



DEPARTAMENTO DE DIREITO

MESTRADO EM DIREITO

ESPECIALIDADE EM CIÊNCIAS JURÍDICAS

UNIVERSIDADE AUTÓNOMA DE LISBOA

“LUÍS DE CAMÕES”

**DIREITO E SUA INTERFACE COM A TECNOLOGIA E
NEUROCIÊNCIAS**

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Direito

Mestranda: Milena de Bonis Faria

Orientador: Professor Doutor Manuel Monteiro Guedes Valente

Número da candidata: 20151910

Dezembro de 2020

Lisboa

DEDICATÓRIA

À vida

À minha família

Às pessoas

À autora pelas dificuldades superadas!

AGRADECIMENTOS

A vivência de um Mestrado é algo transformador, acresça a experiência de fazer um Mestrado em Ciências Jurídicas na Europa. A riqueza dos conhecimentos adquiridos é incalculável, imensurável, toda ida e vinda valeu a pena, o primeiro módulo foi desesperador, com um turbilhão de informações, adaptação à cultura local, exigências extremas e antagônicas ao habitual no nosso país (Brasil). Com a árduo dever de vencer o preconceito “Suspenda qualquer preconceito”, esse veio na mala, obviamente suspenso, porque já não existia em mim.

Restou-me respirar fundo, administrar todas as variáveis do macro e microambiente e seguir!

Assim, foram anos de estudos, o caminho trilhado era o que queria seguir desde sempre, sem a menor possibilidade de uma escolha diversa. Agradeço com toda minha boa energia, com todo meu amor, a todos que direta e indiretamente contribuíram para o alcance desse sonho, e elenco infra alguns desses anjos, dentre tantos:

A ele, meu Marido, que administrou diversos fatores internos e externos, inerente a si a sua formação, para que eu pudesse realizar meus desejos e sonhos sem preocupações, e sem você isso não seria possível, sua confiança, seu empenho, muito obrigada. Você foi sensacional!

Aos meus filhos Túlio e Lucca, que são a base da existência do meu ser, de todo estudo e de toda minha vida. Eu amo vocês absurdamente. Desculpem-me a ausência!

À minha mãe, que sempre, sempre está me dando apoio, validando meu caminho de todas as formas possíveis. Eu te amo muito.

Aos meus irmãos, amigos e colegas da Turma 8, os quais, cada um do seu jeito, contribuíram para o presente trabalho.

E jamais poderia deixar de agradecer ao Professor Doutor Diogo Leite Campos, que me motivou a persistir no tema que queria perquirir, e a meu Ilustre Orientador Professor Doutor Manuel Guedes Valente, que aceitou percorrer comigo essa jornada. O meu muito obrigada!

E, ainda, não poderia deixar de mencionar meus sinceros agradecimentos a todos que transformaram minha estada em Lisboa em minha segunda casa com direito a segurança, a conforto e favorável aos estudos.

Assim, agradeço de coração a todos os funcionários do Hotel e Restaurante Inspira Santa Marta, bem como a todos os funcionários do Restaurante O Mastro, nos anos 2016-2019, ao Instituto Universitário do Rio De Janeiro, e - claro - à minha querida Roberta Campos,

responsável pelo GACI - Gabinete de apoio de Cursos Internacionais da Universidade Autónoma de Lisboa.

Missão dada é Missão cumprida!
(Andrew Summers Rowan *in* “Mensagem a Garcia”)

EPÍGRAFE

“(...) porque não há instituição humana mais fundamental que a norma jurídica, no campo do progresso científico, algo mais instigante que o estudo do cérebro, a união destes dois elementos (norma/cérebro) acaba por representar uma combinação naturalmente fascinante e estimulante, uma vez que a norma jurídica e o comportamento que procura regular são ambos produtos de processos mentais.”

Atahualpa Fernandez

RESUMO

No cenário contemporâneo, os avanços tecnológicos, científicos e o comportamento humano estão à beira de um colapso. O nupérmo cérebro com capacidade, até então infinita, disponibilizado por tecnologias de imagens de alta resolução, como o mapeamento do encéfalo “in vida”, propiciou aprofundar o conhecimento sobre nosso sistema nervoso, córtex cerebral, e, principalmente, a descoberta do século, a “sinapse”, responsável por realizar comunicação entre os neurônios, permitindo a compreensão de toda a estrutura e funcionamento do cérebro, por meio do aprendizado, observação, linguagem e comunicação. Nesse turbulento cenário de novidades, o Direito não pode quedar-se inerte, necessita, não somente acompanhar, mas remodelar-se para atender às demandas de uma sociedade contemporânea, emergente e imediatista. Nessa perspectiva, esse novo contexto exige uma dinamicidade sob a velocidade temporal da multidisciplinariedade, transversalidade e interdisciplinariedade, na formação da unidade dos conhecimentos adquiridos. O novo milênio exige o fenômeno do “todo”, abarcando diversas áreas do conhecimento, e essa busca é o alicerce da justiça. Contudo, papel profícuo do Direito em prever, estruturar (reestruturar), aquiescer as novas demandas sociais, no intuito de encontrar o cerne do ser humano, alicerçado por diversas ciências, aproxima o direito do fato, da verdade e da gênese do comportamento humano. Essa é a nova realidade, a visão holística é necessária para assim, alcançar a homeostase entre Direito, Neurociência e Tecnologia com a sociedade. E inescusavelmente o universo não ficará parado diante do amanhã de ontem, que não mais se repetirá. Portanto, torna-se imprescindível uma análise minuciosa sobre a interface do Direito, da Neurociência e Tecnologia, visando confluir todos os pontos de benesses e mártires dos quais não se pode evadir-se, e fazer valer os direitos individuais/coletivos, respeitando-os, cumprindo honradez dos nossos deveres por meio da Justiça. O intuito do presente artigo é demonstrar os desdobramentos científicos, por meio de um corte transversal, entre ciências que podem ser capazes de conceder o concílio entre o comportamento social, novas ciências e tecnologias com a justiça. Assim, o seu desenvolvimento observou, quanto à abordagem, o método dedutivo. Por outro lado, no que se refere ao procedimento, foram observados o método histórico e o método comparativo e quantitativo.

Palavras-Chave: Neurociência; Direito; Tecnologia, Interdisciplinariedade, Transversalidade.

ABSTRACT

In the contemporary scenario, technological and scientific advances and human behavior are on the verge of collapse. The nupérismo brain with a capacity, until then infinite, made available by high resolution imaging technologies, such as the mapping of the brain “in life”, provided the deepening of the knowledge about our nervous system, cerebral cortex, and, mainly, the discovery of the century, the “synapse”, responsible for communicating between neurons, allowing the understanding of the entire structure and functioning of the brain, through learning, observation, language and communication. In this turbulent scenario of novelties, Law cannot remain inert, it needs, not only to accompany, but to remodel itself to meet the demands of a contemporary, emerging and immediate society. In this perspective, this new context requires dynamism under the temporal speed of multidisciplinary, transversality and interdisciplinarity, in the formation of the unit of acquired knowledge. The new millennium demands the “whole” phenomenon, covering several areas of knowledge, and this search is the foundation of justice. However, the Law's useful role in predicting, structuring (restructuring), acquiescing to new social demands, in order to find the core of the human being, based on different sciences, brings the law closer to the fact, the truth and the genesis of human behavior. This is the new reality, a holistic view is necessary to achieve homeostasis between Law, Neuroscience and Technology, with society. It is inexcusable that the universe will not stand still in the face of yesterday's tomorrow, that will not be repeated. Therefore, a thorough analysis of the interface of Law, Neuroscience and Technology is essential, aiming to bring together all points of benefits and martyrs that cannot be avoided, and to enforce individual/collective rights, respecting them, fulfilling the honor of our duties through Justice. The purpose of this article is to demonstrate scientific developments, through a cross-section between sciences that may be able to conciliate social behavior, new sciences and technologies with justice. Thus, this research made use, in terms of approach, of the deductive method. On the other hand, with regard to the procedure, the historical method and the comparative and quantitative method were observed.

Keywords: Neuroscience; Right; Technology, Interdisciplinarity, Transversality.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	12
CAPÍTULO I – ESTADO DA ARTE.....	14
1.1 O conceito e a finalidade do Estado da Arte.....	14
1.2 Levantamento nos bancos de dados do <i>Google Acadêmico</i> nos países: Brasil, Portugal, Estados Unidos e Espanha.....	18
1.3 Pesquisa nos bancos de dados brasileiros da BDTD e CAPES.....	20
CAPÍTULO II - DIREITO LIMITADOR OU LIMITADO.....	23
2.1 A Culpa e o Livre-Arbítrio.....	23
2.2 A Verdade e a Mentira	28
2.3 Provas.....	31
2.4 Acepção Linguística na Neurociência e Suas Implicações no Direito	32
CAPÍTULO III - NEUROCIÊNCIA.....	35
3.1 Evolução Histórica do Estudo do Cérebro	35
3.2 A Estrutura Básica do Cérebro	58
3.3 Potencial de Ação dos Neurônios.....	61
3.3.1 Controle Motor da Ação	63
3.4 Neurociência Cognitiva/Aprendizagem	64
3.5 Os Sentidos: Sistema Sensorial.....	66
3.5.1 Tato (Toque)	70
3.5.2 Olfato (Olfacção/Cheiro).....	72
3.5.3 Paladar (Sabor/Gosto).....	72
3.5.4 Audição e Equilíbrio	73
3.5.5 Visão	74
3.5.6 Percepção	76
3.5.7 Emoções.....	78
3.5.8 Memória.....	81
3.5.9 Consciência.....	83
CAPÍTULO IV - TECNOLOGIA, DIREITO E NEUROCIÊNCIA	86
CONCLUSÃO.....	99
BIBLIOGRAFIA.....	102
APÊNDICE 1.....	116
APÊNDICE 2.....	118

APÊNDICE 3.....	119
APÊNDICE 4.....	120

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

a.C - Antes de Cristo
AI - Inteligência Artificial
BEOS - *Brain Olectrical Oscillations Signature Test*
BDNF - *Brain Derived Neurotrophic Factor*
CIA - *Central Intelligence Agency*
CT - Tomografia Computadorizada
DP – *Deep Learning*
d.C - Depois de Cristo
DC - *District of Columbia*
DL- *Deep Learning*
EEG - Eletroencefalógrafo
ECT - Eletroconvulsoterapia
EIT - Tomografia por Impedância Elétrica
FAC`S - *Facial Action Coding System*
FBI - *Federal Bureau of Investigation*
FMRI - Ressonância Magnética Funcional
HBP – *Human Brain Project*
MEG – Magnetoencefalografia
ML – *Machine Learning*
MRI - Ressonância Magnética
PA- Potencial de Ação
PBB- *Project Blue Brain*
PET - Tomografia por Emissão de Pósitrons
PP - Potencial de Prontidão
RNAs – Redes Neurais Artificiais
RX - Radio-X
Sec. - Século
SN - Sistema Nervoso
SNA - Sistema Nervoso Autônomo
SNC - Sistema Nervoso Central
SNP - Sistema Nervoso Periférico
SPECT - Tomografia por Emissão de Fóton Único

TC - Tomografia Computadorizada

tDCS- Estimulação Transcraniada por Corrente Contínua

TSA - *Transportation Security Administration*

US - Ultrassonografia

INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, as principais narrativas sobre Neurociências e Tecnologia confirmam que a interação entre elas tem contribuído de forma muito significativa para desvendar os aspectos referentes ao comportamento humano, pautando-se na aplicação das novas técnicas e recursos disponibilizados. Nesta via, o interesse pelo presente tema veio calcado na importância de reunir uma gama de informações de diversas áreas científicas, com ênfase transluzente no comportamento humano, Neurociência, auferindo a tecnologia ao caráter transluzente inserção do Direito nesse novo cenário científico, que apresenta um universo multidisciplinar, interdisciplinar e transversal.

Assim, o objetivo principal do presente estudo, visou demonstrar os desdobramentos históricos, científicos, pluridisciplinares e transversais existentes entre Neurociência, Tecnologia e Direito, concedendo o concílio do comportamento humano, fato, da verdade, da prova com a justiça.,

Ao incursionar o tema em questão, vislumbrou-se a divisão em quatro capítulos para melhor explanar o conteúdo explorado, sobretudo para apresentar alguns achados que podem, por si, estreitar os laços entre ciências, *a priori* com objetos distintos, mas que se convergem em um porto em comum, “o comportamento humano”.

De início, no Capítulo I, fez-se uso do método de estudo Estado da Arte para melhor direcionar a pesquisa, utilizando-se apenas dados quantitativos, abordando conceito, a importância dos levantamentos de dados, bem como na formação de um banco de dados que possa subsidiar a pesquisa no decorrer do seu desenvolvimento.

Para mensurar o alcance da pesquisa, delimitaram-se alguns países (Brasil, Portugal, Estados Unidos e Espanha), tendo como palavras-chave: Neurociência, Tecnologia, Direito Processual Penal, que foram capazes de demonstrar o índice de produção acadêmica nas áreas pesquisadas e sua interface. Apresentando, assim, um cenário ainda tímido em produção e demanda.

No Capítulo II, abordou-se o Direito, direcionando para algumas questões filosóficas que o impedem de estar no epicentro de questões preponderantes na definição de ordenamento jurídico que contemple as conquistas do admirável mundo novo. Este globalizado, interconectado, tecnológico, dinâmico.

Destarte, sem adentrar nas discussões infundáveis que giram em torno da culpa e da verdade, da mentira. Por fim, da acepção da linguagem como mecanismo de evolução e desenvolvimento do homem e do Direito.

Por conseguinte, no Capítulo III, trouxemos o histórico evolutivo do cérebro e um recorte sob a ótica da Neurociência com a finalidade de apresentar os aspectos relevantes que impulsionam os pesquisadores científicos. Nessa via, de forma sucinta, demonstramos a estrutura básica do cérebro. Por força dos novos achados científicos, no que concerne à interdependência do organismo com ambiente externo, principalmente no quesito evolução da espécie humana, abordamos os sistemas sensoriais, bem como o potencial de ação dos neurônios e o controle motor da ação, dois tópicos demasiadamente argumentados na seara jurídica como um limitador da interface entre o Direito e Neurociências.

