



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

ALTERNATIVAS TEÓRICAS E PRÁTICAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Organizadores
Kleyfton Soares da Silva
Laerte Silva da Fonseca

1ª Edição



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Reitor

Elias de Pádua Monteiro

Conselho Editorial

Alan Carlos da Costa

Pró-reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Iraci Balbina Gonçalves Silva

Pró-Reitora Substituta de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação

Conselheiros representantes de área (2020/21)

Ana Paula Silva Siqueira

Diego Pinheiro Alencar

Édio Damásio da Silva Júnior

Elis Dener Lima Alves

Guilherme Malafaia Pinto

Ítalo José Bastos Guimarães

Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes

Júlio César Ferreira

Kleyfton Soares da Silva

Luiza Ferreira Rezende de Medeiros

Maria Luiza Batista Bretas

Mariana Buranelo Egea

Maryele Lázara Rezende

Matias Noll

Natália Carvalhães de Oliveira

Paulo Alberto da Silva Sales

Rosenilde Nogueira Paniago

Equipe do Núcleo da Editora IF Goiano

Sarah Suzane Bertolli - Coordenadora do Núcleo da Editora

Lídia Maria dos Santos Moraes - Assessora Editorial

Johnathan Pereira Alves Diniz - Assessor Técnico

Tatianne Silva Santos - Assessora Gráfica

Revisão textual

Viviane Mendonça, Eliane Regina e Nicole Leal

Projeto Gráfico e Diagramação:

Gráfica Santa Cruz

Bibliotecário responsável:

Johnathan Pereira Alves Diniz

O conteúdo desta obra é público e poderá ser reproduzido integralmente ou em partes, desde que citada a fonte.

O conteúdo e os temas abordados nesta publicação são de inteira responsabilidade de seus autores. Eximindo-se assim a responsabilidade legal do Instituto Federal Goiano, sobre possíveis futuras contestações ou quaisquer outras alegações.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

A466

Alternativas teóricas e práticas para o ensino de ciências e matemática / Kleyfton Soares da Silva; Laerte Silva da Fonseca, organizadores. – 1. ed. Goiânia, GO: IF Goiano, 2022.

104 p., il.: color.

ISBN (e-book): 978-65-87469-30-0

1. Ensino de ciências. 2. Matemática. 3. Aprendizagem. 4. Práticas pedagógicas. I. Silva, Kleyfton Soares da. II. Fonseca, Laerte Silva da. III. Instituto Federal Goiano.

CDU: 37:5/51

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	05
Kleyfton Soares da Silva	
Laerte Silva da Fonseca	
CAPÍTULO 1	
Aprendizagem do teorema de Pitágoras por meio da concepção teórica do conexionismo thordikeano	09
Larissa Evelyn Santos Silva Alves	
Laerte Silva da Fonseca	
CAPÍTULO 2	
Refletindo sobre modelos de ensino para a divisão celular com base em princípios watsonianos	21
Maria Rosa Melo Alves	
Yzila Liziane F. Maia de Araújo	
Antônio Alves Júnior	
CAPÍTULO 3	
A teoria da aprendizagem de Piaget e a aquisição de conceitos físicos	35
Andreia Freire dos Santos	
Adjane da Costa Tourinho e Silva	
Divanizia do Nascimento Souza	
CAPÍTULO 4	
Modelo teórico banduriano para a promoção da aprendizagem no ensino de Ciências	49
Rosane Karine Tavares Idalino	
Kleyfton Soares da Silva	
CAPÍTULO 5	
Motivação nas aulas de Matemática: articulação entre a hierarquia maslowriana e a metodologia Resolução de Problema	61
Nailys Melo Sena Santos	
Denize da Silva Souza	
CAPÍTULO 6	
Proposta interdisciplinar Química-Matemática para o ensino de geometria molecular à luz da teoria das situações didáticas	75
Kleyfton Soares da Silva	
Laerte Silva da Fonseca	
Johnnatan Duarte de Freitas	
CAPÍTULO 7	
O estudo do conceito físico Pressão a partir do modelo do processamento da informação cerebral	89
Larissa Evelyn Santos	
Silva Alves	
Felipe Aragão Freire	
Kalyne Teresa Machado	
SOBRE OS ORGANIZADORES	101

APRESENTAÇÃO

As práticas de ensino de Ciências e Matemática podem estar imersas em campos teóricos diferenciados, mas o fato é que raramente nos damos conta dos princípios educacionais envolvidos em nossas ações pedagógicas cotidianas. Relativamente ao ensino de conteúdos dessas áreas, algumas competências e habilidades requeridas no âmbito da Educação Básica podem ser adquiridas com o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, transição em diferentes níveis de abstração, aquisição de modelos, entre outros, fazendo com que muitas dificuldades de aprendizagem surjam durante o processo de construção de conhecimentos. Assim, como é possível mitigar as dificuldades de aprendizagem visando ao êxito escolar nas referidas áreas?

As teorias da aprendizagem têm sido um alicerce para pensarmos em alternativas para o planejamento de aulas, uma vez que os princípios gerados a partir de estudos experimentais podem servir de base para a compreensão do processo de aprendizagem. Considerando a lacuna na literatura brasileira, em se tratando de registros de análise de práticas pedagógicas em Ciências e Matemática, fundamentadas em teorias de aprendizagem, esta obra oferece elementos para reflexão e planejamento de atividades que levem em conta princípios educativos produzidos por diferentes vertentes teóricas da Psicologia.

A concepção desta obra resultou da necessidade de complementar os capítulos do nosso primeiro livro, intitulado *Modelos teóricos de aprendizagem: bases para o ensino de ciências e matemática* (FONSECA; SILVA, 2018)¹, apresentando outros arranjos que mesclam teorias de aprendizagem e conteúdos de disciplinas não contemplados na primeira versão do livro. Dessa forma, discutem-se teorias de base comportamentalista, cognitivista e humanista, bem como princípios educativos oriundos de pesquisas neurocognitivas para alicerçar as propostas de ensino e aprendizagem.

Os dois primeiros capítulos abordam as principais noções da aprendizagem segundo Thorndike e Watson, respectivamente, contemplando sumariamente a visão comportamentalista do ato de aprender, que ocorre por meio do esquema estímulo-resposta. A vertente cognitivista está representada nos capítulos três (Piaget) e quatro (Bandura), em que é possível pensar na aprendizagem enquanto resultado de processos cognitivos que englobam a percepção, atenção, memória, raciocínio.

Para ilustrar princípios de aprendizagem de base humanista, entra em cena o capítulo cinco, que discute a aprendizagem segundo a abordagem da satisfação das necessidades primárias e secundárias (Maslow).

¹ FONSECA, L. S.; SILVA, K. S. (org.). *Modelos teóricos de aprendizagem: bases para o ensino de ciências e matemática*. 1. ed. São Cristóvão: Editora UFS, 2018. 175 p.

O capítulo seis traz uma proposta de ensino baseada na Teoria das Situações Didáticas (Brousseau), que vincula professor, aluno e sistema educacional a uma relação didática com potencial compartilhamento de conhecimentos. Por fim, o último capítulo apresenta alternativas teóricas fundamentadas na neurociência cognitiva, enfatizando, por exemplo, a importância da função cognitiva “atenção” nos processos de aquisição, retenção e evocação de memórias de longo prazo, as quais podem constituir o que chamamos de aprendizagem.

Assim, espera-se que os leitores lancem um olhar crítico para as potencialidades e fragilidades de cada visão teórica, observando que várias práticas pedagógicas podem ser caracterizadas segundo as quatro bases teóricas discutidas. Portanto, não se pretende, aqui, direcionar uma ou outra teoria a um contexto de aplicação, mas informar algumas possibilidades para o Ensino de Ciências e Matemática.

Prof. Me. Kleyfton Soares da Silva

Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela UFS
Professor de Química do Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca

Pós-Doutorando em Psicologia e Neurociência Cognitiva pela Emil Brunner World University®,
EBWU, Flórida, Estados Unidos (2019)

Pós-Doutor e Doutor em Educação Matemática pela UNIANSP e UCB Lyon I

Professor Titular da Área de Educação Matemática do IFS

Pesquisador e Orientador do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da
Universidade Federal de Sergipe (PPGECIMA/UFS)

CAPÍTULO

CAPÍTULO 01

APRENDIZAGEM DO TEOREMA DE PITÁGORAS POR MEIO DA CONCEPÇÃO TEÓRICA DO CONEXIONISMO THORNDIKEANO

Larissa Evelyn Santos Silva Alves¹

Laerte Silva da Fonseca²

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este artigo, de natureza bibliográfica, apresenta como objetivo principal tecer reflexões sobre a *práxis* pedagógica de professores de Matemática, buscando atenuar as dificuldades dos alunos quanto à aprendizagem do teorema de Pitágoras. Defendemos que técnicas pedagógicas adotadas pelos docentes podem estar bem embasadas quando imbricadas com alguma teoria da aprendizagem, por exemplo. Pensar no Teorema de Pitágoras se deveu às recorrentes evidências de fracasso na aprendizagem matemática, conforme acentuam Manrique (2003) e Dionízio e Brandt (2011) ao mencionarem dificuldades na representação semiótica – vislumbrar conexões entre a forma algébrica e gráfica – de conceitos subjacentes ao teorema de Pitágoras. Outro entrave consiste no abandono desse conteúdo, desconsiderando-o como relevante. A escolha do conexionismo thordikeano possibilitou elencar aspectos positivos da teoria para elaboração de um planejamento didático, apresentando objetivos claros, evidenciando habilidades na busca por autonomia intelectual do sujeito em atividade. Não se trata, no entanto, de supervalorizar uma visão behaviorista em detrimento de outras, mas levantar

1 Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pelo PPGECIMA/UFS. Professora da Secretaria de Estado da Educação, do Estado de Sergipe. Graduada em Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: larievellyn@hotmail.com

2 Pós-Doutorando em Psicologia e Neurociência Cognitiva pela Emil Brunner World University®, EBWU, Flórida, Estados Unidos (2019). Pós-Doutorado e Doutorado em Educação Matemática (UNIAN-SP/BR e UCB Lyon I/FR); Professor Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe (IFS/Campus Aracaju); Professor Homenageado: Título de Honra ao Mérito pelas valiosas contribuições prestadas ao IFS (REITORIA/IFS); Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECIMA/UFS); Coordenador do GEPEM – Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Matemática (IFS); Coordenador do neuroMATH – Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Neurocognitivo da Aprendizagem Matemática (IFS). E-mail: laerte.fonseca@ifs.edu.br

questionamentos, entender, na prática, como a *práxis* pedagógica é formada e desenvolvida em um viés plural em termos de fundamentos teóricos.

INTRODUÇÃO

Você já se questionou como os comportamentos podem influenciar no processo de aquisição de aprendizagens? Como os estímulos, a depender da forma como se manifestam, impulsionam-nos a buscar meios para dar respostas a partir de uma conexão? Como uma música, uma imagem, uma representação cultural nos remete a lembranças de situações já aprendidas?

Se sua resposta foi positiva, isso significa que você partilha de algumas ideias elucidadas por um grande teórico comportamentalista, Edward Lee Thorndike (1874-1949), visionário que corroborou com inúmeras contribuições para protótipos pedagógicos educacionais, principalmente ao que se reportam às abordagens das ciências exatas, a exemplo da Matemática, utilizando o reforço mecanizado para conduzir a aprendizagem.

Ainda nesse fluxo de indagações, quando se refere ao ensino tradicionalista a partir da exposição de conteúdos como prejudicial à aprendizagem, tem-se que a interação do estudante com o meio é superficial, acontece de forma passiva, e pode não levar a resultados satisfatórios. Assim, o que pensar acerca de propostas metodológicas diversas (jogos, recursos computacionais, ensino por pesquisa etc.) que permitam minimizar as dificuldades dos alunos? E em relação ao “erro” cometido pelos discentes em atividades, como poderíamos convertê-lo em uma apropriação satisfatória no processo de aquisição de autoridade?

Respostas para essas perguntas não são tão simples de serem mensuradas e envolvem uma complexidade de situações. Mas, na apresentação da proposta pedagógica que virá, algumas colocações serão pertinentes para justificar como aproveitar o erro cometido pelo aluno, convertendo-o em uma concretização de ideias.

Sendo assim, quando emana da nossa mente uma definição para aprendizagem, reproduzimos o juízo de que ela se encontra intrinsecamente ligada à quantidade de informações que foram capazes de serem armazenadas por um indivíduo. Dessa forma, falamos que um sujeito aprendeu mais ou menos, conforme sua capacidade mental de memorizar eventos estimuláveis. Com efeito, a memória constitui a base fundamental para a aquisição de conceitos (GAZZANIGA, 2006).

Essa forma de conceber a educação torna necessário que os docentes compreendam, para melhoria das próprias práticas, as finalidades apresentadas por algumas teorias de aprendizagem que se enquadrem às pretensões do que se almeja alcançar, enquanto objetivos de ensino-aprendizagem. Dentre as múltiplas teorias, encontramos o Conexionismo Thorndikeano, cujas concepções permeiam dois períodos, pré e pós década de 1930, nos Estados Unidos, mensurando o acúmulo de saberes a partir de conexões estímulos-respostas (LEFRANÇOIS, 2008).

Tomar o modelo thorndikeano para propor uma reflexão do ensino de Matemática, mais especificamente do ensino do Teorema de Pitágoras, propiciou apontar aspectos relacionais entre os conceitos e as leis de aprendizagens propostos por esse teórico. Evidencia-se que os planejamentos

didáticos direcionados nessa conjuntura emergem como uma forma de atenuar as dificuldades dos alunos nesse conteúdo específico.

Quanto aos aportes teóricos levantados, para ratificar a existência das dificuldades de aprendizagens geométricas e mudanças nas concepções pedagógicas para o ensino deste conceito, propondo estabelecer meios que proporcionem a redução nos entraves apresentados pelos discentes, ancoramo-nos nos trabalhos de Pavanello (1993), Manrique (2003), Nacarato e Passos (2003), Lamas e Mauri (2006), Dionízio e Brandt (2011).

Ainda no enalço de contribuir para as práticas pedagógicas, foram levantados os estudos de Moreira (1999), Santos (2006), Lefrançois (2008); Conceição, Conceição e Souza (2018) para que se possa compreender as fundamentações teóricas referentes às teorias de aprendizagem.

Espera-se que a apreciação deste artigo resulte em uma leitura positiva em relação às teorias de aprendizagens, em especial ao modelo de Thorndike, promovendo reflexões e analogias concernentes aos mecanismos que configuram o conhecimento, motivando-os a escolher metodologias para lecionar segundo os objetivos pretendidos e a significação do objeto para o indivíduo que se propõe a aprender.

EDWARD LEE THORNDIKE

Edward Lee Thorndike foi um norte-americano nascido em Williamsburg, em Massachusetts, em 31 de agosto de 1874. Filho de pastor metodista, formou-se em Psicologia, motivado pela leitura, principalmente do livro *Princípios da Psicologia*, autoria de William James. Anos após, concluiu doutorado nessa mesma área, com o estudo do desenvolvimento animal (SANTOS, 2006).

Chegou a estudar inglês e literatura francesa na Universidade de Harvard, em 1895, mas não concluiu. Concentrou seus estudos em Psicologia, sob a orientação de James McKeen Cattell, na Universidade de Columbia, onde, posteriormente, passou a se dedicar à carreira até o fim de sua vida. A partir de suas contribuições para a educação, em relação às análises comportamentais conformando manuais para o ensino de línguas e Matemática, foi considerado o pai da Psicologia Educacional Moderna (SANTOS, 2006).

TEORIA CONEXIONISTA OU ASSOCIALISTA DE THORNDIKE

Para compreender quais características se destacam no modelo teórico de Thorndike, recorreu-se às obras de Moreira (1999), Santos (2006), Lefrançois (2008); Conceição, Conceição e Souza (2018). Pode-se elucidar, de forma reduzida, que as concepções apresentadas por este teórico, em relação à aprendizagem, embasavam-se na experimentação e no reforçamento como princípio fundamental.

Ao analisar a música *Baby shark*, de Pinkfong, por exemplo, para apresentar a família de tubarões, em inglês, o compositor usa quatro repetições sucessivas, para cada membro da família (*baby shark doo doo dio doo do*, *baby shark doo doo doo doo do*, *baby shark doo doo doo doo do*, *baby shark...*), associada a uma imagem de representação. Essas repetições, quando cantadas e assistidas, favorecem a criança no sentido de estabelecer conexões entre o estímulo auditivo e as

imagens de representação dos membros dessa família, estimulando a aquisição de conhecimentos por associacionismo¹. Por isso, quando uma criança consegue traduzir, mesmo sem nunca ter estudado uma língua, pode ser por esses fatores.

Vale destacar que Thorndike não se aprofundou em detalhes neuroanatômicos, apenas os utilizou para deixar claro que não estava se referindo à consciência, mas aos impulsos diretos para ação (MOREIRA, 1999). Isto é, ele analisava os canais que contribuía para reforçar um comportamento operante.

Ainda em seu livro, Moreira (1999) afirma que as teorias de aprendizagem de base conexionista são aquelas que tratam a aprendizagem como uma questão de conexões entre estímulos-respostas (S-R). Desse pressuposto, faz-se mencionar, teoria conexionista thorndikeana.

A pretensão inicial de Thorndike era realizar os estudos comportamentais a partir da análise de crianças. Mas, em virtude do escândalo ocorrido entre um antropólogo acusado de afrouxar as roupas desses garotos para tomar as medidas do corpo, ficou proibido de executar as próprias experiências com base nesse objeto. Passou, então, a realizá-las com animais, testando e chegando a conclusões de comportamentos em analogia aos humanos, sendo um dos motivos que o levou a ser duramente criticado.

No período que antecede 1930, estudos em relação ao comportamentalismo já haviam sido levantados (CONCEIÇÃO; CONCEIÇÃO; SOUZA, 2018). Thorndike buscou, com sua experimentação mais conhecida, a caixa-problema, mostrar que a aprendizagem de um processo ocorre a partir de conexões estabelecidas pelo mecanismo de estímulo-resposta. Nesse experimento, um gato era mantido preso em uma caixa, que apresentava dispositivos permissíveis à abertura e o levaria ao alimento posto fora dela. Com as sucessivas repetições, os gatos gravavam as memórias estabelecidas e o tempo para efetivação da atividade tornava-se cada vez menor, quando repetidos sob a mesma condição. Assim, concluiu-se que animais e humanos aprendem pelo arquivamento dessas conexões (LEFRANÇOIS, 2008).

Surgem, nesse período, as leis antecedentes à aprendizagem, destacadas em três princípios fundamentais e cinco subsidiários. Como sistemas iniciais, têm-se a lei do efeito, lei do exercício e a lei da prontidão. Como subordinadas, as múltiplas escolhas, predisposição ou atitude, prepotência de elementos, respostas por analogia e mudanças associativas (LEFRANÇOIS, 2008). As primárias abordam, em resumo, que, quando somos estimulados, se ocorrer de maneira prazerosa, a conexão estímulo-resposta se mantém gravada, enquanto se ocorrer em um contexto desfavorável, é esquecida. Elucida, também, que é a partir da exercitação que os conceitos são gravados e, portanto, necessitamos de uma motivação para tal.

¹ Trata-se de uma concepção psicológica de aprendizagem que a caracteriza como associação de ideias que se iniciam da forma mais simples para a mais complexa.

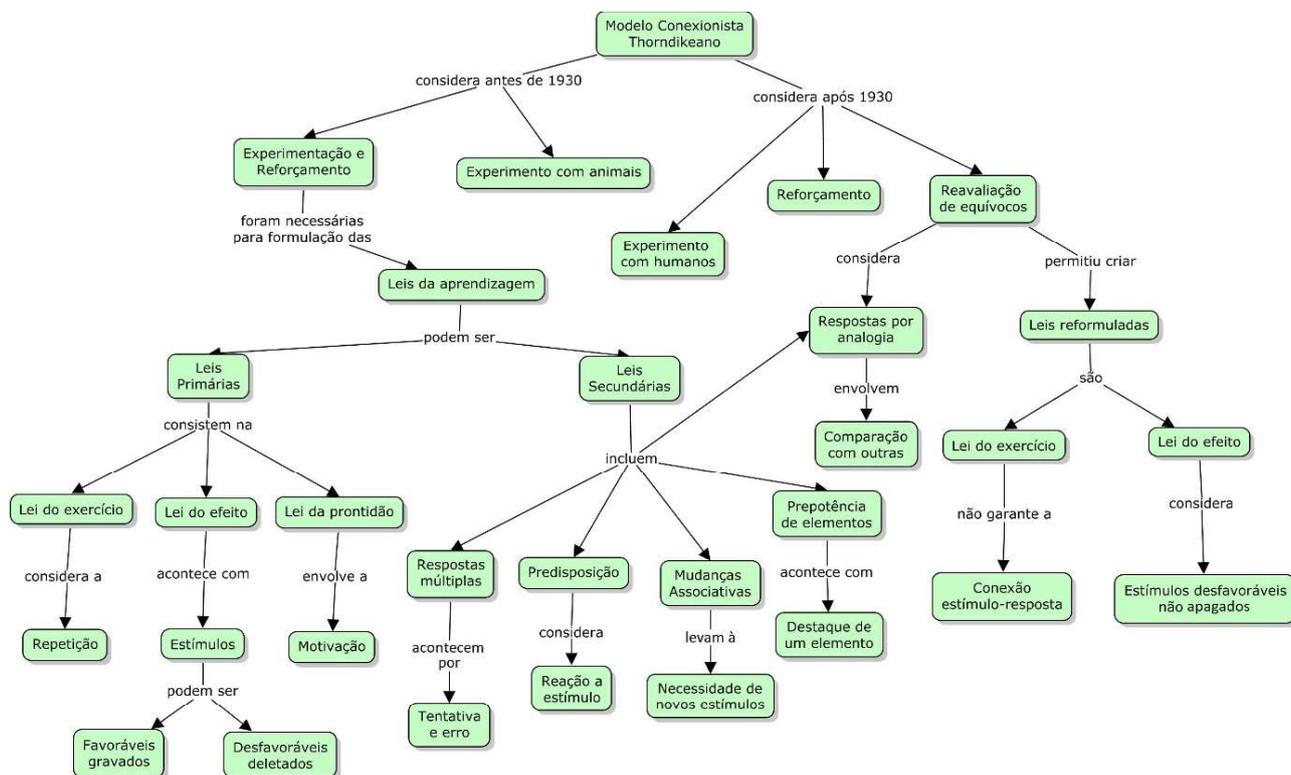
Nas leis subsequentes, entende-se que o sujeito, ao aprender, é capaz de produzir várias respostas, na tentativa de contrapor um questionamento, sendo necessário estar imerso na atividade, percebendo sentido para executá-la. Ao mensurar as respostas, de acordo com os estímulos, uma se sobressairá, devendo o indivíduo verificar, analogicamente, as relações estabelecidas entre elas, a fim de eliminar as que não forem pertinentes. Porém, caso as comparações não levem ao esperado, necessitará, para chegar ao alcance, promover novos estímulos.

Após as publicações da teoria, alguns pontos foram amplamente criticados e, no período que sucede 1930, considerou-se uma reavaliação desses temas, dentre eles, a lei do exercício, do efeito e o acréscimo da aprendizagem por ideias (LEFRANÇOIS, 2008). Na revogação da lei do exercício, ao experimentá-la com humanos, verificou-se que a simples repetição não promovia aprendizagem. No que concerne à lei do exercício, constatou-se que experiências desagradáveis não eram apagadas como sugerido anteriormente e, na aprendizagem por ideias, Thorndike chegou à conclusão de que algumas associações podem ser enumeradas por um processo de análise, abstração e sentido, exigindo do sujeito uma maturação abrangente.

Vale destacar que esse modelo teórico, nas primeiras décadas do século 20, nos Estados Unidos, em virtude das reformas do ensino de Matemática para atender à demanda social, contribuiu para que Thorndike conformasse um manual para o ensino de Matemática, trazida nos livros *The Thorndike Arithmetics (Book one, two, three, 1917)* e *The Thorndike Algebra (1927)*, resultando na organização dos conteúdos e orientações para alunos e professores (SANTOS, 2006).

Sintetizando a ideiação em relação ao modelo associacionista de conexão, estímulo-resposta (S-R), apresenta-se o mapa a seguir:

Figura 1 – Mapa conceitual da teoria de Thorndike



Fonte: Os autores (2021)

Avaliando os fatos enunciados na Figura 1, na perspectiva de contribuir para a *práxis*-pedagógica, torna-se necessário apresentar pontos relevantes da contribuição dessa teoria, as quais se podem citar: tentativa e erro, como capaz de avivar a análise, argumentação e tomadas de decisões para adquirir autonomia intelectual; estágios de desenvolvimentos de análises, partindo do simples a complexidade, considerando os conteúdos como sequenciais; contextualização da aprendizagem, tornando-a significativa; fortalecimento da prática de exercícios; proporção de habilidades metacognitivas e habilidades para dominação.

DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NO ESTUDO DE GEOMETRIA: O TEOREMA DE PITÁGORAS

As dificuldades no processo de ensino e aprendizagem em Matemática são acarretadas por diversos fatores. No que tange à geometria, essas dificuldades parecem ser mais evidentes em relação a outros conteúdos.

Sabemos da importância da geometria no processo de ensino e aprendizagem defendida nas diretrizes curriculares. Atualmente, a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio (BRASIL, 2017) sugere que as abordagens desse conteúdo no Ensino Fundamental proporcionem ao aluno capacidade de interpretar, representar, identificar e transformar elementos geométricos, a exemplo da ampliação e redução de figuras, localização no plano cartesiano, transformações isométricas, as quais, no Ensino Médio, deverão estar atreladas à realidade dos estudantes em questão.

Por outro lado, tais habilidades para esse nível de ensino se encontram desarticuladas com o esperado, como mostra o resultado mais recente do Saeb 2017, no nível de proficiência dos alunos do Ensino Médio, na disciplina Matemática, no qual se concluiu que 7 em cada 10 estudantes apresentam resultados insatisfatórios.

Os estudos de Pavanello (1993), Manrique (2003), Nacarato e Passos (2003) apontam alguns entendimentos que corroboram para as dificuldades de abstração dos conceitos geométricos. Pavanello (1993) já trazia as questões do abandono de ensino de geometria, mostrando que ele não tinha significados para os professores em suas aulas, em virtude da formação que tiveram. Anos após, Manrique (2003), Nacarato e Passos (2003) continuam a mencionar o distanciamento das abordagens pautadas pelos professores em remeter aceções em seus guias, muitas vezes deixando a geometria em último plano.

Dando continuidade aos levantamentos, em Dionízio e Brandt (2011), Lamas e Mauri (2006), e Gonçalves (2014), o reforçamento, nas dificuldades apresentadas nesses assuntos, ainda persiste. Dionízio e Brandt (2011) confirmam as dificuldades dos alunos em registros de representações semióticas, isto é, dificuldades de representar o mesmo objeto em formas distintas, como algébrica e gráfica, por exemplo. Lamas e Mauri (2006) reportam a necessidade de tornar a aprendizagem concreta para que se trabalhe o Teorema de Pitágoras, almejando atenuar essas dificuldades.

Trazer apontamentos sobre as dificuldades apresentadas pelos alunos – em geometria e o Teorema de Pitágoras – pode conceder contribuições que se apliquem na busca da diminuição dos baixos rendimentos dos alunos, na relação desse conteúdo com o seu contexto e representações.

Posteriormente, serão apresentadas práticas educativas para o ensino do Teorema de Pitágoras apoiados no conexionismo estímulo-resposta.

