

**UM ESTUDO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO MODELO DO ÁTOMO DE BOHR
COM ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL: SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS SOB A
PESPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS**

**A STUDY OF THE MEANINGFUL LEARNING OF THE BOHR ATOM MODEL WITH
SECONDARY TEACHING STUDENTS: DIDACTIC SEQUENCES WITHIN THE
PERSPECTIVE OF CNMT IN THE LIGHT OF PMTU**

**ESTUDIO DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EL MODELO DE ÁTOMO BOHR CON
ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN FUNDAMENTAL: SECUENCIAS DIDÁCTICAS DESDE LA
PERSPECTIVA DE LA TMC A LA LUZ DE UEPS**

Savana dos Anjos Freitas*
savanafreitas@rede.ulbra.br

Agostinho Serrano*
agostinho.serrano@ulbra.br

* Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas-RS – Brasil

Resumo

Diante do contexto que está o ensino de Ciências e mais especificamente o ensino de Física no Ensino Fundamental (EF), o presente trabalho buscou investigar de que forma o ensino do modelo do átomo de Bohr com estudantes de uma escola pública do Ensino Fundamental pode contribuir para uma aprendizagem significativa. A metodologia utilizada foi de elaboração de uma sequência didática sob a perspectiva da TMC (Teoria da Mediação Cognitiva) à luz de UEPS. A coleta de dados aconteceu mediante entrevistas seguindo o método *Report Aloud* e analisadas conforme uma análise gestual descritiva. Os resultados indicam que a utilização das sequências didáticas juntamente com recursos didáticos distintos trouxeram evidências de aprendizagem significativa do modelo do átomo de Bohr com alunos do EF.

Palavras Chave: Átomo de Bohr. Aprendizagem Significativa. Ensino Fundamental. UEPS. TMC.

Abstract

Given the context of science teaching and more specifically the teaching of physics in elementary education (PE), the present work sought to investigate how the teaching of the Bohr atom model with students from a public elementary school can contribute to meaningful learning. The methodology used was based on the elaboration of a didactic sequence under the perspective of TMC (Theory of Cognitive Mediation) in the light of UEPS. Data collection took place through interviews using the Report Aloud method and analyzed according to a depictive gestural analysis. The results indicate that the use of didactic sequences together distinct teaching resources brought evidence of significant learning of the Bohr atom model with EF students.

Keywords: Bohr atom. Meaningful Learning. Elementary School. PMTU. CNMT.

Resumen

En vista del contexto de la enseñanza de las ciencias y más específicamente de la enseñanza de la física en la escuela primaria (PE), el presente trabajo buscó investigar cómo la enseñanza del modelo del átomo de Bohr con estudiantes de una escuela primaria pública puede contribuir a aprendizaje significativo. La metodología utilizada fue el uso de UEPS y la elaboración de una secuencia didáctica bajo la perspectiva de TMC (Teoría de la Mediación Cognitiva) a la luz de UEPS. La recopilación de datos se realizó a través de entrevistas utilizando el método Report Aloud y analizados de acuerdo con el análisis descriptivo gestual. Los resultados indican que el uso de secuencias didácticas juntas recursos didácticos distintos trajo evidencia de un aprendizaje significativo del modelo del átomo de

Bohr con estudantes de EF.

Palabras clave: Bohr atom. Aprendizaje significativo. Escuela primaria. UEPS.TMC.

INTRODUÇÃO

A aprendizagem significativa de conceitos relacionados a área de Ciências com estudantes do Ensino Fundamental, em especial dos anos finais, é uma das dificuldades encontradas atualmente nas salas de aula brasileiras. O ensino de Ciências muitas vezes é deixado de lado por diversos obstáculos no decorrer da caminhada acadêmica dos alunos, seja pela falta de professores qualificados, falta de utilização (ou até mesmo a inexistência) de laboratórios de Ciências ou pela dificuldade na apresentação de conceitos relacionadas as áreas de Química, Física, Biologia e Matemática (FREITAS; SERRANO, 2019).

