



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL BAIANO -
CAMPUS CATU
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
POPULARIZAÇÃO DAS CIÊNCIAS**

POLLYANA SANTOS COELHO

**A NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E A CONSTRUÇÃO
EPISTEMOLÓGICA DO CONHECIMENTO NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES DE CIÊNCIAS: uma articulação de saberes a ser
desvelada como caminho para Educação Científica.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CATU

2018

POLLYANA SANTOS COELHO

A NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E A CONSTRUÇÃO
EPISTEMOLÓGICA DO CONHECIMENTO NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES DE CIÊNCIAS: uma articulação de saberes a ser
desvelada como caminho para Educação Científica.

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Educação Científica e Popularização das Ciências do Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal Baiano, Campus Catu, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Educação Científica e Popularização das Ciências.

Orientador: Prof. MSc. Henrique Cardoso Silva

Co-orientadora: Profa. Aline da Cruz Porto Silva

CATU

2018

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária: Érica Brandão Silva Alcântara - CRB 5/1497

C672n Coelho, Pollyana Santos

A neurociência cognitiva e a construção epistemológica do conhecimento na formação de professores de ciências: uma articulação de saberes a ser desvelada como caminho para educação científica/ Pollyana Santos Coelho.--

2018.

76 f.

TCC (Especialização em Educação Científica e Popularização das Ciências) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Catu, 2018.

Inclui referências

1. Formação de professores. 2. Epistemologia - Ciências.
3. Neurociência cognitiva. 4. Alfabetização - Ciências. I.Silva, Henrique Cardoso. II. Título.

CDU: 371.13

POLLYANA SANTOS COELHO

A Neurociência Cognitiva e a Construção Epistemológica do Conhecimento, na Formação de Professores de Ciências: Uma articulação de saberes a ser desvelada como caminho para Educação Científica.

Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Educação Científica e Popularização das Ciências, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Corpo Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano / *Campus Catu* como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Educação Científica e Popularização das Ciências.

Aprovada em ____ de Agosto de 2018


Prof. Ms. Henrique Cardoso Silva

IF Baiano – *Campus Catu*


Prof. Ms. Geórgia Silva Xavier.

IF Baiano – *Campus Catu*


Prof. Ms. Cristiano Marinho da Silva

UFS – Universidade Federal de Sergipe

Catu – Bahia - Brasil

Agosto de 2018

A minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é antes de tudo o reconhecimento de uma dádiva que recebemos de Deus, por isso agradeço a Ele pela oportunidade de mais uma experiência e alcance de mais uma vitória na minha existência. E como disse o poeta Gonzaguinha “toda pessoa sempre é as marcas das lições diárias de outras tantas pessoas”, por isso não poderia deixar de agradecer a todos que me acompanharam durante esta jornada.

Este trabalho é fruto de muitas discussões e participação especial de pessoas que me incentivaram e acreditaram no meu potencial. Com elas compartilho a minha satisfação e gratidão: A meu tão amado “best friend”, Henrique Cardoso, meu orientador, pelo apoio, cumplicidade e incentivo durante toda minha jornada acadêmica, e como não era de se estranhar, na produção desse trabalho. Aos Professores Me. Georgia Silva Xavier e Me. Cristiano Marinho da Silva, externo minha gratidão por honrar-me com a sua participação na Banca Examinadora. A todos os meus mestres de academia, que de modo singular, contribuíram para o aperfeiçoamento do meu perfil profissional e deixaram um pouquinho do melhor de si, para o aperfeiçoamento do meu perfil pessoal.

A todos os meus familiares e amigos, pelo amor, compreensão da ausência, apoio e incentivo. Muitíssimo Obrigado!

RESUMO

O presente trabalho visa dar uma nova contribuição para o debate que se vem desenvolvendo, em volta do papel da articulação entre história e epistemologia da ciência e Psicologia Cognitiva na educação científica. Trata-se de uma reflexão em recorte de cunho teórico conceitual que versa sobre a necessidade de incorporação de estudos concernentes a natureza da ciência e Neurociência Cognitiva no Ensino de Ciências, em cursos de formação de professores dessa área do conhecimento, como contributo subsídio para o atendimento dos pressupostos da Educação Científica. Assim, os objetivos desse estudo são: desvelar possíveis aproximações teóricas entre as interpretações epistemológicas e mútuos entendimentos sobre a educação em ciências de Gaston Bachelard e Jean Piaget, e, tomando-se como base a epistemologia genética desse último, destacar os contributos da Neurociência Cognitiva para formação de professores de ciências, que podem ser utilizados como recurso para promoção da Educação Científica. E para tal, a metodologia empregada foi o diálogo hermenêutico nos moldes propostos por Gadamer (1997), como abordagem compreensiva de saberes relacionais. A reflexão elucidada a partir do estudo nos permitiu as seguintes conclusões: Que a contextualização histórica permite a apreensão das dimensões espacial e temporal do conhecimento; Os estudos em História e Epistemologia da ciência, fornecem elementos que permitem reflexões mais profundas sobre a atividade científica, enfraquecendo consideravelmente o mito das verdades definitivas e do empiricismo e frisam o caráter eminentemente humano do conhecimento enquanto construção, sendo de indiscutível importância sua apropriação na formação de professores de ciências; A aprendizagem é decorrência da neuroplasticidade; O cérebro humano não finaliza seu desenvolvimento, mas reestrutura-se, reorganiza-se constantemente; Ideias novas sobre a cognição e o desenvolvimento podem dar novas direções para a educação científica.

Palavras-chaves: Epistemologia da Ciência. Neuropsicologia Cognitiva. Ensino-Aprendizagem. Alfabetização Científica.

ABSTRACT

The present work aims to give a new contribution to the debate that has been developing, around the role of the articulation between history and epistemology of science and Cognitive Psychology in scientific education. It is a reflection in a conceptual theoretical framework that deals with the need to incorporate studies concerning the nature of science and Cognitive Neuroscience in Science Teaching, in training courses for teachers in this area of knowledge, as a contribution to the the assumptions of Scientific Education. Thus, the objectives of this study are: to unveil possible theoretical approximations between the epistemological interpretations and mutual understandings on science education of Gaston Bachelard and Jean Piaget, and based on the genetic epistemology of the latter, highlight the contributions of Cognitive Neuroscience for the training of science teachers, which can be used as a resource for the promotion of Scientific Education. To that end, the methodology used was the hermeneutic dialogue along the lines proposed by Gadamer (1997), as a comprehensive approach to relational knowledge. The reflection elucidated from the study allowed us the following conclusions: That historical contextualization allows the apprehension of the spatial and temporal dimensions of knowledge; The studies in History and Epistemology of science provide elements that allow deeper reflections on scientific activity, considerably weakening the myth of definitive truths and empiricism, and emphasize the eminently human character of knowledge as a construction, and of undoubted importance its appropriation in the formation of science teachers; Learning is the result of neuroplasticity; The human brain does not finish its development, but it restructures, it reorganizes constantly; New ideas about cognition and development can give new directions to scientific education.

Keywords: Epistemology of Science. Cognitive Neuropsychology. Teaching-Learning. Scientific Literacy.

SÚMARIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 13 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 A Epistemologia Descontinuista de Gaston Bachelard | 16 |
| 2.1.1 Contextualização da Obra de Bachelard | 16 |
| 2.1.2 Contextualização e surgimento da epistemologia Bachelardiana | 18 |
| 2.1.3 Conceituação da Epistemologia de Gaston Bachelard | 22 |
| 2.1.4 Concepção Bachelardiana sobre Educação Científica | 24 |
| 2.2 Pressupostos Teóricos da Educação Científica | 28 |
| 2.3 A Neurociência Cognitiva e Educação Científica | 30 |
| 2.3.1 Recorte histórico das teorias de aprendizagem de base cognitivista | 32 |
| 2.3.1.1 Jean Piaget | 32 |
| 2.3.1.2 Neurociência Cognitiva | 37 |
| 2.3.1.2.1 A Atenção..... | 37 |
| 2.3.1.2.2 O Modelo do Processamento da Informação..... | 40 |
| 2.3.1.2.3 O Modelo Multissensorial | 41 |
| 2.3.2 A Aprendizagem em termos Neurocientíficos..... | 43 |
| 3 METODOLOGIA..... | 44 |
| 3.1 A Caracterização da Pesquisa | 44 |
| 3.2 A Abordagem Metodológica..... | 45 |
| 3.3 A Escolha do Aporte Teórico para o Estudo | 46 |
| 3.4 O Delineamento do Percorso Metodológico..... | 48 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 49 |
| 4.1 O Conhecimento Científico e suas Dimensões Histórica e Epistemológica: formação do sujeito epistêmico | 51 |
| 4.2 O Ensino de Ciências..... | 56 |
| 4.3 Contribuições da Neurociência Cognitiva para Educação Científica | 59 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 61 |
| REFERÊNCIAS..... | 64 |

1 INTRODUÇÃO

Contemporaneamente é crescente no Brasil a preocupação com Educação em Ciência, e são inúmeras as discussões sobre a importância e a necessidade da formação da consciência científica para o exercício pleno da cidadania. Entretanto, é notável que, o depreendimento da ciência como prática social, o delineamento e execução dos seus objetivos gerais, bem como, o reconhecimento de suas limitações e do seu real papel na sociedade, tem sido o maior entrave para “quebra” do paradigma do Ensino e Popularização das ciências.

Na palavra Santos (1999), pesquisadora que investigou manuais didáticos de ciências em Portugal, em obra citada em Teixeira (2003):

(...) tudo se passa como se fazer ciência fosse algo desconectado da realidade, como se o saber científico não tivesse raízes em meios sociais e ideológicos, como se a produção científica nunca respondesse a motivações sócio-políticas e/ou instrumentais, como se não contemplasse temas da atualidade, como se não tivesse utilidade social ou essa utilidade se restringisse a uma porta de acesso a estudos posteriores. (SANTOS, 1999, apud, TEXEIRA, 2003, p.183)

Para Apple (1982), em seu livro “Ideologia e currículo”, a ciência que é ensinada nas escolas, sustenta uma imagem idealizada e distante da realidade do trabalho dos cientistas, omitindo antagonismos, conflitos e lutas que são travadas por grupos responsáveis pelo progresso científico. A consequência disso é a construção de uma visão ingênua de uma ciência altruísta, desinteressada e produzida por indivíduos igualmente portadores destas qualidades (LEAL & SELLES, 1997).

Os indicadores referentes à conjuntura da Educação Científica no país, não deixam margem para dúvida de que medidas em caráter de urgência precisam ser realizadas no tocante à formação de professores a nível superior conscientes de seu papel e responsabilidade como “agentes da educação” (educadores) na sociedade, por meio da qual o sujeito constrói a consciência dos seus direitos como cidadão, além de criar subsídios pessoais e profissionais, atrelando-os à sua história de vida.

Como refere Chassot (2000), a Educação em Ciência deve dar prioridade à formação de cidadãos cientificamente cultos, capazes de participar ativa e

responsavelmente em sociedades que se querem abertas e democráticas. Prioritária, não exclusivamente.

Esclarecendo desde já que o sentido que aqui se dá a “cientificamente culto” vai ao encontro do expresso por Hodson (1998), ou seja, um conceito multidimensional envolvendo simultaneamente três dimensões: aprender Ciência (aquisição e desenvolvimento de conhecimento conceitual); aprender sobre Ciência (compreensão da natureza e métodos da Ciência, evolução e história do seu desenvolvimento bem como uma atitude de abertura e interesse pelas relações complexas entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente); aprender a fazer Ciência (competências para desenvolver percursos de pesquisa e resolução de problemas).

Registra-se que o aprofundamento de tais dimensões não é naturalmente o mesmo quando se trata da formação de futuros especialistas (em particular cientistas) ou na óptica da educação para a cidadania. De igual modo, e no âmbito do ensino formal, o aprofundamento não é naturalmente o mesmo em diferentes níveis de ensino.

Partindo dessa perspectiva, a Educação Científica apresenta-se como parte de uma Educação acessível a todos de forma igualitária, uma vez que, a partir desta, o indivíduo passa a se instrumentalizar com a ciência com fins de mudança do entorno social, a considerando como instrumento de enfrentamento organizado de problemas sociais, tomando consciência da complexa relação entre Ciência e Sociedade.

A Educação Científica também possibilita-nos participar na tomada de decisões de forma crítica, nos permitindo compreender os processos pelos quais se dão a ciência e os seus impactos na sociedade e no mundo em que vivemos. Considerando esta possibilidade, um dos meios mais eficazes de promoção da Educação Científica é a escola, reestruturando os currículos e quebrando o paradigma do Ensino dogmático e informativo mudando para democrático e emancipatório, reflexivo, criativo e transformador. Mas, essa é uma tarefa complexa, e um dos vieses dependentes desta transformação é a formação dos professores, que têm o seu espaço de legitimação na sua própria Educação Científica.

Segundo (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, p. 365) 2003, neste caso, está mais próximo de ser um indivíduo crítico reflexivo, quanto às questões fundamentais indispensáveis ao avanço tecnológico e social, e isto não forma necessariamente um cientista, mas é necessário o cientista possuir a criticidade da Educação em Ciências. Nestes termos ocorrem três orientações, ou três dimensões:

1) Dimensão epistemológica (pós-positivista): refere-se numa perspectiva que não há a Verdade Absoluta, mas verdades, para isto não se pode cair no relativismo ingênuo ou negativo de negar a realidade exterior, como a verdade de existir doenças, tal qual a AIDS. Então se deve manter o rigor conceitual na vertente ontológica, isto é, uma visão saudável da relação entre o conhecimento e o mundo, complementado com a tradição social, intelectual e cultural. Num contexto de construção do conhecimento, mas não no construtivismo radical, que subjetiva a verdade.

2) Dimensão Curricular (Social): a ciência não pode ser estudada no meio escolar como a ciência universitária, no qual é separada por disciplinas, mas interdisciplinar. Nestes termos a interdisciplinaridade focada em temas cotidianos, sociais, regionais, etc.

3) Dimensão da Aprendizagem (Sócio Construtivismo): busca-se despojar a visão cognitivista individual de aprendizagem, principalmente que não se enfatiza a mediação pelos códigos de linguagem entre colegas e professor. O saber é socialmente construído, a partir de Vygotsky, na teoria da Zona de Desenvolvimento Proximal, o que seria uma opção nos abismos de construir conhecimentos escolares em Ciências.

Nessa perspectiva, pode se pensar vários fatores ou conjunto de fatores que se imbricam dentro do contexto social e neste está inserida a “escola” com a sua função de ensinar e também de ser um espaço de produção e difusão do conhecimento. Noutra, a escola pode ser vista enquanto espaço relacional e, por isso, uma organização onde vivem, convivem e trabalham professores, alunos e outros agentes em estreita ligação e interdependência com o meio exterior (AMADO, 2000).

Contudo, o interesse que a investigação e, mais recentemente, a própria administração têm manifestado pela Escola enquanto organização, comunidade, sistema social e unidade de gestão, constitui uma das tendências mais sugestivas do estudo e desenvolvimento dos sistemas educativos, desde o início dos anos oitenta (BARROSO, 1996).

A escola, tal como a conhecemos hoje, é uma construção histórica recente. Na América Latina, os sistemas escolares constituíram-se praticamente no século passado (CANDAU, 2007). E esta escola, no dizer de Gouveia-Pereira (2008) é uma das instituições extrafamiliares, a que a sociedade tem confiado à tarefa de socializar as crianças e os jovens, no sentido da sua inserção no mundo social. Além da escola, ser um local de aprendizagem de diferentes saberes e de formas de socialização, é também um espaço de mediação, construção e reconstrução do conhecimento, de normas e valores sociais (VALE; COSTA, 1994, *apud*, GOUVEIA-PEREIRA, 2008).

Concebendo-se o conceito de 'educação' como processo sociocultural de construção do conhecimento, como argumenta Possari (2004), no qual se busca, em primeiro lugar, quando se fala do contexto escolar, não confundir os termos "informação" com "conhecimento"¹. Podemos dizer que uma das principais funções do docente é fazer com que as informações sejam transformadas em conhecimento.

Para Saraiva (2004, p.142),

A escola, hoje, não é mais a principal detentora do saber. O papel do professor somente como transmissor do conhecimento não tem mais lugar nesse espaço. É mais importante indicar onde o aluno pode encontrar as informações de que necessita para a construção do seu saber e como poderá transformá-las em conhecimento do que ser um repassador dos conteúdos de sua área.

A construção do conhecimento no tocante à relação professor-aluno se dá na sala de aula e, sobretudo nos diálogos entre ambos. Segundo Morales (2004), a relação professor-aluno abrange todas as dimensões do processo de ensino-

¹ Na verdade, parece que a denominação de "sociedade do conhecimento" não é apropriada para caracterizar a época atual. Melhor seria, talvez, falar-se em "sociedade da informação". Isso porque conhecimento implica a capacidade de compreender as conexões entre os fenômenos, captar o significado das coisas, do mundo em que vivemos. E hoje parece que quanto mais informações circulam de forma fragmentada pelos mais diferentes veículos de comunicação, mais difícil se torna o acesso ao conhecimento que nos permitiria compreender o significado da situação em que vivemos. (SAVIANI, p. 31, 2010)

aprendizagem que se desenvolve na sala de aula. Sendo assim, a construção do conhecimento não pode ocorrer se utilizando apenas de práticas educativas tradicionais, conforme vem ocorrendo, em nossas salas de aula. Conhecimento aqui defendido segundo Aquino (2000), como apropriação de um saber específico e produzido essencialmente no contexto escolar.

Entretanto, ao que se pode perceber, a escola, enquanto espaço de mediação, construção e reconstrução de conhecimentos, têm contribuído massivamente para “mitificação” e “especialização” da ciência, ao passo que, tem perpetuado o ensino com caráter dogmático e tomado a sala de aula como um espaço de aprendizagem homogenia. Os professores têm uma ideia estereotipada sobre o que é a ciência, seu funcionamento e o valor intrínseco e extrínseco do conhecimento que ela produz. Estes, não têm clareza sobre o que impede os alunos de se apropriarem do conhecimento científico, ou seja, o que os impede de aprender e como aprendem. E esses últimos têm dificuldade em entender e aplicar os conceitos científicos.