PROPOSTA DE ATIVIDADE PARA O ENSINO DO TEOREMA DE PITÁGORAS À LUZ DO MODELO DE THORNDIKE

Para que o professor tenha clareza do que pretende lecionar, é necessário que ele apresente, além de uma base epistemológica evidente, um amparo fomentado em alguma(s) teoria(s) de aprendizagem(ns) (CONCEIÇÃO; CONCEIÇÃO; SOUZA, 2018).

Nesse contexto, pretende-se apresentar uma proposta de atividades para o estudo do Teorema de Pitágoras, fixando-as nas perspectivas esperadas pelo modelo conexionista de Thorndike, pós-1930.

Para a proposta que será apresentada a seguir, as etapas concernentes ao professor e ao aluno se apresentam nos manuais referenciais para o ensino de matemática, encontrados em Santos (2006). É pertinente ressaltar que não se pode desconsiderar os conhecimentos precedentes, lembrando com os alunos, caso necessário, antes de introduzir novos conceitos.

Quadro 1 – Proposta didática para o ensino do Teorema de Pitágoras fundamentada na teoria de Thorndike

Tema: Teorema de Pitágoras	
Objetivo: Compreender a relação fundamental entre a medida do quadrado da hipotenusa ser igual à soma das áreas formadas pelos quadrados dos catetos.	Pré-requisitos: razão, proporção, semelhança entre figuras e cálculo de áreas.
Público-alvo: Estudantes do Ensino Fundamental	Avaliação: Análise de mapa conceitual construído pelos estudantes sobre o conteúdo abordado.
Duração da aula: 2 horas-aula (1 h 40 min).	Recursos utilizados: lousa, recursos digitais e/ou livros didáticos, material concreto criado em E.V.A ou <i>Tangram</i> .

Etapas conduzidas pelo professor:	Etapas realizadas pelos alunos:
<ul style="list-style-type: none"> • Dividir grupos e introduzir a aula com uma pergunta provocativa, a partir do material concreto apresentado; • Levantar as respostas que foram evidenciadas pelos alunos e registrá-las no quadro para posterior confrontação; • Propor, a partir dos recursos disponíveis, livros, <i>tablets</i>, celulares etc., uma pesquisa relacionada ao tópico; • Nomear líderes para amplificar as discussões, após a pesquisa; • Reavaliar as respostas e consolidar os conceitos coerentes; • Destacar os tópicos principais e explicá-los de acordo com a teoria; • Propor atividades que embasem o fortalecimento dos conteúdos apresentados; • Corrigir, na lousa, com a participação ativa dos alunos; • Correlacionar as atividades com as proposições anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> • A partir da tentativa e erro, propor hipóteses, analisá-las e construir argumentos, com base em seu conhecimento prévio; • Apresentar as respostas consensuais que o grupo elaborou; • Pesquisar e fazer registros significativos para analisar a problemática; • Conjecturar as pesquisas às respostas dadas anteriormente; • Tirar dúvidas que competem às dificuldades apresentadas; • Registrar os tópicos apresentados pelo professor; • Resolver as atividades, buscando a compreensão dos métodos que está utilizando; • Apresentar os mecanismos que utilizou para solução da atividade; • Conectar o que foi aprendido com a motivação inicial em estabelecer a conexão entre as áreas.

Fonte: Os autores (2022)

As etapas propostas se fundamentam no modelo conexionista thordikeano de aprendizagem. Em princípio, ao levantar um questionamento voltado para o público-alvo, considerando o contexto histórico-social em que estão envolvidos, fortalece-se a lei da prontidão, ao estabelecer significado ao objeto a ser estudado, motivando-o a ver sentido no que fará.

À medida que os alunos estão em atividade, buscando solucionar o problema proposto, por tentativa e erro, exercem a lei do efeito, pós-1930, quando desconsideram as respostas incorretas, mas não a apagam, refutam-na pela elaboração de hipóteses e análises das proposições em conjunto com os colegas. Para se chegar ao resultado esperado, com as discussões, evidencia-se a prepotência de um dos elementos por apresentar características voltadas à resolução correta, provenientes das respostas aos estímulos que foram subordinados.

Quando o professor reforça o conteúdo utilizando de exercícios de fixação e problemas propostos, evidencia-se a lei do exercício, essencial para consolidar um dos processos de aprendizagem. Assim, o “mecanicismo”, quando discutido e reavaliado, contribui para uma aprendizagem motivadora e significativa, legitimando a maturação dos aprendizes, tão almejada pelos docentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como consolidação das ideias apresentadas neste artigo, em relação aos processos de aprendizagem, trazidas na perspectiva thordikena, como modelo estruturado nas conexões estímulo-respostas, espera-se que reflexões acerca das práticas pedagógicas ganhem consistência, a fim de provocar inquietações na busca por solucionar alguns aspectos voltados para as dificuldades apresentadas pelos alunos.

Essas inquietações devem fomentar no professor a necessidade de atrelar em suas práticas uma teoria de aprendizagem para que, a partir dela, sejam estabelecidos caminhos capazes de subsidiar no processo de ensino e aprendizagem. Direcionar essas tarefas a um modelo teórico de aprendizagem, para nós, consiste em criar uma identidade no processo, traçando caminhos claros para a pretensão das propostas das atividades intelectuais exibidas.

Por fim, apresentar pontos positivos do modelo de Thorndike constituiu a efetivação de exibir que, quando bem embasada, a estruturação de uma atividade assertiva de conceitos, neste caso, conceitos geométricos, torna-se mais efetiva.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- CONCEIÇÃO, F. H. G.; CONCEIÇÃO, E. B. O.; SOUZA, D. S. Equação do 1.º grau: uma sequência de ensino a partir do modelo teórico de aprendizagem Thorndikeano. *In*: FONSECA, L. S.; SILVA, K. S. (Org.). **Modelos teóricos de aprendizagem**: bases para sequências de ensino em ciências e matemática [recurso eletrônico]. p. 22-30. São Cristóvão: Editora UFS, 2018.
- DIONIZIO, F. Q.; BRANDT, C. F. Análise das dificuldades apresentadas pelos alunos do ensino médio em trigonometria. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (EDUCERE), 10, 2011, Curitiba. Curitiba: PUC, 2011. **Anais**. p. 4408-4421.
- GAZZANIGA, M. S. *et al.* **Neurociência cognitiva**: a biologia da mente. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- GONÇALVES, M. D. **An approach to the construction of triangles and Pythagorean Theorem mediated by SuperLogo software**. 2014. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/85598086-Pontificia-universidade-catolica-de-sao-paulo-puc-sp-mariana-dias-goncalves.html>>. Acesso em: 17 jun. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Ministério da Educação. **Relatório sistema nacional de avaliação da educação básica (Saeb)**. Brasília: Inep, 2019. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/informacao-da-publicacao/-/asset_publisher/6JYIsGMAMkW1/document/id/6999422>. Acesso em 24 jun. 2020.
- LAMAS, R. D. C. P.; MAURI, J. **O teorema de Pitágoras e as relações métricas no triângulo retângulo com material emborrachado**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2006. p. 815-825.
- LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 71-84.
- MANRIQUE, A. L. **Processo de formação de professores em geometria**: mudanças em concepções e práticas. 2003. 168 f. Tese (Doutorado em Educação: Psicologia da Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2003.
- MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. p. 12-26.
- NACARATO, A. M.; PASSOS, C. L. **A geometria nas séries iniciais**: uma análise sob a perspectiva da prática pedagógica e da formação de professores. São Carlos: EdUFSCar, 2003. p. 9-74.
- PAVANELLO, R. M. O abandono do ensino da geometria no Brasil: causas e consequências. *In*: **Zetetiké**, ano 1, n. 1, dez. 1993. p. 7-17. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.20396/zet.v1i1.8646822>>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- SANTOS, I. B. **Edward Lee Thorndike e a conformação de um novo padrão pedagógico para o ensino de matemática (Estados Unidos, primeiras décadas do século XX)**. Tese (Doutorado em educação: história, política, sociedade) – Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/169135>>. Acesso em: 14 ago. 2021.

CAPÍTULO

CAPÍTULO 02

REFLETINDO SOBRE MODELOS DE ENSINO PARA A DIVISÃO CELULAR COM BASE EM PRINCÍPIOS WATSONIANOS

Maria Rosa Melo Alves¹

Yzila Liziane F. Maia de Araújo²

Antônio Alves Júnior³

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O diagnóstico da educação no Brasil apresenta preocupantes índices que corroboram com o fracasso evidenciado na escolarização básica. Este artigo mostra alguns desafios na aprendizagem sobre divisão celular e propõe soluções para as dificuldades com vistas na teoria comportamental de John Watson. Para tanto, como metodologia, utilizou-se a pesquisa bibliográfica. O texto parte de considerações iniciais sobre o desenvolvimento da Psicologia behaviorista, discorre sobre a contribuição da análise do comportamento e das habilidades socioemocionais para educação e, por fim, faz apontamentos sobre como o modelo teórico watsoniano pode subsidiar a aprendizagem em divisão celular. Conclui-se com uma proposta de modelagem didática adaptada à perspectiva da teoria comportamental e considera a reintrodução das habilidades socioemocionais de forma intencional nas práticas docentes para uma melhor qualidade da educação básica, da aprendizagem e do desempenho e sucesso escolar dos estudantes.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observamos as inúmeras mudanças que vêm ocorrendo no cotidiano das pessoas, seja no convívio familiar, no ambiente de trabalho, na forma de comunicação, na forma de

1 Mestranda do curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Matemática da Universidade Federal de Sergipe. E-mail: rosa.alves.biomed@gmail.com

2 Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: ylmaia@yahoo.com.br

3 Prof. Associado do Departamento de Medicina da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Mestrado e Doutorado em Cirurgia do Aparelho Digestivo pela Universidade de São Paulo – USP. E-mail: aalves@infonet.com.br

produção e, de maneira especial, no ambiente escolar, que provê aos cidadãos a educação formal. Por se tratar de um espaço formativo em vários âmbitos, a instituição representa importante papel na sociedade. No entanto, estudos recentes direcionam a atenção da escola para a formação profissional, humana, política, social, intelectual e emocional, defendendo que a educação deveria apresentar respostas a todas essas dimensões humanas (COSTA; FARIA, 2013).

Nesse sentido, constata-se que, embora não seja inédita, mas continue atual, a ideia de construir uma escola voltada ao desenvolvimento integral permanece inquietando as publicações das pesquisas em educação. Tais questionamentos buscam considerar a necessidade de fortalecer nas crianças e nos jovens as habilidades e as competências que lhes possibilitem dialogar melhor com os desafios da contemporaneidade, auxiliando-os na construção de uma vida produtiva e feliz (ALVES, 2019).

Nesse contexto, diante de tantos pontos para pensar e refletir sobre educação, muitos pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento passaram a investigar a relação entre o papel das competências sobre os diversos indicadores de bem-estar individual e o progresso social, cobrindo aspectos de nossas vidas tão diferentes quanto o desempenho no mercado de trabalho, a saúde e a vida familiar. Dentre as muitas ciências norteadoras do processo educacional, a Psicologia sempre esteve particularmente muito próxima, havendo registros de sua utilização no contexto educacional desde o início do século 20. Todavia, nesse período, sua prática estava vinculada a processos de avaliação de deficiência mental e dificuldades de aprendizagem (AMBIEL; PEREIRA; MOREIRA, 2015).

Considerando, portanto, significativo o estudo do comportamento para o ambiente escolar e em particular para os educadores, faz-se necessário o entendimento da Psicologia comportamental nesse contexto. Assim, ela ocuparia o espaço de ciência contributiva à proposição e aplicação de práticas mais eficientes para auxiliar na complexa resolução dos problemas que envolvem a análise do comportamento no campo educacional (HENKLAIN; CARMO, 2013).

As abordagens com pesquisas comportamentais tomaram espaço na Psicologia brasileira a partir do movimento conhecido como behaviorismo, que defendia que a Psicologia não deveria estudar processos internos da mente, mas o comportamento, sendo possível prevê-lo e controlá-lo. Nesse ínterim, a escola atual foi direcionando esforços para se moldar à proposta de uma aprendizagem mais significativa que considerasse a educação um conjunto de experiências não apenas cognitivas, mas que estivessem acompanhadas de experiências motivacionais e afetivas (ABED, 2016).

Considerando os diversos ciclos históricos que permearam as pesquisas científicas no Brasil, o final da década de 1970 e início da década de 1980 ficaram marcados de forma expressiva pela divergência quanto à metodologia a ser empregada em pesquisas educacionais. No início da década de 1980, o enfoque passou a ser a promoção de políticas educacionais que ampliassem o quantitativo e o acesso aos cursos de pós-graduação. Tal constatação resultou em um movimento intenso de pesquisas científicas que consolidaram a metodologia qualitativa como abordagem significativa por aproximar do pesquisador uma visão empática do objeto de estudo (ZANETTE, 2017).

Assim, neste artigo, será discutida a interdependência entre o estudo do comportamento e da promoção intencional do desenvolvimento das habilidades socioemocionais como recurso para atender às novas demandas e necessidades de transformação que emergem do espaço escolar. Para tanto, será

introduzido um breve e essencial apontamento sobre as contribuições da análise do comportamento para a educação e posteriormente serão feitas reflexões quanto ao comportamentalismo como aliado ao desenvolvimento de competências socioemocionais que auxiliem os jovens no enfrentamento dos desafios impostos por uma sociedade marcada por profundas e aceleradas mudanças.

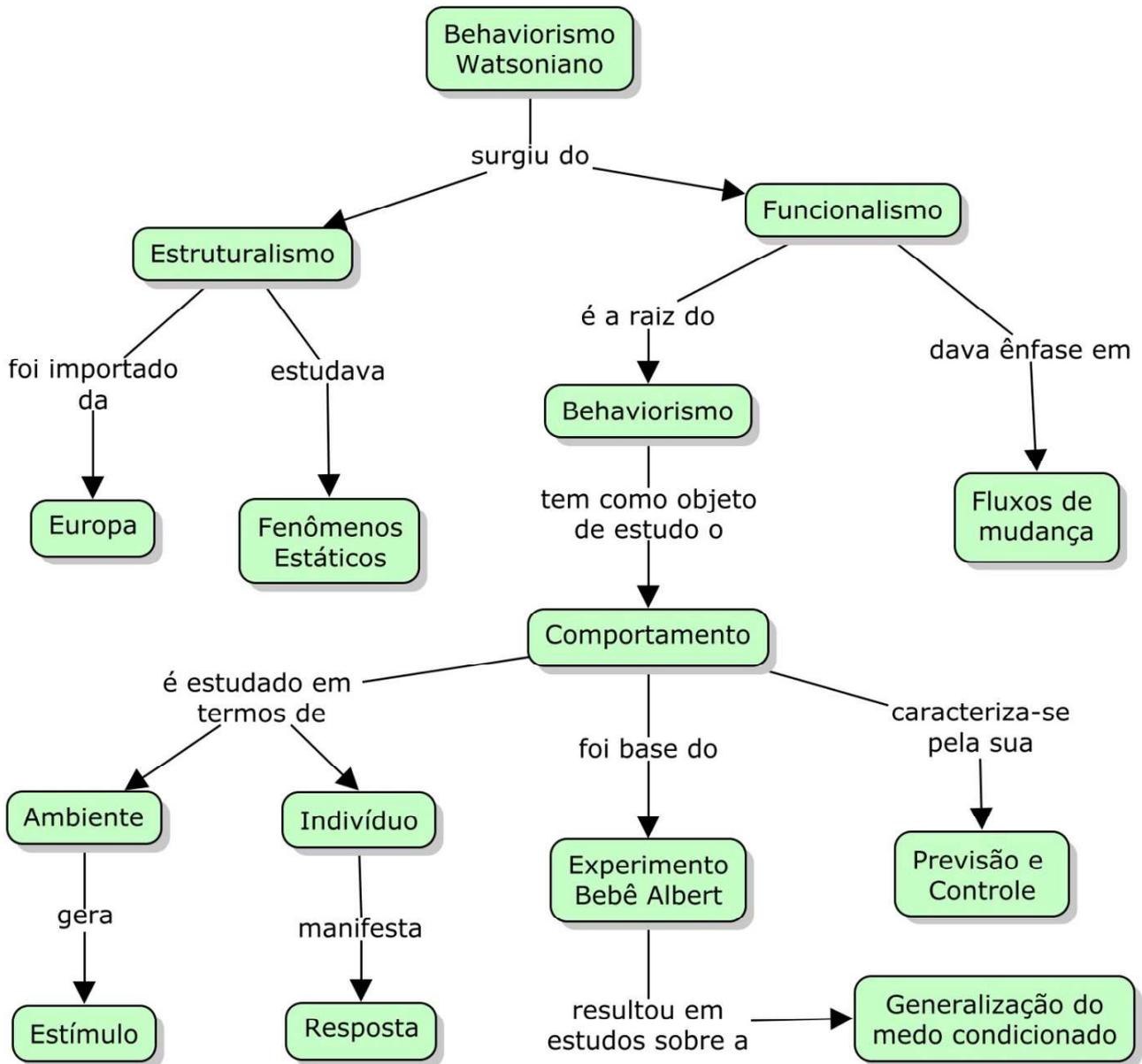
TEORIA BEHAVIORISTA DE JONH B. WATSON

O behaviorismo, também conhecido como comportamentalismo, supõe a correlação entre estímulo e resposta a todos os comportamentos observáveis que decorrem de estímulos e sucedem as consequências que podem ser boas, más ou neutras. Esse movimento surgiu em resposta à Psicologia, que se preocupava mais com aspectos observáveis do comportamento em detrimento aos aspectos mentais.

O psicólogo pesquisador Jonh B. Watson foi considerado o fundador do comportamentalismo no mundo ocidental. Seus estudos centravam-se mais nos estímulos do que nas consequências e ele não se interessava pelo esforço ou pela punição. Para ele, comportamento significava movimento muscular. Dessa forma, descartou o mentalismo, atendo-se exclusivamente ao estudo do comportamento. Em seus experimentos, Watson utilizava tanto animais quanto seres humanos.

Para ele, os seres humanos já nascem com estímulos-resposta chamados reflexos, tais como espirrar e contrair a pupila. No entanto, seria possível, mediante o condicionamento clássico, construirmos novos reflexos. Ele utilizou dois princípios para explicar certas aprendizagens: o da frequência, que preconizava que a exposição repetida a um determinado estímulo desencadearia sempre a mesma resposta, que seria cada mais eficiente, dadas as repetições; e o da recentidade, que trata da brevidade com que nos associamos a um estímulo, correlacionando que, quanto mais breve for esse contato, melhor faremos a associação posteriormente.

Figura 1 – Mapa do modelo comportamental behaviorista de Jonh Watson



Fonte: Os autores (2022)

As emoções humanas também foram objeto de seus estudos. Para ele, as emoções poderiam ser condicionadas estabelecendo situações de divergência. Em seus estudos, buscava explicar a aquisição de conhecimento por meio do condicionamento clássico. Assim, para desenvolver seus estudos seguindo essa linha de pesquisa, Watson realizou um experimento que ficou conhecido como “o pequeno Albert e o rato”. Nele, o pesquisador condicionou uma criança a temer um rato branco, emparelhando repetidamente o rato com um ruído alto e um susto. Também demonstrou que esse medo poderia ser generalizado para outras coisas brancas e objetos peludos. Watson defendia que até mesmo emoções, como amor, medo e ódio, são comportamentos aprendidos, assim, todo comportamento humano poderia ser compreendido a partir da relação estímulo-resposta. No entanto, até hoje, a ética do experimento com o bebê Albert é muito criticada, pois não há relatos em seus estudos de que o medo anteriormente condicionado e generalizado a partir de estímulos havia sido posteriormente descondicionado.

A principal contribuição de Watson ao behaviorismo foi justamente a distinção entre corpo e mente, e na importância que ele atribuiu ao comportamento. Para o behaviorismo moderno, o ato de sentir deve ser estudado como um comportamento e não um estado. Assuntos tão subjetivos como as emoções e a construção do sentido da própria vida se tornaram, então, assuntos para pesquisa objetiva (MOLON, 2002).

Apesar de haver muitas críticas atribuídas ao behaviorismo, tais quais a mecanicidade da aprendizagem, a explicação da ação humana resumida a meras conexões estímulos-respostas, a não consideração à subjetividade e ao caráter mental do comportamento discutido em outras teorias, suas contribuições para o ensino e aprendizagem em diversas áreas são inegáveis.

CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E DAS HABILIDADES SOCIOEMOCIONAIS PARA A EDUCAÇÃO

A Psicologia e a Educação, enquanto campos de conhecimento e intervenção, constituem-se promissoras áreas de estudo caracterizadas pela pluralidade de formas de atuação. Historicamente suas inter-relações foram marcadas por distanciamentos e aproximações. Os distanciamentos se referem, sobretudo, à perspectiva adaptacionista com que a Psicologia foi inserida no cenário educacional brasileiro. Para alguns pesquisadores, essa modelagem educacional europeia promoveu, na verdade, um desserviço à educação nacional, pois, na medida em que se buscavam as adequações à realidade local, negligenciavam-se a desigualdade social, a exploração e a dominação cultural (MOLON, 2002).

Por outro lado, no tocante à aproximação, faz-se oportuno considerar o estudo do comportamento como uma área de atuação da Psicologia e comportamento sendo a relação entre os estímulos e as respostas de um indivíduo. Assim, quando aplicada ao contexto educacional, a análise do comportamento pode, inclusive, fundamentar a identificação de práticas de ensino que aumentem as chances de o aluno aprender (HENKLAIN; CARMO, 2013).

A verificação no quantitativo de artigos publicados sobre um determinado tema demonstra o interesse da comunidade científica por conhecer, acompanhar e monitorar o desenvolvimento de uma área do conhecimento. Nesse sentido, algumas pesquisas sinalizam que a prática do psicólogo na escola esteve, durante a inserção da Psicologia no contexto escolar, vinculada aos processos de avaliação.

No entanto, vale ressaltar que, em 2001, quando a Capes aprovou a abertura do primeiro mestrado em Psicologia com área de atuação em avaliação psicológica, ocorreu o aumento significativo das pesquisas, evidenciando-se assim novas possibilidades para a atuação desse profissional. Sob essa perspectiva, a demanda de trabalho do psicólogo nas escolas, que anteriormente estava relacionada à resolução de problemas e ao diagnóstico de crianças e jovens portadores de deficiência mental e dificuldade de aprendizagem, foi redirecionada para ações de caráter preventivo e outras possibilidades de atuação que incluem hábitos de estudo, habilidades socioemocionais, motivação, criatividade e outros aspectos afetivos ou psicopatológicos que possam ocorrer no ambiente escolar (AMBIEL; PEREIRA; MOREIRA, 2015; OLIVEIRA et al., 2007).

Para iniciarmos o debate sobre as possibilidades de entrelaçamento entre esses dois campos, que no cenário atual se mostram não só como auxiliares, mas complementares, faz-se oportuno considerar o estudo preliminar do movimento que revolucionou o estudo do comportamento (STRAPASSON, 2012).

Os manuais de Psicologia apontam o behaviorismo como movimento fundado por John Broadus Watson no final do século 20, em seu manifesto *A psicologia como um comportamentalista a vé*. O behaviorismo watsoniano, metodológico ou clássico ou comportamentalismo, são os vários nomes que faziam referência à então nova escola de pensamento da Psicologia, cujos objetivos teóricos eram a previsão e o controle do comportamento. No entanto, as significativas contribuições do behaviorismo para o comportamento derivam dos estudos que antecederam e sucederam as pesquisas de Watson. Com pesquisas substanciais quanto ao estudo da aprendizagem em humanos e não humanos, ainda que uma década anterior aos estudos de Watson, o pesquisador Edward Lee Thorndike ficou reconhecido como fundador da primeira aplicação ampla e deliberada do método experimental à aprendizagem animal (TOURINHO, 2011).

Posteriormente, mas ainda tendo como objeto de estudo o comportamento, as pesquisas de B. F. Skinner propõem que o reforço tem dois efeitos: o aumento da probabilidade da resposta e a sensação de prazer. Skinner ficou conhecido como o fundador do behaviorismo radical. Esse debate permite a compreensão de que o brilhantismo do trabalho de Watson não provém da originalidade no estudo do comportamento, mas do estabelecimento da Psicologia como disciplina científica (VIEGA; VANDENBERGHE, 2001).

O contexto educacional contemporâneo está calcado no pressuposto de que aprender envolve não só aspectos cognitivos, mas a inter-relação deles com as habilidades socioemocionais. Tais competências também têm sido alvo de estudos da Psicologia. Para tanto, entende-se por competência a capacidade de mobilizar, articular e colocar em prática conhecimentos, habilidades e atitudes cognitivas e socioemocionais e, ainda, a inter-relação desses aspectos (AMBIEL; PEREIRA; MOREIRA, 2015).

A necessidade em trabalhar aspectos socioemocionais na escola é algo que tem emergido significativamente com o tempo. Assim, tais habilidades dizem respeito às características mais flexíveis dos indivíduos, como a motivação e os aspectos da personalidade. O modelo comportamentalista no contexto escolar se faz com vistas à condução do plano de modificação do comportamento para ajudar não apenas crianças inquietas e agitadas, mas também como recurso ao desenvolvimento intencional de novas habilidades socialmente promissoras para a aprendizagem humana (SANTOS, 2007).

Controlar o comportamento, por vezes, é confundido com “inibir uma ação”. Mas controlar significa regular, adequar o tempo de ação às exigências da situação. Assim, a mediação da regulação e o controle do comportamento se referem a ações com o objetivo de alertar o aluno quanto à necessidade de adequar seu comportamento, promovendo o pensamento autorreflexivo. Para isso, é importante que o professor ofereça *feedbacks* não só em relação às habilidades cognitivas, mas também às habilidades socioemocionais, como a capacidade de controlar a ansiedade, prestar atenção e se concentrar na execução da ação (ABED, 2016).

Alguns estudos em Psicologia escolar e educacional têm se proposto a explorar as múltiplas dimensões dos aspectos cognitivos, afetivos, culturais e sociais relacionados. As referências feitas por Abed (2016, p. 6) fortalecem a interpretação:

Compreender como tais habilidades podem contribuir com a melhoria do desempenho escolar e vida futura dos estudantes permite construir caminhos que promovam o desenvolvimento, aprimoramento e consolidação de uma educação de qualidade. (ABED, 2016, p. 6)

Citam-se na literatura importantes referências, como o psicólogo Lewis Goldberg e colaboradores, que constataram um conjunto de cinco grandes fatores que, enquanto traços de personalidade, poderiam ser medidos cientificamente, surgindo assim a teoria do *Big five*, e Howard Gardner, que salienta a existência de múltiplas inteligências e diferentes formas de aprender. Outro referencial é o relatório de Delors à Unesco, que trata da motivação dos alunos para aprender e estudar. Essas pesquisas se configuram igualmente como estratégias para resgatar o emocional e o social nas práticas educativas por meio do desenvolvimento das competências socioemocionais (ABED, 2016).

Pode-se concluir que os avanços na Psicologia comportamental no campo escolar e educacional fortalecem a abordagem integracionista entre os aspectos cognitivos e socioemocionais, possibilitando o desenvolvimento harmônico de todas as inteligências que constituem o indivíduo.

MODELO TEÓRICO WATSONIANO SUBSIDIANDO A APRENDIZAGEM EM DIVISÃO CELULAR

Vivemos tempos de profundas e aceleradas mudanças. O acesso ao universo digital está cada vez mais democrático, por isso podemos desde cedo observar crianças manipulando as telas *touch scream* de *videogames* portáteis, *smartphones* e *tablets* com muita naturalidade. Nesse sentido, tem sido um desafio para a escola, como instituição responsável pela transmissão da educação formal, adaptar-se a essas transformações adequando suas práticas educativas aos novos tempos e aos novos estudantes.

