



## **CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA E DE CONCEITOS BÁSICOS DE ASTRONOMIA: ALGUMAS APROXIMAÇÕES PRELIMINARES**

*CONTRIBUTIONS OF NEUROSCIENCE AND MEANINGFUL LEARNING TO THE TEACHING OF PHYSICS AND BASIC CONCEPTS OF ASTRONOMY: SOME PRELIMINARY APPROACHES*

*CONTRIBUCIONES DE NEUROCIENCIA Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO A LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y CONCEPTOS BÁSICOS DE ASTRONOMÍA: ALGUNOS ENFOQUES PRELIMINARES*

**José Ademir Damasceno Júnior**



Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (IFCE)

Professor na Secretaria da Educação Básica do Ceará (SEDUC/CE)

[jose.junior43@prof.ce.gov.br](mailto:jose.junior43@prof.ce.gov.br)

**Mairton Cavalcante Romeu**



Doutor em Engenharia de Teleinformática (UFC)

Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECM/IFCE)

[mairtoncavalcante@gmail.com](mailto:mairtoncavalcante@gmail.com)

### **Resumo**

Neste trabalho, realizou-se uma investigação sobre algumas aproximações entre a Neurociência e a Aprendizagem Significativa. Para tanto, levantou-se a seguinte questão: a partir dessas aproximações, que contribuições podem ser evidenciadas para o ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia? A pesquisa tomou por base documentos oficiais nacionais e os resultados de pesquisas anteriores descritos em artigos, dissertações e teses, dando ênfase aos publicados nos últimos dez anos. Os resultados apontam que a compreensão de aspectos neurocientíficos e das premissas para uma aprendizagem significativa impactará favoravelmente na formação e na atuação do professor de Física e de conceitos básicos de Astronomia, tendo em vista que será possível ele desenvolver nos alunos suas funções executivas, como exemplo, a atenção, a memória, a capacidade de estabelecer relação entre dois assuntos, a habilidade de fazer cálculos com a mente, a utilização da imaginação e da criatividade para resolver problemas.

**Palavras-chave:** Neurociência. Aprendizagem Significativa. Ensino de Física e Astronomia.

**Recebido em:** 24 de janeiro de 2021.

**Aprovado em:** 13 de maio de 2021.

Como citar esse artigo (ABNT):

DAMASCENO JÚNIOR, José Ademir; ROMEU, Mairton Cavalcante. Contribuições da Neurociência e da Aprendizagem Significativa para o ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia: algumas aproximações preliminares. **Revista Prática Docente**, v. 6, n. 2, e033, 2021.

<http://doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n2.e033.id994>



### Abstract

In this work, an investigation was carried out on some approximations between Neuroscience and Meaningful Learning. Therefore, the following question was raised: from these approximations, what contributions can be evidenced for the teaching of physics and basic concepts of astronomy? The research was based on official national documents and the results of previous research described in articles, dissertations and theses, emphasizing those published in the last ten years. The results indicate that the understanding of neuroscientific aspects and the premises for a significant learning will have a favorably impact on the training and performance of the professor of physics and basic concepts of astronomy, considering that it will be possible for him to develop in the students his executive functions, such as attention, memory, the ability to establish a relationship between two subjects, the ability to do calculations with the mind, the use of imagination and creativity to solve problems.

**Keywords:** Neuroscience. Meaningful Learning. Teaching Physics and Astronomy.

### Resumen

En este trabajo, se llevó a cabo una investigación sobre algunas aproximaciones entre neurociencia y aprendizaje significativo. Por lo tanto, se planteó la siguiente pregunta: a partir de estas aproximaciones, ¿qué contribuciones se pueden evidenciar para la enseñanza de la física y los conceptos básicos de astronomía? La investigación se basó en documentos oficiales nacionales y los resultados de investigaciones anteriores descritas en artículos, disertaciones y tesis, destacando los publicados en los últimos diez años. Los resultados indican que la comprensión de los aspectos neurocientíficos y las premisas para un aprendizaje significativo tendrá un impacto favorable en la formación y el rendimiento del profesor de física y conceptos básicos de astronomía, teniendo en cuenta que será posible que desarrolle en los estudiantes sus funciones ejecutivas, como la atención, la memoria, la capacidad de establecer una relación entre dos materias, la capacidad de hacer cálculos con la mente, el uso de la imaginación y la creatividad para resolver problemas.

**Palabras Clave:** Neurociencia. Aprendizaje significativo. Docencia de Física y Astronomía.



## INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, pesquisas em Educação buscam compreender e revelar o complexo e imbricado processo de ensino-aprendizagem. Além disso, o aparato de aquisição e manutenção do conhecimento intrigam pesquisadores de diferentes áreas, professores, filósofos, epistemólogos, psicólogos, sociólogos, médicos, dentre outros. É importante frisar que, nesse processo de permanente procura por mecanismos que proporcionem uma verdadeira e sólida aquisição do conhecimento, os educadores ocupam uma posição de destaque em função da influência que exercem sobre o desenvolvimento e a aprendizagem dos educandos no ambiente escolar (BROCKINGTON, 2011).

Brockington (2011) ressalta que, no ensino de Ciências, o desafio é ainda maior pela necessidade de serem criadas condições adequadas, a fim de que os estudantes possam assimilar um conhecimento, reconhecido como abstrato e especializado e, em seguida, ressignificá-lo, para que, finalmente, possam atuar sobre o mundo em que vivem. Fourez (1995), Astolfi e Develay et al. (2005) revelam que inúmeros autores na área de educação científica procuram por estratégias que apresentem elementos capazes de desenvolver nos alunos uma postura crítica e reflexiva. Nessa conjectura, é de suma importância o entendimento dos mecanismos de construção do conhecimento no processo de ensino-aprendizagem, sobretudo em sala de aula, assim como as condições adequadas para que os estudantes consigam assimilar o conhecimento em sua estrutura cognitiva (BROCKINGTON, 2011).

Conforme Bartoszeck (2006), a Neurociência se ocupa do estudo do sistema nervoso central, tanto quanto de sua complexidade. Segundo Vizzotto (2019), a Neurociência, enquanto ciência formal, teve início no século XIX. Grossi, Lopes e Couto (2014) afirmam que a Neurociência dialoga com diferentes áreas do conhecimento, a saber: a Neurologia, a Psicologia, a Biologia; tendo como tema central o estudo do sistema nervoso (SN), por conseguinte, a compreensão do processo de aprendizagem. Esse campo da ciência tem um importante papel para a compreensão da estrutura, organização e funcionamento do cérebro (VIZZOTTO, 2019). Gazzaniga, Ivry e Mangun (2013) dizem que décadas de neurociência cognitiva revelaram que diferentes conjuntos de regiões do cérebro são importantes para o desempenho de diversas tarefas cognitivas.

