

ENSINANDO FÍSICA ATÔMICA PARA UMA TURMA DE TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO: PRECURSORES GREGOS E MODERNOS DO ATOMISMO CONTEMPORÂNEO

MARCELLO FERREIRA* OLAVO LEOPOLDINO DA SILVA FILHO
CLENILSON ALVES CORTEZ GUILHERME HENRIQUE SCHINZEL
JOSÉ CORDEIRO NETO ALEX SANDER TEIXEIRA SILVA
Universidade de Brasília

Resumo

Este trabalho aborda tópicos relacionados ao ensino de física atômica para alunos do ensino médio, considerando que o conhecimento da estrutura da matéria é de fundamental importância para o estudo da ciência. O objetivo geral é promover a aquisição de novos conceitos relacionados à estrutura da matéria por meio de uma sequência didática na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). As atividades propostas foram norteadas pela teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e seus colaboradores Novak e Moreira. As análises dos resultados obtidos, após a aplicação da sequência didática e suas sondagens, apresentaram indicações de aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de física atômica. Aprendizagem Significativa. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

*E-mail: marcellof@unb.br

Abstract

This work deals with topics related to the teaching of atomic physics for high school students, considering that the knowledge of the structure of matter is of fundamental importance for the study of science. The general objective is to promote the acquisition of new concepts related to the structure of matter through a didactic sequence in the form of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU). The proposed activities were guided by the meaningful learning theory of Ausubel and his collaborators Novak and Moreira. The analysis of the results obtained, after the application of the didactic sequence and its analyses, showed indications of meaningful learning.

Keywords: Teaching of atomic physics. Meaningful Learning. Potentially Meaningful Teaching Unit.

1 INTRODUÇÃO

A investigação histórico-científica da problemática compreensão da constituição da matéria, em especial o estudo do átomo, desde seus precursores gregos até a era moderna, é bastante relevante para o entendimento de conceitos físicos modernos. De fato, uma ampla gama de conceitos modernos se alicerça não apenas na ideia de átomo, mas na forma como essa ideia se constituiu no início do século XX. Logo, surge a importância de ensinar física atômica para alunos da terceira série do ensino médio, conforme previsto nos PCNs (BRASIL, 2013) e nas DCNs (BRASIL, 1999). Os conceitos sobre a estrutura atômica são estudados pelos alunos em várias etapas de sua vida acadêmica, das séries iniciais ao terceiro ano do ensino médio. Portanto, na forma como está estruturado o ensino (Física atômica no ensino médio: na perspectiva dos precursores gregos e modernos do atomismo contemporâneo), e considerando o que o aluno já sabe sobre o átomo (AUSUBEL, 1976), o trabalho se mostra potencialmente significativo para a compreensão da estrutura da matéria. Assim, percebe-se que os novos conceitos fazem referência com os subsunçores existentes nos educandos.

Apesar do grande número de conceitos atrelados ao tema, o objetivo deste trabalho não é detalhar ou debater princípios que vão além de conteúdos curriculares no ensino médio, mas oportunizar situações em que estudantes do ensino médio possam avaliar e discutir conceitos, especificamente sobre o átomo.

O objetivo geral é promover a aquisição de conceitos relacionados à estrutura da matéria numa turma da terceira série do ensino médio. Já os objetivos específicos são: levantar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionado ao átomo, realizar atividades visando ao ensino de física atômica, que ancore aos conhecimentos prévios.

Para tanto, buscaram-se publicações que tinham alicerce na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e seus colaboradores Novak e Moreira com as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS (MOREIRA, 2011b).

David Ausubel é um representante do Cognitivismo, uma corrente da Psicologia Educacional que fundamenta teorias da aprendizagem e que se preocupa com os processos da compreensão, transformação,

armazenamento e do uso da informação envolvida na cognição ao considerar, não em sua totalidade, a representação mental e o processamento de informações como pilares na compreensão e promoção da aprendizagem.

Para Ausubel, a aprendizagem, do ponto de vista cognitivo, significa organização e interação do material na estrutura cognitiva. O conceito principal da teoria cognitivista de Ausubel é o de aprendizagem significativa.

O referido conhecimento relevante existente é fundamental no processo ensino-aprendizagem, sendo denominado por David Ausubel de subsunçor ou ideia-âncora. Sendo assim, o subsunçor é o conhecimento específico que pode ser representado por um conjunto de conceitos, ideias ou proposições existentes na estrutura de conhecimento do aprendiz, propiciando significado ao conhecimento apresentado. Dessa forma, a aprendizagem significativa implica na aquisição de novos significados relacionados não arbitrariamente a subsunçores existentes.

O trabalho de Novak cuidou de prosseguir no caminho aberto por Ausubel, com refinamento e testagem da teoria, a partir de uma perspectiva mais ampla, em que a teoria de aprendizagem significativa se torna parte do seu trabalho, pois considera que a educação é dinâmica e composta por um conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras.

No estudo da Física, os conhecimentos relacionados à constituição da matéria, em particular o átomo, desde os gregos até o átomo moderno, contempla o quarto princípio de Novak, no qual a aprendizagem significativa requer disposição para aprender, materiais potencialmente significativos e alguns conhecimentos prévios. Isso por estarem associados à busca de respostas para uma das perguntas mais básicas quando se pensa em ciências: do que é constituída a matéria?