A ciência lida com questões mais específicas, e seu ensino é desenvolvido como se esta fosse fechada em si mesma e não tivesse articulação histórico-cultural, ocorrendo de forma instantânea, estanque, desconexa, sem que seja sequer cogitadas reflexões e/ou questionamentos acerca do que está sendo ensinado/transmitido.

Segundo Teixeira (2003, p. 178),

[...] de fato, quando avaliamos o ensino de ciências (Biologia, Química, Física e Matemática); é notável que o perfil de trabalho de sala de aula nessas disciplinas está rigorosamente marcado pelo conteúdismo, excessiva exigência de memorização de algoritmos e terminologias, descontextualização e ausência de articulação com as demais disciplinas do currículo.

O processo de ensino-aprendizagem de ciências, do modo que nos tem sido ofertado, conduz os sujeitos, docentes e discentes, respectivamente, a se disporem na mera condição de “transmissor” e “receptor” de conhecimento. Assim, ratificando a concepção lógico-positivista da ciência, onde o conhecimento é marcado pelo método empírico universal e pela ideia de verdade absoluta, e o seu processo de ensino pela ausência de debates e a-criticidade.

O conhecimento científico, então é abordado de uma maneira que induz o aluno a percebê-lo como absoluto e distante de sua realidade, de sua vivência, desvinculando a educação em ciências de seu sentido, como prática histórica e cultural, e, principalmente, de um ciclo processual contínuo e ascendente de refutações (FONSECA, 2008), o qual é à base do conhecimento científico.

Diante disso, Pozo e Crespo, postulam que:

[...] é possível afirmar que a aquisição do conhecimento científico exige uma mudança profunda das estruturas conceituais e das estratégias geralmente utilizadas na vida cotidiana, e que essa mudança, longe de ser linear e automática, deve ser o produto laborioso de um longo processo de instrução. (POZO & CRESPO, 2009, p. 244)

A ciência, desde o século XIV até os dias atuais tenta construir teorias alternativas (SANTOS; BAIARDI, 2007) a partir de delineamentos metodológicos. O olhar objetivo e unilateralizado para a construção do conhecimento científico impossibilita enxergar limitações e seu real papel na sociedade.

Pensando no desenvolvimento da ciência escolar como sendo a construção de um saber diferente do científico, mas que em suas práticas epistêmicas se assemelham, as dificuldades estão em aproximar tais conhecimentos aos contextos reais do sujeito. Para isso, a construção de instrumentos e metodologias associados a uma perspectiva epistemológica e filosófica possibilita a condução de construção do conhecimento para a “compreensão de normas, métodos e natureza do empreendimento científico” (SCARPA; TRIVELATO, 2013, p.73).

As concepções de Mortimer (2000) e Carvalho (2008) em relação à aprendizagem em ciências é que a mesma parte de um processo de enculturação que seria a entrada do sujeito em um mundo compreensível entre o ser e o meio, relacionando o conhecimento às dimensões sociais de modo epistêmico diferente do mundo cotidiano, ou seja, não apenas a incorporação de novas habilidades, mas de novo discurso sobre o mundo e seus elementos (CARVALHO, 2013).

Partindo dos objetivos da Educação Científica e da problemática que a circunda, servindo de entrave para sua promoção efetiva, nos deparamos com um novo paradigma ao adentrar a dimensão da aprendizagem. Diante da sala de aula plural em perfis e inteligências, o professor de ciências necessita buscar alternativas

para oportunizar aprendizagem para os diferentes sujeitos. Isso implica na apropriação de novas práticas pedagógicas que deem conta do atendimento das distintas formas e tempos de aprendizado, fazendo-se de suma importância adotar novos olhares para aprimorar o conceito de aprendizagem para construção do sujeito epistêmico.

Nessa perspectiva, apresenta-se a ciência cognitiva que é uma área de estudos interdisciplinares que se inter-relaciona com psicologia cognitiva, ciência da computação, sistemas de informação, inteligência artificial, neurociências e linguística. Que a partir dessa inter-relação têm buscado apreender o modo como as pessoas pensam, interpretam e percebem o mundo.

Partindo de tal definição, sob a ótica da neurociência, aprender envolve lidar com informações que são captadas de forma organoléptica, e são encaminhadas para o córtex cerebral para serem processadas e armazenadas, resultando em alterações nas redes neurais. Nessa abordagem, percepção, atenção e conteúdo emocional no momento da aquisição da nova informação, interferem significativamente na qualidade da aprendizagem. Sendo que o grau dessas interferências pode ser influenciado por outros fatores, como por exemplo, o interesse do indivíduo, sua motivação, a relação de significância da informação com sua realidade ou experiências vividas.

Quanto à pertinência do desenvolvimento do presente trabalho, justifica-se pela carência, no âmbito da formação inicial e continuada de professores de ciências, de reflexões acerca do como se dá a construção do conhecimento científico, e como este pode ser ensinado e aprendido. Bem como, a necessidade do depreendimento de que não existe ensino sem aprendizagem.

No que concerne a estruturação do trabalho, para consecução dos objetivos elencados, o mesmo está dividido em três seções: fundamentação teórica, metodologia e, resultados e discussões.

Na primeira seção, busca-se uma abordagem teórica sobre a epistemologia descontínuista de Gaston Bachelard, a epistemologia genética de Jean Piaget, os pressupostos da educação científica e a concepção neurocientífica de aprendizagem.

Na segunda, encontra-se o desenrolar da metodologia utilizada, no qual se procurou caracterizar a pesquisa, aportar teoricamente à abordagem metodológica, justificar o referencial escolhido e sistematizar o percurso metodológico.

E por fim, na terceira e última seção deste trabalho monográfico, estão às discussões, considerações e análises a respeito do estudo qualitativo da temática proposta.

1.1 OBJETIVOS

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é desvelar os potenciais contributos da articulação dos saberes correlatos, a Natureza da Ciência e Neurociência Cognitiva, na formação de professores de ciências como um caminho factível para promoção da Educação Científica.

E consoante a este propósito, os objetivos específicos são responder as seguintes indagações:

- Quais as características do conhecimento que se propõe ser ensinado e que se espera ser aprendido?
- Quais as implicações da natureza da ciência na construção do sujeito epistêmico?
- A neurociência Cognitiva pode dar contribuições para o atendimento dos pressupostos da educação científica?

E para consecução de tais objetivos, estruturou-se a discussão em três vieses: O conhecimento científico e suas dimensões histórica e epistemológica: Formação do sujeito epistêmico; O Ensino de Ciências; e contribuições da Neurociência Cognitiva para Educação Científica. Sendo pertinente aqui destacar que o aporte teórico e os procedimentos metodológicos serão explanados e descritos, respectivamente, na dimensão de sua profundidade e complexidade, nos capítulos que seguem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Zacan (2000) afirma, que “a ciência é antes de tudo um mundo de ideias em movimento – o processo para produção do conhecimento – e busca descobrir a unidade existente nas diferentes facetas da experiência do homem com seu meio” (p. 3).

A atividade científica busca soluções ao confrontar, o que poderia ser feito com aquilo que é (JACOB, 1997). Ela é a principal realização do mundo atual e, talvez mais do que qualquer outra atividade, distingue este século dos demais.

A formação da consciência científica é cada vez mais importante, uma vez que a ciência e a tecnologia têm tido intensa interferência na nossa sociedade atual. Emerge, então, a necessidade da difusão de conceitos científicos, de atitudes e valores da ciência, da incorporação desses valores no cotidiano das pessoas, da disseminação do pensar científico e da postura crítica e indagativa diante do que a ciência e tecnologia apresentam à sociedade. É o caráter interdisciplinar da Educação em Ciência, unindo além de ciências, ética, sociologia, filosofia, entre outras, que permite a promoção da cultura científica entre cidadãos, tornando-os capazes de participar ativamente de uma sociedade democrática (CACHAPUZ et al., 2011).

Considerando que hoje fica difícil entender o mundo em que vivemos sem o conhecimento dos princípios básicos da ciência e da tecnologia, “é fundamental aumentar o capital humano da nossa população através de uma educação científica voltada para o aprender como aprender” (TOFFLER, 1970).

A Declaração da Unesco (2003, p.27) coloca: “A educação científica, em todos os níveis e sem discriminação, é requisito fundamental para a democracia. Igualdade no acesso à ciência não é somente uma exigência social e ética: é uma necessidade para realização plena do potencial intelectual do homem.”

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997, p.15), “a formação de um cidadão crítico, exige sua Inserção numa sociedade em que o conhecimento científico e tecnológico é cada vez mais valorizado.” Frente a essa realidade o papel da Educação Científica é fomentar a compreensão do mundo e suas

transformações, situando o homem como indivíduo participativo e parte integrante do universo.

Os benefícios da ciência são, no entanto, distribuídos assimetricamente entre países, grupos sociais e sexos. O desenvolvimento científico tornou-se um fator crucial para o bem-estar social a tal ponto que a distinção entre povo rico e pobre é hoje feita pela capacidade de criar ou não o conhecimento científico (UNESCO, 2000).

Cachapuz et al. (2004), afirmam que, o reconhecimento desta necessidade se expressa em diferentes iniciativas que visam à difusão e à popularização da ciência. Que há uma necessidade de elucidar uma discussão a cerca da construção epistemológica da Educação em Ciências como área interdisciplinar/ transdisciplinar que integra, por apropriações e transposições educacionais, campos relevantes do saber, nomeadamente a Filosofia da Ciência, a História da Ciência, a Sociologia da Ciência e Psicologia Educacional.

Edgar Morin (1999) propõe a seguinte reflexão: "... os séculos precedentes sempre acreditaram num futuro, fosse ele repetitivo ou progressivo. O século XX descobriu a perda do futuro, ou seja, a sua imprevisibilidade" (p.79). E acrescenta que o conhecimento é, pois, "uma aventura incerta que comporta em si mesmo, permanentemente, o risco de ilusão e do erro" (p.86). Abandonam assim, a verdade absoluta e conhecimento isolado, e adotam o conceito de "Sociedade do Conhecimento", afirmando que o melhor modo de prevê o futuro é ajudar a cria-lo. Partindo deste o ultimo, o sentido em refletir primeiro na Educação em Ciência e só depois no Ensino de Ciências.

O que vem a ser ratificado por Cachapuz et al.,

Importa sublinhar que a sociedade do conhecimento não é uma inevitabilidade histórica, ou seja, que a sua ocorrência não é guiada por qualquer determinismo histórico. Assim sendo, depende em boa parte de nós, como cidadãos e como professores, o sentido das transformações que formos capazes de, responsabilmente, imprimir tendo em vista a formação de cidadãos cientificamente cultos. As transformações que se sugerem no âmbito da Educação em Ciência (e muito particularmente na Ciência escolar) inscrevem-se precisamente nessa lógica de argumentos. Como é regra em estudos prospectivos, também este tem bem presente que o melhor modo de prever o futuro é ajudar a criá-lo. (CACHAPUZ et al., 2004, p.364)

Na chamada “sociedade do conhecimento”, vivemos uma era na qual conhecimento e informação ganharam faces sinônimas, onde as informações estão facilmente ao alcance de todos, à distância de um clique e com respostas quase que instantâneas, sem que sejam necessários pensamentos e reflexões elaborados. Devido à natureza social da ciência, a sua divulgação é crucial para o seu progresso, sendo que o avanço da ciência da informação afeta todos os campos científicos (RUTHERFORD & ALGREEN, 1990).

As implicações negativas dessa realidade imediata tem alcançado espaço de legitimação na escola, em especial no Ensino de Ciências, baseando-o em conceitos e informações superficiais, e reforçando o seu caráter positivista-indutivista, o reduzindo a memorístico e empírico. E o conhecimento científico vem sendo reduzido à transmissão de “verdades absolutas” e/ou conceitos e situações não problematizados.

Partindo desse panorama, faz-se necessário entender as características do saber em questão e as dificuldades que retardam a sua efetiva execução. E para tal, nessa seção, buscamos respaldo teórico na Epistemologia de Gaston Bachelard, e em escritos acerca dos avanços da Neurociência Cognitiva, com fins de estabelecer relação dessas duas dimensões do conhecimento com a Educação Científica, e trazer à tona seus contributos para formação de professores, no que tange ao processo de ensino-aprendizagem de ciências.

2.1 A Epistemologia Descontinuista de Gaston Bachelard

“A verdade é filha da discussão e não filha da simpatia” (BACHELARD, 1991, p.125).

2.1.1 Contextualização da Obra de Bachelard

Bachelard nasceu em 27 de junho de 1884, em Barsur-Aube, na Champanha (França campesina) e faleceu na capital francesa, Paris, em 16 de outubro de 1962. Passou sua infância numa rústica província, onde não perdeu o contato com os elementos básicos da natureza, os quais estão muito presentes tanto em suas obras filosóficas como em seus poemas.

Seu período mais criativo, aquele que pensa a gênese do conhecimento científico, começa em 1927, com estudo sobre a evolução de um problema de Física, a propagação térmica nos sólidos. Em 1928, publica Ensaio sobre o conhecimento aproximado. A seguir, O Valor Indutivo da Relatividade (1929), O Pluralismo Coerente da Química Moderna (1930), O Novo Espírito Científico (1934), A Dialética da Duração (1936), A Filosofia do Não (1940).

Segundo Lima e Marinelli (2011), um dos livros mais importantes de Gaston Bachelard, com toda a certeza, é A formação do espírito científico, escrito em 1938, que apresenta textos e conceitos da alquimia, da química e da física dos séculos XVII e XVIII interpretados com clareza e sabedoria pelo grande filósofo. Sua maneira clara e apaixonada de escrever cativa o leitor desde suas páginas iniciais.

A toda sua obra dedicada ao entendimento da construção do conhecimento científico até sua época, Bachelard acrescenta uma produção sobre a criação artística, o devaneio, as imagens poéticas e as potências da imaginação.

Bachelard vivenciou a ruptura entre o século XIX e o século XX, tendo uma vida pontuada de “instantes decisivos” tais como sua obra, cheia de contrastes, senão de metamorfoses (SANTOS, 1981).

Segundo Santos, pode-se perfilar Bachelard da seguinte forma:

Se o chamam idealista, Bachelard diz que o seu idealismo é discursivo, isto é, dialético e polêmico; se o chamam materialista, destaca-se do materialismo ingênuo, porque o seu materialismo é racional, ativo e construtor. (SANTOS, 1981, p.278-279)

Além de filósofo, crítico e epistemólogo, era cientista e poeta e publicou obras que revelaram interesses em Filosofia das Ciências, Lógica, Psicologia e poesia. Seu primeiro livro foi “Essai sur la connaissance approchée” (1928) e seu livro mais famoso foi “Le Nouvel esprit scientifique” (1934). Recebeu a Legião de Honra em 1951 e o Grande Prêmio Nacional das Letras (1961). Morreu em Paris, em 1962, deixando uma obra que passou a ser de grande relevância para a compreensão dos problemas científicos contemporâneos (JAPIASSU, 1992; BARBOSA & BULCÃO, 2004).

Sua vida foi marcada por descontinuidades e rupturas que dinamizaram e enriqueceram as suas obras. A obra de Bachelard pode ser expressa em diurna e noturna, como o próprio autor noticia no seguinte trecho do livro *Poética do Espaço* (1957): "... tarde demais conheci a tranquilidade de consciência no trabalho alternado das imagens e dos conceitos, duas tranquilidades de consciência que seriam a do pleno dia e a que aceita o lado noturno da alma" (BACHELARD, 1988; p. 52).

Considerando-se estas características de Bachelard, seus analistas passaram a dividir a sua obra em "diurna", aquela que pensa o saber científico, expresso na *Epistemologia* e na *História das Ciências*, e de outro lado, a sua obra "noturna", que se debruça sobre a criação artística, e remete ao estudo no âmbito da imaginação poética, dos devaneios e dos sonhos (BARBOSA & BULCÃO, 2004; JAPIASSÚ, 1992; MARINELLI, 2007).

Ambas vertentes coexistem e se complementam, pois também a ciência requer imaginação e sonho para ir adiante e avançar na construção de novos conhecimentos, assim como a vertente artística necessita do espírito racionalista para compreender de modo imaginativo (SILVA DE SOUZA, 2007).

Dentre as obras diurnas destacam-se: *O novo espírito científico* (1934), *A formação do espírito científico* (1938), *A filosofia do não* (1940), *O racionalismo aplicado* (1949) e *O Materialismo Racional* (1952). Já, entre as obras noturnas temos: *A psicanálise do fogo* (1938); *A água e os Sonhos* (1942); *O ar e os sonhos* (1943); *A terra e os devaneios da vontade* (1948); *A poética do espaço* (1957).

Aqui se toma como prerrogativa nos ater a sua obra diurna, como vistas a analisar o potencial metodológico implícito na sua epistemologia.

2.1.2 Contextualização e surgimento da epistemologia Bachelardiana

A epistemologia bachelardiana surge em meio às revoluções no meio do pensamento científico do final do século XIX e início do século XX, tais como a teoria da relatividade, a física quântica e as geometrias não euclidianas.

Tais revoluções repercutiram, nos vários campos do saber, provocando alterações na compreensão da realidade e nas relações entre sujeito e objeto, o que ocasionaria a elaboração de um novo saber científico. Conforme Lecourt (2002), Bachelard mostra que, por um lado, a filosofia utiliza conceitos de realidade, de matéria, de espaço e de tempo, por exemplo, “como se a ciência não dissesse nada, ou como se o que ela dissesse não lhe interessasse” (LECOURT, 2002, p.19). Por outro lado, “a filosofia, quando toma a ciência por objeto, visa a uma ciência ideal, muito diferente da ciência tal como ela existe efetivamente” (LECOURT, 2002, p.19).

