

LOGOS UNIVERSITY INTERNATIONAL
DEPARTAMENTO PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERNACIONAL EM EDUCAÇÃO

WANESSA DE MOURA ARAÚJO RODRIGUES

NEUROCIÊNCIA COGNITIVA:
UMA ANÁLISE CRÍTICO REFLEXIVA DAS PUBLICAÇÕES DE 2010 A 2022 COM
ENFOQUE NA NEUROPLASTICIDADE E SUA APLICABILIDADE NOS
PROCESSOS COGNITIVOS E DE APRENDIZAGEM POR MEIO DO PROGRAMA
DE ENRIQUECIMENTO INSTRUMENTAL (PEI) DE REUVEN FEUERSTEIN

MIAMI, FLÓRIDA

2023

WANESSA DE MOURA ARAÚJO RODRIGUES

**NEUROCIÊNCIA COGNITIVA:
UMA ANÁLISE CRÍTICO REFLEXIVA DAS PUBLICAÇÕES DE 2010 A 2022 COM
ENFOQUE NA NEUROPLASTICIDADE E SUA APLICABILIDADE NOS
PROCESSOS COGNITIVOS E DE APRENDIZAGEM POR MEIO DO PROGRAMA
DE ENRIQUECIMENTO INSTRUMENTAL (PEI) DE REUVEN FEUERSTEIN**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Logos University International como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Neurociência.

Orientadora Profa. Dra. Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues.

MIAMI, FLÓRIDA

2023

Wanessa de Moura Araújo Rodrigues

Título: Neurociência Cognitiva: Uma análise crítico reflexiva das publicações de 2010 a 2022 com enfoque na Neuroplasticidade e sua aplicabilidade nos processos cognitivos e de aprendizagem por meio do Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) de Reuven Feuerstein

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues – Presidente da banca examinadora
Logos University International

Prof. Dr. Uanderson Pereira da Silva
Logos University International

Prof. Dr. Arthur Mennuci
Universidade Federal de Viçosa MG

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Neurociência.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Profa. Dra. Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues

Orientador(a).

Miami, 2023

RESUMO

As pesquisas da Neurociência cresceram exponencialmente nas últimas décadas, este estudo busca discorrer pelos avanços da Neurociência Cognitiva, visando analisar as contribuições em relação ao desenvolvimento da aprendizagem, além disso, como esse conhecimento pode ser aplicado na prática, por meio de metodologias que possam contribuir na consolidação desses processos. Para isso, a proposta é realizar análise crítica reflexiva das publicações com enfoque na Neuroplasticidade e sua aplicabilidade por meio do Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) de Reuven Feuerstein. A Neurociência atual esclarece aspectos inerentes sobre o cérebro humano como; a recepção de informações, o processamento e o armazenamento na memória, compreender esse funcionamento pode beneficiar profissionais como psicólogos, psicopedagogos, fonoaudiólogos, terapeutas ocupacionais, pedagogos e professores a mediarem assertivamente o processo de desenvolvimento cognitivo. O método empregue neste estudo foi revisão bibliográfica e pesquisa exploratória por meio de seleção de textos, livros, artigos e trabalhos acadêmicos relacionados ao tema proposto, retirados de fontes como revistas virtuais de universidades nacionais e internacionais, CAPES, BVS, Scielo e acervo pessoal. Este trabalho é de abordagem qualitativa e se dedicou a analisar, sobe a perspectiva da Neurociência Cognitiva, textos que abrangessem a neurobiologia dos processos cognitivos, bem como as contribuições da Neurociência para esclarecer o desenvolvimento da aprendizagem no córtex cerebral. Os resultados observados foram estudos amplos sobre a plasticidade neural e a capacidade do cérebro de se modificar ao nível celular, além de compreender como ocorre a estimulação dos neurônios e a formação de rede neural. Esses pontos esclarecem sobre o melhor manejo diante de uma proposta de estimulação ou reabilitação cognitiva, que podem resultar em modificações no córtex cerebral, transitórias ou permanentes. Ainda, elucida sobre a capacidade do cérebro de se modificar, sendo isto possível por meio do sistema sensorial-motor, assim o cérebro recebe as informações externas e se modifica bioquimicamente, realiza comunicação interneuronal, por conseguinte, essas informações processadas são selecionadas e armazenadas, sendo o grau de importância variado de pessoa para pessoa. Conclui-se, portanto, que hoje as pesquisas da Neurociência Cognitiva podem trazer contribuições efetivas para as áreas de estudos relacionadas à aprendizagem, é importante que os profissionais dessas áreas se apropriem do conhecimento de como o cérebro humano recebe informações, processa e a armazena na memória. As bases neurocientíficas sobre o processo cognitivo traz conhecimento concreto sobre o funcionamento cerebral e diante destas informações relevantes, podem contribuir para adaptar estratégias que potencializem a aprendizagem.

Palavras-chave: Neurociência cognitiva; aprendizagem; programa de enriquecimento instrumental (PEI); Reuven Feuerstein.

ABSTRACT

Neuroscience research has grown exponentially in recent decades, this study seeks to discuss the advances in Cognitive Neuroscience, aiming to analyze the contributions in relation to the development of learning, in addition, how this knowledge can be applied in practice, through methodologies that can contribute in the consolidation of these processes. For this, the proposal is to carry out a reflective critical analysis of publications focusing on Neuroplasticity and its applicability through Reuven Feuerstein's Instrumental Enrichment Program (IEP). Current Neuroscience sheds light on inherent aspects of the human brain such as; the reception of information, processing and storage in memory, understanding this functioning can benefit professionals such as psychologists, psychopedagogues, speech therapists, occupational therapists, pedagogues and teachers to assertively mediate the process of cognitive development. The method used in this study was a bibliographical review and exploratory research through the selection of texts, books, articles and academic works related to the proposed theme, taken from sources such as virtual magazines from national and international universities, CAPES, VHL, Scielo and personal collection. This work has a qualitative approach and was dedicated to analyzing, from the perspective of Cognitive Neuroscience, texts that covered the neurobiology of cognitive processes, as well as the contributions of Neuroscience to clarify the development of learning in the cerebral cortex. The observed results were broad studies on neural plasticity and the brain's ability to change at the cellular level, in addition to understanding how neuron stimulation and neural network formation occurs. These points shed light on the best management of a proposal for cognitive stimulation or rehabilitation, which may result in transient or permanent changes in the cerebral cortex. It also elucidates the brain's ability to modify itself, this being possible through the sensory-motor system, so the brain receives external information and changes biochemically, performs interneuronal communication, therefore, this processed information is selected and stored, the degree of importance varying from person to person. It is concluded, therefore, that today Cognitive Neuroscience research can bring effective contributions to the areas of study related to learning, it is important that professionals in these areas appropriate the knowledge of how the human brain receives information, processes and stores it in the brain. memory. The neuroscientific bases on the cognitive process bring concrete knowledge about brain functioning and, given this relevant information, can contribute to adapting strategies that enhance learning.

Keywords: Cognitive neuroscience; learning; instrumental enrichment program (IEP); Reuven Feuerstein.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A distribuição de áreas do encéfalo humano relacionadas ao comportamento e cognição	20
Figura 2 – Um dos primeiros mapas para a localização das funções no encéfalo*	22
Figura 3 – Afasia de Broca	23
Figura 4 – Sistema nervoso dividido em sete partes.....	27
Figura 5 – O cérebro humano	30
Figura 6 – Os lobos do cérebro humano	31
Figura 7 – Estrutura Neuronal.....	35
Figura 8 – A estrutura interna de um neurônio típico.....	38
Figura 9 – Componentes celulares do sistema nervoso central	38
Figura 10 – Processo de Neuroplasticidade em um neurônio*	39
Figura 11 – Formação da Bainha de Mielina no corpo axonal	40
Figura 12 – Esquemas das etapas	41
Figura 13 – Teoria da TMCE.....	43
Figura 14 – Neuroplasticidade e processo de aprendizagem	46
Figura 15 – Procedimentos/ técnicas de coleta dos dados: atividade exploratória	51
Figura 16 – Programa de Enriquecimento Instrumental - PEI.....	60
Figura 17 – Atividades do PEI.....	65
Figura 18 – Instrumentos do PEI	68
Figura 19 – Area de associação parieto-occipito-temporal.....	69
Figura 20 – Instrumentos do PEI	70
Figura 21 – Área fronto-temporal.....	71
Figura 22 – Instrumentos do PEI	72
Figura 23 – Áreas Parietal e Occipital	73
Figura 24 – Instrumentos do PEI	74
Figura 25 – Áreas Parietal e Occipital/Temporal-Hipocampal.....	75
Figura 26 – Instrumentos do PEI	76
Figura 27 – Áreas relacionadas com as emoções.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais autores das Neurociências: Conceitos sobre os Processos Cognitivos.	18
Quadro 2 – Áreas da Neurociência	25
Quadro 3 – Caracterização da pesquisa	48
Quadro 4 – Roteiro para Análise de Dados	50
Quadro 5 – Principais Livros da Neurociência. Autores, títulos e anos pesquisados	52
Quadro 6 – Bibliografia e artigos referente a Reuven Feuerstein.....	53
Quadro 7 – Principais artigo, revistas, títulos de apoio	54
Quadro 8 – A mediação da aprendizagem segundo Reuven Feuerstein	58
Quadro 9 – Instrumentos do PEI, níveis I e II	65
Quadro 10 – Funções executivas: Processo e função	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
2 INTRODUÇÃO À NEUROCIÊNCIA COGNITIVA: CONCEITOS BÁSICOS ..	17
2.1 O SISTEMA NERVOSO E SUAS ESPECIFICIDADES: CONTEXTO HISTÓRICO	21
2.1.1 O Sistema Nervoso e suas especificidades: Neurociências e suas áreas de estudos.	24
2.1.2 O Sistema Nervoso e suas especificidades: Bases Estruturais do SN.....	26
2.1.3 Os lobos cerebrais - localização e função.....	30
3 NEUROPLASTICIDADE: A CAPACIDADE DO CÉREBRO DE SE MODIFICAR E APRENDER.....	34
3.1 PRINCÍPIOS DA NEUROCIÊNCIA: ESTRUTURAS CELULARES BÁSICAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL.....	37
3.2 NEUROPLASTICIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA COMPREENSÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS	39
3.3 PLASTICIDADE NEURAL E SUA RELAÇÃO COM DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM	42
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	48
4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	49
4.1.1 Contexto da pesquisa	51
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	57
5.1 PRIMEIRO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE.....	59
5.1.1 Programa de enriquecimento instrumental (PEI) de Feuerstein sob a ótica da neurociência cognitiva	59
5.2 SEGUNDO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE.....	64

5.2.1 Programa de enriquecimento instrumental (PEI): enfoque na neuroplasticidade	64
5.2.1.1 PEI - Organização de pontos	68
5.2.1.2 PEI - da unidade ao grupo	70
5.2.1.3 PEI - orientação básica no espaço	71
5.2.1.4 PEI - comparando e descobrindo absurdo	72
5.2.1.5 PEI - identificando emoções	74
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	82
ANEXO A: Programa de Enriquecimento Instrumental – PEI	89
ANEXO B: Atividades do PEI – Organização de Pontos	90
ANEXO C: Atividades do PEI – Classificações	92
ANEXO D: Atividades do PEI – Relações Temporais	92
ANEXO E: Atividades do PEI – Progressões Numéricas	93
ANEXO F: Atividades do PEI – Relações Transitivas	93
ANEXO G: Atividades do PEI – Orientação Espacial I	94
ANEXO H: Atividades do PEI – Orientação Espacial II	94
ANEXO I: Atividades do PEI – Desenhos Padrões	95
ANEXO J: Atividades do PEI – Comparações	96
ANEXO K: Atividades do PEI – Percepção Analítica	96
ANEXO L: Atividades do PEI – Relações Familiares	97

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, os estudos sobre o cérebro vêm desvendando o funcionamento dos processos cognitivos, conseqüentemente fornecendo respaldo neurobiofisiológico às áreas de estudos que enfatizam a aprendizagem. O conhecimento do cérebro e suas funcionalidades, embora recente, pode propiciar maior compreensão para profissionais que atuam na área cognitiva, uma vez que o cérebro é o principal responsável pelo processo da aprendizagem. As pesquisas das Neurociências objetivam compreender o funcionamento do sistema nervoso, contemplando os aspectos inerentes ao cérebro humano, como a recepção de informações, seu processamento e armazenamento na memória.

Neste texto, serão enfatizados os processos cognitivos embasados pela Neurociência Cognitiva, ou seja, enfatizar as relações entre as ciências do cérebro e as ciências da aprendizagem. Pois, atualmente cada vez mais se destaca o conhecimento sobre o potencial do córtex cerebral em aprender e sua capacidade de estabelecer conexões neurais de forma abundante, o que possibilita o registro de informações no sistema nervoso. O aprofundamento nas pesquisas sobre o cérebro humano contribui para que hoje se compreenda melhor as bases neuroanatômicas do sistema nervoso humano, ao nível macro e micro, e como estão relacionadas ao desenvolvimento da aprendizagem.

Será apresentada a organização do sistema nervoso central (SNC), estrutura que se divide em sistema central e periférico. Sua estrutura macro do sistema central é composta pelo encéfalo com o cérebro, tronco encefálico e cerebelo, juntamente com a medula espinhal. Por conseguinte, o sistema nervoso periférico é formado por nervos, gânglios e terminações nervosas. (LENT, 2010).

Ainda, o sistema nervoso é composto por estruturas micros, a principal célula de funcionamento desse sistema é o neurônio; são unidades estruturais e funcionais do sistema nervoso, especializadas na comunicação no córtex cerebral. Essas células têm a função de receber, processar e enviar informações, a estimativa é que no cérebro adulto exista 86 bilhões de neurônios, a maioria dos neurônios possui três regiões responsáveis por funções especializadas: o corpo celular, os dendritos e axônios. Cada neurônio pode receber informações de cerca de 20 mil neurônios e enviar para outros 20 mil neurônios, formando uma rede de informação extensiva e eficaz. (LENT, 2010).

A Neurociência atual, por meio das pesquisas de imageamento e mapeamento do córtex cerebral, descobriu que a quantidade de conexões neurais que o cérebro pode realizar é quase infinita, formando uma complexa rede neuronal, que possibilita a interação do organismo com o ambiente através do sistema sensorio-motor. Essas conexões se dão pela propagação de impulsos nervosos em função da constituição da membrana plasmática do neurônio, com a presença de diferentes canais iônicos que possibilitam a geração e a condução de sinais químicos e elétricos entre neurônios. Os impulsos nervosos são transmitidos de um axônio terminal para os dendritos de outro neurônio por meio de um espaço denominado fenda sináptica, isso permite o trânsito de íons e estabelece a comunicação entre a rede de neurônios. (BEAR, 2017).

O que a Neurociência explica é que, à medida que se aumenta o número de conexões, cresce também o padrão de reconhecimento cerebral, conseqüentemente, a aprendizagem se consolida. A importância de compreender a neurofisiologia dos processos cognitivos oportuniza um envolvimento ativo e efetivo do profissional que atua na estimulação e reabilitação do sistema nervoso. A neurociência cognitiva reconhece que o cérebro passa por remodelação estrutural enquanto aprende, em outros termos, utiliza de conhecimentos já adquiridos, dessa forma, usa a recursividade num ambiente motivador, pontos que promovem a formação de espículas dendríticas no cérebro do indivíduo. (RELVAS, 2010).

Pode-se afirmar que as pesquisas da Neurociência Cognitiva têm muito a contribuir para as áreas de estudos sobre a aprendizagem. Nas descobertas, que serão apresentadas neste trabalho, caberá aos profissionais que atuam na estimulação e na reabilitação cognitiva, se atentarem em compreender como o indivíduo aprende e, a partir desse conhecimento, caminhar na perspectiva de mediar mais assertivamente esse processo. Hoje, se compreende que a aprendizagem é um processo intrínseco e pessoal, no entanto, necessita de mediação. Estudiosos como Reuven Feuerstein buscavam entender esse processo, segundo o teórico, o cérebro é sempre modificável por isso, é possível elevar o nível de inteligência. Sua abordagem (Experiência da Aprendizagem Mediada) EAM, nasceu da experiência de Feuerstein com crianças e jovens sobreviventes do Holocausto, no final da década de 1940. (TURRA, 2007).

Observa-se que Feuerstein, mesmo sem o embasamento da Neurociência naquela época, pois a expansão exponencial da ciência do cérebro ocorreu nos anos de 1990, já

buscava justificar os processos de aprendizagem, relacionando-os com o cérebro. É possível notar essa relação na sua abordagem da EAM. Para Reuven Feuerstein, havia três critérios: a intencionalidade por parte do mediador e reciprocidade perante o mediado para focagem e satisfação das necessidades do mediado; a transcendência da realidade concreta, da tarefa aprendida, generalizando para posterior aplicação da compreensão de um fenômeno apreendido em outras situações e contextos; e a mediação de significado, a construção de significados que permitam compreender a importância da aprendizagem e interpretar os resultados alcançados. (FEUERSTEIN, 1997).

Esses critérios foram observados empiricamente por Feuerstein como fatores comuns em toda situação de mediação e no desenvolvimento da aprendizagem. No entanto, atualmente é possível embasar mais efetivamente seus estudos nas contribuições da Neurociência Cognitiva, pois as pesquisas nessa área passaram a conduzir novas teorias sobre o cérebro e sua maleabilidade, traçando um novo rumo às concepções da mente e principalmente dos processos cognitivos. Através da EAM Feuerstein também foi o autor responsável pelo Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI), como metodologia aplicável, pode ser um recurso efetivo de reabilitação ou estimulação cognitiva.

Esse instrumento, subsidiado pela Neurociência Cognitiva, com o enfoque na plasticidade Neural, pode promover ampliação do conhecimento sobre a estimulação mediada, sendo assim, os profissionais que atuam em intervenções poderão ter um melhor entendimento de como o cérebro processa e armazena as informações e a melhor conduta para um manejo mais assertivo. Considera-se atualmente que os estímulos externos são captados e selecionados pela atenção, modificados pela plasticidade cerebral e conseqüentemente armazenada na memória para evocação posterior. Diante disso, o papel da motivação nos processos cognitivos, assim como a importância da estimulação e do Programa de Enriquecimento Instrumental de Reuven Feuerstein, são conhecimentos e instrumentos relevantes que podem subsidiar a formação de novas conexões neurais e a formação da aprendizagem.

Portanto, os profissionais que atuam na estimulação e na reabilitação cognitiva exercem um papel fundamental nesse processo, uma vez que, trabalhar intencionalmente sobre o cérebro poderá favorecer a formação de conexões neuronais. Se psicólogos, psicopedagogos, fonoaudiólogos, terapeutas ocupacionais, pedagogos e professores estiverem cientes dos processos neurobiofisiológicos, isso poderá levar a elaboração de atividades e intervenções que explorem as possibilidades que o cérebro apresenta, em outros termos, o processo de aquisição da aprendizagem poderá ser facilitado.

Por isso, a utilização de estratégias como o (PEI) de Reuven Feuerstein, que valoriza o funcionamento cerebral no contexto de uma estimulação mediada, pode contribuir para uma aprendizagem efetiva. As informações exploradas e discutidas neste trabalho buscam interligar as pesquisas sobre a plasticidade neural à Teoria de Feuerstein e, dessa forma, contribuir para desenvolver estimulação mais assertiva no córtex cerebral.

1.1 JUSTIFICATIVA

Reconhecida como a parte da ciência que estuda o sistema nervoso, a Neurociência traz conceitos que podem ajudar a aprimorar o entendimento do desenvolvimento cognitivo no córtex cerebral. Ainda, elucida como o conhecimento é transmitido e compreendido por esses processos. Dando ênfase a Neurociência Cognitiva, definida como o campo científico que estuda as funcionalidades do sistema nervoso responsável pelo aprendizado em todas as etapas da vida, essa área tem como foco compreender o funcionamento da mente humana e as técnicas possíveis para o aprimoramento dos seus processos. Desse modo, quando se trata dos processos cognitivos relacionados à aprendizagem, o conhecimento da Neurociência focado na plasticidade neural pode ser aplicado para compreendermos como ocorre esse processo no cérebro humano.

Observa-se que, para a aprendizagem ocorrer efetivamente, esse processo deve ser formativo e estimulado, não se limitando apenas ao currículo formal da sala de aula. Para ampliar essa possibilidade e compreender melhor os processos de plasticidade neural, relacionados a uma metodologia que de fato abarque a estimulação dos processos cognitivos, se mostrou necessário analisar o referencial teórico das pesquisas atuais da Neurociência Cognitiva, e em reunir à análise, os estudos da metodologia de aprendizagem mediada significativa formulada por Reuven Feuerstein. O presente trabalho concentra-se em apresentar a formulação teórica de Feuerstein sob a ótica da Neurociência, com o enfoque no processo da neuroplasticidade. O intuito é apresentar além do arcabouço teórico das pesquisas neurocientíficas relacionadas aos processos cognitivos, buscar relacionar esses estudos ao Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI).

Esclarecer esses pontos pode facilitar o planejamento de intervenções direcionadas a estimulação ou reabilitação cognitiva, ainda além, a aplicação de estratégias que poderão contribuir para o melhor desenvolvimento de pessoas com transtornos ligados à cognição. Explanar sobre essas duas vertentes pode ser uma possibilidade viável, diante dos resultados de pesquisas neurocientíficas recentes, aliar a metodologia de mediação de Feuerstein, pode trazer embasamento da Neurociência para seus estudos. Para isso, esta dissertação tem como recorte pesquisar e analisar textos da Neurociência Cognitiva, publicados entre o período de 2010 – 2022, e investigar os estudos de Feuerstein, para buscar estabelecer uma relação entre essas duas áreas de conhecimento.

Portanto, é importante enfatizar que, aliar a Teoria Experiência da Aprendizagem Mediada (EAM) e ao Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI), elaborados por Reuven Feuerstein, às pesquisas neurocientíficas de hoje, pode trazer informações relevantes sobre os processos mentais e seu funcionamento. Nesse cenário, a proposta deste trabalho é dar ênfase à Neurociência Cognitiva, uma subárea da Neurociência que foca o estudo de processos mentais do indivíduo como o pensamento, a aprendizagem, a inteligência, a linguagem e a percepção, e articular com a metodologia aplicável de Feuerstein. Diante disso, compreender melhor a metodologia (PEI) como proposta de estratégia de estimulação ou reabilitação. (COSENZA; GUERRA, 2011).

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é aprofundar nos estudos da Neurociência Cognitiva com foco na plasticidade neural, buscar embasar a metodologia de Feuerstein sobre a aprendizagem mediada e a aplicabilidade do seu Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI), sobe a perspectiva das pesquisas atuais da neuroplasticidade. Ainda além, colaborar para estreitar relações entre essas duas linhas teóricas e fomentar a ideia de pesquisas articuladas.

1.2.1 Objetivo Geral

- Levantar publicações de 2010 a 2022 que tratam do conceito e da aplicabilidade da Neurociência Cognitiva;
- Investigar os estudos de Feuerstein sobre Aprendizagem Mediada (EAM) e o Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI);
- Buscar estabelecer relação entre a neuroplasticidade e a metodologia de Feuerstein;

- Analisar o conteúdo levantado e compará-lo com registros de estudiosos que aplicaram seu conhecimento para apresentar metodologias que contribuem para a estimulação cognitiva;
- Alinhar o conteúdo das publicações da Neurociência Cognitiva com as teorias da área da educação, advindas de estudiosos como Feuerstein, Vygotsky e Piaget.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Interpretar, de modo crítico e reflexivo, o material coletado;
- Apresentar um referencial de pesquisas 2010 – 2022, na área da Neurociência Cognitiva, que aborde o funcionamento cerebral no seu processo de desenvolvimento cognitivo;
- Buscar compreender as bases neurais, suas estruturas, seu processo de plasticidade neural e como estão relacionadas à aprendizagem;
- Produzir um estudo sobre o estado da arte em 12 anos de Neurociência;
- Comparar a teoria produzida com a metodologia de Feuerstein, aplicada na prática por seus estudiosos e pesquisadores da área.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O conceito de neuroplasticidade no decorrer das décadas, foi se ampliando, atualmente o que está em maior evidência na cena neurocientífica, principalmente nos trabalhos acadêmicos desses últimos 10 anos, acreditava-se, que após o desenvolvimento do sistema nervoso central, essa estrutura se tornava rígida e qualquer alteração na região seria de caráter permanente. No entanto, com a descoberta da neuroplasticidade e por meio do aprofundamento das pesquisas nesse tema, foi possível compreender que o cérebro de um adulto pode ter algumas células reconstituídas mediante estímulos ou reabilitação.

A plasticidade neural é muito estudada pelos neurocientistas, e os estudos sobre esse tema continuam longe de se esgotar. O que se compreende, até o momento, é que a aplicação dos conceitos da modificabilidade cognitiva, plasticidade neural, em metodologias relacionadas à aprendizagem e à estimulação é bem diversa e pode ser aplicada principalmente nas áreas de reabilitação. Na literatura neurocientífica existe um vasto número de textos e procedimentos metodológicos de diferentes autores, que podem articular com planos e estruturas de pesquisa.

Observa-se que aspectos e conceitos apontados em trabalhos acadêmicos, apresentam resultados positivos quando se trata de aplicabilidade em pessoas com déficits cognitivos, porém, para esclarecer como este processo se desenvolve, é necessário buscar bases seguras para teorizar as ideias iniciais e dar subsídios aos conhecimentos epistemológicos da área da Neurociência Cognitiva e sua possível aplicabilidade no contexto da aprendizagem.

Nessa perspectiva, busca-se, a partir dos estudos de autores como Lent, Kandel, Krebs, Consenza, Guerra e outros pesquisadores, apresentar a habilidade que o cérebro possui de se modificar estruturalmente, mediante aos estímulos, capacidade denominada neuroplasticidade. A Neurociência Cognitiva atual aponta que os neurônios e as sinapses criam circuitos neurais, desenvolvendo vias para absorver conhecimento, resultando em avanço significativo no processo da aprendizagem.

Diante disso, levar essas contribuições e conhecimentos para estudos como o de Reuven Feuerstein, que explanava sobre a necessidade de um ambiente que potencialize meios de estimular essas redes neurais, poderá proporcionar resultados mais satisfatórios. Para tal, foi avaliado o objetivo do estudo, observando a adequação dos métodos empregados pelos autores pesquisados, a qualidade da teoria adotada, além do aspecto aplicável do conceito analisado. Diante desse ponto de inquietação dos autores, observa-se que é necessário, primeiramente, buscar compreender as teorias da Neurociência Cognitiva, sobretudo o conceito de neuroplasticidade, aliando essa teoria a uma metodologia aplicável que pudesse melhor estimular a aprendizagem.

Durante o percurso da pesquisa, se nota que alguns autores se assemelham na forma de apresentar seus textos, os livros de base da Neurociência são organizados por capítulos estruturados e ordenados por temas que se sobrepõem e por ordem de complexidade. Os textos são apresentados primariamente esclarecendo sobre as estruturas-base do sistema nervoso e, por fim, abrangendo temas mais complexos, como o delineamento e funcionamento de processos cognitivos e a formação da mente. A escolha do método revela a lógica da pesquisa empreendida e aspectos da visão de mundo dos pesquisadores, o critério metodológico definido possibilita criar condições satisfatórias para uma combinação de procedimentos apropriados aos objetivos da pesquisa.

Neste trabalho, o problema será de ordem intelectual, o objetivo é aprofundar em indagações teóricas e, para isso, realizar o delineamento metodológico do estudo, neste caso, a pesquisa bibliográfica exploratória. A pesquisa documental será feita pela imersão sistemática no objeto de estudo, por leituras de bibliografias específicas do tema, preferencialmente empíricas, através do estudo da literatura existente.

Assim, trabalhar as especificidades, no caso de área já explorada, ou seja, o foco é aprofundar nos estudos da neuroplasticidade e explorar maiores possibilidades de encontrar, na literatura, textos e teorias que mais se adéquem à investigação do problema. Nesse contexto, delimitou-se o seguinte problema de investigação: as contribuições da Neurociência Cognitiva, com o enfoque na neuroplasticidade, podem articular e dar embasamento ao Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) elaborado por Reuven Feuerstein? Esse conhecimento pode trazer melhor esclarecimento sobre os processos cognitivos, assim, poder proporcionar estimulação ou reabilitação mais eficaz no córtex cerebral? Este trabalho buscará elucidar estes pontos.

