previsões para o comportamento de um determinado sistema, entre outras funções importantes que justificam sua importância inclusive com propósito

didático. Para que haja sucesso no processo de ensino e aprendizagem, esse propósito precisa ser organizado, e evidenciar os aspectos relevantes ao conteúdo específico. A sequência didática cumpre esse papel, pois organiza e direciona o estudo de acordo com os objetivos da proposta, que neste caso, compreende em estudar a evolução dos modelos atômicos sob as perspectivas da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS).

A IMPORTÂNCIA DOS MODELOS CIENTÍFICOS NA PERSPECTIVA DE MARIO BUNGE

As contribuições epistemológicas do físico e filósofo Mario Bunge para a História da Ciência são vastas e muito significativas (MATTHEWS, 2003, 2009). No entanto, este trabalho delimita sua abordagem na concepção de modelo científico (BUNGE, 1974), o qual se mostra relevante para o estudo da estrutura da matéria em que o objetivo é refletir sobre a evolução dos modelos atômicos no ensino médio, evidenciando seus aspectos históricos, científicos, tecnológicos e sociais, de modo a proporcionar uma aprendizagem ampla e integrada, que se torne significativa para o estudante. (HORNES, A; SANTOS S. A, 2015, 2016)

Para que um conceito da realidade seja alcançado, o processo deve iniciar na idealização, identificando suas características gerais, instalando então o modelo (objeto ou conceito) de algo, cujas propriedades científicas possam ser sustentadas por teorias. Os modelos fazem relações entre as teorias e dados empíricos, conceitos e medidas, considerados como instâncias limítrofes do estudo científico (BUNGE, 1989).

O processo de desenvolvimento de uma teoria pode ocorrer pela construção representacional, em que se descreve aspectos da realidade pela inserção de variáveis que auxiliam na explicação dos mecanismos internos do sistema, ou, pela construção fenomenológica, em que a análise de dados empíricos descrevem o comportamento do sistema observado, que segundo Bunge (1974, p. 28) são tidas como teorias complementares, fundamentais para o entendimento da atividade científica moderna, sistematizado no conceito de modelo.

No que diz respeito ao estudo da Ciência, os modelos podem ser considerados como “representação esquemática de um objeto concreto e como teoria relativa a esta realização” (BUNGE, 1974, p. 30), ou seja, os dois sentidos apresentados constituem o objeto-modelo e o modelo-teórico. Na Física, pode-se dizer que existem tantos modelos quanto forem as idealizações e seus objetivos, resultando em inúmeros modelos teóricos para representar a realidade.

O Quadro 1 apresenta alguns modelos utilizados para representar a natureza da matéria, pela perspectiva da teoria de Bunge, o qual considera a idealização da situação, o objeto-modelo apresentado para esta situação e o modelo teórico que busca explicá-lo.

Quadro 1.

Processos da modelagem atômica – situações e construções, na concepção de Bunge

SITUAÇÃO A SER MODELADA	OBJETO-MODELO	TEORIA GERAL	MODELO TEÓRICO
Formação da matéria por partículas	Estrutura indivisível, maciça, indestrutível – bola de bilhar	Estrutura da Matéria – Mecânica Clássica	Modelo de átomo proposto por Dalton
Propriedades elétricas na estrutura da matéria	Corpúsculos com carga negativa imersos em uma esfera de carga positiva – Pudim de passas	Estrutura da Matéria – Eletricidade	Modelo de átomo proposto por Thomson
Comportamento da matéria na emissão de radiação eletromagnética	Núcleo pequeno, positivamente carregado com elétrons em sua órbita – Sistema planetário	Estrutura da Matéria – Eletromagnetismo	Modelo de átomo proposto por Rutherford

Fonte: Autoria própria

Alguns modelos fazem previsões sobre como o sistema estudado se comporta sempre próximos do que dos resultados empíricos, outros formulam hipóteses e respondem a outras questões, podendo prever fenômenos novos. Segundo Bunge pode-se elaborar um objeto-modelo único que represente os objetos concretos, ou, pode-se elaborar um objeto concreto através de outros modelos conceituais. Diferentes concepções ou idealizações levam a construção de modelos diferentes, os quais podem considerar aspectos não observados nos demais, como ocorre com os modelos atômicos.