Vale salientar que a estrutura e a arquitetura cerebral sofrem mudanças em decorrência da neuroplasticidade, sendo as sinapses neurais os pontos de liberação de neurotransmissores, que possibilitam a comunicação entre os neurônios (VIZZOTTO, 2019). Relvas (2011) defende



que os cérebros, indistintamente, têm a capacidade de se alterar, em outras palavras, esse órgão tem a propriedade de mudar através de novas aprendizagens. No que tange ao estudo de sua complexidade, pesquisas investigam a relação de determinadas características do cérebro com alguns processos pertinentes ao ser humano, como, por exemplo, cognição, fenótipo ou doença (TUSTISON et al., 2014). Além disso, em virtude da subjetividade e requisitos a serem considerados para as análises, os cientistas contam com técnicas de modelagens recorrendo a robustas ferramentas de software, que facilitam os testes e o refinamento das hipóteses (TUSTISON et al., 2014).

O cérebro humano é um sistema de interação e de evolução de redes organizadas em diferentes escalas no espaço e no tempo (BASSETT; GAZZANINGA, 2011; FELDT; BONIFAZI; COSSART, 2011; BASSETT; SIEBENHÜHNER, 2013). Processos neurofisiológicos envolvidos com mecanismo de aprendizagem podem ser registrados usando eletroencefalografia (EEG) ou imagem por ressonância magnética funcional (IRMF) (MULDOON; BRIDGEFORD; BASSETT; 2016).

Para a cognição, os seres humanos tiram proveito das funções executivas (FE), um conjunto de habilidades cognitivas imprescindíveis para a realização de diferentes atividades, que necessitam de planejamento e acompanhamento de comportamentos intencionais associados a um objetivo (HANNA-PLADDY, 2007; LEZAK; HOWIESON; LORING, 2004). Com a finalidade de uma melhor adaptação, o indivíduo poderá fazer uso das FE, tendo em vista que elas permitem uma interação mais eficaz com o meio (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006; MALLOY-DINIZ et al., 2008). As FE são essenciais para o direcionamento e o controle de diversas habilidades intelectuais, emocionais e sociais (LEZAK; HOWIESON; LORING, 2004), como, por exemplo, brincar, conversar, estudar, dentre tantas outras (DIAMOND et al., 2007).

A compreensão de algumas funções cognitivas, como exemplo, a atenção e a memória, tem se ampliado cada vez mais. O uso da técnica IRMF, que permite estudar o cérebro humano *in vivo*, tem possibilitado revelar processos complexos subjacentes à fala, à linguagem, ao pensamento, ao raciocínio, à leitura e ao uso da matemática, entre outros (BROCKINGTON, 2011). Foi justamente utilizando a referida técnica que Dunbar e Fugelsang et al. (2007) analisaram como alunos adquirem conceitos de Astronomia. Esses autores buscaram entender como se dá o processo de mudança conceitual, por meio da conexão entre os fundamentos da Neurociência e da Astronomia.



Há séculos que os fenômenos astronômicos despertam o interesse das pessoas. Os egípcios, tal como em outras civilizações antigas, já desenhavam em tumbas imagens do céu. Não obstante, nativos americanos faziam representações de corpos celestes em desenhos nas paredes de cavernas e penhascos (THORNBURGH, 2017). A civilização da Grécia antiga ficou conhecida por construir globos que retratavam constelações e movimentos planetários (THORNBURGH, 2017). Barai et al. (2016) defendem que a Astronomia, com todo o fascínio que desperta nos indivíduos, tenha influenciado o desenvolvimento da Física, Química, Biologia, História, Geografia, Filosofia, Sociologia, das navegações, entre outras áreas do conhecimento, visto que aborda inúmeros conceitos em comum.

Na concepção de Plummer (2006), o Planetário representa uma valiosa ferramenta tecnológica para o estudo de objetos celestes, assim como de seus movimentos, através de uma perspectiva vista da Terra. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2000) orientam que as tecnologias sejam implementadas, efetivamente, no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) recomenda, para o ensino de Ciências, que se exercite a curiosidade intelectual dos estudantes, através de algumas estratégias, tais como: investigação, reflexão, análise crítica, imaginação, criatividade, dentre outras características próprias das ciências. Para isso, a BNCC estabelece, ainda, a necessidade de uma relação no tratamento didático nas três etapas constituintes da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio), no intuito de uma articulação para a construção de conhecimentos, no desenvolvimento de habilidades e na formação de atitudes e valores (BRASIL, 2018).

Na BNCC, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é composta pelas componentes curriculares de Biologia, Física e Química. Essa área visa aprofundar e sistematizar as aprendizagens essenciais desenvolvidas até o 9º ano do Ensino Fundamental, enaltecendo a interpretação de fenômenos naturais e processos tecnológicos, de modo a possibilitar aos estudantes a apropriação de conceitos, procedimentos e teorias dos diversos campos das Ciências da Natureza. Busca, de igual modo, possibilitar que os estudantes possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, apropriando-se do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais (BRASIL, 2018).

Ainda em consonância com a BNCC (BRASIL, 2018), propostas de trabalho que propiciem aos estudantes o acesso a saberes sobre o mundo digital e a práticas da cultura digital devem, da mesma forma, ser priorizadas, já que impactam seu dia a dia nos vários campos de



atuação social. Sua utilização na escola não só permite maior apropriação técnica e crítica desses recursos, como também é determinante para uma aprendizagem significativa e autônoma pelos estudantes. Com relação à Teoria da Aprendizagem Significativa, conforme Moreira e Masini (1982, p. 7), “a ideia central da teoria de Ausubel é a de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”.

Nesse entendimento, o que o aluno já sabe, por ter aprendido em um dado momento, servirá para ancorar um novo conhecimento. A partir do instante que uma informação se encontra alojada na estrutura cognitiva do indivíduo, ele poderá estabelecer relações com outros conhecimentos a serem adquiridos. Quando o aluno se interessa em aprender algo novo, acredita-se que essa nova informação será armazenada em sua estrutura cognitiva (ROZAL; SOUZA; SANTOS, 2017). Dessa forma, a compreensão de como se dá a aquisição de novos conhecimentos representa um dos objetivos principais da teoria da aprendizagem significativa. A busca incessante em saber como as informações são organizadas e acomodadas no cérebro humano faz com que os professores repensem permanentemente sobre a sua forma de ensinar e transmitir novos conceitos aos seus alunos (SILVA; RODRIGUES; 2017).

Com vistas a romper com metodologias tradicionais, em busca de metodologias construtivistas, a fim de que o processo de aquisição de conhecimento deixe de ser mecânico e passe a ter um significado para os estudantes, a aprendizagem significativa é vista como uma relevante alternativa no processo de ensino e aprendizagem (SILVA; BRAIBANTE, 2018). Nesse sentido, é imprescindível que os professores levem em consideração esse aspecto, ou seja, tenham como ponto de partida o que o aluno traz de conhecimento consigo, mesmo que seja baseado em senso comum.