Diante de tais empecilhos, e tantos outros que dependendo o contexto escolar muitas vezes não conhecemos, sugere-se que o Ensino de Ciências, de acordo com Silva e Zara (2018), parta de metodologias que sejam capazes de introduzir, apresentar e trabalhar conteúdos relacionados com o cotidiano dos aprendizes, uma vez que já se sabe das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no que diz respeito à aprendizagem dessa área; Anderson (2002), por exemplo, retrata em sua pesquisa que o ensino de Ciências, para muitas pessoas, possui uma certa complexidade, pois, devido a terminologias por vezes muito abstratas, a compreensão dos conceitos se torna complexa.

À vista disso, o presente trabalho buscou investigar se a utilização de sequências didáticas, à luz da TMC, no Ensino Fundamental abordando o tema do modelo do átomo de Bohr contribui para aprendizagem significativa. A escolha do tema, o modelo de Bohr, se deve ao fato de poder contribuir, de forma favorável, com a explicação de fenômenos que podem ser facilmente observados no cotidiano das pessoas, como luminosos e lâmpadas, teste de chama ou os fogos de artifícios. A fluorescência e fosforescência são outros fenômenos que também podem ser discutidos em sala de aula abordando exemplos do cotidiano ao discutir o tema (SILVA; SOUZA, 2014). Em harmonia, Parente, Santos e Tort (2014) afirmam que práticas de ensino do modelo do átomo de Bohr nas salas de aula contribui para que seja uma porta de entrada para o mundo da estrutura interna da matéria, já que muitas vezes desperta a curiosidade dos alunos.

Assim, o presente trabalho apresenta que o uso de sequências didáticas sob a perspectiva da TMC¹ baseada em UEPS² (MOREIRA, 2011b) podem contribuir em uma aprendizagem significativa de estudantes de EF. Dessa forma, a coleta de evidências foi realizada por meio de entrevistas conduzidas de acordo com o método Report Aloud (TREVISAN et. al., 2019) e submetida a análise gestual descritiva.

EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa e o esquecimento dependem de dois fatores agregados: do relacionamento de novos materiais potencialmente significativos com os ideais relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz e, em um segundo momento, a 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 ou na significativa, a reprodução real do material retido também é afetada por fatores tais como tendências culturais e de atitude e por exigências de situações 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 é necessário buscar evidências (FREITAS; SERRANO, 2019).

Moreira (2012) afirma que é extremamente relevante a busca por evidências de aprendizagem significativa, 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. É surpreendente que nem sempre seja fácil mostrar que houve aprendizado significativo. Um entendimento genuíno pressupõe a posse de significados claros, concisos, distintos e transferíveis.

¹ Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), elaborada por Souza (2004), sugere que os indivíduos complementam e suplementam a sua capacidade mental por meio do processamento de informações realizado por elementos do seu ambiente (cognição extracerebral), um processo denominado de mediação (psicofísica, social, psicofísica e hipercultural).

² Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) é uma proposta à construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Conforme Gomes, Batista e Fusinato (2018), os mapas conceituais, por exemplo, são uma boa maneira de buscar indícios de aprendizagem significativa. Por meio da diferenciação progressiva (na qual os conceitos adquirem novos significados por meio de novas relações que vão se formando) e da reconciliação integradora (relação que o aprendiz faz dos novos conceitos com aqueles já existentes em sua estrutura cognitiva). Dessa forma, esse processo pode vir a auxiliar para que o estudante reformule suas ideias, por intermédio de seu cotidiano, sobre conteúdos e conceitos que foram vistos na sala de aula.

TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA

Tanto para a elaboração das sequências didáticas que foram aplicadas na pesquisa quanto para a compreensão dos resultados, utilizou-se a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) de Campello de Souza (2004). Partindo da premissa de uma mudança no pensamento das gerações atuais, por meio da chamada Revolução Digital, Souza (2004) apresenta a TMC em sua tese de doutorado. A TMC é uma teoria que acredita que os indivíduos complementam e suplementam a sua capacidade mental por meio do processamento de informações realizado por elementos do seu ambiente (cognição extracerebral), um processo denominado de mediação (psicofísica, social, psicofísica e hipercultural).