Sendo que tal objetivo é partilhado por Bunge (1998), que ao pedir escusas pela metáfora, sugere que: “para entender como a ciência funciona alguém deve olhar em sua face. (...) De outra maneira, não se contribuirá com qualquer verdade, quanto mais original, para o conhecimento do conhecimento científico” (Bunge, 1998, p.405). Esse olhar na face da ciência ocorreria por quê:

“(...) qualquer autêntico filósofo da ciência tem dois objetivos, um epistêmico, outro pragmático. O primeiro é compreender a pesquisa científica e alguns de seus achados. A outra finalidade é auxiliar os cientistas a aguçar alguns conceitos, refinar algumas das teorias, escrutinar alguns métodos, revelar pressupostos filosóficos, resolver controvérsias e introduzir dúvidas sobre pontos aparentemente controversos. Um objetivo complementa o outro.” (BUNGE, 1998, p.405)

Nesse sentido, o mesmo desencantamento com a filosofia manifestaram Bunge (2001) e Piaget (1983), embora esses autores tenham razões diferentes para tal desencanto. Por exemplo, Bulcão (1999) sugeriu que a novidade e que a originalidade de Bachelard, em relação a sua época, foi a orientação de sua filosofia das ciências, que deixou de ser filosófica, relegando a segundo plano seus princípios gerais e refletindo “o pensamento científico na sua especificidade, na sua mobilidade e na sua dinamicidade” (Bulcão, 1999, p.149). Assim, de acordo com a mesma:

[...] não é muito fácil apresentar as características da nova filosofia das ciências, pois, embora Bachelard afirme a necessidade de se estabelecer novas bases para analisar a ciência contemporânea, em nenhum de seus livros é possível encontrar claramente delineadas tais características. É sempre em relação à inadequação das filosofias de sua época que Bachelard coloca as tarefas da nova epistemologia. (BULCÃO, 1999, p.16)

“Para Bachelard, a epistemologia deve analisar a atividade concreta da ciência, despreocupada em estabelecer a essência do conhecimento científico,

visando descobrir as interferências que retardam o desenvolvimento da ciência” (BULCÃO, 1999, p.10).

Tomando-se essa interpretação, a descrição do contexto científico da época pode ser útil para compreender a novidade enfrentada e refletida por Bachelard. Por exemplo, Lecourt recorda que:

[...] em 1927, o ano em que Gaston Bachelard defende suas duas teses de doutorado, testemunha Max Born enunciar a teoria probabilística do elétron, [Werner] Heisenberg formular o princípio da incerteza e [Georges-Henri] Lemaître a hipótese do universo em expansão. Quando se observa essa década, percebe-se que ela não é menos rica em trabalhos científicos de grande importância: em 1925, [Robert] Millikan descobriu os raios cósmicos, em 1924 Heisenberg fundou a Mecânica Quântica e foi em 1923 que foram publicados os primeiros trabalhos de Louis de Broglie sobre a mecânica ondulatória. Acrescente-se (...) que a obra de Einstein sobre a teoria da relatividade restrita e geral apareceu em 1913. Tomando conhecimento desses trabalhos, Bachelard logo teve uma consciência aguda da aceleração do momento científico. Porém, o que lhe chamou mais a atenção foi, sobretudo, a novidade dessas teorias e dos conceitos que elas punham em jogo. (LECOURT, 2002, p.17)

O aparecimento do elemento infinitesimal abala toda uma perspectiva vigente. Em consequência dessas mudanças no mundo da ciência e da necessidade de formas diferenciadas de apreendê-las, surgiram novas questões para a epistemologia, cabendo-lhe construir conceitos para lidar com a perspectiva instaurada por tais teorias, bem como repensar a própria História das Ciências.

Não obstante, ainda seguindo o breve histórico desse autor:

[...] os anos 1930 são na Física anos de profundas transformações. É em 1930 que [Paul] Dirac apresenta sua interpretação relativista da mecânica ondulatória e a hipótese do elétron positivo. Em 1931, [Wolfgang] Pauli descobre os neutrinos e, em 1932, [Carl] Anderson descobre os pósitrons nos raios cósmicos. Ao mesmo ano é posto em funcionamento o primeiro ciclotron, por [Ernest] Lawrence. Em 1934, [James] Chadwick descobre o nêutron; o méson é descoberto em 1936. Essas datas são dadas de forma indicativa, pois se relacionam com eventos sobre os quais Bachelard refletiu, em um momento ou outro de sua obra. (LECOURT, 2002, p. 93)

O aparecimento de tais teorias apontou a variabilidade da própria racionalidade, tendo em vista que seus princípios não são imutáveis. E é partindo deste objetivo que Bachelard formula suas principais proposições para a Filosofia das Ciências: a historicidade da Epistemologia e a relatividade do objeto.

Portanto, a partir da análise da obra e do contexto histórico de Bachelard, Bulcão (1999) sintetiza as principais tarefas que uma epistemologia das ciências adequada à atividade científica contemporânea deveria cumprir:

- i) Buscar analisar as construções racionais que circundam a ciência, em lugar da mera consideração da mesma como uma continuação do conhecimento de senso comum, pois só assim se estaria reconhecendo e valorizando a novidade do pensamento contemporâneo;
- ii) Elucidar reflexões sobre a linguagem científica, a fim de destacar sua oposição à linguagem comum;
- iii) Mostrar o caráter social da ciência, enfatizando que o trabalho científico não pode ser individual;
- iv) Tornar dinâmica e articulável a filosofia das ciências, isto é, não se deixar filiar a nenhum sistema filosófico prévio, conseguindo, assim, acompanhar a evolução da ciência, deixando-se ao mesmo tempo determinar por ela.

Uma vez realizadas essas tarefas, a sua época, Bachelard pôde elaborar um recorte histórico e descrever a evolução do pensamento científico em três etapas. Segundo a descrição de Bulcão:

[...] o primeiro período, denominado por ele de estado pré-científico, compreende a Antigüidade clássica, a Idade Média, o Renascimento e os séculos XVI, XVII e XVIII, quando novos esforços nos campos da ciência se fazem evidentes. O segundo período representa o estado científico, tendo início na segunda metade do século XVIII, atravessando o século XIX, até o início do XX. O terceiro é o estado do novo espírito científico, que se caracteriza pelas revoluções ocorridas na ciência, quando o aparecimento de novas teorias contraria conceitos primordiais que haviam sido fixados como verdades absolutas para sempre. É a época em que a razão ensaia as abstrações mais audaciosas como podemos constatar nas teorias contemporâneas. (BULCÃO, 1999, p. 34)

Em Bachelard (2000), o “novo espírito científico” acha-se em descontinuidade, em ruptura com o senso comum, sendo uma marca da teoria bachelardiana.

O espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Julga o seu passado condenando-o. A sua estrutura é a consciência dos seus erros históricos. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro, pensa-se a experiência como retificação da ilusão comum e primeira (BACHELARD, 1996; p. 120).

O objeto desta nova ciência não é dado pela natureza. É algo constituído pelo sujeito. Se, no positivismo, o sujeito era um mero receptáculo das verdades científicas, o sujeito da ciência contemporânea é quem constrói o objeto científico pela junção que faz entre razão e técnica (BACHELARD, 1996).

Nesse sentido, conforme Wunenburger (2005), os estudos sobre a formação do espírito científico de Bachelard, ou seja,

[...]sobre a passagem do espírito pré-científico ao espírito científico nas histórias inspiradas por suas concepções da psicologia genética (num sentido próximo ao da de Piaget), convergem com a ideia de que o espírito está inicialmente imerso numa iconosfera subjetiva, cujas produções permanecem muito dependentes das necessidades e emoções e da vida inconsciente. A educação para a racionalidade e para a cultura partilhada necessita então de uma inversão, uma depuração desse imaginário primeiro, com a ajuda de um trabalho de purificação semelhante ao da psicanálise. (WUNENBURGER, 2005, p.40)

Bachelard se insurge contra os pressupostos metafísicos e idealistas que sustentavam a doutrina do espiritualismo, asseverando que o conhecimento se constrói por um rompimento com o conhecimento comum e com a intuição imediata, realçando a importância do trabalho cuidadoso do cientista (BACHELARD, 1972, 2000).

2.1.3 Conceituação da Epistemologia de Gaston Bachelard

A coerência da epistemologia Bachelardiana torna-se mais compreensível a partir do entendimento dos conceitos de ruptura, corte epistemológico, vigilância, obstáculo, problemática e recorrência epistemológica (LIMA, 2008).

Bachelard (1977) assevera que a razão não se rege pelos mesmos princípios; mas se reorganiza, para continuar sendo válida. Assim sendo, o progresso é descontínuo, não sendo um acúmulo de conhecimento. A historicidade descontínua é aquela que progride por meio de rupturas. Aceita-se uma teoria hoje, rompe com seus princípios e forma outra amanhã. Não há acúmulo de conhecimentos, assumindo uma postura epistemológica.

Já as rupturas epistemológicas são descontinuidades na produção do saber científico. Podem ser entendidos como “ponto de não retorno, o momento a partir do qual uma ciência começa, a partir do qual assume sua história e já não é mais possível uma retomada de noções pertencentes a momentos anteriores” (JAPIASSU & MARCONDES, 2008, p. 59).

Outro ponto importante para a compreensão do que nomeamos metodologia bachelardiana, é a sua noção de obstáculos epistemológicos, tratado, sobretudo, na obra *A Formação do Espírito Científico*, de 1996. Os obstáculos epistemológicos dizem respeito a preconceitos que impedem e bloqueiam o surgimento do real e de novas ideias, representando um imobilismo da ciência, impedindo o seu progresso (BACHELARD, 1996). Sobre esse aspecto, Bachelard (1971) assevera que:

[...] É no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. (BACHELARD, 1971, p.165)

Bachelard (1996) enumera alguns tipos de obstáculos epistemológicos: opinião; experiência primeira; obstáculo verbal; o conhecimento unitário e pragmático; obstáculo substancialista; psicanálise do realista; o obstáculo animista; o mito da digestão; libido e conhecimento objetivo; e obstáculos do conhecimento quantitativo.

Não obstante, tem-se também a problemática, que é um dos conceitos fundamentais na epistemologia Bachelardiana. O pensamento científico começa com um problema, porém esse problema a razão não detecta, a razão o formula. A elaboração da problemática considera a existência de um modelo teórico e técnico, que no percurso da objetivação, dará lugar à novidade simultânea na experiência e no pensamento (BACHELARD, 1977).

Quanto à vigilância, apresenta-se como um comportamento, uma atitude do pesquisador frente ao seu objeto de estudo, exercendo especial atenção em relação à aplicação do método. Ocorre em três graus: a atenção ao inesperado; a vigilância à aplicação do método; e a vigilância sobre o próprio método (BACHELARD, 1977).

A vigilância crítica situa-se tanto na lógica da descoberta, quanto na lógica da prova. Enquanto a descoberta se preocupa com o exame do processo de produção dos objetos científicos, a prova, por outro lado, ocupa-se da análise dos procedimentos lógicos da validação e proposição de critérios de demarcação para as práticas científicas (MARTINS & THEÓPHILO, 2007).

Bachelard (2004) assinala, ainda, que a recorrência epistemológica diz respeito às certezas – sempre provisórias – do presente que redefinem o passado, instituindo uma releitura, uma reorganização do antigo.

Segundo Lima e Marinelli (2011), a história da ciência altera, permanentemente, os sentidos dos eventos que a compõem, e se configura como resultante da determinação dos sucessivos valores gerados pelo progresso científico.

2.1.4 Concepção Bachelardiana sobre Educação Científica

Nas ciências, as palavras utilizadas de modo comum na vida cotidiana adquirem um significado novo. Como diz Bachelard:

Por vezes, o epistemólogo continuísta engana-se, quando julga a ciência contemporânea a partir de uma espécie de continuidade das imagens e das palavras [...] Não existe, pois, qualquer continuidade entre a noção de temperatura do laboratório e a noção de “temperatura” de um núcleo. A linguagem científica é, por princípio, uma neolinguagem. Para sermos entendidos no mundo científico, é necessário falar cientificamente a linguagem científica, traduzindo os termos da linguagem comum em linguagem científica. (BACHELARD, 1990, p. 250)

A linguagem não segue uma linha tênue entre o domínio científico e o cotidiano. Vocábulos aparentemente iguais têm significados completamente controversos. O fato de uma mesma palavra poder possuir diversos significados apenas demonstra que na própria linguagem existe o sinal da ruptura epistemológica.

A mente humana não opera da mesma forma na ciência e na vida cotidiana. “O mundo em que se pensa não é o mundo em que se vive” (BACHELARD, 1974, p. 225), ou seja, há uma ruptura entre a atitude cotidiana e a atitude científica. Segundo Bachelard (1996):

Na Educação, a noção de obstáculo epistemológico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão. Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996, p. 23)

Defendemos a tese de que aprender ciências, hoje, significa romper com a experiência do mundo sensível, significa colocar em crise conceitos tradicionais da experiência comum. Entretanto, não significa estabelecer uma hierarquia axiológica, isto é, uma hierarquia de valor entre conhecimento comum e conhecimento científico, pois tais conhecimentos referem-se a racionalidades essencialmente diferentes, não redutíveis uma à outra. Estes conhecimentos refletem racionalidades setoriais não unificáveis, não redutíveis uma à outra. (LOPES, 1996, *apud*, COSTA, 1998).

Conforme Bachelard (1972),

Várias vezes, nos diferentes trabalhos consagrados ao espírito científico, nós tentamos chamar a atenção dos filósofos para o caráter decididamente específico do pensamento e do trabalho da ciência moderna. Pareceu-nos cada vez mais evidente, no decorrer dos nossos estudos, que o espírito científico contemporâneo não podia ser colocado em continuidade com o simples bom senso (BACHELARD, 1972, p.27).

Dessa forma, Silva (1999) compreende que, a partir de uma perspectiva bachelardiana, pode-se afirmar que “é pouco provável que se forjem bons métodos de ensino de ciências desligados da preocupação e dos métodos da própria ciência” (SILVA, 1999, p.134). Sob essa perspectiva, o autor sugere que não se imagine ou se conceba o papel do professor como um facilitador da aprendizagem, mas sim como um complicador da realidade.

Isso porque “o professor só facilita quando complica. (...). Complica, à medida que desafia, à medida que propõe a análise de cada perspectiva. (...). Quando provoca a exposição do erro de forma discursiva, complica o saber fácil, dificulta os juízos apressados” (SILVA, 1999, p.138).

Alertava Bachelard: “Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe que pode descobrir” (BACHELARD, 1996c, p.303).

A ideia de partir de zero para fundamentar e aumentar o próprio acervo só pode vingar em culturas de simples justaposição, em que um fato conhecido é imediatamente uma riqueza. Mas, diante do mistério do real, a alma não pode, por decreto, tornar-se ingênua. É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado. (BACHELARD, 1996b, p.18)

Compreender conceitos clássicos no Ensino de Ciências não implica mais em se restringir ao domínio dos conceitos clássicos. O que é válido é o reconhecimento de que atualmente o conceito de compreensão também se ressignificou. “Compreender significa reconstruir, isto é, ter a coragem de aceitar que o conhecimento é provisório, pois toda noção é sempre um momento da evolução de um pensamento” (BACHELARD, 1991, p.47).

[...] A ciência postula comumente uma realidade. De nosso ponto de vista, esta realidade apresenta no seu aspecto desconhecido, inesgotável, um caráter eminentemente próprio que suscita uma busca sem fim. Todo seu ser reside numa resistência ao conhecimento. Nós tomamos, portanto, como postulado da nossa epistemologia, o inacabamento fundamental do conhecimento (BACHELARD, 2004, p. 13).

As verdades instituídas pela ciência não são imutáveis ou absolutas, mas, e, sobretudo, incompletas, devido, em primeiro lugar, ao próprio objeto, que nunca se expõe em sua plenitude, e, em segundo lugar, pela natureza mesma da relação entre o pensamento e o fenômeno (SANTOS, 1999).

Em sua tese de doutoramento, “Ensaio sobre o conhecimento aproximado”, publicada em 1927, Bachelard formula a teoria do aproximacionalismo. Nela, o autor retrata que a indefinição do objeto implica um saber provisório, inconcluso, incompatível com certezas estáveis. O conhecimento, por sua vez, seria constituído por meio de aproximações contínuas, viabilizadas, simultaneamente, pelo modelo teórico e pela aplicação técnica (BACHELARD, 2004).

Pensar a atividade científica envolve a interdependência dos extremos. Para os empiristas, a experiência surge uniforme, originando-se nas sensações; para os

idealistas, a unidade da experiência emana do fato de serem elas apreendidas pela razão. E na concepção de Bachelard (2000):

[...] A partir do momento em que se medita na ação científica, apercebemo-nos de que o realismo e o racionalismo trocam entre si infindavelmente os seus conselhos. Nem um e nem outro, isoladamente, basta para construir a prova científica... Não há lugar para uma intuição do fenômeno que designaria de uma só vez os fundamentos do real, também não há lugar para uma convicção racional – absoluta e definitiva – que imporia categorias fundamentais aos nossos métodos de pesquisas experimentais. (BACHELARD, 2000; p. 17)

Segundo Bachelard, o pensamento científico moderno não se restringe a citar leis, e não obstante, em se limitar a transcrever as informações colhidas na observação; deve-se ir além, recriando o real e equacionando a sua própria constituição.

Entende que o novo espírito da ciência contemporânea é um pensamento instruído, instrutor e construtor, que se instrui enquanto constrói, sendo “uma objetivação” que se move a partir das retificações e objetivações. O novo espírito científico representa um pensamento que é “um programa de experiências a realizar”, estando unido à experiência. Criando seus objetos para pensá-los, é um pensamento criador, dinâmico, que trabalha a retificação e a diversificação, liberando-se da certeza, da unidade e da imobilidade; pensa o antigo em função do novo, numa ruptura com a continuidade, que compreende as noções como movimento do pensamento (BACHELARD, 2000).

O disposto até então, vem a reforçar a ideia de que, cada vez mais, se tornam necessários maiores investimentos na formação inicial e continuada dos professores de ciências, numa visão articuladora de conteúdos, metodologias e concepções epistemológicas. Investir no delineamento do perfil de professor-pesquisador, no qual a pesquisa não é um elemento a mais, mas sim uma dimensão da prática pedagógica transformadora.

Mas reconhecemos que não se trata de um caminho curto e fácil. E encerrando com as próprias palavras de Bachelard (2000):

Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis

experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir. (BACHELARD, 2000, p.24)

Aqui vale a pena lembrar o texto de Freire (1967, p.43): “A partir das relações do homem com a realidade, resultantes de estar com ela e de estar nela, pelos atos da criação, re-criação e decisão, vai dinamizando o seu mundo. E, na medida em que cria, recria e decida, vão se transformando as épocas históricas”. (...). Por isso, desde já salienta-se a necessidade de uma permanente atitude crítica, único modo pelo qual o homem realizará a sua vocação natural para integrar-se.

