



FURG

Universidade Federal do Rio Grande

Programa de Pós-Graduação
**Educação em
Ciências**

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Associação Ampla FURG / UFRGS / UFSM

NEUROCIÊNCIAS E APRENDIZAGEM:
O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE
CIÊNCIAS.

Alexandra Moraes Maiato

Profa. Dra. Fernanda Antoniolo Hammes de Carvalho

Rio Grande
2013

Alexandra Moraes Maiato

**NEUROCIÊNCIAS E APRENDIZAGEM:
O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

Orientação: Prof.^a Dr.^a Fernanda Antonilo Hammes de Carvalho

Rio Grande

2013

Alexandra Moraes Maiato

**NEUROCIÊNCIAS E APRENDIZAGEM:
O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Banca Examinadora

Profª Doutora Fernanda Antoniolo Hammes de Carvalho - FURG - Orientadora

Profº Doutor João Alberto da Silva - FURG - Examinador

Profª Doutora Renata Menezes Rosat - URS - Examinadora

Rio Grande

2013

Dedico essa dissertação aos meus pais, que sempre acreditaram nas minhas ideias e apoiaram minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

Dois anos passam muito rápido, são tantas vivências nessa trajetória, tantas pessoas que até mesmo sem querer nos interpelam, fazem pensar ou repensar, que esse espaço importantíssimo, pois é o momento de expressar nossos sinceros agradecimentos aos que de uma forma ou outra contribuíram para a concretização desse trabalho, torna-se pequeno para agradecer a todos.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Manoel e Marise, os quais me permitiram nascer, o amor e a dedicação com que me receberam, o apoio e o incentivo nessa jornada de vida que escolhi: o caminho acadêmico. Ao meu irmão Enzo, que me propiciou tardes de estudo ao som de violão e seu alto astral contagiante. Aos meus avós, Delmar e Áurea, os almoços e cafés da tarde, recheados de sabedoria, experiência de vida e muitas conversas. A esses, que sempre apoiaram minhas ideias e acreditaram nas minhas decisões, muito obrigada!

À minha querida amiga orientadora, Fernanda A. H. de Carvalho, agradeço os anos de dedicação e acompanhamento da minha trajetória acadêmica, a incansável dedicação, competência e seriedade nos momentos de orientação e principalmente a amizade. Esse agradecimento se estende ao seu marido Marcelo e aos seus filhos, Marília, Marina e Bruno, os quais compreendem a minha constante presença e incontáveis telefonemas ao longo desses anos de orientação, parceria e amizade.

À professora Diana Adamatti e à colega Josimara Silveira, agradeço as pesquisas realizadas em parceria a fim de escolher o equipamento de EEG que melhor atenderia nossa pesquisa e pelas contribuições que deram ao meu trabalho. Obrigada Josi, não só a significativa ajuda na coleta de dados, mas também o companheirismo, inquietações e risadas divididas durante as tardes no CEAMECIM.

Agradeço em especial aos sujeitos colaboradores dessa pesquisa, os quais foram dispostos e incansáveis durante a coleta de dados e aos seus pais, que confiaram no trabalho e compreenderam a importância da participação de seus filhos. Ao diretor do Colégio Salesiano Leão XIII, Padre Oswaldo e à coordenadora, Fabiane Branco, que acreditou na importância desse estudo, abrindo as portas da escola para o desenvolvimento dessa pesquisa e também por acreditar na viabilidade e relevância do projeto de Ciências Experimentais que desenvolvo nesse colégio.

Agradeço aos professores que tive ao longo desses anos de formação, que auxiliaram a me constituir enquanto pessoa, pesquisadora e profissional; as professoras e orientadoras do

estágio durante a graduação, Paula Regina da Costa Ribeiro e Raquel Quadrado, que de certa forma contribuíram para que eu me direcionasse rumo ao PPGEC FURG e aos professores com quem tive oportunidade de compartilhar saberes os quais foram fundamentais para complementar essa dissertação; à amiga Camila Pinto das Neves, agradeço as dicas iniciais acerca do programa e textos emprestados para estudos; à coordenação e as secretárias do PPGEC e à equipe do CEAMECIM, agradeço a atenção e a disposição; a CAPES agradeço a concessão da bolsa de estudos por 24 meses.

Às neuroloiras, Franciele e Mauren, agradeço a amizade construída ao longo das vivências no grupo de estudos, e que ultrapassaram os limites da universidade. Também a todos do grupo GPNED, que foi se ampliando com o passar dos semestres e hoje constitui um grupo forte e unido. Obrigada gurias (e agora também guris) pelos questionamentos feitos em torno do meu trabalho e que me auxiliaram a pensar em todos os detalhes.

A minha amiga Roberta Lanziani, fiel escudeira desde a graduação, agradeço o apoio e presença não só nos momentos de alegria, mas também nos momentos de dúvidas e inseguranças. Obrigada Robs, e as demais amigas que sempre me apoiaram e souberam compreender minha ausência, inclusive em momentos especiais de suas vidas! Agradeço também, minha irmã, meu cunhado, minha sobrinha Lara e meu afilhado João Gabriel. Especialmente ao Sírio Roberto López Israel, agradeço a paciência e a parceria em todos os momentos.

Agradeço ao Sr. Othemar (*in memorian*), as amigas do Princesa Isabel, em especial ao grupo Corrente do Amor, toda luz, energia, entendimento, clareza de pensamentos que foram fundamentais para minha persistência nessa caminhada que muitas vezes é árdua e cansativa. À minha avó Emilia Luiza (*in memorian*) que protege e ilumina meu caminho, rumo aos meus sonhos e objetivos. Muito obrigada!

RESUMO

A educação brasileira tem como grande desafio promover uma educação para todos, sendo imprescindível que os professores recorram a alternativas metodológicas que permitam estimular a inteligência individual de cada aluno. Nesse sentido, os conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro podem constituir contribuição importante para a educação. Para a neurociência cognitiva, aprendizagem e memória estão fortemente relacionadas, uma vez que a memória é o substrato orgânico para que ocorra a aprendizagem. Aprender envolve armazenar informações no cérebro e posteriormente resgatar representações mentais, recordando ou reconhecendo experiências anteriores, caracterizando um traço de memória que será subsídio para novas aprendizagens. Considerando que quanto maior o número de estímulos sensoriais, maior a possibilidade de ampliação do engrama e, conseqüentemente, das dicas de evocação de memória, através do uso de atividades multisensoriais podemos oportunizar aprendizagens mais complexas. No que diz respeito ao ensino de ciências, as aulas práticas, em especial as que envolvem experimentos, as quais são frequentemente apontadas como essenciais, destacam-se pela propriedade de envolver dois ou mais sentidos, apresentando também como estratégia de ensino com potencial para agregar vários indivíduos no mesmo contexto educativo. Nesse cenário, emerge o estudo aqui apresentado, o qual teve como ponto de partida o seguinte questionamento *como as atividades práticas que envolvem experimentos interferem na atividade cerebral?* O trabalho objetivou analisar a influência dos experimentos na aprendizagem, tomando como referência aspectos neurobiológicos. Para tal, foi necessário identificar a atividade cerebral dos sujeitos diante de uma situação pedagógica fundamentada na demonstração de um experimento realizado pelo pesquisador, diante da realização de um experimento pelos próprios sujeitos e diante da demonstração de um experimento já visualizado e já realizado anteriormente por eles mesmos; comparar a influência das situações de aprendizagens na ativação do cérebro; comparar o desempenho cognitivo e a percepção sensorial após atividade de observação e de realização de um experimento; analisar as causas de possíveis diferenças nos resultados nas diferentes situações pedagógicas adotadas. Constituíram amostra da pesquisa 3 alunos, de 13 anos, matriculados no 8º ano do ensino fundamental de uma escola particular de Rio Grande/RS. A coleta de dados ocorreu durante 5 dias e envolveu a captura de imagens cerebrais dos sujeitos diante de três situações pedagógicas propostas (observação de experimento, realização de experimento e observação de experimento já observado e realizado pelo próprio indivíduo), através de técnica não invasiva, com utilização do equipamento Emotiv Epoc. A partir dos resultados concluiu-se que as atividades práticas que envolvem experimentos tem ações positivas na aprendizagem, o que corrobora as tendências atuais a respeito do uso da experimentação no Ensino de Ciências. Ressalta-se, entretanto, que apesar da observação também ser fonte de construção de conhecimento, os resultados demonstram que a aula de experimentação em que o sujeito faz o experimento, além de envolver o indivíduo positivamente, exige mais esforço cognitivo, ampliando as chances de manter e/ou evocar informações na memória. Ainda que a pesquisa seja um estudo insipiente, os achados contribuem para sustentar uma visão positiva dessa prática pedagógica, apontando também a necessidade do professor pensar numa proposta construtivista do ensino, pois é ele quem vai dar qualidade às situações de aprendizagem, já que ter o estímulo sensorial é uma condição de possibilidade, mas não uma garantia de que ele aprenda.

Palavras-chave: memória, aprendizagem, ensino de ciências, experimentação.

ABSTRACT

Brazilian education has the challenge to promote education for all, and essential that teachers resort to alternative methodological allowing stimulate individual intelligence of each student. In this sense, knowledge about the functioning of the brain may be an important contribution to education. For cognitive neuroscience, learning and memory are closely related, since memory is the organic substrate for learning to occur. Learning involves storing information in the brain and subsequently redeem mental representations, recalling or recognizing previous experiences, featuring a memory trace that is subsidy for new learning. Considering that the greater the number of sensory stimuli, the greater the possibility of expanding the engram and thus the tips of memory recall, through the use of activities can oportunizar multisensory learning more complex. Regarding to science teaching, practical classes, especially those involving experiments, which are often highlighted as essential for property stand out to involve two or more senses, presenting also as a teaching strategy with potential to add several individuals in the same educational context. In this scenario, emerges the study presented here, which had as its starting point the following question as practical activities that involve experiments interfere with brain activity? The study aimed to analyze the influence of the experiments on learning with reference to neurobiological aspects. For this it was necessary to identify the brain activity of the subjects in a situation based on pedagogical demonstration of an experiment conducted by researcher before conducting an experiment by the subjects themselves and on the demonstration of an experiment has already seen and done previously by themselves; characterize how each teaching situation can interfere with learning, analyze the possible causes of differences in educational outcomes in different situations adopted; compare the influence of learning situations in brain activation; compare the performance of cognitive and sensory awareness activity after observation and conducting an experiment, analyze the causes of possible differences in outcomes in different teaching situations adopted. Constituted the research sample 3 students, age 13, enrolled in the 8th grade of elementary school to a private school in Rio Grande / RS. Data collection took place over 5 days and involved the capture brain images of subjects on three proposed pedagogical situations (observation experiment, conducting the experiment and observation of the experiment observed and performed by the individual himself), through noninvasive technique, with use of the equipment Emotiv Epoc. Based on the results it was concluded that the practical activities that involve experiments on learning has positive actions, which corroborates the current trends regarding the use of experimentation in science education. It is noteworthy, however, that despite the observation also be a source of knowledge construction, the results show that the class of experiments in which the subject does the experiment, besides involving the individual positively, requires more cognitive effort, increasing the chances of maintain and / or recall information in memory. Although the research is a study incipient, the findings contribute to sustaining a positive view of this pedagogical practice, also pointing to the need to think of a constructivist teacher education, for it is he who will give quality to learning situations, since they have sensory stimulus is a condition of possibility but not a guarantee that he learns.

Keywords: memory, learning, science education, experimentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regiões básicas do neurônio e direção do impulso nervoso	18
Figura 2 – Sinapse	19
Figura 3 – Os lobos dos hemisférios cerebrais	21
Figura 4 – Tálamo, amígdala e hipocampo	22
Figura 5 – <i>Emotiv Epoc</i>	44
Figura 6 – Localização dos eletrodos referentes aos 14 canais do <i>Epoc</i>	45
Figura 7 – Painel de controle	45
Figura 8 – Esquema das atividades realizadas	48
Figura 9 – Linha do tempo das atividades realizadas	48
Figura 10 – Ativação dos canais para análise	50
Figura 11 – Ativação dos canais na atividade <i>observa</i>	53
Figura 12 – Ativação dos canais na atividade <i>executa</i>	54
Figura 13 – Ativação dos canais na atividade <i>observa novamente</i>	55
Figura 14 – Via dorsal e ventral	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ativação dos lobos e canais das três situações pedagógicas	51
Quadro 2 – Número de vezes que cada canal foi ativado nas diferentes atividades do protocolo	51
Quadro 3 – Sentidos preferencialmente utilizados nos testes de evocação de memória	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 CÉREBRO E COMPORTAMENTO	17
2.1 Unidade básica do sistema nervoso: neurônio	17
2.2 Anatomia cerebral	20
2.3 Estruturas	22
2.3.1 Tálamo e hipotálamo	22
2.3.2 Amígdala	23
2.3.3 Hipocampo	23
2.4 Aprendizagem e memória: conceitos	23
2.4.1 Os tipos de memória	25
2.4.2 Atenção, percepção e emoção na construção do conhecimento	27
3 NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS	30
3.1 Aprendizagem significativa e o Ensino de Ciências	30
3.2 Atividade prática, atividade experimental e experimento	34
3.3 Atividades práticas e o Ensino de Ciências: investigação, uso de laboratório e experimentos	36
4 CAMINHO METODOLÓGICO	42
4.1 Questões e hipóteses	42
4.2 Seleção dos participantes	43
4.3 Instrumentos	44
4.4 Procedimentos	47
4.5 Local da pesquisa	49
4.6 Análise dos dados	49
5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	50
5.1 Apresentação dos dados	50
5.2 Discussão dos resultados: comparando as atividades	55
5.3 Identificando a influência das situações pedagógicas na evocação do	62

conteúdo

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
7 REFERÊNCIAS	68
8 ANEXOS	72

INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores desafios da educação brasileira é promover uma educação para todos. Assim, cabe ao docente buscar alternativas para oportunizar a aprendizagem para os diferentes tipos de sujeitos, que leve em consideração não somente a sua intelectualidade, mas que também tome como referência seu aspecto sensorial e emocional. Isso implica lançar mão de novas estratégias pedagógicas, em prol de atender as distintas formas de aprender, sendo essencial adotar novos olhares para aprimorar o conceito de aprendizagem.

Partindo do acima exposto, sob a ótica da neurociência, aprender envolve lidar com informações que chegam pelos nossos sentidos e são enviadas para o córtex para que sejam processadas e armazenadas, o que resulta em alterações nas redes neurais. Percepção, atenção e conteúdo emocional no momento da aquisição da nova informação, interferem significativamente na qualidade da aprendizagem. O grau dessas alterações pode ser influenciado também por outros fatores, como por exemplo, o interesse do indivíduo, a motivação, a relação da informação com sua realidade e com experiências anteriores.

Nesse contexto, as atividades práticas, que tem o papel de enriquecer conteúdos e promover a relação entre conhecimento científico e cotidiano, destacam-se também pela propriedade de serem multisensoriais, ou seja, envolvem dois ou mais sentidos. Assim, emergem como uma estratégia de ensino com potencialidade para agregar maior número de indivíduos dentro de um mesmo contexto educativo, uma vez que esse tipo de aula possibilita que os alunos utilizem mais de uma via sensorial para a entrada da informação. Dessa forma, aumentam as chances dessa informação ser retida e permite que cada aluno aprenda a sua maneira, adaptando a situação de aprendizagem ao seu estilo cognitivo.

No que se refere ao Ensino de Ciências, apesar de ainda haver certa discussão acerca do tipo de experimentação melhor oportuniza a aprendizagem, essa prática é apontada como essencial por muitos autores dessa área de ensino (LABURÚ *et al*, 2011; WARD,2010; POZO; LEITE,2002; ROSITO,2000; CRESPO,2009;). Essa visão pode ser ampliada quando agregados conhecimentos neurocientíficos, já que o avanço tecnológico e as descobertas da biologia molecular tem propiciado o progresso no entendimento do cérebro, possibilitando melhor compreender os processos que envolvem a aprendizagem.

Adotando essa linha de pensamento, como acadêmica do curso de Ciências Biológicas licenciatura, da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, durante a

graduação, realizei trabalhos científicos que tinham como foco os processos de aprendizagem, constituindo uma imersão teórica fundamentada na interlocução entre neurociência e educação. Desse modo, instigada pelas diversas leituras do campo da educação em ciências, que apontam as atividades práticas como essenciais para o ensino de ciências e a experimentação como elemento motivador, na busca de compreender de que forma esse recurso realmente colabora para a aprendizagem, realizei no meu trabalho de conclusão de curso um estudo que objetivou investigar a contribuição das aulas práticas para a aprendizagem dos licenciados do curso de Ciências Biológicas da FURG.

Com a crescente imersão no campo da neurociência, os questionamentos se ampliaram, gerando um movimento de inserção no Programa de Pós Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, norteadas pelos seguintes questionamentos: *como as atividades práticas que envolvem experimentos interferem na atividade cerebral? Será que quanto mais multissensorial for a atividade prática, mais fácil será a aquisição e a recordação do conteúdo explorado? A ativação de maior número de áreas cerebrais implica em melhor aprendizagem?*

Assim, embasada nos questionamentos que se revelaram à medida que fazia essa movimentação entre os dois campos do conhecimento, neurociência e educação, a pesquisa aqui apresentada resulta de uma preocupação contínua de compreender porque na Educação em Ciências algumas metodologias são apontadas como mais eficientes do que outras para concretizar a aprendizagem por parte do aluno. O presente trabalho tem como escopo analisar a influência da realização de experimentos na aprendizagem, tomando como referência aspectos neurobiológicos.

Nesse cenário justifica-se o presente estudo investigativo, o qual toma como base teórica os conhecimentos neurocientíficos e estudos na área da educação em ciências. A fim de atingir esse objetivo, foi necessário:

- Identificar a atividade cerebral dos sujeitos¹ diante de uma situação pedagógica² fundamentada na demonstração de um experimento realizado pelo pesquisador.

¹ Adota-se aqui o termo *sujeito* por se adequar melhor ao tipo de pesquisa, uma vez que o ambiente em que ocorreu é distinto da complexidade de um ambiente de sala de aula, não cabendo denominar os colaboradores de alunos.

² A situação, apesar de não ocorrer em espaço escolar comum à educação formal dos sujeitos, isto é, num ambiente de sala de aula de ciências, foi considerada pedagógica devido a intenção de ensinar alguma coisa.

- Identificar a atividade cerebral dos sujeitos diante de uma situação pedagógica envolvendo a realização de um experimento pelos próprios sujeitos.
- Identificar a atividade cerebral dos sujeitos diante da demonstração de um experimento já visualizado e já realizado anteriormente por eles mesmos.
- Comparar a influência das situações de aprendizagens na ativação do cérebro.
- Comparar o desempenho cognitivo e a percepção sensorial após atividade de observação e de realização de um experimento
- Analisar as causas de possíveis diferenças nos resultados nas diferentes situações pedagógicas adotadas.

A fim de situar o leitor sobre a estrutura geral deste trabalho e facilitar a compreensão do mesmo, é apresentada a forma como está organizada a dissertação.

No que se refere a base teórica do estudo, esta é dividida em duas partes. Na primeira parte são tecidas algumas considerações fundamentais sobre a estrutura e o funcionamento do cérebro humano, bem como os conceitos de aprendizagem e memória segundo a ótica da neurociência. A seguir, na segunda parte, referente à Educação em Ciências, são esclarecidos alguns conceitos e evidencia-se a importância da articulação entre a educação e os conhecimentos neurocientíficos, os quais podem contribuir para aprimorar a ação docente e a aprendizagem através da experimentação.

Dando continuidade, no quarto capítulo é apresentada a metodologia e os recursos que subsidiaram a pesquisa. Os resultados e discussões são apresentados na quinta parte.