A teoria de Ausubel sobre a aprendizagem significativa, bem como as contribuições posteriores de Novak, considera que cada aprendizagem significativa gera um histórico de novos significados na estrutura cognitiva do indivíduo; isto é, ao abordar o tema, no ensino de física atômica para uma turma de terceiro ano de ensino médio, o aluno já possui conhecimentos prévios que serão relacionados de forma específica com os novos conhecimentos.

A interação entre conhecimentos existentes na estrutura cognitiva dos alunos e os novos conhecimentos serão norteadas por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. A UEPS, segundo MOREIRA (2011a), é um sequenciamento de atividades de ensino, com tópicos específicos de um conteúdo, com intuito de promoção da aprendizagem significativa.

Na construção da UEPS, foram considerados alguns aspectos fundamentais da Aprendizagem Significativa, tais como: conhecimento prévio dos alunos sobre composição da matéria; o processo de ensino aprendizagem é dinâmico, isto é, pensamento, sentimento e ações estão integrados no ser que se aprende; organizadores prévios; situações-problemas; diferenciação progressiva e reconciliadora; buscar evidência da aprendizagem significativa por meio de avaliação etc.

2 BREVE HISTÓRICO DO PENSAMENTO ATOMISTA

Ainda que aqui não se possa apresentar de forma extensa o desenvolvimento da ideia de átomo ao longo da História do Ocidente, apresentamos alguns de seus momentos importantes no que se segue. Esta

exposição fornece, entretanto, uma ideia dos elementos abordados na sequência didática efetivamente aplicada. A doutrina filosófica do atomismo, formulada inicialmente no século V a.C., na Grécia, buscava formulações para um dos problemas fundamentais da filosofia grega: o do entendimento do caráter mutável do nosso mundo. Como representantes desta doutrina, temos Leucipo e seu discípulo Demócrito.

Para Leucipo e Demócrito, o mundo material é composto de infinitos entes minúsculos, incriáveis e indestrutíveis, denominados átomos, que se movem incessantemente por um vazio e não possuem outras propriedades além de tamanho e forma geométrica. Nessa concepção, os objetos que se colocam diante de nossos sentidos são, na realidade, formados pela combinação de muitos desses átomos (PORTO, 2013, p.2).

Portanto, temos na filosofia atomística grega de Leucipo e Demócrito a ideia de átomo e a inserção do vazio para a compreensão da matéria. No universo atomístico, de Leucipo e Demócrito, toda a matéria, celeste e terrestre, seria formada por átomos de diferentes tipos.

Também como representante grego, temos o filósofo Epicuro, que formulou, no final do século IV a.C., um aditivo na teoria de Leucipo e Demócrito. A contribuição significativa de Epicuro foi a adição do peso para os átomos.

A introdução do peso como elemento essencial e irreduzível da matéria permitia, segundo Epicuro, a explicação do movimento incessante a que estão submetidos os átomos, a saber, em razão de seu peso eles sempre tendem a se movimentar para “baixo”¹ (PORTO, 2013, p.3)

Uma retomada antiga do atomismo foi feita por Lucrécio em sua obra de fôlego *De rerum natura* (LUCRÉCIO, 1973), mas que manteve, basicamente, as mesmas concepções gregas mais antigas, diferenciando-se no esforço feito pelo autor para tentar explicar inúmeros fenômenos, concretamente, pelo uso do modelo atomista.

A retomada das concepções gregas da origem da matéria (átomos, vazio e átomos de tamanhos e pesos diferentes) já na idade moderna ensejou contribuições significativas para construção dos modelos atômicos modernos.

É importante ressaltar que a hipótese atomística tinha interpretações antagônicas às propostas pelo aristotelismo, seja no que diz respeito à compreensão da natureza, seja em aspectos como a imutabilidade da matéria, a existência do vazio e o movimento dos corpos. De fato, Aristóteles abraçou a teoria dos quatro elementos, à qual relacionou com seu modelo geocêntrico de mundo e sua teoria dos lugares naturais (ARISTÓTELES, 1984). Deste modo, diferentemente do que se poderia pensar modernamente, a teoria atomista nada tem de “natural” ou “evidente” e, de fato, requer um esforço considerável para sua apreensão.

Por volta de 1800, Lavoisier mostrou o caráter composto do Ar (que chamaríamos hoje de molécula de oxigênio), o que significou um enorme baque para a teoria dos quatro elementos. Em seguida, o mesmo foi demonstrado para a água (PULLMAN, 1998).

¹É bem verdade que esta introdução também trouxe à descrição atomística um problema de difícil superação. De fato, a queda dos átomos seria, pelas considerações feitas, em trajetórias retilíneas paralelas umas às outras, impedindo assim a combinação dos ditos átomos para formar estruturas mais complexas. Em função disso, propôs-se a chamada teoria do clinâmen, que seria uma tendência a sair desta trajetória, que permaneceria inexplicável no interior da teoria atomista.

Na era moderna, a partir dos trabalhos de Lavoisier, surgiram os modelos atômicos que, por sua vez, incorporaram conceitos da filosofia atomística, em especial, o vazio, a mutabilidade e o peso, sempre levando em consideração o contexto histórico em que foi feita esta retomada. Temos como principais representantes dos modelos atômicos modernos: Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

A contribuição de Dalton foi significativa, pois este retomou a ideia de que a natureza deve ser composta de pequenas unidades, maciças, indivisíveis, indestrutíveis com tamanhos e massas diferentes, denominadas átomos. O modelo padrão do átomo, segundo Dalton, se assemelharia à bola de bilhar. De fato, essa concepção gerou alguma dificuldade, pois não foi capaz de diferenciar, inicialmente, átomos de moléculas (PULLMAN, 1998).