No enfrentamento dessa realidade, a escola e a academia assumem um papel crucial, viabilizando o acesso ao conhecimento científico e transformando os seus sujeitos de formação, estudante e docente, respectivamente, em sujeito epistêmico, crítico reflexivo, quanto às questões fundamentais indispensáveis ao avanço tecnológico e social, e construção do conhecimento científico. E pesquisadores reflexivos, quanto a fazerem de sua prática seu objeto de pesquisa, atrelar o ensino aos problemas sociais, utilizar-se dos processos de investigação para compreender a realidade e, construir e reconstruir conhecimento a partir de sua própria prática.

2.2 Pressupostos Teóricos da Educação Científica

Tomando-se os moldes pelos quais a reflexão vem sendo delineada, nos é permitido afirmar que não há desvinculação entre a formação do professor pesquisador e a Educação Científica. A proposta de formação do professor pesquisador reflexivo não acontece sem uma educação científica, pois para que este venha a fazer de sua prática seu objeto de pesquisa, atrelar o ensino aos problemas sociais, utilizar-se dos processos de investigação para compreender a realidade e, construir e reconstruir conhecimento faz-se necessário uma educação científica que dê conta desta autonomia sobre os processos da construção do conhecimento.

Através da Educação Científica, busca-se a verdadeira emancipação do educando e do educador, com base argumentativa para crítica, questionamento e inquietamento, bem como, responsabilidade social e política, viabilizada por uma educação dialógica e ativa, interpretando os problemas com a necessária

profundidade, compreendendo que as ciências estão sujeitas a alterações dependendo das interações sócio históricas.

Nessa perspectiva, o professor formado nos vieses de uma verdadeira Educação Científica não toma o papel absoluto da sala de aula de detentor do saber e da verdade absoluta, mas age como um professor aberto aos conhecimentos prévios dos estudantes, democratizando o processo de construção e reconstrução do conhecimento, assim emancipando-os para tomada de decisão e análise crítica da ciência.

Partindo dessa concepção, faz-se necessária análise nas bases teóricas, para definição de qual conceito de Educação Científica, melhor se adequa para formação de um docente que atenda ao perfil aqui proposto.

Devido à pluralidade semântica, encontramos hoje em dia, na literatura nacional sobre ensino de Ciências, autores que utilizam a expressão “Letramento Científico” (Mamede e Zimmermann, 2007, Santos e Mortimer, 2001), pesquisadores que adotam o termo “Alfabetização Científica” (Brandi e Gurgel, 2002, Auler e Delizoicov, 2001, Lorenzetti e Delizoicov, 2001, Chassot, 2000) e também aqueles que usam a expressão “Enculturação Científica” (Carvalho e Tinoco, 2006, Mortimer e Machado, 1996) para designarem o objetivo desse ensino de Ciências que almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida. Podemos perceber que no cerne das discussões levantadas pelos pesquisadores que usam um termo ou outro estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências, ou seja, motivos que guiam o planejamento desse ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio-ambiente. (SASSERON & CARVALHO, 2011, p.12).

Os autores brasileiros que usam a expressão “Enculturação Científica” partem do pressuposto de que o ensino de Ciências pode e deve promover condições para que os alunos, além da cultura religiosa, social e histórica que carregam consigo, possam também fazer parte de uma cultura em que as noções, idéias e conceitos científicos são parte de seu corpus. Deste modo, seriam capazes de participar das discussões desta cultura, obtendo informações e fazendo-se comunicar. (SASSERON & CARVALHO, 2011).

Os pesquisadores nacionais que preferem a expressão “Letramento Científico” justificam sua escolha apoiando-se no significado do termo defendido por duas grandes pesquisadoras da Linguística: Angela Kleiman e Magda Soares. Soares (1998) define o letramento como sendo “resultado da ação de ensinar ou

aprender a ler e escrever: estado ou condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita” (p.18). (SOARES, *apud*, SASSERON & CARVALHO, 2011).

Kleiman (1995) comenta sobre a complexidade do conceito, mas adota sua definição como sendo o “conjunto de práticas sociais que usam a escrita enquanto sistema simbólico e enquanto tecnologia, em contextos específicos para objetivos específicos” (p.19). (KLEIMAN, *apud*, SASSERON & CARVALHO, 2011).

Os pesquisadores que optam pela a expressão “Alfabetização Científica” estão sustentados na ideia de Alfabetização concebida por Freire:

[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica numa auto formação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto. (, FREIRE, 1980, p.111).

Assim pensando, a alfabetização científica deve desenvolver no indivíduo a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica e sistematizada, refletindo acerca de suas ações e apreensões, e seus impactos no meio em que estão inseridos. Partindo desse viés, no presente trabalho, a proposição de Alfabetização Científica é o nível de consciência que se pretende chegar ao se propor à formação do professor para o ensino de ciências com encaminhamentos pedagógicos norteados pela Educação Científica.

2.3 A Neurociência Cognitiva e Educação Científica

O saber-fazer educação através da Ciência é o maior desafio daqueles que se envolvem na área da Educação Científica. Essencialmente o que se tem por meta é a melhoria e eficácia do processo de ensino-aprendizagem deste campo do conhecimento.

Entretanto, as pesquisas nesta área emergente versam, ainda, em um amplo recorte, sobre a estruturação curricular e o desenvolvimento de novos recursos de ensino e técnicas instrucionais com avaliação de seus impactos, bem como, sobre a proposição e avaliação de modelos para o aperfeiçoamento do ensino e para a formação continuada de docentes nos diferentes níveis. E, pouco se tem buscado

para o entendimento de como os estudantes apreendem e atribuem significados aos conceitos científicos, e para identificação de variáveis que afetam o processo de ensino-aprendizagem em sua totalidade. Ao que se percebe, há uma superestima do ensino em detrimento da aprendizagem.

Pauletti (2014) afirma que a busca por respostas que contemplem a natureza do processo de ensino-aprendizagem e da construção do conhecimento, se estende pelos séculos. Muitos estudiosos, de várias áreas do conhecimento, garimpam exaustivamente uma explicação plausível para questões em torno do conhecimento humano, como, por exemplo: como o sujeito aprende? Quais as condições que a escola pode propiciar para que a aprendizagem ocorra?

Frente a esses questionamentos, apresenta-se como um subsídio de enfrentamento, a apropriação das Teorias da Aprendizagem, que são modelos teóricos desenvolvidos cientificamente para explicar como ocorrem os processos de ensino-aprendizagem no transcorrer da história da Psicologia do Desenvolvimento Humano e da Psicologia da Educação, buscando dar respostas às indagações surgidas nas instituições de ensino.

Essas teorias estabelecem relação com as ações pedagógicas e refletem também sobre a maneira como as teorias estudadas questionam e se relacionam criticamente com as práticas que os professores adotam em sala de aula para que aprofundem as relações entre o aprender e o ensinar com respaldo nas teorias que explicam tais práticas e que compreendam os processos de aprendizagem e suas relações com as diferentes dimensões do saber-fazer pedagógico.

No presente estudo, fazemos menção a apenas duas teorias de aprendizagem, as quais julgamos pertinentes para o seu desenvolvimento, por tratar da construção do conhecimento e de sua aprendizagem.

Becker (2008) afirma que a aprendizagem é um dos conceitos que percorre os séculos, resistindo às contribuições da ciência. Neste sentido, poderíamos dizer que as questões relacionadas ao conhecimento enfrentam um dilema que perpassa os séculos, e estão relacionadas às peculiaridades que implicam no desenvolvimento do conhecimento e da aprendizagem da espécie humana.

Para isso, entendemos o conhecer e o aprender como processos que se complementam, se relacionam, e seria impossível falar em aprendizagem sem falar nas raízes que a sustentam. Em resumo, vamos tratar o conhecimento que é construído pelo sujeito, que se refere a uma experiência daquele que conhece (BOMBASSARO, 1992).

2.3.1 Recorte histórico das teorias de aprendizagem de base cognitivista

Estudos sobre a natureza e o desenvolvimento cognitivo dos seres humanos estão voltados para quatro teorias principais do desenvolvimento cognitivo: a de Piaget, a neopiagetiana, a de Vygotsky e a abordagem da Neurociência Cognitiva (Função Cognitiva Atenção, Modelos Multissensorial e do Processamento da Informação). No presente estudo em virtude da possibilidade de confluência de algumas concepções epistemológicas com Gaston Bachelard (base teórica desse estudo), só nos ateremos às contribuições da epistemologia genética de Jean Piaget como base subsidiária para a articulação com a Neurociência Cognitiva.

2.3.1.1 Jean Piaget

Jean Piaget (Neuchâtel, 1896 - 1980) foi um epistemólogo suíço, considerado um dos mais importantes pensadores do século XX. Defendeu uma abordagem interdisciplinar para a investigação epistemológica e fundou a Epistemologia Genética, teoria do conhecimento com base no estudo da gênese psicológica do pensamento humano. Nesse sentido o indivíduo passa por várias etapas de modificação de si próprio, ou seja, tudo o que aprendemos é influenciado por aquilo que já tínhamos aprendido.

A abordagem da teoria do conhecimento postulada por Piaget analisa os métodos pelos quais são elaboradas as teses epistemológicas. Assim, parece ser aceito pelos filósofos da ciência que todos os problemas epistemológicos são encontrados em uma perspectiva histórico-crítica. Essa perspectiva não é entendida como uma “história anedótica das descobertas, mas como história do próprio pensamento científico (...), o método histórico-crítico consiste, precisamente, em julgar o alcance real das noções por sua construção histórica” (PIAGET, 1970/1973, p.108).

Segundo Piaget (1970/1973), essa perspectiva afasta o improviso que possa existir nas filosofias. No entanto, esse método não é o único. Segundo o autor, é possível “prolongar a análise histórico-crítica com uma investigação psicogenética” (PIAGET, 1970/1973, p.109), entendida como o estudo da origem e evolução das funções mentais.

Nessa perspectiva, vale destacar que os trabalhos de Piaget não são os únicos a seguirem esse curso, uma vez que: “os belos estudos de Leon Brunshvicg [terminam] por um esboço da gênese mental das noções, cada estudo crítico de Henri Poincaré utiliza tal recurso” (PIAGET, 1970/1973, p.110). Contudo, os autores citados por Piaget faziam a investigação psicogenética numa abordagem indutiva, através da análise das noções, sem submetê-las a comprovações experimentais, numa abordagem empírica. Assim, como se poderia verificar se as inferências desses autores eram verdadeiras? Piaget entendeu que o exame dos comportamentos da criança poderia trazer mais aportes para esse debate e, então, talvez corroborasse os postulados desses filósofos da ciência.

A maior parte dos estudos de Piaget seguiu o caminho psicogenético. Os tratados escritos por Piaget – relatórios de pesquisas desenvolvidas em cooperação com seus diversos colaboradores – contemplam o problema central da teoria do conhecimento: quais as relações envolvidas entre sujeito (conhecedor) e objeto (conhecido)?. O estudo dessas relações abarcou tanto as características da experiência quanto as do pensamento. Nesse particular, é importante lembrar que, em geral, Piaget não se interessou pela individualidade das crianças participantes de seus estudos, seu interesse foi pelo “sujeito epistêmico, ou seja, por estruturas cognitivas comuns a todas as crianças” (KESSELRING, 1997, p. 27).

Conforme Piaget (1970/1973) é possível dissociar a teoria do conhecimento da metafísica desde que se delimite metodicamente o objeto de estudo. Assim, por exemplo, trata-se de estudar: “como aumentam os (e não o) conhecimentos” (PIAGET, 1970/1973, p.32), “considerados em sua multiplicidade e, principalmente, na diversidade de seus respectivos desenvolvimentos” (PIAGET, 1970/1973, p.104). Bem como, “por quais processos uma ciência passa de um conhecimento determinado, julgado depois insuficiente, a outro conhecimento determinado, julgado

depois superior pela consciência comum dos adeptos desta disciplina” (PIAGET, 1970/1973, p.32-33). Assim, se todo conhecimento é sempre um vir a ser - e “jamais se considera seu estado como definitivo” (PIAGET, 1970/1990, p.4) - as questões estão relacionadas ao processo de passar de um conhecimento menor - e “jamais existem começos absolutos” (PIAGET, 1970/1990, p.3) - para um estado mais completo e mais eficaz, então, “é claro que se trata de conhecer esse vir a ser e de analisá-lo da maneira mais exata possível” (PIAGET, 1970/1990, p.14). Nesse sentido, lembra-se que “todo aumento do conhecimento científico supõe, sem dúvida, um processo de pensamento, isto é, um raciocínio, de uma forma ou de outra” (PIAGET, 1970/1990, p. 1).

Conforme postula Ramozzi Chiarottino (1997), “Piaget, criou modelos abstratos, formais, para explicar um fenômeno natural, mas não diretamente observável, ou seja, o funcionamento das estruturas mentais do ser humano” (RAMOZZI-CHIAROTTINO, 1997, p.111).

Assim, depreende-se que Piaget propôs – e submeteu à experimentação – modelos teóricos para o sistema cognitivo, ou em outras palavras, a partir de seus diversos estudos, ele propôs um conjunto de teorias específicas relacionadas à teoria do conhecimento. Sendo este um de seus maiores méritos: “haver tirado a epistemologia do domínio da filosofia especulativa, para transformá-la em uma disciplina suscetível de corroboração e refutação empírica, ou por assim dizer, para transformá-la em ciência” (GARCIA, 1996, p. 56).

Piaget é notadamente o teórico da epistemologia mais frequentemente citado no campo da Pedagogia. Conforme Parrat-Dayan e Tryphon (1998), porém, quando se examina melhor o conteúdo dessas referências, percebe-se que tratam exclusivamente de sua obra na dimensão psicológica. Assim, “os escritos de Piaget sobre educação permanecem praticamente ignorados” (PARRAT-DAYAN & TRYPHON, 1998, p.7).

Segundo essas autoras, os artigos pedagógicos de Piaget sustentaram de 1930 a 1970, seu ponto de vista epistemológico e sua posição construtivista e interacionista. Nesse sentido, duas foram as temáticas fundamentais desses textos: a atividade do sujeito, por um lado; e o papel do professor e a importância do

material e das situações experimentais, por outro. Em relação ao ensino das ciências naturais, Piaget (1949/1998b) sugere que cabe à própria criança observar e experimentar, ou seja:

Em outras palavras, (...), a criança não deveria permanecer passiva e receptiva, mas deve estar a cada instante livre para desenvolver por conta própria todos os recursos da experimentação e do método indutivo (...). Porém, no próprio terreno da experimentação concreta, ainda existem duas maneiras de conceber a relação do professor com a criança e desta com os objetos sobre os quais incide sua ação. Uma é preparar tudo, de tal modo que a experiência consiste numa espécie de leitura compulsória e totalmente regulada de antemão. A outra é provocar no aluno uma invenção das próprias experiências, limitando-nos a fazer com que tome plena consciência dos problemas, que em parte ele mesmo já se coloca, e a ativar a descoberta de novos problemas, até fazer dele um experimentador ativo que procura e acha as soluções, por meio de inúmeras tentativas talvez, mas por seus próprios meios intelectuais. (PIAGET, 1949/1998b, p.179)

Em relação às estratégias de ensino, Piaget (1935/1998a) chama bastante atenção ao trabalho em grupo, porque “a solidez do saber é função da atividade dispensada para sua assimilação e o trabalho em grupo é, em princípio, mais ‘ativo’ que o trabalho puramente individual” (PIAGET, 1935/1998a. p.149-150). Além disso, ao enfatizar o trabalho em grupo no ensino de ciências naturais, sugere que:

[...] a experimentação se completa pela discussão conjunta, a redação ou o desenho nos cadernos de observação convoca a colaboração dos pesquisadores, em suma, o exercício das operações constitutivas do saber supõe essa cooperação intelectual que é o meio necessário para a organização das próprias operações individuais. É aqui que o papel do professor volta a ser central, enquanto animador das discussões, depois de ter sido o instigador, junto a cada criança, da apropriação desse admirável poder de construção intelectual que toda atividade real manifesta.” (PIAGET, 1949/1998b, p.180)

Segundo Moreira (1999), em seus estudos, Piaget buscava unir o lógico e o biológico, e como resultado, apresentar uma solução da incógnita formação do pensamento humano. Ao realizar seus estudos de psicologia do desenvolvimento observando o crescimento dos seus filhos e entrevistando milhares de crianças, percebeu que a lógica não é inata, ou seja, é um processo que se desenvolve gradativamente. E mais, Piaget percebeu que existem características que são permanentes independentes das culturas, fato que remete a experiência física que diverge das experiências sociais.

Em suma, Piaget não admitia que o conhecimento se reduzisse a impressões do meio sobre a tabula rasa da mente (empirismo), nem que as estruturas cognitivas

desabrocham aleatoriamente há seu tempo por determinação genética (inatismo). Segundo ele, o conhecimento é construído pela criança nas suas interações com o meio; por isso se dizia construtivista.

Conforme Bovet et al. (1989), algumas vezes Piaget chamou sua posição de construtivista para capturar o sentido em que a criança deve produzir e reproduzir os conceitos básicos e as formas lógicas de que se constituem o pensamento e a inteligência. Nesse sentido, deve-se dizer, Piaget preferia falar que a criança está inventando, ao invés de descobrindo, ideias. Parrat-Dayan (2003) aponta que o aluno como sujeito é sempre o autor de seu próprio conhecimento. Nas situações escolares, como em outras, é o sujeito quem escolhe, verifica, ajusta, elimina, coordena, organiza e reorganiza os dados que ele pode assimilar.

Ainda segundo Moreira (1999), a teoria de Piaget apresenta três conceitos chaves, sendo estes: assimilação, acomodação e equilíbrio. Segundo esta, o crescimento cognitivo da criança se dá por assimilação e acomodação. O indivíduo constrói esquemas de assimilação mentais para abordar a realidade. A acomodação por ser uma reestruturação da assimilação, não se configura sem assimilação. O equilíbrio entre assimilação e acomodação é a adaptação à situação. De acordo com Piaget, a aprendizagem só se configura quando há acomodação.

