

# Uso de Diferentes Mecanismos Externos de Mediação do Modelo do Átomo de Bohr: Evidências de Aprendizagem Significativa por meio de Análise Verbo-Gestual em Estudantes de Ensino Fundamental

Savana dos Anjos Freitas<sup>1</sup>  
Agostinho Serrano de Andrade Neto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, RS, Brasil.

*Recebido para publicação em 6 jun. 2019. Aceito, após revisão, em 5 jul. 2019.*

*Editor designado: Renato P. dos Santos.*

## RESUMO

O presente artigo buscou investigar se a utilização de diferentes mecanismos externos de mediação para ensinar o modelo de Átomo de Bohr no ensino fundamental, com a metodologia didática das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), pode resultar em aprendizagem significativa. Assim, utilizamos naturalmente o aporte teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa Ausubeliana, em especial, discutindo elementos que indiquem evidências de aprendizagem significativa. Essa teoria foi adotada com o intuito de compreender e analisar se existe, ou não, evidências de aprendizagem significativa com alunos do último ano do nível fundamental após cerca de um ano da utilização da metodologia didática. A metodologia didática empregada foi a aplicação de sequências didáticas inspiradas no modelo de UEPS, modificadas para serem aplicadas no Ensino Fundamental. Também utilizamos diferentes mecanismos externos de mediação que, independentemente, reproduzem o modelo do Átomo de Bohr, como a construção de maquetes (mediação psicofísica), explanação do professor em um quadro-negro (mediação social), utilização de livros didáticos e vídeos (mediação cultural) e simulações computacionais (mediação hipercultural). A análise dos dados ocorreu mediante duas entrevistas semiestruturadas conforme o protocolo Report Aloud, seguidas da análise gestual descritiva, realizadas com um intervalo de quase um ano, sendo ambas as entrevistas realizadas após a aplicação da metodologia didática, a fim de se verificar a retenção do resíduo da aprendizagem significativa. Argumentamos que a produção verbo-gestual dos alunos indica que houve aprendizagem significativa do modelo do Átomo de Bohr, em especial, vinculada às mediações social e hipercultural.

**Palavras-chave:** aprendizagem significativa; átomo de Bohr; ensino fundamental; UEPS; análise verbo-gestual.

Autor correspondente: Savana dos Anjos Freitas. E-mail: savanafreitas@rede.ulbra.br

# Use of Different External Mediating Mechanisms of the Bohr atom Model: Evidence of Meaningful Learning through Verbal-Gestural Analysis in Elementary School Students

## ABSTRACT

The present article sought to investigate if the use of different external mediation mechanisms to teach the Bohr Atom model in elementary education with the didactic methodology of the Potentially Significant Teaching Units (PSTU) can result in Meaningful learning. Therefore, we naturally use the theoretical contribution of the Ausubelian Meaningful Learning Theory, in particular by discussing elements that indicate evidence of meaningful learning. This theory was adopted with the purpose of understanding and analysing whether or not there is evidence of meaningful learning with elementary level students after about a year of using the didactic methodology. The didactic methodology used was the application of didactic sequences inspired by the PSTU model, modified to be applied in Elementary School. We also use different external mediation mechanisms that independently reproduce the Bohr atom model, such as model building (psychophysical mediation), teacher explanation on a blackboard (social mediation), use of textbooks (cultural mediation) and computer simulations (hypercultural mediation). Data analysis was carried out through two semi-structured interviews according to the Report Aloud protocol followed by the depictive gestural analysis, performed with an interval of almost one year, both interviews being carried out after the application of the didactic methodology, in order to assess the retention of the learning residue. We argue that the students' verbal-gestural production indicates that there was meaningful learning of the Bohr Atom model, especially related to social and hypercultural mediations.

**Keywords:** Meaningful learning; Bohr atom; Elementary School; PSTU; Verbal-gestural analysis.

## INTRODUÇÃO

A aprendizagem significativa de conceitos relacionados à área de Ciências com estudantes do Ensino Fundamental e, em especial, dos anos finais, é uma dificuldade encontrada atualmente. O ensino de Ciências, muitas vezes, é deixado de lado por diversos obstáculos encontrados nas salas de aulas brasileiras: seja pela falta de professores qualificados, pela utilização (ou até mesmo a existência) de laboratórios de Ciências, seja pela complexidade natural no ensino de conceitos pertinentes às áreas de Química e Física, principalmente.

Anderson (2002) retrata que o ensino de Ciências, para muitas pessoas, é considerado complexo, uma vez que a compreensão dos conceitos exige farta dose de abstração. Chavan (2013) corrobora e afirma que até para os professores de ciências pode ser complexo ensinar, dado esse nível de abstração necessário. Os professores precisam entender o assunto de forma profunda e flexível para que possam ajudar os alunos a relacionar uma ideia a outra, atacar uma concepção alternativa e até mesmo criar mapas cognitivos úteis para o aprendizado.