Thomson, investigando tubos de raios catódicos, descobriu a existência do elétron, partícula constituinte do átomo, e que esta seria facilmente retirada do átomo; logo, a experiência de Thomson constatou que o átomo possuía cargas elétricas e que este seria divisível, contrariando assim as ideias de Leucipo, Demócrito e Dalton. Thomson propôs um modelo atômico em que as cargas elétricas estariam distribuídas uniformemente em uma espécie de sopa de cargas positivas. O referido modelo ficou conhecido como pudim de passas.

Discípulo de Thomson, Rutherford realizou um experimento que bombardeou diversas partículas alfa em uma fina lâmina de ouro e teve como resultado alguns desvios, ricocheteios, e um grande número de partículas que não sofreram qualquer tipo de interação, isto é, atravessaram a fina lâmina de ouro. Em seu experimento, Rutherford percebeu que os átomos seriam compostos por grandes espaços vazios, região da eletrosfera, e núcleo denso e positivo.

Por fim, Niels Bohr, apoiado nos trabalhos de Rutherford, deu nova interpretação para o átomo. Bohr, por meio de seus postulados, afirmava que os elétrons giravam em torno do núcleo atômico em orbitas fixas e estacionárias, com níveis de energias fixos e poderiam mudar de nível recebendo ou liberando energia. O modelo atômico de Rutherford-Bohr ficou conhecido como sistema solar.

Bohr ajudou a inaugurar uma nova era da física, conhecida como física quântica, além de trazer a sustentação para explicação de fenômenos espectroscópicos, que seu modelo permitiu entender em inúmeros detalhes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

A metodologia da pesquisa envolveu o levantamento de conhecimentos prévios, o uso de materiais potencialmente significativos e investigações que evidenciassem a aprendizagem significativa. A proposta de toda a pesquisa foi executada com a participação efetiva dos pesquisadores junto aos alunos, a fim de esclarecer as etapas de estudo para os estudantes utilizando as variáveis do referencial teórico.

A pesquisa foi aplicada em uma turma do terceiro ano do ensino médio em uma escola pública de Taguatinga-DF. As respostas dos questionários, sondagens inicial e final, foram tabuladas e foram montadas tabelas e gráficos cuja análise semiquantitativa permite verificar um aumento de respostas coerente e adequadas.

3.1 Contextualização

A proposta de ensino foi construída com a expectativa de aplicação no CEMEIT – Centro de Ensino Médio EIT, uma escola da rede pública localizada na cidade de Taguatinga-DF. A escola oferece aulas nos três turnos, abrangendo as seguintes etapas e modalidades de ensino: ensino médio por semestralidade², diurno, e educação de jovens e adultos, noturno. A escola tem um total de 20 salas de aula, um laboratório de informática com acesso à rede mundial de computadores, uma biblioteca, um auditório e uma sala de vídeo. A aplicação ocorreu em uma turma do terceiro ano do ensino médio, turno matutino. A turma foi escolhida de forma aleatória, pois o referencial teórico, aprendizagem significativa na forma de uma UEPS, não se opõe ao referido tipo de escolha.

A escolha do tema (ensino de física atômica) foi adequada, pois revela-se um material apropriado na abordagem do conteúdo da terceira série do ensino médio. Também foi utilizado como ponto de partida que na abordagem de conteúdos relacionados ao ensino de Física, muitas vezes, é indispensável à compreensão da natureza da matéria; logo, o tema é de grande valia para maximizar o aprendizado de conteúdos relacionados ao ensino de Física.

3.2 Sequência didática na forma de UEPS

A UEPS, segundo MOREIRA (2011a), é um sequenciamento de atividades de ensino (com tópicos específicos de um conteúdo), com o intuito de promoção da aprendizagem significativa, fundamentada na teoria de Ausubel. Com relação ao papel do professor, segundo MOREIRA (2011a), ele deve atuar como facilitador da aprendizagem significativa, pois identifica o conceito a ser ensinado, os subsunçores relevantes para aquisição de novos conceitos, diagnostica o que o aluno já sabe e se utiliza de recursos que facilitam a aprendizagem significativa.

Tendo como base os princípios citados por Moreira sobre as UEPS, o tema abordado na sondagem inicial será basicamente o átomo. Neste ponto, visamos perceber o quão inteirado o aluno está sobre esse assunto, quais são suas concepções sobre o átomo e como eles estão associados com a Física, por exemplo. Devido ao fato desta aula ter um caráter analítico, serão feitos questionários na sondagem inicial, a fim de se proceder ao levantamento dos subsunçores, que indicarão quais as concepções conceituais que os alunos têm sobre os átomos, ou seja, seus conhecimentos prévios. Os questionários servirão de registros para futuras averiguações de aprendizagem significativa.

Para o segundo encontro após a sondagem, as concepções gregas e os modelos atômicos serão apresentados em ordem cronológica de suas “descobertas”, com o intuito de ajudar os alunos a perceberem que, durante a evolução do conceito de átomo, existiram diversas situações que, a priori, em seu momento histórico, faziam sentido, mas, conforme os anos se passaram, incongruências apareceram devido a novos descobrimentos científicos. Para que os alunos acompanhem a evolução das concepções do entendimento do átomo como constituinte básico da matéria, será apresentado uma relação entre os modelos atômicos.