Nessa senda, o corte transversal entre ciências a que se propõe o estudo do comportamento, que convergindo para visão holística do ser humano e de suas demandas atuais e futuras, pautado em uma sociedade em constante mutação é de suma importância para o Direito que tem como alicerce comportamento humano o fato, a verdade, a prova e suas variações e admissões legais na busca por justiça.

Para além de sermos capazes de esgotar a pesquisa sobre o doravante tema, no Capítulo IV, adentramos ao avanço tecnológico e todas as benesses que foram apresentadas ao mundo nas últimas décadas, mecanismos capazes de colaborar para um sistema jurídico, econômico, educacional, cultural no caminho para futuro. Deve o Direito estar atendo, bem como dimensionar o impacto na sociedade do presente e, principalmente, no legado que se irá deixar para o futuro, estabelecendo a segurança jurídica do avanço científico em prol da sociedade harmonizada. Afinal, o futuro, nós o estamos construindo hoje.

Contudo, na investigação e desenvolvimento da dissertação, foram utilizados métodos e técnicas de pesquisa documental, bibliométrica e bibliográfica. Ressalta-se a exposição mais atualizada possível, as pesquisas foram feitas, não só em livros, e documentos físicos, mas também em textos mais recentes disponibilizados através da *internet* e todos mecanismos de pesquisa que se fizeram necessários para o bom e fiel desenvolvimento do presente trabalho.

CAPÍTULO I – ESTADO DA ARTE

1.1 O conceito e a finalidade do Estado da Arte

A inquietação do mundo científico atual tem aporte na pluralidade de conhecimentos necessários para a compreensão do novo cenário, caracterizando um universo científico complexo, interdisciplinar, ou seja, sistêmico, na formação dos pesquisadores. A ampliação dos horizontes de pesquisa ultrapassa a dimensão limítrofe entre as ciências, alcançando a necessidade de observação do todo.

Nesse contexto, a transversalidade entre as ciências tornou-se um lema para observação científica, uma vez que proporciona a compreensão sob uma visão holística do comportamento humano. Assim, pode-se notar uma expansão de congressos, conferências, seminários em diferentes aportes. A tecnologia que disponibiliza uma imensa disrupção na cultura de pesquisa e produção científica.

Como assevera Ramanowski *et al.*: “(...) embora recentes, os estudos de Estado da Arte que objetivam a sistematização da produção numa determinada área do conhecimento já se tornaram imprescindíveis para apreender a amplitude do que vem sendo produzido. Os estudos realizados a partir de uma sistematização de dados, denominada Estado da Arte, recebem esta denominação quando abrangem toda uma área do conhecimento, nos diferentes aspectos que geraram produções (...)”¹.

O Estado da Arte trata-se de uma técnica de pesquisa que corrobora para uma análise local, nacional e internacional, utilizando-se uma ou várias bases de dados disponível no ambiente virtual, possibilitando a efetivação de um panorama do interesse e produtividade científica em uma determinada área e/ou em múltiplas. Trata-se de um mapeamento que permite visualizar o conhecimento dos estudos que estão em evidência, ou seja, que estão sendo mais investigados, questionados, requisitados ao universo científico de todas as áreas.

A análise de cunho científico sobre Neurociências, Tecnologia e suas implicações no Direito, utilizando técnica do Estado da arte, traz inúmeras vantagens no direcionamento da pesquisa científica, pois proporciona o ponderamento, não somente de dados estatísticos que perfazem a pesquisa em si, mas também possibilita dimensionar grau de importância de determinadas palavras, títulos, áreas que são de interesse, tanto da comunidade que produz, bem como dos que consomem o conhecimento.

¹ ROMANOWSKI, Joana Paulin; ENS, Romilda Teodora - **As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação**, p. 04.

De início, o avanço tecnológico causou uma mutação nas construções e planejamentos de pesquisas científicas no Direito, bem como nas neurociências, podendo, em questão de segundos, e com extrema facilidade e gigantesco acervo de material produzido, ter o acesso disponível no ambiente digital.

Os dados disponíveis em uma ou várias plataformas colaboram com direcionamento das pesquisas, desde a delimitação do tema e sua relevância atual para a sociedade, podendo, ainda, estabelecer uma previsão dos assuntos que serão alvo de questionamento futuro, uma vez que a técnica “Estado da Arte” pode prescindir a pesquisa científica, visando balizar os elementos e limites da pesquisa, conforme a necessidade de cada área ou multiáreas científicas, favorecendo a sociedade como um todo.

E, ainda, pode ser utilizada como planejamento de pesquisa, leitura, norteando como, quando, onde, para quem e para que se devem realizar determinados estudos científicos, possibilitando a estruturação da pesquisa para o pesquisador e leitor.

O tema em questão, no presente trabalho, é constituído por diversas controvérsias, e por tal razão tornou-se necessário realizar análise quantitativa que pudesse direcionar o estudo inicial, devido ao fato de a interface entre Direito, Tecnologia e a Neurociência ser relativamente nova, por isso foi necessário estabelecer multicritérios, como pode ser visto no decorrer deste capítulo.

Assim, o mapeamento cujo enfoque recai sobre os aspectos mais críticos da interação de áreas distintas, polarizadas, mas, ao mesmo tempo, interligadas, atualmente. A pesquisa se justifica dada a importância eivada nas transformações ocasionadas pela tecnologia, neurociência e direito, abordando questões do livre arbítrio, vontade, verdade, tomada de decisão que impactam diretamente no comportamento humano.

Messina aponta os benéficos do Estado da arte para a prática de pesquisa científica, e menciona: “Um estado da arte é mapa que nos permite continuar a caminhada, um estado da arte é a possibilidade de perceber os discursos que um primeiro exame se apresenta como descortinar os contraditórios. Em um estado da arte está presente a possibilidade de contribuir com a teoria e prática de uma determinada ou várias áreas do conhecimento”.

Todavia, a utilização do Estado da Arte tem como objetivo precípuo (no presente trabalho) apresentar o estado atual do conhecimento do tema o qual estabelecemos como objeto de pesquisa do tema, proposto no contexto do presente trabalho e planejar um referencial bibliográfico quantitativo que colabore com a percepção da relevância que o assunto vem sustentando no decorrer de 5 anos, dadas as novas descobertas neurocientíficas, as quais, por sua vez, foram impulsionadas pelo avanço tecnológico, ocasionando uma drástica mutação no

comportamento humano e, como consequência, iniciando uma fase de precariedade do Direito na atualização, análise, adaptação em face ao novo comportamento social, novas descobertas científicas da neurociência e tecnologia.

Devido à complexidade que está embutida no tema, tão exaustivo e infinito, foi necessário mesclar diversas ciências, preferimos assim aderir à estrutura de entendimento majoritário nas etapas que devem ser seguidas:

1. Definição do conceito do Estado da Arte;
2. Abordagem das pesquisas;
3. Efetiva pesquisa e estruturação do banco de dados quantitativos e quais os pontos cruciais questionados;
4. Refinamento da pesquisa para devido direcionamento e construção de portfólio do trabalho na pesquisa bibliográfica de cunho mais profundo que pudesse sustentar e nortear a interface entre Direito, Tecnologia e Neurociências;
5. Estatística global de produção sobre o tema, bem como levantamento da produtividade;
6. Estruturação do Estado da Arte, com relação ao tema proposto.

O avanço tecnológico é o primeiro a impactar a pesquisa científica, sendo mola propulsora, uma vez que é o responsável pela captação de dados e refinamento das informações necessárias para estruturação².

Juridicamente, não há estudos que contemplem a evolução humana e, principalmente, que de fato compreendam a estrutura, funcionamento do cérebro em uma interação genética com o ambiente externo. A falta de compreensão tem gerado inúmeros vieses que atrapalham a análise real dos impactos no Direito. Como asseverado por Fernandez e Fernandez ³, não concebe mais como razoável compreender as normas jurídicas como um simples conjunto de regras institucionalizadas e formalizadas com a finalidade de determinar a razão e moral para que as pessoas possam simplesmente atuar. Uma vez que tal destinação legal deve ser percebida pela sociedade⁴, faz-se a necessidade de previsão, acompanhamento, planejamento das normas legais conforme a nova realidade social, ademais imprescindível à percepção social.

² FERNANDEZ. Athaualpa; FERNANDEZ, Marly. **Neuroética, Direito e Neurociência: Conduta Humana, Liberdade e Racionalidade jurídica**, p. 139.

³ *Idem, ibidem.*

⁴ *Idem, ibidem.*

Oportuno mencionar que os avanços da tecnologia e neurociências tendem a longo prazo demonstrar a distinção de um “cérebro sob controle” de um “cérebro fora de controle”, na sua estrutura e funcionamento biológico. Daí parte a necessidade de dar-se conta de que os eventos cerebrais em sede de neurociências e redes neurais⁵, embora o cérebro reflita um significado de máquina causal. Isso não implica, necessariamente, que não exista livre arbítrio e/ou, sobretudo, a responsabilidade da ação do indivíduo.

Determinar-se-á uma porta de análise proferida sobre a natureza humana do comportamento humano, podendo contribuir com a criação de linha limítrofe para uso das descobertas neurocientíficas e tecnológicas, no contexto jurídico contemporâneo com foco no futuro⁶.

Os intermináveis questionamentos referentes à integração, pertinentes às neurociências como risco, no entanto, permitem realizar levantamento sobre os avanços e evidências neurocientíficas que devem ou não ser transferidos para as normas jurídicas. Assim, estabelecer de fato o nível de complexidade dessa interação, já que, para analisar, repudiar tais questões, faz-se necessário compreender e conhecer para se ter uma resposta do mínimo existencial de uma ou várias ciências.

Nesta senda, partimos da premissa de quanto o presente tema, envolvendo o Direito Penal, a Neurociência e as Tecnologias tem sido investigado na academia. Desta maneira, foi utilizada, para verificar o volume de obras em diferentes países (Brasil, Portugal, Estados Unidos e Espanha) a fim de se ter uma ideia mais amplificada da produção, a plataforma internacional *Google Acadêmico*, correspondente a cada país e, trazendo para o funil nacional, foram utilizadas duas plataformas brasileiras sendo estas a Biblioteca Digital Brasileira de teses e Dissertações – BDTD e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, como visto a seguir.

Para que fosse possível fazer o levantamento, foram utilizadas as palavras-chave relacionas: Direito Processual Penal e Neurociência e Neurodireito, esta última separadamente. No entanto, o volume de obras era sempre muito grande na primeira filtragem, sendo para o Brasil 757 referências, Portugal 478, Estados Unidos 653 e Espanha 1200. Entretanto, nem

⁵ Em uma interpretação da neurociência, rede neural consiste em um grupo de neurônios interconectados entre si, ou seja, interagindo com seus vizinhos. As redes neurais biológicas foram a inspiração para construção e conceituação da rede neural artificial. Já em uma interpretação computacional e outros campos, rede neural artificial são modelos cuja inspiração parte do sistema nervoso central (SNC), com finalidade inicial de realizar o aprendizado de máquina. Em sua maioria são sistemas de neurônios artificiais interconetados, que atuam computando, via algoritmos de entradas, simulando as funções comportamentais de redes neurais biológicas. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_neural_artificial e https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_neurais_biol%C3%B3gicas. Acessado em 10/12/2020.

⁶FERNANDEZ e FERNANDEZ, *op., cit.*, p 140.

sempre as produções falavam especificamente do assunto buscado, assim foi necessário fazer a triagem, primeiramente descartando as citações, as patentes e os *e-books*, e depois as obras que não correspondiam ao tema proposto, que embora aparecessem na busca, não correspondiam ao objetivo do presente levantamento. Muitas obras que apareceram no filtro só falavam de Direito Penal, e outras tratavam de outros assuntos, que não o Direito, correspondente à Neurociência. Por esse motivo, optou-se por se ater apenas às produções que incluíssem artigos, dissertações e teses, publicados em revistas e jornais, bem como nos acervos universitários.

A seguir, estão demonstrados os volumes de obras que abrangem o referido tema de pesquisa, os quais puderam ser realizados através do *Google Acadêmico* dos países envolvidos nesta busca.

1.2 Levantamento nos bancos de dados do *Google Acadêmico* nos países: Brasil, Portugal, Estados Unidos e Espanha

Como supracitado, com intuito de ilustrar o volume de produção científica do tema em questão, nos últimos cinco anos, com a delimitação de alguns países, visando facilitar o estudo realizado nas plataformas: *Google Acadêmico*⁷ (Brasil), *Google Acadêmico*⁸ (Portugal), *Google Scholar*⁹ (Estados Unidos) e *Google Acadêmico*¹⁰ (Espanha), envolvendo os países e plataforma supracitada, foi levantado o número de obras produzidas, sendo que foi verificado, a partir da leitura do resumo e das palavras chaves, se elas realmente se encaixavam no objetivo proposto.

As palavras-chave utilizadas para a filtragem das obras na Plataforma do *Google Acadêmico* foram: Direito Processual Penal, Neurociência (Portugal e Brasil); *Derecho procesal penal y neurociencia* (Espanha) e; *Criminal procedural law and neuroscience* (Estados Unidos) para melhor direcionar a pesquisa. Na Tabela 1 (em Apêndice) estão dispostas as revistas, os jornais, os periódicos e universidades que publicaram o material encontrado no *Google Acadêmico* de cada país, bem como a quantidade de obras publicadas em cada veículo.

Já o Gráfico 1 apresenta o volume de obras encontradas no *Google Acadêmico* correspondente a cada país pesquisado.