As salas de aulas estão voltadas para um modelo de ensino em que os professores utilizam quadro (ou *Datashow*) em suas explicações e em seguida os alunos copiam em seus cadernos ou tiram foto em seus *smartphones* (Moreira, 2011a). Em outros contextos

alguns professores são considerados excelentes por explanarem detalhadamente o conteúdo com exposições orais que encantam os alunos, mas será que com tais maneiras é possível adquirir uma aprendizagem significativa? Será que quando os alunos se depararem, após alguns meses, com esse mesmo conteúdo, restará alguma aprendizagem ou será que foi apenas naquele curto espaço de tempo direcionado para a prova? (Moreira, 2011a). Ademais, a aprendizagem de modelos teóricos – estes tão importantes no aprendizado de conceitos de física e ciências em geral, como o Átomo de Bohr – é alvo de investigações que remontam, inclusive, o famoso artigo de Helen Doerr (1997).

Se muitos autores concordam que a aprendizagem significativa de conceitos e modelos é particularmente difícil (não obstante desejada), muitos empecilhos podem se manifestar quando se volta ao ensino de Ciências no Ensino Fundamental. Segundo Melo, Campos e Almeida (2015), muitos docentes não têm formação nessa área do conhecimento, isto é, não são graduados em Física ou Química, o que tecnicamente não os qualifica para o trabalho com essas disciplinas, gerando, assim, dificuldades no ensino. A falta de laboratórios também é fator mencionado pelos autores, já que pode afetar negativamente a motivação de professores e alunos para o ensino de Ciências e se tornar um obstáculo para a aprendizagem significativa.

Algumas pesquisas mostram que o número de alunos interessados em disciplinas como Química e Física decai significativamente no momento de transição entre o Ensino Fundamental e Médio. Dessa forma, é necessário buscar compreender o porquê disso, bem como encontrar soluções para que seja possível que os estudantes não percam esse interesse. Conforme Dare e Roehrig (2016), os resultados do PISA mostraram em sua última edição que o interesse por carreiras científicas é semelhante para meninas (27%) e meninos (24%) de 15 anos em diversos países. Porém, até o final do Ensino Médio cerca de apenas 12% das meninas estão interessadas em seguir nas áreas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), enquanto 40% dos meninos ainda continuam interessados em seguir nessa área.

Frente a isso, apresentam-se alguns problemas específicos diante do contexto da presente pesquisa, quais sejam: a) Escola situada em um bairro considerado de vulnerabilidade social; b) Professores não graduados em Física ou Química para ministrar aulas do 9º ano do Ensino Fundamental; c) Laboratório de Ciências sem acesso aos alunos. Adicionalmente, esta investigação, em particular, tem como objetivo o desafio de testar um modelo didático que seja capaz de promover aprendizagem significativa do Modelo do Átomo de Bohr. Igualmente, o desafio de obter, de forma auxiliar, evidências do vínculo entre simulações mentais e aprendizagem significativa e, naturalmente, aprendizagem significativa no EF por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) combinada a recursos didáticos.

A partir desses problemas buscou-se compreender se a utilização de UEPS com recursos distintos poderia contribuir no ensino de Ciências e possibilitar a aprendizagem significativa com alunos do Ensino Fundamental, no intuito de melhor conhecer a Física e adquirir interesse por essa área, a fim de que não decaiam quando da entrada no Ensino Médio.

Acredita-se que a utilização de diferentes recursos didáticos (simulação computacional, confecção de modelos por meio de maquetes, utilização de diferentes livros didáticos, experimentos de baixo custo, entre outros) que ilustram o funcionamento do modelo do átomo de Bohr, com a combinação de uma sequência didática UEPS para o Ensino Fundamental, pode proporcionar aos estudantes do Ensino Fundamental uma aprendizagem significativa do modelo do átomo de Bohr.

Desse modo, este artigo apresenta dados que foram obtidos mediante a aplicação de UEPS no Ensino Fundamental para a aprendizagem significativa do modelo do átomo de Bohr com estudantes do último ano do nível fundamental da Educação Básica. Portanto, o artigo apresenta os resultados obtidos após essa aplicação em sala de aula tendo como suporte teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel discorrendo a respeito das evidências possíveis de se encontrar na busca pela aprendizagem significativa.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A aprendizagem significativa e o esquecimento dependem de dois fatores integrados: do relacionamento de novos materiais potencialmente significativos, com as ideias relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz e, em um segundo momento, na subsequente perda espontânea e gradual de dissociação de novos significados, sendo estes adquiridos por meio dessa interação, isto é, das ideias ancoradas (subsunção obliterante) (Ausubel, 2000).

Logo, seja na aprendizagem por memorização, seja na significativa, a reprodução real do material retido também é afetada por fatores, como tendências culturais e de atitude e exigências de situação específicas do próprio âmbito de reprodução. Essas diferenças entre os processos de aprendizagem por memorização e significativa explicam, em sua maior parte, a superioridade da aprendizagem e da retenção significativas em relação aos correspondentes por memorização, mas para saber se houve, ou não, uma aprendizagem significativa são necessárias evidências.