Concluindo, nas considerações finais, são apontadas as contribuições teóricas e os ganhos acadêmicos advindos da realização desse trabalho, as sugestões emergentes para qualificar o ensino de ciências, bem como as limitações encontradas no decorrer do estudo e as perspectivas futuras de dar continuidade e aprofundar pesquisa nessa linha.

2 ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA NERVOSO

O controle da maior parte das funções do corpo humano, incluindo o comportamento e a atividade psíquica, é regulado pela ação conjunta dos sistemas nervoso e endócrino. Assim, Gazzaniga e Heatherton (2007, p. 9) definem o sistema nervoso como “uma rede de comunicação que serve como fundamento de toda atividade psicológica”, uma vez que tem propriedade de receber e avaliar informações provenientes do mundo externo e depois produzir comportamento ou realizar ajustes corporais para se adaptar ao ambiente.

O sistema nervoso divide-se em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). O SNC é constituído pelo encéfalo (cérebro + cerebelo + tronco encefálico) e a medula espinal. Importa salientar que o termo “cérebro” vem sendo utilizado quase como um “logo” para representar o sistema nervoso, como *brain* na língua inglesa. No entanto, ele é apenas um órgão desse sistema. O SNP é formado por neurônios sensoriais, os quais enviam informações do ambiente externo e interno ao SNC, e motores, os quais enviam comandos do SNC aos músculos (esqueléticos, lisos, cardíaco) e glândulas exócrinas e endócrinas. Também é importante lembrar que terminações dos neurônios sensoriais e corpos celulares de neurônios motores, cujos prolongamentos formam nervos do SN Periférico, estão no SNC.

Para que possamos entender como ocorrem os processos cognitivos é importante ter conhecimento básico de algumas estruturas fundamentais para o funcionamento do sistema nervoso.

2.1 Unidade básica do sistema nervoso: Neurônio

Os neurônios (**Figura 1**) são as unidades básicas do sistema nervoso e se diferenciam de outras células do corpo humano por duas importantes características: as informações que recebem podem ser transmitidas para outros neurônios e tecidos, incluindo músculos e vasos sanguíneos; e funcionam em circuitos, que conduzem de forma rápida e eficiente as informações. Os neurônios são células excitáveis especializadas em comunicação, que tem capacidade de gerar sinais elétricos, os quais funcionam com unidades de informação. Podem ainda transmitir informação, por meio de sinais elétricos que percorrem a sua extensão, e sinais químicos, pelos quais se comunicam com outros neurônios. Os impulsos elétricos produzidos pelos neurônios “[...] contêm e processam informações a respeito do ambiente externo ou interno, comandos para ação muscular ou a ativação de glândulas e complexos

códigos que veiculam pensamentos, memórias, emoções, etc.” (LENT, 2004, p. 67). Comunicam-se de forma seletiva, e não aleatória, com outros neurônios, de modo a formar circuitos ou redes neurais. A maturação e a experiência são responsáveis pelo desenvolvimento dessas redes, formando alianças estáveis entre grupos de neurônios. (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007)

Quanto à estrutura (**Figura 1**), o neurônio é uma célula especializada que possui três regiões básicas: corpo celular ou soma, dendritos e axônio tendo como porção final os botões terminais. A função de detectar sinais químicos dos neurônios vizinhos fica a cargo dos dendritos, que são formados por curtas extensões em formato de árvore, o que aumenta a superfície e o campo de recepção da célula nervosa. Alguns tipos de neurônios possuem a área receptiva ainda mais ampliada pelas muitas espinhas que existem nos seus ramos dendríticos. Essas espinhas são pequenas projeções (saliências) com uma esfera pequena na extremidade, sobre as quais se formam contatos sinápticos (sinapses). O corpo celular é responsável por coletar e integrar a informação proveniente de outros neurônios. As informações que foram integradas no corpo celular, se forem originadas em sinapses excitatórias pela somação temporal e espacial, são conduzidas ao longo do axônio, na direção de sua extremidade, onde estão localizados os botões terminais. Os botões terminais recebem os impulsos elétricos e liberam sinais químicos para o pequeno espaço que existe entre dois neurônios, chamado fenda sináptica (LENT, 2004; GAZZANIGA, 2007).

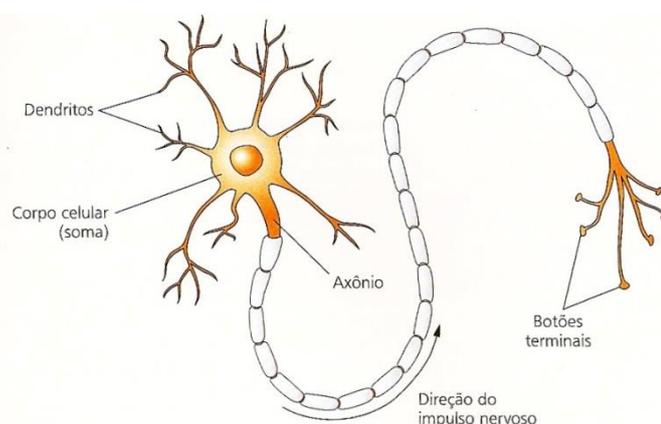


Figura 1 - regiões básicas do neurônio e direção do impulso nervoso - os dendritos recebem as informações, que são processadas no corpo celular, transmitidas ao longo do axônio e enviadas para outros neurônios através das substâncias liberadas pelos botões terminais.

Fonte: Gazzaniga e Heatherton (2007, p. 95)

Assim, os neurônios tem função de recepção, condução e transmissão, pois recebem informação de neurônios vizinhos, integram e conduzem os sinais e posteriormente transmitem esses sinais para outros neurônios. Os sinais do sistema nervoso são processados através das sinapses (**Figura 2**), que é uma zona microscópica de contato através da qual se dá a transmissão de mensagem entre um neurônio e outra célula. Os neurônios se comunicam eletroquimicamente, passando mensagens do axônio de um neurônio (chamado de pré-sináptico) para os dendritos de outro neurônio (pós-sináptico), sendo essa a direção da transmissão nervosa. As mensagens podem ser modificadas no processo de transmissão de uma célula à outra, caracterizando justamente esse ponto, a grande flexibilidade funcional do sistema nervoso (LENT, 2004).

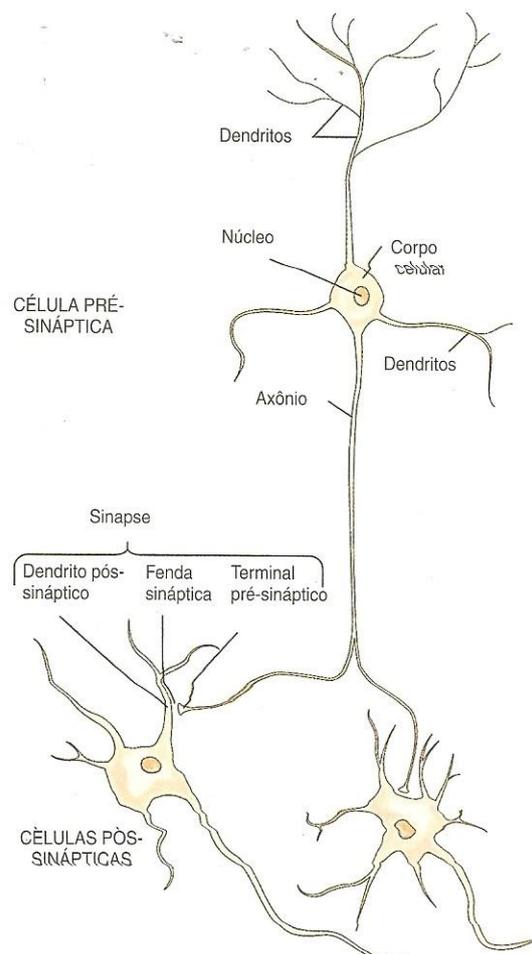


Figura 2 - Sinapse: comunicação entre os neurônios.
Fonte: Squire e Kandel (2003, p. 44).

Uma capa espiral de natureza lipídica, denominada bainha de mielina, envolve o axônio de alguns neurônios em curtos segmentos. Nem todos os neurônios são revestidos por essa substância gordurosa. Constituída por células da glia, a bainha de mielina tem

propriedades isolantes: serve como um revestimento que isola seções do axônio facilitando a propagação dos impulsos elétricos. Os intervalos entre as bainhas de mielina, ou seja, as pequenas partes de axônio que ficam expostas são chamadas nodos de Ranvier. Assim, rapidamente e de nodo a nodo, se dá a transmissão dos sinais elétricos, que avançam pelo axônio aos saltos, caracterizando uma condução saltatória dos sinais elétricos.

Os neurônios podem ser classificados como sensoriais, motores e interneurônios. Os neurônios sensoriais, também chamados de aferentes, interpretam estímulos físicos (ondas sonoras, fótons, pressão, agentes químicos e estímulos espaciais) do meio externo e os traduzem em sinais eletroquímicos/impulsos neuronais para o cérebro, geralmente pela medula espinal. Os neurônios motores executam os comandos dos neurônios sensoriais, interneurônios ou dos neurônios localizados na interface entre glândulas, músculos e vasos sanguíneos. Assim, recebem sinais do cérebro para o corpo - por isso chamados de eferentes - e dirigem os músculos para contrair ou relaxar, produzindo movimento. Os interneurônios se comunicam dentro de pequenos circuitos, ou seja, integram a atividade neuronal dentro de uma única área, em vez de transmitir a informação para outra parte do corpo, são responsáveis por associar as atividades sensorial e motora no sistema nervoso central (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007; LAMBERT; KINSLEY, 2006).

Até mesmo a mais simples ação do ser humano exige a ação simultânea de diversos e diferentes tipos de neurônios. Conforme salientam Gazzaniga e Heatherton (2007, p. 96):

Redes complexas de milhares de neurônios, enviando e recebendo sinais, são a base funcional de toda atividade psicológica. Embora as ações de simples neurônios sejam simples de descrever, a complexidade humana é resultado de bilhões de neurônios, cada um fazendo contato com dezenas de milhares de outros neurônios.

2.2 Anatomia cerebral

Anatomicamente, o cérebro humano está dividido em dois hemisférios, direito e esquerdo, os quais estão conectados através de um feixe maciço de milhões de axônios. Tal estrutura, denominada corpo caloso, é o responsável por transmitir informações entre os dois hemisférios do cérebro.

A camada mais externa dos hemisférios cerebrais é o córtex cerebral, cada hemisfério tem quatro lobos: occipital, parietal, temporal e frontal (**Figura 3**). Segundo Brandão (2004, p.

97) “[...] a aprendizagem e memória recrutam processos neurais em múltiplas regiões do cérebro, mas que certas estruturas estão mais envolvidas que outras. Os sítios cerebrais que são ativados dependem sobremaneira, do que efetivamente está sendo aprendido.” Dessa forma, múltiplas regiões do cérebro, atuando de forma interconectadas, são responsáveis pelo armazenamento da memória. Cada região do encéfalo possui função especializada, sendo que cada uma dessas regiões contribui de maneira diferente para armazenar as memórias (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007).

Assim, cada lobo apresenta maior ativação conforme a tarefa que estiver sendo realizada. O lobo occipital é praticamente exclusivo do sentido da visão, o parietal envolve a área da somestesia (tato, nocicepção, termocépção e propriocepção), os lobos temporais ao sentido da audição e os lobos frontais são essenciais para planejamento e movimento. Vale lembrar que apesar de haver certa localização para o processamento da informação que chega pelos sentidos, “os traços de memória para diferentes tipos de aprendizagem não estão localizados em uma única estrutura cerebral, mas distribuídos em diferentes partes do SNC” (BRANDÃO, 2004, p. 110).

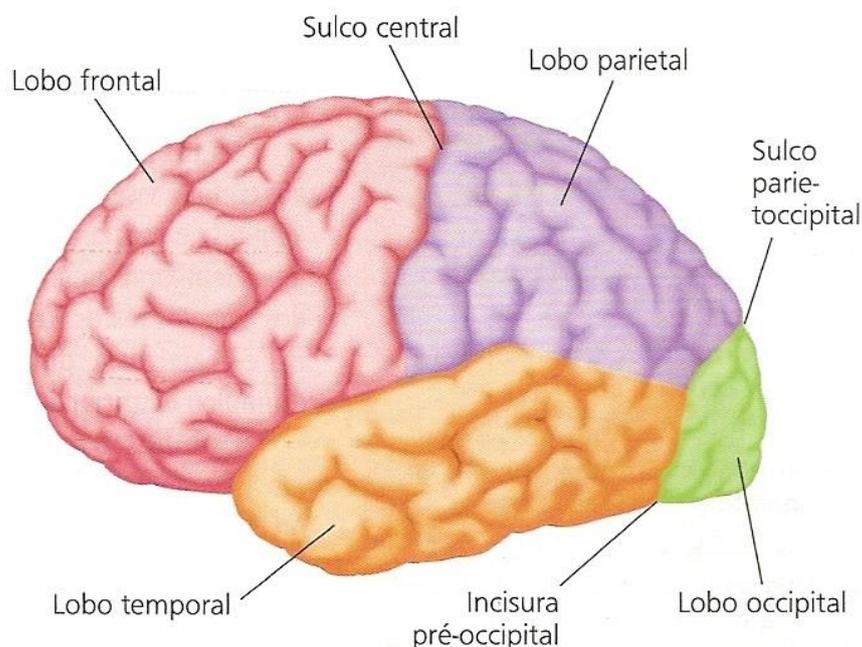


Figura 3 - Os lobos dos hemisférios cerebrais.
Fonte: Gazzaniga e Heatherton (2007, p. 133).

2.3 Estruturas

O processo de memória pode ter origem a partir de um estímulo do meio ambiente. A memória sensorial tem a função de conduzir a informação que entra no cérebro pelos receptores sensoriais e manter essa informação durante uma fração de segundo, até que seja tomada uma decisão sobre o que fazer com ela. Estruturas como tálamo, amígdala e hipocampo (**Figura 4**) tem papel fundamental no processamento de informações, sem que tenhamos percepção consciente desses eventos (WOLF, 2004).

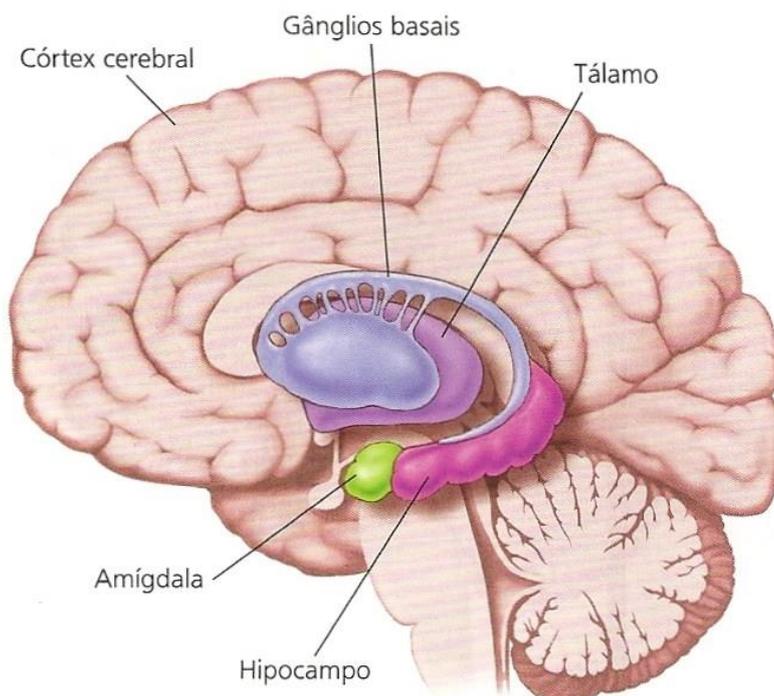


Figura 4 - Tálamo, amígdala e hipocampo - estruturas fundamentais no processamento da informação.
Fonte: Gazzaniga e Heatherton, (2007, p. 132).

2.3.1 Tálamo e hipotálamo

O sistema nervoso recebe as informações do ambiente externo através dos órgãos dos sentidos e envia para o tálamo (**Figura 4**), que organiza esses sinais e envia para locais específicos do córtex cerebral para que essas informações sejam processadas. O sistema olfativo é uma exceção, pois envia os estímulos captados diretamente para o córtex, sem passar pelo tálamo.

O hipotálamo é a estrutura que, além de receber constantemente informações sobre o estado funcional do corpo, também é responsável por regular todos os sistemas que podem modificar o funcionamento corporal, inclusive através do comportamento.

2.3.2 Amígdala

Outra estrutura de grande importância no cérebro é a amígdala (**Figura 4**). Localizada próximo ao tálamo, possui o formato de uma amêndoa e é fundamental na detecção, ainda que não consciente, do componente emocional das informações, os quais são essenciais para a aprendizagem. A mesma informação (recebida pelos órgãos dos sentidos e enviada do tálamo para o córtex) é enviada do tálamo para a amígdala, para que essa estrutura avalie a relevância emocional de um estímulo.

O papel da amígdala é crucial nas memórias de eventos de alto conteúdo emocional, aversivo ou não. [...] A região da amígdala apresenta, em sujeitos normais, uma hiperativação quando estes são submetidos a textos ou cenas emocionantes ou capazes de produzir um maior grau de alerta. Por último, é conhecido o fato de que efetivamente lembramos melhor das memórias com maior conteúdo emocional [...] (IZQUIERDO, 2011, p. 90)

2.3.3 Hipocampo

A estrutura responsável pela recordação do passado imediato é o hipocampo (**Figura 4**). Além disso, de acordo com Gazzaniga *et al.* (2006) estudos apontam que o hipocampo é o responsável pela consolidação da informação na memória de longa duração, as quais são armazenadas no neocórtex, sendo esse armazenamento influenciado pela emoção e ligações com memórias anteriores.

2.4 Aprendizagem e memória: conceitos

O entendimento da química do cérebro, o mapeamento do genoma humano e o desenvolvimento de diversas técnicas de captação de imagens do cérebro em funcionamento, constituem o cenário para grandes mudanças na explicação dos fenômenos psicológicos. Essa importante revolução biológica, que está em progresso na aurora do século XXI, traz consigo algumas das maiores descobertas na ciência psicológica (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007).

Nesse contexto, os achados no campo das neurociências tem contribuído para melhor compreender como o sistema nervoso recebe, processa e armazena as informações. Direcionando essa visão para a educação, podemos evoluir no entendimento de como os indivíduos adquirem conhecimento/aprendem e o porquê das diferenças cognitivas entre os sujeitos.

Ainda no campo educacional, conforme destaca Wolf (2004), a memorização de informações geralmente é vista como uma prática medíocre. Entretanto, cabe ressaltar que a nossa capacidade de adquirir e armazenar informação nova é o que nos torna únicos e determina aquilo que somos. A memória é essencial para sobrevivência, é o que nos permite aprender por experiência.

Dessa forma, os conceitos de aprendizagem e memória estão fortemente relacionados, uma vez que conforme a neurociência cognitiva, a memória é o substrato orgânico para que ocorra a aprendizagem. Memorizar não é o mesmo que aprender, mas para que ocorra aprendizagem, é preciso que as informações fiquem armazenadas na nossa memória, ou seja, no nosso córtex cerebral. Segundo Izquierdo (2011, p. 14) “A memória é o processo pelo qual aquilo que é aprendido persiste ao longo do tempo”.