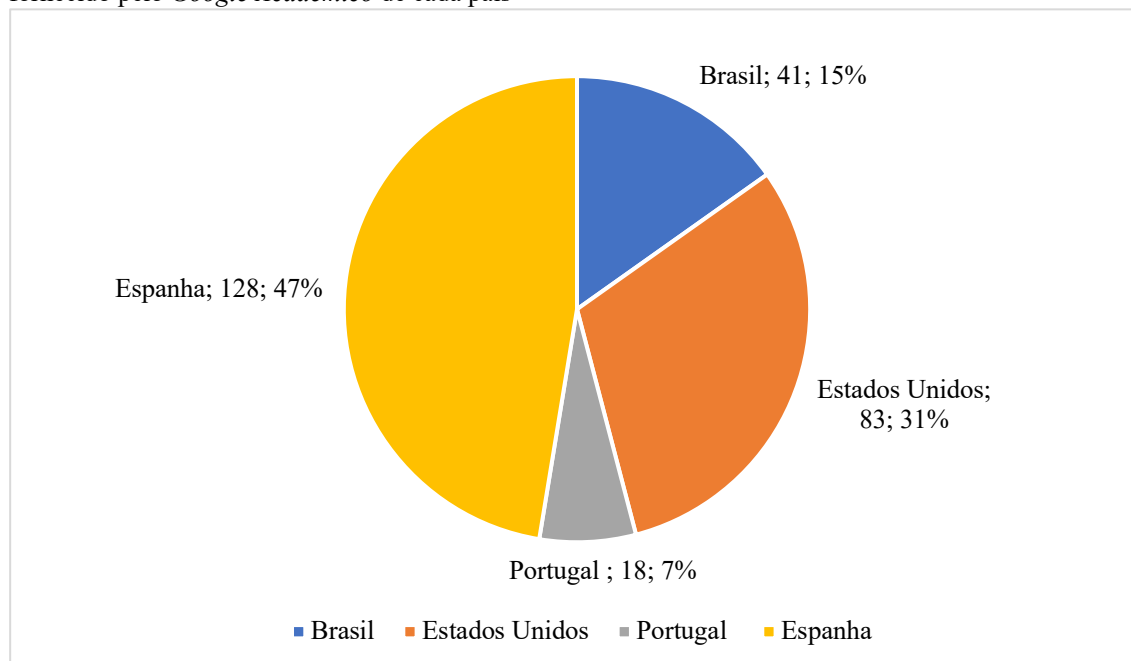
⁷ GOOGLE ACADÊMICO (Brasil). Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>. Acessado em: 28/11/2020.

⁸ GOOGLE ACADÊMICO (Portugal). Disponível em: <https://scholar.google.com.br/schhp?hl=pt-PT>. Acessado em: 28/11/2020.

⁹ GOOGLE SCHOLAR (Estados Unidos). Disponível em: <https://scholar.google.com/>. Acessado em: 28/11/2020.

¹⁰ GOOGLE ACADÊMICO (Espanha). Disponível em: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>. Acessado em: 28/11/2020.

Gráfico 1: Volume de obras produzidas entre 2015 a 2019, em Portugal, na Espanha e nos Estados Unidos, fornecido pelo *Google Acadêmico* de cada país



Fonte: Própria (2020).

Como pode ser observado no Gráfico 1, no *Google Acadêmico* do Brasil foram encontradas 41 obras, somando-se 15% do total, sendo estes artigos científicos, teses de doutorados e dissertações de mestrado. No *Google Acadêmico* de Portugal encontraram-se 18 obras (7%), sendo a maioria dissertações de mestrado e teses de doutorado, enquanto no *Google Acadêmico* da Espanha foram encontradas 128 obras (47%), em sua maioria artigos científicos. Por fim, no *Google Scholar* dos Estados Unidos foram encontrados 83 artigos científicos (31%) publicados em periódicos, jornais e revistas. Assim, a partir dos números levantados, observou-se que a Espanha, segundo o *Google Acadêmico*, é um dos países mais engajados nos estudos que envolvem o Direito Penal, a Neurociência e a Tecnologia.

Ainda, no intuito de quantificar o crescimento de produção na referida plataforma de pesquisa, abrangendo o Brasil e Portugal, realizou-se, dentro do *Google Acadêmico* dos referidos países, uma busca de obras relacionadas ao Direito Penal e Neurociência dos 5 (cinco) anos anteriores (2010 a 2014).

Foi encontrado, no *Google Acadêmico* do Brasil entre os anos de 2010 e 2014, um total de 9 (nove) obras, e no *Google Acadêmico* de Portugal, no mesmo período, foram encontradas 8 (oito) obras. Desta forma, verifica-se, no Brasil, um crescimento na produção, de 2015 a 2019, de 31 obras; na plataforma *Google Acadêmico* de Portugal houve um aumento de 10 volumes no período correspondente a 2015 até 2019. Embora dê a impressão de um grande

aumento, não é muito significativo, pois se trata dos últimos 5 (cinco) anos, por ser um tema relativamente novo e dada a importância desse tema para o Direito Penal na atualidade. No entanto, vale ressaltar que a pesquisa não pode abranger, apenas com base nos dados do *Google Acadêmico*, a totalidade dos estudos desenvolvidos em cada país pesquisado, sendo assim, servindo apenas para se ter uma ideia daquilo que está sendo discutido e publicado na plataforma em questão.

1.3 Pesquisa nos bancos de dados brasileiros da BDTD e CAPES

Os Bancos de dados utilizados para pesquisa, exclusivamente, no território brasileiro foram a Biblioteca Digital Brasileira de teses e Dissertações – BDTD¹¹ e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES¹². As obras foram selecionadas a partir da pesquisa por assunto, utilizando as palavras-chaves Direito Processual Penal, Neurociência e Tecnologia, com recorte dos últimos cinco anos. Assim, foram elencadas produções de 2015 a 2019, abrangendo apenas dissertações e teses, sendo estas apenas as publicações realizadas nas universidades. A princípio pensou-se em incluir também as bibliotecas, mas para não haver divergência na contagem, pois verificou-se que havia publicações em duplicidade, optou-se por abranger apenas as universidades.

Na CAPES, no período de 2015 a 2019, foi encontrado um total de 3 (três) obras, sendo 2 (duas) dissertações e 1 (uma) tese. A universidade de publicação das três obras elencadas foi a Universidade de São Paulo (USP), e os anos de publicação foram 2015, 2017 e 2019.

O tema que abrange o Direito Processual Penal foi encontrado na CAPES em 128 publicações entre os anos de 2015 e 2019, das quais, como já citado acima, apenas 3 (três) publicações que, conjuntamente, abordam o Neurodireito. Assim, apenas, aproximadamente, 2,34% das publicações envolviam o Direito Processual Penal e a Neurociência.

A fim de fazer comparações, foi verificado também o volume de obras, atendendo ao tema da pesquisa, nos cinco anos antecedentes ao período selecionado neste estudo, na base de dados da CAPES, e verificou-se que nos anos entre 2010 e 2014 o número de obras foi o mesmo que do ano de 2015 a 2019, contabilizando 3 publicações.

¹¹ BIBLIOTECA Digital Brasileira de teses e Dissertações – BDTD. Disponível em: <https://bdtb.ibict.br/vufind/> acessado em: 29/11/2020.

¹² COORDENAÇÃO de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acessado em: 29/11/2020.

Ainda, foram selecionadas algumas palavras-chave nas obras pesquisadas na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, levando em consideração a Tecnologia, a Neurociência e o Direito, abordando questões do livre arbítrio, vontade, verdade, tomada de decisão, sendo estes: Direito penal; Neurodireito; Neurociência; Livre-arbítrio; Culpabilidade, Dolo, Intencionalidade e Responsabilidade Penal.

Compreende-se que as palavras-chave permitem a possibilidade de verificação dos assuntos abordados dentro dos textos selecionados, para assim demonstrar que as obras seguem o tema proposto pelo presente estudo. Por não se tratar de um volume grande de obras, foi possível fazer o levantamento de quantas vezes essas palavras foram abordadas nos textos pesquisados. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, como visto a seguir, e a frequência absoluta dos dados, somados, das 5 obras, está disposta no Gráfico 2 (em Apêndice).

Assim, tornou-se possível observar, a partir das palavras-chave mais referendadas nas obras pesquisadas que estas foram ao encontro de assunto que circundam Neurociência com percentual de 40% das menções, seguida de Dolo com 35%, Culpabilidade, com 9%, Direito Penal com 7%, Intencionalidade 4%. Os descritores Livre-arbítrio e Neurodireito alcançaram 2%, enquanto Responsabilidade Penal, 1%.

Já na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, foi encontrado, no período de 2015 a 2019, um total de 5 (cinco) obras, sendo 2 (duas) teses e 3 (três) dissertações. As universidades que publicaram essas obras foram: a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC (duas obras); a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG (duas obras); e a Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS (uma obra).

O tema que abrange o Direito Processual Penal foi encontrado na BDTD, 170 publicações entre os anos de 2015 e 2019, e destas, apenas 5 que, como dito acima, abordam o Neurodireito. Assim, embora haja um expressivo crescimento, o qual veremos a seguir, nesse período mencionado acima, apenas, aproximadamente, 3% das publicações envolviam o Direito Processual Penal e as Neurociências conjuntamente.

Apesar de, como visto nos dados acima, o volume de publicações envolvendo o Direito e as Neurociências ainda não ser muito expressivo na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, se for considerada a quantidade de publicações, abrangendo os 5 anos anteriores (2010-2014), que foram 3 publicações, o crescimento foi de 40% no seu total.

Assim, como feito com o banco de dados da CAPES, também foram selecionadas algumas palavras-chave nas obras pesquisadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e

Dissertações - BDTD, levando em consideração a Tecnologia, a Neurociência e o Direito, abordando questões do livre-arbítrio, vontade, verdade, tomada de decisão, e são elas: Direito penal; Neurodireito; Neurociência; Livre-arbítrio; Culpabilidade, Dolo, Intencionalidade e Responsabilidade Penal. Por não se tratar de um volume grande de obras, foi possível fazer o levantamento de quantas vezes essas palavras foram abordadas nos textos pesquisados. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, como visto a seguir, e a frequência absoluta dos dados, somando as 5 obras, está disposta no Gráfico 3 (em Apêndice).

Os resultados demonstraram que as palavras-chave mais citadas nos textos pesquisados na BDTD foram Dolo e Neurociência, sendo a primeira com 48% e a segunda com 28%. Culpabilidade alcançou 13%, Intencionalidade 5%, Responsabilidade Penal 4%, Direito Penal 3%, Livre-arbítrio 2% e Neurodireito 1%.

A partir da contagem realizada, utilizando os dois bancos de dados brasileiros, CAPES e BDTD, em relação à quantidade de obras por universidade, obteve-se o seguinte resultado (Gráfico 4 em Apêndice): a Universidade de São Paulo-USP foi a que mais apresentou produção como o tema discutido nesta dissertação, apresentando 37% das obras; depois vêm a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC e a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, com 25% cada uma, e, por último, a Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS com 22% no volume de produções pesquisadas.

Como já mencionado, em relação ao *Google Acadêmico*, também em relação às plataformas utilizadas em território brasileiro (CAPES e BDTD), não é possível quantificar o volume total de obras produzidas no país, pois, para isso, seria necessário fazer uma busca em todos os bancos de dados existentes, no entanto é possível se ter uma base da quantidade e crescimento no volume de obras dessas plataformas que são umas das mais utilizadas no Brasil.

O próximo capítulo trata do Direito, direcionando-o para algumas questões filosóficas que o impedem de estar no epicentro de questões preponderantes na definição do ordenamento jurídico que contemple as conquistas de um mundo globalizado, interconectado, tecnológico e dinâmico.

CAPÍTULO II - DIREITO LIMITADOR OU LIMITADO

2.1 A Culpa e o Livre-Arbitrio

Palavras derivadas do Latim, *liber* (livre) e *arbiter* (arbitrio)¹³, indica alguém dotado de autonomia, e seu significado relaciona-se com a capacidade que cada ser humano possui ao escolher suas ações, sua decisão alicerçada na sua vontade. Assim, é uma faculdade erigida sob a própria liberdade de escolha.

Seguindo por essa via, no livre-arbitrio, o indivíduo é o responsável por suas escolhas, conseqüentemente, por seu comportamento¹⁴, e ainda se supõe, para além da hereditariedade e do contexto ambiental, algo intrínseco ao ser humano.

O livre-arbitrio é um tema de debates calorosos em diversas áreas da ciência, tendo em vista que a tomada de decisão consciente é o ponto crucial do Direito, no que concerne à imputabilidade da culpa a alguém, sob determinado fato antijurídico, obviamente, ser ou não livre no momento da tomada de decisão é um dos pilares de toda estrutura jurídica do Direito, estendendo-se por todas as suas ramificações.

Há datar tempos remotos, o livre-arbitrio, desde sempre, põe diversas ciências a questionar, apresentar suas teorias. Da Religião e Filosofia surge o alicerce do pensamento que gira em torno do trinómio ser humano-homem-livre-arbitrio. Assim, com o gigantesco avanço das pesquisas científicas, o livre-arbitrio permaneceu inerte no cerne da questão: o homem é ou não livre nas suas escolhas?

Nesse contexto, a demasiada relevância do tema, para o bem-estar social, dar-se-á quando se passa a questionar: “que autoridades de escolhas repercutem na vida política-económico-social de outrem?”¹⁵, os cuidados devem ser observados, desde quando optamos por viver em sociedade, em mundo economicamente globalizado e, atualmente, interconectado.

A versão de que seríamos máquinas biológicas, governados pelo nosso cérebro reptiliano, e o percurso em que se deu o desenvolvimento humano se caracterizou por um organismo imutável não condiz com as recentes descobertas sobre a estrutura, funcionamento e interação do cérebro com corpo, e principalmente com o ambiente externo.

Maldonado expõe com clareza a correlação cérebro-mente-corpo-ambiente, trazendo diversas indagações, bem como respostas e afirma:

¹³ MEU Dicionário: **Significado da palavra livre arbitrio**. Disponível em: <https://www.meusdicionarios.com.br/livre-arbitrio/>. Acessado em: 15/10/ 2020.

¹⁴ VÁZQUEZ, A. S. *Ética*, p 21.

¹⁵ MALDONADO, Mauro - **Na hora da Decisão**: somos sujeitos conscientes ou máquinas biológicas? p. 07.

Os esforços da medicina regenerativa, da nanotecnologia e da bioinformática que buscam a imortalidade do corpo, com nanobots híbridos e proteínas sintéticas prontas a consertar 100% das células do organismo, mostram, ainda, mais a insensatez da cisão do corpo. O corpo não é apenas alguma coisa que possuímos, ou tantos objetos do mundo: é uma coisa só, aquilo que somos. Ainda que oscilando constantemente entre a consciência de termos um corpo e sermos um corpo, nós somos o nosso corpo. Na longa viagem evolutiva humana, a consciência facilitou a comunicação entre os semelhantes. Na realidade, já antes da hominização, os primatas apresentavam o córtex frontal capaz de elaborar informações, medir-lhe a confiabilidade e catalogá-las para tomada de decisão. Seu cérebro estava equipado para fazer previsões; diferenciar o melhor do pior e útil do prejudicial; fundamentar expectativas quanto às próprias ações; agir conforme objetivos; reprimir condutas sociais inapropriadas (...) ¹⁶.