Para Piaget (1974), a cognição humana é uma forma de adaptação biológica na qual o conhecimento é construído aos poucos a partir do desenvolvimento das estruturas cognitivas que se organizam de acordo com os estágios de desenvolvimento da inteligência. A mente, sendo uma estrutura (cognitiva) tende a funcionar em equilíbrio, o que aumenta seu grau de organização interna e de adaptação ao meio. Entretanto, quando este equilíbrio é rompido por experiências não assimiláveis, o organismo (mente) se reestrutura (acomodação), a fim de construir novos esquemas de assimilação e atingir novo equilíbrio. A este processo reequilibrador, ele chamou de equilíbrio majorante, que para ele é o fator preponderante na evolução, no desenvolvimento mental, na aprendizagem (aumento de conhecimento) da criança.

Segundo Parrat-Dayan (2003), a aprendizagem escolar não pode ser entendida como uma recepção passiva do conhecimento, mas como um processo

ativo de elaboração. Por isso, o construtivismo, o relativismo e o interacionismo, quando aplicados ao processo de aquisição de conhecimentos, são características importantes da aprendizagem escolar. Além disso, ela ressalta que a teoria de Piaget estudou a gênese de noções e conceitos que se relacionam com alguns conteúdos escolares, principalmente nas áreas da matemática e da física. Dessa forma, essa teoria se torna interessante para a educação em ciências.

2.3.1.2 Neurociência Cognitiva

A neuroeducação tem interessado a muitas sociedades ao apresentar princípios úteis para uma melhor estrutura para a prática de ensino e aprendizagem ligando mente, cérebro e educação. A intersecção destas três linhas tem recebido outras terminologias: educação baseada no cérebro, neurociência educacional, psicologia educacional, neuropsicologia cognitiva e neurociência cognitiva. (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008)

A conceituação mais ampla, face ao caráter interdisciplinar da Neurociência Cognitiva, é a de Kandel que a considera como:

Uma combinação de métodos de uma variedade de campos – biologia celular, neurociências de sistema, neuroimagem, psicologia cognitiva, neurologia comportamental e ciência computacional – deram origem a uma abordagem funcional do encéfalo denominada Neurociência Cognitiva. (KANDEL et. al, 2003, p.382)

Na abordagem da Neurociência Cognitiva, o conhecimento e sua construção são estudados em três frentes: Atenção, Processamento da Informação e Modelo Multissensorial, as quais serão apresentadas a seguir.

2.3.1.2.1 A Atenção

Segundo Simões (2014), a atenção esteve presente nos estudos da Psicologia desde os introspeccionistas até a atualidade. E que, com a hegemonia do behaviorismo os estudos sobre atenção foram abandonados, e só no final da década de 50 e início de 60 houve uma retomada dessas questões, com o surgimento das ciências cognitivas.

Em 1890, Willian James definiu a atenção como sendo constituída pela focalização, concentração e consciência. Esse pioneiro entre os pesquisadores da cognição investigou a quantidade de ideias que um indivíduo pode ter ao mesmo

tempo (tema que ainda está presente entre os estudos atuais) e classificou os modos de atenção em: a) ativos, quando controlados pelos objetivos ou expectativas do indivíduo, e b) passivos, quando controlados por estímulos externos (SIMÕES, 2014, *apud* MATLIN, 2004).

Em 1911, ainda nos primeiros momentos de surgimento da Psicologia enquanto área da ciência, Wilhelm Wundt denominou, do ponto de vista estrutural, campo subjetivo como a área no interior da qual estariam presentes conteúdos com graus variados de clareza ou nitidez. Os mais claros e distintos se encontrariam no entorno de um ponto de fixação presente no foco de atenção, compondo uma espécie de consciência clara, e aqueles que circundam tal foco e se distribuiriam indistintamente até a periferia do campo subjetivo e formariam uma consciência obscura (MATLIN, 2004, *apud* SIMÕES, 2014).

Do ponto de vista funcional, Wundt definiu apreensão como o processo responsável pelo acesso àquelas percepções que se distribuiriam pelo campo subjetivo mais amplo, o da consciência obscura; e apercepção foi por ele definida como a atividade em que elementos presentes no campo da consciência obscura poderiam ser elevados, por meio da atenção, ao campo da consciência clara ou foco de atenção. Dessa forma, compreende processo aperceptivo como a atividade de tornar conscientes conteúdos antes inconscientes num caráter dinâmico e plástico. (MATLIN, 2004, *apud* SIMÕES, 2014).

A partir desses primeiros estudos, as pesquisas sobre a atenção desenvolveram-se tendo como pressuposto que o campo de estudo da atenção e o campo de estudo da consciência fazem parte de um sistema unitário. Esse pressuposto levou muitos autores que desenvolviam estudos sobre a atenção a considerarem a consciência como seu objeto de investigação. (ANDERSON, 2004, *apud* SIMÕES, 2014).

Com a hegemonia do behaviorismo entre as pesquisas no campo da Psicologia, os estudos sobre atenção e consciência foram abandonados, por fenômenos mentais não observáveis e imensuráveis. E apenas no final da década de 1950 e início da década de 1960, com o surgimento dos estudos nas ciências cognitivas, foram retomada essas questões e o interesse dos pesquisadores foi

novamente direcionado para o estudo da atenção (ANDERSON, 2004; MATLIN, 2004; STERNBERG, 2000).

Nas últimas décadas, numa perspectiva cognitivista, os estudos da atenção utilizam dois modelos gerais, baseados: a) no processamento fisiológico da detecção de estímulos - processos bottom-up; e b) nos processos superiores de memória e de representações mentais - processos top-down. Sendo importante destacar que alguns autores consideram a atenção como uma forma de processamento intermediário que integra os dois processos mencionados (SCHIFFMAN, 2005; STERNBERG, 2000).

Segundo Gazzaniga e associados (2006, p. 265), “a atenção é um mecanismo cerebral cognitivo que possibilita alguém processar informações, pensamentos ou ações relevantes, enquanto ignora outros irrelevantes ou dispersivos”. Nesse sentido, a atenção é compreendida basicamente como o processo de focalização da consciência em uma única tarefa. “É natural intuir que essa ação focalizadora só se torna possível porque conseguimos sensibilizar seletivamente um conjunto de neurônios de certas regiões cerebrais que executam a tarefa principal, inibindo as demais” (LENT, 2010, p. 631).

Diante do explanado, é inegável que a atenção sempre despertou grande interesse nos estudos em Psicologia, pelo seu papel na preparação e regulação das ações sensório-motoras e pela função subjacente que exerce no desenvolvimento de qualquer atividade cognitiva. E que esse lugar privilegiado é explicado também pelas contribuições que o tema pode trazer para várias outras áreas, como educação, comunicação e marketing, bem como para o desenvolvimento de novas tecnologias da informação.

Além desses pontos, nos dias atuais o interesse nessa área deve-se ainda ao crescente número de problemas de atenção detectados nas escolas, nos ambientes de trabalho, nas clínicas e nas relações interpessoais. Nessa dimensão, o que se percebe, é que a preocupação com o tema não tem levado a reflexões epistemológicas, e que as análises fragmentadas dificultam a compreensão do fenômeno como um todo e sua inserção no contexto sócio histórico atual.

2.3.1.2.2 O Modelo do Processamento da Informação

Segundo Neves (2002), a abordagem do Processamento da Informação, se refere ao desempenho dos indivíduos na leitura e na aquisição de conhecimento, assim como na transformação de informação em conhecimento. E focaliza estudos sobre a cognição e meta cognição e a importância dessa abordagem para a recuperação de informação, assim como o processo de indexação em sistemas de informação. Ou seja, refere-se aos diferentes estágios da solução de problemas e centra-se na busca para explicar mais detalhadamente como os processos encobertos ocorrem.

Tal abordagem vem gradualmente se integrando aos estudos da neurologia, e ganhando espaço de consolidação, dando origem à neurociência e psicologia cognitiva. Na qual, seus teóricos contemporâneos, reúnem diversas abordagens que estudam a mente e a inteligência em termos de representações mentais e seus processos subjacentes ao comportamento observável. E consideram o conhecimento como um sistema de tratamento da informação.

Segundo Neves (2002), trata-se de uma teoria da aprendizagem e da memória, segundo o modelo de funcionamento do computador. Onde a aprendizagem e a recordação baseiam-se no fluxo de informação que atravessa o indivíduo, e a informação que é recebida pelos receptores sensoriais e alvo de atenção é codificada, armazenada e processada, de forma a poder ser recuperada e trabalhada.

A codificação envolve a construção de traços de memória que constituem abstrações baseadas nos aspectos mais salientes da informação, refere-se ainda à representação mental de objetos ou acontecimentos externos. O armazenamento *input* corresponde à memória interna, à persistência da informação no tempo. E a recuperação *output*, se refere à utilização da informação armazenada (disponível e acessível). Esses conjuntos de ações cognitivas são tratados separadamente para melhor compreensão da sua atuação. Entretanto, são utilizados simultaneamente, não existindo divisão em seu uso, mesmo que não tomemos conhecimento consciente desses atributos (SPRINTHALL, N. & SPRINTHALL, R., 1993).

A busca pela compreensão dos mecanismos cognitivos, em se tratando do processamento da informação para a efetivação da aprendizagem, tem levado educadores a tentar identificar como o entendimento do cérebro humano pode contribuir para o aprimoramento de metodologias de ensino e aproveitamento da capacidade de aprendizagem dos estudantes. O ramo das Ciências da Aprendizagem tem ganhado espaço nos debates científicos devido ao esforço conjunto de pesquisadores para a aplicação na sala de aula dos conhecimentos oriundos dos laboratórios em forma de metodologias de ensino (HORVATH et al., 2017).

Partindo do estudo do constructo do processamento da informação, este viés mostra-se revolucionário, uma vez que retoma o estudo dos processos cognitivos em contraposição e complementação ao modelo proposto pelo comportamentalismo. E, tem imensurável importância no exercício da prática pedagógica e aperfeiçoamento/desenvolvimento do saber-fazer docente, no sentido de conhecer como o aprendiz recebe, processa e recupera a informação, sobre a importância da motivação para a aprendizagem e também sobre a contribuição das estratégias de aprendizagem para a aquisição e construção de conhecimentos no que tange ao estudante.

2.3.1.2.3 O Modelo Multissensorial

Segundo Serra (2012), atualmente, os neurocientistas estão a descobrir que o cérebro é mais multissensorial do que jamais, até então, se pensou. Os avanços científicos têm chamado a atenção para a estrutura multissensorial deste órgão, desvelando que as capacidades processuais do cérebro são mais elaboradas e menos compartimentadas do que se pensava.

Ainda de acordo com Serra (2012), em vez de considerarem o modelo antigo da organização do córtex cerebral, com regiões compartimentadas ordenadamente especializadas em modalidades específicas, começa-se agora a dar espaço a uma apreciação de maiores dimensões: a de uma natureza holística multissensorial do cérebro.

Serra (2012), complementa que o termo multissensorial é frequentemente utilizado para descrever estratégias que envolvem atividades que integram o uso de

duas ou mais modalidades sensoriais com vista a adquirir ou expressar a informação. Nessas modalidades o indivíduo estabelece uma ligação entre as informações recolhidas pelos olhos, ouvidos, voz e mãos, de modo a consolidar as aprendizagens.

Por fim segundo Serra (2012), o processo multissensorial de estímulos sensoriais é uma regra fundamental da estrutura e da função cerebral, sendo que mesmo as experiências que parecem específicas de apenas um sentido (por exemplo, a visão) são moduladas pela atividade dos demais sentidos, mostrando que estamos constantemente a utilizar informação proveniente de todos os nossos órgãos sensoriais.

Outros autores, que forneceram seus contributos para o campo de conhecimento do modelo multissensorial, adicionaram outras reflexões acerca desse campo, a saber: Wallace (2004) demonstrou que o design multissensorial do cérebro facilita a atenção, a percepção e a aprendizagem, sendo os tempos de reação mais rápidos a estímulos multissensoriais. Entretanto, nem sempre estamos conscientes e nos apercebemos dessas interações multissensoriais.

Por sua vez Macaluso e Driver (2004) demonstraram que existe atividade no córtex visual durante a percepção tátil. E Calvert e Lewis (2004) reportaram que a compreensão do discurso oral aumenta quando o falante é visto e ouvido ao mesmo tempo pelo receptor da mensagem. A percepção do discurso é, portanto, o produto da rede multissensorial estimulada por estímulos auditivos (voz) e visuais (movimento dos lábios, da boca e da própria comunicação não verbal do indivíduo) resultando em interações interpessoais muito ricas.

De acordo com Serra (2012), a oportunidade para incorporar várias instâncias do ensino multissensorial é inerente ao planejamento de uma aula. Aquando das sessões de revisão, os professores usam de forma simultânea atividades visuais, auditivas e cenestésicas para reforçar conceitos já desenvolvidos anteriormente na sala de aula através do “fazer”, que assegura que todos os caminhos para a aprendizagem sejam encadeados em cada lição.

Devido à variedade de modalidades, de meios e à consistência da abordagem, os professores experienciam uma participação entusiasta por parte dos

seus alunos. Aquilo que emerge é o aumento das oportunidades de interação para as respostas dos alunos em cada aula, à medida que veem, ouvem, dizem e/ou desenharam.

2.3.2 A Aprendizagem em termos Neurocientíficos

Os neurônios são células com a propriedade de se comunicar precisamente e rapidamente com outras células distantes. Tal feito é possível, portanto, graças ao alto nível de assimetria funcional e morfológica dos neurônios, além das suas propriedades eletroquímicas, o que confere a essas células a capacidade de geração de corrente elétrica através da membrana (KANDEL et al., 2014). A essa comunicação dá-se o nome de sinapse.

Achados neurocientíficos permitiram Cosenza e Guerra (2011, p. 38) resumir que:

A 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.

Tudo que fazemos a nível neuropsicológico (perceber, focar, memorizar, julgar, decidir, agir, aprender, etc.), é reflexo de informações captadas pelos receptores sensoriais, que são terminações nervosas localizadas nos órgãos dos sentidos capazes de receber um determinado estímulo e transformá-lo, por meio da transdução de sinais, em impulso nervoso (CARLSON, 2012). Em outras palavras, as informações na forma de luz, ondas sonoras, odores, sabores ou contato com objetos são primeiramente organizadas pelos neurônios sensoriais.

Em Brandão (2005, p. 100) é possível entender os processos de modificação do cérebro durante a efetivação da aprendizagem:

Em vista da dificuldade em se definir o que vem a ser aprendizagem tem-se optado por um termo mais geral que é a plasticidade cerebral que se refere a alterações funcionais e estruturais nas sinapses (zonas ativas de contato) como resultado de processos adaptativos do organismo ao meio. Estas modificações [...] promovem alterações na eficiência sináptica e podem aumentar ou diminuir a transmissão de impulsos com a consequente modulação do comportamento.

Dessa forma, os mecanismos elétricos e neuroquímicos nas células nervosas são responsáveis pela velocidade, qualidade e duração das informações externas adquiridas pelos órgãos sensoriais. As mudanças e aquisição de comportamentos estão relacionadas ao fenômeno que ocorre nos neurônios, comumente chamado de neuroplasticidade. Este sendo o processo pelo qual as conexões (sinapses) entre os neurônios são fortalecidas quando são ativadas simultaneamente (ROYAL SOCIETY, 2011).

Segundo Silva (2018), no nível neuroquímico, a aprendizagem é compreendida como o resultado de alterações químicas e estruturais do sistema nervoso de cada indivíduo, configurando-se num processo longo e individual. O que nos remete a transposição desse constructo, para o âmbito educacional, onde o entendimento das bases neurofisiológicas da aprendizagem oportuniza o desenvolvimento consciente de técnicas e métodos de ensino, uma vez que as pesquisas sobre o cérebro demonstram como o indivíduo recebe, processa, organiza, lembra e usa as informações.

3 METODOLOGIA

A metodologia é o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade.

(MINAYO, 2009).

3.1 A Caracterização da Pesquisa

Para consecução do objetivo proposto optou-se pela realização de uma pesquisa com as seguintes características: quanto à natureza a pesquisa é aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos; quanto à abordagem do problema possui cunho qualitativo, pois considera que existe uma relação entre o mundo e o sujeito que não pode ser traduzida em números; quanto aos objetivos é exploratória, pois objetiva proporcionar maior familiaridade com um problema; e quanto aos procedimentos técnicos é estudo bibliográfico, pois permiti a confluência de saberes de diversos

campos do conhecimento, com fins de desvelar suas aproximações e distanciamentos.

Trata-se de pesquisa exploratória, inicialmente, visando a subsidiar todos os componentes para a elaboração deste estudo: a definição do objeto, a revisão da literatura, a escolha do referencial teórico e a formulação da metodologia, para, em seguida, proceder-se à investigação de modo mais sistemático e aprofundado (TRIVIÑOS, 1990; MARCONI & LAKATOS, 1999).

Caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, porque tem por finalidade conhecer e divulgar as diferentes formas de contribuição científica sobre o objeto deste trabalho (ANDRADE, 2004; OLIVEIRA, 1999).

É um estudo teórico, nos moldes do que diz Amaral (2002, p. 14): “Teoria, aqui bem entendida, como uma forma de ‘pensar mais’ sobre um determinado tema, para além da maneira como o mesmo vem sendo pensado, discutido e analisado de forma dominante ao longo dos anos”.

Dada à complexidade que envolve a elaboração de um estudo bibliográfico, aqui apresentaremos os aportes teóricos utilizados para consolidação da proposta.

3.2 A Abordagem Metodológica

A tentativa de aproximar e entrelaçar conhecimentos desenvolvidos em diversas áreas sobre as dimensões do cérebro humano, da aprendizagem e Educação Científica, exige uma abordagem hermenêutica. Assim, a pesquisa se desenvolveu numa concepção da hermenêutica filosófica defendida por Gadamer (1997), como arte da compreensão do outro e de se tornar compreensível pelo outro.