²No Distrito Federal o ensino médio é dividido em semestralidade e organizado conforme o documento: DIRETRIZES PARA A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO PEDAGÓGICO NA SEMESTRALIDADE: ENSINO MÉDIO, disponível em <http://www.cre.se.df.gov.br/ascom/documentos/subeb/ens_medio/diretrizes_semestralidade.pdf> acessado em 18 de nov. de 2018.

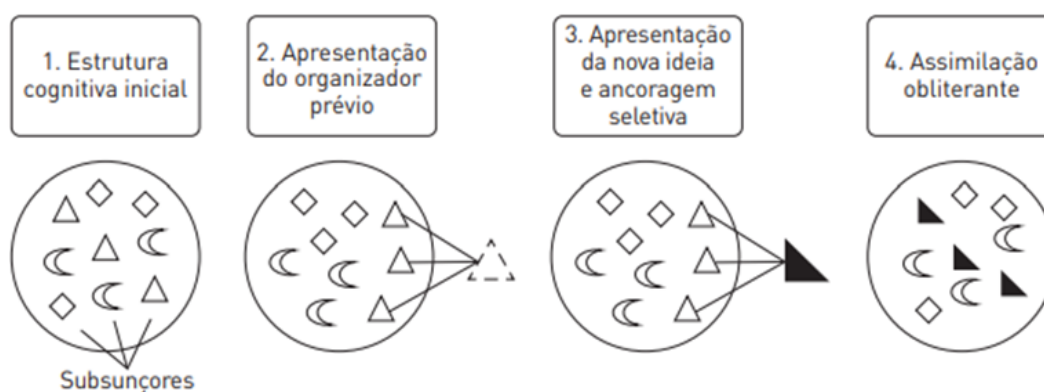


Figura 1: Representação do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva. **Fonte:** RIBEIRO, SILVA e KOSCIANSKI (2012, p.171)

Continuando com a sequência didática, o terceiro e quarto encontros remeteram ao assunto correlato da espectroscopia, que apresenta nível mais alto de complexidade e abstração, uma vez que não fala mais do elemento ontológico átomo, mas de propriedades relacionadas com tal elemento. Com isso almejou-se introduzir conceitos como o de “estado”, que é fundamental para a compreensão de fenômenos modernos. A ideia de espectroscopia também teve que passar pelas mesmas etapas da construção do conceito de átomo, de modo que foram expostas situações que propiciavam um ambiente de reflexão e questionamento, tornando o aprendizado significativo.

Progredindo para a parte experimental, desenvolvida no quinto encontro, percebeu-se que se atingiu um grande nível de complexidade e abstração. A demonstração experimental dos resultados espectroscópicos atribuiu novos significados a diversos conceitos que pertenciam aos subsunoçores do conceito átomo, processo conhecido como diferenciação progressiva.

Deve-se ressaltar a importância do papel e mediação do professor na construção de uma UEPS, pois, nela, cabe ao professor atuar de forma estratégica na organização do ensino, propondo situações-problema com maior nível de complexidade, assim como funcionar como mediador na captação de novos significados por parte dos alunos.

Finalizando o processo da exposição deste conteúdo, fez-se necessário que todo o processo fosse avaliado também conforme a proposta das UEPS. O ponto principal dessa avaliação é a valorização da evidência da aprendizagem significativa. Sem dúvida, este processo deve ser enquadrado em um processo de avaliação formativa, pois buscaram-se indícios de que o aluno de fato aprendeu.

3.3 Organizadores Prévios

Segundo AUSUBEL (1976), os organizadores prévios são materiais apresentados anteriormente ao material a ser aprendido e servem de âncora para a nova aprendizagem, bem como ao desenvolvimento de subsunoçores que facilitem a aprendizagem subsequente. Assim, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber (ver Figura 1).

Como organizadores prévios, foram apresentados aos alunos slides que descrevem a estrutura da

matéria. Os organizadores da UEPS versam sobre a estrutura da matéria, isto é, são recursos potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa, pois estes serão usados como ponte ou relacionamentos entre o conhecimento existente na estrutura cognitiva do aprendiz e os novos conhecimentos.

3.4 Etapas da Sequência didática na forma de UEPS

A sequência didática aqui desenvolvida³ pode ser sintetizada na Tabela 1.

Tabela 1: *Etapas da Sequência Didática*

Etapa	Descrição
1. Situação inicial	Aplicação de um questionário (sondagem inicial), registro, com questões que abordam o átomo como constituinte básico da matéria. Com os seguintes questionamentos: I - De acordo com suas experiências vividas, descreva como seria a composição ou estrutura da matéria do seu ponto de vista. (Objetivo: verificar a presença ou ausência do conhecimento prévio sobre a estrutura da matéria). II - Ainda falando sobre estrutura da matéria, qual é a sua opinião sobre como os cientistas descobriram a existência do átomo? (Objetivo: analisar a capacidade de reflexão do aluno sobre os processos experimentais). III - Em se tratando de partículas que compõem o átomo, com base em seus conhecimentos, descreva brevemente quais são suas cargas e como elas estão organizadas. (Objetivo: Observar a existência subsunçores relacionados as cargas elétricas juntamente com suas nomenclaturas). IV - Quando usamos a palavra átomo, qual é a sua concepção? Faça um desenho esquemático para representar a sua ideia da estrutura atômica. (Objetivo: Verificar a capacidade de o estudante representar o modelo atômico moderno). V - Para você, qual o procedimento para fazer uma análise espectroscópica? (Objetivo: Verificar a existência de conhecimento prévio sobre procedimento experimental de uma análise espectroscópica). Em seguida, apresentar aos alunos slides, organizadores prévios, sobre a composição da matéria, a fim de relacionar subsunçores aos novos conhecimentos como a teoria dos quatro elementos (fogo, ar, água e terra), constituição da matéria, átomo e vazio, como é o átomo, se tem o mesmo tamanho, forma e peso, como seria seu formato (desenho), se ele é divisível, podem ser criados ou destruídos.
2. Situação-problema I	Se o átomo é o mesmo desde os gregos, por que os modelos atômicos mudaram com o passar do tempo? Expor, utilizando slides, a evolução dos conceitos da estrutura da matéria até o modelo atômico moderno.