2 – INTRODUÇÃO À NEUROCIÊNCIA COGNITIVA: CONCEITOS BÁSICOS

A evolução humana pôde acontecer devido à capacidade do ser humano de se adaptar diante das adversidades, conseguiu capacitar-se diante dos obstáculos e, conseqüentemente, desenvolver habilidades necessárias para poder interagir e sobreviver aos percalços do ambiente, esse processo de adaptação dá-se o nome de aprendizagem. Quando se pensa sobre a aprendizagem humana, surgem questionamentos relevantes sobre esse processo, um deles é, quais são as estruturas relacionadas aos processos cognitivos e como essas bases funcionam? Atualmente, a Neurociência Cognitiva busca elucidar perguntas como a apresentada acima.

Conforme Firmino; Braz (2020), a Neurociência é classificada como uma ciência nova, existente há uns 150 anos, no entanto, o maior avanço dessa ciência ocorreu na década de 1990. Reconhecida pela Neurociência como a década do cérebro, foi a partir desse período que os estudos do funcionamento cerebral passaram a ter resultados cada vez mais significativos, devido ao avanço tecnológico de aparelhos que possibilitavam observar o cérebro de uma pessoa ainda viva e em pleno funcionamento. Ainda, o termo neurociência cognitiva surgiu no final de 1970, definido por cientistas das Universidades Rockefeller e Cornell, situadas no território estadunidense, que se dedicavam ao estudo de como o cérebro dá origem à mente. Pode parecer recente o surgimento da Neurociência, porém representa um marco originário de vários estudos desenvolvidos anteriormente. (GALVÃO, 2017).

Dentre alguns estudiosos da área da Neurociência que procuraram compreender sobre esses processos e contribuíram com estudos, pesquisas e publicações no período de 2010 até 2022, pode-se citar: Robert Lent, Dale Purves, Ramon Cosenza, Leonor Guerra, Ivan Izquierdo, Eric Kandel, Mark Bear, Newra Rotta e Claudia Krebs, entre outros. Suas publicações atualmente são a base para os estudos e a escrita de outros pesquisadores, seus textos dão a possibilidade para ampliar o conhecimento acerca do funcionamento cerebral. Uma das possibilidades advindas desse conhecimento é poder compreender quais são as estruturas neuroanatômicas, celulares e os mecanismos de funcionamento do córtex cerebral envolvidos no desenvolvimento da cognição e, conseqüentemente, da aprendizagem.

Mediante aos autores citados no parágrafo anterior, pode-se observar os principais conceitos explanados por cada um deles, relacionados à Neurociência e aos aspectos cognitivos, é possível destacar:

Quadro 1 – Principais autores das Neurociências: Conceitos sobre os Processos Cognitivos

Autor	Conceito
Robert Lent	No sistema nervoso, os neurônios são agrupados em grandes conjuntos com identidade funcional. Isso faz com que as diferentes funções sejam localizadas em regiões restritas, embora haja uma enorme conectividade e interação entre elas. Cada região faz a sua parte, contribuindo para a integração funcional do conjunto. Quando conversamos com alguém, ao mesmo tempo o vemos (visão), falamos (linguagem), conservamos a postura (motricidade), temos emoções e memórias etc. Cada uma dessas funções é executada por uma parte do sistema nervoso, mas todas as partes operam coordenadamente. Essa é a teoria da localização de funções no sistema nervoso. (LENT, 2010, p. 3).
Dale Purves	Vários dos temas já explorados com sucesso dizem respeito a como as principais células do sistema nervoso (...) neurônios e glia realizam suas funções básicas em termos anatômicos, eletrofisiológicos, celulares ou moleculares. A diversidade de neurônios e células gliais de suporte já identificados agrupa-se em conjuntos chamados de circuitos neurais, e estes são os componentes primários dos sistemas neurais que processam tipos específicos de informação (...) propiciando a base das funções encefálicas “superiores”, como percepção, atenção, cognição, emoções, linguagem, pensamento racional, bem como estabelecendo a base dos processos neurais complexos centrais à compreensão dos seres humanos, seu comportamento, sua história e talvez seu futuro. (PURVES, 2010, p. 1).
Leonor Guerra e Ramon Cosenza	Educadores, professores e pais assim como psicólogos, neurologistas ou psiquiatras são, de certa maneira, aqueles que mais trabalham com o cérebro (...) os educadores contribuem para a organização do sistema nervoso do aprendiz e, portanto, dos comportamentos que ele apresentará durante a vida (...). A partir dessa constatação ficou clara para nós a importância de estabelecer um diálogo entre a neurociência e a educação, tornando conhecidos dos educadores os fundamentos neurocientíficos do processo ensino-aprendizagem (...). O cérebro é a parte mais importante do sistema nervoso, pois é através dele que tomamos consciência das informações que chegam pelos órgãos dos sentidos e processamos essas informações, comparando-as com nossas vivências e expectativas. É dele também que emanam as respostas voluntárias ou involuntárias, que fazem com que o corpo, eventualmente, atue sobre o ambiente. (GUERRA; COSENZA, 2011, p. 8-12).
Ivan Izquierdo	Memória significa aquisição, formação, conservação e evocação de informações. A aquisição é também chamada de aprendizado ou aprendizagem: só se “grava” aquilo que foi aprendido. A evocação é também chamada de recordação, lembrança, recuperação. Só lembramos aquilo que gravamos, aquilo que foi aprendido (...) somos aquilo que recordamos, literalmente. Não podemos fazer aquilo que não sabemos, nem comunicar nada que desconhecemos, isto é, nada que não esteja na nossa memória” (...) O conjunto das memórias de cada um determina aquilo que se denomina personalidade ou forma de ser. (IZQUIERDO, 2011, p. 13-14).
Claudia Krebs	O sistema nervoso é o que nos permite perceber e interagir com o nosso ambiente. O encéfalo regula a função voluntária e involuntária, permite-nos estar atentos e receptivos e possibilita que respondamos física e emocionalmente ao mundo. A função cerebral é o que nos torna a pessoa que somos. (KREBS, 2013, p. 13).
Eric Kandel	O objetivo das neurociências é a compreensão de como o fluxo de sinais elétricos através de circuitos neurais origina a mente, como percebemos, agimos, pensamos, aprendemos e lembramos. (...) Para estudar como percebemos, agimos, pensamos, aprendemos e lembramos, devemos desenvolver novas abordagens e esquemas conceituais para compreendermos o comportamento de sistemas que vão de células nervosas individuais ao substrato da cognição. (KANDEL, 2014, p. 15-16).
Mark Bear	O encéfalo tem sido considerado a mais complexa porção de matéria no universo. A

	matéria encefálica consiste em uma fantástica variedade de moléculas, muitas das quais são exclusivas do sistema nervoso. Essas diferentes moléculas têm diferentes papéis, os quais são cruciais para a função do encéfalo: mensageiros que permitem aos neurônios comunicarem-se uns com os outros, sentinelas que controlam quais materiais podem entrar ou sair dos neurônios, guias que direcionam o crescimento neuronal, arquivistas de experiências passadas. (BEAR, 2017, p. 12).
Newra Rotta	Entre os diversos elementos envolvidos em uma abordagem terapêutica, principalmente nas intervenções educativas, a compreensão dos fenômenos neurológicos subjacentes às transformações sempre são elementos que intrigaram. Compreender que as intervenções no campo educativo são capazes de alterar modos de aprender, comportamentos e ampliações nas construções cognitivas, construindo novos significados, reordenando ou organizando elementos subjetivos é consenso no campo da educação. (ROTTA, 2018, p. 1).

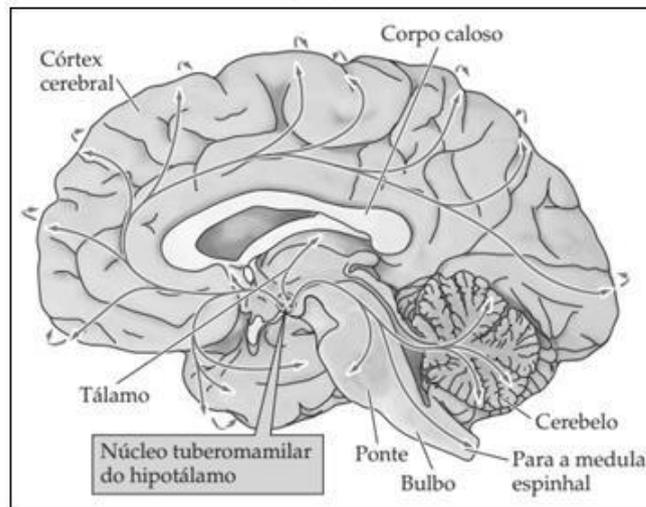
Fonte: Quadro elaborado pela autora

Contudo, antes de adentrar no conhecimento neurobiológico, não há como negar que o processo de aprender é influenciado diretamente pelos fatores externos. Feuerstein (2014) nomeia esse ponto de estímulo, isto significa que, a influência do ambiente molda a aprendizagem. O estímulo é uma série de incentivos, os quais podem ser oferecidos por meio de jogos, afetos, conversas, entre outras atividades que auxiliem no desenvolvimento cognitivo, aos quais favorece ao ser humano adquirir novas informações e experiências. Um exemplo é a elaboração do Programa Enriquecimento Instrumental de Feuerstein, que, através de estímulo, consolida a formalização de ideias a serem trabalhadas durante o processo de ensino-aprendizagem do sujeito, ou seja, a forma que o ambiente irá se apresentar ao ser humano também o molda, modificando suas estruturas cognitivas. No entanto, o que se dará ênfase, neste primeiro capítulo, é o que a Neurociência Cognitiva já desvendou sobre a estrutura do sistema nervoso nos processos cognitivos e como é essa dinâmica no córtex cerebral.

Para realizar uma análise e escrita coerentes, primeiro foi necessário organizar esta dissertação em títulos que interligam entre si, com temas que se complementam ao nível de complexidade. Neste capítulo introdutório, serão apresentados alguns pontos conceituais sobre a Neurociência, dando ênfase à área Cognitiva. Para tal objetivo, esses princípios serão primeiramente abordados de modo geral, pois o foco deste trabalho é apresentar posteriormente, no capítulo 3, referências teóricas que abordem com mais clareza e profundidade a Plasticidade neural e a capacidade do cérebro em se modificar e desenvolver cognitivamente. Como já explanado, os principais textos coletados são do período de 2010 a 2022, livros de base da Neurociência e artigos originários de autores pesquisadores na área e publicados por editoras (inter) nacionais.

Por uma questão de método, cada capítulo será apresentado em níveis subsequentes, visto que, esses níveis se sobrepõem. Para tal, o trabalho iniciará com a apresentação dos princípios da Neurociência, desde a estrutura macroscópica (anatômico), perpassando pela organização microscópica (histológico), até a constituição e funcionamento das células e suas interações moleculares (o nível celular), sendo esse último ponto o de maior complexidade. Ainda, esta dissertação manterá o enfoque no funcionamento cognitivo, com o intuito de buscar melhor compreensão do funcionamento cerebral (figura 1). Ressalta-se que, para construção deste texto, será apresentada, no capítulo 4, a metodologia aplicada para a pesquisa e a construção deste trabalho. (LENT, 2010).

Figura 1 – A distribuição de áreas do encéfalo humano relacionadas ao comportamento e cognição



Fonte: Purves (2010).

Por último, será apresentada a análise dos resultados sobre o tema proposto, os avanços dos estudos sobre a neuroplasticidade e sua relação com os processos de desenvolvimento cognitivos. A princípio, no capítulo 4, através da síntese dos conteúdos dos livros que foram pesquisados, serão explanados os principais autores e capítulos sobre o tema, o intuito é a apresentar o objeto de estudo, o que significará apontar os textos da Neurociência do período de 2010 a 2022 que explanam sobre o sistema nervoso e sua capacidade de se organizar, conforme as influências do ambiente.

Portanto, ao observar os textos, nota-se que um dos principais objetivos da Neurociência Cognitiva atual, é entender funções neurais mais abstratas, como a memória, a linguagem e a percepção. Compreender como o cérebro humano percebe, pensa, aprende e lembra. O que é também a proposta deste trabalho buscar melhor entendimento de como essas funções cognitivas se desenvolve, dessa forma, destacar-se o propósito de poder abranger pontos tais como: O fluxo de sinapses por meio de circuitos neurais origina a mente humana e como isso se desenvolve no encéfalo? Como as células nervosas no córtex cerebral se comunicam umas com as outras? Como a comunicação entre neurônios é modificada pela experiência? Esses questionamentos têm a proposta de serem mais bem esclarecidos nos capítulos posteriores. (KANDEL, 2014).

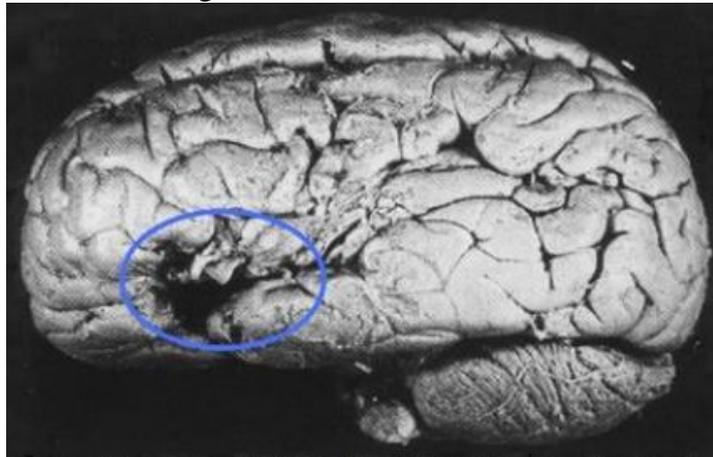
2.1 O SISTEMA NERVOSO E SUAS ESPECIFICIDADES: CONTEXTO HISTÓRICO

Desde a Antiguidade, houve tentativas de compreender qual era a função do cérebro, filósofos como Platão e Hipócrates já levantavam conjecturas sobre a relação do córtex cerebral com a mente humana. Hipócrates (460 a.C. – 377 a.C.) foi um médico grego, ainda hoje é considerado uma das figuras mais importantes da história da Medicina. Frequentemente considerado “pai da medicina”, ele percebeu a função do cérebro na manutenção da consciência e como controlador dos movimentos. Platão (428 a.C. – 348 a.C.), nascido em Atenas, filósofo e matemático do período clássico da Grécia Antiga, defendia que a mente estava na cabeça e seria uma esfera em forma geométrica perfeita. Como pode se observar os dois já mencionavam o cérebro como o centro da consciência e controle, no entanto, não se pode deixar de enfatizar que houve um avanço muito significativo da ciência e das tecnologias desde a época desses dois filósofos. Posteriormente, médicos como Galeno, Gall e Broca que, através de suas ideias, buscavam localizar e compreender a funcionalidade das áreas cerebrais. Atualmente, as pesquisas proporcionam um conhecimento muito mais amplo do funcionamento cerebral e já conseguem definir com maior exatidão suas estruturas ligadas aos processos cognitivos.

Destaca-se no percurso histórico o período pré-medieval, o médico e filósofo Cláudio Galeno buscou compreender o funcionamento do encéfalo e suas ideias influenciaram outros estudiosos durante todo o período da Idade Média, até após Renascimento, a maioria de suas ideias sobre o funcionamento cerebral humano originava-se de suas dissecações em animais. Para Galeno, os nervos eram condutos que levavam os líquidos vitais ou humores, permitindo que as sensações fossem registradas e os movimentos iniciados. Ainda, ele explanou que o encéfalo era formado de duas partes, uma anterior, o cerebrum, e uma posterior, o cerebellum. Galeno concluiu que o cerebrum estava relacionado às sensações, sendo também responsável

Após Gall, outro pesquisador, Pierre Paul Broca, anatomista, cirurgião e antropólogo francês, deu continuidade em localizar áreas específicas do cérebro e compreender seu funcionamento isolado. Um exemplo desse esforço foi à descoberta de Broca que apontou lesões na base do terceiro giro frontal esquerdo, essas lesões provocavam sérios distúrbios da expressão verbal, ele concluiu que essa área era o centro da imagem motora das palavras. O estudo de Broca sobre a afasia propagou o conceito de que funções corticais específicas poderiam ser localizadas na superfície do cérebro. Essa ideia trouxe uma nova perspectiva aos giros cerebrais, Broca foi um dos primeiros estudiosos que, de fato, conseguiu fazer descrições precisas da anatomia cortical, seu método consistia no estudo da topografia cranioencefálica.

Figura 3 – Afasia de Broca



Fonte: Marques (2009).

Broca definiu e nomeou a maioria dos pontos craniométricos. Para estabelecer as relações desses pontos com os da convexidade encefálica, perfurou o crânio de cadáveres nos referidos pontos craniométricos e introduziu pelos orifícios hastes de madeira, eram então medidas as distâncias que separavam as hastes dos principais sulcos e giros. Dessa forma, Broca determinou a distância entre os principais sulcos e as suturas e pontos craniométricos. O que reforça, no contexto histórico, os esforços de estudiosos buscarem compreender complexidade do córtex cerebral. (BAUCHOT, 2010).

Os neurocientistas atuais reconhecem a Frenologia como precursora de teorias mais amplamente aceitas sobre o cérebro, ela foi a primeira teoria que, de fato, reconheceu sua importância e buscou esclarecer a função do córtex humano, além de postular que diferentes áreas regulavam diferentes funções. Pode-se observar que as ideias de Gall e Broca não estavam tão longe de ter sentido, pois, hoje a neurociência já localiza áreas responsáveis por funções especializadas, como, por exemplo, a participação efetiva do lobo temporal esquerdo para aprender a ler. Ao contrário do que Gall apontava, que as proeminências no

crânio apresentariam uma função específica com o funcionamento isolado naquela área do cérebro, as pesquisas atuais da Neurociência apresentam essas áreas especializadas como dependentes da organização dinâmica cerebral, ou seja, não são mediadas por nenhum sistema neural específico, mas sim distribuídas por todo o córtex cerebral.

Conforme o exemplo citado; para aquisição da leitura, o lobo temporal esquerdo é a principal área responsável por esta habilidade, no entanto, para que isso ocorra, é necessária a participação do lobo occipital para a identificação dos símbolos e sua decodificação, assim como a associação do lobo frontal, que atua na organização desse processo e, ainda, outras áreas do córtex, que irão contribuir para a consolidação, como os núcleos de base que formam a memória. Diante disso, se pode considerar que o cérebro é um organizador dinâmico e suas áreas são co-dependentes de todo o processo cognitivo.

Portanto, as funções mentais são sistemas funcionais complexos e não estão somente localizadas em zonas estreitas do córtex ou em proeminências isoladas, como destacado na Teoria Localizacionista. A Neurociência compreende que esses sistemas no córtex cerebral desempenham um sistema funcional complexo, podendo, cada uma dessas áreas, estar localizadas em áreas do cérebro completamente diferentes e distantes uma da outra, mas são dependentes do funcionamento uma das outras para que todo o córtex cerebral desempenhe suas funções, principalmente as relacionadas aos processos cognitivos e de aprendizagem.

2.1.1 O Sistema Nervoso e suas especificidades: Neurociências e suas áreas de estudos.

Assim como Galeno, Gall, Broca e outros estudiosos, os neurocientistas atuais, para compreender como o encéfalo funciona, fragmentaram as áreas do córtex cerebral, para realizar uma análise sistemática experimental. O que se pode observar nessa didática é o fato de ser mais acessível para compreender a complexidade da estrutura cerebral, o que também será aplicado neste trabalho. Essa subdivisão será aplicada para facilitar a compreensão das estruturas macros, micros e moleculares, dessa forma, os temas serão divididos em ordem de complexidade ascendente, sendo esses níveis: anatômico, celular, sistemas e cognitivo (KANDEL, 2017).

É necessário enfatizar que a Neurociência é uma área de conhecimento multidisciplinar, o propicia maior interação com outras áreas do conhecimento. Nota-se que a Neurociência está dividida em áreas de estudos organizadas, sendo elas: a Neurociência Molecular; nesse nível, se observa que a matéria encefálica consiste em uma variedade de moléculas, muita das quais são exclusivas do sistema nervoso, essas diferentes moléculas têm

diferentes papéis, os quais são cruciais para a função do encéfalo; ainda, a Neurociência Celular; esse próximo nível de análise aborda o estudo de como todas essas moléculas trabalham em conjunto para conferir aos neurônios suas propriedades, estuda, também, os neurônios durante o desenvolvimento, os tipos de neurônios e suas funções.

Por conseguinte, a Neurociência de Sistema; analisa e estuda as redes de neurônios que formam circuitos complexos e realizam uma função em comum. Esses circuitos neurais analisam a informação sensorial, formam percepções do mundo e tomam decisões. Além disso, a Neurociência Comportamental; estuda como os sistemas neurais trabalham juntos para produzir comportamentos integrados para executar diferentes formas de memória. Também busca elucidar como agem as drogas que alteram a mente, a regulação do humor e quais sistemas neurais são responsáveis pelos comportamentos. A Neurociência Cognitiva; realiza pesquisas para entender como a atividade do encéfalo cria a memória e aprendizagem, a compreensão dos mecanismos responsáveis pelos níveis mais elevados de atividade mental humana como os processos cognitivos, a percepção, memória, a atenção e a linguagem, porém, a aquisição desses conhecimentos ainda hoje é um desafio, e estão sendo amplamente pesquisados. (KANDEL, 2017).

Quadro 2 – Áreas da Neurociência

Profissionais	Disciplina	Área de interesse
Neuroquímicos	Neurociência Molecular	Estuda as reações químicas entre as moléculas que são importantes para o funcionamento do sistema nervoso.
Neurofisiologistas	Neurociência Celular	Estuda os circuitos elétricos e celulares que possibilitam a comunicação do sistema nervoso.
Neurobiólogos	Neurociência Comportamental	Estuda os circuitos complexos de células neuronais que produzem comportamentos e outros fenômenos psicológicos, tais como sono, comportamento emocional, sexual e etc.
Neuropsicólogos	Neurociência Cognitiva (ou Neuropsicologia)	Estuda a relação entre o cérebro e comportamento, destacando-se as capacidades mentais mais complexas típicas do ser humano, como linguagem, autoconsciência, memória e aprendizagem.

Fonte: Revista ABPp (2010).

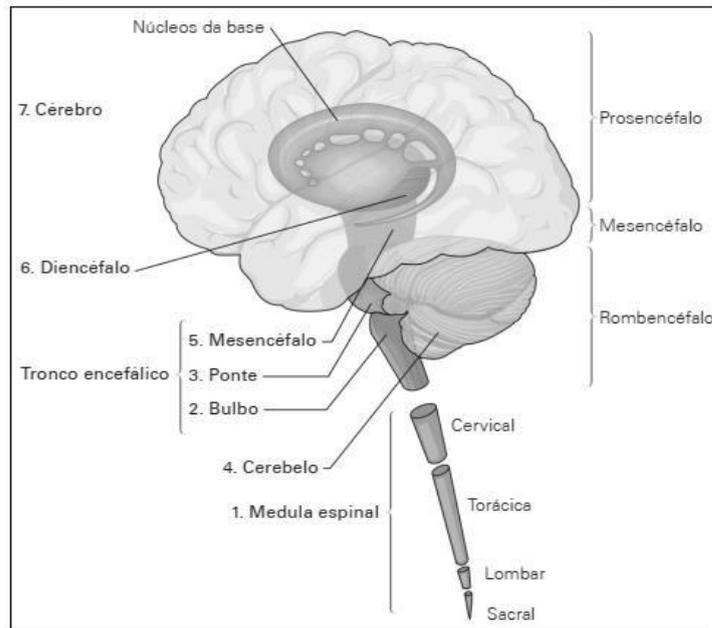
Portanto, este trabalho perpassará pelos avanços da Neurociência Cognitiva, analisará suas contribuições, para compreender melhor o desenvolvimento da aprendizagem e como esse ponto pode ser aplicado na prática, por meio de metodologias que possam contribuir na consolidação desses processos. Será apresentada pesquisa feita através de estudos teóricos e empíricos acerca do entendimento da cognição humana, considerando as evidências sobre os estudos da neuroplasticidade.

2.1.2 O Sistema Nervoso e suas especificidades: Bases Estruturais do Sistema Nervoso.

A Neurociência diante dos avanços tecnológicos de imageamento e mapeamento cerebral consegue apresentar a estrutura do sistema nervoso com muito mais eficácia e informação. Hoje já é possível organizar essa estrutura macro, inicialmente dividem-se em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). O primeiro é composto pelas estruturas situadas no crânio e da coluna vertebral, enquanto o segundo é formado pelas estruturas distribuídas pelo organismo. O cérebro e a medula espinhal, juntos, constituem o sistema nervoso central. Hoje já se compreende que a medula espinhal faz conexão com os músculos, órgãos e receptores através do sistema nervoso periférico, que inclui o sistema nervoso autônomo (SNA), sendo esse responsável pela regulação dos movimentos involuntários. (LENT, 2010).

O sistema nervoso é composto por sete partes, sendo elas: a medula espinhal, que é a parte mais caudal que recebe e processa a informação sensorial da pele, das articulações e dos músculos dos membros e do tronco e controla os movimentos dos membros e do tronco. Além disso, a medula espinhal é subdividida nas regiões: cervical, torácica, lombar e sacral, esta contínua rostralmente, o que significa que está localizada na parte da frente do córtex, internamente próxima à estrutura da boca; com o tronco encefálico, formado pelo bulbo, ponte e mesencéfalo. O tronco encefálico pode receber informação sensorial da pele e dos músculos da cabeça, fornecendo o controle motor para a musculatura da cabeça. Ele também transmite informação da medula espinhal para o encéfalo e do encéfalo para a medula espinhal, regulando os níveis de alerta via formação reticular, com o propósito de o SNC fazer conexões entre o corpo e o cérebro. (CARTER, 2012).

Figura 4 – Sistema nervoso dividido em sete partes



Fonte: Kandel (2014).

Por conseguinte, o cérebro é composto por dois hemisférios cerebrais, cada um deles consistindo em uma camada mais externa muito enrugada. Esse também é composto por três estruturas situadas mais profundamente, os núcleos de base, o hipocampo e os núcleos da amígdala, sendo essas estruturas responsáveis por funções importantes. Os núcleos da base participam na regulação do desempenho motor, o hipocampo está envolvido com aspectos do armazenamento da memória, e os núcleos da amígdala coordenam as respostas autonômicas e endócrinas dos estados emocionais.

Ainda, o córtex cerebral é dividido em quatro lobos distintos: frontal, parietal, occipital e temporal, estão relacionados diretamente ao desenvolvimento de funções superiores. O encéfalo também costuma ser dividido em três regiões mais amplas, sendo essas; o rombencéfalo composto pelo bulbo, ponte e cerebelo. O mesencéfalo e prosencéfalo compostos pelo diencefalo e cérebro. Complementando, o rombencéfalo (excluído o cerebelo) e o mesencéfalo juntos formam o tronco encefálico. (CARTER, 2012).

Enfatizando a importância do tronco encefálico para a mediação das informações e o desenvolvimento de processos cognitivos, e como essa interação contribui para o ser humano se relacionar com o ambiente e agir sobre ele no cotidiano, os estudos de Kandel (2014) elucidam que;

Este contém diversas coleções de corpos celulares, os núcleos dos nervos cranianos. O bulbo, diretamente rostral à medula espinal, inclui funções autônomas, neurovegetativas vitais como: a digestão, a respiração e o controle dos batimentos cardíacos. A ponte, rostral ao bulbo, retransmite informações acerca do movimento dos hemisférios cerebrais para o cerebelo. O cerebelo situa-se atrás da ponte e está conectado ao tronco encefálico por diversos tratos importantes de fibras, denominados pedúnculos. O cerebelo modula a força e a amplitude do movimento e

está envolvido no aprendizado de habilidades motoras. O mesencéfalo, rostral à ponte, controla muitas funções sensoriais e motoras. O diencéfalo situa-se rostralmente ao mesencéfalo e contém duas estruturas. O tálamo processa a maior parte da informação que chega ao córtex cerebral a partir do resto do sistema nervoso central. O hipotálamo regula funções autônomas, endócrinas e viscerais. (KANDEL, 2014, p. 9).