Para Gadamer, aquele que quer compreender, fazer uma interpretação correta, adotar um comportamento reflexivo diante da tradição, tem de proteger-se da arbitrariedade de intuições repentinas e da estreiteza dos hábitos de pensar imperceptíveis e voltar seu olhar para “as coisas elas mesmas” (GADAMER, 2005). Quer dizer que aquele que pretende compreender não pode entregar-se de antemão

ao arbítrio de suas próprias opiniões prévias, mas deve estar disposto a deixar que estas lhe digam algo.

Para Gadamer tem de haver, antes de tudo, a apropriação de opiniões prévias e preconceitos pessoais, pois é fundamental dar-se conta dos próprios pressupostos, a fim de que o próprio texto possa se apresentar em sua alteridade, confrontando assim, a verdade do texto com as opiniões prévias pessoais do interprete (GADAMER, 2005, p. 358).

3.3 A Escolha do Aporte Teórico para o Estudo

No que tange a Gaston Bachelard, segundo Laberge (2003), ele continua sendo um dos filósofos franceses mais traduzidos, e seus pensamentos e livros atravessam as disciplinas, as épocas e as nações, porém segundo percursos muito diferentes, em razão de sua produção abundante e variada. Nesse sentido, conforme esse autor, em certos países, como em Portugal, na Itália e nos países árabes, foram privilegiados os textos filosóficos e epistemológicos de Bachelard, enquanto em outros lugares foram os livros sobre o imaginário e a poética dos elementos (fogo, água, ar e terra) que inspiraram os textos de interpretação e de extensão de sua obra.

Nesse contexto, conforme Bulcão (1999), a riqueza e a complexidade da obra de Bachelard favorecem a existência de inúmeras interpretações de sua obra, que convergem, porém, para o reconhecimento de sua importância no contexto da cultura atual. Portanto:

“(...) as categorias Bachelardianas estão presentes em quase todos os debates teóricos que acontecem nas mais distintas áreas de saber. Acolhidas, contestadas ou discutidas marcam presença nas ciências físico-químicas, na psicologia, na pedagogia, na história, na crítica literária e até mesmo na ética.” (BULCÃO, 1999, p.147)

Vários são os elementos da epistemologia de Bachelard que se relacionam com o ensino de Ciências. Mortimer (1996; 2000), por exemplo, preocupado com os modelos de Mudança Conceitual, utilizou-se da configuração do perfil epistemológico de Bachelard para propor a noção de perfil conceitual como alternativa para a construção de estratégias de ensino e de análise da evolução

conceitual. Já Delizoicov (2002; 1991) discute a problematização articulando as ideias de Paulo Freire e Bachelard no que diz respeito à aquisição de conhecimento científico, apontando que ambos enfatizam a “matriz problematizadora” do conhecimento e a problematização do conhecimento a ser apreendido pelo estudante. Há também os trabalhos de Lopes (2007) em que a reflexão gira em torno das possíveis articulações entre o currículo escolar e a epistemologia de Bachelard.

Além destes trabalhos, outros têm centrado suas investigações na apropriação de um determinado referencial pela pesquisa em Educação em Ciências, a exemplo de Queirós e Nardi (2008) que investigam o panorama da perspectiva de Ludwik Fleck e o estudo de Gehlen, Schoeder e Delizoicov (2007) acerca dos estudos do ENPEC que se referenciam em Vygotsky. Pierson (1997), ao investigar as pesquisas cujo tema é o “cotidiano”, identifica trabalhos com aporte das ideias de Piaget e os fundamentados na perspectiva de Paulo Freire. Já Lembruger (1999) realiza um estudo em teses e dissertações sobre os referenciais teóricos utilizados, atendo-se basicamente aos de caráter epistemológico e pedagógico, apontando a significativa presença de estudos balizados pelas ideias de Bachelard, assim como as que utilizam Paulo Freire e aqueles com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade.

No que concerne a Jean Piaget, a sua escolha como aporte deveu-se ao fato de que este teórico da epistemologia articulada a cognição, desenvolveu uma vasta obra, discutindo questões biológicas, sociológicas, as relações entre ciência e filosofia, psicologia e pedagogia, e ainda questões sobre a história da ciência.

As pesquisas de Piaget contribuíram para a compreensão de que a aquisição do conhecimento pelo sujeito não ocorre mediante a supressão dos erros cometidos, ou pela transmissão de conteúdos de uma pessoa que sabe mais para outra que sabe menos, como se acreditava até então (SANCHIS; MAHFOUD, 2007).

Já no que se refere à Neurociência Cognitiva, o estudo da aprendizagem une inevitavelmente a educação e a neurociência Goswami (2004). Segundo a literatura, desde meados dos anos 60 que se tenta “casar” estes dois campos científicos (WILLINGHAM, 2009). Há cerca de 25 anos atrás propôs-se a criação de

“neuroeducadores” com a argumentação de que seria através do estudo do cérebro que a prática dos professores poderia ser transformada e melhorada (CRUICKSHANK, 1981).

Segundo Rato e Caldas (2010), de uma forma simplificada podemos caracterizar a neurociência como a ciência do cérebro e a educação como a ciência do ensino e da aprendizagem. Considerando a significância do cérebro no processo de aprendizagem do indivíduo, assim como o inverso, parece-nos desde logo óbvia a relação direta entre as Neurociências e a Educação.

Assim, a escolha, em especial, dessa teoria da aprendizagem, deu-se por ocasião da mesma ter seus primórdios a partir dos estudos de Piaget, e atualmente ter se reiniciado discussões e pesquisas promissoras com fins de avaliação da sua articulação com a Educação Científica e aplicabilidade no ensino de ciências.

3.4 O Delineamento do Percorso Metodológico

Partindo da caracterização e justificação da metodologia da pesquisa, o percurso metodológico está sintetizadamente estruturado em cinco momentos:

1º momento – Realizou-se o levantamento bibliográfico a cerca da temática proposta. Para a localização de estudos que articulam as ideias de Bachelard e Piaget, e recentes descobertas da Neurociência Cognitiva, com questões de pesquisa do ensino de Ciências, foram utilizados a base de teses da CAPES e os principais periódicos brasileiros da área de ensino de Ciências, os quais sejam: Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (RBPEC), Investigações em Ensino de Ciências, Ensaio, Ciência & Educação, Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

Considerou-se para o trabalho artigos publicados no período de 2000 a setembro de 2018. A escolha por estes periódicos se justifica por representarem um importante meio de divulgação da área de Ensino de Ciências. O período de seleção dos trabalhos foi adotado de forma arbitrária.

2º momento – Sistematizou-se o referencial teórico. A seleção dos artigos para análise foi realizada a partir do título e do resumo apresentado, em que se verificou a existência da relação entre o trabalho de pesquisa desenvolvido e a temática com do presente estudo;

3º momento – foram elencados autores cujos escritos se relacionam com a Educação Científica, História e Epistemologia do conhecimento científico.

4º momento - reuniram-se autores que trataram da formação docente e contributos da neurociência cognitiva.

5º momento - realizou-se a confluência entre tais escritos com o propósito de associar os conhecimentos neurocientíficos de modo a direcioná-los como subsídio a serem empregados no âmbito da formação de professores com fins de promoção da Educação Científica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao nos propormos analisar a caótica situação da educação brasileira tornou-se comum atribuímos a pontos pré-estabelecidos, a responsabilidade para o caos educacional. Sendo estes: total descaso das esferas governamentais para com a educação, escassez de verbas para o ensino público, salário defasado dos professores, estrutura curricular inadequada, entre outros. Geralmente, não nos atentamos a uma questão grave que contribui muito para a precariedade do ensino, que é a qualidade dos cursos superiores de formação de educadores no Brasil.

Os cursos de licenciatura, muitas vezes, deixam a desejar no que se refere à preparação pedagógica de seus estudantes, não os capacita para a docência em seu sentido pleno, formando apenas professores “reprodutores de conhecimento” – agentes transmissores de informação, profissionais mecanicistas, despreocupados com o papel e responsabilidade de agente integrador e formador de indivíduos críticos e sociais que os acomete.

Nesse contexto, está o ensino de ciências, ainda impregnado das rotulações e posturas arcaicas que afastam o ensino dos problemas sociais. Sendo de fundamental importância rever permanentemente o conceito atribuído aos cursos de licenciatura, bem como definir e esclarecer seus reais objetivos, pois o que se percebe, é que a academia ainda vem carregando os “estigmas eurocêtricos” da relação dominador/subjugado, na qual há produção científica da academia para própria academia e divulgação de parte restrita e manipulada do conhecimento para sociedade em geral, negligenciando a responsabilidade social desta instituição formadora, e disseminando e perpetuando a mitificação da ciência, reforçando assim seu conceito excludente de “atividade especial restrita”, tendo seu espaço de legitimação na escola.

De acordo com Pimenta (2005. p.14), “além de fornecer a habilitação legal para o exercício da docência, espera-se que o curso realmente forme o professor”. O mesmo evidencia esse posicionamento, na seguinte fala:

[...] espera-se da licenciatura que desenvolva nos alunos conhecimentos e habilidades, atitudes e valores que lhes possibilitem permanentemente irem construindo seus saberes-fazer docentes a partir das necessidades e desafios que o ensino como prática social lhes coloca no cotidiano (PIMENTA, 2005, p.17-18).

A proposição exposta visa formar o professor reflexivo pesquisador, no sentido de que este profissional saiba operar a construção e reconstrução do conhecimento no cotidiano da sala de aula fazendo da sua prática, seu objeto de estudo e reflexão, a fim de garantir a aprendizagem do educando.

De acordo com nossa Constituição Federal de 1988 e a Lei de Diretrizes e Bases (LDB 9394/96), “a aprendizagem é um direito que deve ser garantido a todos, seguindo o princípio da igualdade e direitos de oportunidades, independente de qualquer característica física, social ou cultural” (BRASIL, 1998). A importância da educação científica, está diretamente correlacionada a formação do “ser social”, bem como, com a inserção desse indivíduo na sociedade.

Para tal conclui-se que é de suma importância na formação acadêmica das licenciaturas o preparo do graduando a cerca da temática Educação Científica, e como esta interfere no delineamento do seu perfil pessoal e profissional, bem como, na forma como se dará o exercício de sua prática docente e o reflexo desta na

sociedade. E para tal, é necessário o reconhecimento de que se tem negligenciado a tarefa de refletir sobre qual o conhecimento que se tem ensinado e que se espera que seja aprendido, considerando que a imagem que fazemos da ciência dirige parte importante das ações no ensino.

Partindo dessa problemática, tomando-se como base o aporte teórico que fundamenta o presente estudo, como fruto da reflexão proposta, buscaremos nas seções que seguem responder as indagações que se constituem em objeto e objetivo dessa pesquisa. Através de uma discussão teórica, que tem finalidade a articulação das dimensões histórico-epistemológica e Cognitiva, que aqui defendemos ser a base subsidiária do processo de ensino-aprendizagem do conhecimento científico.

4.1 O Conhecimento Científico e suas Dimensões Histórica e Epistemológica: formação do sujeito epistêmico

Uma análise minuciosa do conteúdo das ciências nos oportuniza visualizar sua organização em duas dimensões complementares. A primeira vincula-se à forma como é concebido o conhecimento, sua natureza, etapas e limites, e como os conceitos se inter-relacionam no interior das teorias. A qual, denominamos dimensão epistemológica. A outra mostra a elaboração e evolução das teorias ao longo do tempo. A esta, chamamos de dimensão histórica.

A dimensão epistemológica do conhecimento científico se manifesta, a partir do momento que observamos que a ciência desenvolve-se por meio de questionamentos, ensaios e erros sobre objetos cognoscentes, envolvendo processos investigativos que possam servir de sustentáculo à compreensão e análise de conceitos e teorias. E que seus elementos não se apresentam de maneira isolada. “As teorias produzidas no interior das ciências são estruturas nas quais conceitos, princípios, leis, convenções, etc., são articulados por regras bem definidas” (GIORDAN, 1983, p.48).

Uma teoria do conhecimento diz respeito a elucidações e interpretações no que tange as derivações do conhecimento humano. É um caminho permeado pelas vias da observação, experimentação, descrições, comparações, análises. Assim, o conhecimento deriva da inter-relação sujeito-objeto, e, por parte de quem conhece,

há sempre um trabalho cognoscitivo. Entretanto, a forma como se estabelece essa relação sujeito-objeto delineará distintas explicações ou composições teóricas.

Ao conhecimento, está atribuído caráter “cíclico”, em decorrência da sua organização estrutural, no qual os conceitos estão dispostos em redes, definindo e sendo definidos no seu interior. Os significados são obtidos não pelos conceitos em si, mas pela função que eles ocupam dentro da estrutura ou rede conceitual. Neste particular, os aspectos micro (conceito) e macro (rede) do conhecimento não podem existir separadamente (PIETROCOLA, 2002, p.5).

Japiassu (1992, p. 27), define o conhecimento enquanto processo possível e não como um estado consolidado, e afirma que a tarefa da epistemologia tangencia-se “em analisar todas as etapas de sua estruturação chegando sempre a um conhecimento provisório, jamais acabado ou definitivo”.

E, quanto ao sujeito e objeto nesse processo construtivo, Gamboa (2012, p. 45) professa:

Nas ciências sociais como na educação, tanto o investigador quanto os investigados (grupo de alunos, comunidade ou povo) são sujeitos; o objeto é a realidade. A realidade é um ponto de partida e serve como elemento mediador entre os sujeitos. Numa relação dialógica e simpática, como é o caso do processo da pesquisa, esses sujeitos se encontram juntos ante uma realidade que lhes é comum e que os desafia para ser conhecida e transformada.

Becker (1999) explica que o sujeito é parte ativa no processo de pesquisa, possui um aspecto cognoscente, o qual reflete e toma decisões acerca do que vislumbra num contexto de aprendizado, auto-organiza e amplia suas capacidades a partir do que vivencia. “O sujeito esconde-se e revela-se ao mesmo tempo. Revela-se porque, ao agir sobre o mundo, sobre o outro, sobre o diferente, sobre o oposto - sobre o objeto -, busca, aí, o alimento de sua transformação” (BECKER, 1999, p. 74).

Já o objeto, este se refere a uma situação, a um fato, ao que não é sujeito, embora o constitua. “O objeto desafia o sujeito a constituir-se; é ao constituir o objeto que o sujeito se constitui e é ao constituir-se que ele se revela” (BECKER, 1999, p. 74).

No que concerne à epistemologia, Gamboa (2012, p. 29) explicita que: “O discurso epistemológico encontra na filosofia seus princípios e na ciência seu objeto. Tem como função não só resolver o problema geral das relações entre a filosofia e as ciências, mas também servir de ponto de encontro entre elas”. E, o autor ressalta ainda que a epistemologia “[...] é parte da filosofia que se ocupa especialmente do estudo crítico da ciência em seu detalhamento prático, isto é, da ciência como produto e como processo [...]” (GAMBOA, 2012, p. 29). A epistemologia, enquanto teoria do conhecimento trará a luz à relação sujeito-objeto, explicitando suas nuances, delineamentos, limites e possibilidades.

Nesse contexto, tem-se a ciência e/ou conhecimento científico, de acordo com Hessen (1999), como a correlação da tríade sujeito, objeto e conhecimento; o qual é determinante e determinado a depender do momento e contexto de pertencimento. Assim, para Japiassu (1992) a epistemologia situa a si mesma e a outras disciplinas que lhe são afins. Considerando que,

[...] as epistemologias atualmente vivas e significativas estão centradas sobre as interações do Sujeito e do Objeto: a epistemologia fenomenológica, ilustrada por Husserl; a epistemologia construtivista e estruturalista, ilustrada por Piaget; a epistemologia histórica, ilustrada por Bachelard; a epistemologia “arqueológica”, ilustrada por Foucault; a epistemologia “racionalista-crítica”, ilustrada por Popper e Lakatos (JAPIASSU, 1992, p. 29).

Partindo desse pressuposto, a epistemologia situa-se num campo com diferentes vieses, e sua construção deu-se em função do objeto cognoscente, da sua relação com o sujeito que o analisa e do arrimo teórico que ampara essa relação. Assim, abre-se margem para a seguinte questão: Quais as implicações da natureza da ciência na formação do sujeito epistêmico? Depreendemos que, a construção do conhecimento implica num processo que necessita ser assentado nas condições gerais do desenvolvimento, tanto a nível psicológico, quanto biológico, isto é, com o desenvolvimento das estruturas do conhecimento em sua totalidade.

Nessa perspectiva, encontramos sustentáculo para melhor compreensão na epistemologia genética proposta por Jean Piaget, ao passo que este se tornou uma referência na área da psicologia do desenvolvimento e na educação, justamente porque considerava o sujeito como um ser que conhece (o sujeito epistêmico), ainda que suas contribuições não tenham sido indexadas a última.

Piaget sustentava uma visão genética do processo de desenvolvimento dos indivíduos, onde o destaque decorria das ações que o sujeito exercia sobre o objeto. Nesse contexto, a epistemologia genética logo se sobressai visto a importância desta obra, que é pura e simplesmente fundamentada na primazia do desenvolvimento genético do sujeito (LUZ, 1994). E para tal, nesta, o conhecimento e a aprendizagem são entendidos num nível tanto epistemológico quanto genético, isto é, desde a origem das capacidades de conhecer e de aprender até as reestruturações decorrentes das transformações científicas (BECKER, 1993).

O caráter próprio da epistemologia genética é, assim, procurar distinguir as raízes das diversas variedades de conhecimento a partir de suas formas mais elementares, e acompanhar seu desenvolvimento nos níveis superiores até, inclusive, o pensamento científico (PIAGET, 2002, p. 2).

Piaget e seus colaboradores ressaltam a atividade do sujeito na gênese dos conhecimentos. E segundo Inhelder, Bovet e Sinclair (1977), ele sempre atribuiu destaque sobre três aspectos relacionados à construção do conhecimento: i) a dimensão biológica; ii) o construtivismo psicogenético; iii) a interação dos fatores sujeito-meio.

Ao tratar da relação de interdependência do sujeito conhecedor com o objeto de estudo (ou o objeto a ser conhecido), Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) nos encaminham a compreensão de que para desfrutar de uma condição favorável para a construção do conhecimento, fazem-se necessárias aproximações sucessivas entre o sujeito e o objeto de estudo, a fim de fecundar o conhecimento. Entretanto, na ausência desta condição, o conhecimento do objeto de estudo por parte do sujeito é inatingível.