Surge, então, uma questão: a partir da aproximação entre a Neurociência e a Aprendizagem Significativa, que contribuições podem ser evidenciadas para o ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia?

Para tanto, este trabalho teve como objetivo geral realizar um levantamento bibliográfico sobre as contribuições da aproximação entre a Neurociência e a Aprendizagem Significativa para o ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia.

Vizzotto (2019) entende que a aprendizagem, enquanto objeto de estudo, foi inicialmente investigada pela área da Psicologia, por conseguinte, dando origem à psicologia da aprendizagem, com vistas a entender as funções cognitivas. Todavia, Vizzotto (2019, p. 153) traz à tona o esclarecimento a seguir:



Porém, há décadas são realizados estudos buscando entender esse contexto e ainda não existe um consenso entre os autores clássicos e pesquisadores contemporâneos sobre como a mente humana aprende e quais são os mecanismos que o cérebro utiliza para esse acontecimento (VIZZOTTO, 2019, p. 153).

Vizzotto (2019) afirma, ainda, que as teorias da aprendizagem adotam, em suas investigações, métodos indiretos, com o intuito de apreciar a assimilação de conceitos ou condicionantes, a fim de compreender as especificidades da aprendizagem. Para Vizzotto (2019, p. 154), “inicialmente, acreditava-se que aprender dependia de fatores externos ao indivíduo e que o contato com o mundo, por meio dos sentidos, proporcionaria a integração necessária para ‘adquirir’ conhecimentos”. O autor destaca, também, que essa concepção foi defendida por uma vertente denominada natureza empirista/indutivista, que agrega a teoria behaviorista. De acordo com Cosenza e Guerra (2011, p. 38), valendo-se dos fundamentos da Neurociência, o fenômeno “aprendizagem” é:

[...] consequência de uma facilitação da passagem da informação ao longo das sinapses. Mecanismos bioquímicos entram em ação, fazendo com que os neurotransmissores sejam liberados em maior quantidade ou tenham uma ação mais eficiente na membrana pós-sináptica. Mesmo sem a formação de uma nova ligação, as já existentes passam a ser mais eficientes, ocorrendo o que já podemos chamar de aprendizagem [...] (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 38).

Entretanto, Vizzotto (2019, p. 154) faz o seguinte alerta:

Porém, essa compreensão era altamente questionável pois a confiança nos sentidos humanos poderia facilmente ludibriar a validade das medidas realizadas, pois são instrumentos passíveis de falhas. No outro extremo, acreditava-se que a aprendizagem ocorria devido à interação com o meio, através de raciocínios dedutivos. Essa linha, chamada de racionalista, teve como principais representantes Piaget e Vygotsky, com as visões cognitivistas e sociointeracionistas, respectivamente (VIZZOTTO, 2019, p. 154).

Por sua vez, encontram-se autores que advogam que nem o extremo empirista nem o racionalista elucidam, completamente, todos os aspectos fundamentais para compreender a aprendizagem (VIZZOTTO, 2019). Há cerca de 2000 anos, o filósofo Sêneca já afirmava que se aprendia mais para a escola do que para a vida, um problema que persiste atualmente. A prioridade para os alunos, uma espécie de sobrevivência, é aprender objetivando uma aprovação, mesmo que, posteriormente, os assuntos estudados sejam esquecidos (COSENZA; GUERRA, 2011). Cosenza e Guerra (2011, p. 48) previnem que “quem ensina precisa ter sempre presente a indagação: por que aprender isso? Em seguida: qual a melhor forma de apresentar isso aos alunos, de modo que eles reconheçam como significativo?”.

Com o propósito de orientar as redes de ensino e professores acerca das aprendizagens essenciais a serem ensinadas e desenvolvidas por toda a Educação Básica, foi elaborada a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento de caráter normativo, que busca assegurar os



direitos de aprendizagem e desenvolvimento para os estudantes, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). A BNCC, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, da qual a componente curricular de Física faz parte, visa que os alunos se apropriem de conceitos, procedimentos e teorias dos diversos campos dessa área, além de viabilizar que os estudantes possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, construídos em diferentes contextos históricos e sociais (BRASIL, 2018).

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deverá contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que ofereça elementos para que os estudantes sejam capazes de fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, fazendo uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas, assim como a interação com as demais áreas do conhecimento, suscitará discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (BRASIL, 2018).

Além do aprofundamento de diferentes temáticas, a BNCC de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe, também, que os estudantes ampliem as habilidades investigativas desenvolvidas no Ensino Fundamental, apoiando-se em análises quantitativas e na avaliação e na comparação de modelos explicativos. Ademais, acredita-se que eles deverão aprender a estruturar linguagens argumentativas, que lhes permitam comunicar, para diversos públicos, em contextos variados e utilizando diferentes mídias e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), conhecimentos produzidos e propostas de intervenção baseadas em evidências, conhecimentos científicos e princípios éticos e responsáveis. No mais, a referida área tem o intuito de exercitar a curiosidade intelectual dos estudantes e fazer com que eles recorram à abordagem própria das ciências, abrangendo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2018).

Apesar das recomendações da BNCC, entre outros documentos oficiais, é fácil encontrar, na literatura científica, inúmeros trabalhos que discutem sobre o ensino de Física baseado em uma aprendizagem mecânica, através de uma exaustiva repetição dos conceitos e fórmulas empregadas nos diferentes assuntos do Ensino Médio (DARROZ; ROSA; GHIGGI, 2015). Em vista disso, a fim de romper com um ensino de caráter tradicional, que pouco motiva e contribui para a aquisição de novos conhecimentos pelos alunos, faz-se necessário que os





professores desenvolvam propostas de trabalho que possibilitem aos estudantes o acesso a saberes sobre o mundo digital e a práticas da cultura digital, já que impactam em seu dia a dia nos vários campos de atuação social. A inserção dessas estratégias na escola não só possibilitará uma maior apropriação técnica e crítica desses recursos, como também é determinante para uma aprendizagem significativa e autônoma pelos estudantes (BRASIL, 2018).

A teoria de Ausubel pressupõe que a aprendizagem é significativa quando uma nova informação (conceito, ideia, suposição) adquire significado para o aluno. Para a informação fazer sentido, é preciso que se estabeleça uma analogia com as ideias que se encontram na sua estrutura cognitiva (conceitos subsunçores), onde as ideias do aluno estão organizadas. Desta forma, uma vez aprendido determinado conteúdo, o aluno é capaz de explicá-lo com suas próprias palavras (TIRONI et al., 2013, p. 3).