A capacidade de representar as ideais humanas sobre o mundo é o principal propósito dos modelos. No entanto, os modelos científicos auxiliam na simplificação de fenômenos considerados complexos e na visualização de conceitos abstratos, podendo ainda ajudar a interpretar resultado empíricos, propondo explicações e até mesmo fazendo previsões.







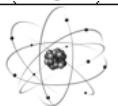
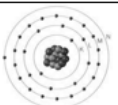


As Analogias Propostas Para Representar o Átomo

A representação através de modelos é proposta para se ver o que na verdade não se pode ver. Criar modelos representativos proporciona a relação entre o conceito científico e sua aprendizagem. Quando os alunos se envolvem em atividades desta natureza, é possível ao professor avaliar a compreensão dos modelos científicos pela expressão das ideias apresentadas, neste sentido, os modelos podem ser vistos como materiais instrucionais, que propõe o entendimento de determinados aspectos de ensino. (SOUZA et al, 2006)

Os modelos criados com o intuito de explicar a teoria atômica são bastante conhecidos e citados na literatura, tais como: “o modelo da bola de bilhar”; “o modelo do pudim de passas”; “o modelo planetário”. Essas analogias são razoáveis, pois auxiliam na elaboração de modelos mentais. Para Meleiro e Giordan (1999, p. 3), essa prática amplia a capacidade de significação, configurando elementos apropriados ao processo conhecido como modelização mental.

O Quadro 2 resume a evolução histórica dos modelos atômicos, transcrevendo as teorias mais significativas, apresenta os modelos mais conhecidos, estudados pelos alunos no ensino médio, no entanto, a História da Ciência é capaz de contemplar outros modelos que não se destacam nos livros didáticos, mas que trouxeram grande contribuição para a evolução e entendimento da teoria atômica:

Quadro 2.
Evolução dos Modelos Atômicos

MODELO ATÔMICO	ANO/DESCRIÇÃO
 <p>JOHN DALTON (1766-1844)</p>	1810 O modelo propõe que os elementos são formados por átomos, pequenas partículas indivisíveis, indestrutíveis e maciças. No entanto, impõe a regra da máxima simplicidade (ex: água – HO; amônia – NH ₃ ; etc) e não contempla a natureza elétrica da matéria.
 <p>JAMES H. JEANS (1877-1946)</p>	1901 Nesta proposta, o átomo seria formado por uma porção de cargas elétricas negativas e positivas (-e, +e) em equilíbrio e estáveis. No entanto o modelo era basicamente teórico, validado pelos dados da espectroscopia e que não ganhou muito destaque.
 <p>JOSEPH J. THOMSON (1856-1940)</p>	1903 Constitui o átomo de anéis coplanares de corpúsculos, os elétrons, que girariam em círculos imersos em uma esfera de carga positiva e uniforme com estabilidade regida pelas leis da mecânica e do eletromagnetismo. Segundo este modelo, todas as partículas alfas deveriam atravessar a matéria, mas o experimento de Geiger-Marsden mostrou que não era bem assim, algumas delas eram defletidas.
 <p>HANTARO NAGAOKA (1865-1950)</p>	1904 Apresenta um a região central, grande e carregada, envolvido de anéis formados por corpúsculos que giram com mesma velocidade ao seu redor, análogo ao movimento de Saturno, onde a estabilidade dos anéis se deve ao planeta possuir um a grande massa. No entanto, este modelo propõe um a velocidade angular muito alta que para a física clássica eram difíceis de serem obtidos
 <p>LORD RAYLEIGH (1842-1919)</p>	1906 Modelo com cargas positivas em movimento de forma fluida, enquanto as negativas estariam com maior liberdade dentro da região limitada pela esfera. Porém, neste modelo o número de elétrons apresentava uma variação para o infinito. Definir o número de corpúsculos negativos dentro do átomo ainda não era possível pois não se conhecia outras partículas e nem as relações de massa que seriam estudadas no átomo nuclear
 <p>GEORGE A. SCHOTT (1868-1937)</p>	1906 Nesta proposta os elétrons se movem em círculos com velocidades uniformes podendo se expandir. Possuem uma forma esférica e é sujeito a uma força constante (pressão) em toda a superfície. Evidencia a existência do éter com o meio externo de pressão hidrostática causadora da resistência expansiva.
 <p>ERNEST RUTHERFORD (1871 – 1937)</p>	1911 Modelo inspirado no sistema planetário, consiste em um núcleo muito pequeno, positivamente carregado, rodeado por um anel de elétrons (em forma de esfera e não de disco, como no modelo saturniano), com a massa concentrada quase toda no núcleo. Teoricamente inviável visto que pelas leis do eletromagnetismo cargas aceleradas emitem energia. No entanto, elétrons orbitando em torno do núcleo deveriam perder energia mecânica e, pela física clássica, sua trajetória seria uma espiral em direção ao núcleo. Dessa forma toda a matéria deveria se desintegrar em fração de segundo.
 <p>NIELS BOHR (1885 – 1962)</p>	1913 Neste modelo apresenta o átomo com núcleo central pequeno, positivo, que concentra toda a massa do átomo, com elétrons em sua volta fazendo movimentos circulares. Porém não possibilita prever, com precisão, as linhas dos espectros de átomos com mais de um elétron. Ou seja, o modelo de Bohr concorda quantitativamente apenas com os dados experimentais do átomo de hidrogênio, íons com apenas um elétron e sistemas similares.
 <p>ARNOLD SOMMERFELD (1868 – 1951)</p>	1913 Sugeriu que, em vez de descrever órbitas circulares, os elétrons deveriam descrever órbitas elípticas por detectar diferentes excentricidades (distância do centro), gerando energias diferentes para um a mesma camada, mas ainda assim não explicava os átomos com maior número de elétrons.
 <p>ERWIN SCHRÖDINGER (1887-1961)</p>	1926 Sugere que não é possível determinar a trajetória dos elétrons em torno do núcleo, o que se pode determinar é um a certa energia e, com isso, obter um a região onde é mais provável encontrar o elétron. É um modelo matemático-probabilístico com base no Princípio da Incerteza de Heisenberg, o qual diz que é impossível determinar com precisão a posição e a velocidade de um elétron no mesmo instante, e o Princípio da Dualidade da Matéria, no qual o elétron apresenta-se ora como matéria, ora como energia, comportando-se com o um a partícula-onda

Fonte: Autoria própria

METODOLOGIA DA PESQUISA

A investigação em questão consiste em aplicar uma metodologia de ensino baseada no enfoque da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS), propondo atividades relacionadas a temas da Física Moderna e Contemporânea norteados pela perspectiva histórica, científica, tecnológica e social, a fim de demonstrar a sua aplicabilidade e analisar os resultados observados, caracterizando assim um instrumento pedagógico.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, pode ser classificada como uma pesquisa descritiva e exploratória, que segundo Gil (2009), promove o envolvimento ativo tanto do pesquisador quanto da ação das pessoas ou grupos que estão envolvidos no problema. O problema é abordado diretamente entre o meio e o sujeito, e os dados são obtidos diretamente do ambiente escolar. Quanto aos procedimentos técnicos, apresenta como bibliográfica e participante. Os dados são coletados pela observação e anotações em diário de bordo, análise de respostas dos alunos aplicadas no questionário investigativo e resultados das atividades realizadas ao longo do processo. Os instrumentos avaliativos serão utilizados ao longo do processo, visando interferir quando necessário para que seja possível observar indícios de aprendizagem. Estes instrumentos compreendem na construção de diagramas, elaboração histórico-textual, resolução de questões-problema e questionário avaliativo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A maneira como os conteúdos são abordados reflete nos aspectos científicos do conceito em si, e como nas palavras de Moreira (2000), não é somente pelo aspecto histórico que os conhecimentos serão efetivados, é preciso mais que isso, o conhecimento precisa ser construído e contextualizado. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma relação com os conhecimentos prévios que o aluno possui sobre o assunto a ser abordado, tendo a história científica de sua construção como um referencial, o que mostra a importância de se estudar a Física nos aspectos Científicos, Tecnológicos e Sociais além dos aspectos Históricos.