Um dos maiores impasses do Direito e Neurociência advém da pesquisa científica de Libet, ao observar que o potencial de prontidão que gerou a ação em 200 milésimos de segundo antes que a intenção consciente está entre 350 a 400 *ms* ¹⁷. O próprio Libet, tentou assegurar que a consciência vive em algum lugar ou em milésimos, após o início da atividade cerebral. Expondo ao mundo do Direito uma realidade que coloca em xeque toda a estrutura e funcionamento da justiça, em função de estar alicerçado na livre vontade, livre escolha do indivíduo cumprir ou não as Leis para convivência em sociedade. Partindo do livre-arbítrio os critérios de culpabilidade e responsabilidades por seus atos.

Sua experiência realizou-se por meio do eletroencefalograma que monitorava os movimentos elétricos na realização de tarefas (apertar um botão, assim que decidissem sobre a tarefa proposta), e notou que, antes da ação para a qual a pessoa era estimulada, já ocorria alteração do potencial de prontidão, concluindo que a decisão inconsciente é tomada antes que se tenha consciência dela ¹⁸.

Descobriu, ainda, que a primeira percepção compreendida como consciente e determinante da vontade de agir não era causa geradora da ação motora. Todavia, fez apontamento de que a ação motora desencadeada poderia ser cessada rapidamente, caso a pessoa quisesse. Menção não disseminada, principalmente no campo do Direito.

Libet, na tentativa de explicar a intenção “livre-arbítrio”, explana sua teoria testável do Campo Mental Consciente (CMF), cujo objetivo pauta-se em fundamentar e comprovar a eficácia subjetiva mental. E para sustentar sua ideia, apregou: “O CMF consistiria em um novo campo 'natural', campo não físico, no sentido de que ele não poderia ser diretamente observado ou medido por quaisquer meios físicos externos. Esse atributo é, naturalmente, a característica

¹⁶ MALDONADO, *op., cit.*, p. 18.

¹⁷ LIBET, Benjamin W. - **Do we have free will?** p. 23.

¹⁸ *Idem*, p. 25.

bem conhecida da experiência subjetiva consciente, que só é acessível para o indivíduo que tem essa experiência. [...] A teoria CMF é escandalosamente radical, na medida em que propõe um modo de comunicação intracerebral que pode prosseguir sem a necessidade de vias neurais. [...] O CMF não existe sem o cérebro vivo, e é uma propriedade emergente deste cérebro”¹⁹.

O filme de ficção científica *Minority Report*²⁰, em português “A Nova Lei” “Relatório Minoritário”, lançado em 2002, tem seu enredo em torno do projeto pré-crime (onde os crimes são sabidos antes que ocorram e as pessoas punidas sem realizá-los) na cidade de Washington-DC (*District of Columbia*), voltado para questão do livre-arbítrio em confronto com o determinismo, dada a capacidade do indivíduo com base nas informações, experiências de realizar uma previsão de futuro e, ainda que imediata, essa capacidade reforçaria a escolha do indivíduo no momento da decisão.

No ano de 2008, a experiência de Libet foi revista, com uso dos avanços tecnológicos, visando à possibilidade de analisar o funcionamento do cérebro, exercendo as mesmas tarefas da época, porém fazendo uso da Ressonância Magnética Funcional (fMRI), e o objetivo era o mesmo: registrar o momento de decisão (apertar o botão no momento da decisão), que por meio da nova tecnologia possibilita a captação dos sinais neurais relacionados como a intenção do voluntário em movimentar-se, de ou realizar qualquer outra tarefa, e ainda, a própria consciência e decisão do movimento.

A revisão da pesquisa veio comprovar a anterior realizada por Libet, que, por sua vez, ponderou que tal diferença temporal do início do Potencial de Prontidão (PP) até a ação ensejaria a possibilidade de escolha, dada consciência, podendo abandoná-la antes de realizar por completo a ação. O universo científico ficou balançado, uma vez que a pesquisa implicou o efeito borboleta por diversas ciências, inclusive o Direito, que, por sua vez, teria boa parte de sua estrutura penal legal diretamente afetada.

O que é certo é que o primado e a relevância do tema livre-arbítrio para o Direito penal fazem deste um moderador entre o comportamento humano individual e o comportamento social; é o responsável em tutelar os bens jurídicos numa escala singular e plural para manutenção da ordem social.

O emaranhado conteúdo da culpa jurídico penal, sem sombra de dúvidas, contém na sua estrutura basilar a noção do homem livre que ganha *status* intrínseco da dignidade da pessoa humana e se ramifica por todo ordenamento jurídico, que, como fundamento, está além

¹⁹ LIBET, *op. cit.*, p. 27-28.

²⁰ FILME **Minority Report**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Minority_Report. Acessado em: 28/07/2020

somente da culpa jurídica, como apregoa Dias: “o Direito é uma obra de realização da liberdade que, como tal, se bem referida concretamente e de maneira limitada a bens protegido pela comunidade através de normas jurídicas é, segundo o seu conteúdo material, só uma particular perspectiva da culpa ético-existencial e participação diretamente da temática geral da culpa”²¹.

Outro elemento crucial da culpa, cunhado por Welzel, é a exigência de possibilidade de conduta adversa, ou seja, “possibilidade de agir de outra maneira”.

Nessa via de pensamento, evoca-se Welzel, que assevera que a funcionalidade do próprio sujeito controla sua vontade, visando à estruturação de uma nova concepção de vida e interação, pautada na vontade, no sentido, na valoração de sua vontade/ação²².

Para Welzel, o ser humano está no cerne do controle de seus impulsos, sendo categorizado como responsável por seus atos e reprimindo e/ou suprimindo seus aspectos biológicos em prol de viver em sociedade²³. Trazendo, ainda, fundamento de que a culpa se estrutura na capacidade de o ser humano se autodeterminar como tal em um ambiente social. Segue Welzel, em suas palavras: “O direito penal não se constitui alocado na tese indeterminista de que a decisão de cometer o crime proceda parcialmente e ou inteiramente da vontade livre e não de um conjunto de disposições do mundo que circunda o indivíduo. Origina-se do conhecimento pautado na antropologia de que o homem é ser dotado de responsabilidade, está existencialmente em condições de direcionar conforme ao sentido causal dos seus impulsos. A culpabilidade não é um ato livre de autodeterminação, porém a falta de decisão conforme ao sentido de um indivíduo responsável”²⁴.

Indo ao encontro dos pensamentos supramencionados, em termos jurídicos, temos o livre-alvedrio como o princípio da culpabilidade, tendo como pressuposto básico e lógico o livre arbítrio na tomada de decisão, pois, só quando há capacidade de se determinar pelas leis, pode o autor ser responsabilizado pelo fato jurídico alcançado²⁵.

A pontuação de Dias parte do princípio de que o livre-arbítrio é conduzido pelo preceito da culpa da vontade, uma vez que ao ser o humano elegido como ser livre, tem-se o pressuposto da culpabilidade, e impregnando na culpa uma forma de censura ético-moral da ação²⁶.

²¹ DIAS, Jorge de Figueiredo – **O Direito penal: Parte geral - Tomo I**, p. 515.

²² *Idem*, p. 518.

²³ WELZEL, Hans – **O novo sistema jurídico- penal: Uma Introdução à Doutrina da Ação Finalista**, p. 88.

²⁴ *Idem*, p. 334.

²⁵ DIAS, *op. cit.*, p. 515.

²⁶ DIAS, *op. cit.*, p. 516.

A decisão livre e consciente reporta a um dos temas complexos do Direito Penal, o cerne da questão envolve a liberdade da ação e liberdade da vontade²⁷. Ademais, ter-se-ão em pauta possíveis determinantes internas e externas que estão diretamente relacionadas com o ato da vontade²⁸, que configura o homem como o senhor de si, de suas vontades, de seus atos e, consequentemente, de suas responsabilidades.

O substrato da culpa navega na tese do “poder agir de outra maneira”, assim, sempre se pode esperar do indivíduo, diante de uma situação que este tem para si e para outrem o livre-arbítrio de sua escolha, condicionado a sua capacidade de auferir valores para si, e, ao mesmo tempo, respeitando as normas instituídas, bem como os direitos e garantias de outrem. Posicionando-se como um ser e como parte de um contexto social que há milhões de anos está imbuído na garantia de sobrevivência da espécie, portanto um ser com *dever ser*.

Nesse sentido, Dias fomenta em sua narrativa: “(...) O homem determina a sua ação através da sua livre decisão de si mesmo. De modo que aquilo que, no plano da ação, parece ser liberdade de indiferença, livre-arbítrio, é, no plano do existir, a liberdade de decisão do próprio ser e sentido, a opção fundamental pela confirmação da sua vida: a liberdade daquele que tem de agir assim por ser como é (...)”²⁹.

As funções executadas pelo Direito na sociedade constituem a estruturação, a integração, o controle e a orientação da sociedade. E se estabelece por meio da legitimação do poder, mas tem como ponto elementar a resolução de conflitos, visando dirimir os problemas enfrentados pelas convivências. Não se pode olvidar que todas funções/atribuições do Direito estão relacionadas intrinsecamente com a observação e regulação do comportamento.

A observância do comportamento resulta em classificá-lo como desejável e indesejável, sua regulação tem objetivo de conter comportamentos indesejáveis, coibindo sua prática. Para tanto, torna-se um sistema de controle do comportamento dos indivíduos como parte da sociedade, passando a institucionalizar comportamentos, conflitos etc.³⁰.

As questões filosóficas em torno da neurociência não param por aí, têm-se algumas possíveis implicações nas decisões judiciais pautado no livre-arbítrio, porém, agora por parte dos juízes, sob ótica apresentada, as decisões seriam impulsos biológicos.

Nas palavras de Bettina Weiber: “Em concluson, si no existe la libertad, no puede existir la imparciabiliad. Pero incluso aunque no exixtiera em la realidade, debería crearse um

²⁷ BUSATO, Paulo Cesar - **Neurociências e Direito Penal**, p. 18.

²⁸ DIAS, *op. cit.*, p.519.

²⁹ DIAS, *op. cit.*, p. 524.

³⁰ FERREIRA, Francisco Romulo Monte, *et al* - **História e filosofia da neurociência**. p. 65.

sistema em el los condicionamientos de cada juez puedan llegar a neutralizarse para obtener um enjuaiamiento lo más ecuánime posible”³¹.

Não há dúvidas quanto aos impactos das neurociências e tecnologias na atividade do juiz, que é responsável pela lide. Todavia, quanto à imparcialidade do juiz, seguimos os apontamentos de Demétrio Crespo, que traz um tom mais ameno para questões supramencionadas, seu pensamento compatibilista e conciliatória³² entre o Direito e Neurociência; aponta que o Direito Penal tem como pressuposto acompanhar a evolução comportamental da sociedade, e resguardá-la, devendo ser mais plástico com as demandas contemporâneas descobertas por outras ciências. Devendo contemplar o processo contínuo de atualização, estabelecendo qual seria o tipo de influências, bem como os efeitos colaterais no Direito Penal na sociedade, especialmente no que se refere como “visão humanista do Direito, porque a missão do Direito Penal é a busca de um modo mais humano e inteligente de castigar”. que incorreria em tempos de aplicabilidade na conveniência de diminuição do castigo, ou seja, da pena³³.

Em um tom paralelo, Rodríguez fomenta que a divergências dos autores atuais no âmbito dos avanços científicos diante dos temas clássicos do Direito Penal tem caráter normativo, principalmente na Neurociência, que busca a cura dos cérebros com problemas em todos seus níveis, sejam eles estruturais e ou de funcionamento, que o castigo poderia ser delimitando ao campo de incidência, ser calculado e projetado para o futuro. Assim, o Direito estaria indo ao encontro de resultados, pautado em uma justiça mais dinâmica. Salienta, ainda, que o próprio caminho da pesquisa científica nos guia aos problemas, pois é neles que encontramos seu próprio paradoxo, conseqüentemente, as soluções e ou repostas para os problemas encontrados no percurso³⁴. Longínquo o fim das questões que geram instabilidade na base do Direito, adentremos em mais uma, no que se refere à verdade e à mentira.

2.2 A Verdade e a Mentira

Não nos cabe aqui abordar as discussões travadas por séculos para conceituar a verdade, no ramo do Direito, pois demandaria um exaustivo e extenso lapso temporal, que, por

³¹ TARUFFO, Michele; FENOLL. Jordi Nieva - **Neurociencia y proceso judicial**, p. 174

³² CRESPO, Eduardo Demetrio - **Neurociencia e Direito Penal: Novas perspectivas no âmbito da culpabilidade e tratamento jurídico penal da periculosidade**, p. 31.

³³ *Idem, ibidem*.

³⁴ RODRÍGUEZ, Víctor Gabriel - **Livre Arbítrio e Direito Penal: Revisão frente aos aportes da neurociência e à evolução dogmática**, p. 21.

fim, não teríamos encontrado algo pacificado, nem no senso comum, muito menos nas ciências.

Nesse contexto, nos posicionamos, de acordo com a concepção semântica da verdade de Alfred Tarski, que apregoa que “a verdade tem que ter concordância/correspondência com a realidade”³⁵. O debruçar sobre o tema perfaz o caminho da linguagem como meio pelo qual a verdade pode ser encontrada, trazendo em si um raciocínio lógico, encadeado e não fictício, uma vez que o enunciado apresentado deve estabelecer-se não apenas nos requisitos sintáticos, semânticos, mas deve estabelecer, inexoravelmente, a relação com o fato.

Em busca da verdade, Tarski estabelece o esquema (T)³⁶, no intuito de que qualquer enunciado possa ter comprovado sua veracidade, e a sentença considerada verdadeira é aquela que diz o estado das coisas. Em sua fórmula do esquema de (T), a *priori* traz a ideia de neutralidade aproximando da lógica:

X – É o nome de qualquer sentença = “A neve é branca”

P – É a referência de um estado das coisas = somente será se a neve for branca³⁷.

Notavelmente, a busca incessante pela verdade transpassa questões linguísticas, tornando-se a essência do Direito e da justiça. É a força motriz do universo jurídico, estando em todo espaço, tempo, lugar, pensamento, fato, ato, decisão, prova e em todas as ciências. E, paradoxalmente, não estando ao mesmo tempo.