Moreira (2012) afirma que é importante a busca por evidências de aprendizagem significativa e não apenas o estabelecimento da aprendizagem significativa. É importante a recursividade, na qual o aprendiz pode externar os significados que estão compreendendo, justificando suas respostas. Ainda sobre os indícios de aprendizagem significativa, Moreira (2012) declara que:

Sem dúvida, bastante difícil a avaliação da aprendizagem significativa. Principalmente porque implica uma nova postura frente à avaliação. É muito mais simples a avaliação do tipo certo ou errado, mas o resultado é, em grande parte, aprendizagem mecânica. (Moreira, 2012, p.24)

É surpreendente que nem sempre seja fácil mostrar que houve aprendizagem significativa. Um entendimento genuíno pressupõe a posse de significados claros,

concisos, distintos e transferíveis. Porém, caso seja testado esse conhecimento pedindo aos aprendizes que exponham os atributos característicos ou os elementos essenciais de um conceito ou princípio, pode-se simplesmente obter verbalizações que foram adquiridas e memorizadas. Por conseguinte, no mínimo, as verificações de compreensão devem ser formuladas usando uma linguagem diferente e apresentadas em um contexto um pouco diferente do da apresentação inicial do material (Ausubel, 2000).

Conforme Moreira (2011b), diferentemente da aprendizagem mecânica, na qual o esquecimento é rápido e total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual. A aprendizagem significativa não é aquela na qual o aluno jamais esquecerá, pois o esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem. Ausubel denominava como assimilação obliterada, ou seja, uma perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos, que serviram, em um primeiro momento, como ancoradouro cognitivo.

Existem boas razões para acreditar que houve uma aprendizagem significativa se for pontuar alguns aspectos. Caso o assunto que foi desenvolvido com os aprendizes tenha sido organizado e programado de forma apropriada e se as ideias estavam disponíveis na estrutura cognitiva, se o material é apresentado de uma forma lúcida e incisiva, se equívocos são corrigidos rapidamente e se os alunos foram devidamente motivados para aprender de maneira significativa e prestar atenção às considerações como uma ótima revisão e ritmo é possível confiar que ocorreu uma aprendizagem significativa (Ausubel, 2000).

Ausubel (2000) ainda reitera que o equipamento cognitivo humano, ao contrário do de um computador, não consegue lidar de modo eficaz com as informações relacionadas consigo numa base arbitrária e literal, apenas se consegue interiorizar tarefas de aprendizagem relativamente simples e estas ficam retidas por curto período de tempo, a não ser que sejam bem apreendidas. Portanto, uma evidência de aprendizagem significativa é a relação com o tempo. Uma aprendizagem mecânica fica retida por um espaço de tempo muito curto na estrutura cognitiva do estudante, já a aprendizagem significativa tem a possibilidade de uma reaprendizagem (que não existe na aprendizagem mecânica) em um menor período do que a aprendizagem original.

Portanto, a aprendizagem significativa pode acontecer mediante dois fatores principais, com o material utilizado e os conhecimentos que estão presentes na estrutura cognitiva do estudante. Logo, é possível buscar evidências de aprendizagem significativa para compreender se houve, ou não, uma aprendizagem significativa e não mecânica, sendo uma das evidências de aprendizagem significativa a retenção do conceito (ou modelo) após um espaço de tempo significativo.

Para investigar aprendizagem significativa e sua relação com o uso de modelos do átomo de Bohr no ensino fundamental, são utilizados aqui princípios do referencial teórico da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (Campello de Souza, da Silva, da Silva, Roazzi, & Carrilho, 2012). Um dos princípios da TMC é que, dado que o cérebro humano é naturalmente limitado, utilizam-se elementos presentes no ambiente para complementar a capacidade cognitiva, inclusive, no aprendizado de ciências e, em particular, do modelo

do Átomo de Bohr. Esses elementos são doravante denominados mecanismos externos de mediação.

O referencial também define quatro grandes tipos de mediação que o ser humano faz uso para complementar sua capacidade cognitiva: mediação psicofísica (que utiliza elementos físicos do ambiente, como o ábaco para cálculo), mediação social (que utiliza a capacidade cognitiva de outras pessoas, de forma similar a uma Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) Vygotskyana), mediação cultural (por elementos trazidos pela cultura, como lápis, papel e mais atualmente vídeos) e, finalmente, a mediação hipercultural (onde o mecanismo externo de mediação é finalmente capaz de tomada de decisão independente por meio de um *loop* “*if-then-else*” ou similar). O referencial teórico em questão não é foco deste estudo, que utiliza o referencial Ausubeliano, como já discutido; apenas se apresentam aqui esses princípios e conceitos.