O Quadro 3 apresenta parte do Plano de Trabalho Docente (PTD) para o estudo dos Modelos Atômicos na perspectiva HCTS.

Quadro 3.
Parte do Plano de Trabalho Docente na Perspectiva HCTS

OBJETIVO GERAL: Conhecer a composição e organização da matéria, bem como o delineamento histórico-científico acerca dos modelos atômicos propostos e suas contribuições tecnológicas para a sociedade.		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	- Primeiras teorias sobre a composição das coisas (Demócrito, Leucipo, Aristóteles); - Principais modelos apresentados para a teoria atômica (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld); - Reconstrução histórica do processo evolutivo: discussões de outros modelos (Jeans, Nagaoka, Rayleigh, Schott, Nicholson, Chadwick, Schroedinger) - Principais investigações no final do século XIX e início do século XX e seus contextos;
	ASPECTO CIENTÍFICO	- Embasamento científico na elaboração das teorias: características e limitações;
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Experiências importantes na elaboração teórica: - Raios Catódicos; -Radioatividade; -Geiger-Marsden; -Eletricidade; -Espectroscopia; -Chadwick;
	ASPECTO SOCIAL	- Como a evolução da teoria atômica influenciou no comportamento da sociedade na sua época e hoje; - Aplicação das propostas na vida cotidiana (TV, radiografias, ressonância, etc.)

Fonte: Autoria própria

Para contemplar o PTD proposto no quadro 3 e atingir o objetivo geral em todos os seus aspectos, precisamos organizar as aulas de tal modo que o mesmo seja contemplado com êxito, para tanto, propomos a organização de uma sequência didática, com objetivos específicos para cada aula. Nesse contexto, o PTD contempla o conteúdo de forma geral, detalhando os aspectos estudados, organizando a proposta, enquanto a sequência didática propõe vislumbrar aula por aula, o que facilita a avaliação de cada momento, permitindo a intervenção quando necessário.

A sequência didática sugerida no quadro 4, propõe um desenvolvimento que parte do diálogo e da investigação acerca do que os alunos conhecem sobre o tema para então interferir e inserir novos conceitos ou conceitos complementares. Pretende-se também desencadear uma visão integradora da Física, a qual foi construída cientificamente por longos estudos e ainda está em evolução.

Quadro 4.
Sequência Didática

AULA	OBJETIVOS	CONTEÚDOS	DESENVOLVIMENTO	AValiação
01	- Identificar conceitos prévios (ponto de partida);	Tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC)	Apresentação do projeto; aplicação do questionário investigativo;	Questionário
02	- Levantar e esquematizar os conhecimentos dos alunos para iniciar o assunto - Evidenciar a importância do uso de modelos científicos	Estrutura da matéria - Modelos atômicos	- Utilizar o diálogo para expor os conhecimentos prévios acerca de como a matéria é formada e o que conhecem a respeito dos modelos atômicos; - Anotar no quadro os modelos levantados pelos alunos, características importantes, definições e analogias comentadas; - Propor a produção de um diagrama em árvore com o tema "Modelos Atômicos"	- Elaboração do diagrama em árvore
03 e 04	- Apresentar a evolução histórico-científica dos modelos atômicos; - Perceber a importância dos estudos acerca da estrutura da matéria para o desenvolvimento tecnológico - Associar os estudos sobre a estrutura da matéria com os aspectos sociais	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Apresentação do conteúdo: o que são modelos e teorias; - Evolução histórica dos modelos atômicos, incluindo modelos pouco conhecidos; - Desenvolvimento científico acerca dos modelos atômicos; - Progressos tecnológicos - Mudanças sociais a partir desses estudos; - Questões para discussão; - Construção textual	- Questões para discussão; - Texto elaborado pelos alunos
05 e 06	- Assimilar a importância dos modelos no desenvolvimento de teorias científicas - Destacar a importância das experimentações na formulação das teorias	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Modelo contemporâneo do átomo; - Experiências propostas para descobertas das partículas atômicas e subatômicas; - Atividade em grupos – construir um modelo com base na descrição do mesmo	- Quadro de experiências (duplas); - Construção de Modelos atômicos (equipes);
07 e 08	- Detectar indícios da aprendizagem acerca da temática estudada	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Apresentar os trabalhos (modelos) desenvolvidos pela equipe; - Questões avaliativas	- Apresentação dos trabalhos pelas equipes - Avaliação