Ausubel (2000) esclarece que, para ocorrer uma aprendizagem significativa, existem condições a serem satisfeitas: o material precisará ser potencialmente significativo, devendo apresentar uma estruturação lógica e deverá estar relacionado com a estrutura cognitiva do aluno, de maneira não arbitrária e não literal; e o estudante deve estar predisposto a aprender. Caso uma dessas condições não seja satisfeita, ocorrerá uma aprendizagem mecânica (DARROZ; ROSA; GHIGGI, 2015). Ausubel (2000) não apresentou um instrumento que pudesse medir a aprendizagem significativa obtida por um indivíduo, de todo modo, Novak (1977), Moreira e Masini (1982), Darroz, Rosa e Ghiggi (2015), entre outros autores, argumentam que um aluno, ao organizar suas ideias e informações, de um assunto estudado qualquer, de modo esquematizado, hierarquizado e com os conceitos relacionados, estará manifestando evidências de uma aprendizagem significativa.

Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC tem o propósito de aprofundamento conceitual nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo, conceitos amplamente estudados em Física e Astronomia, visto que são temas considerados essenciais para que competências cognitivas, comunicativas, pessoais e sociais continuem a ser desenvolvidas e mobilizadas para a resolução de problemas e tomada de decisões (BRASIL, 2018). No que se refere, mais claramente, a estudos que envolvem Neurociência e ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia, pode-se destacar a pesquisa de Dunbar e Fugelsang (2007), possivelmente, os primeiros a darem passos a fim de integrar essas áreas, procurando entender como os alunos assimilam conceitos físicos e astronômicos e como se dá o processo de mudança conceitual (BROCKINGTON, 2011). Dunbar e Fugelsang (2007) investigaram como estudantes de graduação explicam as diferenças nas estações do ano. Os dados obtidos, através de descrições escritas, mostraram que 94% dos



alunos apresentam concepções alternativas sobre esse assunto, por exemplo, a maioria respondeu que o fenômeno se deve a variações da distância entre a Terra e o Sol.

Damasceno Júnior e Romeu (2018, p. 233) alegam que “as concepções alternativas são concebidas como obstáculos epistemológicos que comprometem uma aprendizagem científica, como, por exemplo, a assimilação de conceitos astronômicos”. Plummer (2006) pressupõe que concepções alternativas em crianças e adolescentes acontecem por eles não receberem corretas instruções. A autora expõe que crianças e adultos não têm o hábito de realizar observações do movimento de corpos celestes.

A seguir, será apresentado o desenho metodológico desta pesquisa.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em um levantamento bibliográfico sobre a interface entre a Neurociência e a Aprendizagem Significativa, com vistas a identificar contributos para o ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia, tomando por base os autores da área, documentos oficiais nacionais e resultados de pesquisas anteriores descritos em artigos, dissertações e teses, um total de 54 trabalhos, através de consultas a plataformas digitais, dando ênfase aos publicados nos últimos dez anos, por serem mais atuais, assim, proporcionarem um melhor embasamento teórico. As produções mais antigas foram adotadas por sua relevância, visto que são resultados de investigações de autores renomados que promoveram mudanças de paradigmas na temática abordada neste estudo. Uma pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos (GIL, 2008).

A proposta de abordagem deste trabalho foi qualitativa. Segundo Rossman e Rallis (1998 apud Creswell, 2007, p. 186), na pesquisa qualitativa, o investigador pode “desenvolver um nível de detalhes sobre a pessoa ou sobre o local e estar [...] envolvido nas experiências reais dos participantes”. A natureza da pesquisa deve ser classificada como básica em educação em ciências. De acordo com Moreira (2004, p. 11), esse tipo de investigação representa “a busca por respostas a perguntas sobre ensino, aprendizagem [...] e sobre o professorado de ciências e sua formação permanente, dentro de um quadro epistemológico, teórico e metodológico consistente e coerente”.

As consultas foram realizadas por meio da busca pelos termos-chave: “Aprendizagem Significativa”, “Neurociência”, “Neurociência e ensino de Física e Astronomia”, em plataformas, a saber: Periódicos da Capes, que engloba as principais bases de dados - Biblioteca



Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico. Vale salientar que alguns desses textos foram utilizados como consulta ou fundamentação de partes do artigo. Considerou-se, também, a qualidade das produções científicas, através da pertinência dos resumos dos trabalhos em relação ao objeto de estudo desta pesquisa. Apreciou-se o Qualis dos periódicos das revistas, pelos quais estavam inseridos os artigos, sendo selecionados apenas os com classificação na área A, em todos os seus níveis, e ainda na área B, somente até o nível 2, em razão do relevante fator de impacto dessas produções científicas. Portanto, os trabalhos dos outros níveis foram excluídos, acreditando-se que seriam menos impactantes nesta pesquisa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza, em particular, a Física, na perspectiva da BNCC, deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que desenvolva nos estudantes a capacidade de fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, fazendo uso criterioso de diversas tecnologias. A inserção dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre os impactos éticos, socioculturais, políticos e econômicos de temas relacionados às Ciências da Natureza (BRASIL, 2018).

Verifica-se que muitos professores de Física e de outras componentes curriculares defendem a aprendizagem por descoberta (SILVA et al., 2019), entretanto somente o fato de o conteúdo principal ser descoberto pelo aluno não será suficiente para uma aprendizagem significativa. Para o novo conhecimento ser assimilado pelo estudante, é preciso que se estabeleça uma associação com seus conhecimentos prévios.

Darroz, Rosa e Ghiggi (2015) apontam que a aprendizagem mecânica de Física, ainda, é muito presente nas escolas brasileiras e ocorre de forma simplesmente arbitrária, não proporcionando a aquisição de novos conceitos, cujo indivíduo dependerá, basicamente, da associação do estímulo correspondente para cada resposta. Caso seja dado um estímulo diferente ao indivíduo, até mesmo um sinônimo, dificilmente ele apresentará uma resposta correta.

Pereira, Fusinato e Gianotto (2017) entendem que a melhoria da qualidade do ensino de Física perpassa pela definição de uma mudança de postura didático-pedagógica do professor. Esses autores apontam a necessidade de uma intervenção na formação inicial para além do aspecto pedagógico, de forma que os licenciandos repensem sobre suas atitudes. Acredita-se



que, para uma interação mais eficiente em sala de aula, que promova o interesse e a participação dos alunos em relação aos assuntos estudados, faz-se necessária a ressignificação do papel do professor, em outras palavras, é urgente a mudança no perfil de professor (PEREIRA; FUSINATO; GIANOTTO, 2017).