No intuito de comprovar relação da verdade com a linguagem, principalmente com o foco semântico, Tarski, realiza uma pesquisa aplicando um questionário visando à compreensão da “verdade”, assim, encontrou o seguinte resultado: 15% concordaram que “verdadeiro” significa para elas concordar com a realidade, enquanto 90%, que a sentença tal qual “está nevando” é verdadeira se (e somente se) está nevando³⁸. Nessa senda, encontrou que a implicação direta do uso da linguagem informal atendeu à capacidade de percepção da maioria que aceitava como verdade a sentença formulada com linguagem comum, do que a formulada com requisitos de uma linguagem formal e filosófica.

Aponta para a mesma direção Badaró *apud* Grinover e Lima: “Certeza e verdade, embora sejam conceitos interligados, não se confundem. O conceito de verdade é um conceito de relação. Um conhecimento é verdadeiro quando há concordância entre o objeto e sua imagem captada pelo sujeito. A verdade é o fiel reflexo do objeto da mente, é a adequação do pensamento com a coisa. Porém, não basta que um conhecimento seja verdadeiro, sendo

³⁵ TARSKI, Alfred - **A Concepção Semântica da Verdade: Textos clássicos de Tarski**, p. 20.

³⁶ *Idem*, p. 23.

³⁷ *Ibem*, p. 161.

³⁸ TARSKI, *op. cit.*, p. 188.

necessário alcançar a certeza de que é verdadeiro. É a questão do critério da verdade. A certeza, portanto, constitui ‘manifestação subjetiva da verdade’, sendo um estado de ânimo seguro da verdade como proposição”³⁹.

A aproximação da verdade por meio de comprovação tecnológica, conseqüentemente, encontra outros paradigmas, e os mais complexos são os que giram em torno do Direito. Não é de hoje que o Direito faz uso de técnicas da Medicina para ir ao encontro da verdade e possibilitar decisão justa, e outros mecanismos foram utilizados, como mencionam Marioni e Arenhart: “A verdade, pois, sempre foi fator de legitimação para o direito processual. Ora, sob a suposição de que as decisões judiciais nada mais são do que a aplicação objetiva do direito positivo em tese, derivado da vontade popular, já que emanado de representantes do povo, a fatos pretéritos rigorosamente reconstruídos, conclui-se que a atividade jurisdicional atende aos anseios populares (...)”⁴⁰.

Neurocientificamente, trata-se verdade em Direito no campo da prova testemunhal, e este situa-se no cerne das pesquisas científicas pautadas nos avanços tecnológicos, podendo corroborar para um Direito mais igualitário em qualquer sistema jurídico adotado, bem como fomentar justiça mais próxima da realidade do indivíduo.

Torna-se evidente a necessidade da observância dos recursos disponibilizados pela neuro-tecnologia, bem como cabe ao Direito estabelecer parâmetros para estruturação e aplicação, e atualização da forma de uso das novas ciências no judiciário, colaborando com juízes, até certo grau, produzem o Direito⁴¹. A busca pela verdade é um dos objetivos do processo, tendo em vista que é por meio do fato reconstituído dentro do processo legal, e este deve estar o mais próximo, senão o mesmo do fato ocorrido no ambiente físico.

A verdade tem sido tema de amplo debate entre doutrinadores. No entanto, a detecção da mentira é algo que há séculos causa repulsa social. Desde os primórdios da civilização humana têm-se realizado tentativas para estruturar um sistema jurídico que possua ferramentas capazes de desacobertar a mentira, com a finalidade, principalmente, no âmbito do Direito validar uma declaração, um testemunho⁴².

³⁹ GRINOVER, Ada Pellegrini; LIMA, Marcellus Polastri - **Verdade e Prova no Processo Penal: Estudos em homenagem ao professor Michele Taruffo**, p. 232.

⁴⁰ MARIONI, Luiz Guilherme; ARENHART, Sérgio Cruz - **Prova e convicção de acordo com CPC de 2015**, p. 31.

⁴¹ FERNANDEZ, Athaulpa; FERNANDEZ Marly - **Neuroética, Direito e Neurociência: Conduta Humana, Liberdade e Racionalidade jurídica**, p. 46.

⁴² LÓPEZ, María Luisa Villamarí - **Neurociencia y detección de la verdad y del engaño em el processo penal: El uso de escáner cerebral (fMRI) y del brainfingerprinting**, p. 25.

Destarte, oportuno apontar que somos seres em constante desenvolvimento, e métodos que no passado eram capazes de garantir com uma certa margem de certeza quando algum indivíduo estava mentido, no presente, sozinhos já não são de muita utilidade, tendo em vista que seres humanos evoluíram e já dispõem de recursos que geram a dúvida sobre sua situação em questão, dificultando a percepção da maioria das pessoas.

Assim, alguns recursos para detecção da mentira foram criados no intuito de colaborar, ir ao encontro da verdade como o polígrafo, e na Neurociência seus recursos são maiores, pois possuem uma gama maior de recursos tecnológicos que favorecem ir ao encontro da verdade, por meio de técnicas de imageamento cerebral, e são elas FMRI, *Brainfingerprinting*; BEOS, *Eye Tracking*, FAC'S, entre outros, que serão conceituados no Capítulo IV.

Assim, nas sábias palavras de Fernandez e Fernandez: “Estas são algumas das muitas formas com que a neurociência poderia contribuir, no campo das emoções imperfeitas e dos fatores de intencionalidade que condicionam nosso comportamento ou ainda, no campo dos nossos sentimentos a experiências na tarefa de julgar, para o desenho e elaboração de normas e decisões mais justas do que a ilusão sobre a racionalidade ou emoções ideais que gostaríamos que motivassem o comportamento humano ou que os operadores jurídicos tivessem no processo de tomada de decisão”⁴³.

2.3 Provas

As novas relações provocadas entre Direito, Neurociência e Tecnologia estão para além dos impactos causados por alterações no contexto social; são de suma importância, dadas suas características científicas, filosóficas e no contexto jurídico, alterando, consequentemente, a ordem comportamental do ser humano e inexoravelmente as normas jurídicas, mesmo que ainda muitos compreendam como “precoce”, converte-se ao ambiente jurídico atual e futuro inevitável, principalmente na seara de provas processuais. “(...) diante do atual panorama metodológico de reconhecimento – polêmico em relação à metodologia tradicional, de que os operadores do Direito (especialmente os juízes), em muitos casos e, até um certo grau, produzem direito, a neurociência permitirá abrir caminho para a exigência, cada vez mais urgente, de se desenharem e estabelecerem novos critérios metodológicos e limites adequados

⁴³ FERNANDEZ e FERNANDEZ, *op. cit.*, p. 99.

na formação em direito dos magistrados, compatíveis com essa sua condição de, muitas vezes, ser produtores do direito”⁴⁴.

Assim, diante de um contexto global cada dia mais complexo, o direito pressuposto da sociedade a tem como ferramenta “dinâmica e histórica e com caráter essencialmente instrumental e pragmático”⁴⁵, e sua aplicação tem correspondência direta à operacionalização do Direito.

A prerrogativa do Direito é que o conhecimento dos fatos está intimamente interligado com a verdade, uma vez que se tem como pressuposto da aplicação legal a efetiva apuração e proximidade da verdade dada sua imprescindibilidade para o processo.

A tecnologia em 1915 traz o polígrafo, criado por Willian Marston, que consiste em um método para detectar mentiras, cuja finalidade é detectar alterações na pressão sanguínea. Atualmente, um instrumento capaz de detectar reações fisiológicas que são manifestadas no corpo humano por meio de perguntas relacionadas ao fato, e tais perguntas estimulam o polígrafo que são registrados e posteriormente avaliados, interpretados por um responsável técnico⁴⁶.

2.4 Acepção Linguística na Neurociência e Suas Implicações no Direito

O conhecimento é sempre linguístico, pois, mesmo que seu objeto (direto) não seja a linguagem, nela é vertido⁴⁷. A ela pode arrogar-se todo desenvolvimento humano. Seu objeto de estudo consiste em todas as formas de comunicação, seja audível e visível, seja expressão facial, gestos, alteração postural, vocalização das palavras, frases, sentenças. Já o comportamento da linguagem pressupõe a mímica e o entendimento da comunicação dos outros⁴⁸.

A linguística é considerada nova no campo científico, visto que adquiriu *status* de ciência no século XIX. Sua complexa atribuição na interface com outras ciências tem como ponto fulcral sua propriedade em elucidar a relação da comunicação com o aperfeiçoamento do ser humano. Três eixos norteiam a linguagem: o conhecer; o pensar e o comunicar.

⁴⁴ FERNANDEZ e FERNANDEZ, *op. cit.*, p. 146.

⁴⁵ FERNANDEZ e FERNANDEZ, *op. cit.*, p. 161.

⁴⁶ TARUFFO, Michele; FENOLL. Jordi Nieva - **Neurociencia y proceso judicial**, p. 71.

⁴⁷ SOUZA, Matheus Herren Falivene - **Estruturação linguística dos tipos penais**, p. 85.

⁴⁸ ASSUNÇÃO JUNIOR, Francisco Baptista; KUCZYNSKI, Evelyn - **Tratado de Psiquiatria da Infância e Adolescência**, p. 74.

Afirma Dehaene que a própria evolução dos sistemas de escrita demonstra que o que teve lugar não foi uma mudança genética se processam as línguas naturais, mas, sim, uma adaptação crescente dos circuitos neurais na região occipitotemporal ventral esquerda do cérebro para o reconhecimento das palavras escritas⁴⁹, ou seja, onde efetivamente ocorre o processo de transformação e adaptação, sendo essa por meio da capacidade desenvolvida pelo ser humano no aprendizado da linguagem que proporcionou a comunicação.

Segundo Souza, os elementos que estão envolvidos, que compõem comunicação: “O remetente envia uma mensagem ao destinatário. Para ser eficaz, a mensagem requer um contexto a que se refere (ou “referente”, em outra nomenclatura, algo ambígua), apreensível pelo destinatário e que seja verbal ou suscetível de verbalização; um código total ou parcialmente comum ao remetente e ao destinatário (ou, em outras palavras, o codificador e o decodificador da mensagem; e, finalmente, um contato, um canal físico e uma conexão psicológica entre o remetente e o destinatário, que capacite ambos a entrar e permanecer em comunicação”⁵⁰.

Todavia, há o pressuposto de que para ocorrer a comunicação é necessário que o código do emissor seja comum com o do destinatário. A essa relação foi dada a nomenclatura de “contrato de comunicação”⁵¹. Faz-se necessário para uma melhor compreensão e para conhecer a os mecanismos da linguagem com todos os fatores inerentes para sua efetiva comunicação. Um dos principais é o contexto. No entanto, todos os elementos são essenciais para efetivar a comunicação: remetente, destinatário, mensagem, contexto, código, repertório. O canal é o meio físico que percorre entre remetente e destinatário.

O contexto concerne a um “conjunto de circunstâncias físicas, sociais e psicológicas que envolvem e determinam o ato de comunicação”⁵². São elementos externos à comunicação, mas que influenciam a sua construção. Considerado como chave mestra, que abre todas as portas é o contexto, quando o debate paira sobre as circunstâncias físicas, sociais e psicológicas.

Para o Direito, a comunicação assume um papel histórico, visto que a contextualização narrada em um processo sempre trará à baila um fato ocorrido em um espaço de tempo no passado, que será construído pelas partes com interesses antagônicos, com seu enunciado focado no interesse pessoal de cada um dos envolvidos, ou seja, até mesmo as partes

⁴⁹ DEHAENE, S. - **Os neurônios da leitura**, p. 34.

⁵⁰ SOUZA, *op. cit.*, p. 89.

⁵¹ BUCHWEITZ, Augusto; BORGES MOTA, Mailce - **Linguagem e cognição: Processamento, aquisição e cérebro**, p. 59.

⁵² SOUZA, Matheus Herren Falivene - **Estruturação linguística dos tipos penais**, p. 92.

não buscam a verdade como justiça. Posto que a atividade mental transforma o fato em algo favorável omitindo ou aumentando a situação ocorrida.

A eficiência da comunicação, aqui já sinalizamos a comunicação jurídica, impregna-se da necessidade de deflagração de mudança no comportamento do receptor, para que este seja capaz de estruturar seu próprio significado da mensagem recebida.

Nessa seara, os conflitos linguísticos que atravessam fronteiras e esbarram no Direito são os de “ideologias” que intensificam as divergências entre os indivíduos⁵³. A inércia não é uma característica das ciências, seja ela linguística, neurociência e direito, e sim, se constitui como um processo dinâmico e contínuo em sua relação espaço/tempo.

López afirma, com base em dados estatísticos, que ao falarmos de emoção e ação, toda forma de comunicação no processo é verbal, por meio de declarações e testemunhos. Todavia, outros fatores que podem revelar uma mentira, não são verbais, tais como: evitar o olhar; nervosismo; incoerências na fala, constante e ininterruptos movimentos corporais, pausa na comunicação⁵⁴. Destarte, para compreensão da comunicação facial tem-se, de forma profícua, colaborado com diversos ramos científicos na compreensão, uma vez que a mentira expressa pela linguagem poder ser interpretada a nível neurológico, como menciona Magalhaes: “A aprendizagem social é uma dimensão a ter em conta no processo de construção e de exibição facial da emoção, sendo que o processo comunicacional envolve o emissor e o receptor e ambos são imprescindíveis para que haja necessariamente uma atribuição de emoção”⁵⁵.

Tal afirmação corrobora que a linguagem, ou seja, a comunicação verbal pode ser ou não confirmada pela comunicação facial, tendo em vista que nesta ficam evidentes vestígios de verdade ou mentira emitidos na fala de um indivíduo.

Adentraremos agora no Capítulo III, cuja finalidade é apresentar a história, estrutura e funcionamento do cérebro, para melhor compreensão do objeto de estudo, bem como para estabelecer a interface do Direito com a descoberta de novas tecnologias sob a influência dos achados neurocientíficos.

⁵³ *Idem, ibidem.*

⁵⁴ LÓPEZ, María Luisa Villamarí - **Neurociencia y detección de la verdad y del engaño en el proceso penal: El uso de escáner cerebral (fMRI) y del brainfingerprinting**, p. 21.

⁵⁵ MAGALHÃES, Armino Freitas. **A Neurociência das Microexpressões - O Cérebro, a Face e a Emoção**, p. 47.