³Esta elaboração foi realizada no âmbito da disciplina de Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem em Física no Ensino Médio, ofertada no 2º semestre de 2018 no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade de Brasília (UnB).

Etapa	Descrição
3. Situação-problema II	Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade: apresentar e explicar, utilizando slides, o conteúdo de espectroscopia (descrição, classificação e processos de medição); perguntar como é possível determinar a composição de corpos que estão muito distantes de nós, tais como o Sol, as estrelas, os planetas e outros? Com a mediação do professor, esta questão será discutida em sala. O objetivo é verificar a capacidade de associação de conhecimentos obtidos sobre a espectroscopia relacionados aos conceitos de astronomia, por exemplo, ou à composição química das estrelas.
4. Aula experimental	A aula consiste em uma demonstração experimental e será composta de duas etapas, 15 minutos e 35 minutos. A primeira etapa terá início com a projeção, datashow, de figuras que reforçam o que já foi trabalhado em aulas anteriores (composição de uma estrela, espectro visível e linhas espectrais); na segunda etapa, os alunos observarão as linhas espectrais de três tipos de lâmpadas. (para isso, serão utilizados os espectrômetros). Os espectrômetros serão disponibilizados para os alunos e estes registrarão, por meio de fotografias tiradas com celulares, os espectros das diferentes lâmpadas e compararão as fotografias dos espectros observados.
5. Aula expositiva	Aula expositiva dialogada integradora final: retomar todo o conteúdo da UEPS, conceitos trabalhados nas aulas anteriores. Chamar atenção para o potencial descritivo e explicativo do Modelo Padrão em relação à constituição da matéria. Destacar as dificuldades superadas por essa teoria, as previsões confirmadas, assim como as dificuldades ainda existentes e que poderão levar a mudanças ou ao seu abandono em favor de outra.
6. Avaliação – Sondagem Final	Aplicação de um novo questionário, sondagem final, a fim de verificar a aprendizagem significativa. Questões: I - Baseando-se nos fenômenos observados na aula experimental, é possível descobrir a composição química de uma estrela? Se sim, como poderíamos fazer isso? (Objetivo: Verificar a capacidade de relacionar o contato com o experimento e fazer associações com a astronomia). II - Descreva como poderíamos criar um modelo tridimensional para o modelo atômico de Rutherford, de tal forma a termos uma visão espacial da estrutura atômica? (Objetivo: Verificar a capacidade do aluno em transformar algo abstrato em concreto). III - Em se tratando da teoria atômica de Bohr, faça uma representação gráfica das partes isoladamente e identifique-as, apontando suas principais características, (Objetivo: Investigar se a base conceitual foi bem fixada para que o aluno consiga representá-la de maneira gráfica). IV - O que podemos concluir do fato de que os cientistas estão continuamente atualizando os modelos atômicos? (Objetivos: Analisar a capacidade do aluno em utilizar os dados do presente e fazer previsões para o futuro).
7. Avaliação da própria UEPS	Buscar evidências da aprendizagem significativa, durante a aplicação da UEPS; para isso, será considerada a fala dos alunos e as sondagens iniciais e finais.

Tabela 2: *Resumo das atividades a serem desenvolvidas.*

Aula	Atividades Propostas	Tempo
01	Pesquisa, sondagem inicial (questionários, diálogo), para levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema constituição da matéria (em especial sobre o átomo).	50 min
02	Apresentação, por meio de slides, da evolução histórica do atomismo grego, modelo atômico de Dalton, modelo atômico de Rutherford-Bohr, contribuição de Sommerfeld, em especial para a compreensão da espectroscopia e do átomo moderno.	50 min
03	Nível mais alto de complexidade: a atividade será realizada utilizando slides.	50 min
04	Demonstração experimental da espectroscopia e questionário de sondagem final. Relacionamento dos conceitos abordados com a espectroscopia.	50 min
05	Aula expositiva dialogada integradora final: retomar todo o conteúdo da UEPS, conceitos trabalhados nas aulas anteriores.	50 min
06	Questionário de sondagem final, feedback, para avaliar o desempenho dos estudantes (Aprendizagem Significativa).	50 min

4 DADOS DA APLICAÇÃO DA UEPS

Para analisar as respostas dos alunos aos questionários, sondagens iniciais e finais, as respostas foram categorizadas em cinco tipos. Em seguida, foram citados exemplos de cada resposta a partir da aplicação do questionário de sondagem final.

- Não responderam (NR): São questões em que os alunos não responderam.
- Fuga do Tema (FT): São consideradas respostas cuja essência não se relaciona de maneira alguma com o tema abordado (Figura 2).