Fonte: autoria própria

O foco principal dessa sequência é explicitar o caráter histórico do conhecimento científico, para tanto é relevante destacar a importância dos modelos científicos e também, levantar as condições para a reflexão no que diz respeito ao contexto científico, tecnológico e social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao trabalhar com temas abstratos, que requerem uma reconstrução mental para organização do conhecimento, a utilização de modelos torna-se bastante útil. A compreensão ampla do processo de construção de uma teoria, apresentada através das diferentes perspectivas, também proporcionam uma efetivação dos conhecimentos abordados e com a organização em uma sequência didática espera-se obter indícios de aprendizagem, bem como, evolução na visão dos conceitos referentes aos modelos, os quais partem de um conhecer de certa forma superficial a um estágio mais elaborado. Os modelos desempenham sua função quando representam uma teoria idealizada e a relacionam com o mundo real.

Outro ponto evidenciado é a utilização de uma metodologia pautada em aspectos históricos, científicos, tecnológicos e sociais, que proporcionam uma visão ampla do conceito físico que se quer estudar. No que diz respeito aos modelos atômicos, no aspecto histórico destaca-se as condições em que as idealizações são propostas, quais são os personagens e seus papéis na evolução da teoria atômica. Cientificamente destaca-se as formulações, equações, deduções que permitem o embasamento teórico da teoria. As experimentações constituem o aspecto tecnológico da proposta, pois permitem verificar as teorias e ainda, lançar novos desafios partindo de observações, buscando explicações para o funcionamento dos equipamentos e avaliando os resultados. No aspecto social, consta como as aplicações das teorias e suas tecnologias resultaram em mecanismos para a sociedade, em diversas áreas.

REFERÊNCIAS

- BUNGE, M. Teoria e realidade. Tradução: Gita K. Guinsburg. (Debates, 72). São Paulo: Editora Perspectiva, 1974. 243 p.
- La investigación científica: su estrategia y su filosofía. Tradução: Manuel Sacristán. 2. ed. Barcelona: Editorial Ariel, 1989. 955 p.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª Ed. São Paulo. Atlas. 2009.
- HORNES, A., SANTOS, S. A. A Termodinâmica em seu Contexto Histórico: Evolução Científica e Tecnológica e seus impactos na Sociedade. Encontro Estadual de Ensino de Física. 6. Atas. 2015, Porto Alegre, RS.
- O Ensino da Física no Contexto da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS) – uma Proposta Para a Aprendizagem Significativa. Seminário Nacional de Mestrados Profissionais. 2. 2016. Salvador, BA.
- MATTHEWS, M. R. Mario Bunge: physicist and philosopher. *Science & Education*, New York, v. 12, n. 5-6, p. 431-444, Aug. 2003.
- Mario Bunge: físico, filósofo y defensor de la ciencia. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, Buenos Aires, v. 4, p. 1-9, julio. 2009. n. esp. Disponível em:
- MELEIRO, A. GIORDAN, M. Hiperfísica e Modelos Atômicos. *Química Nova na Escola*, nº 10, Novembro, 1999.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 33- 45.
- SOUZA, V. C. A. JUSTI, R. S. FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências – V11(1)*, pp. 7-28, 2006