A estrutura da Ponte, localizada logo abaixo do mesencéfalo, recebe entrada sensorial do rosto e envia essas informações a neurônios motores que enviam para músculos faciais, para controlar expressões faciais voluntárias e involuntárias. A ponte também contém núcleos que realizam a mediação de várias funções auditivas e de equilíbrio, as funções auditivas incluem comparações neurais de intensidade e tempo entre às duas orelhas para localização. Além disso, alguns núcleos da ponte recebem entradas do sistema vestibular na orelha interna e se comunicam com o cerebelo para equilíbrio. (AMTHOR, 2017).

Por fim, o cerebelo é uma estrutura de coordenação motora complexa que contém tanto neurônios quanto o resto do sistema nervoso. O cerebelo é uma das partes filogeneticamente mais antigas do cérebro, ajuda a aprender e a controlar o ritmo das sequências motoras e se estende a partir da ponte, organizado como um córtex externo. A maioria das saídas do cerebelo inibe o tálamo, onde são modificadas via controle motor contínuo corticalmente para alcançar movimentos suaves, refinados e ajustados. Isso significa que essa estrutura está diretamente relacionada ao desenvolvimento motor, capacitando a coordenação motora ampla e fina, habilidades primordiais para desenvolver processos cognitivos no ser humano. (AMTHOR, 2017).

Destaca-se que a Neurociência conseguiu ampliar significativamente o entendimento sobre o sistema nervoso, principalmente com os avanços tecnológicos da última década, abriu novas portas para ampliar o estudo do encéfalo. Hoje, é possível unir os estudos com imageamento cerebral, que permitem a observação do funcionamento do cérebro sem necessidade de abrir o crânio. Por meio de imagens radiográficas, tornou-se possível visualizar essas estruturas em indivíduos vivos em pleno funcionamento de seus mecanismos, somado isso ao conhecimento da dinâmica molecular e de circuitos celulares interconectados, não há como negar que essas tecnologias, de fato, contribuíram para entender o funcionamento do sistema nervoso e principalmente do córtex cerebral e a capacidade que esse sistema tem de se organizar, para que suas partes possam formar conexões entre o corpo e o encéfalo.

O que antes eram apenas conjecturas e teorias, hoje já é possível evidenciar, através dessas ferramentas, que o cérebro é o centro do nosso processo de aprendizagem e que existem áreas conectadas, que formam uma rede de informação dinâmica. Nas palavras de Kandel (2014), essas novas tecnologias dão suporte para possibilitar o aprofundamento na compreensão do encéfalo, o autor esclarece que:

A imagem encefálica é agora comumente utilizada para avaliar a atividade metabólica de regiões definidas do encéfalo, enquanto os indivíduos estão envolvidos em tarefas específicas, sob condições controladas. Novas técnicas de imagem permitem a visualização do encéfalo humano em ação para identificar regiões específicas do encéfalo associadas a determinados modos de pensamento e de sentimento e seus padrões de interconexões. (KANDEL, 2014, p. 8).

Ao compreender essa estrutura macro, é possível constatar que estão interligadas sendo interdependentes no seu funcionamento. Gall, com sua Teoria Localizacionista, fez a tentativa de esclarecer as funções do encéfalo, supondo que cada área teria uma função específica. No entanto, o que a Neurociência atual apresenta, é um sistema nervoso com estruturas dependentes umas das outras, com um mecanismo dinâmico que depende tanto de um bom funcionamento interno, homeostase do sistema, como também das influências externas, sendo esses pontos primordiais na forma que o SN irá se adequar para lidar com as situações do ambiente. Deste modo, não se pode deixar de considerar os antigos filósofos e pesquisadores, que, mesmo antes do avanço tecnológico, buscaram esclarecer a função do cérebro, hoje já se pode confirmar com evidências científicas, que Hipócrates não estava tão longe da verdade.

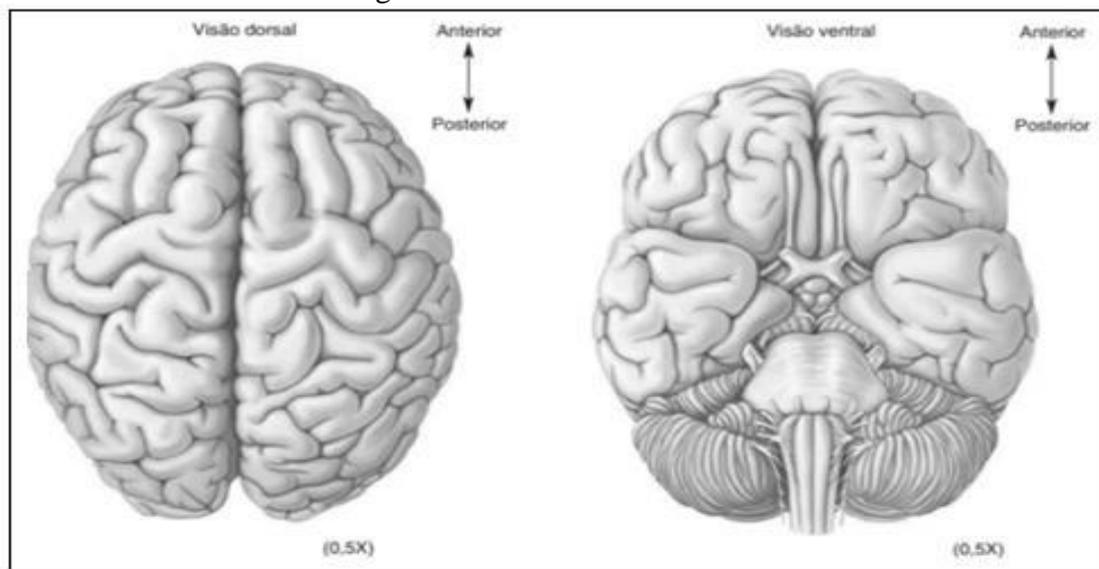
Em resumo, o encéfalo está diretamente ligado a nossa formação de consciência e do controle motor, Platão se referia ao cérebro como uma esfera em forma geométrica perfeita, responsável pelo desenvolvimento da mente, no entanto, o que é possível observar atualmente é um sistema nervoso composto de uma estrutura complexa, principalmente o encéfalo, dividido em diversas estruturas que se juntam para formar conexões e processar informação. Ainda, Gall e Broca buscaram considerar que áreas específicas seriam responsáveis por funções no cérebro, porém, a Neurociência Cognitiva afirma que as áreas cerebrais podem ter funções especializadas, mas necessitam umas das outras, pois são interdependentes para realizar seus processos.

2.1.3 Os lobos cerebrais - localização e função

Uma vez que somos capazes de andar, falar e aprender, hoje já se pode evidenciar que esses processos são possíveis devido à ligação entre o corpo e o encéfalo, relação entre o SNC com o SNP e atuação conjunta de diversas regiões do cérebro. Para melhor entender esse mecanismo, se faz necessário apresentar o próximo nível desse conhecimento, os lobos cerebrais.

Os lobos cerebrais estão diretamente relacionados ao funcionamento dos processos cognitivos superiores, estes estão divididos por uma fissura longitudinal em 2 (dois) hemisférios, cada um contendo 5 (cinco) lobos distintos: frontal; parietal; temporal; occipital e ínsula, (figura 6), essas áreas possuem identidade funcional. Isso faz com que as diferentes funções sejam localizadas em regiões restritas, embora haja uma enorme conectividade e interação entre os lobos, cada área faz a sua parte, dessa forma, contribuindo para a integração funcional do córtex cerebral. Um exemplo dessa integração é quando conversamos com alguém, em simultâneo, o vemos (visão — lobo occipital), falamos (linguagem — lobo temporal), conservamos a postura (motricidade — lobo parietal), temos emoções e memórias (lobo ínsula/límbico). Cada uma dessas funções é executada por uma parte do SNC, mas todas as partes operam coordenadamente. (LENT, 2010).

Figura 5 – O cérebro humano



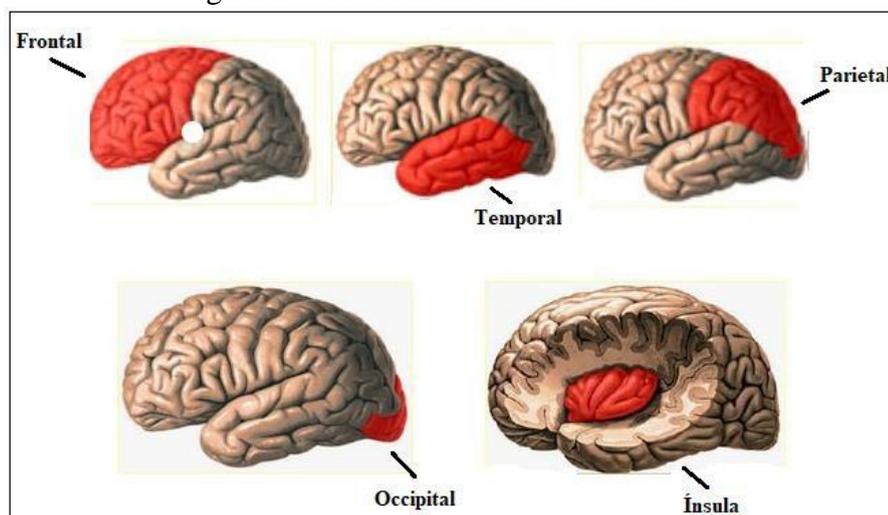
Fonte: Bear (2017).

Ainda, em relação aos lobos cerebrais, esses diferem entre si pela estrutura e pela função, as áreas visuais são encontradas no lobo occipital, as áreas somatossensoriais no lobo parietal e as áreas auditivas no lobo temporal. Na superfície inferior do lobo parietal e na ínsula, está o córtex gustatório. Além dessas funções, o córtex assume um papel importante no controle dos movimentos voluntários, as principais áreas de controle localizam-se no lobo frontal. No cérebro humano, nem todas as regiões do córtex cerebral estão envolvidas com funções motoras ou sensoriais, essas regiões acabam constituindo as áreas associativas do cérebro, entre a área associativa mais relevante está o córtex pré-frontal; essa área cobre a parte frontal do lobo frontal e está diretamente envolvida no planejamento de um comportamento cognitivo complexo, na expressão da personalidade, na tomada de decisões e na moderação do comportamento. (BEAR, 2017).

De acordo com Carter (2012), para definir com maior precisão a localização e a função dos lobos cerebrais, se observa que o lobo frontal fica localizado ao osso frontal, anterior ao lobo parietal, do qual é separado pelo sulco central e súpero-anterior ao lobo temporal, do qual é separado pelo sulco lateral, também chamado de fissura de Sylvius. Os Giros correspondentes a essa área são: giros frontais superior, médio e inferior, giro pré-central, giro reto, giros orbitais, e a função desse lobo é o controle do movimento voluntário, envolvido na atenção, memória de curto-prazo, motivação, planejamento e fala.

Ainda, o lobo parietal corresponde ao osso parietal, superior ao lobo occipital, do qual é separado pelo sulco parieto-occipital e posterior ao lobo frontal, do qual é separado pelo sulco central. Os Giros correspondentes a essa área são: giro pós-central, lóbulos parietais superiores e inferior. Sendo, a função dele, integrar os estímulos proprioceptivos e mecanoceptivos envolvidos no processamento da linguagem.

Figura 6 – Os lobos do cérebro humano



Fonte: Bear (2017).

Além disso, o lobo temporal está localizado ao osso temporal, sendo esse ínfero-posterior ao lobo frontal, separado pelo sulco lateral ou fissura de Sylvius. Os Giros que perpassam por esse lobo são: giros temporais inferior, médio e superior, sendo sua função decodificar os sinais sensitivos aferentes, visuais e auditivos, para a retenção de memória visual e a compreensão da linguagem. Por conseguinte, o lobo occipital corresponde ao osso occipital, que fica posterior ao lobo parietal, do qual é separado pelo sulco parieto-occipital e posterior ao lobo temporal. Os giros correspondentes a esta área são: giros occipitais superior, médio e inferior e giro lingual e cúneo. Este lobo tem como função o centro de processamento visual.

Os estudos de Carter (2012) mencionam mais duas áreas que contribuem para o desenvolvimento de processos cognitivos, o lobo ínsular, localizado na parte mais profunda do córtex cerebral, na junção dos lobos frontal, parietal e temporal, sendo seus giros longos e curtos. Sua função é o processamento e a integração das sensações gustatórias, sensações viscerais e dolorosas e funções vestibulares. Por último, o lobo límbico, localizado na superfície medial de cada hemisfério, envolvendo o corpo caloso, os seus giros correspondentes são, o giro paraterminal, giro do cíngulo e giro parahipocampal. Sua função é a modulação de emoções, modulação de funções viscerais e autonômicas, consolidação de memória consequentemente da aprendizagem.

Neste subtítulo, foi possível observar a divisão do cérebro em dois hemisférios, direito e esquerdo, ainda analisar a camada mais externa do cérebro, chamada de córtex cerebral, dividida em 5 (cinco) lobos (frontal, parietal, temporal, occipital e ínsula), e as diversas funções que desempenham. Também se considerou que, apesar de cada lobo desempenhar funções especializadas, cada lobo do cérebro não funciona isoladamente, ao contrário, eles estão interconectados e dependem diretamente uns dos outros para se organizarem e desenvolverem suas capacidades. Dessa forma, se constata a habilidade das estruturas cerebrais de realizar conexões e compreender como essa dinâmica perpassa por todo SNC e SNP, transformando essa rede de estímulo, em informações. Além disso, a capacidade do cérebro de consolidar e evocar posteriormente essas informações, assim entender a base do mecanismo de aprendizagem no córtex cerebral.

Mediante o exposto, se buscará ampliar o conhecimento desse mecanismo cognitivo, para isso, apresentar o próximo nível de entendimento sobre a habilidade do cérebro em interpretar as informações do ambiente, modificar, reprogramar, consolidar e aprender. Essas habilidades do encéfalo conquistou cada vez mais destaque nas pesquisas, nomeada de plasticidade neural ou neuroplasticidade. Serão enfatizados nesta dissertação os processos de aprendizagem, esses pontos serão mais explorados no próximo capítulo.

3 NEUROPLASTICIDADE: A CAPACIDADE DO CÉREBRO DE SE MODIFICAR E APRENDER

Por meio das pesquisas da Neurociência Cognitiva é possível compreender como o processo de aprendizagem ocorre no sistema nervoso central SNC. Para a Neurociência, quando se fala em aprendizagem, relaciona-se esse mecanismo diretamente à plasticidade neural. Para que a neuroplasticidade ocorra no córtex cerebral, é necessário estímulo repetitivo advindo do ambiente; em outras palavras, o aprender depende de reforçamento contínuo. Ainda, para que os neurônios reforcem suas redes de informações e essas possam percorrer mais rapidamente por todo o cérebro, as células da Glia realizam um processo nomeado de Mielinização, em todo o corpo do axônio.

A mielinização, ou bainha de mielina, precisa estar fortificada em todo sistema nervoso central para que as informações fluam. Como já citado, esse processo de mielinização só ocorre com a repetição do estímulo externo, mediado e sistemático, dessa forma, a plasticidade neural está presente nas células nervosas e permite que todo o sistema nervoso consiga se adaptar às situações. No entanto, antes de se falar sobre neuroplasticidade, primeiro é necessário apresentar a principal celular do SNC, o Neurônio, e explicar sobre o mecanismo fundamental desse sistema, as Sinapses.

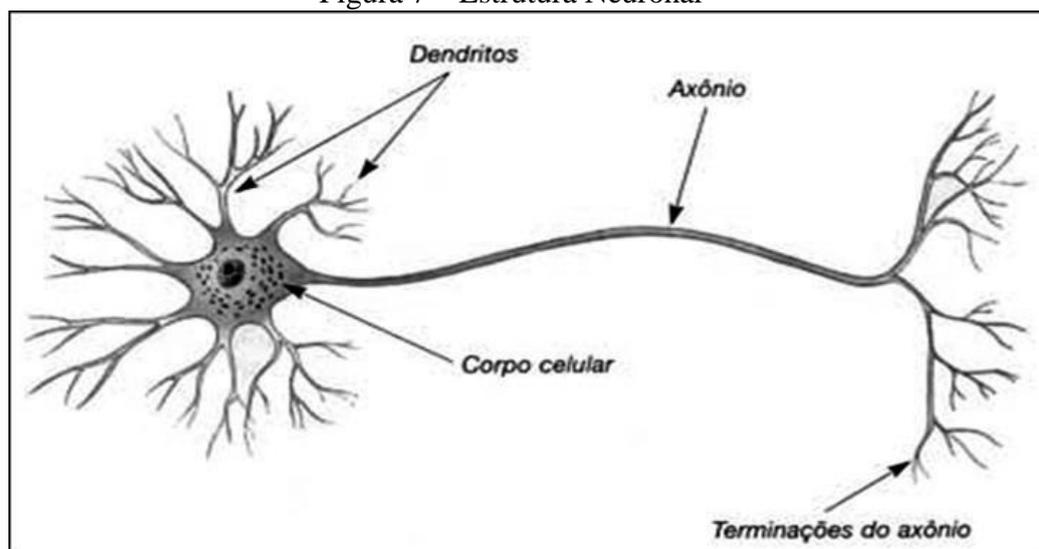
É interessante destacar que, em 1950, Feuerstein propôs a noção de que o cérebro humano era modificável, ele argumentou sobre o comportamento humano, explicou que esse é determinado por estados temporários, e que estes variam das emoções, das condições do intelecto e até de atividades já aprendidas. Reuven Feuerstein ainda afirmou que a inteligência humana é adaptativa e não fixa, diante destes aspectos, ele considerava que a mediação era um importante instrumento para mudá-lo. Além disso, considerou três forças que o moldam e formam os seres humanos: o ambiente, a biologia humana e a mediação. Indo além, nos seus estudos, explicou que o cérebro humano era plástico, e que os comportamentos estão abertos e podem mudar, pois, o cérebro geraria novas estruturas, mediante aos fatores internos e externos. (FEUERSTEIN, 2012).

As pesquisas da neurociência celular contribuíram significativamente para esclarecer os mecanismos ligados ao processo de plasticidade citado por Reuven Feuerstein, no caso da sinapse, hoje se compreende a conexão de dois ou mais neurônios para enviar ou receber informações trocadas entre todo o corpo e o córtex cerebral. No entanto, surgem ainda mais questões a serem esclarecidas; esses neurônios podem ser remodelados e como esse mecanismo está ligado à Cognição? Ainda, como esse processo funciona para adaptar-se ao ambiente? Entre outros fatores.

A Neurociência Cognitiva esclarece que, o sistema nervoso central desenvolveu a habilidade de adaptação, a plasticidade neural, este processo permite que novas sinapses sejam realizadas, assim, essa capacidade do cérebro pode modifica a rede de comunicação neuronal e expandi-la diante dos estímulos que são recebidos. Dessa forma, é possível observar que a neuroplasticidade é o principal mecanismo deste processo, para compreender esse mecanismo celular, a Neurociência Cognitiva tem se utilizado de ferramentas das áreas da genética, biologia celular e molecular, anatomia, fisiologia de sistemas, biologia comportamental e da psicologia. Por meio dos avanços e estudos científicos, é possível compreender este processo e como está diretamente relacionado ao mecanismo de aquisição e consolidação de informações.

Para apresentar o processo de neuroplasticidade, é necessário, primeiramente, compreender a principal estrutura responsável por ele, ou seja, o neurônio. O que se observa, referente a essa célula, é que o neurônio é a principal unidade sinalizadora do sistema nervoso, sua morfologia está adaptada para realizar funções de transmissão e processamento de sinais. Ainda, foi identificado por método de imageamento, que os neurônios, em sua anatomia, possuem prolongamentos nomeados de dendritos, próximos ao corpo celular e que funcionam como mediador de sinais para outros neurônios, formando conexões e redes de informações ativas.

Figura 7 – Estrutura Neuronal



Fonte: Uniasselvi

Observa-se que o neurônio é composto pelo axônio, estrutura do corpo neuronal, mediadora que leva mensagens para sítios distantes; dendritos, ramificações presentes no corpo do neurônio que recebem os impulsos nervosos; sinapses, zonas de contatos entre dois neurônios ou entre um neurônio e uma célula muscular, nomeado de impulso nervoso, sendo a sinapse o principal sinal de comunicação do neurônio. Ainda, se reconhece que, as sinapses não têm somente a capacidade de transmitir mensagens entre duas células, mas também de bloqueá-las ou modificá-las inteiramente, isso dependerá de como o estímulo está sendo internalizado e consolidado pelo SNC.

Assim, pode-se constatar que o neurônio é a célula primordial para o processamento de informação, esse ponto é comprovado pelos estudos de Purves, Lent e Kandel, que também demonstraram que a capacidade de comunicação dos neurônios está relacionada diretamente à habilidade do cérebro de desenvolver o processo de plasticidade neural, o que contribui diretamente para o desenvolvimento cognitivo. Para corroborar com essa constatação, os estudos de Purves (2010) dão embasamento comprobatório sobre a função primária do neurônio de se comunicar entre outros neurônios e forma uma rede de informação, ele esclarece:

Neurônios são claramente diferenciados por serem especializados em comunicação intercelular. Esse atributo é evidente em sua morfologia geral, na organização específica de seus componentes de membrana para a sinalização elétrica e nas complexidades funcional e estrutural dos contatos sinápticos entre neurônios. (PURVES, 2010, p. 15).

Entretanto, integrar esses conhecimentos advindos de vários níveis de análise em uma compreensão coerente sobre a estrutura e função no encéfalo, com a aplicabilidade de metodologias que possam auxiliar na sua estimulação ou reabilitação, ainda é um desafio. Pois, pelo que se foi observado durante a etapa exploratória, há diversos textos que corroboram para o arcabouço teórico, porém, quando a pesquisa se aprofundou na coleta por textos de aplicação prática desse conhecimento, o que se observa é um número muito menor de artigos e livros que trazem a aplicações de metodologias práticas, que buscaram argumentar sobre esses resultados.

Portanto, os neurônios apresentam a habilidade de realizarem um verdadeiro processamento de informação no córtex cerebral, por isso, o entendimento desse funcionamento e aplicabilidade desse recurso é relevante, para buscar compreender como essa rede neuronal se comunica, diante das influências externas e o seu aprimoramento, contínuo são pontos importantes para entender o desenvolvimento da cognição. Ainda além, o desenvolvimento desse sistema adaptativo e o mecanismo da neuroplasticidade nos processos

cognitivos superiores, atenção, memória, linguagem e percepção, podem ajudar a compreender como cérebro aprende. Por isso, buscar entender como se organiza essa rede de neurônios e como é feita a comunicação, serão os pontos a serem esclarecidos no próximo capítulo. (LENT, 2010).

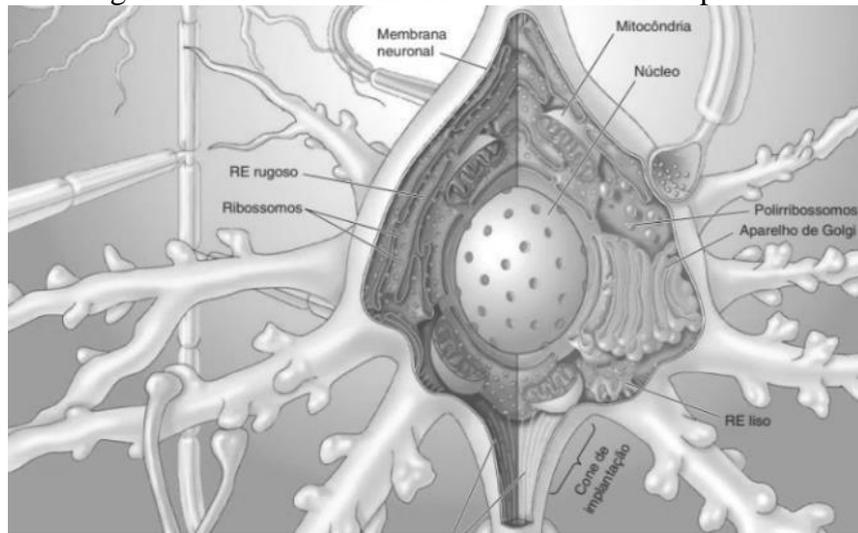
3.1 PRINCÍPIOS DA NEUROCIÊNCIA: ESTRUTURAS CELULARES BÁSICAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

As células do sistema nervoso, os neurônios, desempenham funções complexas e são a base para o desenvolvimento das funções cognitivas superiores no ser humano. A Neurociência Cognitiva faz a estimativa que um cérebro humano tem aproximadamente 100 bilhões de neurônios, que preenchem todo o sistema nervoso e que cada neurônio tenha contato com mais de mil outros neurônios, formando, assim, uma rede neural extensa. Esses contatos neuronais são organizados em circuitos que se comunicam para processar todas as informações conscientes e inconscientes do encéfalo e da medula espinal. (KREBS, 2013).

O processo de aprendizagem depende de várias estruturas dinâmicas relacionadas entre si; para isso acontecer, o sistema nervoso processa informações que chegam pelos órgãos dos sentidos, ouvidos; audição, olhos; visão, nariz; olfato; língua; paladar, pele; tato. Em síntese, o cérebro depende dos sentidos para receber informações e atuar sobre o ambiente, essa dinâmica neural é realizada por circuitos nervosos, como citado anteriormente, uma rede constituída por dezenas de bilhões de neurônios.

Os neurônios se especializaram nas funções de receber e conduzir informações, formando um processo de organização em cadeia cada vez mais complexa de redes neurais. Assim, essa estrutura pode se ampliar, fazer novas conexões e executar atividades ainda mais especializadas. Essa habilidade confere ao cérebro a capacidade de reter informações, formar memória e ainda evocá-las, podendo utilizá-las quando necessário. (CONSEZA; GUERRA, 2011).

Figura 8 – A estrutura interna de um neurônio típico

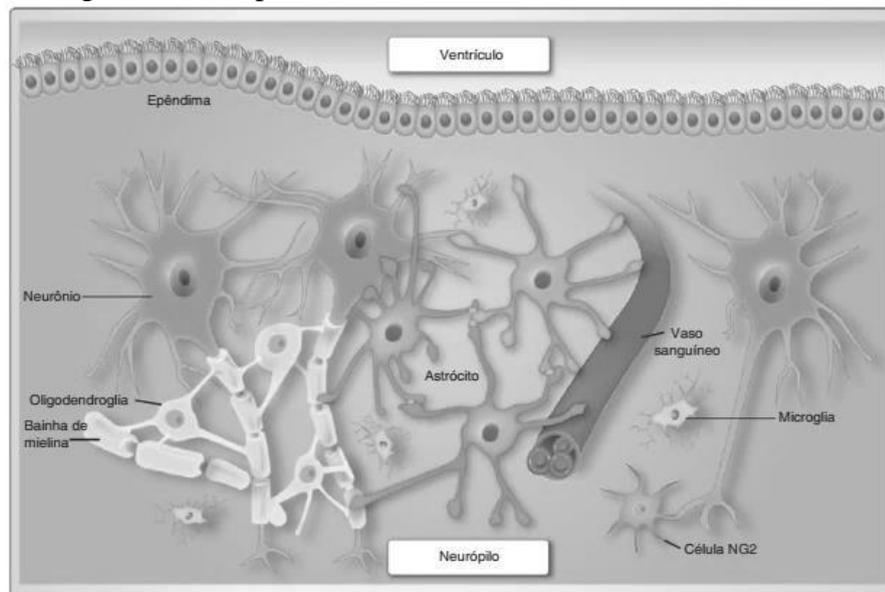


Fonte: Bear (2017).

Ainda, para compreender essa rede neuronal e como a informação é perpassada por todo córtex cerebral, o que se observa é que o neurônio recebe, pelos dendritos, as mensagens sinápticas e, ao chegar à extremidade do axônio, o impulso nervoso provoca a emissão de uma mensagem química, liberação de neurotransmissores. Um exemplo de neurotransmissor relacionado à função cognitiva e a aprendizagem, é o glutamato, essa mensagem química auxilia que a informação passe para a célula seguinte; o glutamato é o neurotransmissor mais abundante encontrado no sistema nervoso, onde desempenha um papel em funções cognitivas, como memória e aprendizagem.