Os principais estágios da aprendizagem e da memória, de acordo com Gazzaniga *et al.* (2006), são a codificação, o armazenamento e a evocação. O processamento da nova informação, que corresponde à codificação, envolve duas fases: aquisição, que é o registro das informações, e consolidação, que cria a representação da informação através do tempo, as quais são gravadas em arquivos de longa duração, durante período que pode variar entre dias e/ou anos. O armazenamento, que se refere à criação e manutenção do registro permanente, é o resultado da aquisição e da consolidação. O resgate da informação para gerar comportamentos diz respeito à evocação.

Para Kolb e Whishaw (2002), o aprendizado é resultado de uma experiência que por consequência reflete uma alteração relativamente permanente no comportamento dos organismos. Através da memória, as representações mentais dessas experiências são resgatadas, uma vez que a memória está relacionada com a habilidade de recordar ou reconhecer experiências anteriores, caracterizando um *traço de memória*.

Nessa perspectiva, aprendizagem e memória, a partir de Mora (2004, p.94) são, portanto:

[...] processos que modificam o cérebro e a conduta do ser vivo que os experimentam. Assim, a aprendizagem é o processo em virtude do qual se associam coisas ou eventos no mundo e em virtude da qual adquirimos novos conhecimentos. Já a memória é o processo pelo qual conservamos esses conhecimentos ao longo do tempo.

Sobre a relação entre redes neurais e memória, Wolfe (2004, p.75) lembra que:

Muitos neurocientistas concordam que esta é provavelmente a base fisiológica para a memória: a experiência muda a maneira como as conexões sinápticas são feitas e aumenta a probabilidade de que a estimulação aconteça numa associação previsível com outros neurônios.

Nesse contexto, Izquierdo destaca que existe consenso entre os pesquisadores da área, de que as memórias são armazenadas através de modificações, da forma e da função das sinapses das redes neurais de cada memória.

Chegando a esse ponto, Brandão (2004) salienta que os mecanismos cerebrais da memória e aprendizagem estão também associados aos processos neuropsicológicos como atenção, percepção, motivação e pensamento, de forma que caso ocorram perturbações em qualquer um deles, a aprendizagem e a memória, tendem a ser indiretamente afetadas.

Além disso, Carvalho (2007), retomando Ratey (2002) e Lent (2001) destaca que pensar, aprender e memorizar são processos biológicos desempenhados pelo cérebro que diferem entre si. A memória consiste no conjunto de processos neurobiológicos e neuropsicológicos que permitem a aprendizagem, sendo caracterizada pelo arquivamento seletivo de informações e pela evocação dessas. As aprendizagens são decisivas para o processamento do pensamento, uma vez que são o reflexo da capacidade de lidar com as informações advindas das áreas associativas. O pensamento, por sua vez é ponto de partida para a orientação do comportamento, pois seu processamento envolve o recebimento, a percepção, a compreensão, o armazenamento, a manipulação, o monitoramento e o controle necessários para responder ao fluxo constante de dados objetivando planejar ações futuras.

2.4.1 Os tipos de memória

Diante da complexidade que envolve os processos de memória, de acordo com o referencial teórico adotado, podemos encontrar certas (pequenas) variações no que se refere à classificação. Todos os autores tratam basicamente dos mesmos mecanismos, havendo essa variação apenas na subdivisão e nomenclatura dos tipos de memória. Entretanto há um consenso, entre os teóricos da neurociência cognitiva, de que cada tipo de memória resulta em diferentes aprendizagens.

Conforme Izquierdo (2011) a memória pode ser classificada sob três aspectos: função, tempo que dura e conteúdo. Quanto à função, essa subdivisão refere-se à memória de trabalho. Em relação ao tempo que duram, as memórias são classificadas em curta e longa duração. O conteúdo dessas memórias pode ser do tipo declarativo ou procedural. Por outro lado, Gazzaniga e Heatherton (2007) adotam o sistema modal de memória, e as classificam de

acordo com a abordagem informacional em três estágios básicos: memória sensorial, memória de curto prazo (na qual está inclusa a memória de trabalho) e memória de longo prazo.

A memória de trabalho serve para manter durante alguns segundos, no máximo poucos minutos, a informação que está sendo processada no momento, ou seja, é o que possibilita dar continuidade aos nossos atos por gerenciar a realidade. Conforme exemplifica Izquierdo (2011, p.25) “Usamos a memória de trabalho quando perguntamos para alguém o número de telefone do dentista: conservamos esse número o tempo suficiente para discá-lo e, uma vez feita a comunicação correspondente, o esquecemos.”

Além de determinar se a informação recebida é nova ou não, e se é importante fazer uma nova memória, a memória de trabalho é responsável também por determinar o contexto em que ocorrem os fatos, acontecimentos ou informações. Diferencia-se das demais memórias porque não deixa traços e não produz arquivos. O breve e fugaz processamento da memória de trabalho parece depender fundamentalmente da atividade elétrica dos neurônios do córtex pré-frontal, não sendo acompanhada por alterações bioquímicas importantes (IZQUIERDO, 2011).

As memórias declarativas são aquelas que registram fatos, eventos, palavras, faces, ou seja, os conhecimentos adquiridos ao longo de uma vida experiências e aprendizado e que podem ser declarados (SQUIRE; KANDEL, 2003). São denominadas episódicas ou autobiográficas aquelas memórias que se referem a eventos que participamos ou assistimos. Por outro lado, as memórias referentes aos conhecimentos gerais são chamadas de memórias semânticas (IZQUIERDO, 2011). Como exemplo de memória episódica, podemos citar a lembrança de nosso aniversário, de um filme, de um rosto ou de um livro que lemos, já a memória semântica, pode ser exemplificada pelo conhecimento que temos sobre ciências. Importa salientar que podemos nos recordar de eventos através dos quais adquirimos memórias semânticas.

Nesse contexto, buscando um elo com a prática em sala de aula, no momento em que o aluno realiza uma atividade na qual ele precisa evocar e declarar conceitos e fatos, requer resgate de memória declarativa semântica. Dependendo da situação pedagógica a qual esse aluno tiver sido exposto no momento de adquirir esses conhecimentos referentes a memória semântica, esse resgate de memória pode ser facilitado, uma vez que atividades práticas podem ampliar a formação de memória episódica, a qual, posteriormente, pode ser mais facilmente trazida a mente por conter mais dicas para evocação.

As memórias procedurais ou de procedimentos são aquelas relacionadas as nossas habilidades motoras e sensoriais, e que frequentemente são denominadas de hábitos, como por exemplo andar de bicicleta, dirigir, nadar. “É difícil ‘declarar’ que possuímos tais memórias; para demonstrar que as temos, devemos de fato andar de bicicleta, nadar, saltar ou soletrar.” (IZQUIERDO, 2011, p.30).

Esses dois tipos de memória, a declarativa e a procedural, podem ser também denominadas explícitas e implícitas (IZQUIERDO, 2011; SQUIRE; KANDEL, 2003). Para Gazzaniga e Heatherton (2007) memória explícita se refere ao processo de memória para lembrar informações específicas, sendo denominada memória declarativa a informação recuperada na memória explícita, ou seja, é o conteúdo da memória, o conhecimento que pode ser declarado. A memória implícita não requer atenção, acontece automaticamente, sem ter a consciência de estar lembrando algo e sem esforço deliberado. A memória de procedimento ou memória motora, que envolve habilidades motoras e hábitos empregados com finalidade de atingir objetivos, é um exemplo de memória implícita.

2.4.2 Atenção, percepção, emoção e construção do conhecimento

A atenção, a percepção e a memória são fatores que estão fortemente relacionados e interferem na qualidade da aquisição do conhecimento ou até mesmo no momento de sua evocação. Direcionando essa visão para a prática em sala de aula, Izquierdo (2011, p. 87) exemplifica:

Um aluno estressado ou pouco alerta não forma corretamente memórias numa sala de aula. Um aluno que é submetido a um nível alto de ansiedade depois de uma aula, pode esquecer aquilo que aprendeu. Um aluno estressado na hora da evocação (numa prova, por exemplo) apresenta dificuldades para evocar (o famoso branco); outro que, pelo contrário, estiver bem alerta, conseguirá recordar muito bem.

Não prestar **atenção** em nada é algo praticamente impossível para o nosso cérebro, que está sempre a rastrear o ambiente e captar os estímulos que estão a nossa volta. Entretanto, não conseguimos prestar atenção em todos os estímulos oferecidos em um só momento, sendo função da memória sensorial filtrar a grande quantidade de informação que entra pelos sentidos.

Assim, o significado e a emoção são dois fatores que influenciam fortemente a capacidade do cérebro inicialmente prestar atenção à informação que chega e, posteriormente,

desta atenção ser mantida. A informação nova faz sentido, ou tem significado, quando esta se ajusta a um padrão neuronal já existente (WOLF, 2004).

Almeida (2010, p. 232) ressalta que:

A capacidade de uma pessoa adquirir e reter espontaneamente informações, bem como de as armazenar, para mais tarde as reconhecer e poder aplicar, constitui a *memória*. O mecanismo de aquisição, codificação, consolidação ou armazenamento e recuperação dessas informações está relacionado com as experiências de vida e envolve também motivação e estados emocionais.[grifo do autor]

A partir do momento em que a informação é recebida pelo receptor sensorial, já começa a ser processada, e conforme viaja até o local de processamento, essa informação é transformada em uma **percepção**, que “refere-se ao significado que atribuímos à informação, quando esta é recebida através dos sentidos.” (WOLF, 2004, p. 78). Assim, a percepção é ponto de partida para memórias e ações, pois de acordo com Lent (2001, p. 557) “[...] é a capacidade de associar as informações sensoriais à memória e à cognição de modo a formar conceitos sobre o mundo, sobre nós mesmos e orientar nosso comportamento”. Pode-se dizer que aquilo que é percebido é moldado de forma ímpar pela mente perceptiva daquele momento, uma vez que depende do engrama do sujeito, ou seja, do conjunto de memórias constituído a partir de suas experiências ao longo da vida. Segundo Wolf (2004, p. 79):

A tarefa de dar significado a estímulos recebidos depende do conhecimento anterior e do que esperamos ver. De certo modo, o cérebro verifica as redes neurais de informação existentes, confirmando também se a informação nova é algo que activa uma rede neuronal previamente armazenada. Esta relação da informação nova com a informação armazenada denomina-se reconhecimento padrão e é um aspecto crucial da atenção.

A mesma experiência pode produzir diferentes memórias, pois se uma coisa é percebida é determinada por muitos fatores, sendo os mais importantes: o número de vezes em que foi repetido, a importância atribuída, o grau em que podemos organizá-lo ao conhecimento que já tínhamos e a facilidade com que podemos relembrar o material após ele nos ter sido apresentado. É claro que nossos interesses e preferências influenciam também o aprendizado intencional (SQUIRE; KANDEL, 2003).

Assim, as aprendizagens derivam de interpretação advindos dos nossos processos perceptuais, originários da articulação entre sentidos e resgate de memórias anteriores. Quanto maior o número de estímulos sensoriais envolvidos, maiores as chances de evocação de informações armazenadas (CARVALHO, 2007). Segundo Markova (2000) é importante salientar que cada um aprende à sua maneira e as pessoas priorizam diferentes modalidades sensoriais para processar a informação.

As **memórias** são moduladas de forma intensa por fatores como o estado de ânimo, as emoções, o nível de alerta, a ansiedade e o estresse. A aquisição e as fases iniciais da consolidação são moduladas praticamente ao mesmo tempo, sendo difícil distinguir uma da outra. Izquierdo (2011) destaca dois aspectos que envolvem a modulação: 1) distingue a carga emocional das memórias, fazendo com que as memórias com maior carga emocional se gravem melhor; 2) acrescenta informação neurohumoral ou hormonal ao conteúdo das memórias, que pode variar de acordo com vários fatores, como a emoção, estados de ânimo, níveis de alerta, ansiedade e estresse. Nesse sentido, Wolf (2004, p.85) lembra que “O cérebro está biologicamente programado para prestar maior atenção à informação que tem conteúdo emocional forte”.

Apesar de as pessoas terem mais facilidade e conseguir evocar com maior riqueza de detalhes aqueles episódios ou fatos carregados de emoção, nem mesmo nessa oportunidade a recordação pode ser considerada perfeita, isto é, até mesmo nas melhores memórias sempre há um grau de extinção (IZQUIERDO, 2011).

3 NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Considerando a função docente, de oportunizar a aprendizagem dos alunos e a necessidade de lidar com diferentes indivíduos em um mesmo contexto educativo, é importante que o professor compreenda os processos cognitivos que envolvem os processos de aprendizagem, a fim de desenvolver suas estratégias de ensino.

Nessa perspectiva, com o avanço tecnológico e as descobertas da biologia molecular, a neurociência, à medida que tem dado atenção às bases neurobiológicas dos processos cognitivos humanos emerge como mais um subsídio para ampliar a compreensão da aprendizagem, não tendo a pretensão de minimizar a importância das contribuições das diversas teorias da aprendizagem já consolidadas.

3.1 A aprendizagem significativa e o ensino de ciências

Em termos de Educação em Ciências, o princípio que norteia a promoção da aprendizagem de conceitos, está embasado na necessidade de conhecer e considerar o conhecimento prévio dos alunos acerca dos fenômenos que vivenciam no seu cotidiano. Perrenoud (2000, p. 28) assevera que a didática das ciências mostrou que não é possível livrar-se tão facilmente das concepções prévias dos alunos, pois:

Elas fazem parte de um sistema de representações que tem sua coerência e suas funções de explicação do mundo [...]. Até mesmo no final dos estudos científicos universitários, retornam ao senso comum quando estão às voltas, fora do contexto das aulas ou do laboratório, com um problema de forças, de calor, de reação química, de respiração ou de contágio.

Partindo do que o aluno já sabe, é necessário ativar os conhecimentos que favorecem uma boa aprendizagem (GARCIA-MILÁ, 2004). Como aponta Borges, quando se deseja a reconstrução do conhecimento em ciências, as informações devem ser apresentadas de forma contextualizada e problematizadora, pois “Um conhecimento só é incorporado quando se encaixa, de modo estável, nas representações que os alunos já possuem ou, então, quando altera essas representações” (2000, p. 222).

Disso resulta a perspectiva de que dialogar com as percepções dos alunos é essencial para o professor que compreende o aprender para além do “memorizar conteúdo”. Aprender requer proximidade entre o conhecimento científico e o conhecimento que o aluno já possui, reconhecendo que esses são provisórios e passíveis de reestruturação.

Por isso, aprender ciências, assim como aprender outros conteúdos, não exige abandonar ou eliminar o conhecimento do senso comum ou do cotidiano. Ao contrário, novos saberes se constroem a partir desse tipo de conhecimento, ampliando-o, complexificando-o, possibilitando o sujeito compreender mais coisas, saber explicar melhor os fenômenos com os quais entra em contato. (MORAES, 2008, p. 27-28)

Ausubel em sua “teoria da aprendizagem significativa” busca explicar a aprendizagem escolar e o ensino sob uma perspectiva cognitiva, entendendo a aprendizagem como um processo de modificação do conhecimento. Dessa forma, reconhece a importância dos processos mentais no desenvolvimento da aprendizagem. Conforme o pensamento de Ausubel, os indivíduos possuem uma organização cognitiva interna, tendo como base os conhecimentos conceituais. A complexidade cognitiva se dá à medida que se estabelecem relações entre esses conceitos (SALVADOR e cols, 2000).

Segundo ainda a teoria de Ausubel, para que haja aprendizagem significativa é fundamental que o indivíduo tenha conhecimento prévio sobre o assunto, caso contrário, ocorre a aprendizagem mecânica, a qual não mobiliza a estrutura cognitiva e nem o conhecimento prévio do sujeito. Assim, a aprendizagem significativa precisa de um ponto de ancoragem, que é o conhecimento prévio sobre o tema. Caso o sujeito não tenha esse ponto de ancoragem, começa com a aprendizagem mecânica, e, posteriormente, passa a significar esse conhecimento mecânico.

Conforme Ausubel, a aprendizagem escolar é originada em duas diferentes dimensões, a primeira se refere à forma como se organiza o processo de aprendizagem, ou seja, como o aluno recebe os conteúdos que deve aprender. Assim, pode ser aprendizagem por descoberta, aproximando mais da ação do aluno em “descobrir” ou receptiva, na qual está os conteúdos são dados prontos. A segunda dimensão remete ao tipo de processos que intervêm na aprendizagem, que pode ser aprendizagem significativa ou mecânica. Nesse contexto, a aprendizagem surge a partir da relação entre o novo material e os conceitos já presentes na estrutura cognitiva do sujeito, indo em direção à aprendizagem significativa quanto mais esse

novo material estiver relacionado com algum aspecto da estrutura cognitiva prévia relevante para o sujeito (SALVADOR e cols, 2000).

O conteúdo desses conhecimentos prévios é que, de diferentes modos, vai interpelar o saber codificado proposto pelo professor na relação didática. Conhecimentos prévios são aqueles anteriores ao ensino acerca de um saber. Os conhecimentos do aluno estão numa estrutura dinâmica, prontos a serem modificados, a serem adaptados, a serem integradas novas informações (JONNAERT; BORGHT, 2002, p.103).

É justamente essa visão que torna possível defender o valor das aulas práticas através de uma aproximação da neurociência com os pressupostos de Ausubel. Como já foi mencionado anteriormente, o cérebro humano armazena informações na forma de redes neurais, distribuídas em diferentes regiões do cérebro. A interação e as diferentes combinações possíveis dos cinco sentidos (audição, visão, tato, olfato e paladar) durante uma aula prática de caráter experimental, por exemplo, corresponde a uma aprendizagem mais complexa, uma vez que possibilita estimular diferentes áreas do cérebro para o processamento das informações. Como consequência, para Curran e Schacter (1997), citados por Eysenck e Keane (2007, p. 253), essa integração maciça de informação pode influenciar positivamente o recordação de experiências anteriores e a aproximação entre essas, o que sustenta a possibilidade de atividades práticas gerarem uma aprendizagem significativa.

Nesse caso, as atividades planejadas conforme o conhecimento prévio do aluno, tem a possibilidade de favorecer a evocação de um dado conteúdo, pois fornece elementos que podem servir para reconstruir uma cena, um contexto. Quando se experiencia algo novo, o cérebro “procura” uma rede existente, a qual a nova informação se ajustará. Em situações de aprendizagem em que os alunos lidam com conteúdos de maneira que possam estabelecer uma relação com as experiências e conhecimentos que já possui, as redes neuronais são reconfiguradas, ampliadas e fortalecidas. A aprendizagem que permite o aluno ligar nova informação às experiências não só aumenta a complexidade das conexões neuronais, mas também o potencial de retenção da informação. Quando dois ou mais neurônios são ativos ao mesmo tempo, eles ficam mais sensíveis, ou seja, mais aptos a se ativarem outra vez. Quanto mais vezes o padrão neuronal for ativado, mais eficiente se torna a sinapse (WOLF, 2004).

Cabe também destacar, que o significado e a emoção são dois fatores que influenciam fortemente a capacidade do cérebro inicialmente prestar atenção à informação que chega e, posteriormente, desta atenção ser mantida. A informação nova faz sentido, ou tem significado, quando esta se ajusta a um padrão neuronal já existente. Carvalho (2010), embasada em

Posner e Raichle (2001), lembra que o sistema límbico (tálamo, amígdala, hipotálamo e hipocampo) avalia as informações, decidindo que estímulos devem ser mantidos ou descartados, sendo a retenção da informação no cérebro dependente da intensidade da impressão provocada nele. Ao passar pelo córtex cerebral, experiência é comparada a memória preexistente. Quando percebida alguma ligação, são liberadas substâncias neurotransmissoras - como a acetilcolina e a dopamina - que aumentam a concentração e geram satisfação.