Considerada uma teoria contextualista e construtivista, a TMC tem como base a síntese unificada das teorias de Jean Piaget (desenvolvimento construtivista e equilíbrio), a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (teorema em ação, conceito, esquema e competência), o Socioconstrutivismo de Lev Semenovitch Vygotsky (internalização de sistemas socioculturais, Zona de Desenvolvimento Proximal) e a Teoria Triárquica da Inteligência de Robert J. Sternberg (processamento modular de informação).

Para Souza et al. (2012), a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) é baseada em cinco premissas relativas à cognição humana e ao processamento de dados:

[...] I) A espécie humana tem como maior vantagem evolutiva a capacidade de gerar, armazenar, recuperar, manipular e aplicar o conhecimento de várias maneiras; II) Cognição humana é efetivamente o resultado de algum tipo de processamento de informação; III) Sozinho, o cérebro humano constitui um finito e, em última instância, insatisfatório, recurso de processamento de informação; IV) Praticamente qualquer sistema físico organizado é capaz de executar operações lógicas em algum grau; V) Seres humanos complementam o processamento da informação cerebral por interação

com os sistemas físicos externos organizados (SOUZA et al., 2012, p. 2, tradução nossa).

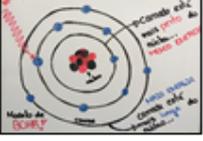
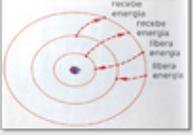
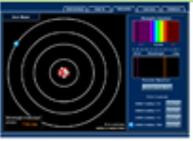
A partir dessas cinco premissas, obtém-se uma imagem da cognição humana, na qual os indivíduos desenvolvem e utilizam o conhecimento mediante o processamento de informações, o qual é realizado no cérebro. Essa capacidade de processamento de informações é limitada e insatisfatória, mas a humanidade superou tais limites e hoje se constata que a expansão da capacidade cognitiva dos seres humanos ocorre por meio de alguma forma de processamento extracerebral de informações (SOUZA et al., 2012).

Nesse sentido, utilizamos o processamento externo por meio da interação com estruturas do ambiente para aumentar nossa própria capacidade de processamento de informações. Dito de outro modo, é por meio de mediações e do processamento extracerebral de informações, mecanismos que contribuem para o processamento cognitivo, que a TMC traz esse conjunto de conceitos dentro de sua fundamentação teórica (TREVISAN; SERRANO, 2016).

Souza (2004) apresenta os drivers, na TMC, como “máquinas virtuais” usadas como novas competências. Essas novas competências poderiam contribuir de forma que o aprendiz consiga resolver novas situações-problema. Os drivers teriam papel essencial no contexto da mediação, sendo mais do que apenas uma conexão do pensamento humano com os mecanismos externos (SERRANO; WOLFF, 2014). Ou seja, os mecanismos internos, *drivers*, proporcionarão a aplicação dos mecanismos externos. Os *drivers* se desenvolvem por meio da relação entre o indivíduo e o mecanismo externo de processamento de informações mediante o método piagetiano de equilíbrio.

Segundo a TMC, uma aprendizagem apenas advém quando o aprendiz, posteriormente à mediação, interage com algum elemento externo. Esses elementos externos são discutidos, na TMC, como sendo quatro diferentes tipos de mediações: cultural, social, psicofísica e hipercultural. A seguir, apresenta-se um quadro com a descrição de cada uma das quatro mediações desenvolvidas na TMC (Figura 1).

Figura 1: Imagem das mediações mencionadas pela TMC e seus respectivos mecanismos externos e internos

<i>Mediação</i>		<i>Mecanismo Externo</i>	<i>Mecanismo Interno</i>
<i>Psicofísica</i>		Física do objeto e do ambiente	Sistemas sensoriais
<i>Social</i>		Interação entre indivíduos	Habilidades sociais
<i>Cultural</i>		Sistemas simbólicos e artefatos	Conhecimento tradicional e/ou formais
<i>Hipercultural</i>		Tecnologia da informação	Conceito e habilidades do domínio da TI

Fonte: Os autores (2020).