Um ponto que não foi discutido dentro do referencial teórico de aprendizagem significativa e que neste artigo se busca explorar é o vínculo entre a aprendizagem significativa – em especial do resíduo da aprendizagem, a saber, o subsunçor modificado – e as imagens mentais produzidas pelos estudantes após um longo tempo. Argumenta-se que tal qual a aprendizagem significativa é evidenciada pela riqueza que determinado conceito é articulado pelo estudante – quando expressado verbalmente – um modelo que faz uso das mesmas imagens mentais (estas advindas diretamente de mecanismos externos de mediação introduzidos durante o processo de ensino) após um longo tempo, sendo esse modelo capaz de fazer previsões e resoluções de problemas corretamente, também se constitui evidência de aprendizagem significativa.

Sendo assim, a pergunta-chave deste artigo é se é possível ocorrer aprendizagem significativa do modelo do Átomo de Bohr após uma estratégia didática de uso combinado de UEPS e do uso de quatro diferentes mecanismos externos de mediação representando o Átomo de Bohr. Para responder essa pergunta-chave, também é necessário responder à pergunta auxiliar, de se é possível identificar aprendizagem significativa após uma análise verbo-gestual de uma entrevista com estudantes de ensino fundamental do seu modelo privado do Átomo de Bohr.

## METODOLOGIA

A pesquisa realizada constituiu-se em dois momentos específicos: momento A e momento B, durante os dois anos da pesquisa. O primeiro momento (A) foi a realização de 10 aulas com estudantes do nível fundamental com o uso de UEPS direcionadas para o Ensino Fundamental com a utilização de diversos recursos didáticos para o ensino do modelo do Átomo de Bohr. Após o encerramento da última aula ocorreu a entrevista seguindo o protocolo Report Aloud (Trevisan, Serrano, Wolff, & Ramos, *in press*). Já o momento B ocorreu após 11 meses do término do momento A, quando houve um retorno à escola pesquisada para uma nova coleta de dados mediante a realização de uma nova entrevista seguindo o mesmo protocolo.

A sequência didática utilizada na pesquisa, no segundo semestre de 2017, surgiu por meio de observações realizadas no semestre anterior. Entre os meses de março a julho de 2017 foi aplicado aos alunos UEPS de acordo com as propostas de Moreira (2011c). Já nas UEPS aplicadas entre setembro e novembro de 2017 houve modificação em sua estrutura, utilizando recursos didáticos distintos e voltados ao público que está no final do Ensino Fundamental.

A seguir, será descrito como ocorreu cada momento da pesquisa, bem como de que maneira aconteceu a coleta de dados e suas devidas análises.

### **Momento A**

Durante o primeiro semestre de 2017 foram aplicadas sete UEPS (sem modificação para o seu uso no Ensino Fundamental), sendo observados alguns aspectos em relação à participação e aprendizagem dos alunos. Muitos alunos não recordavam de conceitos anteriores, da mesma maneira não tinham predisposição em aprender em determinados momentos. Visto isso, surgiu a ideia de modificar as UEPS para ser aplicado no Ensino Fundamental, sendo que, até o presente momento da pesquisa não foram encontradas UEPS que foram aplicadas no nível fundamental e publicadas.

Dessa maneira, elaboraram-se as seguintes UEPS para o Ensino Fundamental:

a) Situação inicial: Apresentação de situações mediante *play activities*, cujo objetivo é fazer os alunos recordarem e expressarem os conceitos desenvolvidos na aula anterior;

b) Explicação do conteúdo: Introdução do conceito a ser desenvolvido em aula utilizando *slides*, quadro-negro ou materiais para exemplificação do conteúdo;

c) Atividade por meio das mediações da TMC (Souza, 2004): Atividades práticas embasadas em uma das quatro mediações da TMC;

d) Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: uma aula poderá ser desenvolvida com base em algum tipo de atividade individual, com debates, trabalhos após a aula, *play activities* ou anotações dos professores referentes à participação dos alunos, por exemplo.

A primeira etapa da sequência didática teve como objetivo auxiliar os estudantes a relembrem os conceitos estudados anteriormente. Para alcançar esse objetivo e diante da faixa etária dos alunos, optou-se em utilizar atividades as quais foram denominadas de “*play activities*”, em que por meio de brincadeiras é possível desenvolver os principais conceitos. A segunda etapa se constituiu da explicação do conteúdo por meio da utilização de *slides* ou do quadro branco, conforme a escolha dos professores.

A terceira etapa, à luz da TMC, trouxe como intuito a elaboração de alguma atividade baseada em uma das quatro mediações da TMC. De forma mais específica, o que foi escolhido para ser ensinado é o modelo do Átomo de Bohr. Por ser um modelo com uma

mecânica específica, optou-se por utilizar todas as quatro mediações (Campello de Souza et al., 2012) para serem utilizadas. O modelo de Bohr então foi ensinado psicofisicamente por um mecanismo externo de mediação específico, um modelo utilizando isopor, bolas e leds que representa o Átomo de Bohr. Para a mediação social, um professor utilizou o quadro-negro e desenhou o modelo, explicando-o em seguida.