A dimensão histórica do conhecimento manifesta-se quando se toma consciência que as teorias não são fruto da clarividência, de revelações metafísicas, mas de uma complexa construção histórica. Na qual, os obstáculos epistemológicos erigidos pelos conhecimentos anteriores foram degenerados, permitindo-se atingir patamares superiores de entendimento. Ao se priorizar uma análise histórica, permite-se compreender o motivo pelo qual as teorias científicas se distanciam tanto do senso comum.

No ensino de ciências, são raras as vezes que a abordagem teórica científica vem acompanhada de contextualização e/ou articulação histórica que ressaltem seu processo de construção. E quando o fazem, apelam para reprodução tácita e atemporal do conhecimento científico, a partir do encadeamento linear de fatos observados e leis inferidas, por cientistas super-humanos, “quase deuses”, que em sua supremacia intelectual são capazes de ver o que é oculto aos olhos dos demais seres humanos. Nessa perspectiva, a ciência escolar se revela atemporal e restrita a reconstruções históricas que expurgam a dúvida, o debate, o erro e a revisão que constituem a essência da atividade científica.

Tomando-se o conhecimento científico como a-histórico, nega-se a possibilidade de inseri-lo dentro de um contexto de construção, onde sua aceitação seja fruto de um processo lento de maturação e adequação das formas de entendimento dos fenômenos estudados. Neste contexto, o conhecimento não é entendido como meio para alcançar um objetivo, mas um fim em si próprio. Cria-se o mito da relação direta entre o conhecimento científico e a realidade natural, onde a humanidade é mera coadjuvante, na medida em que ela não participa do processo de elaboração do conhecimento, mas simplesmente intermedia a revelação deste. O conhecimento científico, subtraído momentaneamente à nossa percepção, aguardaria somente o momento de ser desvelado por uma consciência superior, revelando-se de uma só vez. Esta posição reflete a subserviência do processo da ciência a um método universal que funcionaria apesar da imperfeição dos indivíduos que dela participam (PIETROCOLA, 2002, p. 7).

Essa concepção deturpada de ciência transpõe suas atividades do eixo da ação humana para dos gênios e superdotados. Ela é responsável pela perpetuação da especialização da ciência e propagação do seu caráter dogmático, acrítico e atemporal, fomentando uma inferiorização do indivíduo frente ao conhecimento construído, que apresenta resultados concretos, que funciona e não poderia ser fruto direto da atividade humana, “tão imperfeita e provisória”.

Segundo Pietrocola (2002), os estudos em História e Epistemologia da Ciência (HEC) fornecem elementos que permitem reflexões mais profundas sobre a atividade científica, atenuando consideravelmente o mito das verdades absolutas e

do empiricismo, e frisam o caráter eminentemente humano do conhecimento enquanto construção.

4.2 O Ensino de Ciências

Em geral, as disciplinas científicas marcam negativamente a experiência escolar dos estudantes, ao ponto de muitos deles mitificarem a ciência, e a conceberem somente em uma dimensão superior, na qual só são aceitos seres humanos iluminados, superiores, superdotados, que são os únicos capazes de pensar, refletir, criticar e ressignificar a ciência e todos os conhecimentos que ela produz.

As práticas docentes são marcadamente positivistas e, muitas vezes, vazias de perguntas e questionamentos, baseada em verdades factuais ou faculdades do conhecimento, quando na realidade o pensamento pós-positivista vem chamar atenção a essa supremacia e lugar social da ciência como falha. Não obstante, ainda persiste a tendência, nos processos didáticos, a desconsideração dos diferentes saberes, como por exemplo, o saber cotidiano dos alunos, o qual se apresenta como ponto de partida para um conhecimento “mais elaborado”.

Em detrimento da problematização dos conceitos, há o menosprezo e negligência das concepções prévias dos estudantes, o que colabora na aquiescência dos obstáculos epistemológicos, ao tratar o aluno como uma tábula rasa. Essa abordagem da ciência conduz a percepção de uma ciência empírica e indutiva, que não estabelece relações entre os conceitos, e que faz ciência a partir da ratificação dos mesmos (LOPES, 2007).

Na década de 30, Gaston Bachelard já confessava seu espanto para com a falta de percepção em relação às dificuldades concernentes ao ensino de ciências, professando a louvável frase: “Eu tenho sido constantemente surpreendido pelo fato dos professores não compreenderem que não se compreenda” (1996, p.23). E hoje, quase um século depois, sua frase ecoa verossímil.

Segundo Pietrocola (2002), os professores ainda não compreendem quais os motivos e processos que impedem os alunos de aprenderem ciências. Para uns,

trata-se de falta de motivação. Para outros, o problema se reduz às estratégias didáticas pouco eficientes. Mas, poucos alcançam a compreensão de que a grande problemática que afeta o ensino de ciências, está intimamente ligada às características do conhecimento que se pretende ensinar. Conclusão que se mostra clara e límpida, ao depreender que é delicado falar sobre algo que não se conhece bem. Ao passo que, nos discursos educacionais científicos, são subestimadas as principais dificuldades da ciência. O que nos encaminha ao seguinte questionamento: Quais as características do conhecimento que se propõe ser ensinado e que se espera ser aprendido?

Grande parte dos educadores carrega consigo uma visão estereotipada do que é ciência, do como esta se dá e funciona, e de quais os valores intrínsecos e extrínsecos dos conhecimentos que ela produz. O que os leva a negligenciar o fato de que as dificuldades não residem apenas na dimensão operacional do conhecimento, mensurada pela capacidade em resolver problemas científicos padrões. E a ratificar o domínio da concepção lógico-positivista da ciência, onde o conhecimento é marcado pelo método empírico universal e pela ideia de verdade absoluta.

Em enfrentamento dessa concepção, Weber (2005) descreve o fazer ciência como um conjunto de reflexões e ligações ao invés da utilização de conhecimentos tácitos e acabados.

O facto de a ciência ser, hoje, uma “profissão” que se realiza através da especialização em prol da tomada de consciência de si mesmo e do conhecimento de determinadas conexões reais, e não um dom gratuito, fonte de bênçãos e de revelações, na mão de visionários e de profetas, nem também uma parte integrante da reflexão de sábios e de filósofos sobre o sentido do mundo – constitui um dado inelutável da nossa situação histórica, a que não podemos escapar, se quisermos ser fiéis a nós próprios. (p. 29)

Análises histórico-epistemológicas desvelam o conhecimento científico como fruto de um complexo processo de construção. A apreensão do mundo natural é feita em subordinação a razão, a experimentação, a criatividade, as emoções, as influências culturais e sociais, as convicções mais profundas tangentes à vida, o universo, etc. E, esta gama de fatores coexiste e compete na elucidação de uma simples lei científica, ainda que a cultura ingênua de compreensão da ciência acabe por racionalizar e reduzi-la a obviedade dedutivo-metodológica.

Ao pensar no papel da escola, Scarpa e Trivelato (2013) postulam como sendo o de possibilitar o acesso ao conhecimento construído sócio historicamente, com isso, compreender os diferentes discursos que coexistem envolve a capacidade de “estabelecer relações entre ideias, atribuir sentido a elas, aplicá-las nos contextos adequados e reconhecer as razões que a justificam” (p. 74).

Considerações de natureza histórica sobre as etapas de elaboração do conhecimento podem facilitar a tarefa de ensino-aprendizagem das ciências, pois através delas pode-se compreender por que não é simples compreender. Nossas relações com o mundo, não podem ser estáticas, elas devem estar constantemente sujeitas a críticas e abertas a modificações. Em consonância, se faz necessário que forjemos a noção de uma realidade externa estável, capaz de servir de suporte para nossas ações cotidianas.

O modo de transferência direta de conhecimento, a partir do aumento exponencial do conhecimento científico e tecnológico, e devido a essas demandas sociais, tornou-se inaceitável e fragilizado, requerendo assim, que o ensino na contemporaneidade ganhe rumo contextualizado, problematizado, prático e reflexivo (CACHAPUZ et al., 2011). Com isso, a precisão de quantificar fórmulas e, etc., pelas ciências naturais, foi superada pela qualidade formativa na construção do conhecimento.

Neste contexto, os estudos históricos teriam o mérito de mostrar como a ciência tem incrementado esta necessidade humana ao longo dos tempos. Levando-se em consideração que os modelos históricos da realidade são as provas irrefutáveis do embate entre o homem e a realidade e englobam as duas dimensões da atividade científica: o processo e o produto.

Assim, no que tange a abordagem histórica e epistemológica do conhecimento científico, a ação docente, no ensino de ciências, é permeada pelas relações entre sujeitos, objetos cognoscentes e contexto de realização, através das quais estes se entrecruzam. Os sujeitos (professores e alunos) constituem-se, pela sua racionalidade e capacidade de observação, como aqueles que irão questionar a realidade (objeto cognoscente), e relacionar conhecimentos científicos com seu

entorno social. E para tanto, o professor constitui-se em agente de mediação nesse processo elaborativo e construtivo.

Em uma relação dialógica e autônoma entre educadores e educandos e em condições de aprendizagem verdadeiras, “os educandos vão se transformando em reais sujeitos da construção e da reconstrução do saber ensinado, ao lado do educador, igualmente sujeito do processo” (FREIRE, 2004, p.26).

No que concerne à aprendizagem, apesar de no âmbito da educação, em especial da educação científica, ser complexo delimitar os fatores que levam uma determinada abordagem a ter sucesso, os múltiplos casos que, atualmente, começam a surgir em torno da abordagem neurocientífica cognitiva, e a sua velocidade vertiginosa de produção de conhecimento, levam-nos a questionar que pontos potenciais possui esta metodologia para fazer diferença no processo de ensino-aprendizagem de ciências.

4.3 Contribuições da Neurociência Cognitiva para Educação Científica

Rato e Caldas (2010, p. 627) afirmam que:

Embora a ideia de que a investigação neurocientífica pode influenciar a teoria e prática educacional já não seja uma novidade que, atualmente, com as novas descobertas científicas, a neurociência e a educação voltam a cruzar caminhos.

Entretanto, há entraves que podem ser apontados para esta aproximação, a exemplo das questões relacionadas às respostas que a neurociência ainda não pode dar. Sendo que uma importante questão se refere à limitação em demonstrar cientificamente como a mente e o cérebro funcionam, dimensão que ultrapassa os objetivos do presente estudo.

Hardiman e Denckla (2009, p. 1) discutem a educação com bases científicas e, neste contexto, ressaltam a importância da neurociência dizendo que “[...] a próxima geração de educadores deverá alargar a sua abordagem centrada não apenas no ensino da matemática, por exemplo, mas também na forma como o raciocínio matemático se desenvolve no cérebro”.

Nesse contexto, o conhecimento introdutório acerca dos resultados e avanços alcançados através do estudo da neurociência cognitiva, nos encaminhou, ainda que talvez prematuramente, a depreender que este campo de pesquisa vem se instituindo e consolidando, como o presente e futuro das teorias da aprendizagem que fundamentam e modelam as práxis pedagógicas que permeiam a cultura escolar e acadêmica.

Segundo Oliveira (2014), existe um espaço entre a neurociência e a educação, entre o neurocientista que estuda a aprendizagem e o pesquisador em educação e a formação de professores, como comenta Noronha (2008, p. 1):

Por entender a importância do cérebro no processo de aprendizagem, consideram-se, aqui, as contribuições da Neurociência para a formação de professores, com o objetivo de oferecer aos educadores um aprofundamento a esse respeito, para que se obtenham melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem, especialmente, na educação básica.

Notamos que tornou-se inconcebível, frente à necessidade de atendimento dos pressupostos da Educação Científica, se pensar e aceitar a perduração do modelo hegemônico de ensino-aprendizagem que ainda considera a sala de aula, como um território homogêneo em que todos os estudantes aprendem num mesmo espaço de tempo e segundo um mesmo método de ensino. Este espaço, diga-se, é na verdade constituído por uma gama de diversidade de perfis e inteligências. Tomando-se este ponto, abre-se margem para retomada da seguinte indagação: A neurociência Cognitiva pode dar contribuições para o atendimento dos pressupostos da educação científica?

De acordo com a ROYAL & SOCIETY (2011), a prática educacional pode ser transformada em decorrência das contribuições das neurociências, uma vez que a educação promove aprendizagem e a neurociência cognitiva procura entender os processos mentais envolvidos na aprendizagem.

Ainda segundo a ROYAL & SOCIETY (2011), pesquisas em neurociência sugerem que os resultados não são determinados somente pelo ambiente, mas por fatores biológicos que justificam diferenças na habilidade de aprendizado entre indivíduos. A neurociência cognitiva também tem mostrado que a aprendizagem de

uma habilidade promove mudanças no cérebro e que tais mudanças são revertidas quando a prática das habilidades é cessada.

Segundo Oliveira (2014, p.18), “aprender não é absorção de conteúdos e exige uma rede complexa de operações neurofisiológicas e neuropsicológicas”. Alvarez e Lemos (2006, p.182) comentam que, além destes dois aspectos, a aprendizagem solicita a contribuição do meio ambiente.

[...] devem-se considerar os processos cognitivos internos, isto é, como o indivíduo elabora os estímulos recebidos, sua capacidade de integrar informações e processá-las, formando uma complexa rede de representações mentais, que possibilite a ele resolver situações-problema, adquirir conceitos novos e interpretar símbolos diversos.

A aprendizagem é uma modificação de comportamento que envolve a mente e o cérebro. Aprender envolve o pensamento, as emoções, as vias neurais, os neurotransmissores, enfim, todo o ser humano. Deve haver um equilíbrio entre cérebro, psiquismo, mente e pedagógico. (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008)

Para os educadores, considerar as propriedades bioquímicas que cercam os mecanismos de aprendizagem como importantes elementos de reflexão para a tomada de decisão em sala de aula, por exemplo, significa se apropriar de conhecimentos multidisciplinares e cientificamente comprovados, demonstrando vontade de atualização (OLIVEIRA, 2014).

Assim, em contraponto com os pressupostos da Educação Científica, aqui elencados, a neurociência cognitiva mostra corpo, potencial e objetivos, consoantes. Ao passo que põe o cérebro humano, com todo seu corpo de significados, em maior evidência ao se perceber a sua incrível capacidade de produzir sentido e complexidade compatíveis com os conhecimentos necessários tanto para o educando quanto para o educador, enquanto sujeitos epistêmicos crítico-reflexivos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegando-se ao final desse longo caminho de discussões e reflexões, concluímos que todos os objetivos propostos, neste estudo, foram alcançados, tendo

nas concepções multidimensionais de Bachelard e Piaget, bem como, da Neurociência Cognitiva, identificando os fundamentos e contribuições dessas teorias para a construção da práxis educativa científica.

Diante das dificuldades do trabalho docente e de como torná-lo mais significativo para os estudantes, às reflexões histórico-epistemológicas, apresentam-se como contributos para uma reorientação do trabalho docente nesse caminho de busca. Cabe ao docente repensar a sala de aula como um espaço múltiplo formado por sujeitos inseridos em um contexto e já detentores de conhecimento de mundo, que tem bases em suas observações. Ao passo que, tanto o professor quanto os alunos possuem histórias individuais, valores, ideias, visões de mundo, e estão inseridos em um contexto social com uma dada realidade. Nesse sentido, a escola e academia, como um todo, devem ser repensadas.

Tomando-se as considerações e elucidações, produzidas a partir e através deste estudo, concluímos que se faz necessário o reconhecimento e estreitamento da íntima relação entre a História e Epistemologia e o Ensino de Ciências. Uma vez que a evolução que encontramos no aporte teórico em relação a essa dimensão histórico-epistemológica determina uma função dinamogênica, ou seja, presente não somente no campo da psicologia, mas também na educação.

No nosso ponto de vista, a consideração das dimensões histórica e epistemológica da ciência desempenha um papel fundamental na prática educativa, e nessa perspectiva a reflexão dos professores sobre as suas próprias concepções pode redirecionar a prática em sala de aula, contribuindo potencialmente para a ascensão e efetividade da Educação Científica.

Em linhas gerais, a consideração de quaisquer das concepções (aqui brevemente destacadas) implica no reconhecimento da necessidade dos professores definirem, consciente e criticamente, o que se propõe ensinar e se espera que seja aprendido nas aulas, e busquem a partir deste fio condutor propiciar condições por meio das quais a construção, reconstrução e/ou ressignificação do conhecimento possa ser fomentada e desenvolvida.

Em outras palavras, cabe ao professor e à escola propiciar um ambiente de ensino que condicione aspectos seminais para a aprendizagem. Partindo do

pressuposto que, se o educador tem consciência dos processos pelos quais os alunos aprendem e, além disso, age com fundamentos sobre as estratégias de ensino, existem possibilidades factíveis de mudanças atitudinais perante a organização do sistema educativo.

No que tange a aprendizagem, a neurociência vem se constituindo num campo de conhecimento multidisciplinar de estudo do cérebro. A aprendizagem é vista como um processo de mudança de comportamento decorrente da experiência que se faz pela intervenção de fatores neurológicos, relacionais e ambientais. O aprender é o resultado obtido pela interação entre as estruturas mentais e o meio ambiente.

A aprendizagem se dá, com particularidades, ao longo da vida do indivíduo. Não se espera o fechamento deste processo com um último e definitivo certificado. Pode-se dizer que, neste momento, a neurociência não busca uma nova teoria da educação científica, mas a compreensão científica da educação. Assim, a elaboração de ações educativas com bases na neurociência acrescenta ferramentas eficazes na análise do percurso da aprendizagem permitindo que seja possível se atingir o potencial de desenvolvimento individual.

Diante do exposto, é preciso dar início a um processo de reflexão profunda sobre em que bases estão sendo sedimentadas as ações político-pedagógicas em torno da formação do professor de Ciências. Contudo, essa reflexão não deve ser apressadamente interpretada sobre o modo como os mesmos podem educar e serem educados cientificamente e, muito menos, como uma sequência de objetivos pedagógicos a serem desenvolvidos em termos de uma proposição metodológica. A formação desses sujeitos deve ser pensada na amplitude da dimensão de sua complexidade, com imbricamentos multidisciplinares e norteamentos epistemológicos e psicocognitivos.