Existem outras células que também participam ativamente desse processo, elas são chamadas Glias, também conhecidas como neuróglia. Por um período, considerava-se a função das células da glia apenas manter os neurônios unidos, aparentemente, não parecia ter função própria. Com os avanços do mapeamento neural, atualmente a compreensão da função dessas células se ampliou. Hoje é possível compreender melhor suas funções, os gliócitos além de serem tão numerosos quanto os neurônios no cérebro, ainda desempenham a função de infraestrutura, colaboram para o processamento de informação, nutrem e dão sustentação mecânica, controlam o metabolismo dos neurônios, ajudam a construir o tecido nervoso durante o desenvolvimento, funcionam como células imunitárias e regulam a transmissão sináptica entre os neurônios. (LENT, 2010).

Figura 9 – Componentes celulares do sistema nervoso central



Fonte: Krebs (2013).

Portanto, a neurociência atual esclarece que, neurônios e células gliais são as estruturas primárias do sistema neural e processam tipos específicos de informação. Ainda através de análise, se observa que essas células se agrupam em conjuntos formando, circuitos neurais. Em outras palavras, esses sistemas realizam funções gerais como: os sensoriais, que processam informações sobre o estado do organismo e do ambiente, além disso, o sistema associativo que conecta ambos os componentes, sensorial e motor. O funcionamento desses sistemas forma a base das funções encefálicas superiores (cognitivas), a percepção, a atenção, as emoções, a linguagem, o pensamento racional e o comportamento. (PURVES, 2010.).

3.2 NEUROPLASTICIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA COMPREENSÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS

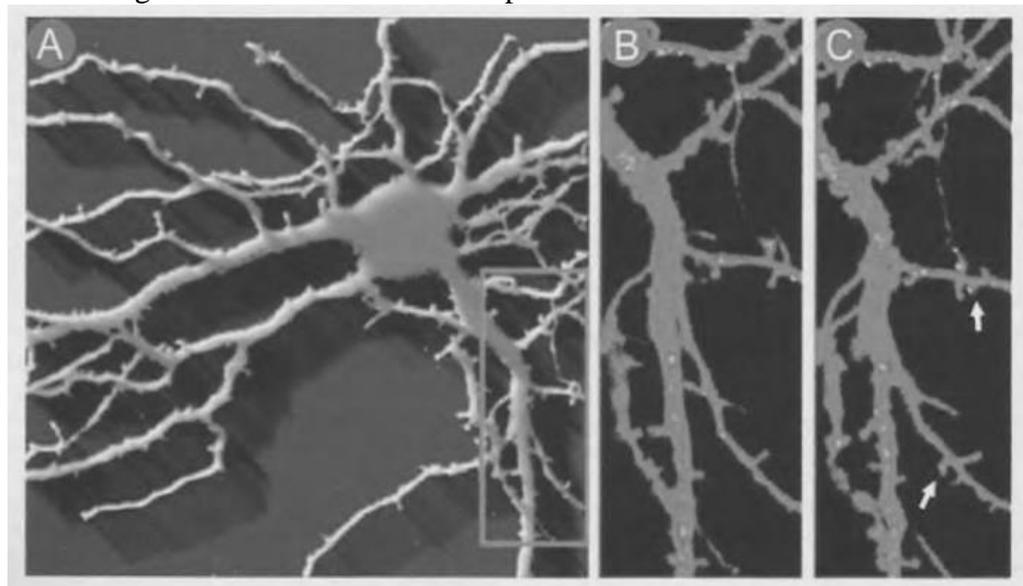
Hoje, o conceito de plasticidade neural é extensivamente objeto de estudo da Neurociência Cognitiva, se conceitua a neuroplasticidade como a capacidade que o cérebro tem de aprender e se reprogramar, essa informação permite compreender melhor a capacidade que o cérebro tem de mudar parâmetros diante de estímulos. Essa competência está presente nas células nervosas e permite que todo o sistema nervoso consiga se adaptar a determinadas situações. Isso proporciona a visão do sistema nervoso como uma estrutura dinâmica, dotado de característica plástica que pode modificar suas propriedades morfológicas e funcionais em resposta a estímulos ou às alterações do ambiente.

Os mecanismos de organização do SNC iniciam desde antes do nascimento e perpassam por todo percurso da vida humana. Algumas alterações celulares que acompanham esse processo são os “brotamentos”, processo que ocorre diante de um novo crescimento, a partir de axônios diante de um estímulo, desenvolvendo novos dendritos. De acordo com Purves (2010) seus estudos esclarecem sobre as alterações do sistema nervoso e o processo de neuroplasticidade, e como a formação dos dendritos é importante para comunicação dos neurônios e está relacionado à cognição, ele elucida:

O mais óbvio sinal morfológico de especialização para comunicação (...) é a intensa ramificação dos neurônios. O aspecto mais saliente dessa ramificação por células nervosas típicas é a elaborada arborização dos dendritos que emergem do corpo celular neuronal na forma de ramos dendríticos. Dendritos são o alvo primário de sinais de entradas sinápticos oriundos de outros neurônios. (PURVES, 2010, p. 15).

Ainda, isso envolve a participação de vários fatores celulares e químicos, a resposta do corpo celular e a formação de novos brotos, espinhas dendríticas, alongamento dos novos brotos e a cessação do alongamento axonal e sinaptogênese, processo de formação de sinapses entre os neurônios do sistema nervoso central (SNC). Outra alteração celular é a ativação de sinapses latentes, isso ocorre quando há um estímulo importante às células nervosas, e sinapses residuais podem se tornar eficientes. (CORREIO; CORREIO, 2020).

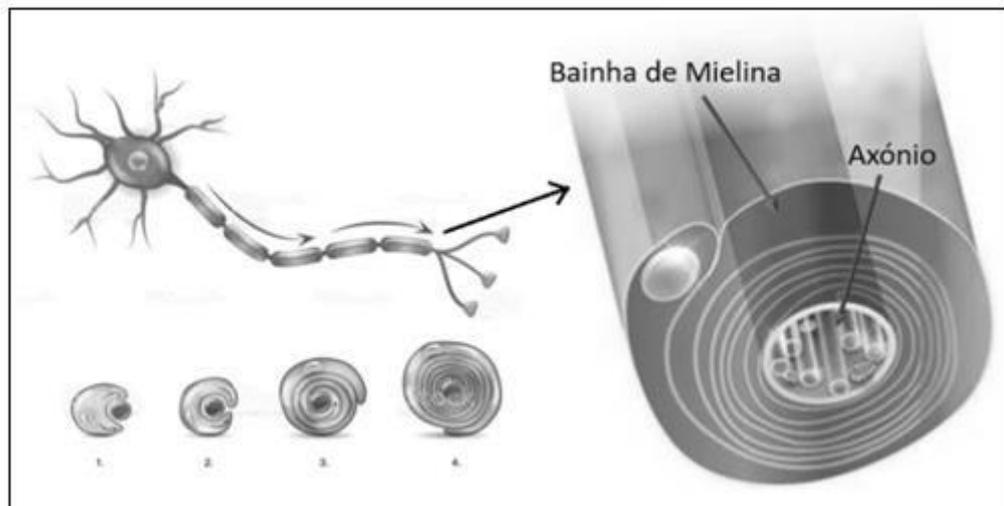
Figura 10 – Processo de Neuroplasticidade em um neurônio*



Obs: *As setas mostram o aparecimento de novas espinhas dendríticas.
Fonte: Lent (2010).

Diante dos avanços tecnológicos, é possível observar que as células gliais são um componente essencial da função do SNC, não apenas uma “cola de neurônios”, mas também auxiliam nesse processo de “brotamento”, espinhas dendríticas. As glias estão relacionadas diretamente ao processo de plasticidade neural, pois ajudam a dispor a bainha de mielina em torno dos axônios no SNC, uma vez que a modificação da bainha de mielina auxilia na consolidação de informação, ela nutre e fortifica o corpo do axônio. Observa-se que a comunicação é realizada com maior velocidade nos neurônios mielinizados e, por causa disso, as espinhas dendríticas se desenvolvem o que influencia na agilidade e competência do desenvolvimento cognitivo e do processo de aprendizagem. (KREBS, 2013).

Figura 11 – Formação da Bainha de Mielina no corpo axonal



Fonte: Adaptado pela autora.

Esse processo é realizado quando o *input* sináptico perpassa um neurônio, isso ocorre principalmente nos dendritos. Os brotos, essas pequenas espinhas dendríticas, são proeminências onde ocorrem os contatos sinápticos com os axônios, dessa forma, essas densidades pós-sinápticas nas espinhas dendríticas servem como um mediador que mantém e organiza os receptores de neurotransmissores e os canais de íons. Por isso, diante de sucessivas ocorrências desse processo, ou seja, o reforçamento do estímulo, os cilíndricos surgem de uma área nomeada cone axonal. Esses cilíndricos podem estar envoltos por uma camada protetora, a mielina, formada pelas células da glia. O que já se constatou é que a espessura da bainha de mielina está diretamente relacionada ao diâmetro do axônio; quanto maior for esse diâmetro, as informações serão processadas com maior velocidade e qualidade, para que esse diâmetro do axônio seja fortificado, a repetição do estímulo deve ser realizada. (KREBS, 2013).

De acordo com Conseza e Guerra (2011), seus estudos corroboram para compreensão do processo de neuroplasticidade relacionado ao desenvolvimento de aprendizagem, mediante os estímulos repetitivos e treinos. Esses pesquisadores esclarecem que:

Uma característica marcante do sistema nervoso é então a sua permanente plasticidade. E o que entendemos por plasticidade é sua capacidade de fazer e desfazer ligações entre os neurônios como consequência das interações constantes com o ambiente externo e interno do corpo. O treino e a aprendizagem podem levar à criação de novas sinapses e à facilitação do fluxo da informação dentro de um circuito nervoso. (CONSEZA; GUERRA, 2011, p. 36).

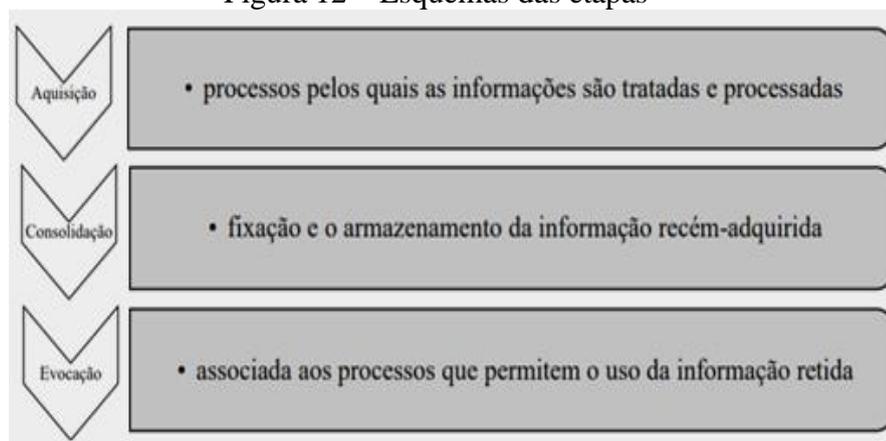
Portanto, se salienta que a Neurociência, através da soma dos conhecimentos da neurobiologia celular, com os estudos da cognição, deu origem a uma nova ciência da mente, a Neurociência Cognitiva. Em suma, o que se destacou neste subtítulo foi à possibilidade de compreender a função primária do neurônio e realizar a comunicação no sistema nervoso. Também, a importância das sinapses nesta rede de informação e compreender um pouco mais sobre a função das células gliais, além da forma que estas participam ativamente no processo de plasticidade neural. Ainda, a importância das neuroglias, que participam ativamente desse processo, recebem inputs sinápticos mediando os processos de informação, além de formar a bainha de mielina, fortalecem os axônios, isso ajuda na ramificação dendrítica, tão importante para rede de informação e processo da aprendizagem. Esses estudos ampliaram a forma de compreender as redes neuronais, sua organização no SNC e a capacidade da plasticidade neural. Entretanto, é necessário enfatizar que, essa evolução foi possível através de observação clínica, estudos extensivos sobre o córtex cerebral humano e o surgimento de exames de imageamento e mapeamento cerebral, o que contribuiu significativamente para esclarecer esses processos. (KANDEL, 2014).

3.3 PLASTICIDADE NEURAL E SUA RELAÇÃO COM DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM

Durante o processo pesquisa é possível observar que conhecimento mais profundo acerca do funcionamento cerebral é relativamente recente, no início da década de 2010 ainda se tinha clareza sobre o processo de plasticidade no cérebro e sua relação com a cognição. À medida que as pesquisas avançaram nos anos posteriores, perpassando o período de 2010 até 2022, se percebe que esse cenário mudou. Textos de estudiosos como Consenza, Rotta, Guerra e Izquierdo se aprofundaram nas pesquisas sobre a Neuroplasticidade e trouxeram embasamento para a Neurociência Cognitiva esclarecer mais sobre conceitos da plasticidade neural, sua relação e aplicabilidade nas teorias da aprendizagem.

É fato que as teorias da aprendizagem buscam compreender a dinâmica envolvida nos atos de ensinar e aprender, sendo o conceito principal dessas teorias que a aprendizagem não seria apenas inteligência e construção de conhecimento, mas identificação pessoal e relação através da interação entre a pessoa e o ambiente. Em outros termos, a ênfase de estudiosos da área da aprendizagem (pedagogia) para fundamentar suas bases teóricas seria a observação externa do comportamento de interação do ser humano com o ambiente e sua modificação conforme moldado por esse. Alguns desses estudiosos, como Jean Piaget, destacam na sua teoria o pensar social e suas influências sobre os indivíduos pela perspectiva ética, ou seja, o processo de pensamento seria resultado dos esquemas de mecanismos cognitivos interdependentes. (PIAGET, 1977).

Figura 12 – Esquemas das etapas



Fonte: Izquierdo (2011).

Embora hoje já se possa conhecer como os processos Cognitivos funcionam ao nível celular, historicamente as teorias da aprendizagem sistematicamente apresentaram esse desenvolvimento como um fator advindo das influências externas. Vygotsky defendia que o aprendizado se dá pela interação social, que o desenvolvimento do indivíduo é resultado da relação com o outro e com o mundo que o cerca. A Teoria Interacionista ressaltava que para aprendizagem ocorresse, o ser humano necessitava de interagir com o ambiente e ser influenciado por ele, ou seja, as influências externas são capazes de moldar a forma com que a pessoa percebe e se relaciona com o ambiente. (VYGOTSKY, 2007).

Entretanto, se analisarmos esses pontos sob a ótica da Neurociência Cognitiva, essas explicações não estão longe de serem verdadeiras. Pois, com o surgimento de pesquisas, avanços tecnológicos e o aprofundamento do conhecimento sobre a plasticidade neural, se pode afirmar com embasamento que, para o processo cognitivo de fato seja consolidado nas estruturas neuronais, é necessário à sistematização do estímulo, ou seja, a repetição. Para que

esse mecanismo neuronal reforçe as informações e possa criar redes cada vez mais fortificadas no córtex cerebral, assim, a interação com o meio é o principal estímulo para o desenvolvimento da aprendizagem.

Ainda teóricos, como Feuerstein, buscaram implementar, nos seus estudos, metodologias que pudessem promover o desenvolvimento da aprendizagem. Em 1950, Feuerstein propôs a noção de que o cérebro humano é modificável, ele considerava que a mediação era um importante instrumento para mudá-lo e, a partir desse pressuposto, elaborou a Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE) e a Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada (EAM). Suas contribuições foram e ainda são relevantes para aplicação prática. O conhecimento que hoje se tem sobre a Plasticidade Neural, com a proposta metodológica de Feuerstein, pode contribuir para uma intervenção cognitiva mais assertiva.

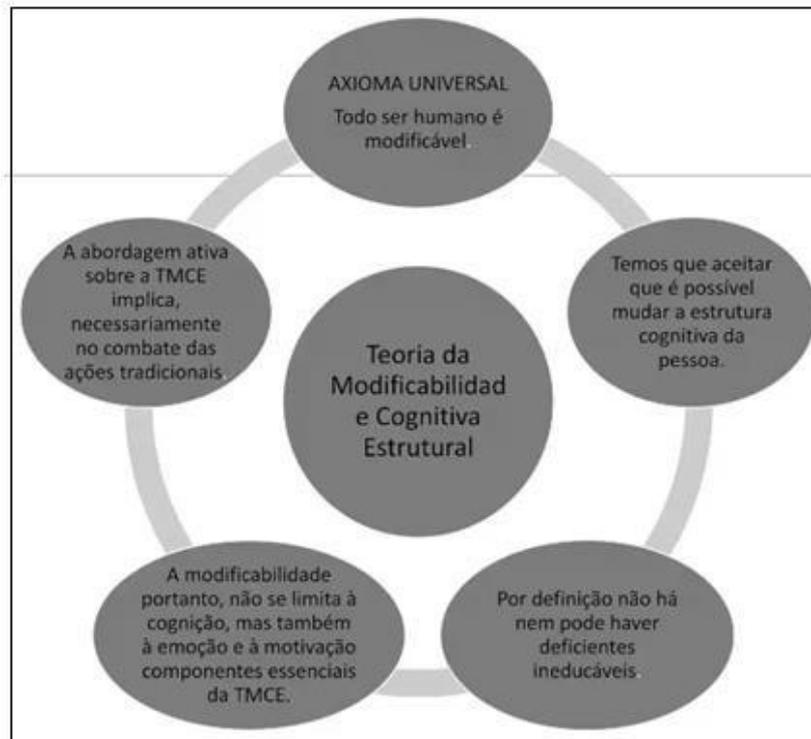
O estudioso esclarece sobre o processo de aprendizagem, ele explana que, do ponto de vista biológico;

O ser humano em desenvolvimento é um tipo de comunidade de células que se uniram e funcionam juntas de forma muito organizada, planejada e coordenada. Essa é a individualidade biogenética do indivíduo, que funciona na interação com o ambiente, leva dele o que requer para sua existência e pronto. (FEUERSTEIN, 2014, p. 51-52).

A Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE) traz o conceito que todo ser humano tem potencial para aprender, ele é modificável e dotado de plasticidade cerebral. Ou seja, a cognição é um dos pontos centrais da MCE, conforme Feuerstein, o processo de aprender permite que o indivíduo controle o ambiente a distâncias maiores do que é imediatamente percebido e vivido. Isto significa que, com a cognição, não é necessário experimentar diretamente um objeto ou evento, é possível “pensar sobre ele” e lidar com ele a distância. Em virtude disso, dessa habilidade, há a possibilidade de expandir grandemente as opções para se lidar com o mundo. (FEUERSTEIN; FALIK, 2014).

Ainda, Feuerstein (2014) esclarece que os processos cognitivos nos ajudam a decidir no que focar, quando focar e quais formas focar. Ajudam o indivíduo a organizar e sequenciar a abundância de informações que vem para o sistema, permitindo planejamento e tomada de decisão, trazendo ordem para experiências potencialmente diversas e desconexas. Dessa forma, os processos cognitivos elaboram e processam os dados reunidos em estruturas mentais para serem usadas posteriormente, pois, à medida que pensamos sobre o que vivemos, podemos adaptar nossas experiências para as novas condições e usá-las de modo diferente da exposição original.

Figura 13 – Teoria da TMCE



Fonte: Freiria (2015).

É possível analisar que existe uma quantidade significativa de conceitos e conhecimentos relacionados ao processo de neuroplasticidade e como essa capacidade do cérebro está diretamente ligada ao desenvolvimento da aprendizagem. No entanto, ainda se observa a necessidade de maior aplicabilidade desses conceitos nos espaços cotidianos, como instituições, escolas e consultórios de profissionais focados na estimulação ou na reabilitação cognitiva. Essa prática se faz necessária para expandir o conhecimento de como esses processos, estimulados de forma intencional e sistemática, podem gerar resultados, de fato, efetivos para a reabilitação de áreas do SNC, ligadas à cognição. Enfatiza-se que essa dissertação tem a proposta de apresentar uma dessas metodologias, o Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI), ponto esse que será mais bem-apresentado no capítulo 5.

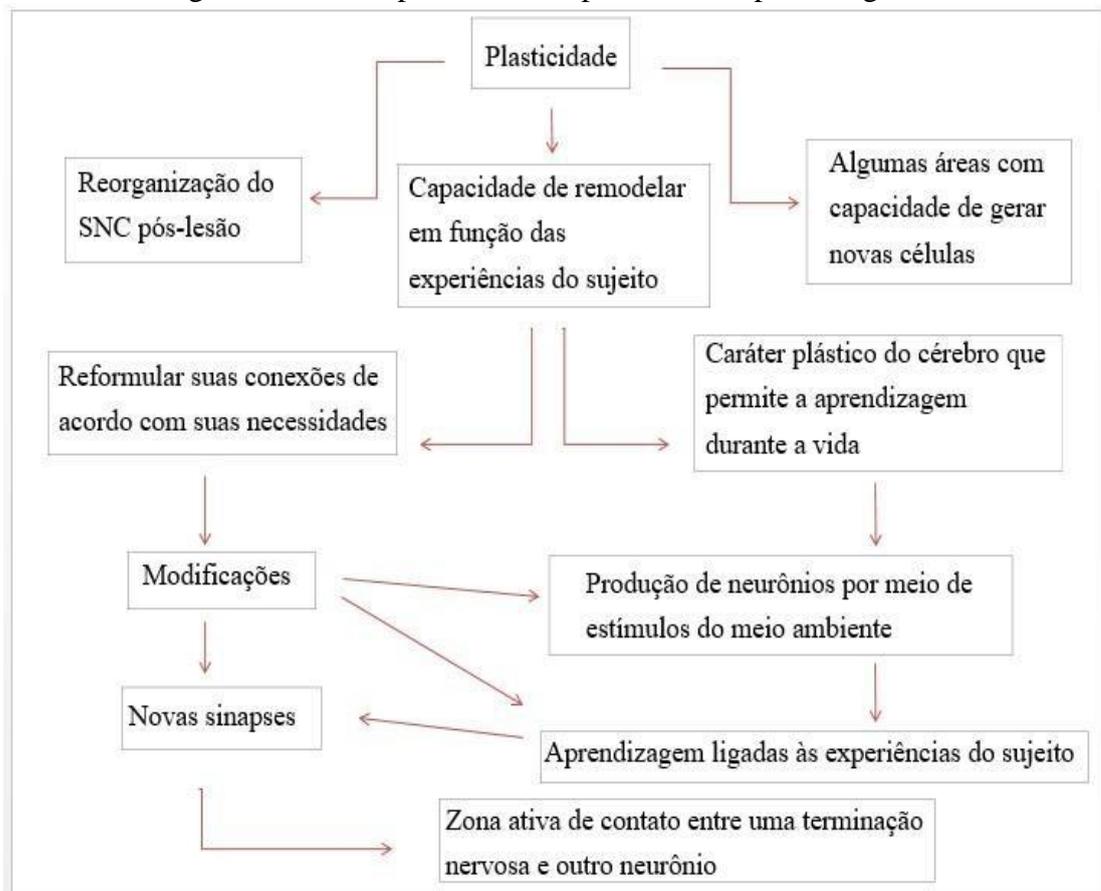
Ao que se refere ao processo de aprendizagem, nota-se que ele é dinâmico, dependente de um sistema neurobiológico como também de fatores ambientais, dessa forma, esse processo requer mediação. Esse aspecto pode ser embasado pelos pressupostos dos estudos das teorias da aprendizagem, sendo reforçados pelas pesquisas da Neurociência Cognitiva atuais. Sobre essa mediação, Feuerstein (2014) destaca os seguintes pontos: O cérebro humano é modificável, não sendo, portanto, uma estrutura rígida; a mediação de um indivíduo mais experiente muda à estrutura cognitiva do indivíduo mediado, ou seja, ele considerava

que a mediação é um importante instrumento para mudar o cérebro. Reforçando ainda esse conceito, estudos recentes esclarecem: O processo de mielinização está inteiramente ligado às experiências vividas, essa constatação tem se mostrado cada vez mais um fato. (ROTTA, 2018).

Compreende-se cada vez mais a capacidade do sistema nervoso de passar por modificações, se adaptando a novas experiências. Um exemplo prático da influência sistemática de um estímulo e a ocorrência da plasticidade neural no encéfalo é o aprendizado da leitura. Por meio de exames de mapeamento cerebral, hoje é possível evidenciar que há, de fato, uma mudança estrutural do lobo temporal, com o aprendizado da leitura, o cérebro se modifica até o nível celular, expandindo redes neuronais para consolidar a habilidade da leitura no sistema nervoso e posteriormente evocando essa capacidade, podendo usá-la para interagir com o meio. (DEHAENE, 2012).

Para ilustrar esse mecanismo de aprendizagem, o mapa conceitual abaixo elucida os pontos de organização desse processo e sua complexidade.

Figura 14 – Neuroplasticidade e processo de aprendizagem



Fonte: Rosa (2018).

Diante do exposto, se pode afirmar que cérebro é o principal órgão responsável pela aprendizagem, porém, o sistema neurobiológico não é o único responsável na totalidade por esse desenvolvimento, a interação com o ambiente também é primordial para que esse processo se consolide. O que aparentemente poderia ser um ponto óbvio necessitou de muitas pesquisas que esclarecessem esse fato, embora historicamente já se atribuísse as dificuldades de aprendizagem a um possível problema neurológico, ainda não havia clareza de que o processo de aprendizagem fosse mediado por estruturas cerebrais com suas respectivas propriedades e funções, como aqui explicitado.

Por meio da Neurociência Cognitiva, foi possível ampliar consideravelmente o conhecimento advindo das teorias da aprendizagem, se entende que esse processo está ligado ao ser humano adquirir competência para resolver problemas e realizar tarefas do seu cotidiano, para isso, é necessário utilizar-se de habilidades e conhecimentos que foram adquiridos ao longo da aprendizagem. A interação, a modificação e a modelação são os aspectos que são possíveis constatar pela observação, porém esses mecanismos também serão mediados por estruturas neuronais que irão consolidar esse processo. Ou seja, aprendemos quando somos capazes de exibir novas capacidades, que nos permitem transformar nossa prática e o modificar o ambiente. (GUERRA; CONSENZA, 2011).

Portanto, diante dessa perspectiva, se pode concluir que diversas áreas do conhecimento poderão utilizar os pressupostos da Neurociência Cognitiva para avançar em direção a um conhecimento mais amplo sobre a aprendizagem. Nesse enfoque, acredita-se que áreas que promovem a estimulação ou reabilitação cognitiva, através do Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) podem se beneficiar dos conhecimentos teóricos e metodológicos da Neurociência Cognitiva com o foco na plasticidade neural.

Assim, se podem explorar as potencialidades do sistema nervoso com a finalidade de elaborar intervenções significativas direcionadas ao aprendizado. Esses pontos serão mais explorados no capítulo 5, quando se dará ênfase na neuroplasticidade e sua influência nos processos de percepção, atenção, linguagem e memória, conseqüentemente, relacionar esses processos direcionando ao Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) e como esses conhecimentos somados podem auxiliar no desenvolvimento cognitivo. Por isso, é necessário explanar mais sobre neuroplasticidade relacionado à aprendizagem, e suas contribuições para compreender melhor sobre esse tema.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia foi realizada mediante pesquisa exploratória, conforme sintetizado no (quadro 3), ao conjugar atividades como exploratórias, buscou-se reunir informações a respeito do objeto de estudo e descrever as características de determinado fenômeno, aqui, no caso, a plasticidade neural, com o intuito de proporcionar uma visão geral sobre como é o funcionamento desse processo no cérebro humano. Ressaltando que as pesquisas exploratórias são geralmente realizadas quando o tema ainda é pouco explorado, por isso, o objetivo desse trabalho é apresentar e explicar um pouco mais sobre o conhecimento da neuroplasticidade relacionado à aprendizagem e suas contribuições para compreender melhor sobre esse tema.

Quadro 3 – Caracterização da pesquisa

Objeto de estudo	Análise de livros e artigos relacionados a neurociência, a partir de 2010 até 2022 com enfoque nas funções cognitivas - Neuroplasticidade.
Tipo de pesquisa	Pesquisa bibliográfica.
Enfoque da pesquisa	Quali-quantitativa
Estratégia de pesquisa	Revisão de literatura exploratória
Técnicas de pesquisa	Análises de conteúdo

Fonte: Vitalino (2019).