A percepção é o significado que atribuímos à informação. É influenciada pelos nossos conhecimentos prévios, ou seja, o cérebro interpreta as informações advindas dos sentidos, com base naquilo que ele conhece. Além disso, Squire e Kandel (2003) salientam que alguns fatores determinam se aquilo que é percebido será ou não lembrado depois: a importância que atribuímos ao fato, o grau em que podemos organizar e relacionar com o conhecimento que tínhamos e a facilidade com que podemos relembrar o material.

Retomando aqui as ideias de Ausubel, a chave da aprendizagem significativa emerge na medida em que produz uma interação entre os novos conteúdos com conhecimentos que o aluno já possui, as relações entre determinados conceitos e princípios apresentados com um conceito ou uma proposição que já seja significativa para ele. A maneira como for apresentado o material, pode facilitar a articulação entre o conteúdo novo com a estrutura cognitiva do sujeito, otimizando sua incorporação com o novo conhecimento. Quando os alunos se esforçam para estabelecer relação entre ambos, a aprendizagem será mais significativa. Assim, dada a distinção entre seus conhecimentos prévios, cada estudante produzirá um encaixe particular para transformar o material em significado psicológico, transformando ambos, conhecimento prévio e o novo material em processo de aprendizagem (MARTÍN; SOLÉ, 2004).

E é justamente essa a ancoragem exigida para o ensino das ciências:

A construção de conhecimento científico implica a implementação de uma série de processos que desenvolvem determinadas atitudes, **ativam conhecimentos prévios** e originam determinadas estratégias que operam sobre o conhecimento e ajudam a solucionar problemas. Tais aspectos da ciência são necessários para construir eficazmente o conhecimento científico (GARCIA-MILÁ, 2004, p. 356)[grifo nosso]

Dessa forma, é fundamental que as situações de ensino estimulem individualmente os alunos, utilizando metodologias que permitam que cada um aprenda da maneira que é melhor para ele, possibilitando que os alunos construam aprendizagens significativas. O professor,

além de ter o domínio dos conteúdos de natureza conceitual, precisa organizar suas aulas de modo que auxilie o aluno a assimilar o conhecimento científico de forma que gere esse tipo de e atividades práticas guardam um grande potencial para atingir tal objetivo.

3.2 Atividade prática, atividade experimental e experimento: conceitos diversos

Os termos atividade prática, atividade laboratorial, atividade experimental e investigação são frequentemente usados com o mesmo significado por alguns professores de ciências e manuais escolares. Entretanto, ainda que estejam relacionados com trabalho prático, esses termos correspondem a conceitos diferentes. É conveniente esclarecer essa distinção entre os conceitos, uma vez que pode subsidiar a utilização das atividades laboratoriais na educação em ciências (LEITE, 2002). Assim, busca-se nesse primeiro momento contextualizar o significado atribuído a cada um dos termos.

Historicamente falando, a aula prática tem início no século passado, a partir de trabalhos experimentais feitos em laboratórios pelos cientistas. Mesmo com o passar de anos, o laboratório de ciências e a utilização desse pelo professor agregam qualidade para a instituição que o possui, da mesma forma que o professor que utiliza esse laboratório para o desenvolvimento de atividades práticas com os alunos, tem o seu trabalho reconhecido e valorizado pelos demais. Isso confirma a ideia de que existe uma real expectativa por parte dos professores e alunos em torno da aula prática, pois acreditam que seja um objeto estimulador e envolvente de ensino, que motiva a participação dos alunos, tendo como consequência a facilidade no aprendizado (GALIAZZI, 2000).

A literatura na área do ensino de ciências traz várias nomenclaturas para diferenciar os tipos de atividades práticas. Em geral, a **atividade prática** pode ser concebida como atividade em que o aluno está envolvido de forma ativa (HODSON, 1988, *apud* LEITE, 2002). Conforme Rosito (2008, p. 196), retomando Hodson (1996) atividade prática é:

Qualquer trabalho em que os alunos estejam ativos e não passivos. Atividades interativas baseadas no uso do computador, análise e interpretação de dados apresentados, resolução de problemas, elaboração de modelos, interpretação de gráficos, pesquisas bibliográficas e entrevistas, são alguns exemplos nos quais os alunos se envolvem ativamente.

Para Leite (2002), as **atividades laboratoriais**, que constituem o trabalho laboratorial, são um dos tipos mais frequentes de atividades práticas. Requerem a utilização de materiais de laboratório, pois visam reproduzir um fenômeno ou analisar parte do mundo natural a ser estudado. Porém, podem ser realizadas tanto em laboratório, como em uma sala de aula normal, desde que não ponham em risco os professores e alunos. Vale destacar que apenas uma parte das atividades laboratoriais é do tipo experimental, sendo que o controle e a manipulação de variáveis pode ocorrer também num ambiente multimídia, por exemplo.

A autora ainda caracteriza o termo investigação, apoiando-se em Woolnough e Allsop (1985) e Gott e Duggan (1995), lembra que na educação em ciências a investigação envolve a resolução de problemas, enquanto que conforme Hodson (1988), as atividades experimentais envolvem o controle e a manipulação de variáveis. As **investigações** podem ser realizadas com diversos recursos, como equipamentos de laboratório, de campo, computador, biblioteca, etc. Dessa forma, podem ser caracterizadas por serem do tipo experimental ou não experimental.

A **experimentação**, conforme Japiassú e Marcondes (2001, p. 71), é definida como:

Interrogação metódica dos fenômenos, efetuada através de um conjunto de operações, não somente supondo a repetibilidade dos fenômenos estudados, mas a medida dos diferentes parâmetros: primeiro passado para a matematização da realidade. A experimentação ‘verifica’ uma hipótese oriunda da experiência e chega, eventualmente, a uma lei, dita experimental.
[grifo do autor]

Nesse processo de construção de saberes, é possível entender, a partir de Rosito (2008, p.196), que **experimento** “significa um ensaio científico destinado à verificação de um fenômeno físico. Portanto, experimentar implica pôr à prova; ensaiar; testar algo”.

Dessa forma, após transitar pelo campo conceitual, neste trabalho adota-se a concepção e experimento como sendo um tipo de atividade prática onde ocorre a realização de etapas procedimentais a fim de otimizar o entendimento de determinada teoria científica. O experimento pode ser observado ou realizado pelo próprio sujeito, dependendo do que se quer explorar na atividade, dos riscos oferecidos para os sujeitos envolvidos e do grau de dificuldade da realização do experimento. Já a experimentação, nesse estudo, é entendida como a participação do sujeito na realização de um experimento, na sua exposição à determinada situação que requer habilidade motora e uso dos sentidos para lidar com as informações.

3.3 Atividades práticas e o ensino de ciências: a investigação, o uso de laboratório e os experimentos sob uma perspectiva neurocientífica

Diante da necessidade do professor estimular a inteligência dos alunos, atendendo a heterogeneidade de seus educandos, é fundamental que utilize metodologias que oportunizem que cada um aprenda da sua maneira. Nessa perspectiva, as atividades práticas são apontadas como essenciais para aproximar o aluno do saber científico através da relação entre teoria e prática, tendo como base seus conhecimentos prévios. Dessa forma, não somente despertam mentes curiosas e investigativas, mas também promovem a construção do conhecimento a partir do interesse dos alunos.

Os professores devem criar um mosaico de atividades de ciências, no qual o conhecimento e o entendimento se desenvolvam juntamente com procedimentos, habilidades e postura científica. A educação em ciências deve proporcionar aos estudantes a oportunidade de realizarem atividades que lhes despertem a inquietação diante do desconhecido, e para isso “[...] a diversidade de metodologias parece ser preferível a uma única abordagem” (ROSITO, 2008, p. 197).

Essa percepção implica em pensar as atividades práticas como alternativa profícua para ampliar as situações de aprendizagem de ciências. Entre as principais funções das aulas práticas, aquelas em que ocorrem atividades práticas, Rosito (2008) cita: despertar e manter o interesse dos alunos; envolver os estudantes em investigações científicas; desenvolver a capacidade de resolver problemas; compreender conceitos básicos; e desenvolver habilidades. Essa variedade permite ensinar ciências de modo criativo, possibilitando aos alunos estabelecerem relações entre suas ideias e as evidências científicas de maneira interessante (WARD, 2010).

Tal entendimento acerca das possibilidades da utilização da aula prática se aproxima da visão de Perrenoud (2000), para quem a competência docente requerida na educação contemporânea transpõe o domínio dos conteúdos, pois cabe ao professor promover a construção do conhecimento em situações amplas, aproveitando acontecimentos, partindo dos interesses e do conhecimento prévio dos alunos e favorecendo a apropriação ativa e a transferência de saberes.

Adotando o viés neurocientífico, as atividades práticas como estratégias de ensino privilegiam menos atividades mnemônicas e mais atividades significativas, uma vez que fomenta a motivação, o interesse e a reconstrução do conhecimento através da

multissensorialidade, sendo que podem tocar, sentir, ver, ouvir e/ou cheirar os diversos materiais explorados. Assim, diversas são as táticas de ensino que o professor pode utilizar para propiciar que o aluno participe ativamente das aulas de ciências, como o lúdico, o uso de experimentos, o uso do laboratório, a saída de campo e a investigação.

Tomando como referência as atividades práticas desenvolvidas em **laboratórios**, conforme Gil (2006), essas são uma maneira significativa de atingir diferentes objetivos. O autor ressalta que essas tarefas tem se mostrado estrategicamente adequadas para: encorajar observação e descrição apurada; promover métodos científicos de pensamentos; desenvolver habilidades de manipulação; treinar a solução de problemas; preparar os estudantes para exames práticos; elucidar o aprendizado da teoria; verificar fatos e princípios; desenvolver métodos de investigação; estimular o interesse dos estudantes pela ciência; possibilitar o contato com a aplicação de conhecimentos científicos; estimular a criatividade; favorecer a compreensão e o seguimento de instruções; desenvolver autoconfiança; ampliar habilidades de cooperação e de comunicação; desenvolver atitudes de disciplina; favorecer atitudes críticas; e tornar o ensino mais agradável.

Essa percepção pode ser ampliada quando acrescida dos achados advindos de estudos neurocientíficos, pois, em especial, considerando experimentos “As neurociências constituem um estudo apaixonante e relevante para ser relacionado a situações de sala de aula envolvendo experimentação”. (BORGES, 2007, p.26)

Dentre os **experimentos**, alguns podem ser feitos na sala de aula, desde que não ofereçam riscos aos professores e alunos, outros necessitam de um laboratório. Isso corrobora com o pensamento de Laburù *et al* (2011, p.10): “As atividades experimentais não requerem local específico nem carga horária e, portanto, podem ser realizadas a qualquer momento, tanto na explicação de conceitos, quanto na resolução de problemas, ou mesmo em uma aula exclusiva para a experimentação”.

Numa época em que a tecnologia está em posição de destaque, cabe salientar que, quando se trata de fazer ciência em sala de aula, tanto experimentos realizados pelos aluno quanto demonstrações, podem ter o auxílio de ferramentas tecnológicas. Um exemplo disso são as simulações, as quais podem ser uma forma de realizar o experimento, oferecendo ao aluno a oportunidade de interagir com fenômenos do mundo real sem que sua atuação provoque algum malefício para si ou para os demais colegas que participam da atividade.

Nessa direção, o uso de ferramentas como manequins e softwares permite ao professor explorar com seus alunos conhecimentos de ciências, pois de acordo com Coll, Engel e

Bustos (2010), *softwares* oferecem uma ampla gama de programas que oportunizam construir, examinar e manipular representações visuais, inclusive tridimensionais, tendo como principal característica a interatividade. Essas possibilidades podem ser úteis em diversas situações, inclusive para simular experiências que seriam perigosas em laboratório ou exigiriam tempo e recursos não disponíveis, para simular situações as quais os alunos não teriam facilidade de acesso e para demonstrar e ilustrar fenômenos e processos demorados como, por exemplo, o crescimento de uma planta. (MORAN, 1995).

De acordo com Bizzo (2010), é possível utilizar computadores para simular experimentos, obtendo-se a grande vantagem de evitar expor os alunos a riscos em experimentos perigosos, além de economizar esforços e ampliar possibilidades para lidar com dados cinéticos.

É interessante destacar que essas atividades experimentais podem ser realizadas de duas maneiras: 1) pelo professor para que o aluno observe, ou 2) realizado pelo próprio aluno. Dependendo do objetivo, daquilo que o professor quer que o aluno aprenda, uma parece ser mais adequada do que a outra. Laburú *et al* (2011, p. 15), embasados na visão de Hodson (1993), lembram que :

O debate sobre os méritos das demonstrações dos professores *versus* o trabalho prático individual prolongou-se até o final dos anos 1950 e começo dos anos 1960, quando o trabalho prático foi introduzido primeiramente por sua capacidade de desenvolver habilidades, encorajar observações e estimular contato com o mundo físico.

A partir da **observação**, não só conceitos podem ser revistos ou construídos, mas podem ser também explorados os conteúdos procedimentais, as habilidades e destrezas envolvidas no fazer científico. Para Blackmore e Frith (2005) na educação há claramente competências e necessidades para as quais é essencial a imitação.

Conforme a neurociência, no que diz respeito à observação de atividades motoras, ou seja, apoiadas no desenvolvimento de habilidades motoras, essas levam à construção de um referencial em termos de memória que poderá ser utilizado sempre que a atividade exija determinado domínio procedimental.

Segundo Gazzaniga e Heatherton (2007) aprendemos observando ações dos outros e essa observação pode levar a modelação, isto é, a imitação do comportamento por meio de aprendizagem observacional. Dessa forma, a aprendizagem observacional ocorre quando

comportamentos são adquiridos ou modificados após a exposição a outras pessoas que estão realizando o comportamento. “A imitação - observar como os outros fazem as coisas e depois tentar fazer a mesma coisa sozinho – é uma estratégia de aprendizagem bem estabelecida” (BLACKMORE; FRITH, 2005, p. 230).

Estudos desenvolvidos por Rizzolati *et al* na década de 90 demonstraram que neurônios do córtex pré-motor são ativados quando um macaco observa outro executar uma ação (LENT, 2004; GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007).

Fundamentados em Gallese e Goldman (1998), Gazzaniga e Heartherton (2007), salientam que utilizando imagens de PET de registros elétricos do cérebro foi possível identificar neurônios em espelho semelhantes em humanos. Assim sempre que você observa uma outra pessoa executando uma ação, circuitos neurais similares são ativados no cérebro de ambos. Esses neurônios não só nos ajudariam a nos colocar no lugar dos outros, explicando e predizendo seus comportamentos, mas também é possível que sejam a base neural da aprendizagem de imitação. De acordo com Lent (2001, p.34) “No caso da motricidade, o sistema-espelho tenta comparar uma ação motora do próprio indivíduo com a representação visual ou imaginária dessa mesma ação”.

Desse modo, ao observar os procedimentos adotados pela professora, o aluno tem oportunizada a construção de memórias visuais e auditivas que podem subsidiar futuras ações no campo da experimentação, mas também propiciar a construção de conhecimento. Além disso, Borges (2007, p. 27), apoiado nas considerações de Hanson (1985) acerca o ensino de ciências, destaca que “[...] observação e interpretação são simultâneas, indissociáveis e interdependentes. A interpretação está implícita no ato de observar”. Não há observação neutra e os alunos a fazem sustentados por seus conhecimentos prévios.

No que diz respeito ao ensino de ciências através de aulas práticas, Laburú *et al* (2011, p. 15), fundamentado em Hodson (1993) lembram que “[...] as demonstrações dos professores economizam tempo e requerem menos habilidades especiais”, o que constitui uma vantagem frente ao trabalho prático individual. Entretanto, de acordo com Pozo e Crespo (2009, p. 47) a aquisição de conhecimentos procedimentais é essencial, cabendo ao ensino de ciências “[...] adotar como um de seus objetivos prioritários a prática de ajudar os alunos a aprender a fazer ciência, ou, em outras palavras, ensinar aos alunos procedimentos para a aprendizagem em ciências.” Os autores, como pesquisadores do ensino em ciências, preconizam que como conteúdos de aprendizagem os procedimentos possuem características específicas e que ao serem ensinados ou aprendidos transpõem o tradicional explicar e escuta, sendo adquiridos

mais eficazmente por meio da ação. Essa aquisição gradual os transforma em técnicas que, agregadas de significado, podem ser utilizadas de forma estratégica perante diferentes problemas científicos.

Aqui é possível identificar uma profícua aproximação dos estudos neurocientíficos com as preocupações no campo da educação em ciências, para a qual o conhecimento procedimental tem natureza diferente daquela do conhecimento declarativo ou verbal. Os experimentos que são realizados pelo próprio aluno, permitem uma melhor formação de memórias procedurais, ampliando a gama de memórias formadas a partir de uma aula prática. Quando a situação de ensino explora além do âmbito visual ou auditivo, ou seja, no âmbito cinestésico, possibilita ao aluno compreender o fenômeno através das sensações em seu próprio corpo, tendo potencial para auxiliar na evocação de conceitos, seja pela lembrança dos acontecimentos, das sensações, do eventual cheiro, tato ou imagem mental construída ao vivenciar e experienciar durante a aula.

Assim, o arsenal perceptivo do aluno pode ser ampliado a partir de atividades práticas que tenham exigência operacional. Utilizar os sentidos e até mesmo o próprio corpo como fonte para ampliar percepções e sensações pode ter grande potencial para formação de memórias no processo de construção do conhecimento e aprendizagem do aluno. Apoiando-se nas afirmações da neurociência sobre as vantagens da aprendizagem operacional, segundo Katz cada aprendizado estabelece uma rede diferente de conexões, “[...] quando se aprende um movimento aprende-se o que vem antes e o que vem depois” (2003, p. 272). Nesse contexto, o “fazer” oportuniza ter sensações e percepções que retroalimentam nosso sistema neuronal, sendo uma forma possível de mediar nossas ações subsequentes de forma harmônica e desejada a partir de aptidões perceptivas, motoras e cognitivas.

Contudo, ainda que os alunos estejam dentro de um mesmo contexto, a aula prática será uma experiência única e individual, uma vez que os interesses, preferências e conjunto de memórias de cada sujeito, também influenciam no aprendizado.

Para Moraes (2004) a aprendizagem não se resume ao acúmulo de informações, mas resulta de transformação, de mudanças estruturais oriundas de ações e interações que emergem de perturbações a serem superadas, progredindo mediante fluxos dinâmicos de trocas, análises e sínteses auto-reguladoras cada vez mais complexas no cérebro. O fundamento do entendimento está no conhecimento cotidiano e no conhecimento prévio do sujeito, e interfere na aquisição de novos conhecimentos. Dessa forma, o conhecimento

científico pode promover um aperfeiçoamento gradual do conhecimento cotidiano, caracterizando uma aprendizagem que se estende à vida prática.

A partir do exposto, percebe-se nas atividades práticas uma alternativa para lidar com as especificidades de alunos. A aula sustentada nesse tipo de atividade pode ajudar no processo de interação na tríade professor, conteúdo e aluno, e ser útil para despertar e manter a atenção dos diferentes tipos de alunos.

4 CAMINHO METODOLÓGICO

De acordo com Lankshear e Knobel (2008, p. 14) há dois conceitos fundamentais acerca dos objetivos e propósitos da pesquisa pedagógica:

Um deles diz respeito a melhorar a percepção do papel e da identidade profissional dos professores. O outro é a idéia de que o envolvimento com a pesquisa pedagógica pode contribuir para um ensino e uma aprendizagem de melhor qualidade nas salas de aula.

As pesquisas em educação, independente da metodologia e do referencial adotado, tem como objetivo comum, buscar responder questionamentos relacionados com a questão educacional. Entretanto, apesar dessas pesquisas terem significativa demanda de conhecimento, de investimentos por parte de organizações governamentais e privadas e o envolvimento de pesquisadores, ainda existe certo distanciamento entre os resultados obtidos e a possibilidade de aplicação direta desses achados, nas práticas escolares. Assim, o presente estudo se caracteriza por ser uma pesquisa translacional, a qual objetiva transpor os resultados de pesquisa para possibilidades de realização de ações efetivas dentro da sala de aula.