CAPÍTULO III - NEUROCIÊNCIA

3.1 Evolução Histórica do Estudo do Cérebro

O cérebro humano, nenhum objeto que tenha sido mais pesquisado cientificamente do que o encéfalo. Desde sempre o homem tenta compreender a relação, o funcionamento e a estrutura do cérebro e da mente. A lenta história imprime ao longo do tempo a tentativa de desvendar essa fantástica maquinaria.

Uma aventura que instigou e ainda instiga diversas áreas científicas, desde Filosofia, Direito, Religião, Medicina, Biologia, Histologia, Química, Física, Matemática, Pedagogia, Economia, Engenharia, entre outras. Entre as contemporâneas: Inteligência Artificial, Tecnologia da Informação, Epigenética, e as Neurociências: Neurodireito, *Neuromarketing*, Neuropsicologia, Neuroeconomia, Neurofisiologia e assim segue.

Tem-se como marco histórico do estudo do cérebro a Pré-história, em que se imagina, diante de comprovações, que já ocorriam as trepanações. Nesse contexto histórico elegeu-se o coração como órgão de maior importância para os seres, acreditando que seria local onde habitava o intelecto. Nessa linha de pensamento, na Mesopotâmia, Índia e Babilônia, apregoavam que o centro do pensamento e das ações se encontrava no coração^{56, 57}.

Os egípcios foram os primeiros a considerar por meio de hieróglifos o “Papiro Cirúrgico”⁵⁸ de Edwin Smith, que se estima ter sido escrito por volta de 1.700 a.C., considerando-se assim como a referência mais antiga encontrada sobre o estudo do cérebro, onde confere, repetidas vezes, referências à palavra cérebro. Todavia, não consideravam o cérebro como um órgão do corpo, inclusive utilizavam técnicas de retirada do cérebro pelo nariz na mumificação de cadáveres⁵⁹.

⁵⁶ Trepanação – palavra de origem grega (*truphanom*) – Consiste em método cirúrgico de perfuração craniana que compreendia a perfuração no crânio e retirada de parte do encéfalo. Com finalidade terapêutica, demonstrada pelo processo de cicatrização das bordas de brecha óssea. Ademais, com o cunho de aliviar as dores, geralmente causadas por lesões de lutas, ataques animais. Os utensílios eram de pedra, de sílex ou duras rochas, que se aproximam em formato dos utensílios atuais. FERREIRA, Octávio da Veiga - **Acerca dos conhecimentos de medicina e de cirurgia na antiguidade**, p 10.

⁵⁷ A primeira descoberta de trepanação teria sido encontrada em 1867, na cidade de Cuzco no Peru, pelo americano Ephain George Squier, arqueólogo, seria um crânio incompleto com data estimada entre 1.400 – 1530 a. C. Em Portugal, ter-se-á ocorrido em 1880, realizada por Joaquim F. Nerez Delgado, na Gruta de Furninha em Peniche. Atualmente, uma técnica utilizada por algumas tribos na África. Tais achados encontram-se no Museo Geológico na cidade de Lisboa. *Idem*, p. 11.

⁵⁸ Papiro Cirúrgico – meio físico para representação escrita, primeiras fontes de informações sobre medicina cirúrgica, contendo 14 rolos. TEIXEIRA, J. M. - **A medicina em história: a medicina egípcia**, p 89.

⁵⁹ CALADO, Carlos - **Lições de Psiconeurologia**, p. 28.

No Século V a.C., o cérebro foi elevado pela primeira vez a intelecto pelo filósofo grego Alcmeon de Crotona, sendo também o primeiro a realizar a dissecação deste com intuito de compreender como essa parte do corpo funcionava⁶⁰.

Crotona acreditava que cérebro desempenhava toda a função de processamento sob o homem, e menciona: “sou da opinião de que o cérebro exerce o maior poder sobre o homem”⁶¹. Sua base de pesquisa derivava do estudo com foco no nervo óptico, passando a considerar o Papiro Cirúrgico de Edwin Smith. Na tentativa de firmar sua ideia a de que o cérebro era núcleo do pensamento, tece inúmeros comentários relatando que todas as partes do corpo estariam direta ou indiretamente ligadas ao cérebro, e assim discorre Crotona: “A sede da sensação fica no cérebro, este contém a faculdade de governar. Todos os sentidos de alguém estão ligados, de algum modo, ao cérebro. Esse poder de sintetizar as sensações o torna, também, a sede do pensamento, da memória e da crença, e quando esses se estabilizam temos o conhecimento (Alcmeão de Crotona, Séc. V a.C.)”⁶².

Ainda, no Século V a.C., Platão atribuiu ao cérebro por completo a capacidade de desenvolver da ideia⁶³. Aristóteles, por sua vez, ressurge com o pensamento de que o coração é a sede do pensar e do sentir⁶⁴. Estabelecendo que o controle do corpo é responsável pelo movimento, atividade mental, das sensações é o coração, e sua base de argumento pautava-se que o cérebro é frio e o coração é quente, devido ao fluxo sanguíneo, para ele a função do cérebro é resfriar o sangue, e que o coração possuía ligação com todo o corpo humano.

Em breve passeio pelo Século II d.C., Galeno, médico, anatomista, cirurgião responsável pelos gladiadores que sofriam ferimentos de batalhas, instituiu que todo o controle do corpo se encontrava no cérebro. Para comprovar sua ideia, passou a realizar experiências em público, utilizando como cobaias animais (porco ou macacos)⁶⁵.

A experiência tinha como finalidade comprovar que a ruptura de uma das partes do cérebro do animal, e esta provocaria dependendo do local a paralisção de determinada função. Assim, um porco fora amarrado e ao se debater e guinchar absurdamente cortou-lhe o nervo

⁶⁰ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 15.

⁶¹ *Idem*, p. 9.

⁶² *Idem*, p. 11.

⁶³ ROONEY, *op. cit.*, p. 11.

⁶⁴ CALADO, *op. cit.*, p. 28.

⁶⁵ ROONEY, *op. cit.*, p. 15.

laríngeo⁶⁶, impedindo o funcionamento das cordas vocais e, embora continuasse a debater-se, havia parado de guinchar.

A crença de Galeno tinha o foco em seu estudo sobre os ventrículos cerebrais⁶⁷ e seria neles que permaneciam os espíritos dos animais. Assim, passou a realizar a associação entre o intelecto, memória e a imaginação com massa encefálica e afins, afirmando ter provado a localização da alma no corpo humano, localizando o raciocínio, e apregoa: “(...) forneci demonstrações que provaram que a alma fica alojada no encéfalo, que esta é a parte com a qual raciocinamos, que ela contém uma quantidade muito grande de pneuma psíquico, e que esse pneuma adquire sua qualidade especial própria através de sua elaboração no encéfalo”⁶⁸.

Em seu modelo, Galeno acreditava que o básico do pneuma⁶⁹ que saía das vísceras e o fígado seria o responsável por excretar produtos da digestão que acabavam por se misturar com sangue com a finalidade de derramar espíritos naturais, e estes iam ao coração, com a finalidade de retirar as impurezas e, com novos espíritos vindos do pulmão, se misturavam aos demais formando os pneumas dos espíritos vitais, ou seja, o novo ar que entrava, em consequência, saía do coração enriquecido via fluxo sanguíneo dirigindo-se à base do cérebro, e alcançava sua forma mais elevada, a do pneuma dos espíritos psíquicos⁷⁰.

Pode-se notar que ao longo dos séculos as funções mentais foram divididas em três estágios, são eles: 1) Anteriores - colher impressões - recepção da informação; 2) Mediano - processamento das sensações - informação do ambiente; 3) Posterior - armazenamento das informações. As definições dos estágios se diferenciavam e, muitas vezes, divergiam entre médicos e filósofos da época que se dispunham a pesquisa e debate acerca das faculdades mentais.

Já no século IV d.C., na Idade Média, Bispo Nemésius, considerado um dos primeiros a processar se estabelecer como localizcionista no estudo do cérebro. Calado, (2012)⁷¹ localizou as funções mentais nos ventrículos, definindo-os como: 1) anteriores

⁶⁶ Nervo Laríngeo – É um importante nervo conectado aos músculos das cordas vocais, considerado um nervo motor da fala. ARANTES, Aluizio; GUSMÃO, Sebastião *et al.* - **Anatomia microcirúrgica do nervo laríngeo recorrente: Aplicações no acesso cirúrgico anterior à coluna cervical**, p. 709.

⁶⁷ Ventrículos cerebrais – São compostos por líquidos do cérebro Espinhal, que disseminam por três lobos cerebrais: anterior/frontal; inferior/temporal; posterior/occipital. MARTINI, Frederick, H.; TIMMONS, Michael J.; TALLITSCH, Robert, B. - **Anatomia Humana**, p. 844.

⁶⁸ LENT, Roberto – **Neurociência da mente e do comportamento**, p. 04.

⁶⁹ Pneuma – palavra de origem greco-latina, que significa o princípio vital ou força geradora da respiração e da pulsação humana, a qual depende a vida. Na visão dos Estoicos seu significado é o sopro ou espírito aéreo, na qual era atribuída por alguns médicos antigos a vida. MICHAELIS- **Dicionário da língua portuguesa**, s.n.

⁷⁰ ROONEY, *op. cit.*, p. 18.

⁷¹ CALADO, Carlos - **Lições de Psiconeurologia**, p. 29.

(percepção); 2) mediana (cognição) e; 3) posterior (memória). Dada à divisão das funções mentais em três etapas.

Em sequência, Santo Agostinho se posiciona quanto à localização dos ventrículos da seguinte maneira: 1) anterior (sensação); 2) mediana (memória) e; 3) posterior (movimento)⁷².

Na Europa, bem como no Oriente, as questões de localização das funções mentais dos ventrículos continuaram a ser o cerne das crenças por muitos séculos. O Abi Ali Husain isbn' Abullah Ibn Sina, comumente conhecido como Avicena, no Séc. X, era médico, sustentava sua opinião em que o cérebro era o único responsável pela cognição. Todavia, o centro de comando era o coração, este delegava ao cérebro a gestão do corpo, assim as localizações das funções mentais, para ele, estavam distribuídas como: percepção subdividia-se ventrículo: 1) anterior em fantasia e representação; 2) mediano em imaginação racional e discernimento e; 3) posterior em retenção e recordação.

No século XII, há uma tentativa de racionalizar as funções mentais, e elas passam por parâmetros comparativos dos Tribunais no que se refere a sua dimensão espacial. Assim, em uma citação textual de anatomia de Nicolai Physici, com uma abordagem islâmica, discorrendo sobre questões de divisão das funções mentais, traz, porém, como templos da alma, não havendo uma divergência, salvo como meio exemplificativo, e menciona com veemência: “Devido às três divisões do cérebro, os filósofos antigos chamavam-no de templo da alma, pois eles possuíam três câmaras em seus templos: primeiro, o vestibulum, depois o consistorium, e finalmente a apotheca. No primeiro eram feitas declarações dos processos: no segundo, as declarações eram processadas, e no terceiro, a sentença final era promulgada. Os antigos diziam que os mesmos processos ocorrem no templo da alma, ou seja, o cérebro. Primeiro nós juntamos as ideias na célula fantástica, na segunda célula nós as consideramos, e na terceira repousamos nosso pensamento, ou seja, nós o cometemos à memória”⁷³.

A partir de 1490, uma concepção mais realista foi trazida por Leonardo da Vinci, que em seus desenhos passa a ilustrar o conceito convencional da época que pautava na representação do corpo humano. Contudo, situando-se seu interesse nato pela arte e os fascínios pelo ambiente científico na investigação de funcionamento do corpo⁷⁴.

No entanto, estudos posteriores demonstram uma acuidade em dissecções do corpo humano, e somente quase duas décadas mais tardese teve a ideia de injetar cera líquida em um

⁷² LENT, *op. cit.*, p. 5.

⁷³ LENT, Roberto – **Neuriciência da mente e do comportamento**, p. 04.

⁷⁴ NATHAN, Johannes; ZOLLNER, Frank. – **Leonardo: obra completa de desenho**, p. 296.

cérebro bovino que permitiu a adaptação dos desenhos que fazia a sua nova experiência, chegando à conclusão de que a cognição e memória estão localizadas em cavidades diversas, e sua localização a título de ventrículos se estabelece da seguinte forma: 1) anterior (imaginação); 2) mediana (cognição); 3) posterior (memória)⁷⁵.

Aquiescendo uma dimensão um pouco divergente, foi trazida pelo filósofo René Descartes (1596-1650) a pronúncia com ideias mecanicistas sobre as funções mentais para explicar os fenômenos naturais. Descartes, não sendo anatomista, usa a mecânica para explicar as funções mentais do cérebro. Apregoou que não era necessário nenhum espírito ou alma para o funcionamento do corpo humano, e no campo da consciência utilizou a paixão que estaria atrelada ao corpo mecânico, fomentando, assim, a paixão como estado da alma⁷⁶.

Descartes fomenta sua ideia de dualismo do corpo e alma, e acabando por trazer à época um meio de condução dos espíritos, e se davam via fluidos que circulavam via tubos/nervos pelo corpo humano e seriam responsáveis por levar as imagens vistas ao cérebro, onde estas convergiam em *res cogitans* (coisa pensante), supostamente por não ser o único local a encontrar a consciência (glândula pineal⁷⁷). Assim, como sua formação não advinha de medicina, e não tinha especialização em anatomia, teve a ideia de fazer uso da mecânica para explicar o funcionamento do cérebro, por meio de bonecos mecânicos e máquinas hidráulicas⁷⁸.

Em 1644, Descartes publicou o primeiro tratado de fisiologia: “O tratado de homem”⁷⁹, discorrendo sobre sua descoberta, em suas palavras com trecho propõe que o homem não passaria de uma máquina, relato encontrado em publicações póstumas, e, assim, discorre: “suponho que o ser humano não passa de uma estátua ou máquina feita de terra”⁸⁰.

A caminhada em busca de alcançar algo consistente no estudo do cérebro continua, com a contribuição de Thomas Willis, médico inglês, pesquisador metódico do encéfalo e sua anatomia, o qual publicou sua monografia denominada “A anatomia do cérebro”, criando assim, uma ruptura nos moldes anteriores e fazendo nascer a “neurociência”, termo inclusive cunhado por ele⁸¹. A base de sua pesquisa pautava-se na dissecação do cérebro, a qual realizava, em sua maioria, na residência do colega e mentor Willian Petty. Possuía uma grande diferença em

⁷⁵ LENT, *op. cit.*, p. 06.