De acordo com Vitalino (2019), esclarece-se que, através dos dados coletados e pela análise efetuada desses, é possível caracterizar a pesquisa como quantitativa, qualitativa ou bimodal. Conceitua essas pesquisas como: quantitativa, essa metodologia realiza a análise do problema, envolve quantificação na coleta e análise de dados, esse processo é feito por meio de números, da mensuração precisa, ou seja, o objetivo é conhecer como funciona determinada realidade. Na metodologia qualitativa, os dados são coletados e mensurados considerando seus atributos, seus predicados, dessa forma seu objetivo é entender o contexto do ponto de vista dos sujeitos pesquisados. Por conseguinte, a metodologia bimodal envolve procedimentos quantitativos e qualitativos em conjunto, para tratar os eventos do problema em análise. “Pode-se efetuar uma análise qualitativa de dados estritamente quantitativos ou uma análise quantitativa de dados coletados com técnicas qualitativas, complementando a compreensão da realidade”. (VITALINO; 2019, p. 40).

Ainda corroborando sobre a pesquisa bibliográfica, Garcia (2016) esclarece o conceito sobre essa metodologia:

As pesquisas que podem ser classificadas como bibliográficas são, na sua maioria, aquelas que buscam discutir sobre ideologias ou ainda as que buscam conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado sobre um determinado assunto, tema ou problema. (GARCIA, 2016, p. 293).

Buscando ampliar as metodologias de pesquisa, salienta-se a finalidade da pesquisa exploratória, que busca objetivar e levantar informações sobre um determinado objeto e/ou fenômeno, mapear as condições de sua manifestação e delimitar um campo de trabalho, quando não se tem informação disponível e se deseja conhecer ou há pouco conhecimento sobre o problema. Torna o problema mais explícito a partir de descrições precisas sobre ele ou constitui hipóteses, no sentido de definir os objetivos e buscar mais informações sobre determinado assunto. (RICHARDSON *et al.*, 2012).

4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente trabalho foi faseado para realizar a pesquisa; o que primeiramente envolveu a formulação do problema, em seguida, a construção das hipóteses; por conseguinte, a definição dos objetivos; e, por fim, o delineamento da pesquisa. Em sequência, foi necessário operacionalizar conceitos, pesquisar sobre o tema proposto, definir a amostra, livros de bases, da Neurociência Cognitiva, a partir de 2010 e explorar a bibliografia de Reuven Feuerstein.

De acordo com Gil; o delineamento de pesquisa é o planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, envolvendo tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação dos dados. Para o autor, traçar o delineamento significa considerar o objeto onde os dados serão coletados, ou seja, o delineamento é a fase do estudo na qual o autor considera a aplicação de métodos discretos para a sua investigação. (GIL, 2008, p. 49).

Escolher os instrumentos de coleta de dados, a leitura e a exploração do material, significa coletar os dados, textos e imagens utilizados, fazer a análise, com o enfoque na neuroplasticidade relacionado ao Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI). Expor os resultados, as contribuições sobre o conhecimento do processo da plasticidade Neural na compreensão do processo de aprendizagem. Por fim, a escrita da dissertação, que, no caso deste trabalho, o objetivo é concentrar a pesquisa e sua importância para compreender a formação dos processos cognitivos e uma metodologia mais assertiva para a intervenção desse processo.

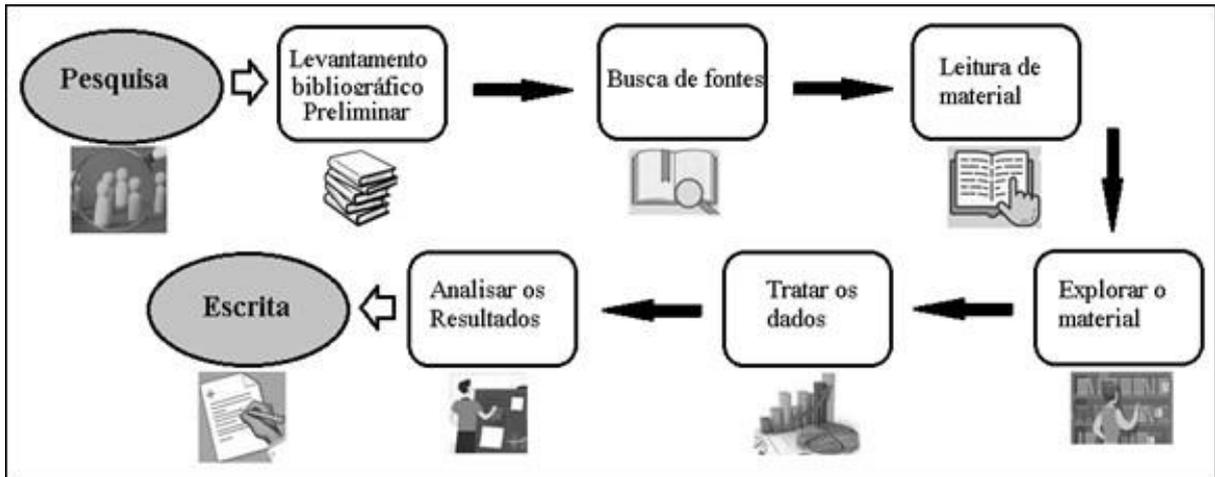
Quadro 4 – Roteiro para Análise de Dados

Perguntas qualitativas	Categoria analítica	Indicador de inferência
1. Quais livros e artigos relacionados à neurociência, a partir de 2010, têm enfoque nas funções cognitivas-Neuroplasticidade?	Natureza do problema de pesquisa	Básica – Revisão de literatura.
2. Qual é o tipo de pesquisa que será adotada quanto ao objetivo do estudo?	Objetivo de pesquisa	Exploratória.
3. Qual a metodologia será aplicada para tratamento do problema de pesquisa?	Enfoque de pesquisa	Qualitativa, qualitativa, bimodal.
4. Qual estratégia/técnica de pesquisa será utilizada no estudo deste trabalho?	Estratégia de pesquisa	Bibliográfica.
5. Qual o ambiente/fonte de informações que será aplicado abordar e tratar o objeto da pesquisa?	Ambiente/fonte de pesquisa	Bibliográfica.
6. Qual o instrumento de coleta de dados será adotado para o estudo do tema?	Instrumento de coleta de dados	Livros publicados sobre o tema, plataformas <i>online</i> , ex:(Google acadêmico) e outras.

Fonte: Vitalino (2019).

Para definir o delineamento da pesquisa, é importante considerar o procedimento adotado para coleta de dados. A observação das variáveis nos documentos analisados da área da Neurociência Cognitiva foi feita por meio de revisão literária, leitura e exploração textual. Os dados foram organizados por ano, iniciando em ordem crescente a partir de 2010. Para a análise e pesquisa dos estudos de Reuven Feuerstein, foi levantada a bibliografia do autor, e diversos textos de outros pesquisadores que usaram sua obra para escrita de artigos e dissertações. Além disso, foi necessária a utilização de recursos de figuras e quadros empregados no trabalho para facilitar a apresentação e a compreensão da análise textual. A interpretação dessas figuras e quadros foi baseada nos elementos teóricos pautou-se em levantar as escolhas metodológicas para construção do conhecimento é objetivo deste estudo. Segue um quadro informativo de como isso foi realizado pela autora deste trabalho.

Figura 15 – Procedimentos/ técnicas de coleta dos dados: atividade exploratória



Fonte: elaborado pela autora.

Portanto, a pesquisa bibliográfica é realizada a partir de fontes baseadas em livros e artigos científicos. Dessa forma, leva-se em consideração obras de autores da área para conduzir o estudo exploratório, com o intuito de extrair informações. Para isso, foi necessário aplicar a técnica de análise de conteúdo, observou-se que nessa metodologia o pesquisador, ao definir um estudo bibliográfico como recurso de pesquisa, consegue coletar dados amplos sobre diferentes fenômenos, sem a necessidade de ir a campo. É relevante considerar que o delineamento é necessário para a organização da pesquisa é uma maneira resumida de esquematizar o estudo. (MARCONI; LAKATOS, 2003).

4.1.1 Contexto da pesquisa

A primeira etapa da pesquisa consistiu na realização do levantamento do conhecimento já construído em trabalhos anteriores sobre os princípios da Neurociência, delimitando para os conceitos da Neurociência Cognitiva e, por fim, o enfoque no processo de plasticidade neural e como esse está relacionado ao desenvolvimento da aprendizagem. A busca do material teórico em formato de livros foi realizada na base eletrônica do Google, plataformas como Scribs e Docero, que disponibilizam um repertório de livros nacionais e internacionais de várias áreas do conhecimento; também foram utilizados livros de acervo pessoal, adquiridos em estado físico. Os artigos científicos posteriormente pesquisados foram buscados em acervos bibliográficos de plataformas como Scielo, BVS, Google acadêmico e em Instituições universitárias de âmbito nacional e internacional. A busca foi exploratória, isso possibilita a seleção por conveniência do próprio pesquisador, sem a necessidade em esgotar as fontes de informações. (GIL, 2008).

A próxima etapa de revisão bibliográfica consistiu na documentação da bibliografia selecionada, considerando somente aquelas que tratavam do tema relacionado aos princípios da Neurociência, conceituação da Neurociência Cognitiva e aprofundamento do processo de neuroplasticidade, que contribuíram para elaboração e escrita desse trabalho. A coleta de informações dos livros de bases da Neurociência teve seu foco nas publicações entre 2010 ao período de 2022. Sendo esta pesquisa exploratória realizada pela autora no período de setembro de 2020, início do curso de Mestrado em Neurociência até a escrita deste trabalho, período de janeiro a março de 2023. Os dados sobre a escolha dos livros foram organizados em quadro para facilitar visualização da seleção e está exposto abaixo:

Quadro 5 – Principais Livros da Neurociência. Autores, títulos e anos pesquisados

Ano:	Autor:	Título:	Editora:	Edição:
2010	LENT; Roberto.	Cem bilhões de neurônios conceitos fundamentais de neurociências.	Atheneu	2°
2010	PURVES; Dale.	Neurociências.	Artmed	4°
2011	PLOMIN; Robert.	Genética do comportamento.	Artmed	5°
2011	IZQUIERDO; Ivan.	Memória.	Artmed	2°
2011	COSENZA; Ramon. GUERRA; Leonor.	Neurociência e educação: como o cérebro aprende.	Artmed	—
2012	CARTER; Rita.	O livro do cérebro.	DK	—
2012	DEHAENE; Stanislas.	Os Neurônios da Leitura: Como a Ciência Explica a Nossa Capacidade de Ler.	Penso	1°
2013	KREBS; Claudia.	Neurociência ilustrada.	Artmed	—
2014	FEUERSTEIN; Reuven.	Além da inteligência: Aprendizagem mediada e capacidade de mudança do cérebro.	Vozes	—
2014	KANDEL; Eric.	Princípios de Neurociências.	Artmed	5°
2016	ROTTA; Newra.	Neurologia e Aprendizagem.	Artmed	—
2016	ROTTA; Newra.	Transtornos de Aprendizagem	Artmed	—
2017	BEAR; Mark.	Neurociência: Desvendando o sistema nervoso.	Artmed	4°
2018	ROTTA; Newra	Plasticidade cerebral e aprendizagem: abordagem multidisciplinar.	Artmed	—
2020	IZQUIERDO; Ivan.	Neurobiologia dos Transtornos Mentais.	Artmed	—

Fonte: elaborado pela autora.

A segunda etapa da pesquisa consistiu na realização do levantamento bibliográfico de Reuven Feuerstein, delimitando o enfoque na Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE), a Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada (EAM) e o Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI), pontos relacionados à metodologia aplicável que permeiam o desenvolvimento da aprendizagem. A busca do material teórico foi por meio de livros digitais, advindos da base eletrônica do Google acadêmico. Além, de artigos científicos, trabalhos de tese e dissertações, buscados em plataformas como Scielo, BVS, e em Instituições universitárias de âmbito nacional e internacional. (GIL, 2008).

Quadro 6 – Bibliografia e artigos referente a Reuven Feuerstein

Ano:	Autor:	Título:	Instituição:	Revista/Editora:
1978	FEUERSTEIN, R.; KRASILOVSKY; RAND, Y.	Modificabilidade na Adolescência:	Londres	Editora Wiley
1993	FEUERSTEIN, Reuven	Avaliação Dinâmica do Potencial de Aprendizagem	Madrid	Editora BRUÑO
1997	FEUERSTEIN, Rafi.	A coerência da teoria da modificabilidade. Em: A ontogenia de Modificabilidade cognitiva aplicada aspectos da Experiência de Aprendizagem Mediada e Enriquecimento Instrumental	Jerusalém	ICELP/HWC RI
2002	GOMES, Cristiano.	Teoria e método para alterar a capacidade de aprender: Feuerstein e a construção mediada do conhecimento.	Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG
2002	GOMES, Cristiano.	GOMES, Cristiano Mauro Assis. Feuerstein e a construção mediada do conhecimento.	Porto Alegre:	Editora Artmed
2007	LIMA, LÍlian.	O Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI): o que dizem os professores sobre o curso de formação	Universidade do estado da Bahia	(UNEB)
2009	BATTISTUZZO, Ligia.	Experiência de Aprendizagem Mediada de Reuven Feuerstein: A Modificabilidade em Alunos de cursos profissionalizantes	Universidade de Sorocaba- SP	Dissertação
2009	CORRÊA, Roberta.	Uma proposta de reabilitação neuropsicológica através do programa de enriquecimento instrumental (PEI).	Rio de Janeiro	Ciência e cognição.
2012	FEUERSTEIN; Reuven.	Como é a aprendizagem: aprendizagem mediada em Teoria e Prática.	Imprensa da faculdade de professores.	Editora de Kindle
2012	GONÇALVES, Carlos Eduardo. VAGULA, Edilaine.	Modificabilidade Cognitiva Estrutural de Reuven Feuerstein: Uma perspectiva educacional voltada para o desenvolvimento cognitivo autônomo.	Universidade Norte do Paraná	UEL/UNOPAR
2014	FEUERSTEIN; Reuven.	Além da inteligência: Aprendizagem mediada e capacidade de mudança do cérebro.	Petropolis -RJ	Editora Vozes
2016	DALMINA; Rute.	Inteligência, aprendizagem e a Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (TMCE).	Universidade Campo Grande - MS	Rev. Série- Estudos.

2017	CUNHA, Juliana.	Alves dos Santos Gaêta. Funções cognitivas e aprendizagem: a abordagem de Reuven Feuerstein.	Juiz de Fora-MG	Estação Científica
2019	LIMA, Patrícia Dal Prá. DICKEL, Adriana.	Reuven Feuerstein e a teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural: Conceitos e implicações educacionais	Universidade de Passo Fundo	UPF
2019	TELES, Natalício.	A mediação da aprendizagem segundo Reuven Feuerstein.	PROFEPT/ IFBA	Revista Brasileira de Educação Básica

Fonte: elaborado pela autora.

Ainda, em pesquisa concomitante aos livros de Neurociências e aos estudos da bibliografia de Feuerstein, também foram selecionados artigos advindos de revistas e publicações, relacionados às instituições universitárias brasileiras e internacionais. Foram selecionados os artigos que também tratavam do tema relacionado e apresentavam arcabouço teórico para embasar a pesquisa e a escrita desta dissertação. As referências dos artigos também foram organizadas em quadro para facilitar visualização da apuração e está evidenciado abaixo:

Quadro 7 – Principais artigo, revistas, títulos de apoio

Ano:	Autor:	Título:	Instituição:	Revista:
2010	RODRIGUES; CIASCA.	Aspectos da relação cérebro comportamento: histórico e considerações neuropsicológicas.	ABPp	Associação Brasileira de Psicopedagogia
2010	LOUBON; FRANCO.	Neurofisiologia de aprendizagem e da memória. Plasticidade neuronal.	Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.	Archivos de Medicina
2011	OLIVEIRA; FARIA; MOURÃO.	Neurociência cognitiva e desenvolvimento humano.	Universidade Federal de Juiz de Fora.	Temas em Educação e saúde
2013	GOMES; TORTELLI; DINIZ.	Glia: dos velhos conceitos às novas funções de hoje e as que ainda virão.	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	SciELO: Estudos avançados.
2013	IZQUIERDO; MYSKIW; BENETTI.	Memória: tipos e mecanismos – achados recentes.	Universidade de São Paulo - USP	Revista USP.
2015	FARIA; MOURÃO.	Memória.	Universidade Federal de Juiz de Fora.	Psicologia Reflexão e Crítica.
2015	SOUSA; SALGADO.	Memória, aprendizagem, emoções e inteligência.	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),	Revista Liberato
2016	MARQUES; Stela.	Neurociência e inclusão: implicações educacionais para um processo inclusivo mais eficaz	Pontifícia Universidade Católica. (PUC-Minas)	Trama Interdisciplinar
2019	CUPERTINO.	Genética e neuroimagem no TDAH e fenótipos relacionados.	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	TESE
2020	CORREIO; CORREIO.	Neurobiologia da aprendizagem	Universidade Tiradentes – UNIT/AL	Ideias & Inovação

2020	LIMA.	Plasticidade neural, neurociência e educação: as bases do aprendizado.	Universidade Estadual de Maringá	Arquivo do Mudi
2021	ANDRADE e Colaboradores.	A relação neurofisiológica existente entre memória e aprendizagem.	Centro Universitário Tiradentes (UNIT/AL)	Ciências Biológicas e de Saúde
2021	LAVOR.	O autismo: aspectos genéticos e seus biomarcadores.	Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba	Brazilian Journal of Health Review

Fonte: elaborado pela autora.

Por conseguinte, a terceira etapa teve o objetivo de compilar os dados a partir da revisão bibliográfica, por exploração da leitura dos capítulos relacionados ao tema, que subsidiaram a construção do instrumento de análise metodológica do trabalho, constituindo um instrumento de base conceitual teórica.

Na quarta etapa, efetuou-se uma busca mais minuciosa sobre os processos de plasticidade Neural, sua complexidade e as referências desse processo na cognição e aprendizado relacionando aos estudos de Reuven Feuerstein. Para isso, foi necessário aprofundar em temas como aprendizagem mediada, estímulos externos sistemáticos, funções cognitivas, funcionamento neuronal, bainha de mielina, células da glia, conexão sináptica, formação dendrítica, funções executivas, processos moleculares envolvidos e principais neurotransmissores relacionados à mediação e ao processamento de informação no córtex cerebral. (LENT, 2010).

Posteriormente, os objetos de estudo, os livros de bases da Neurociência e a bibliografia de Feuerstein foram localizados, selecionados, acessados e analisados, para isso, foi utilizada a técnica de Análise de Conteúdo que, de acordo com Bardin (2016), compreende em três fases: primeira fase, pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados (inferência e interpretação), que consiste em leitura superficial da escolha, no caso deste trabalho, as informações a serem analisadas, conforme critérios já apresentados e na preparação dos textos de embasamento, foram advindos de capítulos relacionados ao tema proposto. Em seguida, fazer leitura integral dos capítulos, organizar a unidade textual do trabalho a ser lida em seis níveis de: natureza do problema de pesquisa, enfoque de pesquisa, objetivo da pesquisa, estratégia de pesquisa, fonte/ambiente de pesquisa e instrumento de coleta de dados.

Ainda foi realizada a exploração do material e dos livros selecionados, tratados a partir da categorização, representados nos (quadros 6, 7 e 8), constituindo um conjunto de registros classificados segundo a ordem do *ano* da publicação dos livros, para facilitar a análise, compreensão e interpretação dos resultados. Na última fase, a ênfase é no tratamento dos

resultados, ressaltasse que a análise foi baseada nos elementos teóricos e o objetivo desse estudo, que era explorar sobre o processo de neuroplasticidade e a relação desse na aprendizagem e na aplicabilidade da metodologia do (PEI), contribuir na compreensão de da cognição e à proposta de estimulação ou reabilitação mais eficaz. As apresentações dos resultados deste trabalho serão feitos no capítulo 5. (BARDIN, 2016).

Portanto, as fontes de informação apresentadas neste trabalho são documentos de domínio científico, em geral, escritos em formato de livros já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados e publicados. O embasamento para a escrita deste trabalho refere-se a contribuições que advêm de diferentes autores, que realizaram publicações em anos diferentes. O objetivo foi pesquisar, conhecer e analisar as fundamentações científicas das publicações passadas e buscar sintetizar e relacionar as principais ideias e conceitos, com o intuito de explanar o tema neuroplasticidade relacionado aos processos de desenvolvimento da aprendizagem humano e suas contribuições para as estimulações mais assertivas.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Diante dos estudos e teorias apresentadas neste trabalho, pode-se afirmar que o cérebro é responsável pela forma como o ser humano processa as informações e armazena o conhecimento. Por essa razão, é interessante que profissionais atuantes na estimulação ou na reabilitação cognitiva, como psicólogos, fonoaudiólogos, psicopedagogos, professores e outros profissionais, compreendam o funcionamento cognitivo no córtex cerebral e as estratégias que favoreçam o seu desenvolvimento. Ainda diante da análise dos textos, é possível concluir que aprendizagem se consolida por meio de reorganização cerebral dentro da rotina cotidiana, uma vez que os estímulos ambientais fazem parte do aprendizado, isso significa adquirir novos conhecimentos e comportamentos que irão modificar a estrutura macro e micro do cérebro. (COSENZA; GUERRA, 2011).

Inclusive, pode-se destacar, diante dos dados analisados, que os estímulos do ambiente levam os neurônios a gerarem novas sinapses, tornando-as mais acentuadas. No entanto, as pesquisas apresentadas apontaram que não é somente potencial neurobiológico preservado que fará a pessoa a aprender, é necessário compreender que mesmo o cérebro de uma pessoa considerado de desenvolvimento típico pode apresentar dificuldades, pois, se o ambiente não for favorável para a aprendizagem, recebendo poucos estímulos, essa pessoa pode ter obstáculo em aprender. Assim, da perspectiva da neurociência, a aprendizagem é um processo que depende de estímulos, desencadeando o cérebro a reagir ao ambiente, gerando sinapses e formando rede de circuitos que processam as informações com capacidade de armazenamento molecular. (ROTTA, 2018).

Ainda se observou durante a análise dos dados e textos os esforços do meio científico de unir o embasamento da neurociência com uma metodologia aplicável, principalmente nos contextos de estimulação ou reabilitação da aprendizagem. Esse fato remonta desde a década de 1960 e ganhou notoriedade nas décadas posteriores, principalmente com as novas descobertas na área da neurociência cognitiva. Por isso, a relação entre o conhecimento da neurociência e os processos aprendizagem veio embasar ideias de teóricos da educação como Feuerstein (1921-2014) que, por meio de suas pesquisas, criou a Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE).

Segundo o próprio autor, a MCE pode ser compreendida como uma concepção dinâmica da existência humana, na crença de que o organismo humano é dotado de plasticidade e flexibilidade e que a inteligência é dinâmica e modificável, construída a partir de múltiplos fatores gerais que podem ser relacionados a todos os comportamentos cognitivos. Para Feuerstein, o profissional que estimula a aprendizagem é um mediador e necessita atuar como um planejador, conhecer e acreditar no potencial, organizar um planejamento que estimule as funções cognitivas, intencionalmente provocar conflitos cognitivos, e ainda ser questionador. Faz-se necessária a crença nas possibilidades de mudanças e a consciência de que estas não ocorrem acidentalmente, mas com mediação intencional. (ALMEIDA, 2018).

Diante de metodologias como a Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE) se reforça o conceito de o ser humano ter potencial para aprender podendo ser modificável, esse ponto contribui para compreender que o cérebro pode se desenvolver com mediação assertiva e estímulos. No decorrer desse capítulo, será apresentada a análise sobre a MCE de Feuerstein, embasada nos estudos da Neurociência Cognitiva atual.

Quadro 8 – A mediação da aprendizagem segundo Reuven Feuerstein

Critérios da mediação	
Imprescindíveis	Intencionalidade e reciprocidade. Transcendência. Significado
Prescindíveis	Sentimentos de competência; Autorregulação; Compartilhamento; Individuação e diferenciação; Planificação; Procura pela complexidade e automodificação.

Fonte: Franck (2015).

Será enfatizada a consolidação de informações do sistema nervoso, apresentando a dinâmica dos componentes cognitivos, e a forma que os estímulos ambientais são captados e selecionados pela atenção, armazenados na memória e modificados pela plasticidade cerebral. Esses fatores neurobiológicos serão relacionados com a (MCE) de Feuerstein, esclarecendo a relevância do papel da mediação e a motivação nos processos cognitivos, assim como a importância de oportunizar as pessoas um envolvimento ativo com o objeto ou conteúdo. Assim, podem-se beneficiar dos conhecimentos já adquiridos e utilizar a recursividade de um ambiente motivador para promover a estimulação do córtex cerebral, visando formar novas espículas dendríticas no cérebro, em outros termos, os estudos sobre Modificabilidade de Feuerstein podem mediar a estimulação da neuroplasticidade, conseqüentemente o desenvolvimento da aprendizagem.

Portanto, profissionais que estão diretamente relacionados à estimulação ou à reabilitação cognitiva, exercem um papel fundamental nesse processo, pois, conforme Feuerstein, na aprendizagem mediada existe o posicionamento de outro ser humano, um adulto ou um par mais competente, que se coloca entre o sujeito e o objeto de conhecimento, selecionando, interpretando, ampliando os objetos e os processos. Ele esclarece que a abordagem mediada é vital para assegurar uma aprendizagem efetiva. Diante disso, uma vez que se pode aliar a Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE) com embasamentos neurocientíficos atuais, apresentar a soma dos estudos da Neurociência Cognitiva com a metodologia de Feuerstein, pode contribuir para que o profissional que atua na área da cognição compreenda efetivamente a maneira de abordar e discorrer sobre os estímulos ou reabilitações, isso poderá favorecer a formação de conexões neuronais de forma mais assertiva e desenvolver melhor os processos cognitivos. (FEUERSTEIN, 1997).