4.1 Questões e Hipóteses

Retomando aqui os questionamentos que fundamentaram o estudo - *como as atividades práticas que envolvem experimentos interferem a atividade cerebral? Será que quanto mais multissensorial for a atividade prática, mais fácil será a aquisição e a recordação do conteúdo explorado? A ativação de maior número de áreas cerebrais implica em melhor aprendizagem?* - foram levantadas as seguintes hipóteses:

- Existe uma relação entre a forma de realização do experimento e as áreas cerebrais que serão ativadas.
- Existe uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de sentidos envolvidos na realização da atividade do protocolo e as áreas corticais ativadas.
- Atividades pedagógicas de ordem multisensorial oferecem mais dicas de memória, podendo ser um agente potencializador da aprendizagem.

4.2 Seleção dos Participantes (amostra)

A fim de assegurar a necessária homogeneidade do grupo foram controladas as seguintes variáveis: escola, ano escolar, idade, sexo, diagnóstico de transtorno de aprendizagem, teste de Quociente de Inteligência e área de residência.

a. Critérios de Inclusão

A determinação da amostra atendeu os seguintes critérios de inclusão:

- Escola: Colégio Liceu Salesiano Leão XIII;
- Etapa escolar: 8º ano do Ensino Fundamental;
- Idade: 13 anos;
- Sexo: ambos representados;
- Não apresentar diagnóstico de qualquer transtorno de aprendizagem;
- Área de residência: urbana.

b. Critérios de exclusão

- Quociente de Inteligência fora do considerado a média para essa idade

c. Tamanho da amostra

A partir dos critérios de inclusão estabelecidos, a amostra foi intencional e não probabilística. A fim de garantir a homogeneidade do grupo, a pesquisa de campo envolveu coleta de dados obtida junto a 4 colaboradores, todos destes, que atenderam aos critérios de inclusão. O grupo de participantes foi composto por 2 menino e 2 meninas, com idade 13 anos e frequentando o 8º ano do Ensino Fundamental do Colégio Liceu Salesiano Leão XIII.

A escolha da escola se deu pela pesquisadora já estar inserida nesse contexto, onde ministra aulas de Ciências Experimentais para alunos do 4º e 5º ano do Ensino Fundamental.

O fator determinante para escolher a idade dos participantes para compor a amostra da pesquisa advém do fato de que a partir dos 13 anos, em função da maturação cerebral, os adolescentes apresentam melhor percepção espacial, habilidade motora, pensamento abstrato e reflexão sobre seus próprios processos cognitivos. Além disso, crianças dessa idade apresentam maior nível de concentração e flexibilidade cognitiva, essenciais para a execução das tarefas cognitivas envolvidas na coleta de dados, conduzindo a adequação do protocolo de pesquisa.

Posteriormente a realização dos testes referentes a coleta de dados, foi aplicado o teste de Q.I. à todos sujeitos do grupo participante da pesquisa, no intuito de mensurar a aptidão intelectual e a fim de assegurar que os indivíduos estejam dentro de um mesmo nível de capacidade cognitiva. Assim, mediante resultados obtidos no teste de Q.I., foram descartados os dados de 1 sujeito participante dos testes da pesquisa, o qual apresentou Q.I. superior a média, visto que este atendia ao critério de exclusão da amostra (Quociente de Inteligência fora do considerado a média para essa idade), totalizando análise de dados de 3 sujeitos. Convém destacar que a análise do Q.I. foi realizada pós coleta de dados no intuito de manter sigilo acerca do resultado desse teste e evitar qualquer constrangimento entre os colaboradores do estudo.

4.3 Instrumentos

* **Teste individual de Quociente de Inteligência:** para tanto, foi utilizado o instrumento Raven Matrizes Progressivas Escala Geral, 2ª edição, 2001.

* **Hardware Emotiv Epoc (Figura 5):** esse equipamento utilizado na aquisição dos sinais neurais permite, através de uma interface de comunicação sem fio, o registro de ondas cerebrais, o qual ocorre pelo monitoramento de 14 canais. Os terminais de captação seguem o padrão internacional “10-20” de posicionamento, localizados nos seguintes pontos: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4 (Figura 6).



Figura 5 - Emotiv Epoc, permite o monitoramento de 14 canais.

Fonte: SDK User Manual Emotiv.

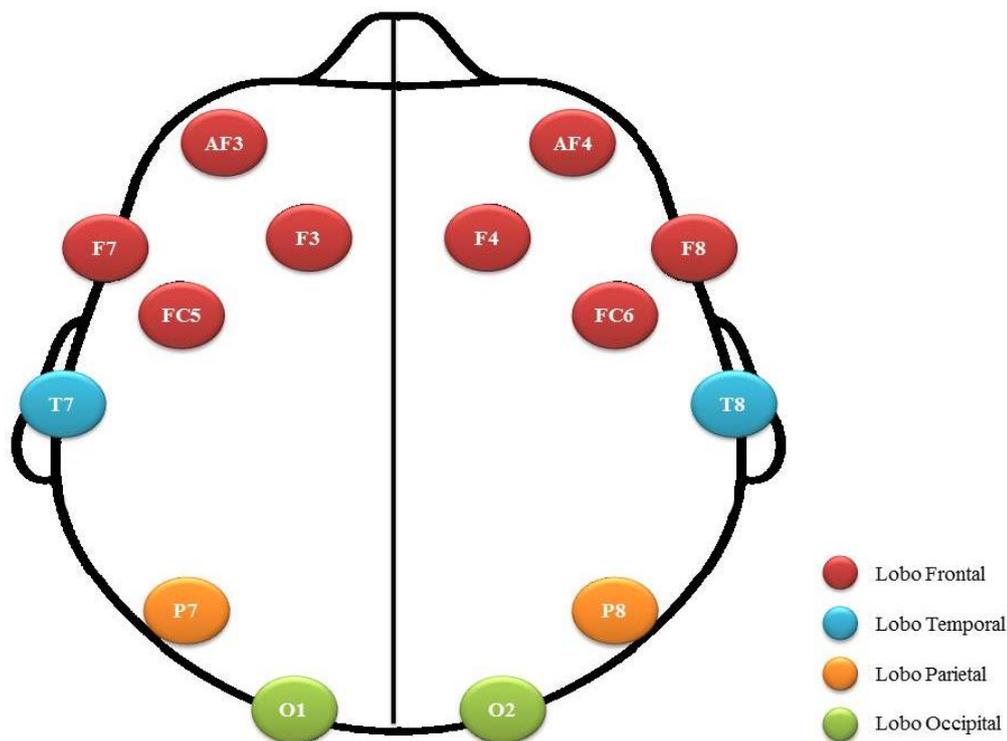


Figura 6 - localização dos eletrodos referentes aos 14 canais do *Epoc* (padrão internacional “10-20”).

Fonte: o autor (2013)

* **Software Emotiv Research Edition:** edição de pesquisa, que inclui o Painel de Controle Emotiv (**Figura 7**).

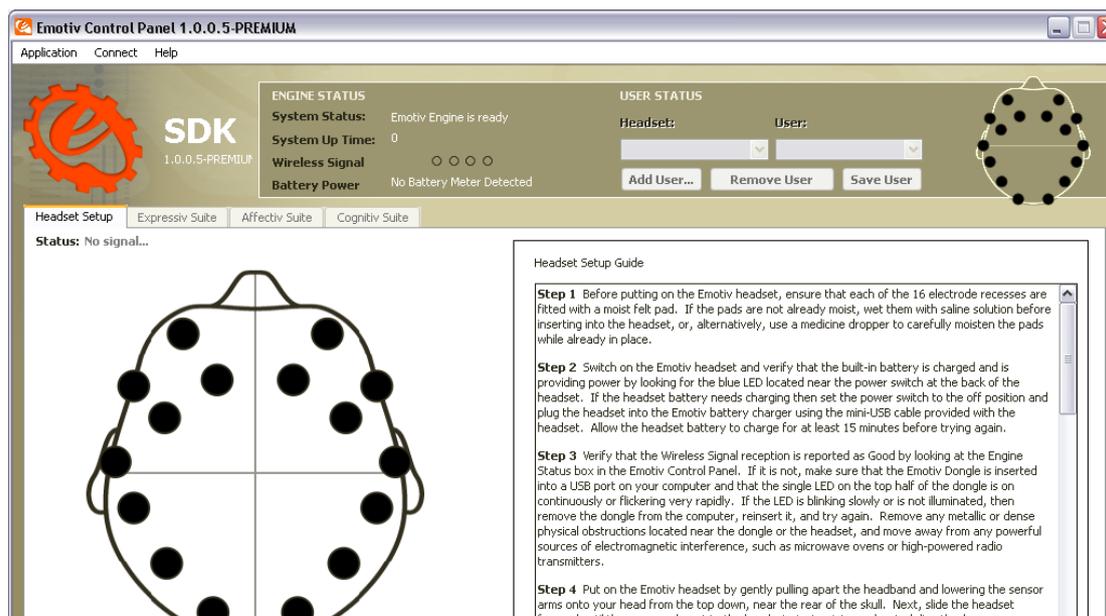


Figura 7 - Painel de controle, mostra a qualidade do sinal do EEG.

Fonte: SDK User Manual Emotiv.

* **Check list (anexo, ficha 1):** como resultado do estudo bibliográfico sobre o tema aprendizagem, sob a visão neurocientífica, foi criado um *check list*, que é um instrumento utilizado com finalidade de listar e analisar os aspectos a serem considerados diante da questão da aprendizagem.

* **Experimento “É sólido ou líquido” (anexo, ficha 2):** foi selecionado esse experimento pois requer materiais e recursos de fácil aquisição, sem riscos à saúde do indivíduo, por não apresentarem toxicidade, e não exige que seja realizado em laboratório, podendo ser feito em sala de aula.

* **Camtasia Studio 8:** é um aplicativo que permite a criação e edição de vídeos a partir da área de trabalho do Windows. Esse programa possibilita a gravação da tela e já faz os ajustes necessários sem precisar recorrer a outros softwares para isso.

* **Filmadora:** conforme Lankshear e Knobel (2008) a partir de registros obtidos em filmagens, com interpretações mediadas pela teoria, é possível determinar valor às imagens, sendo assim, podem ser concebidos como importantes fontes de informação. Assim, entendemos a partir de Loizos (2004, p. 149) que “O vídeo tem uma função óbvia de registros de dados sempre que algum conjunto de ações humanas é complexo e difícil de ser descrito compreensivamente por um único observador”.

* **Teste de evocação de memória de curta e longa duração (anexo, fichas 3, 4 e 5):** levando em consideração que esse tipo de intervenção pode causar expectativas e ansiedades nos participantes envolvidos na pesquisa, destacamos o cuidado em elaborar questões diretas, de modo que se propicie um ambiente de tranquilidade, confiança e credibilidade para os alunos colaboradores do estudo.

* **Teste direto ou explícito de memória do tipo evocação com dica (anexo, ficha 6):** no entendimento de (Anderson, 2011) a evocação com dicas além de fornecer dicas adicionais, frequentemente focaliza itens específicos na memória. Para a recordação com dicas é necessário um contexto como pista, sendo este auxiliado com informações específicas que focalizam a busca. Dessa forma, os testes utilizados para lembrar com dicas são destinados a

reproduzir situações em que estamos lembrando algo específico, seja um item ou uma experiência, em resposta a uma dica.

4.4 Procedimentos (Obtenção de dados)

Primeiramente, os envolvidos no estudo, tanto os responsáveis quanto os adolescentes, foram esclarecidos sobre o objeto da pesquisa, recebendo informações acerca do motivo do trabalho. O convite para a participação deixou explícita a liberdade em relação a participar ou não da pesquisa.

O uso da técnica para captura de imagens foi feito por protocolos elaborados na FURG contou com a colaboração da Professora Doutora Diana Adamatti, do Curso de Engenharia da Computação e da mestranda do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Josimara Silveira. Os dados obtidos foram utilizados perante Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (**Anexo**) assinado pelos pais e/ou responsáveis pelos alunos.

Após uma busca teórica na área do estudo e as etapas acima destacadas, a coleta de dados, ocorreu posteriormente a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa na Área da Saúde – CEPAS da FURG. Foi proposta a realização de um experimento, o qual foi submetido a três diferentes situações: na primeira situação, a professora pesquisadora apenas realizou o experimento enquanto o sujeito observava; na segunda, o sujeito realizou o experimento, ficando a professora pesquisadora à disposição para eventuais dúvidas; na terceira situação, a professora novamente apenas realizou o experimento, que já havia sido observado e realizado pelo sujeito, enquanto o sujeito somente observava. Essas atividades foram desenvolvidas individualmente pelos sujeitos, isto é, em diferentes momentos. Após a situação 1, foi aplicado o teste de evocação de memória de curta duração, e após as situações 1 e 2, foi aplicado e o teste de evocação de memória de longa duração, conforme esquema a seguir:

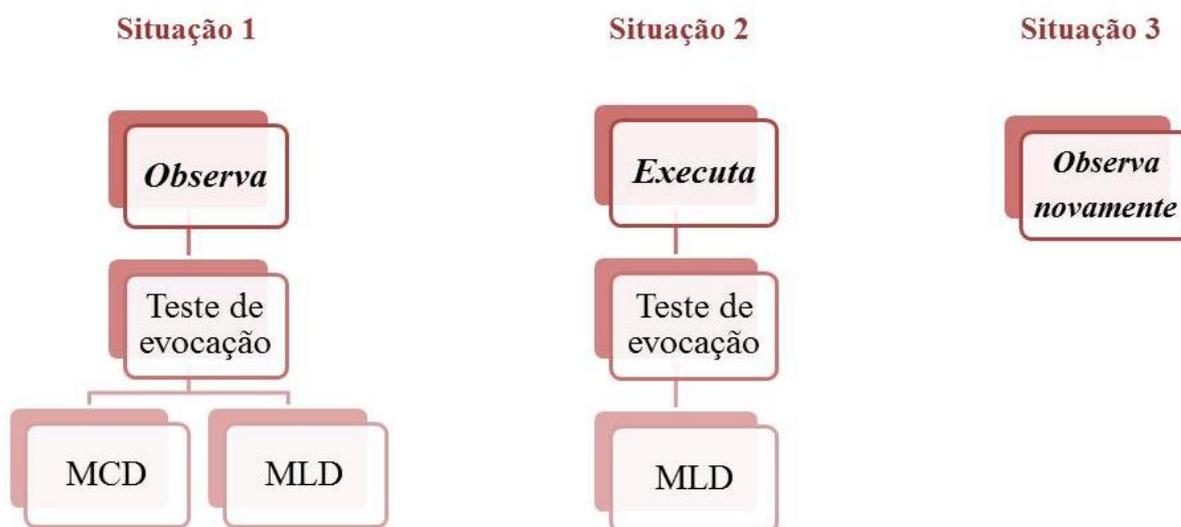


Figura 8 – Esquema das atividades realizadas.

Fonte: o autor (2013)

A coleta de dados teve a duração de 5 dias, havendo a captura de imagens cerebrais, através de técnica não invasiva, durante as três situações pedagógicas. O *check list* foi realizado diariamente, antes do início das atividades do protocolo. Abaixo, a linha do tempo referente às atividades realizadas:



Figura 9 – Linha do tempo das atividades realizadas.

Fonte: o autor (2013)

No intuito de ampliar as possibilidades de interpretação dos dados gerados, a realização de todas as tarefas do protocolo foram filmadas, uma vez que a gravação em vídeo possibilitou ver e rever os momentos de análise quantas vezes forem necessárias, o que permitiu examinar as informações de forma mais minuciosa.

Passada uma hora da observação do experimento, os sujeitos responderam algumas questões discursivas com vistas a verificar a influência da atividade cerebral na evocação de informações armazenadas na memória de curta duração. Conforme Izquierdo (2011) a memória de curta duração tem a durabilidade de 1 à 6 horas, que é o tempo necessário para que essas se consolidem em memória de longa duração. A memória de curta e de longa duração envolvem processos paralelos e independentes até certo ponto. Considerando que a consolidação da memória de longa duração requer de três a oito horas, somente 24 horas após a realização de cada experimento é que foram aplicadas as questões discursivas que tinham o objetivo de verificar o potencial de evocação da memória de longa duração.

4.5 Local da Pesquisa

A produção dos dados ocorreu nas dependências da própria FURG, campus Carreiros, no CEAMECIM (Centro de Educação Ambiental, Ciências e Matemática), visto que é o local onde o aparelho de eletroencefalograma (EEG) estava à disposição. Já o teste de Q.I. realizado por uma psicóloga contratada, foi aplicado em uma sala de aula na escola onde os sujeitos estudam, a fim de criar um ambiente tranquilo, familiar e de fácil acesso para os envolvidos.

4.6 Análise dos dados

Após a recolha de dados, esses foram preparados para posterior análise das respostas obtidas. Através da análise quantitativa das informações, acompanhadas de interlocução teórica com a literatura que embasa o estudo, pretendeu-se alcançar respostas aos questionamentos propostos no trabalho. De acordo com Triviños (1992) a fundamentação teórica é essencial para iluminar os achados obtidos nos instrumentos de pesquisa.

Conforme Gazzaniga e Heatherton (2007) a ciência psicológica atravessa diferentes níveis de análise para o estudo da mente e do comportamento, sendo foco desse trabalho o *nível dos sistemas cerebrais*, que envolve estudos com imagens cerebrais e estruturas neuroanatômicas, bem como o nível perceptivo e cognitivo, que contempla a tomada de decisões e a memória.

5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Apresentação dos Dados

Importa referir que os resultados em análise se reportam a três atividades distintas. Na atividade denominada *observa*, o aluno observou o experimento que foi realizado pela professora, enquanto que na atividade *executa*, o aluno realizou o mesmo experimento, tendo como subsídio o roteiro do experimento. Já na atividade chamada *observa novamente*, o aluno observou a professora realizar o experimento que ele já tinha observado e realizado anteriormente.

Devido à grande quantidade de imagens provenientes do mapeamento cerebral, para analisar a atividade do cérebro durante a realização das tarefas do protocolo de pesquisa, foi fundamental selecionar pontos de análise, tendo com base o roteiro do experimento. Desse modo, passam a ser objetos de interpretação os dados gerados nas seguintes etapas de cada atividade: a coloração da água; a mistura das substâncias; a confecção de uma bolinha com a mistura e deixar essa bolinha parada na palma da mão. Cabe salientar que as etapas mencionadas são comuns às três atividades.

A atividade cerebral é registrada através de variações no fluxo sanguíneo. Assim, para caracterizar a ativação cerebral em cada tarefa do protocolo, foi utilizado o termo muito ativado quando o canal apresentava ativação cor vermelha preenchendo todo o canal e ativado quando o canal não estava completamente preenchido, conforme imagem abaixo (**Figura 10**):

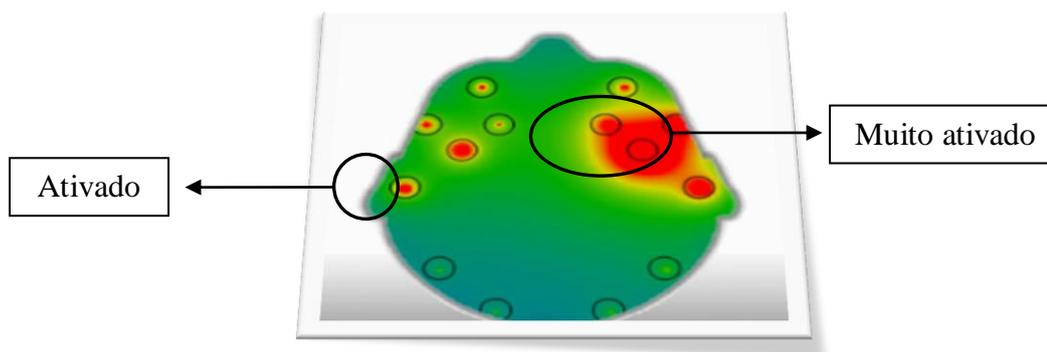


Figura 10 - Ativação dos canais para análise.