REFERÊNCIAS

- AMADO, J. Interacção pedagógica e injustiça na aula. In Medeiros, M^a.T. (Org.). Adolescência: Abordagens, Investigação e Contextos de Desenvolvimento (pp.120-145, 2000c). Ponta Delgada: Direcção Regional da Educação.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. **Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor**. In: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. ABRAPEC, v. 03, p. 05-18, 2001.
- ANDERSON, David R. and Kenneth P. Burnham. **“Avoiding Pitfalls When Using Information-Theoretic Methods”**. Journal of Wildlife Management, 66, p.910, 2004.
- ANDRADE, E. R. **Os jovens da EJA e a EJA dos jovens**. In: OLIVEIRA, I.B.de; PAIVA, J. (Org.). Educação de jovens e adultos. Rio de Janeiro: DP&A, p.4354, 2004.
- APPLE, M. **Ideologia e currículo**. São Paulo: Brasiliense, 1982
- AQUINO, J. G. **Do cotidiano Escolar**: ensaios sobre a ética e seus avessos. 2. ed. São Paulo: Summus, 2000.
- BACHELARD, G. (1938). **La formation de l'esprit scientifique**. Paris: Vrin, 1989.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**: filosofia do novo espírito científico (Trad. J.J.M. Ramos). Lisboa: Editorial Presença, 1981. (Trabalho original publicado em 1940).
- BARBOSA, E. **Gaston Bachelard**. O arauto da pós-modernidade. Salvador: EdUFBA, 1997.
- BARBOSA, E. Bulcão, M. **Bachelard**: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação. Petrópolis: Vozes, 2004.
- BECKER, F. **Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos**. In: Educação e Realidade. Porto Alegre, 19(1), p. 89-96, jan./jun. 1994.
- BECKER, F. **O sujeito do conhecimento**: contribuições da epistemologia genética. In: Educação e realidade. 24(1), p. 73-89, jan./jun., 1999.
- BOVET, M.; PARRAT-DAYAN, S. e VONÈCHE, J. **Cognitive development and interaction**. Em: M.H. Bornstein e J.S. Bruner, Human Development (pp. 41-57), 1989.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais/Secretaria de Educação Fundamental** - Brasília: MEC/SEF, 1997.

BUNGE, M. **Philosophy of science** - vol. 2: from explanation to justification (Ed. revisada de Scientific Research, de 1967). New Brunswick (E.U.A.): Transaction Publishers, 1998.

BUNGE, M. **Philosophy in crisis: the need for reconstruction**. Nova Iorque: Prometheus Books, 2001.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, p.264, 2011.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Da educação em ciência à orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico**. Ciência e Educação. v. 10, n. 3, p.363 – 381, 2004.

CANAU, V. M. **Interculturalidade e educação escolar**. In: CANAU, M. V. (org.). Reinventar a escola. 5.ed. . Petrópolis, RJ: Vozes, p. 47-60, 2007.

CARVALHO, A. M. P. de. Habilidades de Professores para promover a Enculturação Científica. **Contexto & Educação**, v.22, n.77, p. 25-49, 2013.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p.157, 2013.

CARVALHO, A. M. P. de; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 127 p.

CARVALHO, A. M. P. de. **Enculturação científica: uma meta do ensino de ciências**. In: Trajetória e processos de ensinar e aprender: práticas e didáticas - XIV ENDIPE, Porto Alegre, EPUCRGS, p. 115-135, 2008.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, n. 22, p.89-100, jan./abr. 2003. Disponível em:<http://www.anped.org.br/rbe/rbedigital/RBDE22/RBDE22_10_ATTICO_CHASSOT.pdf >. Acesso em: 24 mai. 2018.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 4. ed. Ijuí: Unijuí, p.440, 2006. (Educação em Química).

CASTELÃO-LAWLESS, T. **Bachelard e a educação científica contemporânea**. Em: M. Bulcão (Org.). Bachelard: razão e imaginação (pp. 315-326). Feira de Santana: UEFS, 2005.

COSENZA, R. M., GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

COSTA, A. Bruto. **Exclusão Social**. Lisboa: Grávida, 1998.

COUTINHO, F. A. ; MORTIMER, E. F. ; ELHANI, C. N. **Construção de um perfil para o conceito biológico de vida**. In: Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 115-137, 2007.

CRUIKSHANK, W. M. **A new perspective in teacher education**: The neuroeducator. *Journal of Learning Disabilities*, v. 14, p.337-341, 1981.

DELIZOICOV, D. **Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis, v. 21, n. 2, 2004.

FONSECA, Dirce Mendes. **A pedagogia científica de Bachelard**: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. *Educação e Pesquisa*, v. 34, n.2, p.361-370, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 2004.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GAMBOA, S. S. **Pesquisa em educação: métodos e epistemologias**. 2 ed. Chapecó: Argos, 2012.

GADAMER, H. **Verdade e método**: traços fundamentais de uma hermenêutica filosófica. 3ª ed., Petrópolis, Vozes, p.50, 2005.

GARDNER, H. **Multiple intelligences**: The theory in practice. New York: Basic Books, 1993.

GAZZANIGA, M. S. et al. **Neurociência cognitiva**: a biologia da mente. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GEAKE, J. & COOPER, P. **Cognitive neuroscience**: Implications for education? *Westminster Studies in Education*, 26, p.7-20, 2003.

GIORDAN, A. (1983). **L'élève et/ou les connaissances scientifiques**. Paris: Peter Lang, 1987.

GOSWAMI, U. **Neuroscience and Education**. *British Journal of Educational Psychology*, 74, p.1-14, 2004.

GOSWAMI, U. **Neuroscience and education**: from research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7, p.406-413, 2006.

GOSWAMI, U. & Szűcs, D. **Educational Neuroscience**: Defining a New Discipline for the Study of Mental Representations. *Mind, Brain, and Education*, 1 (3), p.114-127, 2007.

HAWES, Z.; MOSS, J.; CASWELL, B.; POLISZCZUK, D. **Effects of mental rotation training on children's spatial and mathematics performance**: a randomized controlled study, **Trends in Neuroscience & Education**, v. 4, p. 60–68, 2015.

HESSEN, Johannes. **Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

HILLSDALE, NJ: Lawrence Erlbaum. Bulcão, M. **O racionalismo da ciência contemporânea**: uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard. Londrina: Ed. UEL, 1999.

HODSON, D. **Mini-special issue**: taking practical work beyond the laboratory. *International Journal of Science Education*, v.20, n.6, p. 629-632, 1998.

HORVATH, J. C.; LODGE, J. M.; HATTIE, J. (Eds.). **From the laboratory to the classroom**: translating science of learning for teachers. 1ed. New York: Routledge, 2017.

INHELDER, B.; BOVET, M.; SINCLAIR, H. **Aprendizagem e estruturas do conhecimento**. Tradução Maria Aparecida Rodrigues Cintra e Maria Yolanda Rodrigues Cintra. São Paulo; Saraiva, 1977.

JACOB, F. **La souris, la mouche et l'homme**. Paris, Odile Jacob ed.,1997.

JAPIASSU, H. P. **Introdução ao pensamento epistemológico**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1992.

JAPIASSU, H. & MARCONDES, D. **Dicionário básico de filosofia**. Rio de Janeiro: Zahar Ed., 2008.

LAKATOS, E. (1970). *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970. **Crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix/Edusp, 1979.

LEMGRUBER, M. S. **A educação em Ciências Físicas e Biológicas a partir das teses e dissertações (1981 a 1995)**: uma história de sua história. 1999. Tese (Doutorado) - UFRJ, Rio de Janeiro.

LECOURT, D. **L'épistémologie historique de Gaston Bachelard**. Paris: Vrin, 2002. (Trabalho original publicado em 1968).

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios**. 2ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

LENT, R. **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LIMA, M.A.M. **Auto-avaliação e desenvolvimento institucional na educação superior**: projeto aplicativo em cursos de administração. Fortaleza: Edições UFC, 2008.

LIMA, Marcos Antônio M.; MARINELLI, Marcos. **A Epistemologia de Gaston Bachelard**: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. *Revista de Ciências Humanas, Florianópolis*, Volume.45, Número 2, p.293-496, 2011.

LOPES, Alice Casimiro. **Currículo e epistemologia**. Ijuí, Editora Unijuí, 2ª Ed. 2007.

- LUZ, J. L. B. d. **Jean Piaget e o sujeito do conhecimento**. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.
- MARTINS, Jorge Santos. **O trabalho com projetos de pesquisa**: do ensino fundamental ao ensino médio. 5 ed. Campinas, SP: Papirus, 2007.
- MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. São Paulo: Atlas, 2007.
- MALACUSO, E.; MARAVITA, A. **The representation of space near the body through touch and vision**. *Neuropsychologia*. Londres, v. 48, n. 3, p. 782-795, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.10.010>>. Acesso em: 10 jul 2018.
- MARCONI, M. A. & LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- MATLIN, M. W. **Psicologia Cognitiva**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- MINAYO, M. C. S. Introdução. In: MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; SOUZA, E. R. (Org.). **Avaliação por triangulação de métodos**: Abordagem de Programas Sociais. Rio de Janeiro: Fiocruz, p. 19-51, 2009.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG, p.383, 2000.
- MOREIRA, M. A. e Axt, R. (orgs) (1991). **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: ED Sagra, 1991.
- NARDI, R. (1991). "**Campo de força: subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino desse conceito**". Textos - pesquisa para o ensino de ciências. São Paulo: USP, 1991.
- NEVES, Dulce Amélia. **Ciência da informação e cognição humana**: uma abordagem do processamento da informação. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 35, n. 1, p. 39-44, jan./abr. 2006.
- NORONHA, Jovita Maria Gernheim. "**Apresentação**". In: LEJEUNE, Philippe. O pacto autobiográfico: de Rousseau à Internet. Belo Horizonte: UFMG, p. 7-10, 2008.
- OLIVEIRA, S. L. **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisa, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira, 1998.
- PARRAT-DAYAN, S. (2003). **Psicologia de Piaget aplicada à educação**: como isto funciona? *Escritos sobre Educação*, 2 (2), 33-42.
- PARRAT-DAYAN, S.; TRYPHON, A. (1998). **Introdução**. Em: J. Piaget. Sobre a pedagogia. São Paulo: Casa do Psicólogo.

PERRATON, H.; CREED, C. **L'utilisation des nouvelles technologies et la réduction des coûts dans le service de l'éducation de base**. Paris: Editions Unesco, 2000.

PIAGET, J. **La causalité selon E. Meyerson**. Em: M. Bunge, Les Théories de la Causalité. Paris: PUF, p.151-2008, 1971.

PIAGET, J. **Psicologia e epistemologia**: por uma teoria do conhecimento. (A. Cretella, Trad.). São Paulo: Forense, 1973. (Trabalho original publicado em 1970).

PIAGET, J. **Introduction à l'épistémologie génétique – 2 – la pensée physique**. Paris: PUF, 1974.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento**: equilibração das estruturas cognitivas. (A. Figueiredo, Trad.). Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1977.

PIAGET, J. **Sabedoria e ilusões da filosofia**. Em: J. Piaget, Os pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Trabalho original publicado em 1965).

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. (A. Cabral, Trad.). São Paulo: Martins Fontes, 1990. (Trabalho original publicado em 1970).

PIAGET, J. **Abstração reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. (F. Becker e P.B.G. da Silva, Trads.). Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. (Trabalho original publicado em 1977).

PIAGET, J. **Observações psicológicas sobre o trabalho em grupo**. Em: J. Piaget. Sobre a pedagogia. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998a. (Trabalho original publicado em 1935).

PIAGET, J. **Observações psicológicas sobre o ensino elementar das ciências naturais**. Em: J. Piaget. Sobre a pedagogia. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998b. (Trabalho original publicado em 1949).

PIAGET, J. **The child's conception of physical causality**. Londres: Transaction, 2001. (Trabalho original publicado em 1927).

PIAGET, J. e Garcia, R. **Psicogênese e história das ciências**. (M.F.M.R. Jesuíno, Trad.) Lisboa: Dom Quixote, 1987. (Trabalho original publicado em 1983).

PIAGET, J.; INHELDER, B. **O desenvolvimento das quantidades físicas na criança**. (C.M. Oiticica, Trad.) Rio de Janeiro: Zahar, 1971. (Trabalho original publicada em 1962).

PIAGET, J. **Aprendizagem e conhecimento**. In: PIAGET, J., GRÉCO, P. Aprendizagem e conhecimento. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974.

_____. **Epistemologia genética**. Tradução Álvaro Cabral; revisão da tradução Wilson Roberto Vaccari. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

PIETROCOLA, M. (1993a). "**Fresnel e o éter parcialmente arrastado**". Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol 10, nº2, p.157-172.

_____ (1993b). "**A extensão do princípio de relatividade para a óptica**". Atas do V, Seminário nacional da Sociedade Brasileira de História da Ciência, 1993.

PIETROCOLA, M. "**Construção e Realidade: modelizando o mundo através da Física**". In : Ensino de Física : conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis : Ed. da UFSC, 2002.

PIMENTA, Selma Garrido (org.). **Saberes pedagógicos e atividade docente**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

POSSARI, J. F. Centro Cirúrgico: planejamento, organização e gestão. São Paulo: Editora Látria, 2004.

POSNER, M. I. & Rothbart, M. K. **Influencing brain networks**: implications for education. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9 (3), p.99-103, 2005.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **Aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROYAL SOCIETY. **Brain waves module 2**: Neuroscience: implications for education and lifelong learning. Royal Society, 2011.

RUTHERFORD, F.J. e ALGREEN, A. **Science for all Americans**. Nova York, Oxford University Press, 1990.

SANTOS, A. V.; BAIARDI, A. **Cultura científica, seu papel no desenvolvimento da ciência e da atividade inovativa e seu fomento na periferia da ciência**. In: TERCEIRO ENCONTRO DE ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES EM CULTURA. 3., 2007, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA. p. 1-14, 2007.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p.474-550, set./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n36/a07v1236.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

SANTOS, M. E. V. M. dos. Ciência como cultura: paradigmas e implicações epistemológicas na educação científica escolar. **Química Nova**, São Paulo, n. 2, p. 530-537, 2009.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & ensino**, v. 1, p. 182- 190, 2007.

SANTOS, M. E. **Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI**: co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos. Atas... Valinhos, 1999.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química**: compromisso com a cidadania. Ijuí: Unijuí, 1997.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. **Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica**. Investigações em Ensino de Ciências – V16(1), pp. 59-77, 2011.

SAVIANI, D. **Ciência e educação na sociedade contemporânea: desafios a partir da pedagogia histórico-crítica**. Revista Faz Ciência, Francisco Beltrão, PR, v.12, n.16, p. 13-36, Jul./dez. 2010.

SCARPA, D. L.; TRIVELATO, S. L. F. Movimentos entre a cultura escolar e a cultura científica: análise de argumentos em diferentes contextos. **Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación**, Bogotá, v.6, n. 12, p. 69-85, 2013.

SCHIFFMAN, H. R. **Sensação e percepção** (L. A. F. Pontes & S. Machado, Trad.). Rio de Janeiro: LTC, 2005. (Trabalho original publicado em 2001)

SERRA, Susana Cristina Pessoa. **O método multissensorial no caso português – Uma abordagem possível?**. Dissertação (Mestrado em Ensino do Português como Língua Segunda e Estrangeira) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, p.11, 2012.

SILVA, F. A.; YMAZAKI, S. C. A importância da cultura no ensino de ciências. **RELACult - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, v. 4, 2018.

SILVA, Tomaz Tadeu da. **Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo**. Belo Horizonte: Autêntica, p.156, 1999.

SIMÕES, Patrícia Maria Uchôa. **Análise de Estudos sobre Atenção Publicados em Periódicos Brasileiros**. Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional, São Paula, v.18, n. 2, p.321-330, Mai./Ago. 2014.

STERNBERG, Robert J. **Psicologia Cognitiva**. São Paulo: Ed. Artmed, p.494, 2000.

SPRINTHALL, N.A.; SPRINTHALL, R.C. **Psicologia Educacional**. Lisboa McGrawHill, 1993.

TEXEIRA, Paulo Marcelo M. **A Educação Científica Sob a Perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica e do Movimento C.T.S.** no Ensino de Ciências, *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

TOFFLER, A. **Future Shock**. Toronto Bantam Book, 1970.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T.N. **The scientifically substantiated art of teaching: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science)**. Minneapolis, EUA. Tese de Doutorado. Capella University, p.625, 2008. Disponível em: http://media.proquest.com/media/pq/classic/doc/1555896291/fmt/ai/rep/NPDF?_s=D NFDsQWI7PoylA3ngJfb4zVgy68%3D. Acesso em 11/04/2018.

TRIVIÑOS, A. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo: Atlas, 1990.

UNESCO. **Cultura científica**: um direito de todos. Brasília: UNESCO Brasil, p.170, 2003.

UNESCO. **Ciência e cidadania**: Seminário Internacional de Ciência de Qualidade para Todos. Brasília: UNESCO, p.173, 2005.

WEBER, Max. **A Ciência como Vocação. Ciência e Política**: duas vocações. São Paulo: Cultrix, p.17-52. 2005.

WILLINGHAM, D. T. **When and how neuroscience applies to education**. Phi Delta Kappan, 89, 6, 421-423, p.243.

WILLINGHAM, D. T. **Three problems in the marriage of neuroscience and education**. Cortex, 45 (4), p.544-545, 2009.

WILLINGHAM, D. T. & Dunn, E. **What neuroimaging and brain localization can do, cannot do, and should not do for social psychology**. Journal of Personality and Social Psychology, 85, p.662-671, 2003.

WILLINGHAM, D. T. & Lloyd, J. W. **How educational theories can use neuroscientific data**. Mind, Brain and Education, 1 (3), p.140-149, 2007.

WUNENBURGER, J.-J. **Imaginário e racionalidade**: uma teoria da criatividade geral. Em: M. Bulcão (Org.). Bachelard: razão e imaginação (pp 39-53). Feira de Santana: UEFS, 2005.

V. A. (Orgs.). **O diálogo ressignificando o cotidiano escolar**. Passo Fundo, RS: UPF Editora, p. 124-152, 2004.

ZANCAN, Glaci T. **Educação científica**: uma prioridade nacional. In: Revista Perspectiva, v.14, n.3, p. 3-7, 2000.