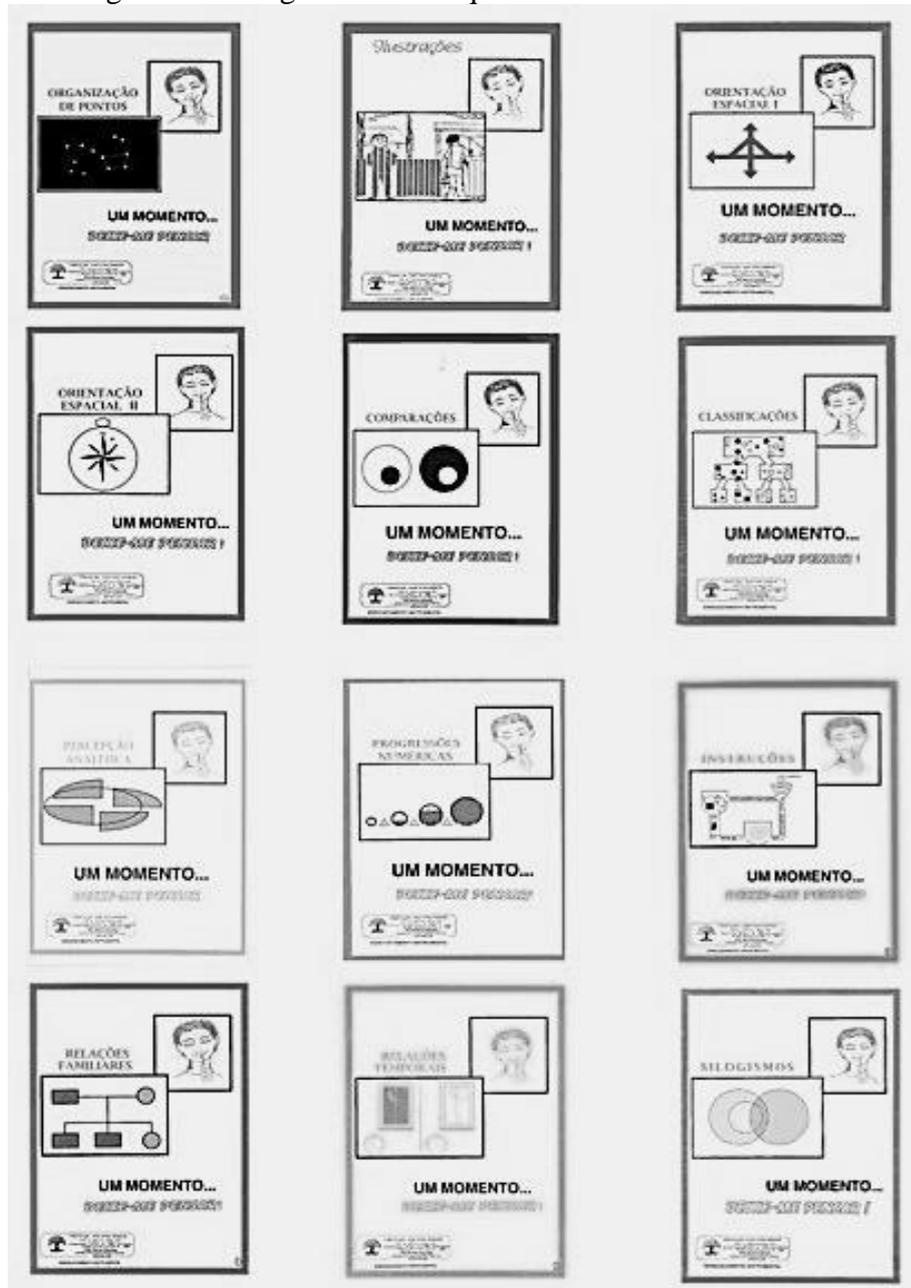
5.1 PRIMEIRO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

5.1.1 Programa de enriquecimento instrumental (PEI) de Feuerstein sob a ótica da neurociência cognitiva

A análise dos dados neste subtítulo apresenta o Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) de Feuerstein e o relaciona com as pesquisas atuais da Neurociência Cognitiva. Busca-se dar embasamento neurocientífico à metodologia que Feuerstein elaborou e, dessa forma, buscar comprovar que aplicação deste instrumento é um recurso assertivo para o desenvolvimento do cérebro, pois estimula o processo de plasticidade neural, reforçando e fortificando as redes sinápticas e dendríticas, formando uma rede consolidada de conhecimento no córtex cerebral. Para isso, os parágrafos posteriores apresentarão parte desse instrumento, sua funcionalidade e aplicação, ainda, o intuito é mostrar cada área do córtex cerebral, lobos e estruturas de bases, que podem ser diretamente estimuladas e modificadas por esse instrumento.

Para isso, durante o processo de pesquisa dos dados, se analisou o Programa de Enriquecimento Instrumental de Feuerstein, que se fundamenta na teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural e na Experiência de Aprendizagem Mediada também de Reuven Feuerstein. Esse programa apresenta uma visão dinâmica das capacidades cognitivas do ser humano, e somado ao embasamento das pesquisas da Neurociência Cognitiva, podem clarificar, ainda mais, como os processos de aprendizagem ocorrem e como é possível, por meio de mediação adequada expandir o potencial de aprendizagem. Podendo aumentar a eficiência do funcionamento cerebral, por conseguintes aspectos intelectuais.

Figura 16 – Programa de Enriquecimento Instrumental - PEI



Fonte: Schaefer (2013).

É necessário esclarecer que, o Programa de Enriquecimento Instrumental foi desenvolvido em 1980, com base na Teoria da Experiência de Aprendizagem Mediada (EAM) de Feuerstein. É um programa de intervenção multidimensional com instrumentos práticos e um conjunto de ferramentas analítico-didáticas, focado nos três componentes de uma interação: o aprendiz, o estímulo e o mediador, o objetivo do instrumento é aumentar a eficiência do processo de aprendizagem. É considerado, também, um dos programas mais promissores no contexto da reabilitação, utilizado para modificar a estrutura cognitiva.

Esses sistemas operacionais foram desenvolvidos por Feuerstein e sua equipe ao longo de mais de 40 anos. O programa completo é composto de 14 conjuntos de tarefas de diversos conteúdos e modalidades, contendo em média 25 páginas. Possui uma série de estimulações, sendo estas: Organização de Pontos; Orientação Espacial I, Comparações, Classificações, Percepção Analítica, Orientação Espacial II, Ilustrações, Progressões Numéricas, Relações Familiares, Instruções, Relações Temporais, Desenho de Padrões, Relações Transitivas e Silogismo.

Seu crescente nível de complexidade favorece a construção sistemática e estrutural de funções cognitivas e operações mentais necessárias à aprendizagem. Neste tópico, os autores buscaram embasar esse instrumento com o processo da neuroplasticidade, demonstrar que, diante dos estímulos do PEI, o cérebro pode se adaptar ou mudar através de alterações neurofisiológicas resultantes das interações com os objetos, aqui destacando o PEI. É importante, profissionais compreenderem sobre a metodologia, dentro do embasamento neurocientífico, pois a intervenção, seja estimulação ou reabilitação, realizada assertivamente, pode ser impactante no desenvolvimento cognitivo.

No entanto, antes de explicar sobre intervenção, é necessário primeiro focar na etapa de avaliação e do seu nível de desenvolvimento cognitivo do mediado. Feuerstein pontua sobre o sistema de avaliação do potencial de aprendizagem. Para ele, antes da aplicação do PEI, primeiramente, é necessário compreender o potencial cognitivo do examinando, pois, somente a partir desta avaliação que se pode intervir, para isso os seguintes objetivos devem ser esclarecidos:

1. Perceber as funções cognitivas em bom funcionamento. Em um primeiro momento, caracterizado pela avaliação da condição cognitiva espontânea, o mediador deixa o indivíduo manifestar a sua condição cognitiva madura.

2. Identificar as funções cognitivas deficientes. Apresenta-se uma tarefa específica e permite-se que o examinando realize-a por conta própria, sem mediação, ou seja, sem interferência no processo de raciocínio.

3. Formar um quadro geral da condição estrutural cognitiva espontânea e da condição cognitiva após a mediação, visando estabelecer potenciais de aprendizagem.

4. Buscar relações entre as funções de entrada, elaboração e saída. De posse dessa quantidade de informações, ele cria condições para mediar, junto ao examinando, estratégias cognitivas, visando estabelecer, nessa inter-relação, a construção de potenciais de modificabilidade no indivíduo mediado.

5. Alterar as funções cognitivas do examinando, através dos critérios mediacionais e verificar mudanças qualitativas e quantitativas do mediado frente à mediação. O examinando realiza a tarefa novamente sem mediação, consistindo na avaliação do potencial de modificabilidade cognitiva alcançado.

6. Verificar se o indivíduo é capaz de generalizar, de construir novos princípios. O mediador avalia as mudanças qualitativas e quantitativas ocorridas, observando a ocorrência ou não de potenciais de modificabilidade, em função do momento anterior de mediação.

7. Analisar a possibilidade do envolvimento de fatores motivacionais ou emocionais. É oportuno ressaltar que o sistema de avaliação do potencial de aprendizagem, mais do que delimitar “quantidades”, tem uma função clínica bem determinada, que é a de conhecer o perfil de modificabilidade e estabelecer diretrizes para o tratamento cognitivo e psicoeducativo.

8. Estipular qual a frequência, a intensidade e a duração do processo mediacional para que o sujeito alcance um nível de modificabilidade. O perfil não é um rótulo categórico, mas uma bússola de orientação no caminho de uma intervenção para a modificabilidade. (ARMACOLLO, 2013).

Uma observação importante; quanto as pessoas com dificuldades de aprendizagem: é preciso analisar uma possível correlação entre certas funções deficientes e a ocorrência da dificuldade apresentada. Ressalta-se que Feuerstein (1993) não vê a etapa de avaliação como classificatória, ele explana que o objetivo desse processo é compreender a situação cognitiva da pessoa e buscar estratégias. Ele esclarece que:

O sistema de avaliação do potencial de aprendizagem não tem a finalidade de classificar ninguém em determinado perfil estático. Quando se fala em perfil de modificabilidade cognitiva, fala-se em determinadas características do funcionamento cognitivo daquela pessoa, que evidentemente se pensa que são modificáveis ao longo do processo de tratamento cognitivo pelo PEI. O perfil de modificabilidade estabelecido pela avaliação tem o simples objetivo de reconhecer a situação atual para modificá-la, para estabelecer estratégias de mudança. Jamais o sistema de avaliação tem um valor classificatório, classificando os sujeitos em educáveis “fáceis” e em educáveis “difíceis”. Essa não é a pretensão da avaliação, quando define o perfil cognitivo. (FEUERSTEIN *et al.*, 1993, p. 19).

O PEI permeia as funções cognitivas, para que pessoas com déficits possam interagir diretamente com conteúdos específicos e especializados, dessa forma, estimular o processo cognitivo geral. Ainda é um programa para propiciar e desenvolver a modificabilidade, estabelecendo alterações em sua capacidade de se relacionar e de se adaptar às situações novas.

O instrumento prioriza a operação mental, ainda foca na autonomia do indivíduo de modo que ele possa beneficiar-se da exposição direta aos objetos de conhecimento, esse ponto possibilita ao mediador intervir com direcionamento e assertivamente.

Diante do que Feuerstein pontuou, se observa, que as concepções de Feuerstein sobre os processos de pensamento, da função cognitiva e de seus estágios podem ser prontamente relacionadas à neuroplasticidade. Pois, é possível analisar que a etapa de entrada descrita por ele está relacionada à aquisição da informação, processo esclarecido pela Neurociência Cognitiva, ou seja, o que se compreende hoje é que o estímulo de entrada perpassa pelas redes sinápticas. Depois, observa-se a elaboração, sendo a etapa em que as neuroglias com os neurotransmissores liberados pelo núcleo de base irão reforçar a bainha de mielina, ou seja, o processo da mielinização, dessa maneira, consolidando estruturalmente todo o corpo do neurônio através dos estímulos.

A etapa de saída é quando o córtex cerebral já desenvolveu novas redes dendríticas, formando novas conexões de forma que, quando o mediado busca a informação, toda essa rede ampliada é acionada e a evocação da informação é acessada e utilizada. É interessante ressaltar que quanto mais esse processo de entrada de informação, elaboração e consolidação de rede neural ocorrem, e as saídas são acessadas, mais essas conexões no cérebro são reforçadas e estabelecidas. (GUERRA; CONSENZA, 2011).

O PEI não pode ser caracterizado apenas como uma série de instrumentos, pois, tendo sua base metodológica na EAM e na MCE, sua aplicação não acontece sem a mediação. Feuerstein explana sobre o objetivo geral do PEI:

A teoria de Feuerstein é baseada na noção de funções cognitivas, definidas como pré-requisitos para cada processo do pensamento que fornece qualidade para o ato mental. A função cognitiva é dividida em três estágios de fases: entrada, elaboração e saída. As funções cognitivas são livres de conteúdo e relacionadas com cada processo que, por sua natureza, lida com conteúdo. Por exemplo, a percepção nublada e confusa durante a fase de entrada pode ser relevante à coleta de informação necessária para resolver um problema de matemática, mas a mesma função é relevante, por exemplo, para dirigir um carro. O mesmo é verdadeiro para a função cognitiva deficiente relativa à percepção e a busca de conexões internas entre diferentes partes são necessárias em todos os conteúdos temáticos independentemente de seus conteúdos específicos. (RAFI; FEUERSTEIN, 1997, p. 32 *apud* ASSIS, 2002, p. 10).

Portanto, conclui-se que a formação de aprendizagem para Feuerstein significa a formação de um novo padrão mental que pode ser modificado pelo processo interno do funcionamento cognitivo diante de ação mediada. Como já citado, o PEI procura construir novos padrões mentais através da alteração da estrutura cognitiva do mediado, as tarefas realizadas impulsionam ações mentais e são conduzidas pelo mediador visando alterar a

estrutura interna do mediado na totalidade, ponto que será embasado a seguir, com as pesquisas da Neurociência Cognitiva. Hoje é possível observar esse processo acontecer no córtex cerebral, nomeado de plasticidade neural.

5.2 SEGUNDO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

5.2.1 Programa de enriquecimento instrumental (PEI): enfoque na neuroplasticidade

A modificabilidade estrutural de Feuerstein busca a formação de hábitos cognitivos e o estabelecimento de novos padrões mentais, esses são os dois pontos centrais do PEI. Inicialmente, o novo padrão mental ocorre devido à presença do mediador. Com a repetição do estímulo, observa-se que os hábitos vão sendo internalizados pelo mediado, adquirindo espontaneidade em raciocinar da mesma forma. Gradativamente, essa modelagem no processo cognitivo atinge o âmbito estrutural, essa nova habilidade, quando instaurada de maneira significativa nos hábitos cognitivos da pessoa, indica uma mudança cognitiva estrutural e o amadurecimento do potencial construído pela aprendizagem mediada. Para haver uma mudança cognitiva estrutural, é necessária uma constante intervenção, uma “repetição” intensiva. (ASSIS, 2002).

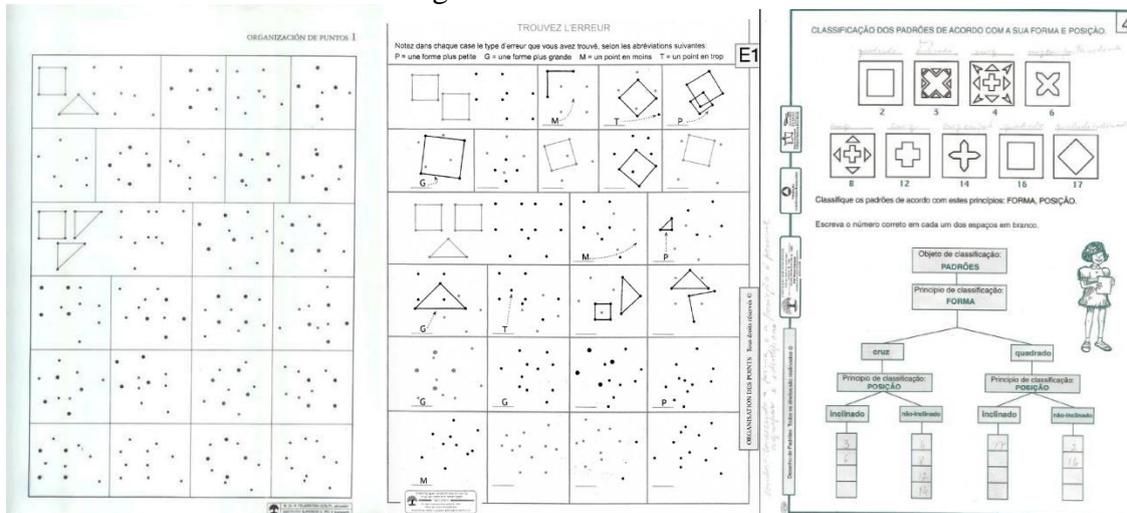
O processo acima descrito por Feuerstein pode ser observado pelos estudos da neuroplasticidade, a aprendizagem é um fenômeno individual e privado e vai obedecer às circunstâncias históricas de cada um. Isso significa que a neuroplasticidade é a capacidade do sistema nervoso central de ser modificada por meio de uma reorganização estrutural funcional, essa capacidade depende de mecanismos e estímulos ambientais e ocorre após a intervenção, decorrente do exercício de uma habilidade ou da exposição frequente. Processo esse que Feuerstein já apresentava na sua linha teórica, agora com a possibilidade de apresentar embasamento Neurocientífico às suas análises. (CONSENZA; GUERRA, 2011).

Ainda se observa que, durante as etapas de desenvolvimento humano, o cérebro passa por uma contínua modificação nas conexões entre neurônios e seus alvos, toda vez que se adquire novos conhecimentos ou habilidades. Aqui se pode destacar a aplicação do PEI, por exemplo, as atividades estimuladas e reforçadas modificam a estrutura do cérebro. Esse processo não é fixo e a remodelação da conectividade sináptica pode ocorrer em resposta a manifestações ambientais e estimulações de novas tarefas. Ou seja, essa repetição corresponde a uma necessidade do córtex cerebral e da própria estrutura cognitiva para acomodar a nova

forma de pensar, alterando seus próprios padrões e ampliando a rede neural, fortificada através da mielinização e da ampliação dendrítica, promovendo, dessa forma, um aprendizado profundo e generalizado.

Diante disso, a metodologia elaborada por Feuerstein, o PEI, através de embasamento neurocientífico, pode ser considerada uma nova qualidade do pensar, construída na relação da mediação e repetição, transformando o padrão espontâneo através de sua transposição para um padrão superior.

Figura 17 – Atividades do PEI



Fonte: Imagem Pinterest

Desse modo, o PEI propõe-se a ativar as funções cognitivas, possibilitando ao mediador analisar como seu mediado realiza as tarefas e altera progressivamente o processo de pensamento e raciocínio do envolvido. Posteriormente, serão apresentadas algumas das apostilas do material do PEI por meio de figuras da folha de apresentação (capa) e em alguns casos, a ilustração da folha de exercício de cada instrumento. Existem dois níveis do PEI, o nível básico, direcionado para crianças de 4 anos até 9 anos, idosos ou pessoas com necessidades especiais, possuindo uma série de 14 instrumentos.

Quadro 9 – Instrumentos do PEI, níveis I e II

INSTRUMENTO FOCO DE INTERVENÇÃO: NÍVEL I

1. Organização de Pontos - Planejamento, projeção de relações virtuais, precisão e exatidão.
2. Orientação Espacial I - Representação mental, flexibilidade e plasticidade na orientação espacial objetiva e subjetiva no espaço topológico, euclidiano e projetivo.
3. Comparações - Identificação e justificativa de julgamentos, classificação e estabelecimento de relações, exploração sistemática, precisão e discriminação.
4. Percepção Analítica - Decomposição, integração, percepção e interpretação das relações do todo e suas partes.
5. Classificações - Estabelecimento de categorias, pré-requisitos do raciocínio lógico-verbal.
6. Ilustrações - Percepção e definição de um problema, decodificação de informações, orientação temporal, estimulação da expressão oral, estabelecimento de relações de causa e efeito.
7. Orientação Espacial II - Uso de referências externas, estáveis e absolutas, uso de várias fontes de informação simultâneas, uso da inferência lógica.

NÍVEL II

- 8. Instruções - Uso de códigos, pensamento hipotético/inferencial, comportamento planejado, análise e síntese.**
- 9. Progressões Numéricas - Comparação, pensamento hipotético/inferencial, precisão e discriminação, identificação e aplicação de regras e leis.**
- 10. Relações Familiares - Exploração sistemática, uso concomitante de duas ou mais fontes de informação, relações virtuais e hierárquicas.**
- 11. Relações Temporais - Sistema de referência do tempo objetivo e subjetivo, planejamento, raciocínio sequencial.**
- 12. Relações Transitivas - Condições que possibilitam a transferência de relações a partir de inferências e implicações lógicas.**
- 13. Silogismos - Análise de proposições e de argumentos para checar veracidade, inferência discriminativa entre proposições válidas e não válidas e entre possíveis e inevitáveis alternativas.**
- 14. Desenho de Padrões - Representação mental de uma sequência, transporte visual de formas, codificação e decodificação de informações, pensamento reflexivo, flexibilidade mental e reversibilidade de raciocínio.**

Fonte: Lima (2007).

Nota-se que aplicação do instrumento pode ser iniciada na infância é um ponto importante, pois é a etapa de vida em que as pesquisas da Neurociência Cognitiva verificam as maiores mudanças no desenvolvimento cerebral, quando a criança passa a ter novas experiências. Estudiosos, como Aamodt, Wang (2013) esclarecem que;

Depois de ocorridas essas mudanças plásticas, a arquitetura do cérebro geralmente se torna mais difícil de modificar no futuro, ou porque os axônios e as sinapses adicionais não estão mais disponíveis, ou porque as vias bioquímicas que modificam a força sináptica mudam com o passar do tempo. Por isso, a estimulação ou reabilitação precoce são muito importantes para o desenvolvimento cognitivo. (AAMODT, WANG, 2013, p. 76).

O instrumento apresenta o nível do PEI Standard, direcionado para populações acima de 9 anos e adultos. Esse instrumento foi elaborado de forma que suas tarefas são gradativas, iniciando de uma menor tarefa de complexidade até uma maior complexidade e abstração, fornecendo ao mediado à condição de alcançar êxitos progressivos.

A Neurociência Cognitiva esclarece que, entre as habilidades de desenvolvimento, destacam-se as funções executivas, para compreender a aplicação do PEI e sua funcionalidade, é necessário relacionar às funções executivas estudadas pela Neurociência, com ativação das funções cognitivas apresentadas por Feuerstein. É necessário elucidar que as funções executivas são as habilidades cognitivas necessárias para controlar nossos pensamentos, nossas emoções e nossas ações. Elas são fundamentais para que a pessoa, progressivamente, gerencie os diferentes aspectos da vida com autonomia. O que se analisa é que a proposta do PEI está diretamente atrelada a esses objetivos, a estimulação das funções executivas, aprender a construir reflexões próprias e ter autonomia. Em síntese, a metodologia do PEI está estreitamente ligada aos processos cerebrais que possibilitam lembrar e associar diferentes informações, rever a forma de pensar, planejar e filtrar distrações, formando uma rede neural complexa de informações. (COSTA *et al.*, 2016).

Conforme os estudos de Robert Lent, os circuitos neuronais envolvem um número variável de neurônios localizados em diferentes distâncias, mas que, quando ativados, resultam em uma função, que pode ser um movimento, uma sensação, um pensamento, uma memória ou uma imagem. Esse circuito neuronal é a unidade funcional do sistema nervoso e também do cérebro. Os circuitos neurais são verdadeiros sistemas neuronais e são modelados conforme as demandas e experiências. Diante disso, os estudos mais atuais corroboram com Reuven Feuerstein, explanam que os estímulos são necessários para a reestruturação e plasticidade neural. (LENT, 2010).

Quadro 10 – Funções executivas: Processo e função

Atenção	(sustentação, foco, fixação, seleção de dados relevantes dos irrelevantes, evitamento de distratores etc.);
Percepção	(intra-neurosensorial, inter-neurosensorial, meta-integrativa, analítica e sintética etc.);
Memória de trabalho	(localização, recuperação, rechamada, manipulação, julgamento e utilização da informação relevante etc.);
Controle	(iniciação, persistência, esforço, inibição, regulação e autoavaliação de tarefas etc.);
Ideação	(improvisação, raciocínio indutivo e dedutivo, precisão e conclusão de tarefas etc.);
Planificação e a antecipação	(priorização, ordenação, hierarquização e predição de tarefas visando a atingir fins, objetivos e resultados etc.);
Flexibilização	(autocrítica, alteração de condutas, mudança de estratégias, detecção de erros e obstáculos, busca intencional de soluções etc.);
Metacognição	(auto-organização, sistematização, automonitorização, revisão e supervisão etc.);
Decisão	(aplicação de diferentes resoluções de problemas, gestão do tempo evitando atrasos e custos desnecessários etc.);
Execução	(finalização e concomitante verificação, retroação e referência etc.)
Atenção	(sustentação, foco, fixação, seleção de dados relevantes dos irrelevantes, evitamento de distratores etc.);
Percepção	(intra-neurosensorial, inter-neurosensorial, meta-integrativa, analítica e sintética etc.);
Memória de trabalho	(localização, recuperação, rechamada, manipulação, julgamento e utilização da informação relevante etc.);

Fonte: Fonseca (2014).

O Programa de Enriquecimento Instrumental pode ser usado como um instrumento de intervenção, seja para estimulação ou reabilitação terapêutica em caso de algum dos processos das funções executivas não esteja desenvolvendo adequadamente, exemplo: em distúrbios tais como Síndrome de Down, TDAH, dificuldades de aprendizagem, etc. O PEI, quando embasado pela Neurociência Cognitiva, pode ser um instrumento eficaz para aplicar em pessoas com desenvolvimento cognitivo atípico. O instrumento pode auxiliar efetivamente na organização sistêmica e no desenvolvimento funcional cerebral promovendo a plasticidade neural que reflete uma modificação progressiva e qualitativa. (CÔRREA, 2009).

Como apresentado anteriormente, a Neurociência avançou na compreensão sobre os lobos cerebrais e seu funcionamento, principalmente diante do desenvolvimento da aprendizagem. Serão apresentados alguns dos PEIs e sua funcionalidade, no entanto, a análise tem o intuito de expandir a compreensão desses instrumentos, apresentando as contribuições da Neurociência Cognitiva, dessa forma, buscar apresentar as áreas cerebrais estimuladas no córtex cerebral quando aplicada determinada atividade e ainda ressaltar o enfoque na neuroplasticidade.

5.2.1.1 PEI - Organização de pontos

O propósito desta atividade é estimular a prática de projeção de relações virtuais, por meio de tarefas que requerem a identificação e o desenho de linhas que formam as figuras, o foco é exercitar habilidades de organização e planejamento.

A relação entre cérebro e aprendizagem pode ser observada, por exemplo, ao identificar-se que para aprender, resolver problemas, o ser humano necessita realizar operações mentais, elaborar novas formas para solucionar novos problemas. Por isso, torna-se muito relevante a compreensão do modo como à mente, o cérebro funciona para aprender. (CUNHA, 2017, p. 2).

Esses aspectos são essenciais para o desenvolvimento de habilidades como; controle de impulsividade, conservação de constâncias e projeção de relações virtuais.

Figura 18 – Instrumentos do PEI

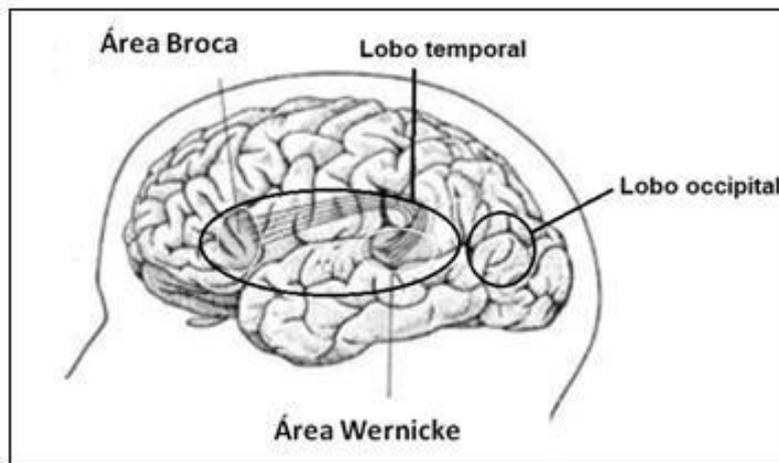


Fonte: Schaefer (2013).

Aplicação: esse instrumento é, normalmente, o primeiro instrumento do PEI a ser trabalhado, possui 16 páginas constituídas de tarefas na modalidade figurativa. O mediado deve ligar os pontos dentro de cada quadro e formar figuras idênticas às do modelo, em forma e em tamanho, como apresentado na (figura 16). Usando estímulos figurativos, o mediado desenha linhas para conectar os pontos que criam uma ordem e um significado na informação, levando ao fechamento de formas. As tarefas mantêm um grau médio de abstração, mas gradativamente aumentam seu grau de complexidade.

Função executiva estimulada: esse instrumento desenvolve a percepção, reduz o nível de impulsividade, instiga a curiosidade, flexibiliza as estruturas mentais e propicia o refletir sobre o próprio processo de pensamento. Também estimula à observação, a comparação, a avaliação, a análise, a síntese e utilização de estratégias, além de um comportamento exploratório sistemático e planejado.

Figura 19 – Área de associação parieto-occipito-temporal



Fonte: Revista USP (2013).

Embasamento neurocientífico: por meio da análise do instrumento, se pode teorizar que as áreas cerebrais estimuladas são: lobo temporal, especialmente a área de Wernicke que está integrada na área de Broca, denominada área de associação parieto-occipito-temporal por incorporar e integrar esses três lobos corticais; a área de Wernicke associa as referências auditivas, visuais e sensoriais somáticas; permite a compreensão da linguagem escrita e falada sendo responsável pela compreensão; além disso, há a estimulação do lobo occipital, essa região relaciona a informação visual recebida às experiências passadas, permitindo o reconhecimento. Assim, pode-se observar que, a aplicação desse instrumento provoca a estimulação em pelo menos três áreas cerebrais de forma direta, diante disso, desenvolve e fortalece conexões e redes neurais por todo córtex cerebral, promove desenvolvimento cognitivo das áreas de organização, rastreamento visual e sequenciação. (ESTeSL-IPL, 2010).