Fonte: Adaptado da tela proveniente da captura de sinais elétricos.

Convém retomar que no equipamento de EEG utilizado são 4 eletrodos para cada hemisfério cerebral do lobo frontal. Já os lobos temporal, parietal e occipital apresentam o mesmo número de eletrodos: dois eletrodos para cada um desses lobos, sendo um eletrodo referente ao hemisfério esquerdo e o outro ao hemisfério direito do cérebro. Dessa forma, é possível estabelecer e comparar o número de vezes que os eletrodos de cada lobo foram ativados em cada atividade do protocolo de pesquisa. No total, para cada situação pedagógica, foram analisados 168 canais, conforme esquema abaixo:

14 canais X 4 pontos de análise X 3 sujeitos = 168 canais

A partir da observação global dos registros obtidos nas filmagens da situação pedagógica e dos sinais provenientes da captura da atividade cerebral pelo EEG, emergem o **quadro 1** e o **quadro 2**, os quais subsidiaram a interpretação dos dados gerados. A atividade cerebral apresentada nos quadros abaixo é o somatório dos 3 sujeitos, computada pela contagem dos canais ativados nos diferentes pontos de análise (*colorir a água, misturar, fazer bolinha, deixar parada na palma da mão*) de cada situação.

Quadro 1 - Ativação dos lobos e canais das três situações pedagógicas.

Atividade	Observa	Executa	Observa novamente
Lobo mais ativado	Frontal	Frontal	Frontal
Lobo 2º mais ativado	Temporal	Temporal	Temporal
Lobo menos ativado	Parietal	Parietal	Occipital
Canal mais ativado	T7 e O2	T8 e O2	T8
Canal menos ativado	P7	P7	T7
Canal não ativado	-	-	P7 e O1

Quadro 2 - Número de vezes que cada canal foi ativado nas diferentes atividades do protocolo

	Lobo	Temporal		Parietal		Occipital	
	Canal	T7	T8	P7	P8	O1	O2
Atividade	Observa	10	8	3	9	5	10
	<i>Total ativado por lobo</i>	18		12		15	
	Executa	11	12	5	9	10	12
	<i>Total ativado por lobo</i>	23		14		22	
	Observa novamente	1	8	-	7	-	4
	<i>Total ativado por lobo</i>	9		7		4	

Atividade “Observa”

Em geral, os registros do EEG revelam que na atividade de observação foram ativados 84% do número total de canais relativos aos quatro pontos de análise mencionados anteriormente. Considerando o número total de canais ativados nesses pontos, 47% correspondem ao hemisfério esquerdo, enquanto que 53% correspondem ao hemisfério direito, evidenciando, portanto, maior atividade elétrica no hemisfério direito do cérebro.

O lobo que apresentou maior ativação foi o frontal, seguido do lobo temporal. Já o lobo que apresentou menor ativação foi o parietal esquerdo, sendo esse registro apresentado apenas em um sujeito colaborador, nos momentos *colorir a água, misturar e deixar a bolinha parada na palma da mão*.

Tomando como referência os lobos temporal, parietal e occipital, o canal O2, que está localizado no hemisfério direito do lobo occipital, e o canal T7, que está localizado no hemisfério esquerdo do lobo temporal, tiveram o mesmo número de ativação, sendo os mais ativados.

Em síntese, a **figura 11** representa o número de vezes que os canais de cada lobo foram ativados na atividade de observação:

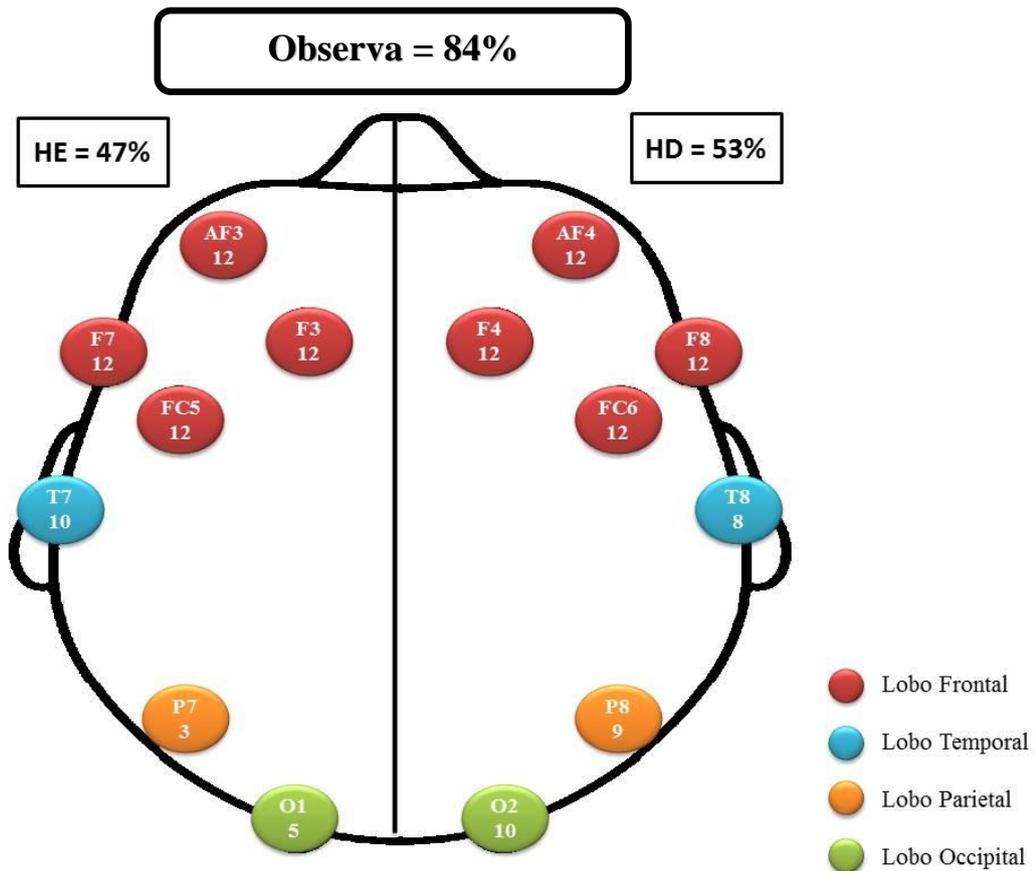


Figura 11 - Ativação dos canais na atividade *observa*.

Fonte: o autor (2013)

Atividade “Executa”

Na atividade de realização do experimento pelos sujeitos, os registros do EEG demonstram a ativação de 92% do número total de canais relativos aos quatro pontos de análise (*colorir a água, misturar, fazer bolinha e deixar parada na palma da mão*). Tendo como base o número total de canais ativados nesses pontos de análise da atividade de observação, 48% correspondem ao hemisfério esquerdo, enquanto que 52% correspondem ao hemisfério direito, apontando maior atividade elétrica no hemisfério direito do cérebro.

O lobo frontal foi predominantemente muito ativado. Em seguida, na escala de ativação vem o lobo temporal. O lobo menos ativado foi o parietal.

Quando analisados os lobos temporal, parietal e occipital, os canais que apresentaram maior ativação foram o O2 e o T8, localizados no hemisfério cerebral direito, respectivamente nos lobos occipital e temporal. O canal que apresentou menor ativação foi o P7, no lobo parietal esquerdo.

A **figura 12** resume a ativação dos canais dos lobos frontal, temporal, parietal e occipital na atividade em que o sujeito realiza o experimento:

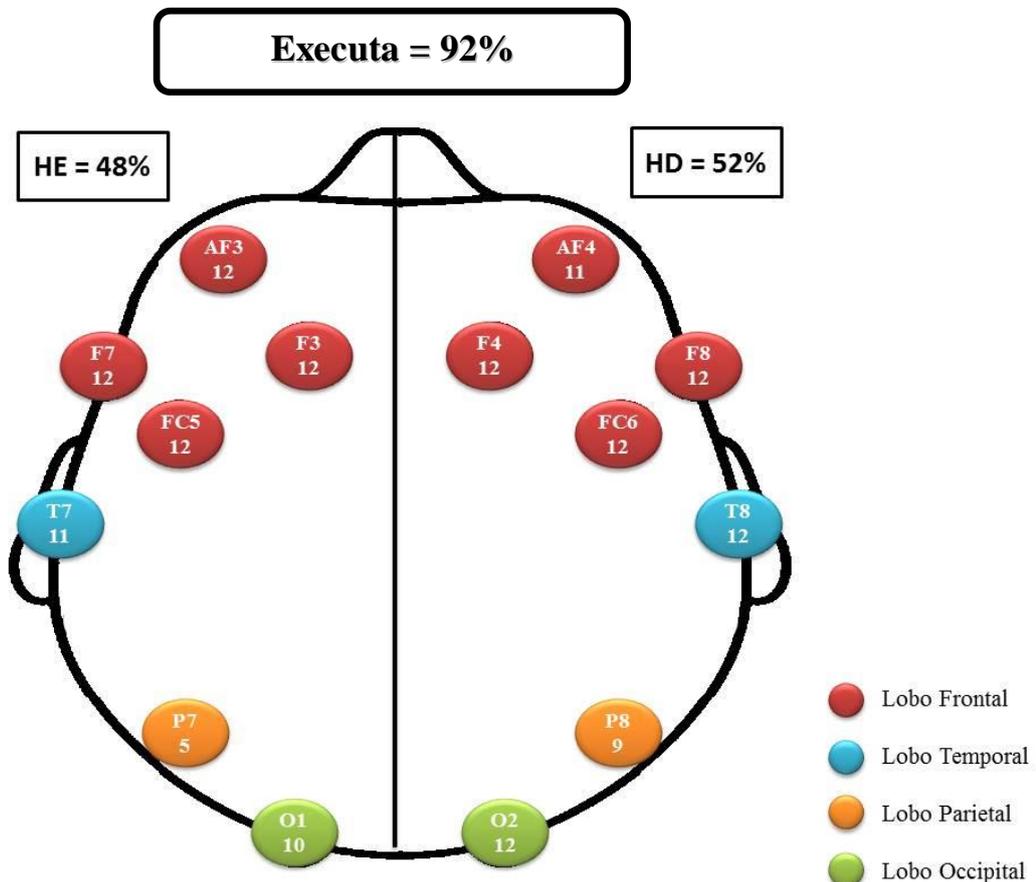


Figura 12- Ativação dos canais na atividade *executa*.

Fonte: o autor (2013)

Atividade “Observa novamente”

Nessa atividade, os registros do EEG mostram que durante a observação do experimento que já havia sido observado e realizado pelos sujeitos, ocorre a ativação de 53% do número total de canais relativos aos pontos de análise. Esse dado indica uma queda significativa da atividade cerebral durante nessa situação pedagógica. Com base no número total de canais ativados nos pontos de análise dessa atividade, 31% correspondem ao hemisfério esquerdo, enquanto que 69% correspondem ao hemisfério direito, o que maior atividade elétrica no hemisfério direito do cérebro.

A maior ativação ocorreu no lobo frontal, seguida do lobo temporal. O menos ativado foi o lobo occipital.

Ao analisar a ativação dos lobos temporal, parietal e occipital, é perceptível que o canal mais ativado foi o T8, enquanto que o T7 foi o que apresentou menor ativação, ambos localizados no lobo temporal, respectivamente no hemisfério direito e esquerdo do cérebro. Já os canais localizados no hemisfério cerebral esquerdo, P7 (lobo parietal) e O1 (lobo occipital) não foram ativados em nenhum dos pontos de análise dos colaboradores de pesquisa.

Abaixo, a **figura 13** ilustra a ativação dos canais dos lobos frontal, temporal, parietal e occipital.

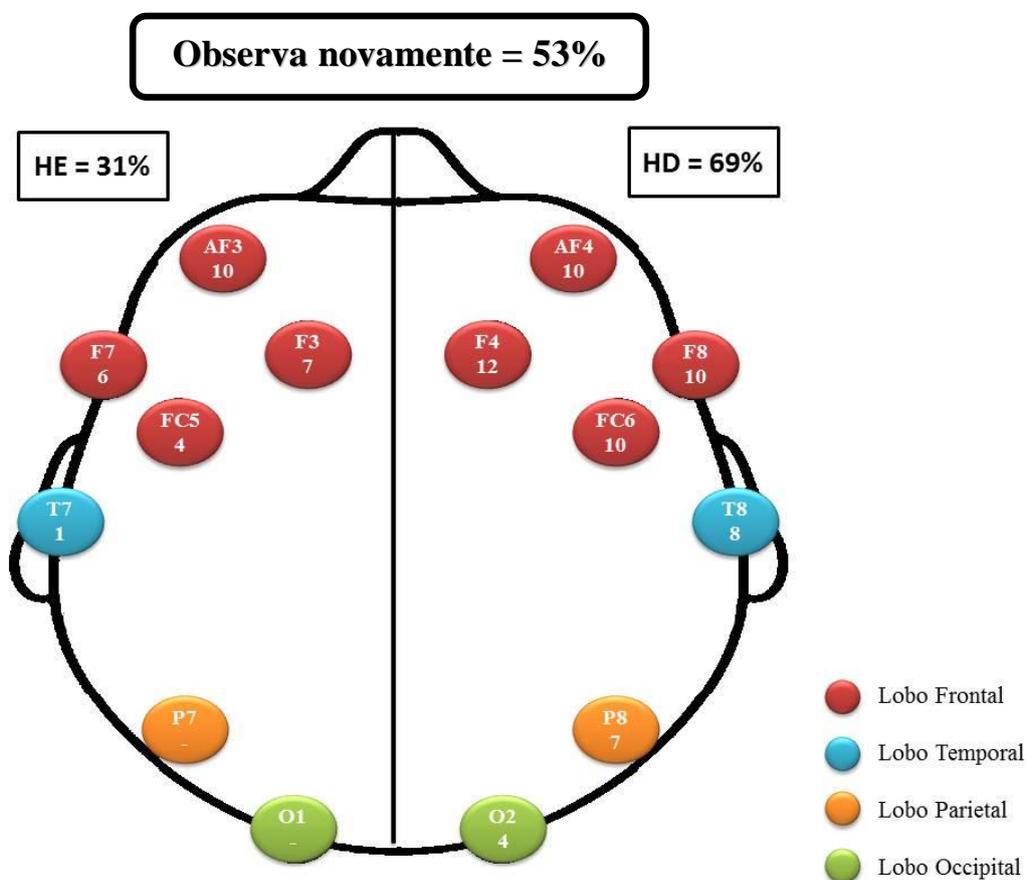


Figura 13- Ativação dos canais na atividade *observa novamente*.

Fonte: o autor (2013)

5.2 Discussão dos resultados: comparando as atividades

Nesse ponto, tomando como referência os quadros 1 e 2, tem-se como objetivo comparar a influência das situações de aprendizagens na ativação do cérebro.

Na atividade *executa* foram ativados mais eletrodos do que na atividade *observa*. A tarefa *observa novamente* foi a que teve menos canais ativados, ou seja, menor atividade cerebral durante a tarefa. O HD foi o mais ativado nas três tarefas do protocolo de pesquisa, em especial na atividade *executa*.

1) Nas três situações (*observa, executa e observa novamente*) o frontal foi mais ativado seguido do temporal.

Nas três situações pedagógicas, o lobo frontal foi mais ativado do que os demais lobos, seguido do lobo temporal. Apesar de o lobo frontal ter sido o mais ativado nessas três situações, é notável que na atividade *executa* a ativação foi maior (em termos de intensidade, pois apresentou mais canais em vermelho, apesar de não ser possível mensurar qual a intensidade, ver figura 8) do que na *observa* e essa, maior do que na atividade *observa novamente*. Do mesmo modo, o lobo parietal foi mais ativado na tarefa *executa* do que na *observa* e *observa novamente*.

As teorias cognitivas apontam que o controle de atenção de alto nível, o planejamento, a detecção de erros e as respostas a estímulos difíceis ou completamente novos emergem do controle sobre o processamento da informação, o qual ocorre nos lobos frontais (POSNER; RAICHLE, 2001). Essa área do córtex está intimamente relacionada com as funções executivas (FEs), as quais podem ser consideradas como um sistema de gerenciamento dos recursos cognitivos/emocionais diante de uma dada tarefa. Corroborando, Cypel (2007, p. 377), retomando D'Esposito (2002), lembra que “Embora possa se dizer que o controle executivo esteja distribuído em uma circuitação ampla em distintas regiões cerebrais, as estruturas neurobiológicas mais diretamente responsáveis pelas FEs estão precipuamente localizadas nos lobos frontais”.

2) Nas três situações o hemisfério direito foi mais ativado do que o hemisfério esquerdo.

Nesse momento é possível inferir que o experimento apresentado, por constituir novidade para os sujeitos colaboradores da pesquisa, desencadeou a necessidade de prestar

atenção, caracterizando um estado de vigília, o que sustenta a maior ativação do HD do que o HE nas três situações pedagógicas. A vigília, que nos permite estar em estado de alerta, é essencial para manter a atenção focada nas informações que são captadas. Conforme Posner e Raichle (2001, p.84) “O lobo frontal direito é uma fonte muito provável da vigília, uma vez que os pacientes com lesões neste lobo desempenham de forma menos eficaz as tarefas que exigem vigília”. Estudos com pacientes com o cérebro dividido, permitem conclusões interessantes referentes a atenção e ao funcionamento cerebral, como a observação de que o hemisfério direito parece ser dominante para se manter o estado de alerta (STERNBERG, 2012).

Essa necessidade de prestar atenção também envolve o lobo parietal, em especial no HD (P8). Conforme Ysenck e Keane (2007), apoiados nos estudos de Corbetta e Shulman (2002), uma rede fronto parietal localizada no hemisfério direito do cérebro constitui o sistema direcionado para o alvo, o qual tem o funcionamento influenciado pela expectativa, pelo conhecimento e pelos objetivos presentes.

3) A atividade *executa* desencadeou maior atividade cerebral em todas as áreas.

Na atividade executiva, além da visão e da audição, o sistema motor e o sistema somestésico (tátil, térmico e proprioceptivo) também estão acionados de forma complexa e particular a esta prática, o que, por sua vez, leva a mais um tipo de entrada sensorial decorrente do comportamento. Como consequência, ocorre maior riqueza sensorial (multissensorial), motora, entre outras funções associativas de ordem superior.

Uma possível justificativa para uma maior ativação do lobo frontal na atividade executiva é que essa demanda mais esforços cognitivos dos mecanismos atencionais. Além de ler o roteiro, o sujeito necessitava executar uma sequência de procedimentos. Segundo Sternberg (2012, p. 140) “A dificuldade da tarefa influencia, particularmente, o desempenho durante atenção dividida”, isto é, ao envolver a realização de mais de uma tarefa ao mesmo tempo, redireciona os recursos atencionais numa distribuição prudente segundo as necessidades. Complementando, para Eysenck e Keane (2007), quando apresentamos aos indivíduos pelo menos dois estímulos ao mesmo tempo acompanhados da necessidade de serem processados simultaneamente, ou melhor, de serem observados e respondidos, ocorre a exploração da atenção dividida.