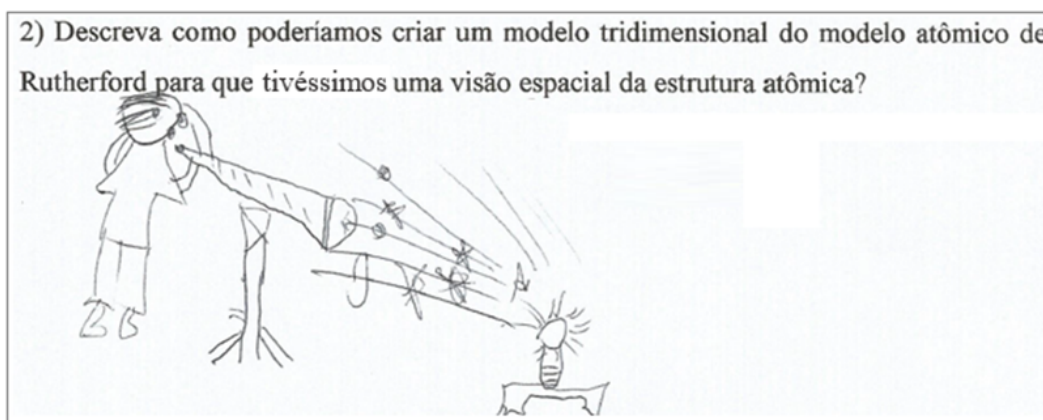


Figura 2: *Exemplo de resposta FT*

- Incoerente (IN): São respostas em que aparecem elementos relacionados ao tema, porém abordados com pouco ou nenhum rigor técnico ou científico (ver Figura 3).

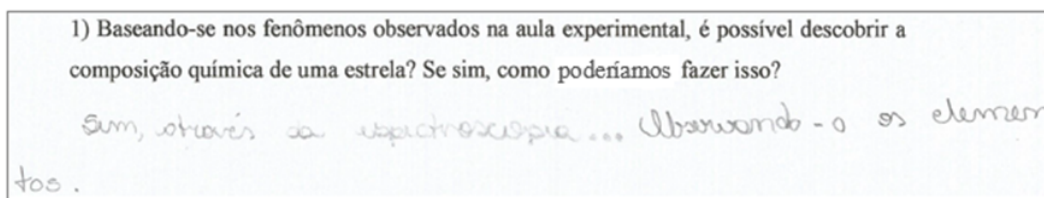


Figura 3: Exemplo de resposta IN: (Resposta: Sim, através da espectroscopia... Observando-o os elementos. [SIC])

- Coerente (CO): São respostas que se relacionam com o tema, porém com pouco ou nenhum detalhamento (ver Figura 4).

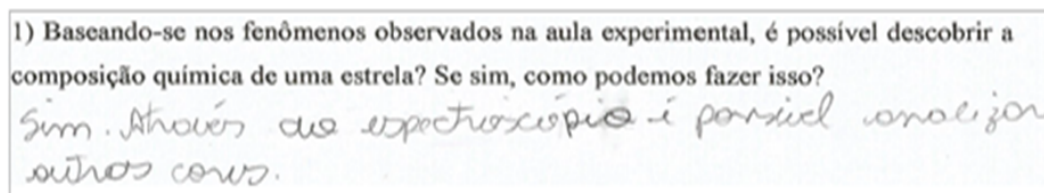


Figura 4: Exemplo de resposta CO: (Resposta: Sim. Através do espectroscópio é possível analisar outras cores. [SIC])

- Resposta Adequada (RA): São respostas coerentes e que contêm riquezas de detalhes do tema abordado (ver Figura 5).

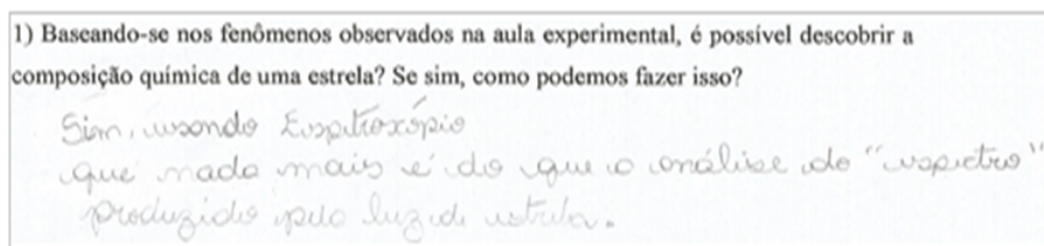


Figura 5: Exemplo de resposta RA: (Resposta: Sim, usando Espectroscópio que nada mais é do que a análise do "espectro" produzido pela luz de estrelas. [SIC])

As Tabelas 3 e 4 mostram, respectivamente, os números de cada tipo de resposta, por questão, obtidos a partir da aplicação dos questionários, sondagem inicial e final. Em seguida, os referidos dados foram plotados nas Figuras 6 e 7. A amostra é de 27 alunos respondentes do questionário sondagem inicial e 27 alunos respondentes do questionário de sondagem final.