Em simultâneo, podem ocorrer processos no córtex cerebral, como aumento dos dendritos, promovendo o “brotamento”, a reorganização funcional, ou seja, plasticidade neural. As aprendizagens adquiridas são transportadas e armazenadas e consolidadas no cérebro, por meio dos neurônios e das sinapses. Ainda se observa que aprendizagem não irá cessar no córtex cerebral, pois, com estímulos externos e contatos com ambientes diferentes, as informações armazenadas serão evocadas e os neurônios reativados. Portanto, a plasticidade ocorre por meio do aprendizado assim como o aprendizado estimula a plasticidade. (SANT’ANA, 2014).

5.2.1.2 PEI - da unidade ao grupo

O trabalho de Feuerstein tornou-se referência ao demonstrar resultados significativos na aprendizagem de pessoas, sobretudo crianças, ditas ou consideradas incapazes de aprender. (FEUERSTEIN, 2012).

Figura 20 – Instrumentos do PEI

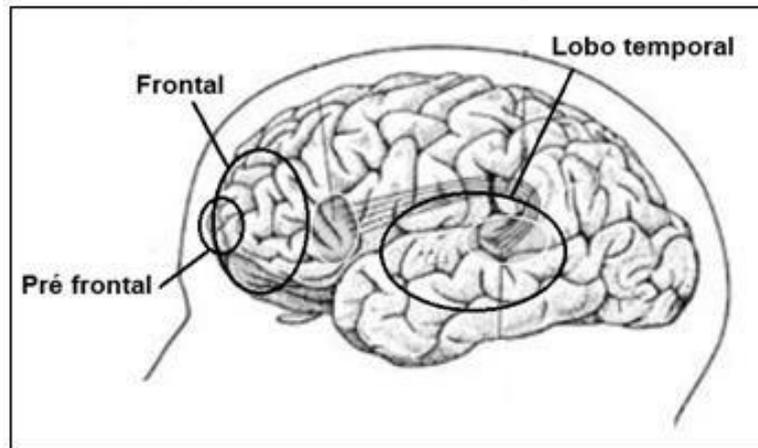


Fonte: Schaefer (2013).

Aplicação: os Instrumentos apresentados na (Figura 20) têm a proposta de trabalhar com os conceitos numéricos, suas representações mentais, suas relações temporais, de quantidade e diversas operações matemáticas. O intuito é desenvolver a capacidade de contagem, interiorizar o conceito de unidade e de grupo, estimular a flexibilidade cognitiva, desenvolver a capacidade de decomposição e a composição; ainda, a identificação, a comparação, a diferenciação e a classificação. Ressalta-se que os instrumentos de Progressões Numéricas não são orientados para a aprendizagem da matemática, mas para o desenvolvimento do pensamento analógico e lógico-formal, para facilitar o processo de aquisição da lógica formal, por outras modalidades de linguagem. Além disso, o instrumento de Relações Temporais é composto por unidades com objetivo de apresentar, explorar e desenvolver a noção do tempo.

Função executiva estimulada: os instrumentos estão organizados para que o mediado elabore conceitos cada vez mais abstratos. Apresentam gradativamente nível de complexidade lógico-formal e de pensamento abstrato, baseando-se em funções cognitivas como atenção, percepção, memória de trabalho, flexibilização e execução.

Figura 21 – Área fronto-temporal



Fonte: Revista USP (2013).

Embasamento neurocientífico: diante da necessidade de efetuar operações mentais progressivas, a estimulação desse instrumento está relacionada diretamente ao lobo frontal responsável no controle do movimento voluntário, também envolvido na atenção, memória de curto-prazo, motivação, planejamento e fala. Essa região também desempenha papel relevante no processamento de informação intelectual e permite o julgamento e a tomada de decisão. Além de áreas como o córtex associativo pré-frontal e campos oculares frontais, com a função da organização do pensamento, cognição e planejamento do movimento. Ainda, estimula o lobo temporal, que processa os aspectos sensoriais da memória, por conseguinte, realiza a estimulação da área temporal inferior visual, que contribui na formação da memória, auxiliando no processo cognitivo e na aprendizagem. (KANDEL, 2014).

Relvas (2012) pontua como os estados mentais são obtidos a partir de diferentes padrões de atividades neurais, a aprendizagem é alcançada por meio de conexões neurais, pode assim, ser fortalecida ou não, conforme a qualidade da intervenção. Reven Feuerstein apresentava seu programa PEI e enfatizava que o estímulo deveria ser gradativo e constante. Através dos estudos da Neurociência, esse critério da metodologia Feuerstein, pode ser de fato, viável de comprovação, pois, as pesquisas atuais apontam que a repetição intencional estimula a plasticidade neural e a consolidação dos processos cognitivos.

5.2.1.3 PEI - orientação básica no espaço

Os instrumentos do PEI são pautados no estímulo, Feuerstein argumenta que somos constantemente bombardeados por estímulos: estes podem ser aleatórios, desordenados, com variedades de intensidades; ainda, a maioria dos seres humanos aprende a responder seletivamente a inúmeros estímulos que recebem constantemente. Ele ressalta: “O estímulo é a fonte de significado em uma interação mediada”. (FEUERSTEIN, 2012, p. 34).

Figura 22 – Instrumentos do PEI

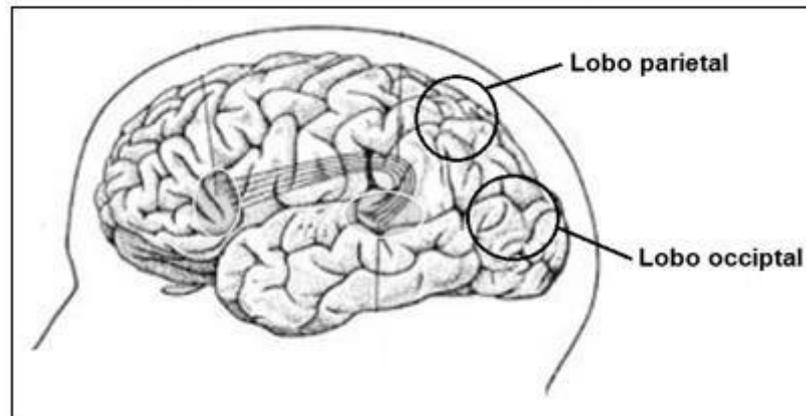


Fonte: Schaefer (2013).

Aplicação: estes instrumentos dão ênfase no vocabulário e conceitos relativos à orientação de objetos no espaço e a capacidade de relacionar estes espacialmente. O objetivo do instrumento é elevar de modo gradativo o nível de abstração, desde desenhos dos objetos a símbolos abstratos, porém mantém constância no nível de complexidade. Envolve tarefas relacionadas à aprendizagem espacial, além do manejo das mesmas no espaço topológico e projetivo. Nesse ponto, exige-se do mediado o domínio da relatividade das relações e dos objetos entre si, ou seja, tenha conhecimento prévio de conceitos espaciais como direita, esquerda, frente e atrás.

Funções executivas estimuladas: discriminação figura-fundo, identificação, raciocínio indutivo e dedutivo, categorização, percepção, orientação espacial e pensamento comparativo. O objetivo desse instrumento é desenvolver a representação mental e oportunizar o exercício de tarefas que construam a elaboração de uma posição descentralizada perante a realidade.

Figura 23 – Áreas Parietal e Occipital



Fonte: Revista USP (2013).

Embasamento neurocientífico: as áreas cerebrais estimuladas nesse instrumento são: o lobo parietal, responsável por integrar as informações sensitivas que formam a percepção, além de sistemas de coordenadas espaciais. Por conseguinte é ativado o lobo occipital, pois, é o principal centro de processamento visual na percepção de profundidade, no processamento visuoespacial e desempenha um importante papel na formação de memórias. Por isso, se ressalta que o lobo occipital não permite apenas a percepção visual, sua função também é de processar e interpretar a informação visual. Diante das análises, pode-se concluir que o córtex cerebral é amplamente estimulado, suas redes neurais podem ser ampliadas, quando aplicado as estimulações destes instrumentos. (KANDEL, 2014).

Para que o funcionamento associativo do cérebro ocorra, toda nova informação será inicialmente comparada, com as que o córtex anteriormente já armazenou nas diferentes formas de memórias, sendo elas; visual, auditiva, gustativa, olfativa ou motora. A nova conexão neural será formada por meio do novo aprendizado, o que ocorrerá diante de circuitos já existentes, ou seja, o novo conhecimento estará associado a outro pré-existente, assim, se pode observar que o cérebro busca sentido durante o aprendizado. A cada novo desafio, ele interpreta o estímulo neural e procura associar com a vida cotidiana, por conseguinte, faz o registro de forma que possa ser recuperado quando necessário. Além disso, toda vez que se compreende melhor uma informação, facilmente se tem a maior oportunidade de memorizá-la e torná-la parte efetiva da rede neural, o que se reflete diretamente em nossas funções cognitivas. (SILVA, 2012).

5.2.1.4 PEI - comparando e descobrindo absurdo.

Feuerstein descreve as funções cognitivas como, elementos da estrutura e do processamento mental. Ele explica que essas funções são processos complexos da mente, e articuladas, organizam e colocam em funcionamento toda a estrutura cognitiva. Este instrumento pode auxiliar no fortalecimento desse funcionamento, um exemplo, é a função de elaboração, responsável pelo tratamento das informações absorvidas. (CUNHA, 2017).

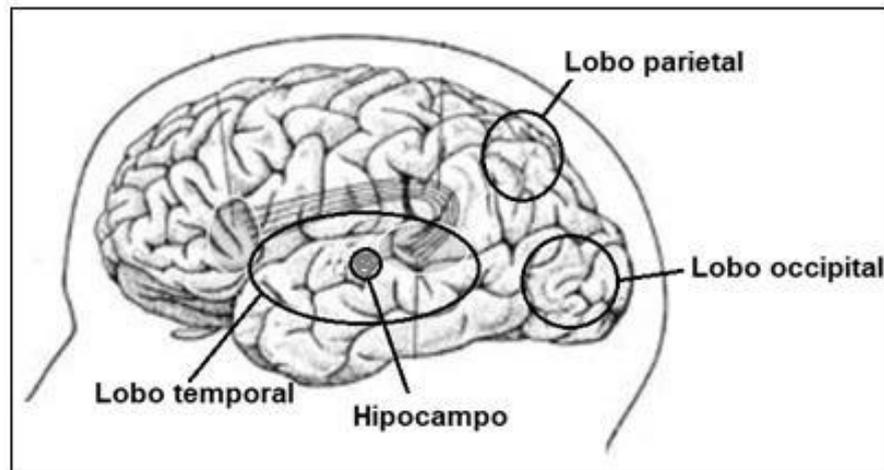
Figura 24 – Instrumentos do PEI



Fonte: Schaefer (2013).

Aplicação: a principal tarefa, em geral, nesses instrumentos é descobrir incongruências entre situações, buscar entender e criar um estado de desequilíbrio. O instrumento de Comparações estimula o mediado a desenvolver, acessar ou potencializar o pensamento comparativo, assim, promove a capacidade de observar as semelhanças e as diferenças entre dois ou mais objetos e descrevê-las. Por conseguinte, o Desenho de Padrões implica como pré-requisitos para aplicação no mediado, a consolidação de processo cognitivo funcional e operacional; é composto por uma série de figuras geométricas que servem de referência ao mediado, e uma série de figuras complexas, determinadas a partir da superposição de figuras geométricas, da folha de referência. O mediado deve escrever quais as figuras geométricas que, superpostas, formaram a figura complexa, dessa forma, demonstrar a sequência correta que define a superposição. Funções executivas trabalhadas: processo de observação, discriminação, comparação e classificação. Além do processo de indução, pois requer a adoção de um comportamento organizado e planejado. A identificação das partes e buscar a relação entre as partes e conclusão do todo. Ainda a investigação, a interiorização e o raciocínio indutivo e dedutivo.

Figura 25 – Áreas Parietal e Occipital/Temporal-Hipocampal



Fonte: Revista USP (2013).

Embasamento neurocientífico: esses instrumentos estimulam diretamente áreas cerebrais como o lobo parietal, que controla o cálculo e a linguagem do lado dominante, e a integração visual e espacial no hemisfério não dominante. Ainda, exames de neuroimagens apontam que o raciocínio matemático se baseia no processamento visual; o cérebro é composto por muitas áreas e rotas neurais, que são ativadas e se comunicam entre si quando se estimula o raciocínio-lógico. Por isso, quando se resolve um cálculo, o córtex cerebral envolve as redes frontais, o lobo temporal medial e o hipocampo. (BOALER, 2018).

As áreas do lobo temporal também são estimuladas nessas atividades, estudos atuais, apontam que a região posterior do lobo temporal, próxima ao lobo occipital, tem a função de nomeação da fala e a capacidade de evocar imagens visuais. Pesquisas nessa área, observaram que o hipocampo esquerdo é responsável pela codificação de palavras, isto é, essa área se relaciona à memória verbal, enquanto o lobo temporal direito resulta na memória visual. Em termos funcionais, os lobos temporais mediais trabalham para manter novas informações, analisar a complexidade dos sinais visuais e facilitar a síntese da memória visual de longo prazo. (AVERSI-FERREIRA, 2019).

Observa-se que os estudos da neurociência reconhecem a capacidade neural de modificação, regeneração e adaptação do sistema nervoso e a capacidade de plasticidade dos neurônios frente aos estímulos recebidos. A ampliação dos dendritos, que consiste na alteração do número, da disposição espacial e da densidade das espinhas dendríticas, promove aos neurônios grande capacidade de modificação e adaptação aos estímulos. Em outros termos, a neuroplasticidade é uma habilidade extremamente importante no funcionamento do encéfalo humano para a formação de memórias e da aprendizagem. Essas descobertas no

cérebro, abrem possibilidades de compreender e aplicar estimulações ou reabilitações, como o programa PEI, pois, a cada novo estímulo aprendido, várias conexões neurais ocorrem e se fixam no sistema nervoso central, contribuindo para seu desenvolvimento. Uma vez que, a plasticidade neural é essencial para o aprendizado e para o desenvolvimento das funções executivas e cognitivas. (MELO *et al.*, 2017).

5.2.1.5 PEI - identificando emoções

Feuerstein argumentou que o funcionamento da mente humana não dependia unicamente dos estímulos do ambiente, no entanto, ele também não acreditava que a inteligência fosse algo estritamente biológico. Por isso, ele concebeu o conceito da mediação, pois, observou que esse processo era algo flexível, que se moldava em decorrência da interação humana com o estímulo do ambiente. Para Feuerstein, mediar e estimular funções emocionais eram processos relevantes para o bom funcionamento das funções cognitivas, pois, eram corresponsáveis por um processamento mental eficiente. (GOMES, 2002).

Figura 26 – Instrumentos do PEI

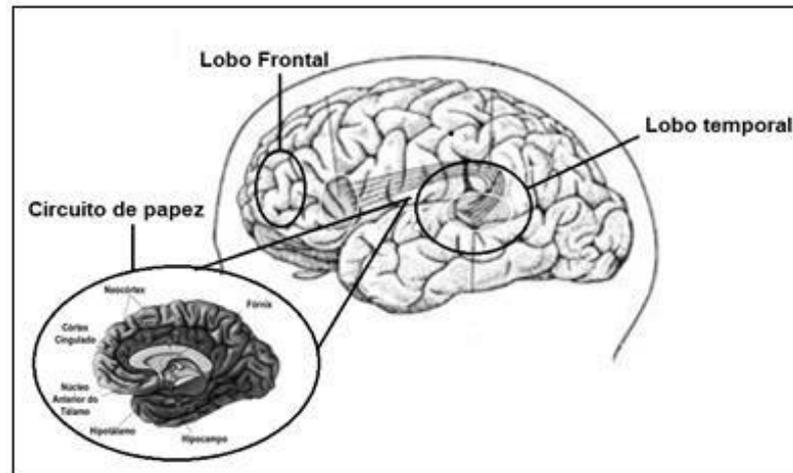
The figure displays two worksheets from the PEI instrument. The left worksheet, titled "RELAÇÕES FAMILIARES", includes a family tree diagram with handwritten names and the text "UM MOMENTO... DEIXE-ME PENSAR!". The right worksheet shows a similar family tree with a list of names and a table for identifying relationships between them.

Fonte: Schaefer (2013).

Aplicação: mediante decodificação de expressões dos sentimentos, o mediado aprende definir a natureza e a origem das emoções em vários contextos comportamentais e sociais. O instrumento de Relações Familiares é composto por tarefas que estão em diferentes modalidades de linguagem, que exigem um alto nível de codificação e decodificação da informação verbal. O tema utilizado pelo instrumento é a relação de parentesco e as seqüências hierárquicas da estrutura familiar, mas seu foco é transcender o tema, visando fomentar as relações lógico-formais e as diferentes possibilidades de categorização do círculo familiar.

Funções executivas estimuladas: pensamento hipotético-inferencial no âmbito formal da sequência lógica de enunciados, além da identificação, diferenciação, comparação, raciocínio indutivo e dedutivo, observação, análise, nomeação e solução de problemas.

Figura 27 – Áreas relacionadas com as emoções



Fonte: Revista USP (2013).

Embasamento neurocientífico: a partir da ótica neurobiológica, as emoções envolvem três aspectos: sentimento, comportamento e ajustes fisiológicos correspondentes. As áreas relacionadas à estimulação dessa atividade são o Circuito de Papez, um circuito ascendente que transforma sensações em percepções, pensamentos e memórias. Ainda o sistema límbico, que inclui estruturas como o hipotálamo, amígdala, núcleos da base, entre outras estruturas. O "cérebro social" engloba o sulco temporal superior, a amígdala e o córtex orbitofrontal. Supostamente funciona como uma unidade funcional na avaliação de estímulos socialmente significativos e na regulação de comportamentos interpessoais. As regiões ativadas pelo julgamento moral compreenderam o córtex frontopolar, o giro frontal medial, o córtex temporal anterior direito, o núcleo lenticular e o cerebelo. O comportamento social é um dos pontos relevantes das pesquisas da Neurociência, o reconhecimento dessas estruturas cerebrais, é essencial para a compreensão dos processos da cognição. (MOLL; ESLINGER; OLIVEIRA-SOUZA, 2001).

Diante do exposto, se conclui que, as pesquisas neurocientíficas embasam a plasticidade como importante componente para a definição ou redefinição de comportamentos. Cada pessoa tem um padrão característico de comportamento que reflete em sua história individual de reforço; em outras palavras, cada ser humano apresenta um sistema nervoso único resultado de sua história de estímulos e de interação com o ambiente externo, dessa forma se caracteriza uma individualidade neural. Essa individualidade contribui para compreender respostas distintas aos mesmos estímulos, assim como nos exercícios de reabilitação. (SANT'ANA, 2014).

Portanto, para que metodologias como o Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) de Reuven Feuerstein, resultem em uma aplicação mais efetiva, é necessário, além de se ter o conhecimento do instrumento e sua aplicação metodológica, também é fundamental compreender como essas atividades podem, na prática, modificar estruturas cerebrais. O que se observar, ao relacionar os estudos da Neurociência Cognitiva com a metodologia do PEI, que de fato, esse instrumento pode promover a neuroplasticidade e mudanças neurobiológicas, em área que de fato necessitam de intervenção. O PEI estimula a plasticidade neural, isso possibilita o cérebro funcionar de forma articulada, co-dependente de ligações e associações em várias áreas, que irão elaborar informações para novos aprendizados, e as áreas já desenvolvidas, como as memórias já formadas, serão utilizadas para a consolidação de novas aprendizagens, e conseqüentemente o desenvolvimento dos processos cognitivos no encéfalo.

Por fim, o trabalho de Reuven Feuerstein articulado a Neurociência com o foco na plasticidade neural, pode proporcionar uma visão ampliada, na prática, da estimulação ou reabilitação cognitiva. Também poderá contribuir para que a intervenção de profissionais que atuam nessas bases se torne mais eficaz. Em outros termos, se conhecermos bem como ativar as funções cerebrais, que, de fato, necessitam de estimulação e compreendermos como essas áreas cerebrais se reestruturam, internalizam e consolida o processo da aprendizagem, a mediação poderá ser mais objetiva, assertiva e promover desenvolvimento significativo nas funções cognitivas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões observadas neste trabalho permitiram pontuar os conhecimentos da Neurociência Cognitiva, com enfoque na plasticidade neural, e contribuir para compreender melhor, metodologias interventivas relacionadas à aprendizagem. A análise sobre o tema foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica, da literatura neurocientífica publicada no período de 2010 a 2022. Livros de autores reconhecidos na área da neurociência, como Lent, Bear, Kandel, Guerra, Krebs, Conzensa e outros foram analisados por leitura exploratória do tema e, a partir desse levantamento, a pesquisa foi ampliada para a busca de artigos científicos, periódicos e revistas especializadas, assim, aprofundar ainda mais no tema proposto. Através da seleção e exploração dos textos e artigos, foi possível constatar que a inserção da Neurociência Cognitiva, com o foco na neuroplasticidade, pode ser utilizada como arcabouço teórico assertivo para metodologias como, o Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) de Reuven Feuerstein.

Essa articulação permitiu validar os resultados observados por Feuerstein, pois, em meados do Séc. XX, ele já considerava que a mediação era um importante instrumento para estimular a aprendizagem e, a partir desse pressuposto, elaborou a Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada (EAM). Em 1950, Feuerstein argumentava a teoria de que o cérebro humano era modificável, no entanto, naquela época, os estudos sobre o funcionamento cerebral ainda estavam se iniciando, a limitação dos instrumentos tecnológicos não permitia compreender com maior profundidade o processamento do córtex cerebral humano. Posteriormente, na década de 1990, esse cenário mudou com os avanços tecnológicos a Neurociência conseguiu por meio de métodos de avaliação e observação, mapeamento e imageamento do córtex em pessoa ainda viva, uma vertente científica muito mais concreta, pois era possível ver a ativação de áreas cerebrais durante a execução de uma ação. Essas informações ampliaram exponencialmente o conhecimento sobre o cérebro e a mente humana, principalmente no entendimento dos processos cognitivos e da aprendizagem.

Ainda, foi possível observar que as contribuições da Neurociência atual, esclarecem efetivamente o processo de aprendizagem. Analisou-se a memória, a aquisição, a formação, a conservação e a evocação de informação pelo cérebro através do sistema sensório-motor. Além disso, a formação da memória no cérebro e como esse processo passa pela neuroplasticidade, a capacidade do córtex cerebral de se remodelar a nível celular, formando novas redes neurais adaptando-se a um novo estímulo. Assim, compreender o desenvolvimento da aquisição, nomeado de aprendizagem, e a evocação, designada de recordação, lembrança ou recuperação. (IZQUIERDO, 2011).

Diante disso, o texto articulou pontos da Neurociência Cognitiva com o Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI), Feuerstein enfatizou serem necessários alguns pré-requisitos para o desenvolvimento das funções cognitivas; apresentou a necessidade da mediação, ou seja, o desenvolvimento cognitivo dependia de um estímulo e, para consolidação desse processo, a mediação intencional e reforçada era necessária. Ainda, Feuerstein esclareceu que ferramentas verbais eram fundamentais para a realização das tarefas exigidas no PEI e, para sua extrapolação, ainda era essencial, buscar conceitos, para que as tarefas articulassem e dessem significados conceituais ao processo de pensar e aprender.

Além disso, Feuerstein pontuou a criação da motivação intrínseca em relação às tarefas, o mediado que, em um primeiro momento, tem necessidade de motivações extrínsecas, externas às próprias tarefas, passa a desenvolver uma motivação inerente em realizá-las, motivando-se pelo simples prazer de pensar sobre o próprio raciocínio; ainda a produção de insight, a qual se relaciona profundamente com a metacognição, assim, a pessoa pode manejar seu próprio processo de conhecer, analisar sua análise, comparar sua comparação, relacionando, logicamente, seu raciocínio lógico. O que se observou diante da metodologia de Feuerstein embasada pelas pesquisas da Neurociência Cognitiva atual, é que essa construção estimula o cérebro do indivíduo a se remodelar e construir novas redes neurais de informações, ou seja, na década de 1950, Reuven Feuerstein apresentou a noção de que o indivíduo era um ser modificável, produtor ativo de saber, de interpretações sobre as “coisas” da vida, seu Programa de Enriquecimento Instrumental tinha como objetivo central a autonomia cognitiva, e posteriormente, os estudos da Neurociência passaram a confirmar sua teoria. (FEUERSTEIN, 1997)

É necessário ressaltar que a articulação feita entre às duas teorias abordadas neste trabalho, se restringiu em sua maior parte aos parâmetros da literatura neurocientífica e a bibliografia de Feuerstein, ou seja, este texto não é o suficiente para abranger os diversos aspectos da neuroplasticidade e das práticas metodológicas relacionadas à estimulação ou reabilitação cognitiva. Intencionar esse ponto seria simplificar em demasia os componentes envolvidos nas pesquisas da Neurociência e os estudos de Reuven Feuerstein. Enfatiza-se que o progresso acadêmico de alunos e estudiosos da atualidade, será facilitado a partir da sensibilidade em adequar propostas com coerência e respeitabilidade.

Portanto, profissionais que atuam com reabilitação e estimulação cognitiva podem se beneficiar consideravelmente da intervenção deste programa. Os resultados indicam que, a articulação entre o conceito da neuroplasticidade e o Programa de Enriquecimento Instrumental de Feuerstein, contribui favoravelmente para a possibilidade de reflexão, ainda, novas perspectivas sobre os processos de aprendizagem. A partir dos resultados deste trabalho, sustentado pelo subsídio teórico neurocientífico, pode-se concluir que os princípios da Neurociência se constituem em tópicos norteadores efetivos para procedimentos mais assertivos, assim, propiciar melhores repercussões, para buscar entendimento do processo cognitivo e na aprendizagem.

Por isso, a articulação entre as áreas de estudos sobre a aprendizagem e as pesquisas neurocientíficas, é extremamente relevante para uma movimentação interlocutora, de modo a proporcionar acesso entre as pesquisas dos laboratórios de neurologia, dos consultórios de profissionais como psicólogos, terapeutas ocupacionais e fonoaudiólogos, assim também como nas salas de aula, articular com pedagogos, professores e psicopedagogos. O objetivo do presente trabalho foi colaborar para estreitar as relações entre essas duas ciências e fomentar a ideia de mais pesquisas articuladas. Assim sendo, este texto ressaltou a importância dos profissionais que atuam na área cognitiva, serem multiplicadores de ideias e conhecimentos. Pois, esses profissionais dotados de conhecimentos amplos, inclusive cientes das pesquisas neurocientíficas sobre os processos cognitivos, podem intervir e contribuir para o progresso de metodologias mais assertivas na área da cognição e da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AAMONDT, Sandra; WANG, Sam. **Bem-vindo ao cérebro de seu filho**. São Paulo: Cutrix, 2013.
- ALMEIDA, Denise Maria. **Mediação da aprendizagem em Reuven Feuerstein**. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo – 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4639667/mod_resource/content/1/MEDIA%C3%87%C3%83O%20DA%20APRENDIZAGEM%20EM%20REUVEN%20FEUERSTEIN%20-%20TEXTO%20BASE%20.pdf. Acesso 12 de Junho de 2023.
- ANDRADE, Walleska et al. A relação neurofisiológica existente entre memória e aprendizagem. **Rev. Ciências Biológicas e de Saúde Unit**, Alagoas, v. 6, n. 3, p. 66-73, 2021.
- APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Cengage Learning, 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/31581450/APPOLINARIO_Fabio_Metodologia_da_Ci%C3%AAncia. Acesso em: 02 jan. 2023.
- ARMACOLLO, Fabiana. **Mediação docente: aprendizagem e desenvolvimento na perspectiva de Reuven Feuerstein**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2013. (p. 39-42). Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/71880/R%20-%20D%20-%20FABIANA%20ARMACOLLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso 12 de Junho de 2023.
- AVERSI-FERREIRA, Tales Alexandre et al. Neuropsicologia do lobo temporal: concepções de Luria e contemporâneas. **Dementia & Neuropsychologia**, v. 13, n. 3, p. 251-258, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dn/a/YPPXBtbDjx86QByjvJ4wSCq/?lang=en>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016. Disponível em: <https://madmunifacs.files.wordpress.com/2016/08/anc3a1lise-de-contec3bado-laurence-bardin.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2023.
- BAUCHOT, Roland. A afasia de broca: Descoberta por Paul Broca da zona cerebral da linguagem articulada. **Revista VERBA VOLANT**, v. 1, 2010. Disponível em: <http://letras.ufpel.edu.br/verbavolant/brocaa.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- BEAR; Mark F. et al. **Neurociência: Desvendando o sistema nervoso**. 4. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017.
- BOALER, Jo. Ver para entender: A importância da matemática visual para o cérebro e o aprendizado. **Laboratório de Neurociência Cognitiva e de Sistemas de Stanford**, 2018. Disponível em: <https://www.youcubed.org/wp-content/uploads/2018/05/Ver-para-Entender.pdf> Acesso 23 de fevereiro de 2023.
- CARTER, Rita. **O livro do cérebro**. Rio de Janeiro: Editora DK, 2012.