A atividade *executa* exigiu também o movimento das mãos, o que pode aprofundar o entendimento de uma maior ativação dos lobos frontais e dos lobos parietais (P7 e P8). Estudos sugerem que o planejamento, a correção e a execução dos movimentos estão inscritos em redes neurais que incluem o córtex pré-frontal, o córtex motor primário, o córtex pré-motor, a área motora suplementar, o córtex parietal, o córtex cingulado, o cerebelo e os núcleos da base, além de núcleos talâmicos, núcleos do tronco encefálico e a medula espinhal. A experiência individual, a integridade das redes formadas por essas regiões, bem como a complexidade do movimento influenciam o modo como essas regiões são ativadas (LENT, 2001, GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007).

4) Semelhanças e diferenças na atividade cerebral de *observa*, *executa* e *observa novamente*

Retomando as atividades e considerando a realização de movimentos, diferentemente da *executa*, na atividade o *observa* não foi necessário a movimentação das mãos dos sujeitos colaboradores da pesquisa. Contudo, a fundamentação neurocientífica acerca da imitação fomenta a necessidade de se pensar também sobre o sistema motor quando os sujeitos foram expostos aos movimentos relativos à execução da tarefa pela professora no *observa*. Blackmore e Frith (2005), ressaltando os estudos de Jean Decety e de seus colaboradores na França, lembram que a atividade nas regiões motoras do cérebro aumenta ainda mais se a pessoa que observa alguém realizando ações tem intenção de imitar mais tarde. Mesmo que a execução de movimentos muito simples, como bater o dedo e mover um joystick, sejam objetos de estudos imagiológicos do cérebro sobre imitação, os resultados também devem ter considerada sua relevância na educação. Direcionando esses achados para a educação, “Isto vai ao encontro da opinião de muitos educadores de que não devemos apenas ensinar o *que* saber, mas também mostrar *como* saber” (BLACKMORE; FRITH, 2005, p.235).

O sistema motor é responsável pela produção e codificação dos aspectos representacionais do movimento, como, por exemplo, a capacidade de simular mentalmente uma determinada ação. Os mesmos mecanismos envolvidos na execução são utilizados na simulação mental, mas sem realmente se mover. Ao recriar usam as mesmas regiões do cérebro que teria usado para executar o movimento, tratando-se de um processo cognitivo usado pelas áreas responsáveis pelo movimento real. (RATEY, 2002; LENT, 2001) Conforme

Berne e Levy (2009, p. 213) estudo realizado com macacos indicaram neurônios semelhantes nos córtex parietal inferior e frontal inferior.

Essas células respondem durante o desempenho de tarefas motoras específicas, e, também, durante a observação da mesma tarefa, realizada por outro animal. Como essas células parecem codificar e responder a tarefas muito específicas e particulares, especulou-se que elas possam ser responsáveis por funções como a capacidade de aprender tarefas a partir de observações. Nos humanos, a atividade EEG consistente com o comportamento desses neurônios foi localizada nos lobos frontal inferior e parietal superior.

É interessante que tanto o *observa* quanto o *executa* promovem também a ativação dos lobos temporal, occipital e parietal, tanto do HD quanto do HE, ainda que exista uma maior ou igual ativação na atividade *executa* quando comparada a *observa* (**ver quadro 2**). Uma provável razão para tal é que ambas as situações pedagógicas envolviam no mínimo dois modos de processamento da informação.

Em essência, há evidências convincentes de que as modalidades visual, auditiva e tátil cooperam uma com a outra. Mais especificamente, a estimulação em uma modalidade (por exemplo, auditiva) em determinado local no espaço funciona para dirigir a atenção de outra modalidade (por exemplo, visual) para aquele local. (EYSENCK, KEANE, 2007, p.162-163)

Na atividade *observa*, apesar da atividade cerebral ter sido menor do que durante a atividade *executa*, ainda assim obteve-se atividade cerebral significativa. Possivelmente, a atividade ao envolver a execução de uma sequência de procedimentos pela professora, que simultaneamente explanava acerca do experimento que realizava, exigia que o sujeito utilizasse a visão e a audição, obtendo efeitos intermodais. Nesse caso, requisitava a atenção intermodal, isto é, a coordenação simultânea de informações provenientes de dois ou mais sentidos (STERNBERG, 2012). No *executa*, cabia ao sujeito ler o roteiro e realizar os procedimentos pertinentes ao experimento, explorando inclusive o sentido do tato.

Em comum, tanto no *executa* quanto no *observa*, ocorreu envolvimento linguístico (na primeira lia um roteiro e na segunda escutava a explicação da professora). Supõe-se ai razão para o envolvimento dos lobos temporais (T7 e T8), pois de acordo com Purves *et al* (2010) várias áreas especializadas dos córtices de associação nos lobos temporal e frontal, atuando

em conjunto, são responsáveis pela capacidade linguística. As funções primárias da linguagem para o processamento explicitamente semântico estão localizadas no hemisfério esquerdo, sendo o córtex temporal esquerdo responsável pelo elo entre os sons do discurso e seus significados; enquanto que os circuitos para os comandos motores que organizam a produção do discurso com significado é função do córtex frontal esquerdo. Em suma, o lado esquerdo do cérebro é predominante para os aspectos lexicais, gramaticais e sintáticos da linguagem. Por outro lado, o conteúdo emocional da linguagem é gerenciado principalmente pelo hemisfério direito.

Quanto à ativação do córtex occipital (O1 e O2), esse resultado pode ser explicado pelo fato de que o lobo occipital está fortemente relacionado com o sentido da visão, o qual foi estimulado nas três situações pedagógicas. Dividido em áreas visuais diferentes, sendo a maior o córtex visual primário, circundado por áreas visuais secundárias, processa distintos atributos da imagem visual, tais como sua cor, movimento e formas. (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007). Paralelamente, se amplia a explicação para a ativação dos lobos temporal (T7 e T8) e parietal (P7 e P8). Segundo Purves *et al.* (2010, p. 289) “O processamento paralelo de diferentes categorias de informação visual continua em vias corticais que se estendem para além do córtex visual primário, suprindo uma variedade de áreas visuais nos lobos occipital, parietal e temporal.”

De acordo com esses autores, até metade do córtex cerebral pode estar envolvida de alguma forma na percepção visual, abarcando duas vias (**figura 14**). A via ventral, que sai do córtex estriado e vai para a parte inferior do lobo temporal, está envolvida com o reconhecimento de objetos, como a seletividade para forma, cor e textura. A via dorsal, responsável pelos aspectos espaciais da visão, como a análise do movimento e das relações entre as posições de objetos na cena visual, inclui a área temporal média, indo do córtex estriado até o lobo parietal.

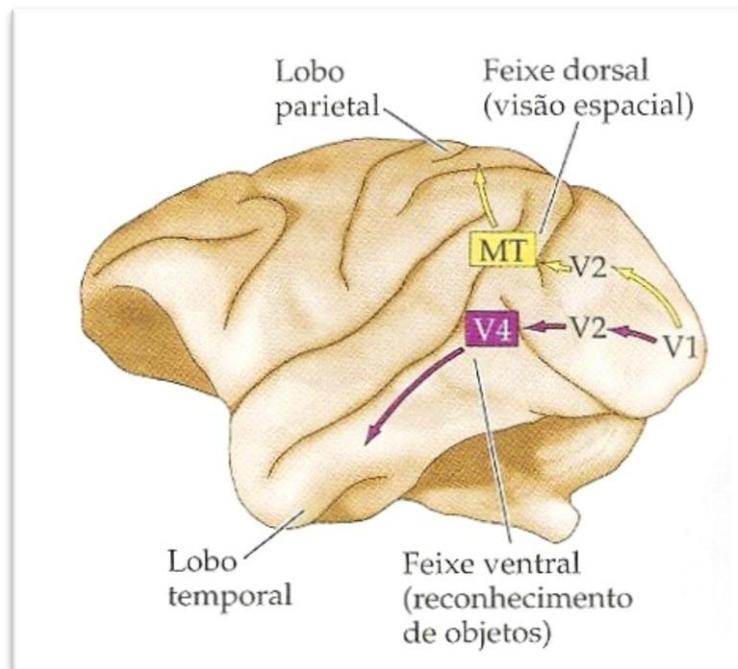


Figura 14 - Via dorsal e ventral, que partem do lobo occipital, indo até o lobo parietal e temporal, respectivamente.

Fonte: Purves *et. al.* (2010).

Quando comparadas as atividades *observa* e *executa a observa novamente*, é perceptível um decréscimo na atividade cerebral nos sujeitos colaboradores de pesquisa. Talvez o fato de que era a terceira vez que os sujeitos eram expostos a situação de aprendizagem justifique esse resultado. Para Sternberg (2012, p. 120) “a habituação está relacionada ao ato de se acostumar com um estímulo de tal modo que aos poucos se passa a prestar cada vez menos atenção a ele, isso ocorre sem nenhum esforço consciente.” A estabilidade e a familiaridade relativas do estímulo comandam esse processo, permitindo que as pessoas facilmente desviem a atenção dos estímulos conhecidos e relativamente estáveis, direcionando-os a estímulos novos e instáveis.

5) A atividade cerebral de *observa novamente* foi menos intensa.

Com base nos resultados obtidos, também é possível inferir que a atividade *observa novamente*, por ter sido já vista e realizada pelo aluno, não exigiu foco de atenção profunda. Ainda segundo Sternberg (2012) tarefas difíceis, complexas e novas exigem mais recurso de atenção do que as tarefas fáceis, simples e bastante conhecidas. Prestar atenção ultrapassa a

simples ideia de “tomar nota dos estímulos que nos chegam”, pois a intensidade atencional direcionada aos estímulos é dependente da do próprio nível de interesse, atenção e ansiedade (RATEY, 2002).

5.3 Identificando a influência das situações didáticas na evocação do conteúdo...

Nessa fase da análise de dados, aparece a articulação entre os dados obtidos nas situações didáticas e os testes de memória.

No que tange aos testes de memória de curto prazo e memória de longo prazo, que envolviam perguntas sobre a atividade experimento, tanto após execução quanto observação, os sujeitos responderam a todas as questões e não demonstraram variação nos resultados. Entretanto, após esses testes, os colaboradores da pesquisa, ao serem questionados acerca do “recurso” sensorial que haviam utilizados como subsídio para responder às questões dos testes no teste explícito de memória, apresentaram respostas distintas, o que pode ser considerado bastante natural.

Esse tipo de teste colaborou para um melhor entendimento de como as diferentes situações pedagógicas poderiam afetar a percepção, a memória e a aprendizagem. Para Eysenck e Keane (2007), os processos perceptuais durante a aprendizagem tem impacto importante na memória de longo prazo subsequente e os traços de memória podem ser concebidos como registros de análise realizados durante a percepção. As informações ambientais são, de início, recebidas pelos armazenamentos sensoriais, os quais são específicos de modalidade (por exemplo, visão e audição). Nos armazenamentos sensoriais, são retidas as informações por um breve período, e algumas recebem mais atenção, sendo depois de processada na memória de curto prazo, transferidas para a memória de longo prazo. As informações de toda modalidade sensorial persistem por breve tempo depois do final da estimulação, ajudando a tarefa de extrair seus aspectos fundamentais para uma análise posterior.

Como é possível perceber no quadro comparativo (**ver quadro 3**) construído a partir dos dados obtidos no referido teste, o sentido da visão foi preferencialmente usado por todos eles para evocar respostas diante das questões tanto nos testes de curta quanto de longa duração apresentados após a atividade *observa*. Apenas na questão “É líquido ou sólido?”, o

recurso passou a ser a audição em ambos os testes. Salienta-se que o sujeito 1, buscou dicas também na leitura do roteiro para a referida questão no teste de curta duração.

No que diz respeito ao teste de memória de longo prazo, após o a atividade *executa*, a realização da tarefa se tornou fonte de recordação significativa para o S1 e S3, principalmente para S3. S2 permaneceu utilizando o que viu como recurso de evocação. As representações armazenadas, isto é, as memórias, representam muitos tipos diferentes de informação, como imagens visuais, fatos, ideias sabores, e inclusive movimentos musculares. Trata-se do princípio da especificidade de codificação – qualquer estímulo que é codificado juntamente com uma experiência, pode mais tarde, desencadear memórias de experiência (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007)

Quadro 3: Sentidos preferencialmente utilizados nos testes de evocação de memória

Atividade		Observa						Executa		
		MCD			MLD			MLD		
Testes de memória		Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3
Colaboradores		Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3
Questões	Quais foram as substâncias utilizadas para fazer a mistura?	Visão	Visão	Visão	Visão	Visão	Visão	Leitura do roteiro	Visão	Visão
	A professora conseguiu fazer uma bolinha com a mistura? O que aconteceu?	Visão	Visão	Visão	Visão	Visão	Visão	Realização da tarefa	Visão	Realização da tarefa
	E quando a professora deixou a mistura na palma da mão, o que aconteceu?	Visão	Visão	Visão	Visão	Visão	Visão	Realização da tarefa	Visão	Realização da tarefa
	É líquido ou sólido?	Audição	Audição	Visão						
	O experimento que você observou pode ser relacionado com qual fenômeno natural?	Audição	Visão	Visão	Visão	Visão	Visão	Audição	Visão	Audição

	Visão
	Audição
	Leitura do roteiro
	Realização da tarefa

Cabe acrescentar que atividades práticas que favoreçam a (re)construção do conhecimento por diferentes canais de percepção, podem otimizar a aquisição, manutenção e evocação das informações na memória. Como consequência, diferentes memórias podem ser formadas, o que, posteriormente, poderá fazer emergir uma maior confabulação cerebral em busca da evocação da informação, resultando em alterações que podem promover a complexidade da cognitiva (EYSENCK; KEANE, 2007).

Acrecenta-se aqui que no *executa* os sujeitos tiveram que dirigir atenção para a sequência das fases do experimento que executavam. Precisavam seguir os itens do roteiro para, simultaneamente realizar as tarefas solicitadas. Este foco acentuado de atenção aumenta a probabilidade de lembrar do que fez. Johnson (2008) destaca que as tarefas de foco/execução nos permitem focar em determinada atividade, executar, passar para a próxima tarefa e novamente se concentrar e a exigência dessa atenção acentuada abre caminho para os processos de recordação. É mais provável que o indivíduo se recorde de informações as quais prestou atenção.

É interessante que apesar de não estarem mais expostos a fala da professora, diante das questões “É líquido ou sólido?” e “O experimento que você observou pode ser relacionado com qual fenômeno natural?”, em ambos os testes, todos os sujeitos preferencialmente recorreram ao estímulo auditivo, o que pode ser entendido como uma possibilidade de acesso favorável a memória semântica construída pela explicação docente. Entretanto, esta recordação pode também estar associada à memória episódica, pois a memória semântica é resíduo de muitos episódios (BADDELEY *et al*, 2011) e lembrar da professora fazendo e falando sobre o estado físico da substância no experimento constitui uma memória de um momento vivido. “As memórias declarativas podem envolver conceitos, imagens visuais ou ambos” (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2005, p. 224)

De acordo com Eysenck e Keane (2007, p. 236) “Podemos considerar a atividade cerebral durante a aprendizagem original como *codificação* de lembranças episódicas e semânticas, assim como atividade cerebral da *recuperação* dessas lembranças”.

Quanto ao fato de que S1, S2 e S3 declararam ter utilizado para responder algumas questões a lembrança advinda de mais de um estímulo, esse comportamento memnônico é bastante aceitável, pois as aprendizagens derivam de interpretação advindos dos nossos processos perceptuais, originários da articulação entre sentidos e resgate de memórias anteriores. Borges (2007), retomando Levine (2001) salienta que estudos atuais sobre a neurobiologia da percepção, envolvendo as funções cerebrais, mostram há diferenças qualitativas entre nossa percepção, sendo que o sistema nervoso central despreza algumas informações de um estímulo e aproveita outras, interpretando-as no contexto de idéias e evidências prévias. Quanto maior o número de estímulos sensoriais envolvidos, maiores as chances de evocação de informações armazenadas (CARVALHO, 2007). Segundo Markova (2000) cada um aprende à sua maneira e as pessoas priorizam diferentes modalidades sensoriais para processar a informação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando o escopo do trabalho, o qual foi analisar a influência dos experimentos na aprendizagem, tomando como referência aspectos neurobiológicos, é possível reconhecer que o objetivo foi atingido, apesar da dificuldade na aquisição do *EPOC- Emotive* e das limitações temporais para a análise de dados, fatores que constituíram dificuldades na realização da pesquisa. O entrelaçamento teórico, advindo da articulação entre neurociências e educação, acrescidos dos dados empíricos, permitiram, ao identificar a atividade cerebral dos sujeitos diante de uma aula envolvendo experimentação demonstrativa realizada pelo professor, envolvendo experimentação realizada pelo próprio sujeito e diante da demonstração de um experimento já visualizado e já realizado anteriormente pelo sujeito, comparar a influência das situações pedagógicas na ativação do cérebro. Foi possível também, identificar e comparar a influência dessas situações pedagógicas na evocação do conteúdo, considerando a memória de curta e de longa duração. Além disso, o estudo possibilitou caracterizar como cada situação pedagógica interfere na aprendizagem, confirmando as seguintes hipóteses: de que existe uma relação entre a forma de realização do experimento e as áreas cerebrais que serão ativadas; existe uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de sentidos envolvidos na realização da atividade do protocolo e as áreas corticais ativadas; atividades pedagógicas de ordem multisensorial oferecem mais dicas de memória, podendo ser um agente potencializador da aprendizagem.

Ainda que os dados possam ser revisitados usando técnicas de análise baseadas em técnicas de inteligência artificial não supervisionada, que podem proporcionar uma avaliação mais profunda dos registros obtidos, conclui-se que as atividades práticas que envolvem experimentos tem resultados positivos na aprendizagem, o que corrobora as tendências atuais a respeito das possibilidades do ensino de ciências quando afirma que os experimentos são essenciais para o bom ensino de ciências, indo ao encontro de teóricos como Pozzo; Crespo, 2009; Rosito, 2008; Laburú, 2011.

O ato de observar o experimento possibilita a construção de memórias e pode constituir fonte de construção de conhecimento. Contudo, os resultados demonstram que a aula de experimentação em que o aluno faz o experimento, além de ter potencial de envolver o indivíduo positivamente, exige mais esforço cognitivo, ampliando as possibilidades de manter e/ou evocar informações na memória. Essas atividades emergem como uma boa estratégia de ensino, pois envolvem habilidade motora, raciocínio e proporcionam ao aluno

utilizar os diferentes sentidos na aprendizagem, aprendendo de forma mais adequada ao seu estilo cognitivo e desenvolvendo várias estratégias de pensamento. Conforme a neurociência, nas práticas multisensoriais diversas e diferentes áreas cerebrais são estimuladas para o processamento das informações, resultando numa aprendizagem mais complexa, uma vez que quanto maior o número de estímulos sensoriais, maior a chance de aumentar o número de dicas de evocação de memórias. Nesse sentido haveria possibilidade das memórias semânticas serem ampliadas através da formação de memórias episódicas que podem ser mais marcantes pra o aluno, pois está exposto a uma experiência com maior riqueza de detalhes.

Quanto as causas de diferenças entre os alunos nos resultados atingidos nos distintos momentos da pesquisa, é claro que o interesse do aluno influencia. Dessa forma, importa salientar que perante as demandas cognitivas de diferentes alunos, é interessante que o professor adote estratégias de ensino variadas, a fim de criar um ambiente de aprendizagem para os diferentes alunos que se encontram dentro de um mesmo contexto educativo. Nesse caso, o estudo reitera o pensamento de Rosito (2008) para quem a diversidade de metodologias parece ser preferível a uma única abordagem, e de Ward (2010), que lembra a possibilidade de ensinar ciências de modo criativo, relacionando conhecimentos as ideias dos alunos aos conhecimentos científicos,

Chegando a esse ponto, convém ressaltar que a adoção de suporte neurocientífico para a pesquisa surge como complemento para o entendimento de como ocorre a aprendizagem, não minimizando a importância das contribuições das diversas teorias educacionais já consolidadas. Ao contrário, os achados demonstram também a relevância da mediação docente, pois não é apenas o estímulo multisensorial que vai promover a aprendizagem.