A TMC acredita que esses drivers, ou “máquinas virtuais”, podem ser vistos como novas competências, instrumentalizando o aprendiz com a capacidade de resolver novas situações que, anteriormente, não era possível realizar sozinho. Assim, os drivers possuem um papel importante no contexto da mediação do pensamento humano como os mecanismos externos.

Por isso, acredita-se que o uso da TMC auxilia a compreender como o uso de ferramentas extracerebrais podem causar determinadas alterações na estrutura cognitiva do aprendiz.

PERCURSO METODOLÓGICO

Este artigo é um recorte de uma pesquisa maior que foi realizada no período de 2017 a 2019 em uma escola pública de município da região metropolitana de Porto Alegre. A pesquisa ocorreu com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental que participam do subprojeto PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) no turno inverso de suas aulas.

A aplicação do projeto ocorreu durante nove meses corridos e após um ano houve o retorno na escola em busca de evidências de aprendizagem significativa. Acreditamos que se após este intervalo de tempo substancial (principalmente para um aluno de ensino fundamental) houve aprendizagem

significativa, haverá indícios sob a forma de resíduos, conforme exposto por Ausubel (2000). Durante os primeiros seis meses da pesquisa ocorreu o total de 25 encontros, nos quais foi abordado o conteúdo de Ondas eletromagnéticas.

Nas primeiras aulas foram realizadas experiências utilizando materiais facilmente disponíveis e smartphones para despertar a curiosidade e o interesse de permanecer no projeto, além de motivá-los a divulgar a iniciativa para colegas. Nessa fase, foi possível observar que os alunos frequentemente esqueciam os conteúdos de uma semana para outra, logo, optamos em elaborar uma sequência didática que possibilitasse aos estudantes relembrar os conteúdos estudados anteriormente por meio de atividades diferenciadas. Nesse aspecto, o modelo UEPS foi bastante conveniente, pois em uma de suas primeiras etapas de uma atividade didática propõem a reativação de subsunçores.

A segunda fase aconteceu durante os meses de setembro e novembro, totalizando 10 encontros. Esses encontros foram pensados e elaborados conforme as necessidades que foram apontadas na primeira fase (FREITAS, 2019). A segunda fase contou como o “Átomo de Bohr” como tema central do projeto, e na qual elaboramos uma sequência didática baseada em UEPS (que foi utilizada na fase I do projeto) e nas mediações da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), cuja fase que será explanada no decorrer do presente trabalho.

Abaixo (Figura 2) é descrita a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS que foi elaborada no decorrer da pesquisa.

Figura 2: Etapas da sequência didática à luz da TMC baseada em UEPS



Fonte: Os autores (2020).

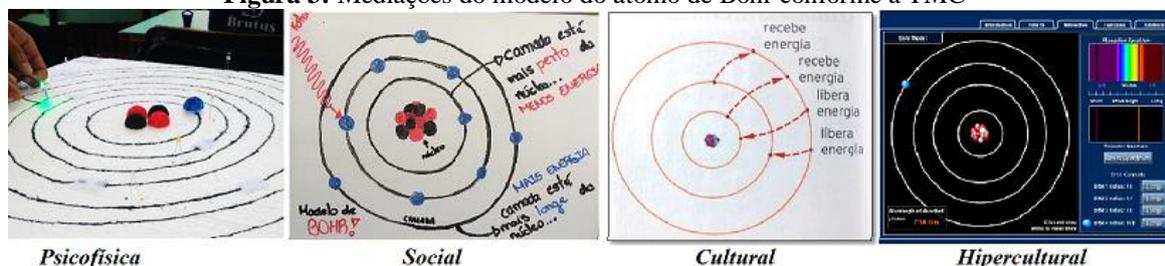
Para alcançar o objetivo da pesquisa de compreender como a utilização de sequências didáticas, à luz da TMC, no Ensino Fundamental abordando o tema do modelo do átomo de Bohr contribui para

aprendizagem significativa, optou-se em utilizar atividades, as quais denominamos de “play activities”, em que, por meio de brincadeiras, é possível desenvolver os principais conceitos. A segunda etapa se constitui na explicação do conteúdo por meio da utilização de slides ou do quadro branco, de acordo com a escolha dos professores (Pibidianos).