Tabela 3: *Tabulação do questionário de sondagem inicial.*

Perguntas	Respostas				
	NR	FT	IN	CO	RA
1	2	4	1	14	5
2	2	3	5	15	2
3	2	0	4	21	1
4	0	1	14	10	1
5	13	4	4	7	0
TOTAL	19	12	28	67	9

Tabela 4: *Tabulação do questionário de sondagem inicial.*

Perguntas	Respostas				
	NR	FT	IN	CO	RA
1	0	0	0	16	11
2	0	0	4	10	12
3	0	0	17	5	3
4	0	0	3	11	16
TOTAL	0	0	24	42	42

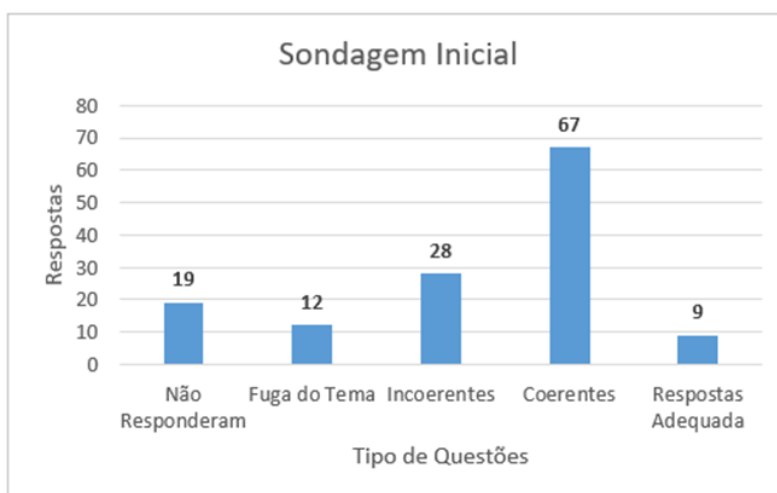


Figura 6: *Questionário de sondagem final. Fonte: os autores.*

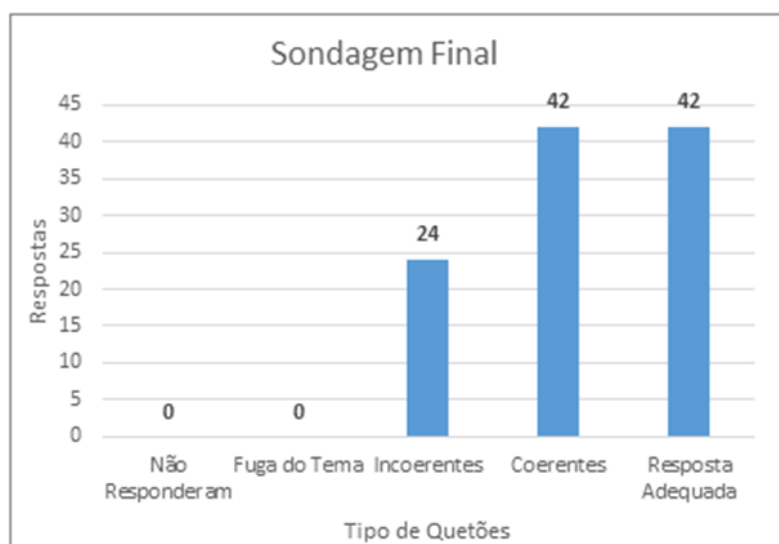


Figura 7: Questionário de sondagem final. *Fonte:* os autores.

5 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA UEPS

1. Relato do 1o encontro: foi explicado aos alunos que esta sequência didática faz parte de um pré-requisito para obtenção do título de mestrado para o MNPEF. Apresentou-se o questionário, sondagem inicial, para os alunos e foi feita uma breve explicação de como ele deveria ser respondido, pois se trata de uma análise qualitativa e uma sondagem inicial para a verificação de subsunçores. A duração do tempo de aplicação do questionário foi de 20 minutos. Os questionários foram recolhidos e passaram por uma análise de categorização das respostas.

Posteriormente, foram utilizados slides como organizadores prévios, tratando sobre a estrutura da matéria, pois estes buscavam relacionar o conhecimento existente na estrutura cognitiva dos alunos com o estudo do átomo.

Foi perceptível a familiaridade dos alunos com o assunto, pois respondiam às indagações e problemas levantados pelo professor. Pela análise das respostas do questionário de sondagem inicial, ficou evidente que conceitos subsunçores como aqueles de átomos, prótons, nêutrons, elétrons, núcleo atômico e eletrosfera estão presentes na maioria dos alunos.

2. Relato do 2o encontro: foi tomada como situação problema a mudança das concepções acerca dos modelos atômicos. Quando apresentamos o conceito atual de átomo, houve uma pequena separação, pois somente parte da turma compreendeu o conceito de nuvem de elétrons.

A participação dos alunos foi significativa e esse comportamento refletiu de maneira positiva na aplicação a sequência didática.

3. Relato do 3o encontro: com um total de 25 alunos presentes, apesar de existirem 33 matriculados, o tema foi abordado com um maior grau de dificuldade sobre os conceitos de atomismo e espectroscó-

pia. Durante a explicação do fenômeno da espectroscopia, muitos alunos estavam confusos sobre o espectro de emissão, então o professor aplicador da sequência didática utilizou um CD cujo material plástico que fica na parte de baixo mostra as linhas espectrais.

Desta vez, com o número reduzido de alunos, foi obtido melhor aproveitamento durante a aula, com pouca conversa e mais atenção, porém, algo foi preocupante: pouquíssimos alunos copiaram ou fizeram anotações sobre a aula, por mais que tenham sido avisados. Conhecendo os alunos e seus métodos de estudo, isso pode ser um fator que influenciou no questionário de sondagem final da sequência didática.

4. Relato do 4o encontro: por meio de slides, foi mostrado o espectro visível da luz; este foi logo relacionado com as cores do arco-íris. Em seguida, foram apresentados os espectros de emissão e de absorção do sol.

Quanto à parte experimental, foram utilizados alguns espectroscópios e explicadas suas estruturas e seu funcionamento. Durante as explicações, ocorreram alguns problemas relacionados ao uso do celular. Mesmo assim, também foi possível utilizá-lo como ferramenta para a observação de espectros.