A universalização dos meios de comunicação digital, cujas informações são disponibilizadas a muitas pessoas em uma fração de tempo cada vez menor, traz preocupações ao contexto educacional, pois a escola é mais uma vez chamada à árdua tarefa de preparar os jovens para selecionar e processar informações discernindo fato do que é *fake*, auxiliando-os na tomada de decisões mais assertivas quanto à propagação de informações equivocadas.

Tal paradigma identifica-se, no cenário educacional, com a realidade da disciplina de Ciências na educação básica. A rápida expansão do conhecimento em genética molecular associada a temas do cotidiano, como crescimento dos organismos multicelulares, regeneração de tecidos, formação dos gametas sexuais, utilização de células-tronco em tratamentos e pesquisas, síndromes genéticas e outros processos fisiológicos e patológicos que se fundamentam na perda da capacidade da célula de regular sua divisão, colocaram em pauta a discussão sobre a defasagem na aprendizagem em divisão celular (PAULA, 2007).

Tomando consciência disso, pode-se enfatizar que a compreensão dos processos de divisão celular se constitui de grande significância para o estudo da Biologia e das demais disciplinas da área

de Ciências da Natureza. Nesse sentido, algumas pesquisas sinalizam para a dificuldade do aluno em aprender e do professor em sistematizar esse conteúdo em sala de aula (BRAGA, 2010).

Os estudos de Paula (2007), Braga (2010) e Silva, Silva e Silva (2018) relataram alguns aspectos que contribuem para essa defasagem na aprendizagem sobre divisão celular. Comparando-os, considerou-se relevante devido à sua repetição: a fragilidade das discussões sobre o conteúdo de genética no Ensino Fundamental, a linguagem técnica de alta complexidade que envolve os conceitos atribuídos a cada fase e subfases do processo, a dificuldade em transpor assuntos do cotidiano aos temas acadêmicos ensinados na escola, a abordagem isolada dos processos que privilegia a memorização e a desconexão entre as imagens presentes no livro didático e o nível de ensino proposto ocasionando, assim, dificuldade de interpretação. Nesse sentido, o professor deve buscar metodologias alternativas que forneçam subsídios para superar os desafios no ensino e na aprendizagem de mitose e meiose (PAULA, 2007; BRAGA, 2010; SILVA; SILVA; SILVA, 2018).

Tais apontamentos são facilmente evidenciados pelos pífios resultados de aprendizagem obtidos a partir dos processos avaliativos realizados pelos dos estudantes do Ensino Médio acerca desse conteúdo.

Os mesmos autores apontam para a utilização de modelos didático-pedagógicos como estratégia para superar a passividade dos alunos durante a aprendizagem.

Assim, à semelhança dos estudos de Paula (2007), Braga (2010) e Silva, Silva e Silva (2018), sugere-se, no presente artigo, como alternativa de modelagem didática para alunos do 1º ano do Ensino Médio, a construção de maquetes e esquemas de mitose e meiose para subsidiar as explicações sobre os conteúdos e superar a passividade dos estudantes durante a aprendizagem.

No entanto, considerando a compreensão da modelagem com base na teoria comportamental de Watson, construiu-se uma proposta didática adaptada para o ensino sobre divisão celular. Tal proposta se baseia simultaneamente no trabalho docente e no comportamento observável do aluno durante o desenvolvimento da atividade.

Figura 2 – Aplicação da modelagem didática dos processos de mitose e meiose

ETAPAS	ATIVIDADE	COMPORTAMENTO ESPERADO
1. ^a	Explicação expositiva (professor) e dialogada do processo (professor e aluno)	Alunos interessados e atentos
2. ^a	Construção dos modelos pelos alunos	Alunos participativos e ativos na confecção do modelo didático
3. ^a	Realização de seminários em grupos para apresentação dos modelos construídos	Alunos evidenciando em suas apresentações domínio de conteúdo

Fonte: Os autores (2022)

Assim, amparar as práticas docentes na perspectiva do behaviorismo clássico de Watson significa considerar a presença de aspectos comportamentais como atenção, proatividade, entusiasmo, motivação, interação social e o interesse dos alunos durante o processo de aprendizagem como um reforço positivo ao entendimento do conteúdo proposto. Nesse caso específico, a modelagem deve ser entendida como o estímulo e o comportamento observado durante a sua realização como resposta determinada à qualidade de sua participação em sala de aula.

A construção dos modelos pelos estudantes ocorre mediante a autoavaliação feita pelo próprio aluno a partir da abordagem do conteúdo com ou sem a utilização da modelagem didática. Considera-se, assim, a proatividade do aluno como parte integrante desse processo de construção de significados acerca de um determinado tema.

A avaliação da aprendizagem ocorre na 3ª etapa (seminário) que consiste na apresentação dos modelos didáticos construídos. Nessa etapa da modelagem didática espera-se por parte dos alunos o domínio pleno dos conteúdos apresentados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve o objetivo de oferecer alguns referenciais históricos sobre o behaviorismo fundado por Watson, além de buscar identificar os desafios na aprendizagem sobre divisão celular e propor, com vistas à teoria comportamental de Watson, a investigação por soluções para tais dificuldades. Nesse sentido, a modelagem didática dos processos de mitose e meiose foi proposta como prática de aprendizagem na qual seriam observados não só apenas aspectos relacionados ao cognitivo, mas também aspectos comportamentais que decorrem da interação do aluno ao conteúdo proposto.

A reintrodução intencional de práticas voltadas ao desenvolvimento de habilidades socioemocionais também foi considerada como aspecto significativo e correlacionado com a teoria behaviorista, afinal, as habilidades se constituem em aspectos comportamentais observáveis e, portanto, se estiverem em desacordo, podem ser mediadas seguindo o pressuposto de regulação do comportamento a partir do autocontrole e do pensamento reflexivo.

Por fim, a aproximação da Psicologia como ciência contributiva à educação procurou o ajustamento de teorias e métodos para facilitar o entendimento de questões complexas no ensino. Assim, reconhecendo a importância do entendimento dos referenciais teóricos que fundamentam o estudo do comportamento e da aprendizagem, considera-se relevante que outras pesquisas sejam realizadas devido aos muitos benefícios para o cenário educacional.

REFERÊNCIAS

- ABED, A. L. Z. O desenvolvimento das habilidades socioemocionais como caminho para a aprendizagem e o sucesso escolar de alunos da educação básica. *In: INSTITUTO SEDES SAPIENTIAE. Construção psicopedagógica*, v. 24, n. 25, São Paulo, 2016. p. 8-27. São Paulo: Departamento de psicopedagogia do Instituto Sedes Sapientiae, 2016. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-69542016000100002>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- AMBIEL, R. A. M.; PEREIRA, C. P. S.; MOREIRA, T. C. Produção científica em avaliação psicológica no contexto educacional: enfoque nas variáveis socioemocionais. *In: Avaliação Psicológica*, v. 14, n. 3, Itatiba, 2015. p. 339-346. Campinas: Universidade São Francisco, 2015. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712015000300006. Acesso em: 14 ago. 2021.
- ALVES, M. R. M. Possibilidades do uso de habilidades socioemocionais na disciplina “projeto de vida” – voz de uma professora. *In: PAGAN, A. A.; ARAÚJO, Y. L. F. M. (org.). Habilidades socioemocionais & afetividade no ensino de ciências e biologia: pesquisas e reflexões*. São Cristóvão: editora UFS, 2019.
- BRAGA, C. M. D. S. **O uso de modelos didáticos no ensino de divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- COSTA, A.; FARIA, L. Aprendizagem social e emocional: reflexões sobre a teoria e a prática na escola portuguesa. *In: INSTITUTO SUPERIOR DE PSICOLOGIA APLICADA. Análise Psicológica*, v. 31, n. 4, 2013, Lisboa. p. 407-424. Disponível em: <http://publicacoes.ispa.pt/index.php/ap/article/view/701>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- HENKLAIN, M. H. O.; CARMO, J. S. Contribuições da análise do comportamento à educação: um convite ao diálogo. *In: Cadernos de Pesquisa*, v. 43, n. 149, mai. 2013. p. 704-723. Rio Grande do Norte: UFRN, 2013.
- MOLON, S. I. Entrelaçando a psicologia e a educação: uma reflexão sobre a formação continuada de educadores à luz da psicologia sócio-histórica. *In: Revista Contrapontos*, ano 2, n. 5, mai./ago. 2002, Itajaí, p. 237-250. Itajaí: Univali, 2002.
- OLIVEIRA, K. L. *et al.* Produção científica em avaliação psicológica no contexto escolar. *In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PSICOLOGIA ESCOLAR E EDUCACIONAL. Revista Psicologia Escolar e Educacional*, v. 11, n. 2, jul./dez. 2007. p. 239-251. São Paulo: Abrapec, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pee/a/FqCtSbpb9k3gXv8PkBfMRJc/?lang=pt>>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- PAULA, S. R. **O ensino e aprendizagem dos processos de divisão celular no ensino fundamental**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em ciências na área de biologia) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- SANTOS, F. M. T. As emoções nas interações e a aprendizagem significativa. *In: Revista Ensaio Pesquisa Educação Ciências*, v. 9, n. 2, jul.-dez. 2007, Belo Horizonte. p. 173-187. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/jVJt79Q5yXpjfyWGD3BrJKs/?lang=pt>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SILVA, T. R.; SILVA, B. R.; SILVA, B. M. P. Modelização didática como possibilidade de aprendizagem sobre divisão celular no ensino fundamental. *In: Revista Thema*, v. 15, n. 4, 2018. p. 1376-1386. Pelotas: IFSul, 2018. Disponível em: < <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1024>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

STRAPASSON, B. A. A caracterização de John B. Watson como behaviorista metodológico na literatura brasileira: possíveis fontes de controle. *In: Estudos de Psicologia*, v. 17, n. 1, jan./abr. 2012. p. 83-90. Natal: UFRN, 2012. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2012000100010>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

TOURINHO, E. Z. Notas sobre o behaviorismo de ontem e de hoje. *In: Revista Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 24, n. 1, 2011. p. 186-194. Rio Grande do Sul: UFRS, 2011. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/prc/a/6DMNMfRqyqFzMd4Vtbvtw7x/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

VIEGA, M.; VANDENBERGHE, L. Behaviorismo: reflexões acerca da sua epistemologia. *In: Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, São Paulo, v. 3, n. 2, dez. 2001. p. 9-18. São Paulo: Associação Brasileira de Psicoterapia e Medicina Comportamental. 2001. Disponível em: < http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-55452001000200002>. Acesso em: 15 ago. 2021.

ZANETTE, M. S. Pesquisa qualitativa no contexto da Educação no Brasil. *In: Educar em Revista*, n. 65, jul./set. 2017. p. 149-166. Curitiba: UFPR, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/0104-4060.47454>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

CAPÍTULO

CAPÍTULO 03

A TEORIA DA APRENDIZAGEM DE PIAGET E A AQUISIÇÃO DE CONCEITOS FÍSICOS

Andreia Freire dos Santos¹

Adjane da Costa Tourinho e Silva²

Divanizia do Nascimento Souza³

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A teoria da aprendizagem de Piaget, que considera a aprendizagem um processo complexo de construção e progressão do conhecimento pelo sujeito em interação com a realidade, permanece atual, embora já tenham se passado muitas décadas desde a formulação dela. Conforme a teoria de Piaget, essa construção e progressão ocorrem em processos de desequilíbrios e novas equilibrações superiores, possibilitando que as perturbações cognitivas acabem sendo superadas. Este texto busca apresentar aspectos gerais da teoria de Piaget e apropriações dessa teoria na investigação por um ensino de Física que resulte na aprendizagem de conceitos físicos por sujeitos ao longo da formação escolar. Alguns exemplos de abordagens envolvendo ensino e aprendizagem em Física, considerando a teoria dos estágios de desenvolvimento e o construtivismo de Piaget, são comentados.

UM INSTANTÂNEO SOBRE A TEORIA DOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO COGNITIVO

Jean Piaget (1896-1980) foi uma figura de muita relevância na ciência do desenvolvimento cognitivo ao longo século 20. Seu trabalho teve duas vertentes complementares: a teoria dos estágios de desenvolvimento cognitivo e o construtivismo. As inquietações que impulsionaram o trabalho de Piaget com relação a cada uma dessas vertentes, as conclusões a que ele chegou e as evidências que ele apresentou sobre essas conclusões ainda são muito relevantes na atualidade (CAREY; ZAITCHIK;

1 Mestranda do Programa de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe.

2 Docente do Programa de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe.

3 Docente do Programa de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe.

BASCANDZIEV, 2015; SALDARRIAGA-ZAMBRANO; BRAVO-CEDENO; RIVADENEIRA, 2016). No entanto, o entendimento dessa relevância tem mudado, às vezes fundamentalmente, graças aos avanços nas ciências cognitivas e na neurociência cognitiva (CAREY; ZAITCHIK; BASCANDZIEV, 2015).

A teoria da aprendizagem de Piaget, teoria dos estágios de desenvolvimento cognitivo, ou simplesmente teoria do desenvolvimento cognitivo, tem bases filosóficas sólidas, e entende a aprendizagem como uma reorganização das estruturas cognitivas existentes em cada momento do desenvolvimento do sujeito. Assim, as teorias do desenvolvimento cognitivo podem ser divididas em antes de Piaget e após Piaget, devido ao impacto da teoria proposta por ele para a teorização que veio depois dela (BARROUILLET, 2015).

Ao longo de sua carreira ilustre, Piaget lidou com dois desafios para estabelecer uma teoria do desenvolvimento cognitivo. O primeiro desafio seria explicar o repertório conceitual humano, pois representamos o único animal que pode ponderar sobre coisas e fatos, como a existência e as causas do aquecimento global, as causas e curas do câncer e sobre tantas outras questões (CAREY; ZAITCHIK; BASCANDZIEV, 2015). Compreender a aquisição de qualquer conceito específico requer identificar os conceitos primitivos e os processos pelos quais eles são transformados, por meio da aprendizagem, ao longo da vida.

Com a teoria que desenvolveu, Piaget não pretendeu propor uma solução simplista para um problema tão complexo quanto o desenvolvimento cognitivo, isso porque levou em conta que o conhecimento é produzido como um processo complexo de construção pelo sujeito em interação com a realidade. Conforme a teoria preceitua, o que é realmente importante é como a aprendizagem ocorre. A construção do conhecimento tem seu início na interação do sujeito com o objeto e, nesse processo, determinadas estruturas cognitivas são construídas e reconstruídas, à medida que o conhecimento vai sendo elaborado (PIAGET, 1983).

As mudanças nas estruturas mentais se dão por intermédio do processo de adaptação do organismo a novas circunstâncias. Nesse processo de adaptação, decorrente da interação do homem com o seu meio, o indivíduo recorre a dois mecanismos, os quais respondem pelo seu desenvolvimento cognitivo. Quando ocorre a alimentação de estruturas hereditárias ou adquiridas, sem que haja alteração delas, acontece a assimilação. Aí, novas experiências ou informações são incorporadas à estrutura mental sem, contudo, modificá-la. Quando, porém, estruturas intelectuais disponíveis são incapazes de lidar com uma nova situação, o organismo entra em desequilíbrio e, por meio de um movimento de equilibração majorante, reorganiza e reequilibra suas estruturas, de modo que se chega a um novo estado de equilíbrio, superior e mais complexo que o anterior. À essa reorganização das estruturas pré-existentes para incorporar novos conhecimentos, dá-se o nome de acomodação (PALANGANA, 1994).

O processo de equilibração é desencadeado quando o sistema cognitivo reconhece uma perturbação, a qual pode ser gerada por conflito ou lacuna. O conflito corresponde a uma oposição entre um novo conhecimento e os já estabelecidos, enquanto as lacunas correspondem sumariamente à ausência de um conhecimento indispensável para se compreender algo novo ou resolver um problema (MORTIMER, 2000).

A construção e progressão do conhecimento se dão em processos de desequilíbrios e novas equilibrações superiores, nos movimentos de equilibração majorante, ao longo dos quais as perturbações cognitivas acabam por ser superadas. Todavia, para que haja essa progressão, é necessário que os conflitos sejam corrigidos e as lacunas preenchidas pelas informações necessárias, em um processo denominado por Piaget de construção compensatória.

A questão central da epistemologia piagetiana é compreender como o sujeito passa de um estágio inferior a um estágio superior do conhecimento, o que também tem sido a questão central de um ensino construtivista, qual seja: promover a passagem das concepções prévias dos aprendizes ao conhecimento científico.

Na concepção construtivista de aprendizagem, tem-se que: 1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem (MORTIMER, 1996, p. 22).

A relação entre assimilação e acomodação se constitui em um dos princípios básicos do paradigma de ensino e aprendizagem construtivista. Como já exposto, uma das características fundamentais do construtivismo é a de que as ideias prévias dos alunos são fundamentais no processo de ensino e aprendizagem, pois, neste paradigma, só se aprende a partir do que já se sabe. De acordo com uma visão piagetiana, isso corresponde ao processo que ocorre na acomodação de uma nova ideia que acontece com a reorganização dos esquemas de assimilação anteriores, dos quais o indivíduo dispunha para tentar assimilar o novo.

Assim, o construtivismo concebe o conhecimento como uma elaboração própria do sujeito, que se dá no dia a dia como resultado da interação de fatores cognitivos e sociais. Tal processo é realizado permanentemente e em qualquer ambiente no qual o sujeito interage. Ainda conforme Saldarriaga-Zambrano, Bravo-Cedeño e Rivadeneira (2016), esse paradigma idealiza o ser humano como uma entidade capaz de processar as informações obtidas do ambiente, interpretá-las de acordo com o que já sabe, convertendo-as em novos conhecimentos. Assim, as experiências anteriores do sujeito permitem inserir as informações processadas em outros contextos a partir de novas construções mentais.

A fim de que se tenha comprovação de construtivismo, é necessário que se possa observar evidências de mudanças qualitativas dentro do conteúdo conceitual ao longo do desenvolvimento. Para isso, é preciso uma análise teórica do que possa ser considerado uma mudança qualitativa, de modo a evidenciar se o construtivismo é verdadeiro. A evidência do construtivismo requer descrições de sistemas conceituais sucessivos que especificam as representações envolvidas em termos de formato, conteúdo e funções computacionais (CAREY; ZAITCHIK; BASCANDZIEV, 2015). Ainda segundo Carey, Zaitchik e Bascandziev (2015), o desenvolvimento conceitual pode resultar em aumento no poder expressivo, sendo exemplos das mudanças qualitativas exigidas pelo construtivismo. Essas mudanças são atestadas na aquisição de conteúdos matemáticos e não matemáticos, tanto ao longo do tempo histórico quanto no processo de modificações e adaptações ao meio desde o nascimento do sujeito.

Segundo a teoria de Piaget, o desenvolvimento cognitivo é um processo contínuo, no qual a construção de esquemas mentais de um sujeito é elaborada em um processo de reconstrução constante. Essa construção se dá por meio de uma série de estágios, ou períodos de desenvolvimento intelectual, definidos por ordem constante de sucessão e pela hierarquia das estruturas intelectuais que respondem a um modo integrativo de evolução. Em cada um dos períodos, há uma apropriação superior à anterior, que representa mudanças nos aspectos qualitativos e quantitativos do conhecimento, que podem ser observadas por qualquer pessoa. As mudanças implicam que as habilidades cognitivas do sujeito sofrem reestruturação.

Os períodos de desenvolvimento intelectual definidos por Piaget são: 1) sensorial motor; 2) pré-operacional; 3) operacional concreto e 4) operacional formal. Piaget entendia que o processo do pensamento humano evolui, por meio desses estágios, de um desenvolvimento gradual do pensamento intelectual concreto para um sequencial abstrato ao longo da infância. Assim, considerando os conteúdos escolares, os alunos, ao final da infância, terão desenvolvimento cognitivo suficiente para vivenciarem plenamente abordagens de aprendizagem baseada em problemas com o método de consulta guiada. É esperado que até os meados da adolescência esses alunos possam chegar ao estágio em que são capazes de deduzir ou, ainda, programar suas ações a partir da conceituação. Para que isso aconteça, é necessário que eles vivenciem situações que permitam atingir o nível da abstração por reflexão, tornando-se sujeitos capazes de compreender o seu próprio fazer (SILVA; DEL PINO, 2010). De acordo com Piaget, a compreensão consiste em isolar a razão das coisas e o fazer consiste em utilizá-las com sucesso.

É importante enfatizar que, de acordo com a teoria de Piaget, cada período tem limites de idade, que podem variar em diferentes grupos populacionais, de acordo com o contexto em que a formação dos sujeitos é desenvolvida e a cultura que eles têm, entre outros fatores. As aquisições cognitivas em cada estágio não resultam em produtos intelectuais isolados, mas estão intrinsecamente relacionadas e formam estruturas conjuntas. Nesse processo, cada estrutura resulta da precedente, sendo subordinada a esta (SALDARRIAGA-ZAMBRANO; BRAVO-CEDEÑO; RIVADENEIRA, 2016).

A relevância da obra de Piaget foi construída por meio de suas pesquisas realizadas por mais de quatro décadas. Carvalho Junior e Parrat-Dayán (2015), apoiados em trabalhos de outros autores, descrevem recortes temporais para a obra de Piaget, denominando-os com as seguintes fases: egocêntrica, funcionalista, estruturalista e, por último, de síntese. Juntos, os recortes, que representam uma caracterização de mais de quatro décadas de estudos sobre cognição, propiciam enfatizar, ainda mais, a compreensão da importância do conjunto da obra de Piaget. As fases descritas por Carvalho Junior e Parrat-Dayán estão resumidas a seguir.

A fase egocêntrica está limitada entre os anos 1920 e meados dos anos 1930, sendo caracterizada por explicações sobre a linguagem, o pensamento, a causalidade, por exemplo, que seriam temas relacionados ao egocentrismo.

Na fase funcionalista, desenvolvida na segunda metade dos anos 1930, ele traçou as formas de desenvolvimento dos esquemas em um processo contínuo de interação entre o sujeito e o meio.

Foram apresentados e discutidos também os processos de assimilação, acomodação e organização e como eles possibilitam o desenvolvimento do sujeito.

A mais longa das fases, a estruturalista, ocorrida entre 1940 e 1960, apresenta ênfase na caracterização das estruturas, o aparecimento delas e nas etapas do desenvolvimento cognitivo.

A fase de síntese, que se deu a partir da metade da década de 1960, representa uma reavaliação das questões funcionais e a integração dessas questões ao trabalho estrutural até então desenvolvido.

Como está claro nesta revisão, conforme apresentado por diversos autores, e como poderemos constatar por meio deste artigo, a teoria dos estágios de desenvolvimento e o construtivismo de Piaget ainda estão conosco hoje. Adaptando-se à luz das percepções fornecidas pela ciência cognitiva moderna e pela neurociência cognitiva, permanecem atuais, motivando pesquisas sobre mudanças conceituais e enriquecendo nossa compreensão de seu papel no desenvolvimento cognitivo, conforme enfatizam Carey, Zaitchik e Bascandzief (2015) e tantos outros autores.

A TEORIA DE PIAGET NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS

Na década de 1980, muitos pesquisadores em Ensino de Ciências se empenharam em estudar as ideias ou noções que os alunos têm antes de serem apresentados aos conteúdos escolares. Essas noções passaram a ser denominadas conceitos espontâneos, intuitivos, concepções alternativas ou ideias prévias, por exemplo. Os estudos eram desenvolvidos a partir de uma visão construtivista, considerando o aluno no papel de construtor de seu próprio conhecimento. Para isso, os pesquisadores da época consideravam que a teoria piagetiana possibilitava responder ao problema da construção do conhecimento científico (NARDI; CARVALHO, 1996).

Como as ideias prévias dos estudantes são frequentemente diferentes das científicas, elas normalmente são identificadas como erros dentro do ambiente escolar. As ideias prévias tendem a ser entendidas como obstáculos epistemológicos, pois, por estarem alocadas na estrutura mental do sujeito, relacionam-se com outras concepções que ele já tem. Então, não basta ao docente apresentar uma nova ideia, considerada correta, para substituir uma ideia prévia, influenciada pelo contexto, sendo bastante estável e resistente a mudanças (ROSA; ROSA, 2012; SCARINCI; PACCA, 2009). Por isso, o processo de construção do conhecimento científico, ou, simplesmente, o processo de aprendizado, pode ser longo, de acordo com as concepções piagetianas, pois demanda fases de construção e reconstrução dos significados, envolvendo ajustes nas estruturas conceituais já construídas (SCARINCI; PACCA, 2009).

O processo de construção compensatória, desencadeado quando o indivíduo se depara com um evento discrepante ou perturbador, o qual desafia seus esquemas de assimilação, é descrito por Piaget envolvendo três possíveis fases: na primeira, o sujeito simplesmente procura ignorar a perturbação, não a reconhecendo enquanto tal. Na segunda fase, a tentativa de ignorá-la dá lugar a de integrá-la, implicando a criação de teorias alternativas para explicá-la ou mesmo a alteração dos fatos observados, a fim de incorporá-los em suas antigas concepções. Nessa fase, novas ideias convivem com as antigas sem que a “contradição” se constitua em um problema para o sujeito. Na terceira e última fase, por

fim, ocorre a reorganização de ideias, iniciada na segunda, que se completa quando a perturbação é totalmente eliminada, passando a ser vista como possibilidade e não distúrbio, diante agora de um novo esquema de assimilação.

Pode-se perceber que, para que se complete o processo de construção compensatória, é fundamental que os estudantes consigam ultrapassar as fases iniciais e alcancem a terceira fase. Evidentemente, se eles permanecem na primeira, qualquer tentativa na construção de novos conhecimentos, segundo essa lógica, é infrutífera (MORTIMER, 2000).

As pesquisas desenvolvidas na década de 1980, baseadas nas concepções de Piaget, buscavam estudar como as concepções prévias dos estudantes eram modificadas em função do estabelecimento de conflitos cognitivos entre essas concepções e resultados experimentais ou intervenções de natureza lógica colocadas pelo professor no caminho das ideias dos alunos. A expectativa era a de que, por meio dos conflitos cognitivos instaurados, os alunos reelaborassem seus esquemas lógicos e alcançassem as concepções científicas. Todavia, vários estudos mostraram como os alunos faziam uso das consideradas “evidências experimentais” para construir modelos particulares, diferentes dos científicos, ao analisarem os fenômenos. Nessa perspectiva, a análise e releitura das fases de construção compensatória propostas por Piaget, trazida para a educação em Ciências, têm sido consideradas, de modo a se buscar investir mais na superação de conflitos e lacunas de modo que a reestruturação de ideias dos alunos se direcione de fato às concepções cientificamente aceitas. Piaget considera também que as atividades envolvendo Matemática e Ciência, com suas atividades problemáticas e de pesquisa, seriam as mais propícias para a aquisição de conhecimento pelo indivíduo (BATISTA, 2004).

Alguns poucos exemplos de abordagens envolvendo ensino e aprendizagem de conceitos físicos, considerando a teoria dos estágios de desenvolvimento e o construtivismo de Piaget, são apresentados a seguir. A escolha desses exemplos buscou ilustrar um retalho do amplo panorama de abordagens relacionadas a esse ensino.

A teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget inclui a classificação do raciocínio formal em dois níveis, operacional concreto e operacional formal, com um estágio de transição entre os dois (GINSBURG; OPPER, 1988). Alguns alunos que demonstram raciocínio operacional formal podem evidenciar aspectos de pensamento científico, com indícios de raciocínio hipotético-dedutivo. Os que apresentam raciocínio operacional transitório encontram sucesso com tarefas hipotéticas em alguns contextos. Essa classificação pode ser subdividida. Moore e Slisko (2016) empregaram um esquema de classificação piagetiano subdividido em quatro categorias de raciocínio científico: (1) operacional concreto, (2) transitório antecipado, (3) transitório tardio e (4) operacional formal para investigar habilidades de graduandos na aplicação de visualização dinâmica para resolver um problema simples de múltiplos corpos e a correlação dessa capacidade com o raciocínio científico dos graduandos. O problema proposto pelos autores será apresentado a seguir.

Entre duas cidades futuristas imaginárias, denominadas Beauty e Hope, opera um sistema perfeito de trens sem paradas. A cada hora, um trem sai de Beauty para Hope e outro deixa Hope para Beauty. A viagem entre as duas cidades demora exatamente 3 horas. A questão é: quantos trens, vindos de Hope, uma pessoa que está viajando para Beauty contará? O trem visto em Beauty, quando a

viagem começa, e o trem visto em Hope, quando a viagem termina, também são contados. (MOORE; SLISKO, 2016, p. 158, tradução nossa)

Na investigação, os autores empregaram o padrão de representação do raciocínio hipotético-dedutivo proposto por Lawson. Foram analisadas respostas de 212 alunos de uma universidade dos Estados Unidos, matriculados em disciplinas introdutórias, que tratam sobre Ciências, Física ou Astronomia, ofertadas para diferentes cursos, inclusive não científicos.

O padrão proposto por Lawson possui elementos correspondentes aos passos ou etapas do processo de fazer ciência. Os passos seguem uma sequência iniciada com observação intrigante, acompanhada de pergunta causal, formulação de hipóteses, planejamento de meios para testá-las e coleta de evidências que conduzem às conclusões (DAVID; MALHEIRO; SILVA, 2014).

Considerando o esquema de classificação piagetiano, Moore e Slisko (2016) concluíram que os alunos que informaram na solução do problema que seriam contados 3 ou 4 trens haviam construído uma visualização baseada em pelo menos um conjunto de trens que permanecem estacionários. Aqueles que responderam de 6 a 7 trens possivelmente reconheceram a natureza evolutiva do problema e construíram uma visualização dinâmica apropriada, considerando os dois conjuntos de trens em movimento. A maioria significativa da população investigada demonstrou níveis de transição tardia e nível baixo de raciocínio científico. Conforme os autores, isso sugere que um limiar epistemológico pode existir, de forma que os estudantes lutam para construir visualizações dinâmicas antes de atingir um nível formal de capacidade de raciocínio. Consequentemente, essa conclusão pressupõe dificuldades na elaboração de questões/problemas de Física.

No dia a dia da educação formal, os professores devem ser capazes de contribuir para a autoconfiança do aluno, proporcionando um grande leque de experiências desafiadoras que sirvam de suporte para o sucesso da aprendizagem (PRAHANI et al., 2018). Dessa forma, tem-se a importância da investigação colaborativa nas etapas de solução de problemas, por considerar que a escola seja um ambiente propício para treinamento de problemas da vida real. A metodologia de aprendizagem baseada em resolução de problemas tem por alicerce a teoria construtivista cognitiva de Piaget, que considera que o estudante precisa estar ativamente envolvido no processo de obtenção de informação e na construção de seu próprio conhecimento, sendo também responsável por sua aprendizagem (PRAHANI et al., 2018).

Em um estudo que teve como objetivo determinar o efeito da aprendizagem baseada em resolução de problemas como método de investigação orientada para a atitude científica de alunos da educação básica, Effendi, Firdaus e Erwin (2018) defendem que mudanças metodológicas que consideram mais e mais abordagens participativas e contextualizadas estão em curso em escolas de muitos países. Essas mudanças visam melhorar a qualidade da aprendizagem do aluno, tanto em termos de processos como de conhecimentos. As atividades didáticas propostas estão sendo orientadas para o desenvolvimento do conhecimento do aluno de forma autônoma. Nas atividades, os alunos são treinados para encontrar informações que possibilitem um aprendizado independente e ativo, que é determinante para a criação de estruturas cognitivas em interação com o ambiente. Essas ações resultam em aprendizagem centrada no aluno.

No estudo de Effendi, Firdaus e Erwin (2018), foram avaliadas ações didáticas em aulas experimentais de Física em uma escola de educação básica da Indonésia, em que os 120 estudantes vivenciam metodologias de aprendizagem baseada em problemas e aulas com exposição do professor como palestrante, sendo considerados os estágios de desenvolvimento intelectual definidos por Piaget. Sobre a aprendizagem baseada em problemas, considerou-se que o professor age como um motivador para os alunos serem mais ativos no processo de aprendizagem. Esse processo se dá por meio dos seguintes passos: 1) apresentação do problema; 2) definição da questão; 3) realização de um experimento; 4) resolução do problema; 5) explicações por meio de discussão; 6) esboço de conclusão; 7) fechamento. De acordo com os resultados da análise, os autores observaram que a aprendizagem baseada em problemas apresenta melhores resultados para a atitude científica dos alunos do que a aprendizagem por meio de aulas tipo palestra. Uma razão é que os alunos já estão familiarizados com os padrões de resolução de problemas de Física, embora as etapas tomadas não sejam como as do método real de solução de problemas. Isso porque a resolução de problemas é o centro da aprendizagem dos conteúdos da disciplina Física, significando que o processo de aprendizagem vivenciado nessa disciplina, que se concentra e se baseia no processo de abuso dos problemas físicos, orienta a abordagem da solução de problemas. Mas os autores enfatizam que problemas com níveis apropriados de dificuldade ao aprendiz facilitam a competência cognitiva, enquanto problemas com níveis de dificuldade impróprios ao estágio de desenvolvimento intelectual podem exceder a competência do aluno e levar ao fracasso.

Damasio e Steffani (2008) apresentaram uma proposta de programa de formação continuada para professores do Ensino Fundamental (EF) estruturado em módulos que contemplam vários instrumentos e estratégias pedagógicas. Na preparação do programa os autores consideraram que, embora a educação formal em Física inicie ao final do EF, conceitos de Física são apresentados aos estudantes ainda nas aulas de Ciências das séries iniciais. Os autores partiram da concepção de que a formação dos professores das séries iniciais não possibilita fundamentos amplos para o ensino de Ciências Naturais e isso pode ser determinante para que as concepções alternativas internalizadas nesse período escolar sejam resistentes a mudanças quando confrontadas com os conhecimentos científicos mais elaborados. Buscando contribuir para a mudança desse quadro, os autores se propuseram a desenvolver o programa de formação para professores do EF de forma que eles passassem a contribuir mais efetivamente para que os conceitos de Física ensinados na disciplina Ciências não fossem obstáculos para a aprendizagem nas séries subsequentes e também servissem para despertar o interesse das crianças para a ciência.

O programa de formação continuada proposto por Damasio e Steffani considerou a teoria cognitivista, tendo por base considerações de Jean Piaget, David Ausubel e Jerome Bruner. Os autores levaram em conta, principalmente, de acordo com Piaget, que o desenvolvimento cognitivo ocorre por assimilação e acomodação. O sujeito constrói esquemas de assimilação para compreender a realidade. Mas se isso não acontece, a estrutura cognitiva se modifica, a acomodação ocorre e novos esquemas de assimilação são construídos. Dessa forma, só existe aprendizagem quando o esquema de assimilação sofre acomodação.

No programa, os módulos da formação continuada eram compostos por aulas de laboratório potencialmente capazes de problematizar a realidade a ser explorada pelos alunos, textos de apoio e aulas em ambiente virtual. Os módulos foram apresentados a professoras do EF em cinco encontros,

com um total de 22 horas. O objetivo principal era motivar as professoras a ensinar conceitos de Física, sem apresentar a elas um excesso de conteúdo. Ao final da formação, as professoras demonstraram satisfação com o que vivenciaram nos módulos, pois, se antes todas acreditavam na inviabilidade de ensinar Física nas séries iniciais, após a formação, todas passaram a considerar viável. Depois de participarem do programa, algumas das professoras ofereceram oficinas em escolas nas quais exerciam a docência. As oficinas envolvendo história da ciência, experiências contraintuitivas e recursos de informática foram ofertadas para estudantes com idades entre seis e dez anos. Os autores relatam que, ao longo das oficinas, esses estudantes também demonstraram gostar das atividades, levando-os a concluir que o melhor preparo das professoras para o ensino de noções de Física e as opções metodológicas empregadas nas oficinas auxiliaram na motivação de todos para a discussão de conceitos científicos.

Embora Damasio e Steffani (2008) não tenham tecido comentários relacionados à aprendizagem de professoras e estudantes em decorrência do programa, é de se esperar, a partir dos resultados observados por eles, que o processo piagetiano de assimilação e acomodação tenha sido vivenciado por esses dois tipos de sujeitos.

Fornaza e Webber (2014) descreveram uma proposta de inserção de conceitos de Física no Ensino Fundamental por meio de Robótica Educacional integrada aos componentes curriculares. Sendo “fundamentada nos legados teóricos de Piaget, Vygotsky e Ausubel no que se refere às teorias de aprendizagem e a Papert na aprendizagem mediada pelas tecnologias” (FORNAZA; WEBBER, 2014, p. 3), a proposta consistiu em um experimento de natureza teórico-prática, com o objetivo de investigar as concepções iniciais dos alunos sobre conceitos de Física. O experimento foi desenvolvido em uma turma de 5º ano, com estudantes entre 11 e 12 anos, possivelmente considerando que eles estariam vivenciando o estágio de desenvolvimento intelectual operacional concreto.

O objetivo das autoras foi possibilitar a identificação e a desestabilização de concepções errôneas sobre gravidade, movimento e atrito que, porventura, os alunos pudessem ter. As autoras consideraram que, “através de componentes diversos, o aluno constrói, testa hipóteses e desenvolve habilidades cognitivas variadas tais como pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, análise e síntese” (FORNAZA; WEBBER, 2014, p. 4).

As atividades vivenciadas no experimento foram divididas em três etapas. Na primeira, foram apresentadas aos alunos questões com a finalidade de conhecer as concepções iniciais deles sobre conceitos como gravidade e atrito. Na segunda etapa, o professor fez explicações sobre conceitos de gravidade, movimento e atrito, empregando também vídeos e *kits* de robótica. Por fim, na terceira etapa, os alunos, em grupos, assumiram funções de construtores, organizadores e relatores de uma experiência envolvendo robótica.

As autoras concluíram que as atividades vivenciadas ao longo do experimento, com a integração de robótica ao ensino das Ciências, possibilitaram desestabilizar as concepções errôneas dos alunos acerca dos conteúdos abordados, tendo a experimentação contribuído de forma relevante para a aprendizagem de conceitos complexos e abstratos de física. Essa conclusão está de acordo com a concepção piagetiana de que o processo de aprendizagem demanda adequações nas estruturas conceituais já construídas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os exemplos apresentados aqui corroboram, assim como tantos outros encontrados na literatura atual, para a constatação da atualidade da teoria da aprendizagem de Piaget e demonstram que há muito a se estudar sobre tal teoria quando o interesse é a aprendizagem de conceitos da Física. Novas teorias de ensino fundamentadas na de Piaget, contando com o aporte de estratégias didáticas e tecnologias atuais, têm permitido aos professores a apropriação da concepção construtivista de aprendizagem e, conseqüentemente, a vivência diária de princípios da teoria piagetiana em suas práticas docentes. No ensino de física, essa apropriação é relevante para a estruturação do pensamento científico dos alunos, inclusive porque possibilita a eles a identificação e a desestabilização de concepções prévias que sejam diferentes das científicas.

REFERÊNCIAS

- BARROUILLET, P. Theories of cognitive development: from Piaget to today. *In: Developmental Review*, v. 38, dez. 2015. p. 1-12.
- BATISTA, I. L. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. *In: Ciência & Educação*, v. 10, dez. 2004. p. 461-476. Bauru: Unesp, 2004.
- CARVALHO JUNIOR, G. D.; PARRAT-DAYAN, S. Recortes históricos sobre a noção de schème em Piaget: o processo de desenvolvimento de um conceito. *In: Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 96, n. 244, set.-dez. 2015. p. 522-540. Brasília: Inep, 2015.
- CAREY, S.; ZAITCHIK, D.; BASCANDZIEV, I. Theories of development: in dialog with Jean Piaget. *In: Developmental Review*, v. 38, 2015. p. 36-54.
- DAMASIO, F.; STEFFANI, M. A. A física nas séries iniciais (2.^a a 5.^a) do ensino fundamental: desenvolvimento e aplicação de um programa visando a qualificação de professores. *In: Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 4, 2008. p. 2-9. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2008.
- DAVID, M.; MALHEIRO, J. M. S.; SILVA, M. G. M. O raciocínio hipotético-dedutivo e uma análise do padrão proposto por Lawson na resolução de problemas de ciências. *In: LOPES, A. et al. Trabalho Docente e formação: políticas, práticas e investigação: pontes para a mudança*. Porto: Centro de Investigação e Intervenção Educativas, 2014. p. 113-125.
- EFFENDI, E.; FIRDAUS, T.; ERWIN, E. The influence of problem-based physics learning using guided inquiry toward scientific attitude. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION OF UNIVERSITAS PENDIDIKAN*, v. 3, 2018. Indonesia. **Anais**. Indonesia: ICMSce, 2018. p. 67.
- FORNAZA, R.; WEBBER, C. G. Robótica educacional aplicada à aprendizagem em física. *In: Novas Tecnologias na Educação*, v. 12, n. 1, 2014. p. 1-10. Porto Alegre: UFRGS, 2014.
- GINSBURG, H. P.; OPPER, S. **Piaget's theory of intellectual development**. 3. ed. US: Prentice-Hall, Inc., 1988.
- MOORE, J. C.; SLISKO, J. Dynamic visualizations of multi-body physics problems and scientific reasoning ability: a threshold to understanding. *In: GRECZYŁO, T.; DĘBOWSKA, E. (org.). Key competences in physics teaching and learning*. p. 155-164. Switzerland: Springer, 2016.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *In: Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, 1996. p. 20-39. Porto Alegre: Ufrgs, 2016.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: editora UFMG, 2000.
- NARDI, R.; CARVALHO A. M. P. Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta Terra. *In: Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 2, 1996. p. 132-144. Porto Alegre: Ufrgs, 2016.

PALANGANA, I. C. **Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky: a relevância do social**. São Paulo: Plexus, 1994.

PIAGET, J. **Os pensadores**. São Paulo: Vitor Civita, 1983.

PRAHANI, B. K. *et al.* The effectiveness of collaborative problem-based physics learning (CPBPL) model to improve student's self-confidence on physics learning. *In: Journal of Physics: Conference Series*, v. 997, 2018.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. *In: Revista Ibero-americana de Educação*, v. 58, n. 2, 2012. p. 1-2.

SALDARRIAGA-ZAMBRANO, P. J.; BRAVO-CEDEÑO, G. R.; RIVADENEIRA, M. R. L. La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *In: Dominio de Las Ciencias*, v. 2, n. especial, 2016. p. 127-137.

SCARINCI, A. L.; PACCA, J. L. A. O professor de física em sala de aula: um instrumento para caracterizar sua atuação. *In: Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 3, 2009. p. 457-477. Porto Alegre: Ufrgs, 2009.

SILVA, D. R.; DEL PINO, J. C. Resolução de problemas: uma estratégia pedagógica para abordagem dos conceitos de densidade e velocidade na oitava série do ensino fundamental. *In: Experiências em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1, mar. 2010. p. 31-56. Cuiabá: UFMT, 2010.

CAPÍTULO

CAPÍTULO 04

MODELO TEÓRICO BANDURIANO PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Rosane Karine Tavares Idalino¹

Kleyfton Soares da Silva²

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Albert Bandura defende que aprendemos a partir da observação ou imitação de modelos. No que se refere ao Ensino de Ciências, especialmente a Biologia, um dos seus temas estruturantes é a Evolução biológica. No entanto, este conteúdo ainda apresenta grandes dificuldades tanto no ensino quanto na aprendizagem. Assim, este artigo, de natureza teórica, tem por objetivo apresentar os principais constructos da Teoria Social Cognitiva de Bandura, relacionando suas implicações para o Ensino de Ciências junto de uma proposta de ensino fundamentada na referida teoria. O intuito é minimizar as dificuldades na aprendizagem de Evolução, uma vez que esse modelo apresenta grandes potencialidades no Ensino de Ciências, principalmente por propiciar a interação social dos alunos, e também possibilitar que os professores trabalhem na sala de aula o princípio da autoeficácia dos alunos, fazendo com que eles acreditem na sua capacidade de realizar as tarefas propostas.

INTRODUÇÃO

Desde que nascemos, observamos o mundo à nossa volta, com formas, sons, cores e palavras, anteriormente desconhecidas. Por meio da observação, aprendemos quais comportamentos são socialmente aceitáveis, de acordo com determinada cultura, idade e sexo (LEFRANÇOIS, 2008).

1 Mestranda no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIMA) na Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: rosane.idalino@gmail.com

2 Professor de química do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), doutorando em Ensino de Ciências na Universidade de São Paulo (USP), Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: kley.soares@hotmail.com

A partir desse pressuposto, Albert Bandura desenvolveu a Teoria da Aprendizagem Social, baseada na aprendizagem por imitação ou observação, pois, de acordo com esse autor, a aprendizagem acontece pela socialização com os costumes da sociedade, que servirão como modelo, sejam eles concretos ou abstratos, para o aprendiz.

De acordo com os documentos oficiais, como por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), uma das dificuldades no ensino de Ciências é a complexidade das teorias científicas e sua abstração, pois os assuntos são trabalhados de forma fragmentada e desconexa do mundo real do aluno, não despertando sua curiosidade.

Dentre os assuntos abordados no Ensino de Ciências, especialmente na Biologia, pesquisas demonstram que o tema Evolução tem gerado dificuldades tanto no ensino quanto na aprendizagem (BIZZO, 1991; SANTOS; BIZZO, 2000; ROSA et al., 2002; COUTINHO; SANTOS; MARTINS, 2012; OLIVEIRA; MENEZES; DUARTE, 2017).

Dessa forma, este artigo tem natureza teórica, fruto das discussões da disciplina de Teorias da Aprendizagem do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe (UFS), do qual a autora é discente, e tem por objetivo apresentar as principais ideias da Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura, relacionando suas implicações para o Ensino de Ciências junto a uma proposta de ensino fundamentada na referida teoria, no intuito de minimizar as dificuldades na aprendizagem de Evolução.

CONTEXTO HISTÓRICO DA TEORIA DE ALBERT BANDURA

Albert Bandura nasceu em 4 de dezembro de 1925, em Alberta, no Canadá, e, até a presente data, encontra-se vivo, com seus 93 anos. Realizou seus estudos em uma escola, na pequena cidade de Mudarre. Albert Bandura estudou na University of British Columbia, onde se formou em três anos. Fez seu doutorado em Psicologia Clínica na Universidade de Iowa, concluindo-o em 1952. No pós-doutorado, Bandura trabalhou como interno no Wichita Guidance Center. Depois ingressou na Universidade Stanford, na Califórnia, onde começou como instrutor, e, em 1964, tornou-se professor em tempo integral e titular da cadeira em 1974, permanecendo lá até os dias atuais. Dirigiu o departamento de Psicologia, entre 1976 e 1977, e recebeu grandiosos prêmios e honorarias, presidindo a APA (American Psychological Association), além de ter escrito diversas obras (MACEDO; GHEDIN, 2012).

De acordo com Santos (2018), as teorias da aprendizagem foram se desenvolvendo ao longo do tempo. Inicialmente com as Teorias da Aprendizagem de Base Comportamentalista (behaviorismo), seguida pelas Teorias de Base Psicanalista e, por fim, as Teorias da Aprendizagem de Base Cognitivista, na qual o trabalho de Albert Bandura está situado. Essa corrente surgiu a partir da insatisfação com as explicações que o behaviorismo dava às perguntas no século 20. Sendo assim, Bandura buscou obter respostas para como se dava a aprendizagem (SANTOS, 2018).

Segundo Thomas Kuhn, as ciências são construções humanas orientadas por um paradigma, o qual define como “realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo,

forneceram problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência normal” (1997, p. 13 *apud* BARTELMEBS, 2012). Este autor defende que a ciência passa por revoluções, inicialmente, tem-se um paradigma vigente, fase que ele caracteriza como “ciência normal”; depois de algum tempo surgem algumas “anomalias” que não conseguem se encaixar no paradigma atual, e, assim, acontece a “crise do paradigmática”, outro paradigma passa a ser aceito pelo meio científico, abandonando-se o anterior e, para o autor, acontece uma ruptura entre os paradigmas e uma “revolução científica”.

Nesse aspecto, podemos considerar que o paradigma comportamentalista não atendia às perguntas da comunidade científica da época (SANTOS, 2018), fazendo-se necessário um novo paradigma para a época, neste caso, o cognitivismo.

MODELO TEÓRICO DA APRENDIZAGEM DE ALBERT BANDURA

A teoria de Albert Bandura foi parcialmente derivada da Teoria da Imitação, de Miller e Dollard (1941), e a partir das ideias do Condicionamento Operante de Skinner. Apesar de a teoria de Bandura estar associada ao behaviorismo radical de Skinner, ele se distanciou do comportamentalismo por acreditar que os comportamentos são influenciados por modelos sociais (LEFRANÇOIS, 2008).

Bandura estudou o comportamento agressivo em crianças em um experimento que ficou conhecido como “Experimento João-Bobo”, o qual expunha um vídeo agressivo para as crianças e depois analisava o grau de agressividade delas. Publicou muitas obras, mas a mais significativa e que detalha a sua Teoria é *Social Foundations of Thought and Action: a social cognitive theory* (1986). Anteriormente, ele tinha publicado *Social Learning Theory* (1977), mas, posteriormente ele aperfeiçoou sua teoria e passou a considerar o cognitivo. Assim, até a década de 1980, sua teoria era chamada de Teoria da Aprendizagem Social e, a partir de 1986, passou a ser chamada de Teoria Social Cognitiva, unindo o aspecto behaviorista de operação condicionante por imitação e os aspectos cognitivos como imaginação e antecipação, atrelando-os ao aspecto social.

Partindo desses princípios, a obra de Bandura apresenta a modelagem como fator influenciável na aprendizagem, afirmando que o começo da aprendizagem é satisfatório para elucidar ou dizer antecipadamente o que vai acontecer com o desempenho e a mudança comportamental. Na sua concepção, o ser humano é cognoscente, autônomo e autorregulável, com capacidade para controlar seu ambiente e por ele ser moldado, destacando, assim, a importância do contexto social do indivíduo (MACEDO; GHEDIN, 2012). Nessa perspectiva, há três efeitos de modelos: o modelador, ou seja, quando se adquire um novo comportamento a partir do que foi observado; inibitório e desinibitório, acontece quando um comportamento previamente aprendido pode ser suprimido ou iniciado, depois de se ter observado o modelo ter sido punido ou recompensado por determinado comportamento, e o efeito eliciador, que encoraja um comportamento similar com aquele modelo (LEFRANÇOIS, 2008). Assim, o Quadro 1 mostra os principais pontos favoráveis à Teoria Social Cognitiva de Bandura.

Quadro 1 – Principais pontos positivos sobre a teoria de Albert Bandura

PONTOS POSITIVOS
Integração do behaviorismo com o cognitivismo;
Valorização da interação social na aprendizagem;
Ser humano agente de suas ações;
Contribuições na influência da televisão nos atos de agressão e violência cometidos entre crianças e adultos;
Demonstra que as teorias não precisam ser estáticas e imutáveis.

Fonte: Os autores (2022)

Os pilares da teoria de Bandura são os quatro processos da aprendizagem por observação: atenção, retenção, reprodução e motivação. De acordo, com ele, para que aconteça a “imitação” de um modelo, é preciso que esses quatro fatores ocorram. Um ponto a destacar é que ele considera um modelo “[...] *qualquer representação de um padrão de comportamento*” (LEFRANÇOIS, 2008, p. 376, grifo do autor), desde uma pessoa, um livro, um computador, uma instrução ou até mesmo um modelo simbólico.

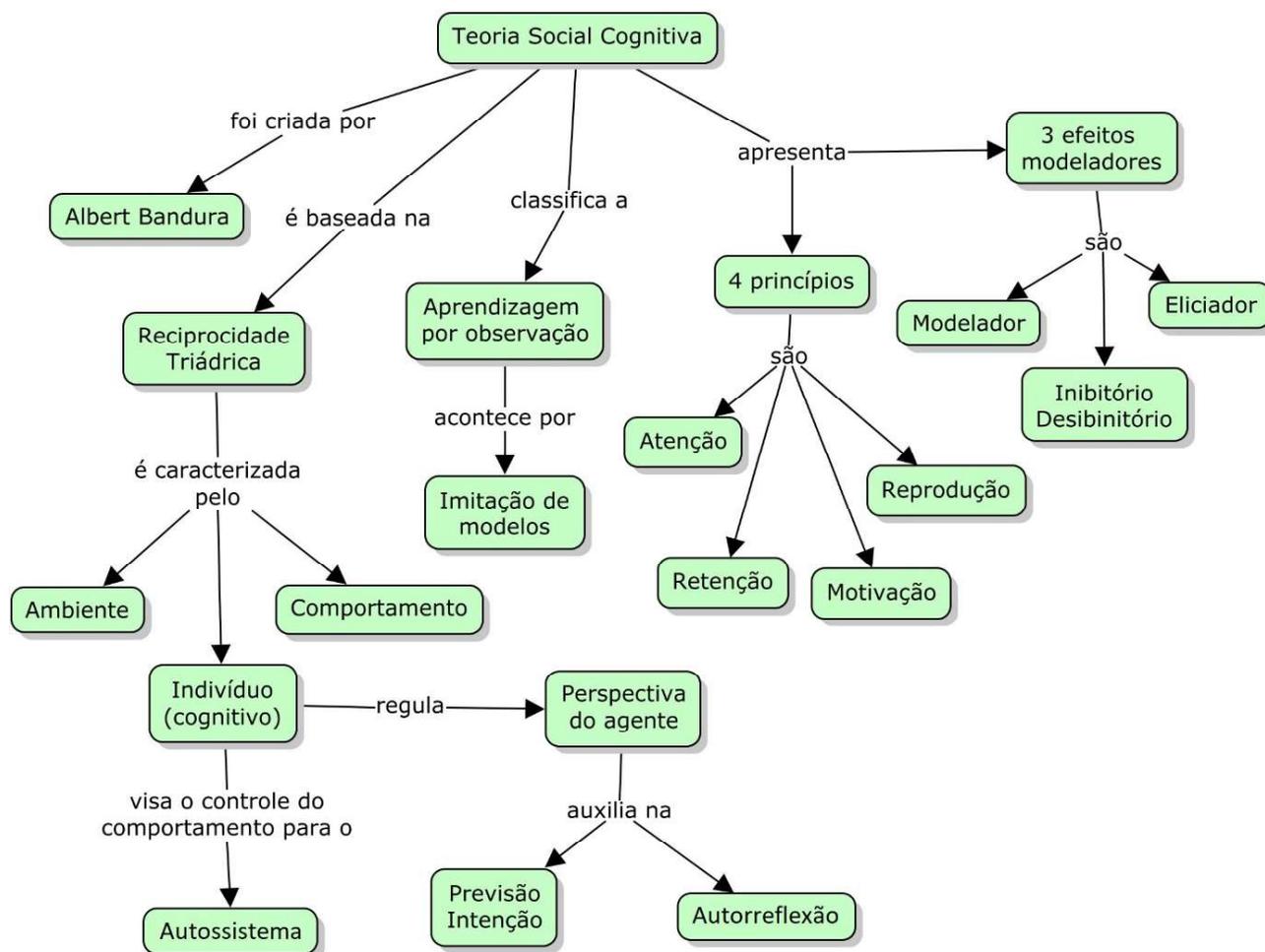
Outro conceito importante na teoria de Bandura é o determinismo recíproco, ou a reciprocidade triádica, que ele define como,

A teoria da aprendizagem social explica o comportamento humano em termos de uma interação recíproca contínua entre determinantes cognitivos, comportamentais e ambientais. No processo de determinismo recíproco, está a oportunidade de as pessoas influenciarem seu destino e limites da auto-direção. Essa concepção do funcionamento humano, então, não lança as pessoas ao papel de objetos impotentes controlados por forças ambientais, nem ao papel de agentes livres que podem-se tornar o que quiserem. A pessoa e o seu ambiente são determinantes recíprocos um do outro. (BANDURA, 1977b, p. vii *apud* HALL; LINDZEY; CAMPBELL, 2000, p. 460),

evidenciando a ideia de que o homem não é um ser passivo, mas agente de suas ações. Assim, outros dois conceitos centrais na teoria de Bandura, são os de autossistema e de autoeficácia, que estão diretamente relacionados ao sistema de controle de comportamento. A autoeficácia pode ser compreendida como a crença pessoal na sua capacidade em realizar determinada ação, princípio que vem sendo utilizado no Ensino de Ciências em trabalhos como o de Faustino e Seidl (2010) e Nunes, Albuquerque e Rocha (2018), demonstrando o potencial da Teoria Social Cognitiva na educação.