Insistir em um currículo com uma abordagem reducionista, como verificado no método tradicional, implementando apenas algumas mudanças pedagógicas pontuais, sem mudar a sua natureza e essência, dificilmente teremos um resultado favorável para a construção da cidadania, será pouco provável que os alunos estejam sendo preparados para serem capazes de participar criticamente de uma sociedade democrática, com a finalidade de garantir os seus direitos e cumprir com os seus deveres (CATARINO; QUEIROZ; ARAÚJO, 2013).

Catarino, Queiroz e Araújo (2013) estabelecem três âmbitos formativos que devem ser indispensáveis para nós, a saber: formação para a cidadania, formação que vise o enriquecimento cultural e formação que permita construir meios para o trabalho. Eles defendem que esses três âmbitos não estão isolados uns dos outros, somente em sua inter-relação é que se concretizará o processo educativo. Além disso, a cooperação e o espírito coletivo devem se tornar objetivos claros e principais, ao invés de competições e individualismos, com o propósito de um projeto político-pedagógico emancipatório, em que o ensino de Ciências, particularmente de Física, precisa assumir um papel central, principalmente no que se refere à desconstrução do reducionista mecanicista e de suas implicações ideológicas.

Verifica-se que o uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) se apresenta como uma relevante alternativa para o ensino de Física/Ciências, contudo, frequentemente, percebe-se uma aguda contradição: se por um lado a mídia, quase que diariamente, divulga níveis espetaculares de desenvolvimento científico-tecnológico, que possibilitaram à humanidade superar a marca de sete bilhões de pessoas, produzindo novos mecanismos de comunicação e interação; por outro lado, a juventude, especialmente brasileira, demonstra baixo interesse pela ciência e por seu ensino, concomitantemente há uma elevada evasão nos cursos e a insistência de propostas curriculares distantes da realidade dos estudantes (PIAGET, 2002; RANGEL; SANTOS; RIBEIRO, 2012). Apesar de seu potencial, as escolas públicas ainda apresentam uma tímida utilização dos recursos tecnológicos pelos professores (BRETONES, 2006; LEITE, 2006; GUIDOTTI, 2014).

Catarino, Queiroz e Araújo (2013) asseveram que o ensino de Física se efetiva no currículo e na prática docente. Para eles, o currículo é organizado em saberes correspondentes



a disciplinas isoladas, semelhante à sala de aula, que, em uma abordagem tradicional, é verificada como um grupo de alunos isolados, fortuitamente competindo uns com os outros. Lamentavelmente, o estudante não é concebido como um ser social, nem pode adquirir consciência social. Nessa perspectiva, o ensino se limita a uma transmissão de conteúdo, por meio de aulas verticalizadas, estritamente expositivas, seguindo um sentido restrito do professor para o aluno. A disciplina em sala de aula, os exames e as reprovações representam uma visão de mundo hierarquizada e imutável (CATARINO; QUEIROZ; ARAÚJO, 2013).

Um modelo de aprendizagem baseado em uma mera transmissão de conteúdos será ineficiente, haja vista que pouco estabelece vínculo/ligações com informações já disponíveis no cérebro do indivíduo. É mister que o professor, à luz da Aprendizagem Significativa e da Neurociência, elabore mecanismos e estratégias no processo de ensino e aprendizagem que favoreçam as conexões/associações entre os conhecimentos prévios do estudante com o que se deseja ensinar, levando em conta o alcance dos objetivos traçados, o desenvolvimento de habilidades e a aquisição de novos conceitos.

Nessa conjectura, já na década de 50 são apresentados alguns esforços na tentativa de superar o ensino de tradição formalista e abstrata, especificamente na Física, apontado e criticado por Feynman (2000). Autores como Mortimer (1996) e Bastos (2009) evidenciaram contribuições relevantes decorrentes da interação entre o conhecimento prévio do aluno e o conhecimento científico. Outros pesquisadores, como exemplo, Strieder e Kawamura (2010), revelaram a importância das relações entre ciência, tecnologia e sociedade para o ensino de Ciências. Ainda, Cachapuz et al. (2008) destacam o uso das TDIC e das diferentes linguagens, assim como a história e a filosofia da ciência, para o estudo dos conceitos científicos.

Entretanto, de acordo com Rangel, Santos e Ribeiro (2012), para cada um desses esforços, são exigidos novos conhecimentos e representações que deverão mediar a apropriação dos conceitos científicos e da literatura científica, que demandam ser aprendidos e apreendidos por professores e alunos. Para tanto, é imprescindível a compreensão dos aspectos teóricos subjacentes à interação entre o conhecimento prévio e o conhecimento científico dos alunos, assim como ao desenvolvimento de habilidades e competências.

Cosenza e Guerra (2011) explicitam que um ensino significativo provoca alterações na taxa de conexão sináptica e afeta a função cerebral, sendo possível, assim, estabelecer um paralelo entre as proposições e as contribuições da psicologia cognitiva com a Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003). Destarte, é possível inferir, por meio da aproximação entre a



Neurociência e a Aprendizagem Significativa, que o aluno assimilará mais eficientemente os conteúdos de Física e conceitos básicos de Astronomia se o professor estabelecer diferentes conexões entre os novos conceitos a serem estudados e os já existentes na estrutura cognitiva do aluno, além dos instrumentos/estímulos que precisam ser instigantes/significativos para o aprendiz.

No trabalho de Darroz e Santos (2013), os autores elaboraram uma unidade didática, que também contaria com o uso do Planetário, para o tratamento de conceitos básicos de Astronomia, a fim de obter indícios de uma aprendizagem significativa pelo grupo de alunos utilizado como amostra. Os temas selecionados pelos pesquisadores foram referentes a alguns corpos que compõem o Sistema Solar, com enfoque especial para a Terra e a Lua; os conceitos de Universo e galáxias; a definição de constelação e a evolução estelar.

Eles optaram por tais assuntos por entenderem como básicos na área de Astronomia e pelo fato de os estudantes participantes da pesquisa já terem estudado através da escola. Os conceitos físicos, em questão, foram considerados pré-requisitos para a compreensão significativa do tema. No curso elaborado pelos autores, além das explicações em sala de aula, foi disponibilizado um texto de apoio que continha todo o conteúdo das aulas. Segundo os autores, quanto à avaliação da proposta pelos alunos, 100% aprovaram os temas abordados e a metodologia utilizada, inclusive com o uso do Planetário. Os estudantes pesquisados afirmaram que todos os encontros foram dinâmicos, atrativos e muito interessantes, principalmente a parte observacional do céu noturno estrelado.