A terceira etapa, à luz da TMC, traz como intuito a elaboração de alguma atividade baseada em uma das quatro mediações da TMC. Por meio dessa atividade, busca-se explicitar o conceito a ser ensinado conforme uma das mediações. Por fim, a quarta etapa tem 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.

Assim sendo, foram elaboradas diferentes sequências didáticas, cada uma contemplando uma mediação da TMC. Abaixo segue uma figura ilustrativa (Figura 3) elucidando a aplicação de cada uma das distintas mediações. A mediação psicofísica aconteceu por meio da construção de um modelo feito com LED, na qual os alunos interagiam movendo o elétron de uma camada para outra; a social foi a explicação do modelo de Bohr no quadro branco; a cultural se deu através da utilização de livros didáticos e; por fim, da simulação computacional The Bohr Atom³, como a mediação hipercultural.

Figura 3: Mediações do modelo do átomo de Bohr conforme a TMC



Fonte: Os autores (2020).

Para a análise desta pesquisa utilizamos a adaptação da técnica Think Aloud (VAN SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994), o protocolo Report Aloud (TREVISAN et al., 2019). No protocolo Think Aloud o estudante reporta ao entrevistador o seu processo de pensamento enquanto responde às questões; já no Report Aloud, o estudante resolve as questões e, somente depois de finalizá-las, reporta o seu processo de pensamento. De acordo com Monaghan e Clement (1999), o movimento das mãos pode

3

https://highereducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::sites/dl/free/0072482621/59229/Bohr_Nav.swf::The%20Bohr%20Atom

ser indicador das imagens mentais que os estudantes vislumbram quando respondem a uma questão. O gesto seria uma maneira de externar o que se passa em sua mente naquele instante, e utilizamos a mesma técnica para análise da produção gestual dos estudantes.

Portanto, por meio dos gestos realizados pelos alunos durante a entrevista foi possível relacionar conhecimentos implícitos que, nesta pesquisa, chamamos de drivers (já mencionado neste texto), os quais existem na estrutura cognitiva desse aluno.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Muitas pesquisas utilizam-se de mapas conceituais ou a aplicação de atividades por meio de situações novas em busca de evidências de aprendizagem significativa (RIBEIRO et al., 2018; GEWEHR; NEIDE; DULLIUS, 2018; ALMEIDA; DA COSTA; LOPES, 2016; SCHITTLER; MOREIRA, 2016).

Na pretensão de encontrar evidências de aprendizagem significativa com os estudantes do EF, empregamos como critérios a utilização dos drivers em suas respostas e justificativas no decorrer da entrevista, pelo protocolo Report Aloud, e pelo tempo de intervalo entre as entrevistas (11 meses).

Por intermédio do protocolo e da análise, foi possível verificar que os estudantes, ao utilizarem drivers advindos de uma (ou mais) mediações da TMC (aporte teórico dessa pesquisa), apresentaram indícios de aprendizagem significativa. O por quê? Ao explanarem sobre de que maneira eles explicariam para uma colega sobre o que é o átomo de Bohr (questão 1 da entrevista), por exemplo, os alunos usavam drivers de determinada mediação para explicitar o que estava se passando em suas mentes e justificando suas respostas. Esses gestos, conforme Monaghan e Clement (1999), seriam uma evidência da produção de imagens mentais, isto é, dos drivers que eles estão utilizando para explicar.

De acordo com Moreira (2015), Ausubel acredita que, para encontrarmos evidências de aprendizagem significativa, precisamos evitar a “simulação da aprendizagem significativa”. Ou seja, é necessário formular questões e problemas para que tal aprendizagem seja nova, não muito familiar, capaz de propiciar ao aprendiz uma transformação mais abrangente do conhecimento adquirido.

Ainda sobre os indícios de aprendizagem significativa, Moreira (2012) declara que, sem dúvida, é difícil a avaliação da aprendizagem significativa. Principalmente porque implica uma nova postura

frente à avaliação. É mais simples a avaliação do tipo certo ou errado, mas o resultado é, em grande parte, aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2012, p. 24).