⁷⁶ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 36.

⁷⁷ Glândula pineal – também conhecida como epífise do cérebro – Tem seu formato bem pequeno similar de uma pinha, avermelhada, é a responsável em sintetizar a melatonina. a produção de melatonina aumenta e durante a noite e diminui ao dia, um ciclo de suma importância para regulação do ciclo natural do sono e do estado de vigília. MARTINI, Frederic H, *et al.* - **Anatomia Humana**, p. 833.

⁷⁸ LENT, Roberto – **Neurociência da mente e do comportamento**, p. 06.

⁷⁹ CALADO, Carlos - **Lições de Psiconeurologia**, p. 33.

⁸⁰ ROONEY, *op. cit.*, p. 35.

⁸¹ LENT, *op. cit.*, p. 44.

seus experimentos, devido ao uso de lentes de aumento e microscópio, utilizando, ainda, recursos de injeção com pigmentos nos vasos sanguíneos do cérebro para compreender melhor a fisiologia química cerebral, sua obra fora, para época, considerada a mais importante para o desenvolvimento da Neurociência⁸².

Willis trouxe a ideia de que as saliências contidas no cérebro eram responsáveis pelo controle da memória e vontade, sendo considerado o primeiro que realizou a localização das funções psicológicas no córtex⁸³, local que até então era difundido por médicos, nos ventrículos. O detalhamento das estruturas do cérebro foi também o pioneiro em numerar os nervos cranianos que estabelece a ligação do pescoço e cabeça⁸⁴.

O mentor de Willis, Petty, conseguiu permissão para dissecar todos os corpos de criminosos que na época eram executados, e em uma de suas disseções chegou o corpo de Anne Green, que fora estuprada e enforcada por matar um bebê recém-nascido. Quando Willis e Petty estavam se preparando para iniciar o trabalho de dissecação do corpo de Anne, que havia sido enforcada, ouviu-se um ruído dentro do caixão e com ajuda de ambos ela voltou a respirar, e para “revivê-la”, usaram um cordial quente e, ainda, fizeram-lhe cócegas em seus pés e aqueceram-na⁸⁵.

Obviamente assustados com a experiência, porém extremamente curiosos, passaram a observá-la e com o tempo ela voltou a falar, com um mês recuperou-se por completo, recebeu o perdão integral, pois descobriu-se que, na verdade, ela não havia cometido qualquer crime, a criança havia nascido morta, posteriormente casou-se e teve três filhos. Mesmo assim, os pesquisadores Willis e Petty obtiveram pouco êxito em revelar como se dava a estrutura e funcionamento do cérebro⁸⁶.

O lento caminho do progresso no estudo do cérebro, inevitavelmente, passa por Franz Gall. No ano de 1810, inicialmente, médico com especialidade em anatomia, reconhecido por suas ideias focadas no localizicionismo experimental, considerado criador da Frenologia⁸⁷, realizou descobertas importantíssimas como o mapa frenológico, que nomeou as 27 (vinte sete) funções do cérebro em cada local onde em tese seriam realizadas, são elas: amorosidade;

⁸² LENT, *idem*, p. 46.

⁸³ Córtex – camada ou porção externa do cérebro. É constituída por uma substância cinzenta, com fendas denominadas de sulcos, que separaram os denominados giros, e está localizada na superfície do cérebro. MARTINI, *et al.*, *op. cit.*, p. 387.

⁸⁴ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 46.

⁸⁵ *Idem*, p. 47.

⁸⁶ *Idem*, *ibidem*, p. 47.

⁸⁷ Frenologia – De origem grega, consiste no estudo da mente, via o crânio, estabelecendo uma relação entre as funções mentais e o cérebro. O termo Frenologia foi cunhado por J. Spurzheim, como referência aos estudos de Franz Gall. BARBOSA, Fernando - **Frenologia**, p. 230.

filoprogenitalidade; combatitividade; adesão; destrutividade; destreza; aquisitividade; autoestima; necessidade de aprovação; cautela; educabilidade; localidade; memória de pessoas; memória de palavras; linguagem; comparação; coloração; afinação; numerosidade; causalidade; alegria; idealização; mimetismo; benevolência; perseverança; senso de Deus⁸⁸.

Assim, Gall teve sua teoria considerada acima da realidade da época, fomentou que o cérebro “(...) é uma máquina sofisticada que produz comportamento, pensamento e emoção, e que, na verdade, o córtex cerebral é uma série de órgãos com diferentes funções”⁸⁹. Determinou ainda que o substrato da massa cinzenta corresponde ao tecido nervoso funcionando. Entre erros e acertos, foi uma grande contruibuição para o desenvolvimento da Neurociência.

A Frenologia foi tão considerada na época que os donos de empresas passaram a utilizar-se dos recursos dispostos pela frenológicas no processo de seleção de seus empregados. Nessa via, com a expansão da localização das funções mentais se possibilitou que a Neurociência galgasse caminhos mais sólidos e avançasse na direção certa sob seu propósito enquanto ciência, considerando os trazidos pela Frenologia na construção e contribuição dos conceitos sobre o funcionamento do cérebro. Contudo, foi a propriedade específica dos seres humanos no desenvolvimento do lobo frontal⁹⁰ que possibilitou, dentro do localizacionismo, que cada faculdade mental está em uma determinada localização do cérebro⁹¹.

Posteriormente, o mapeamento de Gall foi complementado por seu discípulo Johann Spurzheim em 1834, no seu livro *Phrenology or the Doctrine the Mental Phenomenon*, postulando que as faculdades mentais localizadas seriam 35 (trinta e cinco), ampliando os achados de Franz Gall. Spurzheim trouxe a divisão das faculdades afetivas em: a) Propensões: desejo de viver; alimentatividade; destrutividade, amatividade; filoprogenitividade; adesividade; habilitividade; combatividade; secretividade; aquisitividade; construtividade, b) Sentimentos: cautela; aprovatividade; autoestima; benevolência; reverência; firmeza; consciência; esperança; deslumbramento; idealismo; misericórdia; imitação. E as faculdades intelectuais, divididas em perceptivas; a) individualidade; configuração, tamanho; peso e

⁸⁸ GALL, Franz Josef - **On the functions of the brain**, p. 310.

⁸⁹ LENT, Roberto – **Neuriciência da mente e do comportamento**, p. 07.

⁹⁰ Lobo Frontal – consiste na parte frontal (testa) do cérebro, ocupa-se das funções cerebrais mais integradas, tais como: pensamento, conceitualização e planejamento, e desempenha um papel de suma importância na apreciação da emoção. CARTER, Rita - **O livro de ouros mente: Funcionamento e os mistérios do Cérebro Humano**, p. 54.

⁹¹ CALADO, Carlos - **Lições de Psiconeurologia**, p. 41.

resistência; coloração; localidade; ordem; cálculo; eventualidade; tempo; tom; linguagem, b) comparação; causalidade⁹².

A passagem histórica sobre os estudos do cérebro em Jean Jaques Rousseu, filósofo, com pensamento sobre os processos mentais *versus* processos físicos, colocou em xeque alguns valores, contraponto-se aos debates científicos da época. O francês Jean Pierre Florens, por meio de suas pesquisas com animais (coelhos), ficou convencido de que todas as faculdades mentais estariam espalhadas por todo o cérebro⁹³. Posteriormente, sendo contraposto por Eduard Hitzig, psiquiatra alemão, que realizou pesquisas aplicando correntes elétricas em animais (cachorro). Hitzig foi o criador do equipamento que ministrava choques elétricos, constatando, assim, que se fosse aplicada corrente elétrica na parte lobo occipital do cérebro ⁹⁴ (atrás da cabeça), os olhos se moviam.

Com tal experimento com animais, Hitzig descobriu que em diferentes áreas do cérebro (córtex) eram ativados movimentos correspondentes, e com essa descoberta passaram a informações das pequenas áreas, tais como: inibição da pata dianteira, traseira etc. Já o neurologista e psiquiatra David Ferrier, em suas experiências com animais (macacos) e técnicas de corrente elétrica, produziu mapas meticulosos sobre o córtex motor do cérebro do macaco.

O desenrolar sobre estudo do cérebro segue, e remonta ao francês Pierre Flourens, cientista, que publicou a descrição de seus experimentos, contraindo, assim, algumas teorias de localização das funções cerebrais de Gall⁹⁵. O médico Jean Baptiste foi considerado o primeiro cientista a apresentar provas concretas de que a capacidade da fala estaria localizada próximo à frente do cérebro⁹⁶.

No entanto, foi Enerst Auburtin, médico francês, que, em função do suicídio de um paciente que chegara até o hospital com alguns sinais vitais, e com o tempo em que permaneceu vivo, realizou experimento no cérebro do paciente ainda “in vida”, e descobriu que, ao apertar a parte frontal, se o paciente estivesse falando, ele parava de falar, e quando retirava a pressão acometida propositalmente no lobo frontal, ele retornava a falar⁹⁷. Por fim, não lhe foi dada atenção, devido ao meio utilizado e falta de comprovação.

⁹² LENT, Roberto, *op. cit.*, p. 8.

⁹³ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 57.

⁹⁴ Lobo occipital – Constitui-se em quase toda sua totalidade em ser o responsável pelas áreas de processamento visual, sua localização encontra-se na parte de trás da cabeça. *Idem*, p. 53.

⁹⁵ LENT, Roberto – **Neuriciência da mente e do comportamento**, p. 71.

⁹⁶ ROONEY, *op. cit.*, p. 59.

⁹⁷ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 59.

Dentre as experiências grotescas que nos trouxeram aos avanços atuais, podemos citar a de Pierre Gratiolet, que fez a descrição de um índio totonaque da América do Norte, iniciando assim, um debate sobre as questões de inteligência ligada ao tamanho do cérebro⁹⁸.

As pesquisas sobre o funcionamento do cérebro não teriam êxito sem as contribuições de Luigi Galvani (1727 – 1798), no que se refere à eletricidade com testes em animais. Dentre tantas versões das histórias, destacaremos a mais hilária, tendo como personagens a esposa de Galvani, que quando foi fazer uma sopa de rãs para o jantar, ao tentar cortar a pata de uma rã com a faca de metal, notou o seu contorcimento quando entrou em contato com a faca. E daí, teria vindo a ideia de Galvani, que experimentou tocar o nervo da rã com fio de cobre, percebendo que ao entrar em contato com o músculo da perna, esta se contraía⁹⁹.

Suas experiências com rãs se apresentaram em diversos resultados, sobre os quais pode afirmar que os nervos dos músculos teriam força elétrica intrínseca, e que ações poderiam ser reproduzidas mesmo após morte. Nesse contexto, teria realizada a primeira experiência de Neurociência e de Eletrofísica¹⁰⁰.

As críticas foram imensas, inclusive aos meios utilizados, no entanto Galvani rebate-as com o seguinte discurso: “sou atacado por duas seitas bem opostas: os cientistas e os sabem de nada. Ambos riem de mim, chamando-me de mestre da dança das rãs. Mas sei que descobri uma das maiores forças da natureza”¹⁰¹.

O triunfo da eletricidade foi comprovado, e como esta era conduzida por meio dos nervos e movimentava os músculos, ele veio com Herman Von Helmholtz, médico e físico, o qual realizou pesquisas para medir a propagação de um impulso pelo nervo, utilizando como experimento um animal (rã), e descobriu que o impulso nervoso levaria em torno de 1,5 milissegundos para mover-se a cerca de 60 milímetros, em uma velocidade média de 30 metros por segundo, esclarecendo, portanto, como e com qual potencial a eletricidade percorre o nervo.

O “case” verídico e misterioso ocorreu em Nuremberg no ano de 1828, relatado no conhecido livro e filme “O enigma de Kaspar Hauser”¹⁰². Muito embora seus estudos tenham como foco as questões linguísticas, o que elevaria o homem de um animal irracional ao racional,

⁹⁸ *Idem, ibidem.*

⁹⁹ ROONEY, *op. cit.*, p. 83.

¹⁰⁰ LENT, Roberto – **Neuriciência da mente e do comportamento**, p. 5.

¹⁰¹ ROONEY, *op. cit.*, p. 84.

¹⁰² Filme do cineasta alemão Werner Herzog, sob o título “Jeder Für Sich Und Gott Gegen Alle” “do ano de 1974, tem sua tradução para a língua portuguesa como “Cada um por si e Deus contra todos”. Entitulado no Brasil como O enigma de Kaspar Hauser. YOUTUBE - **O Enigma de Kaspar Hauser – 1974** (filme).

partindo da premissa de suas habilidades de comunicação, por meio desenvolvimento e uso da linguagem.

A verídica e tortuosa história de Kaspar Hauser, que fora criado isolado e trancado em um sótão até seus 18 anos, sem ter qualquer tipo de contato com outros seres humanos, apenas com gatos que entravam e se reproduziam no local, sua alimentação era disponibilizada sem que pudesse visualizar qualquer imagem. Não sabia falar, andar ereto, não tinha conhecimento da realidade das coisas da época. Foi entregue à sociedade, acompanhado de carta. E foi acolhido pelo criminalista Feuerbach, que se prontificou a ser responsável juntamente com sua família pela educação de Hauser¹⁰³.

Kaspar foi assassinado em 1833, sem que fosse encontrado os autores, e até mesmo qual seria a motivação do crime. Na tentativa de compreender a dificuldades de percepção – cognitivo, mesmo após ter recebido diversos ensinamentos no que se refere à linguagem, a significação das coisas do mundo, trouxe debates eloquentes sobre como se formam os pensamentos e o conhecimento da realidade, levando à dissecação de seu cérebro, que no relatório da época, após minucioso exame, foi taxado como “esquisito”, e que seu comportamento estranho se dava pela deformidade no hemisfério esquerdo do seu cérebro¹⁰⁴.

Em 1848, o médico Jonh Harlow atendeu um caso inusitado, o mais comentado da literatura da Neurologia, na cidade de Cavendish, Vemont. O paciente Phineas Gage, operário na construção da estrada de ferro de Ruthand e Burlington, próximo a Cavendish, sofreu um gravíssimo acidente. Na construção da estrada de ferro havia etapas a serem seguidas pelos operários, consequentemente por Phineas, entre as quais, para explodir o granito e perfurar a rocha, colocava-se a pólvora no orifício e compactava-se bem, em seguida adicionava-se um pavio até a pólvora, finalizava-se tampando o orifício com areia, acendia-se o pavio e saía-se correndo para não ser atingido pela explosão¹⁰⁵.