Darroz e Santos (2013) concluíram que, levando-se em consideração os índices obtidos nos diferentes instrumentos de avaliação aplicados ao longo do desenvolvimento da proposta, de acordo com as respostas dadas pelos participantes no questionário final e pelos comentários dos estudantes durante as atividades, considera-se que a proposta foi exitosa e pode ser repetida, apresentando uma forte perspectiva de sucesso com estudantes de nível médio. Em vista disso, admite-se, também, o ambiente Planetário, para o ensino de Física e conceitos básicos de Astronomia, como um valioso recurso, pois dele emergem diferentes estímulos, luz, som, imagens, interações, entre tantos outros, capazes de atrair a atenção do aluno, por ser potencialmente significativo e por relacionar novos conceitos com os subjacentes em sua estrutura cognitiva, atendendo aos pressupostos da Neurociência e da Aprendizagem Significativa, favorecendo uma melhor assimilação do conteúdo estudado.



Posto isto, defende-se que, tendo em vista uma aprendizagem significativa pelos alunos, de conceitos básicos de Física e Astronomia, por meio do assunto “Lei da Gravitação Universal”, proposta pelo físico inglês Isaac Newton, no século XVII, o professor poderá fazer uso do recurso tecnológico Planetário. Visto que ele conseguirá naturalmente relacionar fenômenos que ocorrem muito distantes de nós, entre corpos celestes, bem mais difíceis de serem abstraídos pelos estudantes sem ferramentas adequadas, com situações fáceis e rotineiras, como exemplo, a simples observação da queda de um livro abandonado por um aluno.

Para Teixeira, Peduzzi e Freire Júnior (2010), a Gravitação Universal (GU) de Newton é um assunto que, por si só, desperta o interesse daqueles que se dedicam ao estudo da Física, sobretudo pela riqueza conceitual que traz consigo, a saber: força, movimento, princípios de conservação, linguagem matemática e ideias astronômicas. Além disso, deve-se ressaltar que ensinar GU, entre outros temas, por meio de uma ferramenta como o Planetário, que dispõe de diferentes estímulos em suas sessões, será possível desenvolver nos alunos suas funções executivas, como exemplo, a atenção, a memória, a capacidade de estabelecer relação entre dois assuntos, a habilidade de fazer cálculos com a mente, a utilização da imaginação e criatividade para resolver problemas, dentre outras. Desse modo, advoga-se que experiências como essa, que relacionam conceitos da Neurociência com os pressupostos de uma aprendizagem significativa, podem impactar favoravelmente no ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia.

Apesar de observar-se certa euforia em relação às contribuições da Neurociência para a Educação, Vizzotto (2019) deixa claro que elas não propõem uma nova pedagogia nem prometem soluções definitivas para as dificuldades da aprendizagem. De todo modo, as neurociências podem colaborar para a reelaboração/ressignificação de práticas pedagógicas que já se realizam com êxito e propor novas intervenções, atentando ao fato de que as estratégias pedagógicas que respeitam o funcionamento do cérebro, possivelmente, serão mais eficientes (VIZZOTTO, 2019). É importante frisar que os avanços da Neurociência permitem uma abordagem mais científica do processo ensino-aprendizagem, baseando-se no entendimento dos processos cognitivos mobilizados. Porém, nunca é demais lembrar, que devemos ser cautelosos, mesmo com todo o otimismo em relação às contribuições decorrentes da interlocução entre neurociências e educação (VIZZOTO, 2019).

Diante do exposto, vale destacar a forte correlação entre as proposições da Aprendizagem Significativa, apresentada por David Ausubel (2000), com os fundamentos da



Neurociência, em que a disposição para aprender é considerada essencial na aprendizagem, influenciando diretamente a percepção do aluno em relação ao objeto de estudo. Tironi et al. (2013) mencionam que os organizadores prévios, materiais utilizados para facilitar a aprendizagem, disponibilizados aos alunos antes mesmo do conteúdo ser estudado, exercem um papel fundamental, já que possibilitam ao indivíduo focar sua atenção em certas especificidades, que poderiam não ser notadas. Nessa conjectura, desenvolvendo-se o mecanismo da atenção, entre outros, entende-se ser possível despertar, nos estudantes, a motivação em aprender, tal fato deve representar, para o professor, uma tarefa essencial.

Sabe-se que a disposição em aprender pode influenciar, potencialmente, a forma como as informações são assimiladas. Entretanto, caso conceitos relevantes não estejam disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, os organizadores servirão como base para o novo conhecimento, possibilitando a formação de conceitos subsunçores, que, por sua vez, facilitarão novas aprendizagens (TIRONI et al, 2013).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho realizou uma análise introdutória sobre aproximações entre os conceitos da Neurociência com os pressupostos de uma Aprendizagem Significativa. Uma discussão teórica em busca de evidenciar contribuições dessa interlocução para o ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia. Ademais, defende-se que esta pesquisa será fonte de discussões para o desenvolvimento de futuras investigações nessas áreas do conhecimento.

Constatou-se que, para ocorrer uma aprendizagem significativa, existem algumas exigências a serem atendidas: o material necessitará ser potencialmente significativo, conter uma estruturação lógica e estar relacionado com a estrutura cognitiva do aluno, de maneira não arbitrária e não literal. Ao mesmo tempo, o estudante deve estar predisposto a aprender. Caso uma dessas condições não seja satisfeita, ocorrerá uma aprendizagem mecânica.

Esta pesquisa se mostra relevante para a área de ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia, por fornecer relevantes elementos a pesquisadores, formadores de professores e professores em formação. Também, por suscitar discussões sobre a realidade, no Brasil, das grades curriculares das licenciaturas da área. Infere-se, neste estudo, que a compreensão dos aspectos neurocientíficos proporcionará uma melhor formação e atuação pedagógica, por conseguinte, teremos um profissional que aborde a Física e a Astronomia com estratégias mais adequadas capazes de proporcionar melhores resultados na aprendizagem dos alunos. Ademais, o diálogo entre a Neurociência e a Aprendizagem Significativa poderá desenvolver nos alunos





suas funções executivas, como exemplo, a atenção, a memória, a capacidade de estabelecer relação entre dois assuntos, a habilidade de fazer cálculos com a mente, a utilização da imaginação e da criatividade para resolver problemas.

Com base nos achados apresentados, percebeu-se o grande desafio em integrar os conhecimentos da Neurociência aos da Educação, em especial, ao ensino de Física e de conceitos básicos de Astronomia. Entende-se que a aproximação entre essas áreas deve ocorrer com cautela, com vistas a promover um crescimento mútuo, evitando uma apropriação imediatista, simplista e prescritiva de conceitos neurobiológicos. Para além da comunicação efetiva entre as referidas áreas do conhecimento, é necessário que se promova uma aproximação prática entre elas, de forma que suas particularidades sejam respeitadas e que possam se complementar, sem que uma se sobreponha à outra, em razão de que nenhum conhecimento é mais relevante do que o outro.