Para a mediação cultural, houve a utilização de livros-textos, os quais descrevem o modelo do Átomo de Bohr adequado para o nível de ensino fundamental, complementados por vídeos que os próprios alunos buscaram de forma independente. Finalmente, utilizou-se uma simulação computacional do Átomo de Bohr como mediação hipercultural. Por fim, a quarta etapa teve como foco verificar, por meio de observações dos professores, entrega de relatórios e participação dos alunos, de que maneira a sequência didática pode contribuir no processo de aprendizagem dos alunos.

Portanto, para melhor compreensão sobre a sequência didática, o diagrama a seguir esclarece a UEPS para o Ensino Fundamental elaborada para aplicação no EF.

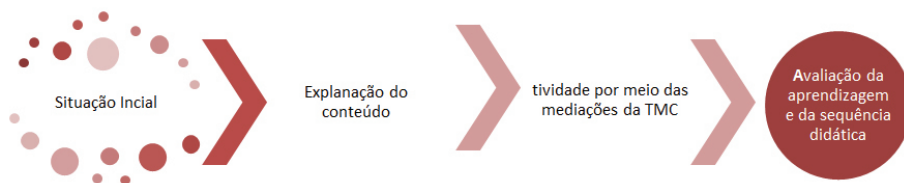


Figura 1. Ilustração com as etapas da UEPS para o Ensino Fundamental.

## Momento B

O momento B constituiu-se em retornar à escola após 11 meses do término do projeto. Foram entrevistados os mesmos alunos de 2017, seguindo o mesmo protocolo utilizado há quase um ano do primeiro momento.

Em face do que foi colocado e em razão dos principais aspectos atuantes na busca de evidências de aprendizagem significativa e das dificuldades enfrentadas nessa busca, optou-se por retornar à escola após alguns meses e realizar nova coleta de dados. Onze meses após o término do projeto, em novembro de 2017, houve um retorno à escola, em outubro de 2018, e foram entrevistados três (A1, A2 e A3) dos cinco estudantes participantes da primeira coleta de dados.

As entrevistas foram realizadas nos mesmos moldes das anteriores, a exemplo de como procederam Wolff (2015) e Schittler (2015) em suas pesquisas de doutoramento, esses autores entrevistaram os alunos após seis (Wolff, 2015) e 10 meses (Schittler, 2015), respectivamente.

A coleta de dados em outubro de 2018 foi realizada com base em três perguntas centrais. Porém, como a entrevista era semiestruturada, novas perguntas foram surgindo, quando os alunos passaram a utilizar imagens mentais oriundas das mediações da TMC, logo, dos diferentes recursos didáticos.



## Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu mediante uma entrevista seguindo o protocolo *Report Aloud* (Ramos, 2015) que é uma adaptação da técnica *Think Aloud* (Van-Someren, Barnard, & Sandberg, 1994). A diferença entre os métodos é que no *Think Aloud* o entrevistador e o entrevistado mantêm um constante diálogo a respeito do que o entrevistado está pensando durante a execução de uma tarefa, ou seja, enquanto o estudante responde o questionário e pensa em voz alta. Já no *Report Aloud*, o estudante reporta ao entrevistador o seu processo de pensamento enquanto está respondendo as questões, isto é, o estudante resolve as questões e somente depois, ao finalizá-las, reporta o seu processo de pensamento. Uma descrição detalhada da técnica encontra-se em Trevisan Serrano, Wolff, e Ramos (*in press*).

As entrevistas foram realizadas e gravadas com os estudantes (cinco no momento A e três no momento B), em seguida foram transcritas literalmente por meio dos áudios realizados pelos estudantes, para a devida análise. A análise ocorreu pela análise e transcrição do áudio (análise verbal) e também por meio da análise gestual descritiva de Monaghan e Clement (1999). Conforme esses autores, o movimento das mãos pode indicar as imagens mentais que os estudantes têm no momento em que respondem uma questão, sendo o gesto uma maneira de externalizar o que está passando em sua mente naquele instante (Freitas & Serrano, 2018). A junção das duas análises revela o perfil verbo-gestual do estudante.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil, via plataforma Brasil, sob o número CAAE: 73831517.9.0000.5349.

## RESULTADOS E ANÁLISE

Observa-se que a maioria dos estudantes consegue explicar o modelo do Átomo de Bohr, o processo de emissão e absorção de luz e fornecer um conceito para o átomo, baseado em representações adquiridas pelo uso principalmente de versões didáticas hiperculturais (simulador) e psicofísica (modelo de LED) do modelo do Átomo de Bohr combinadas. O acesso dos pesquisadores às representações internas dos estudantes ocorre após o uso da entrevista e da análise verbo-gestual supradescrita.