Em suma, a Teoria da Aprendizagem, de Albert Bandura, preconiza que aprendemos a partir da observação ou imitação de modelos, apresentando grandes possibilidades de aplicação nas várias áreas do conhecimento. A seguir, pode ser visto um mapa conceitual com as principais ideias que fundamentam a teoria em questão.

Figura 1 – Mapa mental da Teoria Cognitiva Social de Albert Bandura



Fonte: Os autores (2022)

DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS EM EVOLUÇÃO E A APLICAÇÃO DO MODELO TEÓRICO BANDURIANO PARA O DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM NO REFERIDO TEMA

No que se refere ao processo de ensino e aprendizagem, é comum os professores se depararem com alunos com dificuldades de aprendizagem. Nesse quesito, no que diz respeito ao Ensino de Ciências, em específico a Biologia, um dos seus temas estruturantes é a Evolução biológica. No entanto, esse conteúdo ainda apresenta grandes dificuldades tanto no ensino, quanto na aprendizagem. Trabalhos tais como o de Bizzo (1991), Santos e Bizzo (2000) e Rosa et al. (2002) demonstram que tanto estudantes quanto professores apresentam concepções distorcidas sobre o referido assunto.

Theodosius Dobzhansky (1973 *apud* CORRÊA *et al.*, 2010) discorre sobre a fundamental importância da evolução na compreensão dos conceitos biológicos, pois, sem ela, a Biologia seria apenas um amontoado de eventos, sem uma real significância.

Nesse sentido, Futuyma (2002) ressalta que a teoria da Evolução é considerada um conceito unificador da Biologia, uma vez que perpassa por quase todos os outros campos do conhecimento. Nesse mesmo aspecto, Meyer e El-Hani (2005) destacam o papel central que a evolução biológica

necessita ocupar no Ensino Médio devido ao seu caráter organizador do pensamento biológico, não podendo ser tratada como mais um conteúdo a ser ensinado junto aos demais assuntos da Biologia, visto que ela pode ser aplicada nos mais diversos campos do conhecimento. Assim, de acordo com Bizzo, Sano e Monteiro (2016), a Evolução não pode ser trabalhada como o último assunto a ser abordado no Ensino Médio ou uma das últimas disciplinas da Biologia no Ensino Superior, pois é um conceito amplo e está presente em toda a Biologia, não podendo ser compreendido de forma distorcida e fragmentada.

Nos documentos oficiais, como no caso dos PCN+, o tema origem e evolução da vida é reconhecido como um dos temas estruturadores da Biologia, trazendo orientações para que ele seja trabalhado de forma articulada com os outros conteúdos biológicos do Ensino Médio, ratificando o seu caráter central e unificador referente ao estudo da Biologia (BRASIL, 2006). No entanto, Cicillini (1993) já destacava que os conteúdos a respeito da evolução biológica quase não são tratados em sala de aula.

Para Oliveira, Menezes e Duarte (2017), a falta de compreensão dos docentes sobre a Teoria da Evolução pode acabar propiciando aos estudantes concepções distorcidas sobre o assunto. Nessa perspectiva, Coutinho, Santos e Martins (2012) destacam que parte das dificuldades na compreensão das teorias evolutivas se deve à falta de clareza dos pesquisadores da área, ao modo obscuro, incompleto ou inapropriado da utilização de conhecimentos técnicos e históricos da biologia evolutiva e, como consequência disso, o público leigo, acadêmicos e professores apresentam dificuldades em compreender a lógica do sistema de teorias evolutivas, essencialmente pelas infinitas concepções equivocadas repetidas há décadas pelos docentes, livros didáticos e até mesmo pelos meios de comunicação. Esses autores ainda salientam que aparece com frequência, tanto no Ensino Médio quanto no Superior, a ideia de grupos taxonômicos superiores, inferiores, primitivos e avançados, difundindo, assim, uma visão equivocada de hierarquia natural, que entende a Evolução como um progresso linear.

Outro aspecto importante que dificulta o ensino da teoria da Evolução e, conseqüentemente a aprendizagem, são as concepções criacionistas sobre a origem da vida, pois a religiosidade restringe ainda mais a abordagem do tema ao impedir a controvérsia sobre a origem da vida sob diferentes perspectivas. Assim, a falta de entendimento sobre as teorias evolutivas favorece sua negação (OLIVEIRA; MENEZES; DUARTE, 2017).

Segundo Mayer e El-Hani (2005), os pressupostos fixistas foram dominantes até meados do século 19, previam que as espécies eram imutáveis e pregavam existência de um Deus criador que fez o mundo tal como o conhecemos hoje e a diversidade que vemos na natureza era prova da bondade do Criador, não havendo relação entre as espécies. No entanto, o evolucionismo (ou transformismo) defendia o papel central da mudança no mundo natural, propondo então que os seres vivos não são imutáveis, tendo como as proposições dos precursores do evolucionismo, nos séculos 18 e 19, Buffon e Lamarck. Posteriormente, Charles Darwin publicou o livro *A origem das espécies*, no qual confirmava que os seres vivos sofrem modificações ao longo do tempo, a partir dos achados que ele coletou durante anos, a bordo do navio Beagle. A Teoria da Evolução de Darwin tinha como princípios norteadores os conceitos de seleção natural e adaptação.

Assim, Vargens e El-Hani (2011) ressaltam em seu trabalho que, na mesma proporção da sua importância, estão as dificuldades de ensino e aprendizagem da Teoria da Evolução, especialmente por vários dos conceitos trabalhados nesta área serem tanto complexos quanto abstratos. Contudo, as concepções de estudantes sobre Evolução têm sido bastante investigadas, objetivando conhecer como elas interagem com possíveis dificuldades na aprendizagem, como também orientar a construção de propostas pedagógicas que possam favorecer o ensino sobre este campo primordial da Biologia.

Dessa forma, de acordo com a perspectiva banduriana, podemos compreender a aprendizagem como um processo pelo qual reproduzimos modelos observados anteriormente, isto é, podemos dizer que aprendemos algo, quando somos capazes de imitar o que foi observado. Conforme exposto, o tema evolução é uma dificuldade de aprendizagem comum entre os estudantes, que apresentam distorções e concepções alternativas sobre o assunto. Mas então nos perguntamos, de que forma essa teoria poderia minimizar essas dificuldades?

Inicialmente, deve-se deixar claro o que se entende por aprendizagem social. Segundo Lefrançois (2008), ela pode apresentar dois significados: podendo se referir ao processo pelo qual aprendemos, isto é, pela interação social ou como um produto da aprendizagem, neste caso, referindo-se aos comportamentos socialmente aceitos. É a partir desses entendimentos que Albert Bandura desenvolveu sua teoria.

Dessa forma, o autor defende que é pela imitação de modelos que a aprendizagem acontece. Assim, não podemos deixar de levar em consideração o papel do professor nesse processo, pois, segundo Freire (2016 *apud* SANTOS, 2018), o ensino e a aprendizagem são processos indissociáveis, uma vez que não há ensino sem aprendizagem e nem aprendizagem sem ensino.

No entanto, segundo Chassot (2003), um dos índices de eficiência do professor era a quantidade de páginas repassada para o aluno e um estudante competente era aquele que sabia o que tinha sido depositado pelo professor, ficando evidente que o que importava era a quantidade de conteúdos depositados nos alunos de forma passiva, sendo o ensino de Ciências a mera memorização de fórmulas, nomes científicos, sem entenderem o real significado desses termos (SANTOS, 2007), tratando-se de um ensino descontextualizado da realidade dos alunos, já que decoram para a prova e, logo em seguida, esquecem.

Diante disso, em consonância com a ideia de que aprendemos por meio de modelos, o trabalho de Oliveira, Menezes e Duarte (2017) explicita a falta de compreensão dos professores sobre a Teoria da Evolução, influenciando nas concepções distorcidas dos estudantes sobre o assunto, uma vez que eles imitam o que é propagado pelo professor. Assim, concordamos com Santos (2018) quando a autora defende, com base nas ideias da Teoria Social Cognitiva de Bandura, que o professor como mediador do fazer pedagógico interfere na imagem que o aluno faz do objeto de estudo, nesse caso, a evolução.

Assim, uma proposta de ensino sob a lente do modelo teórico de Bandura considera o aluno centro do processo, pois defende que o ser humano é agente de suas ações e valoriza a interação social na aprendizagem. Dessa forma, o professor pode trabalhar com atividades em grupos, debates

de forma bem articulada, saindo do tradicionalismo das aulas expositivas e vislumbrando, assim, diminuir as dificuldades encontradas pelos alunos.

Nessa perspectiva, um conceito-chave na Teoria da Evolução é o de seleção natural (VARGENS; EL-HANI, 2011) e uma alternativa para facilitar a sua compreensão é o uso do jogo didático “Clipsitacídeos”, de Reis et al. (2013). Esse jogo é derivado do *Clipbirds*, criado por Janulaw e Judy Scotchmoor, da Universidade da Califórnia, em Berkeley. Ele imita um processo de mudança populacional devido às alterações do regime seletivo, em específico, a disposição de alimentos, em um contexto de separação geográfica e isolamento reprodutivo de uma população inicial de pássaros que apresentam variação nos tamanhos de seus bicos. No desenvolvimento do jogo, os alunos são separados em duas populações com cliques que simbolizam os bicos das aves e o alimento é representado por sementes de tamanhos diferentes, as quais os alunos precisam coletar em um determinado tempo. Inicialmente, o professor conta uma história bem empolgante chamada de “Terra dos Cliques” para apresentar todo esse enredo e assim começar a atividade. Com isto, é possível discutir variação fenotípica, seleção natural, especiação, entre outros conceitos (REIS *et al.*, 2013). Depois da execução do jogo, pode-se pedir aos alunos que construam mapas mentais como forma de articular os conceitos trabalhados. Portanto, sob o olhar da Teoria Social Cognitiva, ao observarem os modelos, no caso, os cliques que representavam os bicos dos pássaros, os alunos compreenderiam como acontece o processo de seleção natural.

Portanto, é de extrema importância que o professor tenha conhecimento das diferentes abordagens das Teorias da Aprendizagem para assim planejar seu trabalho pedagógico de acordo com um referencial teórico, tendo claro quais objetivos deseja alcançar. Nesse aspecto, a Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura apresenta grandes potencialidades no ensino de Ciências, principalmente por propiciar a interação social dos alunos, mas também por possibilitar que os professores trabalhem na sala de aula o princípio da autoeficácia dos alunos, fazendo com que eles acreditem em sua capacidade de realizar as tarefas propostas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura trouxe várias contribuições no campo da aprendizagem, como o experimento com o “João-Bobo”, no qual ele apresenta evidências que a exposição a modelos agressivos pode desencadear comportamentos agressivos por imitação. No entanto, no que tange à educação, no aspecto da observação ou da imitação, os professores podem utilizar modelos não apenas no que dizem, mas também no que fazem, servindo de referência para os alunos. Nesse aspecto, o professor pode utilizar a autoeficácia como uma ferramenta para incentivar os alunos, em razão de exercer uma influência de persuasão sob eles e, assim, encorajá-los a acreditarem no seu potencial, evitando comparações e a competição entre eles, respeitando as especificidades de cada um. Dessa forma, cabe ao professor auxiliar no processo de aprendizagem, encorajando seus alunos a alcançarem os objetivos propostos. Portanto, essa teoria pode trazer contribuições significativas para se trabalhar as dificuldades de aprendizagem sobre o tema Evolução.

REFERÊNCIAS

- BARTELMEBS, R. C. Resenhando as estruturas das revoluções científicas de Thomas Kuhn. *In: Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 14, n. 3, set./dez. 2012. Belo Horizonte. p. 351-358. Minas Gerais: Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/7yjtkd74BffSn5fjkj84JYt/?lang=pt>>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.
- BIZZO, N. M. V.; SANO, P. T.; MONTEIRO, P. H. N. Registros escritos do conhecimento mútuo entre Gregor Mendel e Charles Darwin: uma proposta para trabalho em sala de aula com história contrafactual da ciência e didática invisível. *In: DESSEN, Eliana Maria (org.). Genética na Escola*, v. 11, n. 2, 2016. P. 294-309. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2016. Disponível em: < https://ced070d-0e5f-43ae-9b1c-ae006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_13eb5110148b47fdb310bc5593228597.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros curriculares nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2006. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *In: Revista Brasileira de Educação*, n. 22, 2003. p. 89-100. Rio de Janeiro: ANPEd, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- CICILLINI, G. A. A evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de biologia no 2.º grau. *In: Revista Educação e Filosofia*, Uberlândia, v. 7, n. 14, jul./dez. 1993. p. 17-37. Uberlândia: UFU, 1993. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/EducacaoFilosofia/article/view/1069>>. Acesso: 16 ago. 2021.
- CORRÊA, A. L. *et al.* História e filosofia da biologia como ferramenta no ensino de evolução na formação inicial de professores de biologia. *In: Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 2, 2010. p. 217-237. [s.l.]: Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia, 2010. Disponível em: < <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-05-2/FHB-v05-n2-12.html>>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- COUTINHO, F. A.; SANTOS, F. R.; MARTINS, R. P. As dificuldades na compreensão do sistema de teorias evolutivas. *In: Ciência em Tela*, v. 5. n. 1, 2012. p.1-8. Disponível em: < http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0112_coutinho.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- FAUSTINO, Q. M.; SEIDL, E. M. F. Intervenção cognitivo-comportamental e adesão ao tratamento em pessoas com HIV/AIDS. *In: Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 26, n. 1, jan./mar. 2010. p. 121-130. Brasília: UNB, 2010. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0102-37722010000100014>>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- FUTUYMA, D. J. (org.). **Evolução, ciência e sociedade**. São Paulo: SBG, 2002.
- HALL, C. S.; LINDZEY, G.; CAMPBELL, J. B. **Teorias da personalidade**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MACEDO, D. M. C.; GHEDIN, E. As contribuições da psicologia da aprendizagem de Albert Bandura e a educação em ciências. *In*: GHEDIN, E. **Teorias psicopedagógicas do ensino aprendizagem**. Boa Vista: UERR Editora, 2012.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução**: o sentido da biologia. São Paulo: EdUnesp, 2005.

NUNES, R. P.; ALBUQUERQUE, G. A.; ROCHA, I. S. Autoeficácia para o uso do preservativo: construindo uma proposta de intervenção para a prevenção de IST no Ensino Médio. *In*: CEDUCE – COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO, CIDADANIA E EXCLUSÃO: SABERES DA DIDÁTICA E AS VOZES DA ESCOLA, 5, 2018, Niterói. **Anais**. Campina Grande: Realize Eventos e Editora, 2018. v. 2.

OLIVEIRA, C. L. C.; MENEZES, M. C. F.; DUARTE, O. M. P. O ensino da teoria da evolução em escolas da rede pública de Senhor do Bonfim: análise da percepção dos professores de ciências do ensino fundamental II. *In*: **Revista Exitus**, v. 7, n. 3, set./dez. 2017, Santarém/PA, p. 172-196. Pará: UFOPA, 2017. Disponível: < <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2017v7n3ID353>>. Acesso em: 16 ago 2021.

REIS, V. P. G. S. *et al.* O jogo dos clipsitacídeos: uma simulação do processo de seleção natural como estratégia didática para o ensino de evolução. *In*: **Ciência em Tela**, v. 6, n. 2, 2013. p.1-18. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.

ROSA, V. L. *et al.* O tema evolução entre professores de biologia não-licenciados - dificuldades e perspectivas. *In*: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA. 8, 2002, São Paulo. **Anais. São Paulo**: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2002.

SANTOS, E. S. Modelo Teórico Banduriano para Promoção da Aprendizagem de Fotossíntese no Ensino de Ciências. *In*: FONSECA, L. S.; SILVA, K. S. (org.). **Modelos teóricos de aprendizagem**: bases para sequências de ensino em ciências e matemática. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2018.

SANTOS, S.; BIZZO, N. O ensino e a aprendizagem de evolução biológica no cotidiano da sala de aula. *In*: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 7, 2000, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2000.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *In*: **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, 2007. Rio de Janeiro: Editora Autores Associados, 2007. Disponível em: < https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12135/1/ARTIGO_EducacaoCientificaPerspectivaLetramento.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

VARGENS, M. F.; EL-HANI, C. N. Análise dos efeitos do jogo Clipsitacídeos (Clipbirds) sobre a aprendizagem de estudantes do ensino médio acerca da evolução. *In*: **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 1, 2011. p. 143-168. Disponível em: < <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4131>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

CAPÍTULO

CAPÍTULO 05

MOTIVAÇÃO NAS AULAS DE MATEMÁTICA: ARTICULAÇÃO ENTRE A HIERARQUIA MASLOWRIANA E A METODOLOGIA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Nailys Melo Sena Santos¹

Denize da Silva Souza²

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este artigo tem como objetivo apresentar uma discussão sobre a metodologia Resolução de Problemas como uma maneira de propor aulas de matemáticas que possibilitem motivação para o aluno estudar a disciplina, uma vez que, dados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) e pesquisas na área de Educação Matemática, como estudos de Onuchic, apontam a ausência de motivação dos alunos para a aprendizagem matemática como uma das causas de fracasso nesta disciplina. A partir da articulação entre a metodologia Resolução de Problemas e a Teoria da motivação de Maslow, verificamos que a aplicação da referida metodologia em sala de aula abre possibilidades de motivar o aluno a ter interesse e compreender os novos conceitos matemáticos que estiverem sendo propostos em aula. Ao final da discussão, apresentaremos uma proposta de ensino em relação ao Teorema de Tales, exemplificando uma aplicação da Resolução de Problemas.

INTRODUÇÃO

Nossa experiência docente tem nos evidenciado o fracasso dos alunos na disciplina Matemática. Jesus (2011) afirma que, nessa disciplina, o fracasso dos alunos reflete uma realidade mundial, conforme dados apontados pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) e

1 Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe (PPGECIMA/UFS). E-mail: nailys_sena@hotmail.com

2 Doutora em Educação Matemática (UNIAN-SP). Professora do Departamento de Matemática (DMA/UFS/Campus São Cristóvão) e do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe (PPGECIMA/UFS). E-mail: denize.souza@hotmail.com

por pesquisas na área da Educação Matemática. Entretanto, entre outras causas, a desmotivação de alunos para a aprendizagem escolar tem justificado essa problemática.

Conforme enfatizado por Moretti (2009), a qualidade da aprendizagem escolar depende preponderantemente da motivação. Nesse sentido, a motivação é o impulso que move o indivíduo, um fenômeno psicológico que pode levar efetivamente ao alcance de objetivos.

Jesus (2011) atribui alguns fatores para essa desmotivação, entre os quais podemos citar a apresentação de conteúdos sem sentido para o aluno e o uso de metodologias de ensino tradicionais. Nessa perspectiva, a Educação Matemática é uma área de estudos e pesquisas que tem como uma das finalidades principais desenvolver, testar e divulgar métodos inovadores para o ensino da Matemática com significado, de forma a contribuir para a solução de alguns obstáculos encontrados pelos educadores matemáticos no decorrer de sua prática (MENDES, 2008).

Há diferentes tendências metodológicas em Educação Matemática que oferecem contribuições para o ensino de Matemática, como a Resolução de Problemas. Segundo Mendes (2008), essa metodologia.

[...] visa ao desenvolvimento de habilidades metacognitivas, favorecendo a todo o momento a reflexão e o questionamento. O aluno aprende a pensar por si mesmo, levantando hipóteses, testando-as, tirando conclusões e até discutindo-as com os colegas. (MENDES, 2008, p. 28)

Assim, temos como objetivo para este artigo apresentar uma discussão sobre essa metodologia de Resolução de Problemas como uma maneira de propor aulas de Matemática que possibilitem o aluno se motivar a estudar a disciplina. Para tanto, proporemos uma articulação entre essa metodologia e a hierarquia da necessidade de Maslow. Maslow foi um dos teóricos que desenvolveu uma teoria sobre as necessidades humanas. De acordo com o teórico, a motivação humana é gerada pela privação das suas necessidades. Portanto, apresentaremos, no próximo tópico, um entendimento sobre a Teoria Maslowiana.

A TEORIA DA MOTIVAÇÃO HUMANA

A teoria da motivação humana foi proposta por Abraham Harold Maslow, considerado um dos principais nomes precursores da Psicologia Humanista. Maslow nasceu no dia 1.º de abril de 1908, em Brooklyn; casou-se com uma prima (Bertha Goodman) em 1928 e entrou na Universidade de Wisconsin, onde concluiu a graduação em 1930, o mestrado em 1931 e o doutorado em 1934, em Psicologia, curso pelo qual era apaixonado. Após o doutorado, passou a trabalhar como docente, nessa mesma universidade. Maslow passava seu tempo na universidade trabalhando com Harry Harlow, famoso por seus experimentos com bebês-macacos e o comportamento de apego (BRANCO; SILVA, 2017).

Em continuidade aos seus estudos e trabalhos, no ano 1935, Maslow se tornou assistente de investigação na Universidade de Columbia, trabalhando com E. L. Thorndike, e passou a se interessar pelo estudo da sexualidade humana. Entre 1937 e 1951, trabalhou na Universidade de Brooklyn, período que lhe deu oportunidade de fazer contatos com muitos intelectuais europeus, como Adler,

Fromm, Horney, além de vários psicólogos freudianos e da Gestalt que estavam migrando para os Estados Unidos e, em particular, para o Brooklyn.

Em 1951, aceitou o cargo de Diretor do Departamento de Psicologia da Universidade de Brandeis, onde conheceu Kurt Goldstein, que concebeu originalmente a ideia de autorrealização (esse termo também foi usado por Maslow na sua teoria da motivação) em seu famoso livro *O organismo* (1934). Em 1968, Maslow foi presidente da *American Psychology Association* (APA) e, em 1969, deixou a Universidade de Brandeis e aceitou um convite para ser membro residente da Fundação Laughlin. Maslow faleceu no dia 8 de junho de 1970, aos 62 anos de idade, após um ataque cardíaco (BRANCO; SILVA, 2017).

Maslow teve em sua formação influências das grandes escolas da Psicologia, desde a escola behaviorista, que formou os psicólogos da sua época. Estudou Psicanálise com Kardiner, Erich Fromm, Karen Horney e estudou Gestalt em Nova Iorque. Ainda obteve contribuições da Antropologia com Ruth Benedict, Margareth Mead e Ralph Linton (SAMPAIO, 2009).

Dentre suas publicações, em 1943, Maslow publicou o artigo *A Theory of Motivation*, cujas críticas que tecia a respeito da Psicologia behaviorista e da psicanálise de Freud lhe renderam a marginalização pela comunidade acadêmica, passando a ter dificuldades em publicar seus textos. Assim, ele criou uma lista de correspondências, chegando ao número de 125 nomes, em 1954, com os quais trocava trabalhos (foi criada a Rede Eupsiquiana). Nesse mesmo ano, Maslow publicou o livro *Motivation and Personality*, no qual fez a republicação de seu artigo de 1943. No prefácio que antecede a teoria, aproveitou para apresentar maiores informações a respeito do objetivo da sua teoria. Juntamente com Anthony Sutich, Maslow transformou sua Rede Eupiquina nos primeiros assinantes do *Journal of Humanistic Psychology* (JHP) em 1961; no ano seguinte, publicou o livro *Towards a Psychology of Being*. Em 1963, Maslow e Anthony Sutich fundaram a *Association for Humannistic Psychology* (AHP).

No prefácio do livro *Towards a Psychology of Being*, Maslow definiu a psicologia humanista como “terceira força” ou “Teoria da natureza humana”. No mesmo livro, ele teceu críticas ao behaviorismo e sua visão limitada do homem, pois, para Maslow (1992), um indivíduo é mais do que a soma de cada comportamento. Criticava a visão do homem de Freud, centrada no lado negro do ser humano e ao fato de os estudos desenvolvidos na Psicanálise serem com indivíduos neuróticos e psicóticos. Isso, segundo Maslow (1992), produzia uma psicologia mutilada e uma filosofia frustrada. Portanto, a Psicologia Humanista apresentava uma imagem nova do homem, em sua totalidade, novos caminhos de perceber e pensar, novas concepções éticas e axiológicas e novos rumos por onde enveredar.

Ainda, segundo Maslow (1992), os seres humanos são motivados quando sentem desejo, carência, anseio, desejo ou falta. Dessa forma, a gratificação se torna tão importante quanto o conceito de privação para a Teoria da Motivação, uma vez que a gratificação reduz o desconforto, pois libera o organismo da dominação de uma necessidade, sendo o agente motivador do comportamento humano.

Maslow classifica as necessidades humanas básicas em cinco grupos (Quadro 1): necessidades fisiológicas, de segurança, de amor, de estima e de autorrealização.