Por fim, a aproximação entre Neurociência e Educação não deve se restringir somente a obter o conhecimento dos mecanismos cerebrais para uma aplicação na área da Educação, os professores carecem de uma adequada fundamentação teórica e metodológica, com o intuito de que interpretações precipitadas, superficiais e equivocadas sejam evitadas. Neste trabalho, explorou-se somente uma parte do potencial decorrente da interface entre Neurociência e Aprendizagem Significativa. As informações e discussões, aqui levantadas, servirão como fonte de pesquisa para outros grupos interessados.

## REFERÊNCIAS

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel et al. **A didática das ciências**: Papyrus. 2005.

AUSUBEL, David Pearl (2000). **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 210 p.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, v. 1, 2003.

BARAI, Alexandre et al. Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma parceria entre universidade e escola. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1009-1025, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p1009>. Acesso em: 25 nov. 2020.

BARTOSZECK, Amauri Betini. Neurociência na educação. **Revista Eletrônica Faculdades Integradas Espírita**, Curitiba, volume 01, p. 1-6, 2006. Disponível em: [https://nead.ucs.br/pos\\_graduacao/Members/419745-30/artigo%20neurociencias%20e%20educacao.pdf](https://nead.ucs.br/pos_graduacao/Members/419745-30/artigo%20neurociencias%20e%20educacao.pdf). Acesso em: 11 nov. 2020.



BASSETT, Danielle S.; GAZZANIGA, Michael S. Understanding complexity in the human brain. **Trends Cogn Sci**. 2011 May;15(5):200-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21497128/>. Acesso em: 15 nov. 2020.

BASSETT, Danielle S.; SIEBENHÜHNER, Felix. 2013. Multiscale Network Organization in the Human Brain. In **Multiscale Analysis and Nonlinear Dynamics: From Genes to the Brain**, 179–204. Weinheim: Wiley. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9783527671632.ch07>. Acesso em: 15 nov. 2020.

BASTOS, Fernando. Construtivismo e ensino de ciências. In: NARDI, R. (Org.) **Questões atuais no ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2009.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base. Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category\\_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 20 out. 2020.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Básico. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Brasília. MEC/SEB, 2000 109 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2020.

BRETONES, Paulo Sergio. **A Astronomia na formação continuada de professores e o papel da racionalidade prática para o tema da observação do céu**. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra. Universidade Estadual de Campinas. 252 pp. 2006. Disponível em: <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/a-astronomia-na-formacao-continuada-de-professores-e-o-papel-da-razionalidade-pratica-para-o-tema-da-observacao-do-ceu>. Acesso em: 25 out. 2020.

BROCKINGTON, Guilherme. **Neurociência e educação: investigando o papel da emoção na aquisição e uso do conhecimento científico**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 199 pp. 2011. Disponível em: [http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP\\_e132d45afb81cf5283e97f866922388c](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_e132d45afb81cf5283e97f866922388c). Acesso em: 10 nov. 2020.

CACHAPUZ, António; PAIXÃO, Fátima; LOPES, J. Bernardino; GUERRA, Cecília. Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso “ciênciatecnologia-sociedade”. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Teconologia**, v. 1, p. 27-49, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1293/1/Alexandria-Revista%20de%20Educa%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CATARINO, Giselle Faur de Castro; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campello; ARAÚJO, R. M. X. Dialogismo, ensino de física e sociedade: do currículo à prática pedagógica. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 19, n. 2, p. 307- 322, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132013000200006>. Acesso em: 12 out. 2020.

COSENZA, Ramon Moreira; GUERRA, Leonor Bezerra. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.



CRESWELL, John. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DAMASCENO, Julio Cesar Gonçalves. **O ensino de astronomia como facilitador nos processos de ensino e aprendizado**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 137 pp. 2016. Disponível em: <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/o-ensino-de-astronomia-como-facilitador-nos-processos-de-ensino-e-aprendizagem>. Acesso em: 12 jul. 2020.

DAMASCENO JÚNIOR, José Ademir; ROMEU, Mairton Cavalcante. O Planetário como recurso metodológico para facilitar o ensino de Física por meio da ruptura entre o conhecimento científico e o conhecimento comum. **Revista Prática Docente**, Confresa, v. 3, n. 1, p. 231-248, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2018.v3.n1.p231-248.id206>. Acesso em: 15 jun. 2020.

DARROZ, Luiz Marcelo; SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos. Astronomia: uma proposta para promover a aprendizagem significativa de conceitos básicos de Astronomia na formação de professores em nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n.1, p. 104-130, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n1p104>. Acesso em: 15 ago. 2020.

DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Cleci Werner da; GHIGGI, Caroline Maria. **Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de Física**. Aprendizagem Significativa em Revista, v. 5, n. 1, p. 70-85, 2015. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID74/v5\\_n1\\_a2015.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID74/v5_n1_a2015.pdf). Acesso em: 20 out. 2020.

DIAMOND, David M. *et al.*. The temporal dynamics model of emotional memory processing: a synthesis on the neurobiological basis of stress-induced amnesia, flashbulb and traumatic memories, and the Yerkes-Dodson law. **Neural Plast**: 2007. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/np/2007/060803/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

DUNBAR, Kevin; FUGELSANG, Jonathan et al. Do naive theories ever go away? Using brain and behavior to understand changes in concepts. **Thinking With Data**, p. 193. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/237546177\\_Do\\_Naive\\_Theories\\_Ever\\_Go\\_Away\\_Using\\_Brain\\_and\\_Behavior\\_to\\_Understand\\_Changes\\_in\\_Concepts](https://www.researchgate.net/publication/237546177_Do_Naive_Theories_Ever_Go_Away_Using_Brain_and_Behavior_to_Understand_Changes_in_Concepts). Acesso em: 25 nov. 2020.

FELDT, Sarah; BONIFAZI, Paolo; COSSART, Rosa. Dissecting functional connectivity of neuronal microcircuits: experimental and theoretical insights. **Trends in Neurosciences**. Elsevier. 2011. May;34(5):225-36. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21459463/>. Acesso: 15 nov. 2020.

FEYNMAN, Richard Philipis. **Deve ser brincadeira, Sr. Feynman!** Brasília: UNB, 2000.

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências**. São Paulo: UNESP. 1995.

GAZZANIGA, Michael S.; IVRY, Richard B.; MAGNUM, George R. (2013). **Cognitive neuroscience: the biology of the mind**. WW Norton & Company.



GAZZANIGA, Michael S.; IVRY, Richard B.; MAGNUM, George R. Breve história da neurociência cognitiva. In: GAZZANIGA, Michael S.; IVRY, Richard B.; MAGNUM. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GROSSI, Márcia Gorett Ribeiro; LOPES, Aline Moraes; COUTO, Pablo Alves. A neurociência na formação de professores: um estudo da realidade brasileira. **Revista da FAEEBA-Educação e Contemporaneidade**, Salvador, volume 23, n. 41, p. 27-40, 2014.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/311360300\\_A\\_NEUROCIENCIA\\_NA\\_FORMACAO\\_DE\\_PROFESSORES\\_UM\\_ESTUDO\\_DA\\_REALIDADE\\_BRASILEIRA](https://www.researchgate.net/publication/311360300_A_NEUROCIENCIA_NA_FORMACAO_DE_PROFESSORES_UM_ESTUDO_DA_REALIDADE_BRASILEIRA). Acesso em: 10 nov. 2020.