- 1ª lâmpada – lâmpada de tungstênio: os alunos perceberam que existia um espectro contínuo e também reconheceram como o espectro da luz visível.
- 2ª lâmpada – Luz fria negra: os alunos tiveram grande dificuldade em visualizar as linhas espectrais, talvez porque a intensidade luminosa fornecida pela lâmpada tenha sido baixa.
- 3ª lâmpada – lâmpada fria branca: linhas espectrais muito bem definidas e os alunos conseguiram perceber que se tratava de um espectro de emissão.
- 4º flashes dos celulares: os alunos perceberam tênues mudanças nas linhas espectrais de acordo com a marca e os modelos dos celulares.

A participação dos alunos foi efetiva e com muito interesse e dedicação, com algumas exceções. Houve muitos comentários pertinentes e dúvidas que foram sanadas juntamente com a observação. O objetivo da prática experimental foi demonstrar que, em diferentes materiais, seriam observados diferentes linhas espectrais.

5. Relato do 5o encontro: aula dialogada, reconciliação integradora final, feedback retomando todo o conteúdo da UEPS, em particular os conceitos trabalhados nas aulas anteriores.
6. Relato do 6o encontro: aplicação do questionário de sondagem final; mesmo com questões de nível mais elevado, e tipicamente em contexto diverso daquele em que o tema foi ensinado, como manda a perspectiva de Ausubel, foram notórios o interesse e a participação dos alunos. Foram feitas algumas críticas acerca de comandos da avaliação. Acreditamos que isso se deva ao fato de os alunos apresentarem nível inadequado de interpretação de textos, mesmo quando o comando está explícito.

Após a sondagem final, foi realizada a análise de modo a se buscar evidências de uma aprendizagem significativa. Pudemos perceber melhora no nível de entendimento das questões, ressaltando a parte mais importante que eram respostas completas e adequadas acerca do tema abordado pela pergunta.

Analisando-se os questionários de sondagem final das 96 respostas obtidas, tivemos um índice de 42 respostas adequadas e 42 respostas coerentes, totalizando 77,77% das respostas totais. Comparando percentualmente os questionários de sondagem inicial e de sondagem final, houve um aumento de mais de 25% nas respostas coerentes e respostas adequadas. Finalizada a aplicação da UEPS foram construídas as tabelas 1 e 2 e os gráficos 1 e 2. A partir destes resultados é possível afirmar que ocorreu uma interação dos novos conceitos acerca da estrutura da matéria com conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva dos alunos, de modo que houve evidência de aprendizagem significativa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta a aplicação de uma sequência didática, na forma de UEPS (MOREIRA, 2011a), de ensino de física atômica, fundamentada na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e de Novak (AUSUBEL, 1976; NOVAK, 1981). A proposta foi desenvolvida em uma turma de terceiro ano do ensino médio de uma escola pública de Taguatinga – Distrito Federal.

Foram tratadas as mudanças de concepções sobre o modelo atômico dos precursores gregos até os modernos, relacionados ao atomismo contemporâneo. Temas de natureza quântica que excedem os limites do currículo escolar de ensino médio foram suprimidos, pois este se atentou a conteúdos mais comuns ao currículo escolar da terceira série do ensino médio.

A aplicação da sequência didática foi elaborada em etapas que levaram o professor a refletir sobre o conhecimento prévio dos alunos, pensar na situação-problema e formalizar o uso de materiais potencialmente significativos e uso de uma estratégia investigativa, que pudessem indicar a existência de aprendizagem significativa.

Por meio da verificação dos questionários de sondagem inicial e final, percebeu-se o avanço nos conceitos assimilados pelos alunos, refletindo uma mudança na estrutura cognitiva dos alunos no que se refere aos conteúdos abordados no trabalho. Esta percepção decorreu da análise das respostas que, quando confrontadas, indicaram resultados satisfatórios nas categorias de respostas coerentes e adequadas.

Na atividade experimental de observação espectroscópica, cuja proposta foi a busca do entendimento de que o espectro eletromagnético é uma característica particular dos componentes da matéria, observou-se uma grande interação e participação dos alunos no seu desenvolvimento. A referida observação experimental é viável de aplicação, pois os procedimentos experimentais executados podem ser realizados com materiais de baixo custo, favorecendo sua utilização em qualquer ambiente escolar.

Referências

ARISTÓTELES. Physics. In: BARNES, J. (Ed.). *The Complete Works of Aristotle*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1984. v. 1.

AUSUBEL, D. *Psicología educativa: um punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas, 1976. Traducción al español de Roberto Helier D., de la primera edición de Educational psychology: a cognitive view.

BRASIL. *Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília, 1999.

BRASIL. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Brasília, 2013.

LUCRÉCIO. De rerum natura. In: *Coleção Os Pensadores*. 1. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1973. V.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, p. 25–46, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2018.

MOREIRA, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas-ueps. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

NOVAK, J. D. *Uma teoria da educação*. São Paulo: Pioneira, 1981. Tradução de M. A. Moreira.

PORTO, C. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, v. 35, n. 4, p. 1–11, 2013.

PULLMAN, B. *The Atom in the history of the human thought*. New York: Oxford University Press, 1998.

RIBEIRO, R. J.; SILVA, S. C. R.; KOSCIANSKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em física: o formato curta de animação. *Revista Ensaio*, v. 14, n. 3, p. 167–183, 2012.