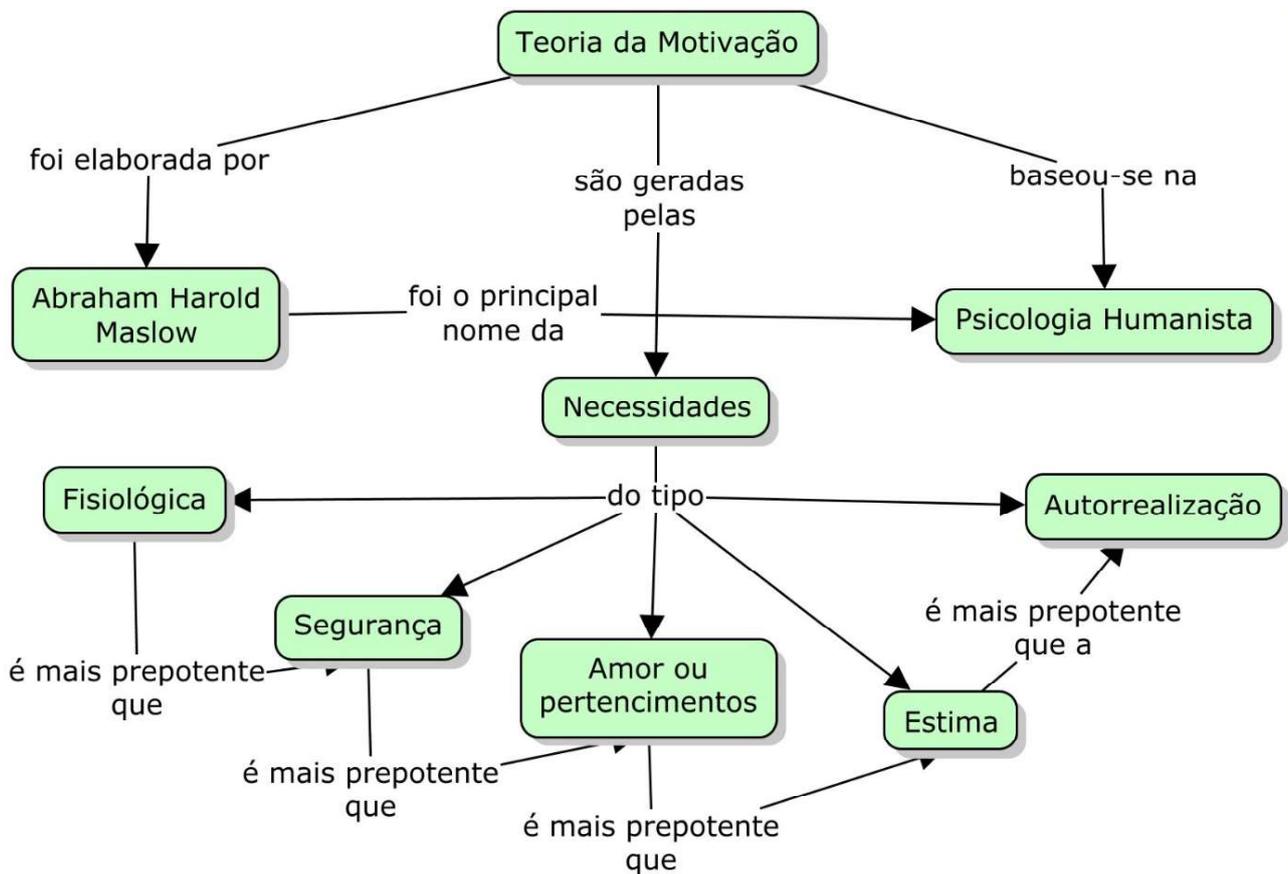
Quadro 1 – Necessidades humanas segundo a Teoria da Motivação de Maslow

NECESSIDADES HUMANAS BÁSICAS	DESCRIÇÃO
Necessidades fisiológicas	As mais prepotentes de todas as necessidades: fome, sede, sono, sexo etc.
Necessidade de segurança	Compreende as ideias de estabilidade, proteção, segurança física e emocional.
Necessidade de amor	Relações afetivas com as pessoas em geral, amor, afeto e pertencimento.
Necessidade de estima	Elevado de avaliação de si mesmos, confiança em face do mundo, autor-respeito, autoestima, desejo de reputação ou prestígio, reconhecimento, atenção, importância ou apreciação, estima dos outros.
Necessidade de autorrealização	Tendência para se tornar atualizado no que se é potencialmente, para se tornar tudo o que se é capaz de se tornar.

Fonte: Maslow (1943)

O autor explica que as necessidades humanas básicas são organizadas em uma hierarquia de prepotência relativa, ou seja, quando uma necessidade é satisfeita, novas necessidades surgem e assim por diante. Sem dúvida, as necessidades fisiológicas, como comer, dormir, beber água são as mais prepotentes de todas as necessidades. Sintetizamos a proposta de Maslow referente às necessidades básicas no mapa conceitual a seguir (Figura 1).

Figura 1 – Mapa conceitual sobre a teoria da motivação



Fonte: As autoras (2022)

De acordo com Maslow (1943; 1953), a forma específica que essas necessidades terão vontade de curso variam muito de pessoa para pessoa, uma vez que, quando se fala de hierarquia, tem-se a falsa impressão de que a necessidade deve ser 100% satisfeita para emergir a necessidade seguinte. Entretanto, os indivíduos de uma sociedade são, ao mesmo tempo, parcialmente satisfeitos e parcialmente insatisfeitos em todas as suas necessidades básicas.

Ainda, para Maslow (1954), há duas outras necessidades básicas do ser humano que não são possíveis posicionar na hierarquia das necessidades humanas. As necessidades de saber e compreender: necessidades cognitivas que são impulsos para satisfazer a curiosidade, para saber, explicar e compreender. A segunda necessidade é a de estética: necessidades de ordem, simetria, encerramento, completude do ato, sistema e estrutura.

Mesmo não estabelecendo um lugar específico para a necessidade de saber e compreender na hierarquia, a afirmativa de Maslow (1992) é que a curiosidade e a exploração constituem necessidades superiores à segurança, ou seja, a necessidade de segurança é prepotente e mais forte do que a curiosidade. Para ele, há muitas maneiras de enfrentar e combater as ansiedades provocadas pela falta de segurança e algumas delas são cognitivas.

Para uma tal pessoa, o insólito, o vagamente percebido, o misterioso, o oculto, o inesperado, são coisas suscetíveis de representar ameaças. Uma forma de torná-las familiares, previsíveis, controláveis, isto é, não assustadoras e inofensivas, é conhecê-las e compreendê-las. E, assim, o conhecimento pode ter não só uma função de estímulo ao desenvolvimento, mas também uma função de redução de ansiedade, uma função homeostática protetora. (MASLOW, 1992, p. 92)

Portanto, as necessidades de segurança estão relacionadas às necessidades cognitivas, no que se refere à finalidade de alívio de ansiedade. Um indivíduo, quando está livre de ansiedade, pode se tornar mais audacioso e mais corajoso a estudar por amor ao próprio conhecimento. Assim, segundo Maslow (1992, p. 95), “parece muito claro que a necessidade de saber, se for bem entendida, deve ser integrada com o medo de conhecimento, com a ansiedade, com as necessidades de segurança e proteção”.

É nessa relação dialética de vaivém entre a necessidade de saber e o medo do desconhecido que enxergamos a articulação entre a Teoria da Motivação de Maslow e a metodologia Resolução de Problemas. Essa metodologia tem se mostrado importante no cenário da Educação Matemática nos processos de ensino e aprendizagem, discutidos em pesquisas de todo o mundo.

METODOLOGIA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E TEORIA DA MOTIVAÇÃO

De acordo com Miranda (2015), alguns pesquisadores destacam-se nos estudos com a Resolução de Problemas, como Polya (1962, 1978), Schoenfeld (1985), Onuchic (1999) e Walle (2009). Entretanto, Miranda (2015), corroborando com Mendes (2008), atribui a Polya os trabalhos iniciais, nos quais abordou os modos como planejar e resolver problemas (POLYA, 1978) e o descobrimento matemático (POLYA, 1962) por meio da Resolução de Problemas. De acordo com Mendes (2008), Polya estabeleceu os seguintes objetivos da resolução de problemas:

- Analisar os processos matemáticos estabelecidos pelos bons resolvedores de problemas matemáticos;
- Melhorar as habilidades de resolução de problemas nas aulas de matemática, considerando para isso os processos estabelecidos para um bom resolvidor de problemas;
- Propor uma metodologia de trabalho docente envolvendo a técnica de resolução de problemas nas aulas de matemática. (MENDES, 2008, p. 29)

Foi a partir da década de 1980 que iniciaram os estudos, as discussões e análises sobre Resolução de Problemas como metodologia de ensino e ponto de partida e meio de ensinar Matemática. Nos Estados Unidos, a *National Council of Teacher of Mathematics* (NCTM), reconhecida associação norte-americana de professores de Matemática, dedicou a publicação anual à Resolução de Problemas nessa mesma década, indicando que a Resolução de Problemas deveria ser o foco da matemática escolar (ONUCHIC, 2013).

As discussões começaram a ser mais intensas no final da década de 1980, e passaram a ser um lema na década 1990. De acordo com Miranda (2015), enfatizou-se o potencial da Resolução de Problemas como um ensino que proporciona aprendizagem com compreensão e significado.

Pautando-se nos estudos de Onuchic e Allevato (2011), Miranda (2015) destaca que, a partir dos anos 2000, a Resolução de Problemas passou a ser concebida como uma metodologia de ensino-aprendizagem de Matemática pelos educadores matemáticos. Nessa perspectiva, “o problema é visto como ponto de partida para a construção de novos conceitos e novos conteúdos; os alunos sendo coconstrutores de seu próprio conhecimento e os professores os responsáveis por conduzir esse processo” (ONUCHIC; ALLEVATO, 2011 *apud* MIRANDA, 2015, p. 23).

Os estudos e as pesquisas realizados nas últimas décadas com enfoque na Resolução de Problemas e sua aplicação geraram diversas abordagens enquanto método eficiente para trabalhar diversos conceitos matemáticos. No Brasil, a pesquisadora Onuchic tem um Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas (GTERP), com suas origens no início da década de 1990. Esse grupo tem trabalhado a Resolução de Problemas como a “Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas” (GTERP). De acordo com Onuchic (2013),

[...] essa metodologia integra uma concepção mais atual de avaliação. Ela, a avaliação, é construída durante a resolução do problema, integrando-se ao ensino com vistas a acompanhar o crescimento dos alunos, aumentando sua aprendizagem e reorientando as práticas em salas de aula quando for necessário. (ONUCHIC, 2013, p. 12)

No GTERP, as pesquisas realizadas em sala de aula com o uso dessa metodologia têm por objetivo o processo de ensino-aprendizagem-avaliação. Assim, a metodologia se apresenta de forma que professor e alunos desenvolvem, juntos, o trabalho e a aprendizagem. Para a aplicação da Resolução de Problemas em sala de aula em uma forma prescritiva ao professor, o grupo elaborou e fez uso de um roteiro de atividades destinado à orientação de professores para a condução de suas aulas. Explanaremos esse roteiro de forma a verificar a articulação da aplicação dessa metodologia em sala de aula com a Teoria da Motivação de Maslow.

O primeiro passo é a “Preparação do problema”, no qual se deve selecionar um problema (chamado problema gerador). Desse problema, os alunos construirão um novo conceito, princípio ou procedimento. Portanto, o conteúdo matemático necessário para a resolução do problema proposto ainda não terá sido trabalhado em sala de aula. Entrega-se para cada aluno uma cópia do problema, para que ele faça a leitura, como execução do segundo passo, a “Leitura individual”.

Nos dois primeiros passos, o aluno se depara com um problema que de imediato não poderá ser resolvido a partir dos conhecimentos que já tem. Nesse caso, o aluno se encontra diante de um conteúdo matemático que ainda não conhece. Logo, o problema provocará no aluno a necessidade de se sentir seguro (necessidade de segurança), uma vez, que para ele, a resolução está oculta ou é vagamente percebida.

O terceiro passo é a “Leitura em conjunto”, ou seja, os alunos em grupos realizarão uma nova leitura do problema. Nesse passo, o próprio professor pode auxiliar os alunos, lendo e os motivando a interpretar o problema. Nesse passo, diante da motivação que se espera ter sido gerada, a partir da necessidade de segurança gerada nos passos anteriores, os alunos mobilizarão seus conhecimentos prévios. No quarto passo, “Resolução do problema”, em um trabalho cooperativo e colaborativo, os alunos buscam resolvê-lo, em seus grupos, somando seus conhecimentos.

Na quinta etapa, “Observar e incentivar”, o professor observa, analisa o comportamento dos alunos e estimula o trabalho em busca da resolução do problema, incentivando a troca de ideias entre eles. “O professor incentiva os alunos a utilizarem seus conhecimentos prévios e técnicas operatórias já conhecidas necessárias à resolução do problema proposto” (ONUChic, 2013, p. 13).

O professor pode incentivar os alunos na escolha de maneiras diferentes a partir dos conhecimentos que já dispõem e dos métodos que já conhecem. O professor também deve estar atento para atender as dificuldades dos alunos, de modo que o aluno se sinta motivado a resolver o problema. Na etapa seis, “Registro das resoluções na lousa”, os representantes de cada um dos grupos serão convidados a registrar suas resoluções na lousa, para que todos os alunos as analisem e discutam, independentemente de serem resoluções certas, erradas ou apresentadas por diferentes processos.

A sétima etapa, “Plenária”, é um momento bastante rico para a aprendizagem. Nessa etapa, o professor tem o papel de guia e mediador. Convida todos os alunos para realizarem uma discussão em relação às diferentes resoluções registradas na lousa, incentivando a participação ativa e efetiva de todos os alunos, para defenderem seus pontos de vista e esclarecerem suas dúvidas.

Logo após serem sanadas as dúvidas e analisadas as resoluções obtidas para o problema, na oitava etapa, “Busca de consenso”, o professor estará motivando os alunos a fazerem um acordo sobre o resultado correto. Na última etapa, “Formalização do conteúdo”, o professor registrará na lousa uma apresentação organizada e estruturada em linguagem matemática da resolução do problema, padronizando os conceitos, os princípios e os procedimentos construídos, destacando as diferentes técnicas operatórias e as demonstrações das propriedades qualificadas sobre o assunto (ONUChic, 2013).

Nesse momento, o que era oculto para os alunos, torna-se familiar pelo fato de ele passar a conhecer quais conceitos estavam implícitos no enunciado do problema ou para resolvê-lo. Ao conhecer os conceitos explorados no problema proposto, espera-se que tenham compreendido não somente a resolução do problema, mas, sobretudo, os conceitos explorados durante a resolução. Nesse caso, o conhecimento matemático desenvolvido no aluno cumpre com as funções descritas de Maslow (1992) de estímulo ao desenvolvimento e redução de ansiedade.

Com base nessa articulação, apresentaremos uma proposta de ensino com base na metodologia de Resolução de Problemas para o ensino de um conteúdo matemático. A partir das buscas por um conteúdo na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), verificamos que o documento sugere que “a geometria envolve o estudo amplo de conceitos e procedimentos necessários para resolver problemas do mundo físico e de diferentes áreas do conhecimento” (BRASIL, 2017, p. 267). Dessa forma, escolhemos o conteúdo geométrico “Teorema de Tales” para apresentar uma proposta de ensino com base na Resolução de Problemas, uma vez que a BNCC ainda destaca a aproximação da geometria com os outros campos matemáticos, salientando que ela não pode ficar reduzida à mera aplicação de fórmulas nem a aplicações numéricas.

Quadro 1 – Proposta de ensino

Teorema de Tales	
Objetivos: Calcular a altura da pirâmide a partir da medida da sombra dela para obtenção do Teorema de Tales sobre o feixe de retas paralelas cortadas por duas transversais.	Conceitos anteriores: Semelhança de triângulos e proporcionalidade.
Duração: 2 aulas de 50 minutos	Recursos: Papel, lápis e borracha.
Público-alvo: Estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental.	Avaliação: Análise do resultado do desafio proposto.
<p>Procedimentos:</p> <p>O professor contará aos alunos um pouco sobre quem foi Tales de Mileto. Em seguida, o professor deverá propor aos alunos o desafio que foi proposto a Tales, em uma de suas viagens ao Egito, para medir a altura da grande pirâmide de Quéops. Lançado o desafio (problema gerador), os alunos realizarão as etapas da metodologia Resolução de Problemas, desenvolvida por Onuchic. Após a busca do consenso para a resolução do desafio pelos alunos, o professor deverá formalizar a resolução e enunciar o Teorema de Tales, a partir do desafio resolvido.</p>	

Fonte: As autoras (2022)

Consideramos importante destacar que, no atual documento curricular – BNCC –, esse teorema não é apresentado de forma explícita como objeto de conhecimento. Uma vez que é explorado no 9.º ano, ele aparece sob o objeto denominado “retas paralelas cortadas por transversais: teoremas de proporcionalidade e verificações experimentais” (BRASIL, 2017, p. 270). Isso remete ao professor apresentar problemas que evidenciem situações experimentais, como destacamos na nossa proposta, fazendo relações com a propriedade fundamental da proporcionalidade. O documento ainda destaca quais habilidades precisam ser desenvolvidas pelos alunos a cada objeto de conhecimento proposto. Nesse caso, são indicadas duas habilidades, as quais, embora a ênfase seja dada ao teorema de Pitágoras, não invalidam o professor apresentar o teorema de Tales, pois se trata de uma importante ferramenta tecnológica a ser aplicada nos mais diferentes problemas matemáticos envolvendo semelhança de triângulos.

(EF09MA13) Demonstrar relações métricas do triângulo retângulo, entre elas o teorema de Pitágoras, utilizando, inclusive, a semelhança de triângulos.

(EF09MA14) Resolver e elaborar problemas de aplicação do teorema de Pitágoras ou das relações de proporcionalidade envolvendo retas paralelas cortadas por secantes. (BRASIL, 2017, p. 271).

Observa-se que o documento aponta a Resolução de Problemas como uma das habilidades que precisa ser desenvolvida pelo aluno. Para tanto, as aulas de Matemática precisam também ser mais dinâmicas, de modo que os alunos, independentemente de quais conteúdos sejam explorados nos problemas propostos, sintam-se motivados a resolvê-los, interessando-se a estudar e aprender Matemática. Uma forma de ver significado nos conceitos matemáticos e sentido para aprendê-los.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Resolução de Problemas tem se tornado uma importante metodologia no ensino de Matemática, oferecendo uma alternativa ao ensino tradicional, no desenvolvimento de conceitos matemáticos. A partir dessa metodologia, os alunos podem ver os conhecimentos e procedimentos matemáticos surgirem com significado ao mesmo tempo em que desenvolvem capacidades matemáticas, como o raciocínio matemático e a comunicação matemática.

Além disso, essa metodologia pode viabilizar ao aluno a motivação para a aprendizagem dos conteúdos matemáticos. A partir deste artigo, foi possível verificarmos que, de acordo com a Teoria da Motivação de Maslow, o aluno pode ser motivado – a partir da proposta de Resolução de Problemas em sala de aula, principalmente, se for apresentada de acordo com as etapas do GTERP –, diante de um problema, a buscar estratégias para, a partir da resolução desse problema, ser capaz de desenvolver e compreender um novo conteúdo matemático.

REFERÊNCIAS

- BRANCO, P. C. C.; SILVA, L. X. B. Psicologia Humanista de Abraham Maslow: recepção e circulação no Brasil. *In: Revista da Abordagem Gestáltica*, v. 23, n. 2, mai./ago. 2017. p. 189-199. Disponível em: < http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68672017000200007>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017.
- JESUS, A. G. de. **A motivação para aprender matemática no 9.º ano do ensino fundamental**: um estudo do potencial dos materiais manipulativos e da construção de objetos na aprendizagem de área de polígonos e volume de prismas. 2011. Dissertação (Mestrado profissional em educação matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2011.
- MASLOW, A. H. **Introdução à psicologia do ser**. Tradução: Alexsandro Cabral. Rio de Janeiro: Eldorado, 1992. (originalmente publicado em 1962).
- MASLOW, A. H. A theory of human motivation. *In: Psychological Review*, v. 50, n. 4, 1943. p. 370-396. Disponível em: < <https://doi.apa.org/doi/10.1037/h0054346>>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- MASLOW, A. H. **Motivation and personality**. New York: Harper, 1954.
- MENDES, I. A. **Tendências metodológicas no ensino de matemática**. Belém: EdUFPA, 2008.
- MIRANDA, A. S. M. S. **Resolução de problemas como metodologia de ensino**: uma análise das repercussões de uma formação continuada. 2015. Dissertação (Mestrado em educação em ciências e matemática) – Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2015.
- MORETTI, J. S. Motivação para a aprendizagem na escola: uma proposta de intervenção na atuação de professores em formação continuada. Coleção **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense**. Volume II. Secretaria de Estado da Educação Superintendência da Educação Diretoria de Políticas e Programas Educacionais Programa de Desenvolvimento Educacional. São Joao do Ivai – PR, 2009/2010. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2009_uel_pedagogo_md_jecione_dos_santos_moretti.pdf
- ONUCHIC, L. R. A resolução de problemas na educação matemática: onde estamos e para onde iremos? *In: Revista Espaço Pedagógico*, v. 20, n. 1, jun./jul. 2013, Passo Fundo. Rio Grande do Sul: UPF editora, 2013. Disponível em: <<http://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/3509>>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- ONUCHIC, L. R. Ensino-aprendizagem de matemática através da resolução de problemas. *In: BICUDO, M. A. V. (org.). Pesquisa em Educação Matemática*. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 199-220.
- POLYA, G. **A arte de resolver problemas**. Rio de Janeiro: Interciência, 1978.
- POLYA, G. **Mathematical discovery**: on understanding, learning, and teaching problem solving. United States: Edição combinada, 1962. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/194966>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

SAMPAIO, J. R. O Maslow desconhecido: uma revisão de seus principais trabalhos sobre motivação. *In: Revista de Administração*, São Paulo, v. 44, n. 1, jan./fev./mar. 2009. p. 5-16.

SCHOENFELD, A. **Mathematical Problem Solving**. New York: Academic Press. 1985.

WALLE, J. A. V. **Matemática no ensino fundamental**: formação de professores e aplicação em sala de aula. Tradução: Paulo Henrique Colonese. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

CAPÍTULO

CAPÍTULO 06

PROPOSTA INTERDISCIPLINAR QUÍMICA- MATEMÁTICA PARA O ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR À LUZ DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS

Kleyfton Soares da Silva¹

Laerte Silva da Fonseca²

Johnnatan Duarte de Freitas³

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

É no contexto da disposição espacial das moléculas que, em Química, alguns conceitos de geometria espacial e trigonometria são empregados. Neste artigo, objetivou-se respaldar escolhas metodológicas rumo à interdisciplinaridade entre Matemática e Química sob os fundamentos da Teoria das Situações Didáticas (TSD). A sequência de ensino sugerida neste artigo fornece subsídios teóricos e metodológicos para o ensino e a aprendizagem do tópico “geometria molecular” que, por ter caráter abstrato e ser explicado, em sua maioria, somente por meio de representações simbólicas, são constantemente mal interpretados pelos estudantes. Algumas noções de geometria espacial foram discutidas dentro do contexto da Química para que os professores de Matemática possam conhecer a estrutura do conteúdo trabalhado em Química e pensar novas possibilidades metodológicas em uma perspectiva interdisciplinar, atendendo, dessa forma, as expectativas para um funcionamento adequado das funções cognitivas.

1 Professor de química do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), doutorando em Ensino de Ciências na Universidade de São Paulo (USP), Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: kley.soares@hotmail.com

2 Pós-doutorando em Psicologia e Neurociência Cognitiva pela Emil Brunner World University®, EBWU, Flórida, Estados Unidos (2019). Pós-Doutorado e Doutorado em Educação Matemática (UNIAN-SP/BR e UCB Lyon I/FR); Professor Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe (IFS/Campus Aracaju); Professor Homenageado: Título de Honra ao Mérito pelas valiosas contribuições prestadas ao IFS (REITORIA/IFS); Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECIMA/UFS); Coordenador do GEPEM – Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Matemática (IFS); Coordenador do neuroMATH – Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Neurocognitivo da Aprendizagem Matemática (IFS). E-mail: laerte.fonseca@ifs.edu.br

3 É Doutor e Mestre em Química e Biotecnologia (Química Orgânica) pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL). Departamento de Química. E-mail: johnnatandf@gmail.com

INTRODUÇÃO

A motivação inicial para depositar energia nesta empreitada foi o resultado de reflexões das *práxis* dos autores que se contrapõe à ausência de interesse dos alunos do Ensino Médio nas aulas de Matemática e Química, as quais podem ocorrer com a exposição de conteúdos, especificamente, da geometria espacial, desarticulada de um contexto interdisciplinar.

Em nossas práticas de ensino, temos considerado que a necessidade de sensibilização dos alunos à aprendizagem de geometria espacial e molecular deve estar diretamente articulada a um sentido que se refere a uma exigência natural do funcionamento neurocognitivo. Nesse sentido, destaca-se o sistema límbico, que funciona sob a perspectiva direta de recompensa química, ou seja: instantaneamente, áreas subcorticais relacionadas auxiliam a ativação do córtex pré-frontal à elaboração de três perguntas básicas: Para que essa informação me servirá? Por que eu preciso conhecer e aprender isso? Onde vou aplicar isso?

Caso duas das funções executivas conhecidas como julgamento e crítica avaliem que não existe recompensa para se envolver com as informações que estão sendo apresentadas, em questão de milissegundos, o sujeito da aprendizagem buscará substituí-las por alguma atividade que lhe dê prazer imediato, podendo essa mudança ser observada pelo professor de forma equivocada por um tipo de comportamento julgado como indisciplinar.

Com efeito, nossos estudos teóricos sobre o funcionamento do cérebro, pelas vias da neurociência cognitiva, têm nos auxiliado na compreensão das expectativas subcorticais para que haja um comportamento (resposta ou aprendizagem dos alunos) que justifique seu próprio desenvolvimento rumo ao amadurecimento de funções mentais superiores, tais como: atenção, flexibilidade cognitiva, julgamento e crítica.

Segundo Kandel et al. (2014), para que haja a recompensa imediata esperada no circuito das emoções (sistema límbico), faz-se necessário uma dose significativa de duas substâncias essenciais: 5-hidroxitriptamina ou 5-HT e DA, denominadas, respectivamente, serotonina e dopamina. Assim, para auxiliar a robusta produção dessas substâncias na circuitaria das emoções, dispor do conhecimento das influências do meio externo na aprendizagem ajuda os professores na dinamização de estratégias metodológicas adequadas ao perfil psicológico dos alunos do século 21.

Dessa forma, considerar a natureza molecular de algumas substâncias químicas apresentadas na 1.^a série do Ensino Médio, a exemplo do gás metano (CH_4), cujas propriedades respondem às três questões consideradas guardiãs do sistema límbico, é parte da sensibilização dos alunos para a aprendizagem da geometria espacial, introduzindo-se a forma tetraédrica na 2.^a série do Ensino Médio.

Nesse sentido, o cruzamento de estratégias teóricas e metodológicas para alcançar os objetivos elencados anteriormente levou-nos a considerar as orientações de Brousseau (2007), por meio da Teoria das Situações Didáticas, em que é possível conceber uma sequência didática que justifica a interdisciplinaridade entre Matemática e Química e, ao mesmo tempo, satisfaz as exigências

neurocognitivas para alcançar as expectativas institucionais, no que se refere à aprendizagem e desempenho matemático e químico dos estudantes.

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA À LUZ DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS

Brousseau (2007) caracteriza uma relação didática como uma comunicação de informações feita a partir das relações de ensino – articulação entre o sistema educacional e o aluno –, vinculadas ao compartilhamento de um determinado conhecimento.

De acordo com Brousseau (2007, p. 21), “uma situação didática é todo o contexto que cerca o aluno, nele incluídos o professor e o sistema educacional” e está configurada sob o enquadramento de quatro etapas de ensino: ação, formulação, validação e institucionalização. Tais fases precisam de fundamentos para mobilizar o interesse dos sujeitos em jogo.

A situação de ação consiste em envolver o aluno em problemas cujas soluções emergem do conhecimento a ensinar (ALMOULOU, 2007). É um processo de interação com o meio e a adaptação. Nesse viés, as atividades destinadas ao professor podem ser, no primeiro momento, providas do mínimo de intervenção possível, pois se almeja que os alunos adquiram os conhecimentos propostos a partir de sua interação como o *milieu* (meio), deixando a cargo do aluno as articulações com seus conhecimentos prévios para a resolução dos problemas.