GUIDOTTI, Charles dos Santos. **Investigando a inserção das tecnologias na formação inicial dos professores de física nas universidades federais do Rio Grande do Sul**.

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências.

Universidade Federal do Rio Grande. 119 pp. 2014. Disponível

em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/6697>. Acesso em 25 out. 2020.

HANNA-PLADDY, Brenda (2007) Dysexecutive syndromes in neurologic disease. **J Neurol Phys Ther** 31:119–127. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18025957/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

LEITE, Cristina. **Formação do professor de ciências em astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 274 pp. 2006. Disponível em: <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/formacao-do-professor-de-ciencias-em-astronomia-uma-proposta-com-enfoque-na-espacialidade>. Acesso em: 20 out. 2020.

LEZAK, Muriel Deutsch.; HOWIESON, Diane B.; LORING, David W. (2004). **Neuropsychological assessment**. (4th ed.). New York: Oxford University Press. Disponível em: <https://n.neurology.org/content/64/6/1103.2>. Acesso em: 20 nov. 2020.

MALLOY-DINIZ, Leandro Fernandes et al. (2008). Neuropsicologia das funções executivas. In D. Fuentes, L. F. Malloy-Diniz, C. H. P. Camargo & R. M. Cosenza (Eds.), **Neuropsicologia: teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed.

MOREIRA, Marco Antônio. Pesquisa básica em educação em ciência: uma visão pessoal. **Revista Chilena de Educación Científica**. v. 3, n. 1, p.10-17, 2004. Disponível: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>. Acesso: 12 jan. 2021

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano (1982). **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciência: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645>. Acesso em: 25 out. 2020.



MULDOON, Sarah Feldt; BRIDGEFORD, Eric W.; BASSETT, Danielle S. 2016. Small-World Propensity and Weighted Brain Networks. **Scientific Reports** 6:22057. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26912196/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

NOVAK, Joseph Donald. **Na alternative do piagetian psychology For Science and Mathematics educacion**. Science Education, 61 (4): 453-477, 1977(a).

PEREIRA, Ricardo Francisco; FUSINATO, Polônia Altoé; GIANOTTO, Dulcinéia Ester Pagani. A prática pluralista na formação inicial de professores de física. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 19, e2682, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172017000100220&lng=pt&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172017000100220&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 20 out. 2020.

PIAGET, Jean (2002). **Seis estudos de psicologia**. 24ª Ed. Rio de Janeiro: Florence. 136 p.

PLUMMER, Julia Diane. **Students' development of astronomy concepts across time**. Doctoral Dissertation, The University of Michigan. 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/250277850\\_Students'\\_Development\\_of\\_Astronomy\\_Concepts\\_across\\_Time](https://www.researchgate.net/publication/250277850_Students'_Development_of_Astronomy_Concepts_across_Time). Acesso em: 25 nov. 2020.

RANGEL, Flaminio de Oliveira.; SANTOS, Leonardo S. F.; RIBEIRO, Carlos Eduardo. Ensino de física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a literacia científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p. 651-677, 2012. Número especial. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p651>. Acesso em: 20 out. 2020.

RELVAS, Marta Pires. **Neurociência e transtornos de aprendizagem: as múltiplas eficiências para uma educação inclusiva**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2011.

ROZAL, Edilene Farias; SOUZA, Ednilson Sergio Ramalho de; SANTOS, Neuma Teixeira dos. Aprendizagem em matemática, aprendizagem significativa e neurociência na educação dialogando aproximações teóricas. **Revista REAMEC**, Cuiabá - MT, v. 5, n. 1, p. 143-164, 2017. Disponível em: <https://doaj.org/article/40292da042374857b93ffdc59d3df699>. Acesso em: 09 ago. 2020.

SILVA, Ismenia Cerqueira et al. Práticas experimentais para o ensino de Física baseadas na aplicação do modelo de aprendizagem por descoberta. In: **Anais...IV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; V SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG**. Centro Universitário UNIFACIG, Minas Gerais, 7 e 8 de novembro de 2019.

SILVA, Jennifer Alejandra Suárez; BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes. Aprendizagem significativa: concepções na formação inicial de professores de Ciências. **Revista Insignare Scientia**, vol. 1, n. 1, p. 1-22, 2018. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/7657/5132>. Acesso em: 09 ago. 2020.

SILVA, Lucas Oliveira Costa; RODRIGUES, Marinéa Figueira. Aprendizagem Significativa: passível de ser trabalhada no Ensino Fundamental I. **Revista Mosaico**. 2017 Jan./Jun.; 08 (1): 40-42. Disponível em: <https://doi.org/10.21727/rm.v8il.923>. Acesso em: 18 ago. 2020.



STRIEDER, Roseline Beatriz; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. Pesquisas sobre o estado da arte em CTS: aproximações e contrapontos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XII, 2010, Águas de Lindóia. **Atas....** Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/46528437/T0117-2>. Acesso: 25 out. 2020.

TEIXEIRA, Elder Sales.; PEDUZZI, Luiz O. Q.; S. F.; FREIRE JÚNIOR, Olival. Os caminhos de Newton para a gravitação universal: uma revisão do debate histotigráfico entre Cohen e Westfall. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 215-254, ago. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n2p215>. Acesso em: 20 out. 2020.

THORNBURGH, William Raymond. The role of the planetarium in students' attitudes, learning, and thinking about astronomical concepts (2017). **Electronic Theses and Dissertations**. Paper 2684. Disponível em: <https://doi.org/10.18297/etd/2684>. Acesso em: 05 jun. 2018.

TIRONI, Cristiano Rodolfo; SCHMIT, Eduardo; SCHUHMACHER, Vera Rejane Niedersberg; SCHUHMACHER, Elcio. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências** Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

TUSTISON, Nick et al. (2014) Large-scale evaluation of ANTs and FreeSurfer cortical thickness measurements. *NeuroImage* 99: 166 - 179. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.05.044>. Acesso: 10 nov. 2020.

VIZZOTTO, Patrick Alves. A Neurociência na formação do professor de Física: Análise curricular das licenciaturas em Física da região Sul do Brasil. **Revista Insignare Scientia**, volume 02, n. 2, p. 150-165, 2019. Disponível em: <https://doaj.org/article/08bbea670c1049afa9d6c34aaf8672d6>. Acesso em: 10 nov. 2020.