Apesar de não ter sido foco desse estudo, o trabalho reitera o pensamento de que o docente precisa promover situações de aprendizagem em que o estudante se envolva ativamente. Além de ter domínio sobre os conteúdos de natureza conceitual, cabe ao docente otimizar a transposição didática, a qual consiste em transformar o conhecimento científico em conteúdo a ser aprendido, bem como ser o mediador da atividade dos sujeitos, não agindo pelo aluno, mas direcionando as suas ações com questionamentos, instigando e oportunizando que o indivíduo aja sobre o objeto de conhecimento, assimilando-o. Cabe ao professor, pensar numa proposta construtivista do ensino, é ele que vai dar qualidade as situações de aprendizagem. É imprescindível promover a motivação do aluno, pois ter o estímulo sensorial é uma condição de possibilidade, mas não uma garantia de que ele aprenda.

Considerando o âmbito profissional da pesquisadora, o estudo, ao apontar que as

atividades de experimentação podem fomentar o raciocínio dos alunos e estimular a aprendizagem como uma construção ativa do conhecimento, agrega importância às atividades que tenho desempenhado num projeto conjunto com a Professora Fernanda Antoniolo Hammes de Carvalho, intitulado Ciências Experimentais. A atividade de enriquecimento curricular “Ciências Experimentais” acontece na Escola Salesianos no município de Rio Grande e objetiva complementar a exploração do conhecimento científico apresentado nas aulas de ciências, envolvendo aulas de caráter teórico-prático, fundamentadas em experimentos que buscam articular os conhecimentos científicos com o cotidiano para construir o entendimento das teorias, conceitos e processos característicos da ciência. Os encontros são realizados à tarde, após o horário de aula, uma vez por semana, no laboratório de ciências da escola. Dada a complexidade das atividades envolvidas, foram disponibilizadas duas turmas com número reduzido de alunos, para o 4º e 5º ano do Ensino Fundamental. Os conteúdos são distribuídos em concordância com o currículo da escola, tendo a flexibilidade de realizar também durante as aulas as propostas sugeridas pelos estudantes. Atualmente, após observações e constatações realizadas ao longo da pesquisa, as aulas de ciências experimentais sofrem influência direta dos resultados: acontecem permeadas por um melhor conhecimento docente e, conseqüentemente, com mais qualidade.

Mas não a trajetória profissional foi privilegiada através da pesquisa. Hoje, as palavras de Perrenoud (2000, p. 162), obtem pleno sentido: “[...] a vida proporciona repetidas ocasiões de fazer progressos”. Percebo com clareza que a iniciação científica, o intercâmbio acadêmico realizado durante um semestre na Universidade do Minho, em Portugal, a aproximação com uma escola da região que tinha a educação científica como atividade de enriquecimento curricular e a posterior inserção no PPG Educação em Ciências foram elementos que, conjuntamente com as pessoas que mantive diálogos constantes diante de dúvidas, questionamentos e orientações, tanto no aspecto profissional quanto pessoal, me constituíram como indivíduo/profissional. Foram diferentes interlocutores que, partilhando saberes, mostraram o significado da parceria e da coletividade na permanente (re)construção do SER PROFESSOR. Afinal, o ofício de ser professor não se distancia do meu próprio caminhar como ser humano.

Nesse sentido, o aporte teórico advindo da articulação entre a didática e os conhecimentos neurocientíficos apresentados no trabalho, juntamente com os resultados alcançados na pesquisa de campo, acrescidos das percepções da própria pesquisadora, poderão gerar também argumentos para (re)pensar a atual configuração dos cursos de

formação de professores no Brasil, em especial na área da Educação em Ciências. Os achados permitem compartilhar do pensamento de Carvalho e Gil-Pérez (2007), os quais defendem que os cursos de formação docente na área de ciências deveriam também familiarizar o professor com o processo de raciocínio que subjaz a construção dos conhecimentos e permitir conhecer as dificuldades que os alunos encontrarão ao estudar tais matérias.

Sem dúvida que o professor deve ser o mediador entre as ideias prévias dos alunos e as teorias científicas, explorando a interdisciplinaridade possível entre as diferentes ciências. Entretanto, se o professor não tiver familiaridade e interesse pelas ciências e não souber motivar e estimular seus alunos, ele não tem como desenvolver uma educação em ciências de qualidade (SCHIWARTZMAN; CHRISTOPHE, 2009). O professor, a partir das atividades propostas pode ampliar as experiências e o raciocínio dos alunos, mas quando se pretende organizar a aprendizagem como uma construção do conhecimento por parte dos alunos, uma das necessidades formativas básicas do docente é saber programar atividades de aprendizagem.

Retoma-se aqui o pensamento de Borges (2008), para quem os cursos de formação de professores de ciências deveriam promover uma ruptura com visões simplistas sobre o ensino de ciências, oportunizando ao docente, questionar-se: como os alunos aprendem? Qual a melhor forma de ensinar? Como podemos aprender? Afinal é imprescindível o professor conhecer não só os conteúdos conceituais, mas saber como aplicá-los de forma a facilitar o entendimento dos alunos. O estudo também caminha nesse sentido, instaurando os seguintes questionamentos: Como se dá a formação dos professores de ciências? Existe alguma disciplina durante a graduação que seja direcionada para possibilitar que o futuro docente esteja qualificado para ministrar aulas experimentais de ciências? Se sim, qual/quais são as disciplinas da graduação que são direcionadas para essa competência do ensino? Quais são as metodologias de ensino adotadas nessas aulas? Considerando que o Brasil ainda ocupa últimas posições (53º lugar em 2010) no ranking internacional do ensino de ciências, é imprescindível se preocupar como se dá a formação desses professores. As respostas para esses questionamentos poderão gerar ações para qualificar a formação docente e conseqüentemente o ensino de ciências no Brasil.

O fato de o trabalho ter sido desenvolvido não encerra o percurso de pesquisa, em especial na área do ensino de ciências. Ao contrário, pode-se também pensar em ampliar estudos considerando diferentes faixas etárias, situações de ensino e contextos escolares, bem

como o uso de equipamentos que melhor permitam a captação e monitoramento de imagens cerebrais durante a realização de atividades pedagógicas.

Finalmente, como é possível perceber, ao término desse trabalho vislumbra-se inúmeros desafios para o futuro. Ainda que tenha limitações, num caráter mais amplo, o estudo, ao gerar conhecimento sobre os processos cognitivos que ocorrem situações de aprendizagem, incentiva a interlocução entre neurociências e educação, trazendo subsídios para o desenvolvimento de pesquisas nessa interface. As respostas até aqui obtidas não são ponto de chegada, mas ponto de partida para novos movimentos nessa seara.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. B. de; **Introdução à Neurociência:** Arquitetura, função, interações e doença do Sistema Nervoso. Lisboa: Climepsi Editores, 2010.
- ANSERSON, M. C. Evocação. In: BADDELEY, A.;ANSERSON, M. C. ;EYSENCK, M. W. **Memória.** Porto Alegre: Artmed, 2011.
- BADDELEY, A. *et al.* **Memória.** Porto alegre: Artmed, 2011.
- BERNE, R. M.; LEVY, M. N.; KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. Berne & Levy: **Fisiologia.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- BIZZO, N. **Ciências:** fácil ou difícil? São Paulo: Biruta, 2010.
- BLACKMORE, SJ; FRITH, U. **O cérebro que aprende:** lições pra a educação. Lisboa, PT: Gradiva , 2005.
- BORGES, R. M. R. Repensando o Ensino de Ciências. In: MORAES, R. (Org.).**Construtivismo e ensino de ciências:** reflexões epistemológicas e metodológicas.Porto alegre: EDIPUCRS, 2000.
- BORGES, R. M. R. **Em debate:** cientificidade e educação em ciência. Porto alegre: EDIPUCRS, 2007.
- BRANDÃO, M. L.; **As bases biológicas do comportamento:** Introdução à neurociência. São Paulo: EPU, 2004.
- CARVALHO, F. A. H. de; **Reaprender a Aprender:** a pesquisa como alternativa metacognitiva. 150f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- COLL, C.; ENGEL, A.;BUSTOS, A. Os ambientes virtuais de aprendizagem baseados na representação do conhecimento. COLL, C; MONEREO, C. **Psicologia da Educação Virtual:** Aprender e Ensinar com as Tecnologias da Informação e da Comunicação. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CYPEL, S. O papel das funções executivas nos transtornos de aprendizagem escolar. In: ROTTA, N. T.; OHLWEILER, L. ; RIESGO, R. S. (Eds.), **Transtornos de aprendizagem:** Abordagem neurobiológica e multidisciplinar. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 375-383.
- EYSENCK, M. W. ; KEANE, M. T. **Manual de Psicologia Cognitiva.** Porto Alegre: Artmed, 2007.
- GALIAZZI, M. do C. Seria tempo de repensar as atividades experimentais no ensino de Ciências. **Educação.** v. 40, .n.1, p. 87-112, 2000.
- GARCIA-MILÁ, M. O ensino e a aprendizagem das ciências físico-naturais: uma perspectiva psicológica. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALACIOS, J. (Orgs.) **Desenvolvimento Psicológico e Educação.** Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 355 - 369

- GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. 2006. **Neurociência cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- GAZZANIGA, M.; HEATHERTON, T. **Ciência psicológica: mente, cérebro e comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2006.
- GIL-PÉREZ, D. ; CARVALHO, A. M.P. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 2003.
- IZQUIERDO I. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- JAPIASSÚ, H.; MARCONCES, D. **Dicionário básico de filosofia**. Disponível em: http://dutracarlito.com/dicionario_de_filosofia_japiassu.pdf . Acessado em 20/01/2013.
- JOHNSON, S. **De cabeça aberta: conhecendo o cérebro para entender a personalidade humana**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 2008.
- JONNAERT, Philippe; BORGHT, Cécile Vander. **Criar condições para aprender: o socioconstrutivismo na formação do professor**. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- KOLB, B.; WHISHAW, I. Q. **Neurociência do comportamento**. São Paulo: Manole, 2002.
- LABURÚ, C. E.; MAMPRIN, M. I. L. L.; SALVADEGO, W. N. C. **Professor de ciências naturais e a prática de ciências experimentais no ensino médio: uma análise segundo Charlot**. Londrina: Eduel, 2011.
- LAMBERT, K. ; KINSLEY, C. H. **Neurociência clínica: as bases neurobiológicas da saúde mental**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- LANKSHEAR, C.; KNOBEL, M.. **Pesquisa pedagógica: do projeto à implementação**. Porto Alegre, 2008.
- LEITE, L. **As atividades laboratoriais e o desenvolvimento conceptual e metodológico dos alunos**. In: Actas do XV Congresso de ENCIGA. Santiago de Compostela; Boletín das Ciências, pp. 83 - 92.
- LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais da neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2001.
- LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2004.
- LOIZOS, P. Vídeo, Filme e fotografias como documentos de pesquisa In: Bauer M. W. ; GASKELL, G. **Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som**. 3. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2004.

- MARKOVA, D. **O natural é ser inteligente**. São Paulo: Summus, 2000.
- MARTÍN, E.; SOLÉ, I. A aprendizagem significativa e a teoria da assimilação. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALACIOS, J. (Orgs.) **Desenvolvimento Psicológico e Educação**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 60 - 80
- MORA, F. **Como funciona o cérebro**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- MORAES, M. C. **Pensamento eco-sistêmico: educação, aprendizagem e cidadania no século XXI**. Petrópolis: Vozes, 2004.
- MORAES, R.(Org). **Construtivismo e Ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.
- MORAN, J.M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e Educação**, São Paulo, 1995. (2): 27 a 35
- PERRENOUD, P. **10 competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- POSNER, M. I.; RAICHLE, M. E. **Imagens da mente**. Porto, Portugal: Porto, 2001.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto alegre: Artmed, 2009.
- PURVES, D. *et al.* **Neurociências**. Porto Alegre : Artmed, 2010.
- RATEY, J. J. **O cérebro: um guia para o usuário**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2002.
- ROSITO, B. A. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (Org.). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto alegre: EDIPUCRS, 2008.
- SALVADOR, C. C. *et. al.* **Psicologia do ensino**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SCHIWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. **A educação em ciências no Brasil**. Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade, Rio de Janeiro, 2009.
- SQUIRE, L. R.; KANDEL, E. R. **Memória: da mente às moléculas**. Porto alegre: ARTMED, 2003.
- STERNBERG, R. J. **Psicologia Cognitiva**. Tradução de Maria Regina Borges Osório. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação: o positivismo, a fenomenologia, o marxismo**. São Paulo: Atlas, 1992.
- WARD, H. *et al.* **Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

WOLF, P. Compreender o funcionamento do cérebro e sua importância no processo de aprendizagem. Porto: Porto Editora, 2004.



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AOS PAIS E/OU RESPONSÁVEIS

Título do Projeto: Neurociências e aprendizagem: o papel da experimentação no Ensino de Ciências

Colaborador voluntário: _____ RG: _____

Seu(Sua) filho(a) está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa “Neurociência e aprendizagem: o papel da experimentação no Ensino de Ciências”, de responsabilidade da pesquisadora Alexandra Moraes Maiato. Seu(Sua) filho(a) foi selecionado(a) por ter 13 anos de idade, estar no 8º ano do Ensino Fundamental e não ter diagnóstico de qualquer problema de aprendizagem. A participação de seu (sua) filho(a) não é obrigatória e a qualquer momento ele(a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Uma possível recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é identificar e analisar a atividade cerebral envolvida na realização de atividades experimentais, a fim de contribuir para melhor compreender a influência da utilização dessas tarefas na aprendizagem.

A participação nesta pesquisa será *voluntária* e consistirá em realizar uma atividade experimental e observar outra, bem como responder a questões ao final de cada atividade. Cabe destacar que a técnica de captura de imagens utilizada nesta pesquisa é de caráter não invasivo.

Os benefícios relacionados com a participação são de que esta pesquisa tem por maior finalidade demonstrar a importância das atividades experimentais no Ensino de Ciências, podendo gerar argumentos para repensar as ações docentes.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua

identificação, e caso seja necessário utilizar o nome será na forma de suas iniciais ou utilizando outro identificador, como nome de flores, por exemplo.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador principal e do CEP, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Assinatura da pesquisadora

Eu, _____, RG nº _____, responsável legal por _____, RG nº _____ declaro ter sido informado e concordo com a sua participação, como voluntário, no projeto de pesquisa acima descrito.

Rio Grande, ____ de _____ de _____.

Assinatura responsável legal

Responsável por obter o consentimento (assinatura e RG)

Testemunha (assinatura e RG)

Testemunha (assinatura e RG)

Pesquisadora Alexandra Moraes Maiato

Endereço Institucional: Universidade Federal do Rio Grande
Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Av. Itália, Km 8 - Campus Carreiros - Rio Grande - RS -

BRASIL - 96201900

Telefone: +55 53 91641014

Email: xandamaiato@yahoo.com.br

Orientadora Prof^a Dr^a Fernanda Antoniollo Hammes de Carvalho

FICHA 1

Check list

1. Identificação:	
Dia 1: __/__/__	
S N <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Dormiu ___ horas. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no café da manhã. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no almoço. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Praticou atividade física.	S N +/- <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com sono? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com fome? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está tranquilo? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está cansado? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está disposto?
Dia 2: __/__/__	
S N <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Dormiu ___ horas. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no café da manhã. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no almoço. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Praticou atividade física.	S N +/- <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com sono? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com fome? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está tranquilo? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está cansado? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está disposto?
Dia 3: __/__/__	
S N <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Dormiu ___ horas. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no café da manhã. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no almoço. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Praticou atividade física.	S N +/- <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com sono? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com fome? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está tranquilo? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está cansado? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está disposto?
Dia 4: __/__/__	
S N <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Dormiu ___ horas. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no café da manhã. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no almoço. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Praticou atividade física.	S N +/- <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com sono? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com fome? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está tranquilo? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está cansado? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está disposto?
Dia 5: __/__/__	
S N <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Dormiu ___ horas. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no café da manhã. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimentou-se no almoço. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Praticou atividade física.	S N +/- <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com sono? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está com fome? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está tranquilo? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está cansado? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Está disposto?

FICHA 2
EXPERIMENTO

É líquido ou sólido?

Materiais:

- Amido de milho
- Água
- Corante
- 1 prato fundo

Procedimento Experimental:

1. Colorir a água usando o corante.
2. Colocar no prato maisena e água, na proporção 2:1 e misturar.
3. Fazer uma bolinha com essa mistura.
4. Deixar a bolinha parada na palma da sua mão.
5. Apertar novamente a mistura.

FICHA 3
TESTE DE EVOCAÇÃO DE MEMÓRIA DE CURTO PRAZO DO
EXPERIMENTO OBSERVADO

Quais foram as substâncias utilizadas para fazer a mistura?

A professora conseguiu fazer uma bolinha com a mistura? O que aconteceu?

E quando a professora deixou a mistura na palma da mão, o que aconteceu?

É líquido ou sólido?

O experimento que você observou pode ser relacionado com qual fenômeno natural?

FICHA 4
TESTE DE EVOCAÇÃO DE MEMÓRIA DE LONGO PRAZO DO
EXPERIMENTO OBSERVADO

Quais foram as substâncias utilizadas para fazer a mistura?

A professora conseguiu fazer uma bolinha com a mistura? O que aconteceu?

E quando a professora deixou a mistura na palma da mão, o que aconteceu?

É líquido ou sólido?

O experimento que você observou pode ser relacionado com qual fenômeno natural?

FICHA 5
TESTE DE EVOCAÇÃO DE MEMÓRIA DE LONGO PRAZO DO
EXPERIMENTO REALIZADO

Quais foram as substâncias utilizadas para fazer a mistura?

Você conseguiu fazer uma bolinha com a mistura? O que aconteceu?

E quando deixou a mistura na palma da mão, o que aconteceu?

É líquido ou sólido?

O experimento realizado pode ser relacionado com qual fenômeno natural?

FICHA 6

TÓPICOS NORTEADORES DO TESTE EXPLÍCITO DE MEMÓRIA DO TIPO EVOCAÇÃO COM DICA

Após a observação do experimento...

- Perguntar ao sujeito se teve ou não algum fator que foi mais importante para ele no momento de recordar o conteúdo para responder as questões do teste.
- Perguntar ao sujeito se algum dos seguintes fatores foi mais importante no momento de recordar o conteúdo para responder cada uma das questões do teste: as palavras da professora; a explicação da professora; a professora fazendo o experimento.
- Perguntar ao sujeito se ele lembrava melhor de algum dos seguintes momentos: do que a professora executava; da imagem da professora fazendo o experimento; da fala da professora.

Após a realização do experimento pelo próprio sujeito...

- Perguntar ao sujeito se teve ou não algum fator que foi mais importante para ele no momento de recordar o conteúdo para responder as questões do teste.
- Perguntar ao sujeito se algum destes fatores foi mais importante no momento de recordar o conteúdo para responder cada uma das questões do teste: as palavras da professora; a explicação da professora; a professora fazendo o experimento; ele realizando o experimento.
- Perguntar ao sujeito se ele lembrava mais de algum dos seguintes momentos para responder o teste: do que a professora executava; da imagem da professora fazendo o experimento; da fala da professora; dele mesmo realizando o experimento.