Nesse sentido, a fase de ação é o momento inicial de tomada de decisões, resolução de problemas, sem necessariamente partir de conhecimentos formulados. Alguns alunos podem agir de forma intuitiva ou aleatória.

A situação de formulação propicia a troca de informações, quando as atividades podem ser feitas em grupos, pois o “meio” deverá envolver, no mínimo, outro sujeito, a quem o primeiro deverá comunicar uma informação. Na visão de Brousseau (2007, p. 29), “a formulação de um conhecimento corresponderia a uma capacidade do sujeito de retomá-lo (reconhecê-lo, identificá-lo, decompô-lo e reconstruí-lo em um sistema linguístico)”.

A proposta de validação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos pode ser feita por meio de uma atividade que requisita o registro de conceitos e teorias que levaram os alunos a desenvolver as atividades. As possíveis dúvidas e incoerências decorrentes das atividades da prática poderão ser elucidadas por meio da troca de mensagens entre os próprios alunos. Na situação de validação, pressupõe-se que os sujeitos têm as mesmas informações necessárias para lidar com uma questão; além disso, eles colaboram na busca do consenso (BROUSSEAU, 2007).

Por fim, propõe-se a efetivação da etapa de institucionalização no final da atividade. Essa etapa consiste na apresentação do conteúdo pelo professor, de forma expositiva, dialogada, demonstrativa, entre outras, que deverá abordar os conteúdos propostos no planejamento da aula de modo a aproximar as produções dos conhecimentos dos alunos aos conceitos e teorias envolvidas no assunto proposto.

Com o intento de fundamentar o conceito de Sequência Didática nas concepções francesas, Fonseca (2011) considera os pressupostos de Zabala (1998) acerca da noção em jogo, definindo-o

como um encadeamento de atividades didáticas articuladas em torno de uma microengenharia didática, pois se baseia nos princípios da Engenharia Didática Clássica e na TSD. É, portanto, uma alternativa metodológica de ensino de rápida implementação na sala de aula.

RELAÇÕES ENTRE A GEOMETRIA MOLECULAR E A GEOMETRIA ESPACIAL

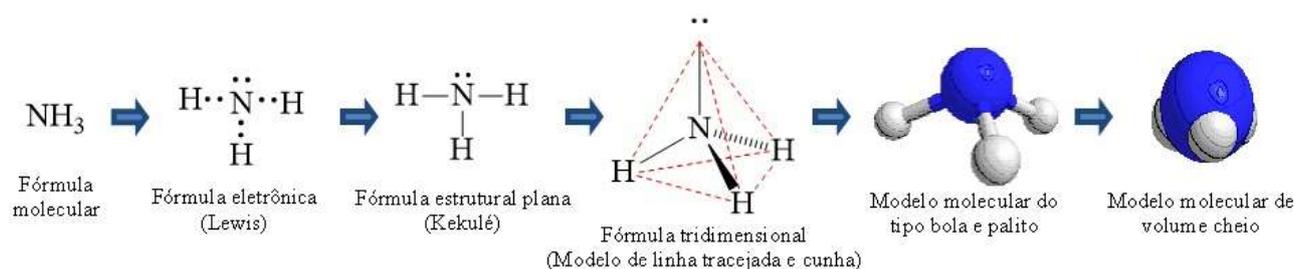
O termo “geometria” (do grego *geo* = terra + *metria* = medida) é comumente empregado em matemática para o estudo de formas e propriedades do espaço. Segundo Dante (2008), a regularidade das formas geométricas revela propriedades que podem ser expressas por meio de fórmulas e expressões algébricas.

É no contexto da disposição espacial das moléculas que, em Química, alguns conceitos de geometria espacial e trigonometria são empregados. Farias et al. (2014), por exemplo, conduziram um estudo interdisciplinar entre Química e Matemática para fundamentar a construção de modelos moleculares acessíveis por meio da trigonometria, em que propuseram uma discussão dos fundamentos geométricos/matemáticos para melhor compreensão dos arranjos moleculares.

Os elétrons da última camada de um átomo são responsáveis pela ligação química que acontece entre dois ou mais átomos. Como se trata de interações entre cargas elétricas, quando ligados, os átomos se distanciam ao máximo uns dos outros para adquirir maior estabilidade, estabelecendo, assim, formas espaciais que se aproximam de formas geométricas como tetraedro, pirâmide e octaedro.

De acordo com o modelo da repulsão do par de elétrons no nível de valência (RPENV), é possível prever o arranjo espacial das moléculas. Por exemplo, a molécula de amônia (NH_3) é formada por um nitrogênio e três hidrogênios. Pela regra do octeto de Lewis, o nitrogênio tem cinco elétrons na última camada e precisa fazer três ligações para adquirir estabilidade. Por essa razão, esse elemento é ligado a três hidrogênios, restando um par de elétrons não ligante ao redor do átomo central (N), como mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Diferentes representações para a molécula de amônia



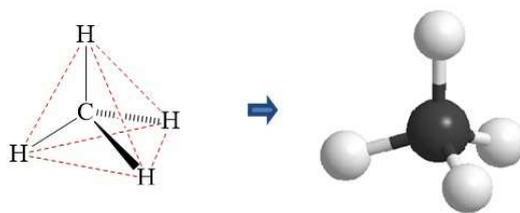
Fonte: Os autores (2021)

Embora o arranjo seja tetraédrico, devido à disposição espacial dos pares de elétrons, a geometria molecular da amônia é definida como piramidal, uma vez que essa é a forma como ela se apresenta tridimensionalmente.

A Figura 2 ilustra a representação da molécula do metano (CH_4), cuja geometria é denominada tetraédrica. De fato, as posições ocupadas pelos quatro átomos de hidrogênio ao redor do átomo de

carbono são responsáveis pela formação de um tetraedro regular, com ângulo de $109,5^\circ$ entre dois átomos ligados ao átomo central.

Figura 2 – Estruturas da molécula de metano



Fonte: Os autores (2021)

Uma das possibilidades de conexão dos conteúdos de geometria molecular e geometria espacial repousa no aprimoramento de técnicas de reconhecimento de formas moleculares através da aplicação das noções de ponto, reta, plano, espaço, entre outros. A propósito, tais noções “nunca foram definidas porque são intuitivas, estão na nossa mente de forma natural e os distinguimos naturalmente (DANTE, 2008, p. 404).

Uma pesquisa desenvolvida por Almeida (2010) revelou a importância da aprendizagem de geometria molecular a partir do estudo prático de conceitos matemáticos, tais como pontos e segmento de reta, propriedades do triângulo equilátero e cálculo de ângulo pela lei dos cossenos. Os alunos instruídos a construir um tetraedro e uma molécula de metano (CH_4) tiveram melhor desempenho na manipulação mental de moléculas do que aqueles que revisaram o conteúdo por meio de lista de exercícios. Esse resultado confirmou a hipótese do autor de que “as habilidades manuais empregadas na construção desse objeto aliadas à visualização espacial de como uma molécula é no espaço foi convertido em informação visuoespacial abstrata” (ALMEIDA, 2010, p. 68).

Ao chamar a atenção do aluno para o arranjo tridimensional das moléculas, levando em consideração noções importantes dentro do domínio conceitual da geometria espacial, o professor está contribuindo para o desenvolvimento de estratégias metacognitivas. O suporte dado para a aquisição de vocabulário pertinente e interdisciplinar favorece a aprendizagem no sentido de oportunizar ao aluno o autocontrole, aplicação e avaliação das situações didáticas no âmbito da aprendizagem química e matemática.

A explicação das formas moleculares envolve, principalmente, a noção de ângulos entre átomos ligados a um átomo central que é tomado como referência. Porém, a dificuldade de aprendizagem relativa ao conteúdo não só envolve a deficiência em conceitos prévios de Química, mas também de componentes curriculares da Matemática básica: noções de geometria plana e geometria espacial (SEBATA, 2006).

Com efeito, a aprendizagem de geometria molecular perpassa a aquisição teórica de conceitos químicos e matemáticos, elevando-a ao nível de compreensão abstrata que requisita a intervenção com recursos práticos. Nesse sentido, sugeriu-se discutir o uso de modelos moleculares físicos para a aprendizagem de geometria molecular e desenvolvimento de habilidades visuoespaciais, que por

sua vez estão associadas ao papel cognitivo desempenhado pela manipulação física e/ou mental de formas geométricas.

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para efeito deste estudo, a sequência didática para o ensino de geometria molecular, com aplicação no 1.º ano do Ensino Médio, apresentada nos quadros a seguir, foi proposta com base nas fases instituídas por Fonseca (2011). Um escopo do planejamento com a descrição das atividades voltadas ao professor e aluno precede a organização sistemática das fases da sequência de ensino regida pela TSD.

Quadro 1 – Panorama do planejamento de aula

Assunto	Geometria molecular e noções de geometria espacial.	
Duração	2 aulas de 50 min.	Público-alvo: Estudantes do 1º ano do Ensino Médio.
Divisão de alunos	Grupos de 4 alunos.	
Objetivos e conteúdos	Compreender a estrutura espacial de algumas moléculas (H ₂ O, CH ₄ , CO ₂ , NH ₃), relacioná-las com formas geométricas espaciais.	
Recursos	Um recipiente com água; bolas de isopor de 4 tamanhos diferentes; tintas nas cores preta, vermelha, azul e branca; palitos de dente; livro didático; tabela periódica; caderno, lápis e texto impresso.	
Estratégias didáticas	<p><u>(a) Atividades voltadas ao professor:</u></p> <p>1 – Mediar um debate a partir de um texto sobre o efeito estufa, enfatizando as características de algumas moléculas que serão usadas na construção dos modelos (CO₂, CH₄);</p> <p>2 – Mostrar um recipiente de água para os alunos e sugerir que eles representem uma molécula de água a partir de 3 bolas de isopor e 2 palitos;</p> <p>3 – Distribuir o roteiro da prática e uma tabela periódica para cada aluno;</p> <p>4 – Solicitar que os alunos discutam entre si a construção dos modelos;</p> <p>5 – Solicitar que os alunos representem as moléculas construídas e escrevam as explicações (teorias) que explicam as diferentes disposições geométricas;</p> <p>6 – Fazer uma exposição teórica acerca do modelo de repulsão dos pares eletrônicos e da determinação da geometria molecular (utilizar os modelos construídos pelos alunos para representar os exemplos proferidos na aula).</p> <p><u>(b) Atividades voltadas ao aluno:</u></p> <p>1 – Debater sobre o efeito estufa;</p> <p>2 – Construir uma representação da molécula de água;</p> <p>3 – Construir as moléculas propostas no roteiro da prática;</p> <p>4 – Discutir a construção das moléculas;</p> <p>5 – Representar as moléculas e escrever as possíveis explicações;</p> <p>6 – Confrontar os resultados da aula prática e teórica através de discussão com os pares;</p> <p>7 – Consultar o livro didático durante a aula teórica.</p>	
Pré-requisitos	Classificação periódica, ligações químicas, raio atômico.	
Avaliação	Resolução de questões pós-práticas.	

Fonte: Os autores (2022)

As fases a seguir são derivadas da concepção da sequência didática instituída por Fonseca (2011) e adaptadas de acordo com a proposta de aula e com os pressupostos teóricos adotados no presente trabalho.

(I) Situação de ação: parte do princípio de que os participantes de um jogo ou qualquer outra atividade que mobilize o conhecimento correspondente tomem decisões, pondo seus saberes em prática a fim de solucionarem um problema. Em outras palavras, o conhecimento aparece “não formulado”.

As atividades destinadas ao professor deverão ser, no primeiro momento, providas do mínimo de intervenção possível, pois se pretende permitir ao aluno a aquisição dos conhecimentos propostos a partir de sua interação como o *milieu* (meio), deixando a cargo do aluno as articulações com os próprios conhecimentos prévios para a resolução dos problemas propostos.

Na abordagem inicial, propomos a utilização do seguinte texto:

Quadro 2 – Texto para contextualização

Gases do efeito estufa: Dióxido de Carbono (CO₂) e Metano (CH₄)
<p>Os gases do efeito estufa que envolvem a Terra absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, impedindo que a radiação escape para o espaço e aquecendo a superfície da Terra. Os principais são os gases carbônico e metano.</p> <p>O dióxido de carbono ou gás carbônico (CO₂) é emitido, principalmente, pelo uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) nas atividades humanas. Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima, o CO₂ é o principal “culpado” pelo aquecimento global, sendo o gás de maior emissão (aproximadamente 78%) pelos humanos.</p> <p>O gás metano (CH₄) é produzido pela decomposição da matéria orgânica. É abundante em aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas, e também pela criação de gado (a pecuária representa 16% das emissões mundiais de gases de efeito estufa) e cultivo de arroz. Também é resultado da produção e distribuição de combustíveis fósseis (gás, petróleo e carvão). Se comparado ao CO₂, também é mais perigoso: o metano é mais eficiente na captura de radiação do que o CO₂. O impacto comparativo de CH₄ sobre a mudança climática é mais de 20 vezes maior do que o CO₂, isto é, 1 unidade de metano equivale a 20 unidades de CO₂.</p>

Fonte: O Eco (2014)

O professor poderá abordar a temática proposta por meio de debates, além de chamar a atenção para o uso constante de representações simbólicas das substâncias. Sugere-se falar da natureza das transformações químicas cotidianas, dos problemas ambientais decorrentes da ação humana, entre outros. Podemos, ainda, questionar os alunos: como seriam essas substâncias em nível molecular? Se elas existem, como estão no espaço? O objetivo aqui é aproximar as concepções prévias dos alunos com os conhecimentos que serão trabalhados no decorrer das aulas.

A discussão do texto sugerido propõe demonstrar no nível macroscópico (JOHNSTONE, 2000) as propriedades das substâncias citadas, de modo a aproximar o estudo das moléculas aos fenômenos do cotidiano.

Ainda com vistas à representação macroscópica, um recipiente com água pode ser mostrado aos alunos e pedido que eles representem uma molécula de água a partir dos materiais disponíveis. A situação de ação se dá por meio da interação do sujeito com o meio que, por sua vez, disponibiliza informações para que o sujeito responda em forma de ação. Nesse contexto, o meio (peças do modelo molecular) fornecerá informações aos alunos que deverão escolher os tamanhos das bolas para representar os diferentes átomos da molécula de água, bem como a disposição espacial desses átomos.

Para ocasião das cores, utilizaremos a convenção *CPK colors*, de Robert Corey e Linus Pauling, na qual, segundo Perkins (2011), o carbono é de cor preta, porque é a cor de carvão; o oxigênio é vermelho porque é necessário para a combustão; o nitrogênio é azul porque é o elemento mais abundante na atmosfera da terra e o céu aparece azul; e o hidrogênio é branco porque forma um gás incolor.

A situação de ação consiste no momento inicial de tomada de decisões, resolução de problemas, sem necessariamente partir de conhecimentos formulados. Alguns alunos podem agir de forma intuitiva ou aleatória.

Após as tentativas dos alunos em construir a molécula de água, o professor ainda não responde aos possíveis questionamentos e distribui uma tabela periódica e um roteiro de prática para cada estudante.

(II) Situação de formulação: a conexão entre a situação anterior na medida em que os alunos são incentivados a comunicar as estratégias utilizadas. Primeiro as farão falando, transformando o conhecimento implícito em explícito. Assim, espera-se que o aluno retome a ação em um nível mais amadurecido e se aproprie do conhecimento de forma mais consciente.

Nessa etapa, sugere-se que os alunos construam três moléculas seguindo as instruções do roteiro a seguir:

Quadro 3 – Roteiro de prática

<p>Objetivo</p> <p>Utilizar esferas e palitos para representar formas geométricas de moléculas.</p>
<p>Material</p> <p>Esferas de isopor de quatro tamanhos diferentes; palitos de dente e tintas de isopor nas cores preta, vermelha e azul.</p>
<p>Procedimentos</p> <p>Parte A – Molécula de metano CH₄</p> <ul style="list-style-type: none"> - Insira 4 palitos em uma esfera preta que representa o átomo de carbono (C), de maneira que eles formem entre si os maiores ângulos possíveis; - Fixe 4 esferas brancas nas extremidades dos palitos. Elas representam o átomo de hidrogênio (H). <p>Parte B – Molécula de dióxido de oxigênio CO₂</p> <ul style="list-style-type: none"> - Insira 4 palitos em outra esfera preta, que representa o átomo de carbono (C), de maneira que eles formem entre si os maiores ângulos possíveis;

- Fixe 2 esferas vermelhas, que representa o oxigênio (O), nas extremidades dos 4 palitos; que serão fixadas no C. Dica: reorganize os palitos para que essa tarefa se torne possível.

Parte C – Molécula de amônia

- Insira 4 palitos em uma esfera azul, que representa o átomo de nitrogênio (N), de maneira que eles formem entre si os maiores ângulos possíveis;

- Fixe 3 esferas, que representam o átomo de hidrogênio (H), deixando um palito livre.

Fonte: Os autores (2022)

As atividades deverão ser feitas em grupos, pois o “meio” deverá envolver, no mínimo outro sujeito, a quem o primeiro deverá comunicar uma informação. Na visão de Brousseau (2007, p. 29), “a formulação de um conhecimento corresponderia a uma capacidade do sujeito de retomá-lo (reconhecê-lo, identificá-lo, decompô-lo e reconstruí-lo em um sistema linguístico)”.

Os modelos moleculares manipuláveis se constituem em dispositivos criados pelos alunos para o ensino de determinados conhecimentos. Tais dispositivos contemplam um meio material (as peças manipuláveis). Vale ressaltar, porém, que o efeito de ensino só é gerado depois da resolução dos problemas sugeridos pelos dispositivos. Segundo Brousseau (2007, p. 22), “a aprendizagem é alcançada pela adaptação do sujeito, que assimila o meio criado por essa situação, independentemente de qualquer intervenção do professor ao longo do processo”.

Dúvidas poderão surgir quanto à organização dos átomos, de modo que os ângulos sejam os maiores possíveis. O professor pode auxiliar dizendo que isso significa que as ligações deverão estar com afastamento máximo possível entre elas. Embora os alunos tenham se deparado com modelos moleculares nos livros didáticos em aulas anteriores, há possibilidades de erro na construção das moléculas. O erro não deve ser discutido pelo professor nessa etapa.

Em termos neurocognitivos, essa etapa é crucial para o desenvolvimento do pensamento espacial, pois a manipulação física e mental de moléculas tridimensionais favorece o aprimoramento de habilidades visuoespaciais, visto que as áreas corticais parietais são ativadas com maior intensidade e especializadas em processos cognitivos associados à percepção e localização espacial, raciocínio, entre outros (TOMASINO; GREMESE, 2016).

(III) Situação de validação: constitui-se na demonstração da estratégia utilizada para interlocutores; é preciso que o aluno comunique a informação como verdadeira dentro de um sistema teórico determinado, apresentando uma demonstração.

A proposta de validação dos conhecimentos absorvidos pelos alunos pode ser feita através de uma atividade que requisita o registro de conceitos e teorias que levaram os alunos a montarem as moléculas propostas. Nesse sentido, o Quadro 4 mostra uma proposta de perguntas que devem ser respondidas de forma escrita pelos alunos:

Quadro 4 – Questões pós-prática

Analise e discuta

1. Qual é a forma geométrica das estruturas obtidas nas partes A, B e C?
2. Escreva a fórmula estrutural das moléculas obtidas nas partes A, B e C.
3. Por que, na determinação da geometria da amônia, não se levou em consideração o quarto palito inserido no nitrogênio? O que representa esse palito?
4. Por que a recomendação de que os pares de elétrons (representados pelos palitos) devem formar o maior ângulo possível?

Fonte: Os autores (2022)

As possíveis dúvidas e incoerências decorrentes das atividades práticas poderão ser elucidadas por meio da troca de mensagens entre os próprios alunos. Na situação de validação, pressupõe-se que os sujeitos têm as informações necessárias para lidar com uma questão, além disso, eles colaboram na busca do consenso (BROUSSEAU, 2007).

Nesse momento, o professor pede para que os alunos expliquem os modelos construídos, utilizando vocabulário e experiência advinda do contato com conceitos químicos e matemáticos. Por exemplo, a forma geométrica do metano (CH_4) é dita tetraédrica porque assim se apresenta no espaço: os quatro hidrogênios de uma molécula de metano estão apontados para os quatro vértices de um tetraedro regular, cujas faces imaginárias se constituem em quatro triângulos equiláteros.

Embora as noções de geometria espacial possam ser aplicadas intuitivamente para algumas moléculas, como PCl_5 , que forma uma bipirâmide triangular, e SF_6 , que forma uma bipirâmide quadrada ou octaedro, outros modelos moleculares precisam ser explicados aos alunos com cautela, uma vez que, nestes casos, não há uma relação direta com a geometria espacial. É o caso da geometria molecular “trigonal planar”, em que três átomos ligados a um átomo central determinam um triângulo imaginário, ficando todos os átomos da molécula em um mesmo plano. Por outro lado, uma molécula com geometria molecular “trigonal piramidal” tem o átomo central deslocado para outro plano, determinando uma representação piramidal de base triangular se todos os átomos forem ligados entre si por segmentos de reta imaginários.

Recomenda-se pedir que os alunos discutam as questões entre si enquanto o professor passa de grupo em grupo esclarecendo possíveis incompreensões.

(IV) Situação de institucionalização: esta etapa representa um resumo do que foi estabelecido durante o procedimento e tem uma significação socialmente instituída.

Propõe-se a efetivação dessa etapa na segunda aula. Ela consiste na apresentação do conteúdo pelo professor, de forma expositiva, dialogada, demonstrativa, entre outras, que deverá abordar os conteúdos propostos no planejamento da aula de modo a aproximar as produções dos conhecimentos dos alunos aos conceitos e teorias envolvidas no assunto proposto.

O professor pode solicitar a participação dos alunos para a resolução das questões pós-prática de forma coletiva. Essa é a oportunidade de enfatizar as relações interdisciplinares entre Química e Matemática e de suprir os modelos explicativos dos alunos com vocabulário específico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência de ensino sugerida neste artigo fornece subsídios teóricos e metodológicos para o ensino e aprendizagem do tópico “geometria molecular”, que, por ter um caráter abstrato e ser explicado, em sua maioria, somente por meio de representações simbólicas, são constantemente mal interpretados pelos estudantes. Algumas noções de geometria espacial foram discutidas dentro do contexto da Química para que professores de Matemática possam conhecer a estrutura do conteúdo trabalhado em Química e pensar novas possibilidades metodológicas em uma perspectiva interdisciplinar, atendendo, dessa forma, as expectativas para um funcionamento adequado das funções cognitivas.

A proposta de ensino se baseou nos fundamentos da Teoria das Situações Didáticas, de Brousseau (2007), e em perspectivas teóricas da neurociência cognitiva para ampliar, mesmo que de forma inicial, as possibilidades explicativas do processo de desenvolvimento de habilidades visuoespaciais em Química, considerando o funcionamento do cérebro durante a realização de atividades de manipulação/rotação mental de objetos tridimensionais. O objetivo foi trazer uma breve articulação entre os campos – Psicologia, Educação e Neurociência – em prol da reflexão e ação no âmbito da sala de aula, estratégia didática que ainda se desenvolve timidamente no cenário nacional e, especificamente, nas salas de aula de Matemática e Química.

Em suma, as fases que constituem as situações didáticas foram apresentadas de modo a permitir a interação do aluno com o meio e os saberes, buscando a (re)construção de conhecimentos ao longo das situações de ação, formulação, validação e institucionalização. Com efeito, esperamos que essa proposta sirva como um impulso primeiro para os professores em formação inicial, bem como aqueles que já atuam possam vislumbrar a possibilidade de atualizar suas bases conceituais e teóricas considerando os resultados vanguardistas das pesquisas com o cérebro humano.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R. L. **Ferramenta de auxílio no processo ensino-aprendizagem**: eficácia da utilização de kit educacional no primeiro ano do ensino médio na disciplina de química. 2010. 115 p. Dissertação (Mestrado em Distúrbios do Desenvolvimento) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.
- ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. Curitiba: UFPR, 2007.
- BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2007.
- DANTE, L. R. **Matemática**: contexto e aplicação. São Paulo: Ática, 2008.
- FARIAS, F. M. C. *et al.* Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar química-matemática no ensino médio. *In: Revista virtual de química*, v. 7, n. 3, 2014. p. 849-863. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2014. Disponível em: < <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/888>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- FONSECA, L. S. **A aprendizagem das funções trigonométricas na perspectiva da teoria das situações didáticas**. 2011. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências e matemática) – Núcleo de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.
- JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? *In: Chemistry Education: Research and Practice*, v. 1, n. 1, 2000. P. 9-15. Disponível em: <<https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>>. Acesso em: 18 ago. 2021
- KANDEL, E. R. *et al.* **Princípios de neurociências**. 5. Ed. Brasil: McGraw-Hill, 2014.
- O ECO. Gases do efeito estufa: dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄). **O Eco**, Brasil, 30 abr. 2014. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- PERKINS, J. Illustrating atoms and molecules. *In: Journal of Natural Science Illustration*, 2011. p. 15-20.
- SEBATA, C. E. **Aprendendo a imaginar moléculas**: uma proposta de ensino de geometria molecular. 2006. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- TOMASINO, B.; GREMESE, M. Effects of stimulus type and strategy on mental rotation network: an activation likelihood estimation meta-analysis. *In: Frontiers in Human Neuroscience*, v. 9, n. 693, 7 jan. 2016. p. 1-26. Disponível em: < <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00693>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

CAPÍTULO

CAPÍTULO 07

O ESTUDO DO CONCEITO FÍSICO PRESSÃO A PARTIR DO MODELO DO PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO

Larissa Evelyn Santos Silva Alves¹

Felipe Aragão Freire²

Kalyne Teresa Machado³

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente artigo, de natureza bibliográfica, apresenta uma proposta de sequência didática cuja finalidade é, a partir de pontos teóricos do Modelo do Processamento da Informação Cerebral, proposto por Gazzaniga, atenuar as dificuldades dos discentes no estudo do conceito físico Pressão. Compreender os mecanismos cerebrais para tornar a aprendizagem significativa aos discentes, a nosso ver, será bem embasado quando subsidiados por uma teoria de aprendizagem em que se evidenciem fatores internos (biológicos) e externos (ambiente e indivíduos) aos processos educacionais. Aqui mencionamos como ocorrem as codificações, retenções e recuperações de memória, bem como os fatores que promovem o esquecimento. Além disso, destacamos também, nas atividades, o aspecto sensorial para captar informações e como prolongar a efetivação da aprendizagem a partir da memória de curto e longo prazo com a utilização de materiais manipuláveis. Espera-se criar no docente uma identidade profissional que o permita traçar horizontes coesos no processo de ensino-aprendizagem.

INTRODUÇÃO

Diante das várias modificações sociais, culturais, ambientais e emocionais que nos cercam, não podemos deixar de perceber a educação como um desses setores fortemente modificados e

1 Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pelo PPGECIMA/UFS. Professora da Secretaria de Estado da Educação, do Estado de Sergipe. Graduada em Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: larievellyn@hotmail.com

2 Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática pelo PPGECIMA/UFS. Graduado em Física Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: felipearagaofreire@hotmail.com

3 Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pelo PPGECIMA/UFS. Graduada em Licenciatura em Matemática e em Licenciatura em Física pela Universidade do Extremo Sul Catarinense. E-mail: kalynemachado@hotmail.com

planejados na busca por métodos educacionais que enfatizem o êxito nas competências e habilidades apontadas pelas diretrizes curriculares. Muito se discute sobre aspectos políticos-pedagógicos e, no seio dessas discussões, metodologias diversas já vêm sendo elaboradas para atenuar as dificuldades dos discentes. Mas como podemos medir a aprendizagem de um aluno? Como essas informações são geridas e quantificadas para se afirmar que alguém aprendeu mais ou menos?