Em face do que foi colocado e devido aos principais aspectos atuantes na busca de evidências de aprendizagem significativa, de acordo com Moreira (2012), optamos por retornar à escola após alguns meses e realizar uma nova coleta de dados. Após o término do projeto em novembro de 2017, retornamos à escola em outubro de 2018 e entrevistamos três (A1, A2 e A3) dos cinco estudantes participantes da primeira coleta de dados.

As entrevistas foram realizadas conforme os moldes das anteriores, a exemplo de como procederam Wolff (2015) e Schittler (2015) em suas pesquisas de doutoramento, na qual estes autores entrevistaram alunos após seis (WOLFF, 2015) e 10 meses (SCHITTLER, 2015).

Assim, passa-se a discutir alguns pontos dessas entrevistas buscando relacionar a entrevista a gestos anteriores, como evidências de aprendizagem significativa.

Na entrevista de 2017, a aluna A1 imaginou as duas mediações ao mesmo tempo, a mediação psicofísica (modelo de LED) e a mediação hipercultural (simulação computacional). Porém, após quase um ano, ela afirmou que para explicar o conteúdo a um colega ela utilizaria a mediação psicofísica (modelo de LED) ainda que, em sua mente, é a imagem da simulação que surgia (mediação hipercultural). Conforme Wolff (2015), no momento em que drivers são acessados ou mesmo modificados, aprendizagem significativa pode ter ocorrido. Além disso, A1 realizou gestos semelhantes ao mencionar a imagem do elétron (Figura 4).

Figura 4: Gestos com relação ao elétron mencionado pela aluna em 2017 e após 11 meses.



Fonte: Freitas; Serrano (2019).

A respeito dos fenômenos emissão e absorção, quando questionado em 2017, o estudante A2 se lembrava do quadro, mas, principalmente, se lembrava da simulação computacional em que podia enxergar melhor as cores. Já em 2018, A2 descreveu a movimentação do elétron no átomo de Bohr e,

quando questionado sobre a origem dessa imagem utilizou novamente drivers hiperculturais, isto é, imaginou a simulação computacional (Figura 5) em que o resíduo da aprendizagem significativa permanece após 11 meses.

Figura 5: Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>E: Só um momento, deixa eu te interromper. Quando tu fala de, dessa movimentação, né, emitir e absorver, etc...tu lembra de só do quadro ou de alguma outra coisa?</p> <p>A2: Mais do também do, do, eu ia falar daquele da cores... (Aponta para o computador)</p> <p>E: O do computador?</p> <p>E: Não, não só quero que tu me fales agora, quando tu imaginou o elétron saltando, qual dos dois modelos? Foi o do computador?</p> <p>A2: Computador.</p>	<p>A2: To imaginando o elétron girando e voltando para a camada e mudando a cor.</p> <p>E: E isso na simulação computacional?</p> <p>A2: Sim, aparecia quando ela tava mais perto tinha uma cor mais forte, e quando ele <u>tava</u> mais longe tinha uma cor mais fraca. E ele emitia que quando perto ele tinha uma cor mais forte, a cor seria mais radiação, e cor mais fraca menos radiação.</p>

Fonte: Os autores (2020).

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, a descrição da imagem do átomo conforme aquela mostrada na série The Big Bang Theory, tal qual havia mencionado na entrevista anterior.

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 to 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 to explicando na maquete.

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

A3: Sim.

Na segunda entrevista, A3 já realizava gestos com vínculo ao explicar sobre o fóton, mas substituiu os seus drivers da mediação social pelos drivers oriundos da mediação hipercultural.

E: E essa imagem tu acha que vem da onde? Tu viu alguma coisa sobre a imagem do fóton no Pibid?

A3: *Eu vi naquele negocinho lá sabe, do computador.*

E: *Do computador?*

A3: *É*

De acordo com Wolff (2015), essa mudança de drivers pode ser vista como uma característica de aprendizagem significativa. Utilizando as duas mãos (Figura 6), o estudante realiza um gesto de abre e fecha das mãos no sentido de cima para baixo rapidamente que indica o que ele está imaginando naquele momento quando explica para o entrevistador como seria a imagem do fóton para ele.