Na entrevista de 2017, a aluna A1 imaginou as duas mediações hipercultural e psicofísica de forma combinada. De fato, após quase um ano, ela afirmou que, para explicar o conteúdo a um colega ela utilizaria a mediação psicofísica, mesmo que – em sua mente – é a imagem da simulação que surgia (hipercultural). Além disso, A1 realizou os mesmos gestos ao mencionar a imagem do elétron.

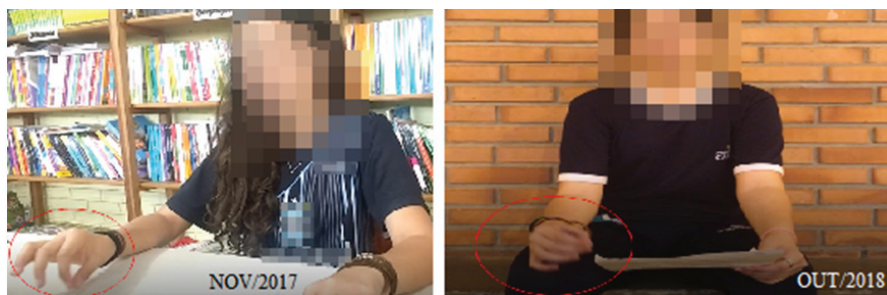


Figura 2. Gestos em relação ao elétron mencionado pela aluna em 2017 e após 11 meses.

O estudante A2, ao responder à primeira questão na entrevista de 2017, utilizou as imagens mentais que foram obtidas, segundo identificado em entrevista, por meio de mediação social, para explicar o funcionamento do modelo do Átomo de Bohr. Passados 11 meses, ao responder a essa mesma pergunta ele utilizou mecanismos externos de mediação que representam o modelo do Átomo de Bohr, por meio das mediações psicofísica e hipercultural.

Já o estudante A3 retratou a simulação computacional em sua mente, mas sob um aspecto diferente. A3 imaginava o átomo como algo “antigo”. Isto é, ele via, na simulação computacional (mediação hipercultural), a descrição da imagem do átomo conforme aquela mostrada na série *The Big Bang Theory* (mediação cultural), tal qual havia mencionado na entrevista realizada no momento A. No momento de explicar para um colega, conforme questionado na entrevista, ele utiliza o modelo psicofísico. Assim, há a combinação de dois modelos (cultural e hipercultural) e a utilização de um terceiro (psicofísico), se houvesse a necessidade de explicar para um colega:

E: E quando tu está me falando, tu tá imaginando a simulação, tá lembrando o modelo de LED, o professor explicando...

A3: Na **simulação eu tô imaginando o modelo do átomo antigo**. Que é aquele que tem as “voltinhas”.

E: Ah, a simulação tu tá lembrando do modelo do átomo antigo no caso.

A3: Na explicação eu tô explicando na maquete.

E: Ah, quando tu realiza esses gestos tu está imaginando a maquete feita com LED, isso?

A3: Sim.



Figura 3. Estudante A3 utiliza de forma combinada a Simulação computacional juntamente com o logo da série *The Big Bang Theory* como modelo de átomo de Bohr.

Os gestos apresentados na figura a seguir, realizados pelo estudante A3 na segunda entrevista, são semelhantes aos gestos realizados enquanto explicava o comportamento do salto de uma órbita para outra, com o mesmo sentido.



Figura 4. Gestos relacionados aos saltos de uma órbita para outra em 2017 e 2018.

O estudante A3 na primeira entrevista aludiu aos recursos didáticos culturais sobre a imagem que ele tinha de átomo. Na segunda entrevista ele conservava essa imagem, tanto que quando o entrevistador questionou a respeito da imagem, ele citou a série (mediação cultural) e indagou ao entrevistador se este se lembrava disso.

Quadro 1

Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018.

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
E: Tu viu isso em algum lugar né? Se lembra onde tu viu?	A3: Porquê da simulação eu lembro de uma série que eu via, lembra? Sempre que o átomo aparecia, eles usavam como "item" em transição.
A3: Na série do <i>The Big Bang Theory</i>	E: Um item em transição. Certo.

Sobre a representação do fóton, o estudante A1 imaginava o fóton como um raio. Em ambas as entrevistas ele afirmou que a imagem que ele tinha era oriunda da simulação computacional.

O estudante A3, em sua primeira entrevista, não fez gestos relacionados com o conceito de fóton. Ele apenas disse que “quando ele salta de uma órbita maior ele absorve um fóton” e, em seguida, afirmou que imaginava esses saltos como a imagem do quadro (mediação social).

Na figura a seguir há o exemplo da aluna A1, que utilizou a combinação de duas mediações para a representação da imagem do elétron. A1 imaginava, conforme a análise gestual e discursiva, a representação do elétron no modelo de LED (mediação psicofísica) “dentro” da simulação computacional (mediação hipercultural). É possível afirmar que ela adquiriu uma aprendizagem significativa, visto que utilizou essas mesmas representações após 11 meses do término da pesquisa. Isso foi identificado pelo discurso gestual combinado com o discurso verbal a seguir.