É na tentativa de esclarecer essas questões que neste artigo elucidaremos aspectos referentes às contribuições da neurociência cognitiva, a respeito de memória, seu funcionamento, dos tipos de processamentos cerebrais, armazenamentos e recuperação de memória, mostrando possíveis contribuições em que o modelo, proposto por Gazzaniga, no tocante aos processos de ensino-aprendizagem, pode amenizar as dificuldades que envolvem o conteúdo físico Pressão.

Pensar na forma como o ensino de Ciências influencia na formação do indivíduo enquanto ser ativo nas relações sociais, nas quais se espera que esse sujeito participe na busca por soluções eficazes, tendo como base conhecimentos técnico-científicos, já vem sendo mensurado em documentos oficiais quando se trata do ensino dessa disciplina.

Nesse contexto, essa maturação das evoluções científicas, atendendo ao letramento científico, dá-se em dois momentos, no Ensino Fundamental: ensino de Ciências do primeiro ao quinto ano, ministradas por professores com formação pedagógica e, do sexto ao nono ano, por licenciados em Ciências Biológicas, sendo que, durante o nono ano, a abordagem da disciplina se ramifica em Física e Química.

Dando continuidade, durante o Ensino Médio, desenvolvido em três anos, passamos a ter Física, Química e Biologia como disciplinas independentes, ministradas por professores em formações específicas. Nessa etapa, a junção dessas disciplinas passa a ser conhecida como Ciências da Natureza e, no que se refere à potencialidade desse instrumento social, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apresenta:

[...] a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo. Todavia, poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos (como estimar o consumo de energia de aparelhos elétricos a partir de suas especificações técnicas, ler e interpretar rótulos de alimentos etc.). Tal constatação corrobora a necessidade de a Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população. (BRASIL, 2018, p. 547)

Essa dificuldade de transformar os conhecimentos aprendidos na escola em recursos para lidar com situações cotidianas é recorrente no que tange ao processo de ensino-aprendizagem. Estudos como Cibrão (2015) e Fortaleza (2018) apontam, dentre as várias dificuldades, duas situações que limitam o letramento científico dos estudantes no aprendizado de Física, sendo eles a falta de infraestrutura e a metodologia de ensino empregada. Os autores ressaltam as poucas aulas desenvolvidas com atividades experimentais para a demonstração de fenômenos físicos e a prática pedagógica baseada em resolução de fórmulas como agravantes no processo de ensino-aprendizagem.

Com o anseio de potencializar as práticas pedagógicas, atividades experimentais têm conquistado um espaço considerável para o ensino de Ciências, corroborando para a reflexão crítica dos estudantes nos níveis em que se encontram e tornando-os mais ativos na construção da própria aprendizagem. Além disso, elas se mostram mais motivadoras para a compreensão, se comparado com atividades excessivamente organizadas por um roteiro, conforme aponta Borges (2002).

Esse modelo de experimentação “mais livre” é conhecido como atividade investigativa que, de acordo com Zômpero e Laburú (2011), se fundamenta, essencialmente, em permitir aos estudantes liberdade para formular hipóteses explicativas em consonância com a prática, aproximando-o do objeto de estudo, possibilitando-o conhecer com propriedade, sendo o professor, nesse contexto, mediador junto aos estudantes no processo de construção.

Para que se evidencie no aluno uma postura participativa, cabe ao professor estimular o manuseio de materiais e refazer o experimento quantas vezes forem necessárias. Segundo Monteiro et al. (2010, p. 383), “não basta apenas uma atividade interessante e com muitos potenciais de exploração se a ação didática do professor não for suficiente para orientar as discussões dos alunos em sala de aula”, enfatizando a relevância do preparo diferenciado do docente para o desenvolvimento de atividades investigativas.

Nessa perspectiva, apresentaremos uma proposta de sequência didática trazendo a metodologia baseada em atividades investigativas, a nosso ver, um método potencialmente significativo, pois a construção do conhecimento se dará a partir da teoria do Processamento da Informação Cerebral, iniciando da memória sensorial, com a manipulação dos materiais, e perpassando pela memória de curto prazo ao resgatar conhecimentos e vivências a respeito do tema e memória de longo prazo com autonomia dos alunos em analisar dados, formular hipóteses e comunicar as conclusões obtidas.

MICHAEL S. GAZZANIGA

Michael Gazzaniga é um estadunidense nascido em Los Angeles, em 1939. É psicólogo, neurocientista e professor de Psicologia. Em 1961, formou-se em Psicologia pela Faculdade de Dartmouth. Em 1964, doutorou-se no Instituto de Tecnologia da Califórnia, onde trabalhou sob a orientação de Roger Sperry, com responsabilidade pela iniciação da pesquisa do cérebro humano dividido.

Fundou e presidiu o Instituto de Neurociência Cognitiva e, atualmente, é editor-chefe fundador do *Journal of Cognitive Neuroscience*. É ex-presidente da Sociedade Americana de Psicologia e membro da Academia Americana de Artes e Ciências, Instituto de Medicina e Academia Nacional de Ciências. Ocupou cargos na Universidade da Califórnia, em Santa Bárbara; Universidade de Nova Iorque; Universidade Estadual de Nova Iorque, Stony Brook; Universidade Médica da Universidade de Cornell e Universidade da Califórnia, Davis. Em sua carreira, apresentou uma psicologia e uma neurociência cognitiva a milhares de estudantes. Escreveu mais livros importantes, incluindo, mais recentemente, *Quem está no comando – Livre-arbítrio e a Ciência do Cérebro* (não publicado no Brasil).

O MODELO DO PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES CEREBRAIS

Para melhor compreensão deste modelo, é de suma importância entender as evoluções das correntes psicológicas, as quais contribuíram nos estudos referentes ao processo de ensino-aprendizagem. Desde as de base comportamentalistas (19-20) até ao processo de neurocognição, propriamente do século 21.

Aspectos voltados ao comportamentalismo e suas contribuições para aprendizagem já haviam sido levantados no final do século 19 para início do 20. Os pensadores dessa época acreditavam na aprendizagem como proveniente de estímulos-respostas (S-R), ou seja, para se aprender, era suficiente exercitar bastante e criar conexões favoráveis para uma boa memorização; a estrutura neuronal ainda não havia sido considerada propulsora de aprendizagem, destacando-se, nesse contexto: Pavlov (1849-1936), Thorndike (1874-1949), Watson (1878-1958) e Skinner (1904-1990) (LEFRANÇOIS, 2008).

Em seguida, já considerando o cérebro relevante à aquisição de saberes, mesmo não voltando seus estudos para a educação, Freud (1856-1939) levantou alguns feitos psicanalistas, considerando aspectos internos, inerentes à cooperação do conhecimento, ainda no século 20. Dando sequência, nesse mesmo período, vieram os psicólogos de base interacionistas e histórico-sociais, como Piaget (1896-1980), Vygotsky (1896-1934), Ausubel (1918-2008) e Bandura (1925), considerando o indivíduo ativo na busca por ciência. E, os humanistas, dentre eles, Rogers (1902-1987) e Maslow (1908-1970), destacando a particularidade do ser como elementares para aprendizagem, a partir das próprias necessidades (SOUZA; SILVA, 2018).

Com suas relevantes contribuições, concernentes à aprendizagem, esses teóricos, em alguns aspectos, construíram a base da ciência conhecida, atualmente, como neurociência cognitiva. Para tal, partiremos da representação proposta por Gazzaniga, Heatherton e Halpern (2018) para essa corrente.

Os autores reportam as análises feitas com Henry Molaison (H. M.) para o estudo do que vem a ser memória. H. M., como era conhecido, teve a preservação de sua imagem na época por um jovem epilético que tinha a vida impossibilitada por distúrbios neurais. Devido à inexistência de medicamentos adequados a essa patologia, como alternativa mais eficaz, acreditava-se ser a cirurgia de retirada da parte do cérebro afetada. Assim sendo, seu lobo temporal foi retirado, provocando efeitos colaterais inesperados que contribuíram para a perda de sua capacidade de armazenamento em curto prazo.

Motivada por essa perda, nos experimentos de Milner (1962), considerando a patologia de H. M., resolveu-se desenvolver uma atividade na qual se pedia para que ele contornasse uma estrela observando, simultaneamente, no espelho, o movimento que fazia com a mão durante a tarefa, trazendo, assim, alguns indícios acerca do funcionamento cerebral, como retenção de tarefas por sucessivas repetições. Sendo assim, a memória passou a ser definida como a capacidade do sistema nervoso de reter informações, recuperando-as de acordo com as próprias necessidades. Mas esses resgates muitas vezes acontecem de forma alterada, em virtude das recordações a que nos reportamos.

Dando continuidade, o autor associa a memória ao processamento das informações de dados, como acontece em uma rede de computadores onde a informação é captada pelo *input* desses dados, os quais são codificados no *software*, que os adapta, armazenando a informação em alguma pasta, para possível recuperação conforme a necessidade.

Dessa forma, infere-se que as informações são processadas em três fases: codificação, armazenamento e recuperação. Na codificação, acontecem as transformações dos informes a partir de um estímulo sensorial. Durante o armazenamento, esses estímulos sensoriais contribuem para a retenção da notícia que, a partir dos estímulos das conexões neurais, fortificam a memória, promovendo a consolidação. Já na recuperação, ocorrem os resgates das memórias armazenadas.

Assim, o local para conservação da memória começa a ser estudado e Lashley (1950), a partir de estudos dos comportamentos de camundongos, quando submetidos a modificações dos tamanhos de seus cérebros, concluiu que a memória se distribui por todo o cérebro, conhecido como o princípio da equipotencialidade, isto é, todo o sistema nervoso participa do processo de aprendizagem.

Quando Donald Hebb (1949) propõe que a memória é resultado das conexões sinápticas, a partir das conexões de disparos neuronais que, quanto mais disparados simultaneamente, maior a memorização, a Potenciação de Longa Duração (PLD) o apoiou, no sentido dos fortalecimentos das conexões sinápticas, enveredando o reforço dessas conexões para a ativação dos neurônios pós-sinápticos. Nader e Ledoux, em relação a esse aspecto, ainda apresentam a reconsolidação da memória, reportando-a ao (re)armazenamento das memórias ativadas, favorecendo as explicações do porquê e como as memórias mudam ao longo do tempo.

Atkinson e Shiffrin apresentam um modelo para o processamento cerebral, considerando três processos de memorização: a memória sensorial, relacionada aos sentidos de duração muito curta; memória de curto prazo, conhecida como a memória de trabalho, por estabelecer sua retenção pelo fato da repetição ou do pensamento e, a de longo prazo, com uma capacidade ilimitada de informações com uma duração ampliada.

Em relação às codificações, elas podem ser com esforço (ensaio e repetição consciente) ou automáticas (informações resgatadas). Decerto, elas acontecem em três princípios básicos, sendo eles, o “tempo dedicado”, a “divisão periódica das codificações” e, o “efeito da posição serial”, melhor estabelecido a partir dos dois anteriores. A forma como ocorrem são por sentido (relacionadas a estímulos sensoriais), visualização (ocorre na mente por uma imaginação) e organização mental (hierarquização das informações).

É importante ressaltar que tais codificações ocorrem com maior eficácia quando as repetições são mais frequentes, assim, o montante de informações resgatadas dependerá da dedicação e dos esforços empreendidos a uma atividade. Isto é, retemos melhor as informações quando a reiteramos ao longo do tempo. Porém, a reiteração não é suficiente para garantir a aprendizagem, visto que outros fatores, como biológicos, por exemplo, podem interferir nesse processo.

Já a recuperação da memória, que é a garantia da aprendizagem de um fenômeno, consiste no resgate das informações e, na significação dada ao que foi armazenado. Esses resgates ocorrem por

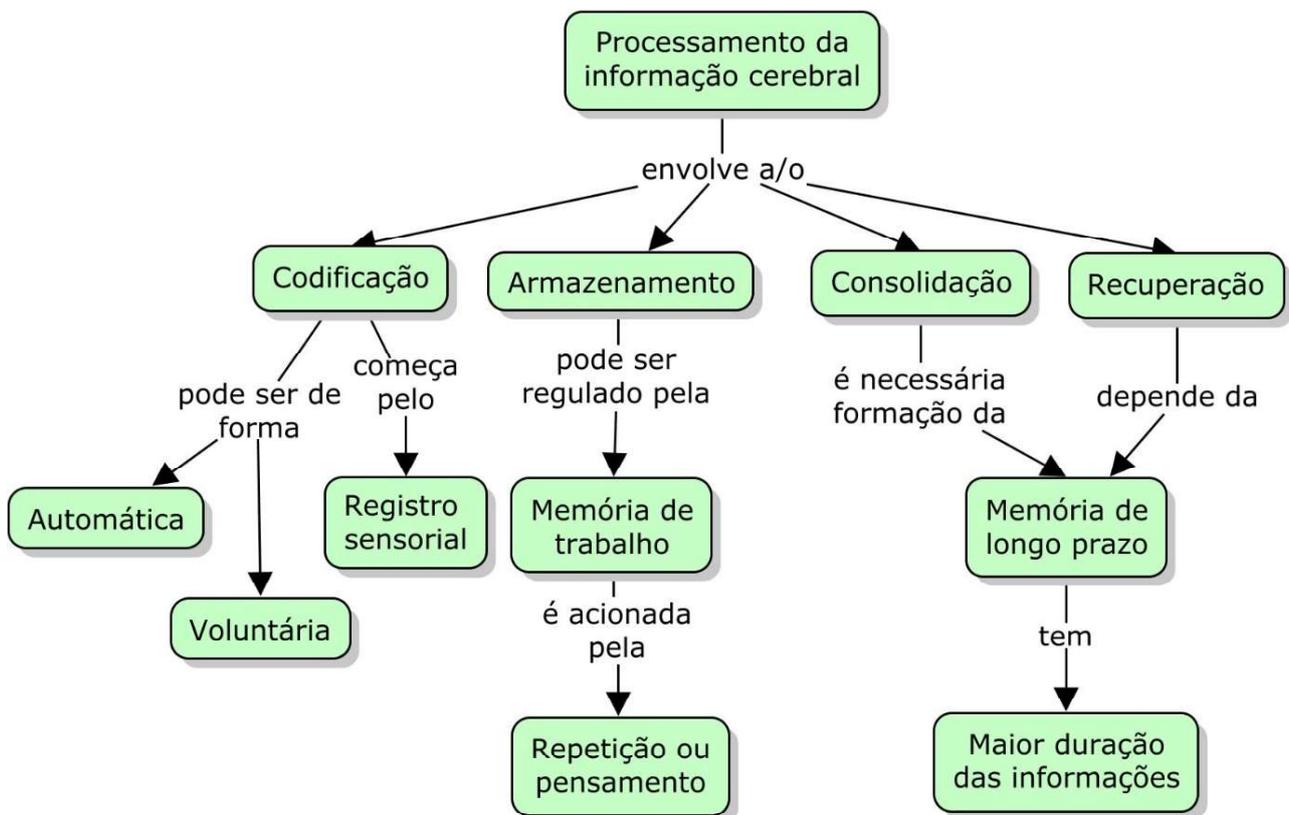
estímulos, associações ou estado de humor, podendo essa recuperação não ser satisfatória para quem revisitou, chamado de persistência.

Ao que se refere ao esquecimento, dentro desse processo neurocognitivo, pode-se dar em qualquer etapa da memorização, apresentando sete falhas básicas: distração, transitoriedade, bloqueio, atribuição errônea, sugestibilidade, tendenciosidade e persistência. Outros fatores relacionados ao esquecimento podem decorrer de doenças neurológicas, problemas metabólicos, intoxicação venosa, dentre outros.

Nessa perspectiva, é notória a importância dos processamentos cerebrais para o processo de ensino-aprendizagem, mostrando-nos a necessidade de compreender os indivíduos como seres únicos, dotados de múltiplas capacidades, com tempos diferentes para adquirir aprendizagem, neste caso, associada às memorizações de códigos adaptáveis, os quais precisam fazer sentido para os sujeitos em questão. Em virtude da sua complexidade e subjetividade de percepção dos processos, esse modelo pode ser adaptável aos sujeitos, considerando-os repletos de singularidades, inseridos em um contexto social que não pode ser desvinculado das etapas de aprendizagem.

Abreviando os conceitos apresentados sobre a teoria do processamento das informações cerebrais, apresenta-se a seguir o mapa conceitual:

Figura 1 – Mapa conceitual do modelo do processamento da informação cerebral



Fonte: Os autores (2022)

Levando em consideração todos os eventos apresentados, é de fundamental importância destacar alguns pontos favoráveis da teoria que proporcionam uma mobilização no ensino-aprendizagem,

almejando atenuar as dificuldades apresentadas pelos discentes na construção de significados para a ampliação do conhecimento. Dentre eles, destacamos os mencionados por Souza e Silva (2018): considera os sistemas cognitivos de diversas idades; considera o processamento das informações em velocidades distintas; valoriza a parte biológica no processo; importância dos *feedbacks*; controle das aprendizagens pelos discentes; participação ativa do sujeito; considera todos capazes de aprender; aumento das potencialidades no processamento das informações; ressalta o meio externo ao processo e admite as limitações da memória.

PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA PRESSÃO NA DISCIPLINA DE FÍSICA

A seguir, apresentamos uma sequência didática para turmas do Ensino Fundamental II, inspirada em Machado e Rosa (2016), na qual uma das autoras deste trabalho divide a coautoria desse texto. Contudo, salientamos que a sequência foi adaptada e expandida, com uma relação explícita ao modelo do processamento das informações cerebrais, utilizando do conteúdo físico de Pressão. Esta sequência está dividida em três atividades. Uma que retratará a memória sensorial, a partir do tato para reconhecer o conceito prévio de pressão, a segunda sobre a memória de curto prazo, trazendo o reforço de atividades e, a terceira, trará aspectos relevantes à memória de longo prazo. O processo avaliativo consiste em analisar os resultados das atividades propostas e disponibilizar feedback visando o aprimoramento dos estudos.

Quadro 1 – Atividade embasada na memória sensorial

Atividade I – Fundamentando o conceito de pressão.		
Material	O que fazer	Questões
Lápis pequeno e apontado.	Segure o lápis com uma das mãos, encaixando-o entre os dedos polegar e indicador, de maneira que cada uma das extremidades toque em um dos dedos.	Ambos os seus dedos experimentam a mesma sensação? Em outras palavras, você percebeu que um dos lados dos lápis consegue deformar mais a sua pele? A força que o lápis exerce em cada um dos seus dedos é a mesma, então, como explicar esta sensação?

Fonte: Os autores (2022)

Nesta primeira atividade, objetiva-se, a partir dos estímulos sensoriais, fazer com que o aluno seja capaz de perceber os conceitos prévios de Pressão que envolve área e força. Observe que essa percepção acontece de maneira automática, pois, pela observação do fenômeno, o aluno suscitará encontrar uma resposta a fim de esclarecer o ocorrido. Nota-se aqui a primeira etapa da codificação cerebral que é a memória sensorial.

No segundo quadro, já discutidos os conceitos prévios, a finalidade será estabelecer uma conexão mais duradoura dos conceitos introduzidos, aqui as atividades são reforçadas com novos experimentos, utilizando o tato, porém, o ensaio garantirá gravar algumas informações mais

pertinentes. Nesse contexto, a memória de curto prazo é ativada e as informações mais bem geridas são memorizadas.

Quadro 2 – Pressão e Força a partir da memorização por repetição

Atividade II – Pressão e força		
Material	O que fazer	Questões
<p>Uma chumbada de pescaria;</p> <p>Uma placa de madeira de 20 x 20 cm;</p> <p>Uma balança.</p>	<p>Em uma das palmas das mãos, segure a chumbada e, na outra palma, a placa de madeira.</p> <p>Com o auxílio da balança, encontre a massa de cada um deles.</p>	<p>Comparando os dois objetos (antes de pesar), qual o mais pesado? A forma de sentir os dois é a mesma?</p> <p>Com os resultados obtidos, você pode perceber que os dois objetos têm massas bem aproximadas. Como você explica a sensação descrita no item anterior?</p>

Fonte: Os autores (2022)

Dando continuidade, o Quadro 3 apresentará a codificação iniciada na Atividade II. O objetivo desta última etapa será permitir aos discentes resgatar informações já adquiridas. Aqui se verifica se as informações resgatadas fomentaram em uma aprendizagem com sentido, se os discentes envolvidos compreenderam a relação entre área e força aplicada. É ainda nessa etapa que se consolidam as informações regidas.

Quadro 3 – Concretizando o conceito de pressão a partir do resgate de informações

Atividade III – O conceito de Pressão		
Material	Questões	O que fazer?
<p>Um balão;</p> <p>Uma cama de pregos (100 pregos fixados em uma placa de MDF 10 x 10cm, todos do mesmo tamanho).</p>	<p>Antes de realizar o experimento, responda: o que provavelmente acontecerá se um balão com ar encostar em um único prego?</p> <p>O resultado será o mesmo se um outro balão nas mesmas condições encostar na cama de pregos?</p>	<p>Teste a hipótese levantada por você no item anterior, ou seja, pressione o balão preenchido com ar contra a cama de pregos. O resultado previsto se concretizou? Como você poderia explicá-lo?</p> <p>Análise os seguintes fatos: a pisada por um sapato de salto alto e fino pode causar bastante dor; para se deslocar em áreas de neve, as pessoas utilizam calçados enormes, com uma grade área de contato com o chão; facas e lâminas mais afiadas têm um corte melhor. Como relacionar tudo isso com o que já foi discutido até o momento?</p>

Fonte: Os autores (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo mostrar as contribuições que a neurociência cognitiva traz para o processo de ensino-aprendizagem. Aqui mensuramos aspectos de como a Psicologia contribui na formação das atividades intelectuais do indivíduo, considerando-o ser singular na aquisição desses saberes.

Em relação ao Processamento das Informações Cerebrais, é pertinente ressaltar a importância de se conhecer a funcionalidade do cérebro, com suas ramificações, para proporcionar ao aluno amplas possibilidades de reter informações consistentes e significativas para o campo da ciência, em consonância com o contexto social.

Pensar no conteúdo Pressão foi, por ser um conteúdo no qual os discentes apresentam algumas dificuldades de compreensão, a maneira de mostrar como estruturar atividades que mobilizem o cérebro a trabalhar informações essenciais, a partir de uma sequência que estimule esse órgão a captar informações, gerenciar e resgatá-las para que, assim, a aprendizagem possa ser garantida e eficaz.

Perturbações, no sentido de melhorar a relação aluno-saber-professor, devem promover a necessidade de atrelarmos às nossas práticas uma teoria de aprendizagem, para que, além de criar uma identidade profissional, possamos estabelecer alternativas que proporcionem auxílio no processo de ensino-aprendizagem, podendo tornar a atividade clara e consistente.

REFERÊNCIAS

- ATKINSON, R. C; SHIFFRIN, R. M. Human memory: a proposed system and its control processes. *In: The psychology of learning and motivation*, vol. 2. 1968. New York: Academic Press, 1968.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, 2002. p. 9-31. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acesso em: 27 jun. 2019.
- CIBRÃO, P. V. C. **Experimentação investigativa em ensino de física para o ensino médio**. 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2015.
- FORTALEZA, E. C. **Proposta de uma UEPS para desenvolver os temas densidade e pressão no ensino médio**. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão, 2018.
- GAZZANIGA, M.; HEATHERTON, T.; HALPERN, D. **Ciência psicológica**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.
- HEBB, D. O. **The organization of behavior: a neuropsychological theory**. New York: Wiley, 1949.
- LASHLEY, K. S. In Search of the Engram. *In: Society for Experimental Biology, Physiological mechanisms in animal behavior*. Society's Symposium IV. p. 454–482.
- LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MACHADO, K. T; ROSA, M. C. Experimentos contraintuitivos no ensino de pressão. *In: UGGIONI, E; CASCAES, M. F.; JUST, M. C. (org.). Atividades experimentais em sequências didáticas: física*. 22. ed. Criciúma: editora Unesc, 2016. p. 9-15.
- MILNER, B. **Physiologie de l'hippocampe**. Paris: Centre National De la Recherche Scientifique, 1962. p. 257–272.
- MONTEIRO, M. A. A. *et al.* As atividades de demonstração e a teoria de Vigotski: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo. *In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. 2, 2010. p. 371-384. Florianópolis: UFSC, 2010. Disponível em: < <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n2p371>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- NADER, K.; SCHAFE, G. E.; LE DOUX, J. E. Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *In: Nature*, n. 406, 17 ago. 2000. p. 722–726. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/35021052?free=2>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- SOUZA, R. S. B.; SILVA, K. S. Um modelo teórico de aprendizagem baseado no processamento da informação cerebral em Gazzaniga para uma sequência de ensino de transformações químicas. *In: FONSECA, L. S.; SILVA, K. S. (org.). Modelos teóricos de aprendizagem: bases para sequências de ensino em ciências e matemática [recurso eletrônico]*. São Cristóvão: editora UFS, 2018. p. 131-142.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *In: Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 3, 2011. p. 67-80. Belo Horizonte: UFMG, 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Kleyfton Soares da Silva

Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), licenciado em Química pelo Instituto Federal de Alagoas com período sanduíche no Institute of Technology Sligo (Irlanda), licenciado em Matemática pela Faculdade Ibra de Brasília, licenciado em Letras Português-Inglês pelo Centro Universitário Faveni. Especialista em Educação Infantil, Neurociência e Aprendizagem (UCAM) e em Neurociências Cognitivas e Processos Psicológicos (UNYLEYA). É professor de química do IFAL e doutorando em Ensino de Ciências (USP). Pesquisador em Ensino de Química e Matemática na perspectiva teórica da psicologia educacional e neurociência cognitiva.



Laerte Silva da Fonseca

Livre Docente pela Emil Brunner World University® (EBWU, Miami, Flórida/EUA); Doutor Honoris Causa (EBWU); Laureado com o Título de Notório Saber (EBWU); Pós-Doutorado em andamento em Ciências Básicas e Ambientais, EEL da Universidade de São Paulo/USP; Pós-Doutor em Psicologia e Neurociência Cognitiva (EBWU); Professor Titular de Educação Matemática/ IFS. Pós-Doutorado em Educação Matemática/ UNIAN-SP. Doutor em Educação Matemática/ UNIAN-SP com sandwiche na Université Claude Bernard Lyon 1/FR. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática/UFS. Mestre em Educação/UFS. Esp. em Neuroaprendizagem/IS-DF. Esp. em Neuropsicologia/UNIFESP. Esp. em Educação Matemática/FA. Esp. em Psicopedagogia Clínica/FPD. Esp. em Psicopedagogia Institucional/ FPD. Esp. em Ensino de Matemática/UFS. Esp. em Gerência e Tecnologia da Qualidade/ CEFET-MG. Licenciado em Matemática/UFS. Psicólogo/ESTÁCIO-SE. Atua nos seguintes temas: Neurociência e Psicologia Cognitiva, Engenharia Didática, Teoria das Situações Didáticas, Aprendizagem Significativa em Matemática. Docente do Curso de Licenciatura em Matemática/IFS e do Programa de PósGraduação em Ensino de Ciências e Matemática/ UFS. Líder dos Grupos de Estudos e Pesquisa em “Educação Matemática” e em “Desenvolvimento Neurocognitivo da Aprendizagem Matemática”/ IFS. Editor-Chefe de Caminhos da Educação Matemática em Revista (impresa e online).