Figura 6: Gesto realizado pelo estudante A3.



Fonte: Os autores (2020).

Assim sendo, 11 meses após o fim do projeto, os alunos ainda lembravam conceitos relevantes e importantes sobre o átomo de Bohr. Alguns discentes expressaram a substituição de drivers, a qual, de acordo Wolff (2015), pode ser uma propriedade da aprendizagem significativa. Por mais que situações novas não tenham sido proporcionadas aos educandos, eles puderam exteriorizar os significados que tinham e explicar e justificar as suas respostas, que, de acordo com Moreira (2011a), são uma maneira de buscar evidências de aprendizagem significativa.

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.

De acordo com Moreira (2011a), diferentemente da aprendizagem mecânica, na qual o esquecimento é rápido e total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual. Isto é, mesmo após 11 meses os estudantes tinham a sensação de que, se fosse preciso, conseguiriam reaprender esse conteúdo. Foi possível reconhecer que os alunos, ao começarem a explicar e justificar suas respostas, 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.

Além do mais, conforme Moreira (2011a), uma característica da aprendizagem significativa é a interação entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos novos. O estudante A3 reitera que em um primeiro momento ele lembrava da imagem do átomo referente 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 sim, começa utilizando drivers advindos da mediação hipercultural e mediação psicofísica.

Se fossemos apontar a contribuição mais original e relevante deste artigo, seria a de que, por meio da análise gestual combinada com a análise discursiva, é possível identificarmos imagens mentais estáticas e dinâmicas (simulações mentais) que são produzidas em momentos específicos do discurso pelos estudantes.

Estes discursos tentam explicar o modelo do átomo de Bohr e invariavelmente fazem uso destas imagens mentais estáticas e principalmente dinâmicas, evidenciando a internalização e consolidação de drivers como resíduo da aprendizagem significativa de um modelo “mecanicista”, em que partes do modelo funcionam se movendo, tanto no simulador (mediação hipercultural) como internamente à mente dos estudantes. Assim, a produção de imagens mentais dinâmicas parece estar fortemente associada à aprendizagem significativa, desde que utilizadas para descrever um modelo científico dentro do contexto apropriado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da sequência didática sob a perspectiva da TMC à luz de UEPS contribuiu para encontrarmos, no decorrer da pesquisa, evidências de aprendizagem significativa. A proposta auxiliou os alunos a lembrarem conceitos de aulas anteriores, como também as atividades auxiliaram para identificar quais mediações mais contribuem para uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, no transpassar da coleta e análise de dados pode-se verificar que todas mediações contribuíram de alguma maneira para o ensino do modelo do átomo de Bohr, entretanto, as mediações psicofísica (modelo de LED) e hipercultural (simulação computacional) foram as que mais favoreceram no processo de encontrar evidências de aprendizagem significativa.

Logo, quando há indícios de aprendizagem significativa de determinado conceito, possivelmente as imagens mentais existentes na estrutura cognitiva do estudante também serão modificadas. Esse resultado foi observado quando do surgimento de novas imagens mentais durante a aprendizagem significativa. Por exemplo, tal visão pôde ser mais bem compreendida com base em novas imagens mentais que surgiram após o uso da simulação ou da maquete no estudo dos saltos de uma órbita para outra. É importante lembrar que, no estudo da definição do átomo de Bohr, as imagens mentais referentes a esse modelo já existiam na estrutura cognitiva de alguns estudantes. Nesse sentido, as mediações tiveram a função de modificar um conceito que era o subsunçor.

Esperamos que este trabalho possa auxiliar professores-pesquisadores na área do ensino de Ciências a compreender, cada vez mais, diferentes maneiras que podemos auxiliar a escola na busca de uma aprendizagem com significado e que possibilite aos discentes enxergarem o mundo que os rodeia com outros olhos, enxergando os fenômenos naturais de uma maneira diferente, fazendo uma relação com os conceitos que são ensinados na escola.