Figura 5. Ilustração sistemática da principal conclusão desta pesquisa.

Na entrevista original (2017, Momento A), A1 explana seu modelo para o átomo de Bohr e quais mediações forneceram imagens mentais para construção de seu modelo privado:

E: Tu se lembras de que tipo de aula? Tem até algumas que tu usou e algumas coisas aqui que o professor usou, aquela coisa do computador, aquele modelo. Qual deles veio primeiro na tua cabeça, uma coisa de livro ou outra coisa que não tá aqui?

A1: Primeiro foi ou aquele último (modelo psicofísico).

E: aquele modelo ali?

A1: O modelo do átomo de Bohr.

...

E: Eles também aparecem os dois, o computador e o modelo ou uma coisa em cima da outra?

A1: Os dois (psicofísico e hipercultural).

E: Os dois. Tipo um do lado, ou os dois juntos?

A1: Um do lado do outro.

Já no momento B (2018),

Se tu fosse explicar para um dos teus colegas agora o que é o átomo de Bohr, tu usaria a simulação ou a maquete?

A1: A maquete.

E: A maquete. A maquete que tu usaria para explicar para um colega. Mas quando tu imagina, tu pensa no que?

A1: Humm, eu penso na simulação no computador.

Portanto, 11 meses após o término do projeto, não apenas A1, mas todos os estudantes entrevistados, ainda lembravam conceitos importantes sobre o Átomo de Bohr. Ainda que situações novas não tenham sido apresentadas aos alunos, eles puderam externar os significados que tinham e explicar e justificar as suas respostas, que, de acordo com Moreira (2011b), são uma maneira de buscar evidências de aprendizagem significativa. Não apenas os gestos e as imagens mentais são semelhantes e oriundos, principalmente, dos mecanismos externos de mediação psicofísica e hipercultural.

O fator tempo também auxilia na busca de indícios de aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2012, p.40), “diferentemente da aprendizagem mecânica, no qual o esquecimento é rápido e praticamente total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual.” Isto é, o conhecimento que foi esquecido está “dentro” do subsunçor, manifesta-se como um “resíduo” neste.

Ausubel (2000), como citado anteriormente, traz que apenas é possível interiorizar tarefas de aprendizagem relativamente simples e estas apenas conseguem ficar retidas por um tempo curto, a menos que seja bem apreendida. Logo, nesta pesquisa, é possível afirmar que há aprendizagem significativa, pois caso os alunos tivessem recebido uma

aprendizagem mecânica não seriam capazes de responder e justificar suas respostas quase um ano após, tampouco fornecer e explicar seus modelos de Átomo de Bohr com detalhes e a segurança demonstrada.

Em conformidade com Moreira (2011b), diferentemente da aprendizagem mecânica, na qual o esquecimento é rápido e total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual. Mesmo após 11 meses os alunos tinham a sensação de que, se fosse preciso, poderiam reaprender esse conteúdo. Foi possível perceber que os alunos, ao começarem a explicar e justificar suas respostas, eram capazes de explicar o conteúdo a um colega, isto é, eram capazes de explicar o que era o Átomo de Bohr e o que ocorria quando um elétron saltava de uma órbita para outra. Logo, os resultados da presente pesquisa demonstram o que Ausubel chama de assimilação obliteradora.

Ainda, segundo Moreira (2011b), uma característica da aprendizagem significativa é a interação entre os conhecimentos prévios e os novos. O aluno A3 afirma que em um primeiro instante ele sempre lembrava da imagem do átomo relacionada com uma série de televisão, mais especificamente, com o logo da série que trazia o átomo. Após sua participação no subprojeto PIBID, o estudante, no decorrer da entrevista, não utiliza mais a imagem que ele imaginava da série, mas começa mencionando os recursos didáticos oriundos das mediações hipercultural e psicofísica. Logo, na entrevista em 2018, imagina o Átomo de Bohr da série na simulação computacional.

Assim, ainda que tenha se passado quase um ano da última entrevista com os alunos, estes ainda se lembravam do conceito do Átomo de Bohr mediante as representações adquiridas pelos recursos didáticos advindos das quatro mediações. Portanto, foram obtidas evidências de Aprendizagem Significativa do modelo do Átomo de Bohr com estudantes do Ensino Fundamental por meio de uma análise verbo-gestual da explanação desse modelo por tais estudantes.