CORRÊA, Roberta Claro Romão. Uma proposta de reabilitação neuropsicológica através do programa de enriquecimento instrumental (PEI). **Ciênc. cogn.**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 47-58, jul. 2009. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v14n2/v14n2a05.pdf> Acesso em: 22 fev. 2023.

CORREIO, Gabriela Almeida Ferreira Araújo. CORREIO, Tâmara Regina Reis Sales. Neurobiologia da aprendizagem: a utilização de jogos educativos como auxílio no processo de aprendizagem em crianças com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade–TDAH. **Ideias e Inovação-Lato Sensu**, v. 5, n. 3, p. 63-63, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/ideiaseinovacao/article/view/7855/4034> Acesso em: 18 fev. 2023.

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

COSTA, Joana Simões de Melo et al. **Funções executivas e desenvolvimento infantil: habilidades necessárias para a autonomia: estudo III**. Organização Comitê Científico do Núcleo Ciência pela 1. ed. São Paulo: Fundação Maria Cecília Souto Vidigal - FMCSV, 2016. Disponível em: <http://pensaraeducacao.com.br/reducacaobasica/wpcontent/uploads/sites/5/2019/10/04-Natal%C3%ADcio-de-Souza-A-MEDIA%C3%87%C3%83O-DA-APRENDIZAGEM-SEGUNDO-REUVEN-FEUERSTEIN.pdf> Acesso em: 23 fev. 2023.

CUNHA, Juliana Alves dos Santos Gaêta. Funções cognitivas e aprendizagem: a abordagem de Reuven Feuerstein. **Estação Científica**, Juiz de Fora, n. 18, 2017. Disponível em: <https://portal.estacio.br/media/3729113/fun%C3%A7%C3%B5es-cognitivas-e-aprendizagem-feuerstein.pdf> Acesso em: 23 fev. 2023.

CUPERTINO, Renata Basso. **Genética e neuroimagem no TDAH e fenótipos relacionados**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/212904>. Acesso em: 22 fev. 2023.

DALMINA, Rute R.; NOGARO; Arnaldo; BATTESTIN, Cláudia. Inteligência, aprendizagem e a Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (TMCE). **Série-Estudos**, Campo Grande, MS, v. 21, n. 42, p. 201-219, maio/ago. 2016. Disponível em: <https://serieucdb.emnuvens.com.br/serie-estudos/article/download/988/pdf/2309> Acesso em: 18 fev. 2023.

DEHAENE, Stanislas. **Os Neurônios da Leitura: Como a Ciência Explica a Nossa Capacidade de Ler**. Porto Alegre: Editora Penso, 2012.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, A Pesquisa-Ação e a Design Science Research. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 17, n. 56, p. 1116-1133, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbgn/a/Tx8469yFmpqVxZWRyCMs5cw/abstract/?lang=pt> Acesso em: 02 jan. 2023.

DSM-V. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5**. American Psychiatric Association. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

ESTeSL-IPL. **Área Científica:** Neurofisiologia. Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Lisboa, 2009-2010. Disponível em:

https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/12154/2/Anatomia%20do%20sistema%20nervoso%20central_parte%202.pdf Acesso em: 23 fev. 2023.

FEUERSTEIN, L. P. A. D. et al. **Avaliação Dinâmica do Potencial de Aprendizagem.**

Madrid: Editora BRUÑO, 1993. FEUERSTEIN, R.; KRASILOVSKY; RAND, Y.

Modificabilidade na Adolescência. *In:* ANTHONY, J. (Org.). **A criança e sua família: crianças e seus pais em um mundo em transformação.** Londres: Editora Wiley, 1978. p. 197-217. *apud* Assis, 2002.

FEUERSTEIN, Rafi. A coerência da teoria da modificabilidade. *In:* **A ontogenia de Modificabilidade cognitiva aplicada aspectos da Experiência de Aprendizagem Mediada e Enriquecimento Instrumental.** Jerusalém: ICELP/HWCRI, 1997. p. 29-36.

FEUERSTEIN, Reuven. **Como é a aprendizagem:** aprendizagem mediada em Teoria e Prática. Imprensa da faculdade de professores. Editora Kindle, 2012.

FEUERSTEIN, Reuven. **Além da inteligência:** Aprendizagem mediada e capacidade de mudança do cérebro. Petrópolis: Editora Vozes, 2014.

FIRMINO, Laís Chrystina da Silva; BRAZ, Maria Natália dos Santos. **Rev. Mult. Psic.** V.14 N. 53, p. 999-1009, Dezembro/2020. Disponível em:

<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/viewFile/2370/4546> Acesso em: 12 jun. 2023.

FONSECA, Vitor. Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem:

uma abordagem neuropsicopedagógica. **Rev. psicopedag.**, v. 31, n. 96, 2014. Disponível em:

http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384862014000300002

Acesso em: 23 fev. 2023.

FRANCK, Adriana; NICHELE, Bruna. **Mediação da Aprendizagem.** Pontifícia

Universidade Católica do Paraná, Curitiba, PR, 2015. Disponível em:

<https://docplayer.com.br/64605651-Mediacao-da-aprendizagem.html> Acesso em: 12 jun. 2023.

FREIRIA, Mariana. **Educação especial ênfase em inclusão:** Teoria da TMCE. PUCCPR.

2015. Disponível em: [https://pt.slideshare.net/MarianaFreiria/teoria-da-modificabilidade-](https://pt.slideshare.net/MarianaFreiria/teoria-da-modificabilidade-cognitiva-estrutural)

[cognitiva-estrutural](https://pt.slideshare.net/MarianaFreiria/teoria-da-modificabilidade-cognitiva-estrutural). Acesso em: 12 jun. 2023.

GALVÃO, Sirlândia Kelis Pereira Agra. **Implicações da neurociência cognitiva na prática pedagógica de professores de biologia.** Dissertação (Mestrado) – ICEB - Universidade

Federal De Ouro Preto, 2017. Disponível em:

<https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/7623/1/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20Implica%20a7%20c3%b5esNeuroci%20aanciaCognitiva.pdf> Acesso em: 17 fev. 2023.

GARCIA, Elias. Pesquisa bibliográfica *versus* revisão bibliográfica - uma discussão

necessária. **Revista Línguas & Letras.** v. 17 n. 35, p. 291-294, 2016. Disponível em:

<https://e-revista.unioeste.br/index.php/linguaseletras/article/view/13193/10642> Acesso em: 03 jan. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 ed. Editora Atlas, 2008. Disponível em:

https://www.academia.edu/42358979/M%C3%A9todos_e_T%C3%A9nicas_de_Pesquisa_Social_Antonio_Carlos_Gil_6_ed_2008 Acesso em: 03 jan. 2023.

GOMES, Cristiano Mauro Assis. **Teoria e método para alterar a capacidade de aprender: Feuerstein e a construção mediada do conhecimento**. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2002. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/269989271_Feuerstein_e_a_Construcao_Mediada_do_Conhecimento Acesso em: 18 fev. 2023.

GOMES, Cristiano Mauro Assis. **Feuerstein e a construção mediada do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

GOMES, Flávia Carvalho Alcântara. TORTELLI; Vanessa Pereira. DINIZ; Luan. Glia: dos velhos conceitos às novas funções de hoje e as que ainda virão. **Estudos avançados**, v. 27, n. 77, 2013. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/DZKjD5QGZFFP3bVJ6HjGggL/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 23 de fevereiro de 2023.

GONÇALVES, Carlos Eduardo de Souza. VAGULA, Edilaine. **Modificabilidade Cognitiva Estrutural de Reuven Feuerstein: Uma perspectiva educacional voltada para o desenvolvimento cognitivo autônomo**. UEL/UNOPAR, 2012. Disponível em:

<https://docplayer.com.br/16355466-Modificabilidade-cognitiva-estrutural-de-reuven-feuerstein-uma-perspectiva-educacional-voltada-para-o-desenvolvimento-cognitivo-autonomo.html> Acesso em: 18 fev. 2023.

IZQUIERDO, Iván Antonio et al. Memória: tipos e mecanismos – achados recentes. **Revista USP**, São Paulo, n. 98, p. 9-16, 2013. Disponível em:

<file:///C:/Users/pcmania/Downloads/69221-Texto%20do%20artigo-91475-1-10-20131219.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2023.

IZQUIERDO, Ivan. **Memória**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2011.

IZQUIERDO, Ivan. **Neurobiologia dos Transtornos Mentais**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2020.

KANDEL, Eric. **Princípios de Neurociências**. 5. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2014.

KREBS, Claudia et al. **Neurociências ilustrada**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013.

LEYSER, Kevin Daniel dos Santos. **Fundamentos de neurofisiologia e neuropsicologia**. Indaial: UNIASSELVI, 2018. Disponível em:

<https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=29218> Acesso em: 17 fev. 2023.

LAVOR, Matheus et al. O autismo: aspectos genéticos e seus biomarcadores: uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 3274-3289, 2021.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios conceitos fundamentais de neurociências**. 2. ed. Editora Atheneu, 2010.

LIMA, Lílian Fonseca. **O Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI): o que dizem os professores sobre o curso de formação**. Dissertação (mestrado) – Universidade do estado da Bahia (UNEB), Salvador, 2007. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-47770/o-programa-de-enriquecimento-instrumental-pei--o-que-dizem-os-professores-sobre-o-curso-de-formacao> Acesso em: 22 fev. 2023.

LIMA, Patrícia Dal Prá; DICKEL, Adriana. **Reuven Feuerstein e a teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural: Conceitos e implicações educacionais**. Universidade de Passo Fundo, UPF, 2019. Disponível em: <http://repositorio.upf.br/bitstream/riupf/1705/1/PF2019Patricia%20Dal%20Pra%20de%20Li%20ma.pdf> Acesso em: 18 fev. 2023.

LIMA, Maria do Carmo Gonçalves da Silva. Plasticidade neural, neurociência e educação: as bases do aprendizado. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 2, p. 30-41, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/53548/751375150705> Acesso em: 19 fev. 2023.

LOUBON, C. O.; FRANCO, J. C. Neurofisiologia de aprendizagem e da memória. Plasticidade neuronal. **Archivos de Medicina**, v. 6, n. 1. 2010. Disponível em: <http://www.archivosdemedicina.com/medicina-defamilia/neurofisiologadelaprendizajey-lamemoria-plasticidadneuronal.php?aid=837> Acesso em: 19 fev. 2023.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view Acesso em: 03 jan. 2023.

MARQUES, Stela. Neurociência e inclusão: implicações educacionais para um processo inclusivo mais eficaz. **Trama Interdisciplinar**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 146-163, maio/ago. 2016. Disponível em: <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/tint/article/view/9759> Acesso em: 19 fev. 2023.

MARQUES, Viviane. **Afásias**. UNIRIO/ Fonovim. 2009. Disponível em: <https://www.fonovim.com.br/arquivos/1de0249578c2fb9d36f35ed5b7b834e6-Afasia.pdf> Acesso: 12 de junho de 2023.

MELO, Tiago Lira et al. Neuroplasticidade. **Revista de trabalhos acadêmicos - Universo Recife**, v. 4, n. 2, 2017. Disponível em: <http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=1UNICARECIFE2&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=4558#> Acesso em: 24 fev. 2023.

MOLL, Jorge; ESLINGER, Paul J.; OLIVEIRA-SOUZA, Ricardo de. Ativação frontopolar e do córtex temporal anterior em uma tarefa de julgamento moral: resultados preliminares de ressonância magnética funcional em indivíduos normais. **Arq. Neuro-Psiquiatr**, v. 59, n. 3B, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/anp/a/QyM7fpC5YbdtXsRGvj6fKWp/?lang=en#> Acesso em: 23 fev. 2023.

MOURÃO Júnior, C. A.; FARIA, N. C. Memória. **Psicologia Reflexão e Crítica**, p. 780-788, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prc/a/kpHrP364B3x94KcHpCkVkQM/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 21 fev. 2023.

MOURÃO, Carlos Alberto Junior; OLIVEIRA, Andréa Olimpio; FARIA, Elaine Leporate Barroso. Neurociência cognitiva e desenvolvimento humano. **Temas em Educação e Saúde**, v. 7, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/tes/article/view/9552/6316> Acesso: 29 dez. 2022.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio das estruturas cognitivas**. Lisboa: Editora Dom Quixote, 1977.

PLOMIN, Robert. **Genética do comportamento**. 5. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2011.

PURVES, Dale et al. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

RELVAS, M. P. **Neurociência na prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2012.

RICHARDSON, Roberto Jarry et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. Disponível em: <https://climatechangoz.com/wp-content/uploads/2020/04/Metodologia-de-Pesquisa-Social-Richardson.pdf> Acesso em: 02 jan. 2023.

RODRIGUES, Sônia das Dores; CIASCA, Sylvia Maria. Aspectos da relação cérebro-comportamento: histórico e considerações neuropsicológicas. Artigo de Revisão. **Revista da Associação Brasileira de Psicopedagogia**, v. 27, n. 82, 2010. Disponível em: <http://www.revistapsicopedagogia.com.br/detalhes/225/aspectos-da-relacao-cerebro-comportamento--historico-e-consideracoes-neuropsicologicas> Acesso em: 09 jan. 2023.

ROSA, Tatiane. Mapa conceitual sobre a plasticidade cerebral e como ocorre a aprendizagem e reorganização das informações recebidas. 2018. Disponível em: <https://cursocompletodepedagogia.com/plasticidade-cerebral-na-aprendizagem/> Acesso em: 12 jun. 2023.

ROTTA, Newra et al. **Neurologia e Aprendizagem**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2016.

ROTTA, Newra et al. **Plasticidade cerebral e aprendizagem: Abordagem Multidisciplinar**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2018.

ROTTA, Newra et al. **Transtornos de Aprendizagem**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2016.

SANT'ANA, Débora de Mello Gonçalves. **Plasticidade neural: as bases neurobiológicas do aprendizado**. Universidade Estadual de Maringá (UEM), 2014. Disponível em: http://irsas.cascavel.pr.gov.br/arquivos/27062014_plasticidade_neural_-_capitulo_de_livro.pdf Acesso em: 23 fev. 2023.

SILVA, Claudia L. **Concepção histórico-cultural do cérebro na obra de Vigotski**. Tese (mestrado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, PUC – PR, 2012.

Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-22062012-140612/publico/CLAUDIA_LOPES_SILVA.pdf Acesso em: 24 fev. 2023.

SOUSA, A. B.; SALGADO, T. D. M. Memória, aprendizagem, emoções e inteligência. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 16, n. 26, p. 101-220, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://pce.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/363> Acesso 19 de fevereiro de 2023.

SCHAEFER, Lucia. Instrumentos do PEI. **Espaço de (re) educação**. Psicopedagogia. 2013. Disponível em: <https://luciaschaefer.wordpress.com/2013/08/11/instrumentos-do-pei/> Acesso em: 19 fev. 2023.

STULP, Camille Bertha; MANSUR, Samira Schultz. O estudo de Claudio Galeno como fonte de conhecimento da anatomia humana. **Khronos, Revista de História da Ciência**, n. 7, 2019. Disponível em: [O estudo de Claudio Galeno como fonte de conhecimento da https://www.revistas.usp.br](https://www.revistas.usp.br) Acesso em: 19 fev. 2023.

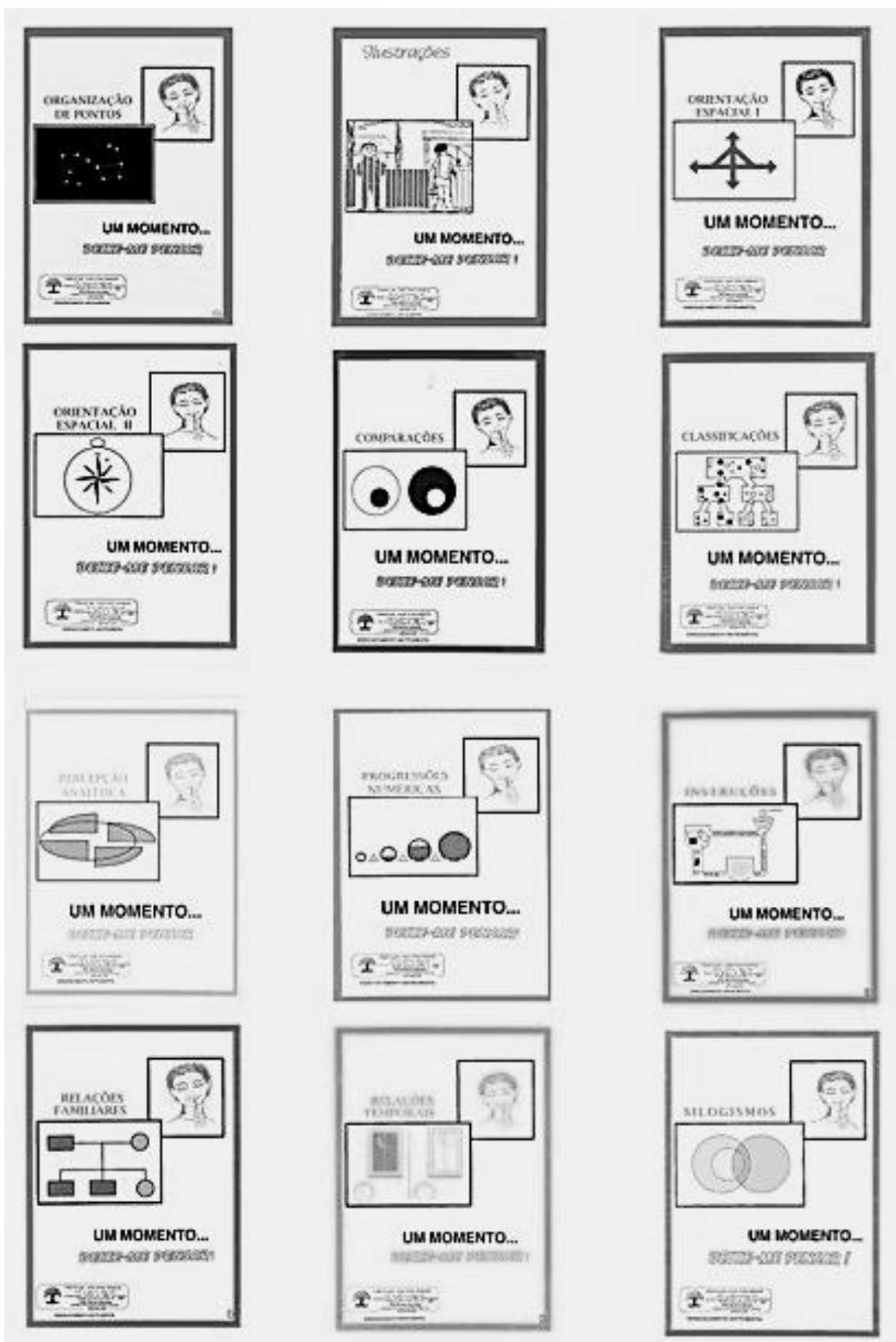
TELES, Natalício de Souza. A mediação da aprendizagem segundo Reuven Feuerstein. **Revista Brasileira de Educação Básica**, v. 4, n. 14, 2019. Disponível em: <http://pensaraeducacao.com.br/reducacaobasica/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/04-Natal%20de-Souza-A-MEDIA%2087%20830-DA-APRENDIZAGEM-SEGUNDO-REUVEN-FEUERSTEIN.pdf> Acesso em: 18 fev. 2023.

TURRA, Neide Catarina. Reuven Feuerstein: Experiência de aprendizagem mediada: Um salto para modificabilidade cognitiva estrutural. **Revista Educação**. Unioeste. Vol. 2 n° 4 jul./dez. 2007. p. 297-310. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeducare/article/view/1671/1358> Acesso em: 13 Jun. 2023.

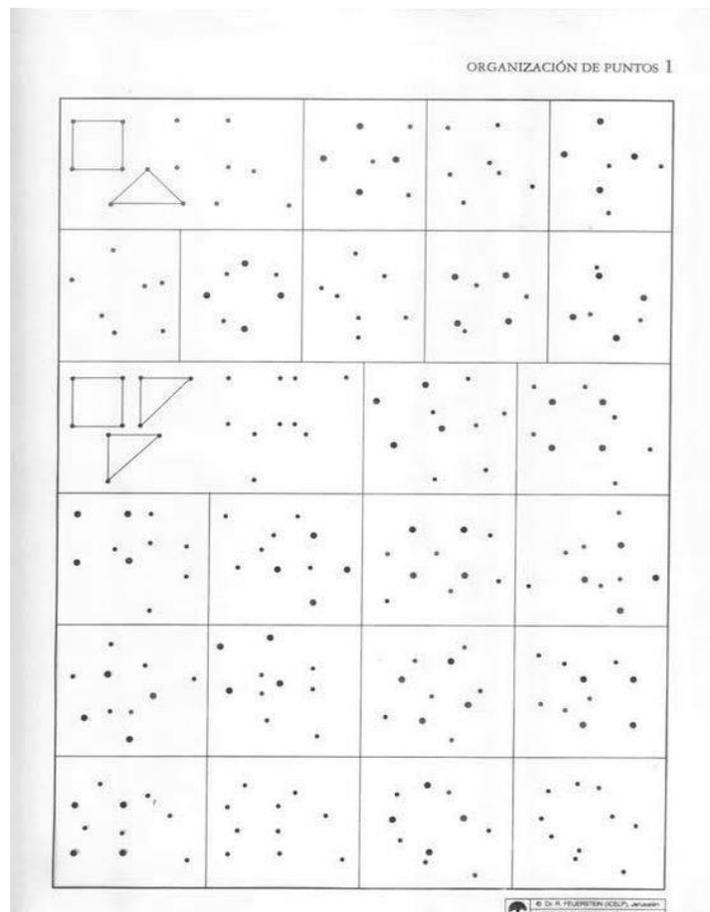
VITALINO, Adriana Lucia. **Procedimentos metodológicos em dissertações de mestrados profissionais na área de ciências sociais aplicadas**: Estudos de casos múltiplos no campo de públicas. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal De São Carlos, São Carlos-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11876/Disserta%20A7%20A3o%20AV%20-%20vers%20A3o%20final%202023-09-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 02 jan. 2023.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ANEXO A: Programa de Enriquecimento Instrumental – PEI.



ANEXO B: Atividades do PEI – Organização de Pontos.



TROUVEZ L'ERREUR

Notez dans chaque case le type d'erreur que vous avez trouvé, selon les abréviations suivantes:
 P = une forme plus petite G = une forme plus grande M = un point en moins T = un point en trop

E1

ORGANISATION DES POINTS. Tous droits réservés ©

ANEXO E: Atividades do PEI – Progressões Numéricas.

Exercício 1.1. Progressões Numéricas

PROGRESSÕES NUMÉRICAS



Exercício 1.1. Progressões Numéricas



UM MOMENTO...
DEIXE-ME PENSAR!

המכון הישראלי לחינוך מדעי
© 1995
All rights reserved to the author © 1995
Prof. Reuven Feuerstein
HEBREW UNIVERSITY-RESEARCH INSTITUTE
JERUSALEM

FUNDAÇÃO
LUIZ EDUARDO MAGALHÃES

EDITORA
DA SARA
O Grupo Editorial da Sara

ENRIQUECIMENTO INSTRUMENTAL

ANEXO F: Atividades do PEI – Relações Transitivas.

Exercício 1.1. Relações Transitivas

RELAÇÕES TRANSITIVAS





$B < A$
 $B = A < C$
 $A \neq C$
 $A > B$
 $A ? C$
 $A < C ?$

UM MOMENTO...
DEIXE-ME PENSAR!

המכון הישראלי לחינוך מדעי
© 1995
All rights reserved to the author © 1995
Prof. Reuven Feuerstein
HEBREW UNIVERSITY-RESEARCH INSTITUTE
JERUSALEM

FUNDAÇÃO
LUIZ EDUARDO MAGALHÃES

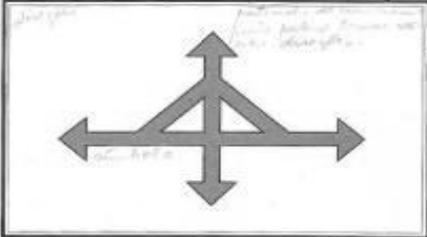
EDITORA
DA SARA
O Grupo Editorial da Sara

ENRIQUECIMENTO INSTRUMENTAL

ANEXO G: Atividades do PEI – Orientação Espacial I.

*... parte de uma tarefa
desafio: fazer sobre a qual
você precisa pensar a fim de
deixar as ideias surgirem e, por fim,
em parte que é a solução.*

ORIENTAÇÃO ESPACIAL I



*... parte de uma tarefa
desafio: fazer sobre a qual
você precisa pensar a fim de
deixar as ideias surgirem e, por fim,
em parte que é a solução.*

UM MOMENTO...
DEIXE-ME PENSAR !

UNIVERSITY OF JERUSALEM
JERUSALEM
© 1992

INTERNATIONAL CENTER FOR THE MANAGEMENT OF
LEARNING EXPERIENCES
MANAGING YOUR OWN LEARNING EXPERIENCES
© 1992

FRIBURG
LEARNING EXPERIENCES

© 1992
UNIVERSITY OF JERUSALEM
© 1992
© 1992
© 1992

ENRIQUECIMENTO INSTRUMENTAL

ANEXO H: Atividades do PEI – Orientação Espacial II.

ORIENTAÇÃO ESPACIAL II



UM MOMENTO...
DEIXE-ME PENSAR !

UNIVERSITY OF JERUSALEM
JERUSALEM
© 1992

INTERNATIONAL CENTER FOR THE MANAGEMENT OF
LEARNING EXPERIENCES
MANAGING YOUR OWN LEARNING EXPERIENCES
© 1992

FRIBURG
LEARNING EXPERIENCES

© 1992
UNIVERSITY OF JERUSALEM
© 1992
© 1992
© 1992

ENRIQUECIMENTO INSTRUMENTAL

ANEXO L: Atividades do PEI – Relações Familiares

Importância da relação, a partir da relação que está existindo

RELAÇÕES FAMILIARES

Para ler esta esquema observe a organização que conta relação entre os membros

**UM MOMENTO...
DEIXE-ME PENSAR!**

FRASES EM HEBRAICO: אנוכי ואתה וכל בני ישראל לפני ה' אלהינו
© 1995
Prof. Raanan Frenkel
www.raananfrenkel.com
JERUSALEM

FUNDAÇÃO LUIZ EDUARDO MACHADO

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO
O Estado Publica em Nome do Povo

ENRIQUECIMENTO INSTRUMENTAL

*Foto: Compunção e domínio dos desti-
tos com o uso de parâmetros apresentados no
instrumento.*

22

Escreva, com ajuda do diagrama, as relações entre os dois nomes citados abaixo.

Jorge é marido de Inês.

Estela é esposa de Jorge.

Cláudio é irmão de Alberto.

Inês é irmã de João.

Helena é mãe de Estela.

Cláudio é filho de Emilio.

Eduardo é neto de Helena.

Emilio é avô de Graziela.

Estela é tia de Daniel.

Eduardo é sobrinho de Cláudio.

Cláudio é avô de Maria.

Graziela é sobrinha de Alberto.

Maria e João são pais de Eduardo.

Relações Familiares - Todos os direitos são reservados. ©