Por fim, este trabalho mostra que a utilização de sequências didáticas sob a perspectiva da TMC á luz de UEPS contribui para o ensino e aprendizagem do átomo de Bohr com estudantes do nível fundamental.

Referências

ALMEIDA, C. M. M.; COSTA, R. D. A; LOPES, P. T. C. Sequências didáticas eletrônicas para auxiliar na aprendizagem significativa em conteúdos de Patologia Humana. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 183-196, 2016.

ANDERSON, Ronald D. Reforming science teaching: What research says about inquiry. **Journal of science teacher education**, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2002.

AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. **Springer Science & Business Media**, 2000.

FREITAS, S.A. **Um estudo da utilização didática de ferramentas de cognição extracerebrais por estudantes do ensino fundamental do modelo do átomo de Bohr**. 2019. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ensino

de Ciências e Matemática) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2019.

FREITAS, S.A; SERRANO, Agostinho. Use of different external mediating mechanisms of the Bohr atom model: Evidence of Meaningful Learning through verbal-gestural analysis in elementary school students. **Acta Scientiae**, v. 21, n. 4, p. 133-148, 2019.

GEWEHR, D.; NEIDE, I. G.; DULLIUS, M. M. Mapas conceituais com CmapTools: uma metodologia ativa de ensino e aprendizagem para nativos digitais. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 4, n. 07, p. 152-165, 2018.

GOMES, E. C.; BATISTA, M.C.; FUSINATO, P. A. Avaliação no ensino de física e mapas conceituais: uma experiência bem sucedida. **Revista Valore**, v. 3, p. 249-259, 2018.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, M. A. **O Que é afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá/MT, 23 de abril de 2002. Aceito para publicação, *Curriculum, La Laguna, Espanha*, 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 2015.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista. *Meaningful Learning Review*, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011b.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F. dos; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1502-1-1502-4, 2014.

RIBEIRO, N. A.; MORAIS, H. A.; DAMIN, W.; LUCCAS, S. Mapas conceituais na compreensão da aprendizagem significativa do conteúdo de probabilidade. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 2, p. 167-181, 2018.

SCHITTLER, D. **Laser de rubi: uma abordagem em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2015. 181 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SCHITTLER, D.; MOREIRA, M. A. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do ensino médio: laser de rubi um exemplo de unidade de ensino potencialmente significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 1-24, 2016.

SERRANO, A.; WOLFF, J. F. S. A influência das simulações no aprendizado de colisões mecânicas em Física. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 4, p. 25-46, 2014.

SILVA, J. A.; SOUZA, C. M. S. G. O modelo ondulatório como estratégia de promoção da

evolução conceitual em tópicos sobre a luz em nível Médio. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 1, p. 23-41, 2014.

SILVA, T. S. G.; ZARA, R. A. As Ciências da Natureza no Currículo AMOP e sua relação com a Teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista Valore**, v. 3, p. 96-106, 2018.

SOUZA, B. C.; SILVA, A. S.; SILVA, A. M. S.; ROAZZI, A.; CARRILHO, S. L. S. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 6, p. 2320-2330, 2012.

TREVISAN, R.; SERRANO, A.; WOLFF, J.; RAMOS, A. Peeking into students' mental imagery: the Report Aloud technique in Science Education research. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, n. 3, p. 647-664, 2019.

TREVISAN, R.; SERRANO, A. Um estudo da relação entre as imagens mentais utilizadas por estudantes de mecânica quântica e seu perfil epistemológico: uma investigação pela metodologia *report aloud*. **Góndola, enseñanza**

y aprendizaje de las ciencias, v. 11, n. 2, p. 212-227, 2016.

VAN SOMEREN, M. W; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A.C. **The Think Aloud Method: a practical guide to modeling cognitive processes.** Academic Press; London, 1994.

WOLFF, J. F. S. **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. 2015. 260 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.

Recebido em: 08/03/2020

Aceito em: 01/11/2020

Endereço para correspondência:

Nome: Savana dos Anjos Freitas

Email: savanafreitas@rede.ulbra.br



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).