## CONCLUSÃO

Respondendo à pergunta de pesquisa, o presente artigo traz evidências de aprendizagem significativa do modelo do Átomo de Bohr com estudantes do Ensino Fundamental. Essa aprendizagem foi consequência da utilização integrada do modelo didático de UEPS e de quatro diferentes mecanismos externos de mediação que representam um modelo teórico do Átomo de Bohr adequado para o nível de Ensino Fundamental. A junção entre eles, mesmo diante dos obstáculos relacionados pelos autores desde o início, trouxe indícios de que é possível o ensino de Ciências e, em especial, de Física, com alunos no último ano do nível fundamental, proporcionando, dessa maneira, uma nova visão do mundo da Física e, talvez, aumentando o interesse por ele entre o Ensino Fundamental e Médio.

Respondendo também à pergunta auxiliar, acredita-se que é possível afirmar a ocorrência de aprendizagem significativa ausubeliana por meio de uma análise verbo-gestual combinada, realizada por meio de duas entrevistas gravadas com considerável

espaço de tempo entre elas (11 meses), diante dos detalhes fornecidos pelos estudantes do modelo, da segurança de sua explanação e do fato de que os diferentes mecanismos externos de mediação que dão origem às imagens mentais que compõem as simulações mentais utilizadas como elementos de seus modelos privados são devidamente lembradas.

Acredita-se que a maneira e a integração entre UEPS para o Ensino Fundamental e recursos didáticos distintos trouxe três aspectos importantes: a) Combinação entre diferentes formas de mediação podem contribuir no ensino e aprendizagem dos estudantes; b) Utilização de uma UEPS para o Ensino Fundamental; e, por fim, c) Aprendizagem significativa de modelos e, conseqüentemente, conceitos relacionados a Ciências por estudantes do Ensino Fundamental, bem como de contribuir que os estudantes do EF tenham conhecido a Física de uma maneira diferente do que é comumente realizada. Ademais, espera-se que esse modelo didático possa ser utilizado com sucesso no ensino de ciências do nono ano do ensino fundamental com relativo sucesso em todo o país, com positivas contribuições para essa fase escolar.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

## **DECLARAÇÕES DE CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

Os autores, S.A.F e A.S.A.N, realizaram as atividades de campo e coleta de dados. Ambos os autores analisaram, discutiram e elaboraram a versão deste artigo científico.

## **DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS**

Os dados que suportam os resultados deste estudo estão disponíveis apenas para consulta através do seguinte link [<https://drive.google.com/open?id=1dRU43vOnl6ss34Q27iCm2ASfj9-i6ma>], mas não podem ser reutilizados.

## **REFERÊNCIAS**

- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of science teacher education*, 13(1), 1-12.
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Science & Business Media.
- Chavan, R. L. (2013). *Difficulties Encountered by Science Teachers during Teaching Concepts of Science*. Paper presented in National Conference.

Dare, E. A., & Roehrig, G. H. (2016). “If I had to do it, then I would”: Understanding early middle school students’ perceptions of physics and physics-related careers by gender. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 020117-1-020117-11.

Doerr, H. (1997). Experiment, simulation and analysis: an integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal Science Education*, 19(3), 265-282.

Melo, M. G. A., Campos, J. S., & Almeida, W. S. (2015). Dificuldades enfrentadas por professores de Ciências para ensinar Física no Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 8(4), 241-251.

Freitas, S. A. & Serrano, A. (2018). Uso do simulador computacional The Bohr Atom dentro de uma UEPS no ensino-aprendizagem do modelo do átomo de Bohr em estudantes do Ensino Fundamental. *Anais do VI Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, Ponta Grossa, SINECT*.

Monaghan, J. M. & Clement, J. (1999). Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, 21(9), 921-944.

Moreira, M. A. (2011a). Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. *Ensino, Saúde e Ambiente*, 4(1),4.

Moreira, M. A. (2011b). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Moreira, M. A. (2011c). Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista. Meaningful Learning Review*, 1(2),43-63.

Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa*, La Laguna, 25, 29-56.

Ramos, A. (2015). *Estudo do Processo de Internalização de Conceitos de Química Utilizando Software de Modelagem Molecular: Uma proposta para o ensino médio e superior* (Tese de Doutorado). Universidade Luterana do Brasil, Canoas.

Schittler, D. (2015). *Laser de rubi: uma abordagem em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas* (UEPS) (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Souza, B. C., da Silva, A. S., da Silva, A. M., Roazzi, A., & Carrilho, S. L. S. (2012). Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. *Computers in Human Behavior*, 28(6), 2320-2330.

Souza, B. C. (2004). *A Teoria da Mediação Cognitiva: os impactos cognitivos da Hiperultura e da mediação digital* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Trevisan, R., Serrano, A., Wolff, J., & Ramos, A. F. (in Press). Peeking into their mental imagery: the Report Aloud technique in science education research. *Ciência & Educação*.

Van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. C. (1994). *The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive*. London: Academic Press.

Wolff, J. (2015). *As modificações de drivers prévios através da utilização de simulações computacionais: aprendizagem significativa dos conceitos de colisões verificadas através da análise das imagens mentais de estudantes universitários* (Tese de Doutorado). Universidade Luterana do Brasil, Canoas.