Phineas comete um erro em uma das etapas e provocou sem querer uma faísca que promove a explosão antes da finalização do processo, e uma ferramenta “pé de cabra” é lançada sobre sua cabeça, perfurando e entrando pelo olho esquerdo na parte debaixo, saindo no alto crânio (lobo frontal). Levado às pressas para hospital, Dr. John Harlow, contrapondo-se à própria ciência, consegue retirar a ferramenta, estancar os ferimentos e, para incredulidade de todos, salva Gage¹⁰⁶.

¹⁰³ BLIKSTEIN, Izidoro - **Kaspar Hauser ou fabricação da realidade**, p. 11.

¹⁰⁴ BLIKSTEIN *op. cit.*, p. 18.

¹⁰⁵ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 193.

¹⁰⁶ *Idem*, p. 194.

Entretanto, com relatos da família, amigos e colegas de trabalho, apontam uma alteração comportamental pós-acidente, haja vista levando em consideração sua personalidade alegre, respeitoso e responsável em suas funções no trabalho, resoluto. Passando a ser um andarilho e bêbado de atitudes pueris. O acervo que envolve o “case” Phineas Gage, provocando questionamentos na época, não se restringiu apenas ao milagre de estar vivo, girou em torno de sua mudança drástica de comportamento social, e é objeto de estudos nos dias atuais¹⁰⁷.

Em meados de 1870, o aprimoramento da tecnologia do micrótomo¹⁰⁸, desenvolvido em 1770, possibilitou assegurar com precisão o fatiamento em um décimo de milímetro, facilitando o estudo do cérebro, consequentemente, colaborando para elucidação de toda estrutura cerebral. Sem embargo, com o aprimoramento de Otto Deiters, criador da técnica com aplicação de ácido crômico vermelho como forma de pigmentar o cérebro para realizar a microdissecção¹⁰⁹.

Não obstante, oportuno mencionar a importância do micrótomo, posteriormente em 1955, com a morte de nada mais nada menos que Albert Einstein. O médico patologista Thomas Stoltz Harvey, realizando a autópsia de Einstein, furta seu cérebro (massa encefálica), utilizando-se de formalina (líquido com finalidade de preservar) para evitar que as fibras e células nervosas danificassem. E, para tanto, seccionou o cérebro em diversas fatias, visando conservar o máximo possível. Sua conduta, mesmo em face de seu argumento, pesquisar e estabelecer se havia diferença no cérebro de Einstein com os demais cérebros. Foi extremamente criticado por cientista do mundo inteiro, devolvendo, assim, os restos aos devidos donos, os herdeiros¹¹⁰.

Em consequência da fundamental importância de respostas que envolvia o cérebro de Einstein, a professora Sandra Witelson, conseguiu, após alguns anos, em busca de Harvey, antes que o devolvessem à família, acesso ao material (4 fatias), e pôde realizar pesquisa sobre questões que envolviam a inteligência de Einstein e sua estrutura cerebral. Em seus achados declara que o cérebro possuía uma acentuada taxa metabólica, que o capacitava a pensamentos mais abstratos. A pesquisa de Witelson permitiu que afirmasse que: “o fator decisivo para a

¹⁰⁷ CARTER, Rita - **O livro de ouro da mente: Funcionamento e os mistérios do Cérebro Humano**, p. 35.

¹⁰⁸ Microtomo é um aparelho que possibilita cortes finos, usado para cortar em minúsculas fatias animal e vegetal para fins de estudo em microscópio, sem danificar a delicada estrutura experimental. OTTO, Paulo A - **Genética na Escola: Departamento de Genética e biologia evolutiva**, p. 67.

¹⁰⁹ ROONEY, *op. cit.*, p. 93.

¹¹⁰ ALMEIDA, Luís Bigotte de - **Histórias da Neurociência**, p. 226.

cognição não é o cérebro, mas a sua especialização em determinada tarefa”¹¹¹. Todavia, foi muito criticada em função da quantidade e qualidade do material pesquisado.

Outros estudos foram realizados e apresentaram um desenvolvimento bilateral, que continha maior volume do lobo parietal¹¹², sendo 15% maior. E, ainda, em outras pesquisas se admitiu que as condições anatômicas encontradas seriam um diferencial e explicariam sua extraordinária capacidade de raciocínio matemático¹¹³.

Retornando ao desenvolvimento histórico das funções mentais, o médico Fran Paul Broca (1824 - 1880) provocou uma verdadeira transformação ao declarar que a linguagem possuía uma determinada localização, que esta se encontrava precisamente no córtex cerebral, nos lobos frontais atrás dos olhos¹¹⁴.

Em 1864, não contente com seus achados, Broca publica a descrição da dissecação de 25 (vinte e cinco) cérebros de pacientes. Já conhecido mundialmente como médico anatomista, descobriu que com estímulo e terapia adequada a cada caso e situação era possível reaprender a falar, para tanto faria uso de outras partes do cérebro para desenvolver a fala na área de Broca ou afasia como ficou conhecida. Atualmente, com a descoberta da plasticidade do cérebro advinda dos apontamentos feitos por Broca. É considerado o pai do conceito de dominância do cérebro esquerdo sobre o direito¹¹⁵. E, ainda, a ideia da existência de dois cérebros, considerados equivalentes e independentes¹¹⁶.

O neurologista Carl Wernicke desenhou mapas do cérebro, do significado das palavras, compreensão auditiva da linguagem e entendimento da língua, estabelecendo um elo com a área de Broca, que, atualmente, é denominada área de Broca/Wernicke.

No fim do século XIX, segue marcado pelo desenvolvimento histórico das funções cerebrais. Todavia, inicia-se uma nova fase marcada pelos avanços técnicos da histologia em coloração, trazendo para debate as localizações das funções na anatomia.

O histologista Ramón y Cajal, com intuito de contribuir com a medicina, dado colapso na Espanha, cria a vacina profilática contra a cólera. Em função de sua contribuição, Cajal recebe de presente um microscópio Zeiss¹¹⁷. E ao visitar Camilo Golgi, que lhe apresenta

¹¹¹ *Idem*, p. 232.

¹¹² Lobo parietal – encontra-se localizado entre os lóbulos frontal e occipital, é dividido em duas partes denominadas lóbulos superior e inferior. Tem-se a como parte do processo da linguagem, cálculo, percepção, com o sistema sensitivos, tais como: toque, dor, pressão. RAD, Adrian; OSIRA, Alexandra; MACLAREN - **Cérebro: Anatomia, neuroanatomia**, n.p.

¹¹³ ALMEIDA, *op. cit.*, p. 232.

¹¹⁴ LENT, Roberto – **Neuriciência da mente e do comportamento**, p. 9.

¹¹⁵ CALADO, Carlos - **Lições de Psiconeurologia**, p. 45.

¹¹⁶ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 64.

¹¹⁷ FERREIRA, Francisco Romulo Monte, *et al* - **História e filosofia da neurociência**, p. 15.

uma forma de coloração de cromo-argêntico, pesquisador nato, Cajal retorna e aprimora o método de Golgi, resultando em um alto rendimento técnico, que minimizava o tempo de reação, o qual denominou método ontogênico e, diferentemente e na contramão dos demais contextos de pesquisa, resolve iniciar seus estudos pelo centro nervoso de embriões e não com animais adultos¹¹⁸.

Nessa via, o verdadeiro avanço propiciado por Cajal à Neurociência foi a descoberta sobre como os neurônios funcionam, registrando por meio de desenho (já que era um desenhista nato) e demonstra uma enorme variedade de formatos de neurônios. Tornando-se assim precursor da “doutrina neuronal”, também reconhecido como o pai da Neurociência por ser o responsável por preparar o terreno para a nova ciência.

Cajal e Golgi dividiram o Prêmio Nobel de histologia pela descoberta da neuroplasticidade¹¹⁹, a qual sucintamente nos apresenta que “tudo pode ser desenvolvido pela experiência, ou seja, contato e interação com ambiente externo, podendo ser presumidamente desfeito pela experiência”¹²⁰.

Em 1894, Cajal em uma palestra apresentada para a *Royal Society of Scienc*, que nas palavras de Efrain C. Azmitia interpreta como “a atividade inteligente é compreendida na definição de mente”. Cajal sentia que ela poderia ser produzida por um grupo de células que apresentam expansão e conexão existente e a formação de novas conexões, ambas dependentes da capacidade do neurônio de apresentar brotamentos. Assim, a mente seria reduzida às propriedades plásticas do neurônio, a sua resposta à atividade, ao meio ambiente e fatores de crescimento necessários para suportar novos colaterais¹²¹.

Em meados de 1897, Cajal fez uma proposta com base em sua pesquisa apontando que havia pequenos espaços entre as células nervosas. O inglês Charles Sherrington, neurofísico, percebeu, então, a importância de nomear e conceituar os espaços intercelulares apontados por Cajal, nomeando assim, como “sinapse”¹²², deixando seu legado para a humanidade.

¹¹⁸ *Idem*, p. 18.

¹¹⁹ Neuroplasticidade – consiste em propriedade do sistema nervoso em alterar/modular a sua função ou sua estrutura em resposta às influências ambientais que o atingem, assim têm-se tipos e características da neuroplasticidade. Conforme a idade ontogenética ou a plasticidade adulta e conforme a manifestação (morfológica, funcional, comportamental), conforme o alvo, conforme o fenômeno observado, por fim, conforme a intensidade. LENT, Roberto – **Neuriciência da mente e do comportamento**, p. 112.

¹²⁰ FERREIRA, *et al.*, *op cit.*, p. 104.

¹²¹ *Idem*, p. 104.

¹²² Sinapse: tem-se o significado em grego “prender junto”, é a transferência de informação de um neurônio para outro. As sinapses podem ser *elétricas*, são responsáveis na transdução de informações utilizando correntes e alterações de voltagens, disseminando de forma simples e passiva de um neurônio para outro, sua vantagem fixa-se na velocidade da informação transmitida. No que concerne às sinapses *químicas*, são mais flexíveis em emissão de sinalização, por tal motivo, mais numerosas, seus elementos essenciais são pré-sináptico e pós-sináptico, sua

Cajal, em sua detalhada pesquisa, estabelece uma variedade de estrutura e as vias sensoriais, consegue perceber como os neurônios se comunicam, dada a fenda existente entre um neurônio e outro, e pronuncia que sua descoberta teria revelado: “Todo neurônio possui um aparelho de recepção, o soma e os prolongamentos, um aparelho de emissão, o axônio, e um aparelho de distribuição, a arborização nervosa terminal. E como essa marcha do impulso nervoso, através do protoplasma, implica certa orientação constante, algo como uma polarização da onda nervosa, designamos a tese precedente de teoria da polarização dinâmica”¹²³.

Tem-se uma ampla concepção da contribuição de Cajal, uma vez que não só ofereceu um aporte à teoria neuronal, como foi o cientista que mais contribuiu com dados sobre a neuroplasticidade cerebral, apresentando a compreensão de que o neurônio individualizado se modifica em atividade intelectual, ou seja, é plástico.

Uma descoberta que transforma todo o cenário para todas as ciências, dada a importância à descoberta da neuroplasticidade em atividade em todo o cérebro, sem embargos, Cajal traz como proposta uma nova concepção de mente e discorre sobre a interface da mente do neurônio, sua capacidade de alteração de tamanho, e corresponder ao ambiente, de ter capacidade de reflexão referente aos estímulos que lhe são apresentados, bem como os já existentes, promovendo o equilíbrio para o corpo humano, sendo ainda a mente refém das drogas que lhe são inseridas, e sua perda de consciência com a demência.

Assim, Ferreira corroborando o supramencionado, elenca:

1- A mente está baseada nas propriedades plásticas do neurônio. 2- A mente, como neurônio, pode se expandir e retrair. 3- A mente deve refletir estímulos anteriores em curso, internos e eternos. 4- a mente deve ter como seu cerne a integração das áreas de associação superiores do córtex pré-frontal, entorrinal e cíngulo anterior, bem como de região somatossensoriais primárias. 5- A mente incorpora neurônios antigos com fortes conexões com o tálamo, o hipotálamo e amígdala. 6- A mente pode ser expressa por estrutura da linha média do tronco encefálico. 7- A mente parece ser um sistema de segundo nível que monitora e reflete informações de experiência de primeira ordem. 8- A mente deve incorporar os princípios de um sistema homeostático. 9- A mente é influenciada por drogas expansoras da mente. 10- A mente é perdida na demência¹²⁴.

Korbiniam Brodmann, médico neurologista e psiquiatra, em 1909 realiza experimentos e acaba por integrar as ideias de mapeamento das áreas funcionais do cérebro de

natureza e duração irão depender das propriedades do receptor, o código da velocidade da mensagem é embutido em grupo de potenciais de ação. NOTTE, Jonh - *Neurociência*, pp. 29 – 31.

¹²³ FERREIRA *et al.*, *op cit.*, p. 196.

¹²⁴ *Idem*, p. 114.

Franz Gall (27 áreas); Shurzheim (35 áreas); Paul Broca e Wernicke (áreas da linguagem). Apresenta 52 áreas funcionais em primatas e 43 em humanos, posteriormente estabelece correlação eletrofísicas¹²⁵. O mapa citoarquitetônico de Brodmann é considerado revolucionário para neurociências, suas descobertas colaboraram com os avanços da Neurologia, Neurocirurgia e Psiquiatria.

Seguindo a história de desenvolvimento dos estudos das funções mentais, apresentamos o médico português, António Caetano Egas Moniz, que, em sua dissertação, rompeu seu tempo com o tema “A vida sexual - Fisiologia”, posteriormente complementou com “A vida sexual I I- Patologia”. Interessando-se por Neurologia, passando a ser o responsável pela cadeira de clínica neurológica, no Hospital Escolar Santa Marta.

Egas Foi considerado o primeiro a possibilitar a visualização intercraniânica “in vitro”, utilizando-se de iodeto de sódio, levando à conquista do triunfo da angiografia ¹²⁶. Ao ser convidado a realizar angiografia cerebral em 1934, Egas realiza uma minuciosa descrição sobre cirurgia com recurso de angiografia cerebral, infra discorre: “a vida psíquica normal depende do bom funcionamento das sinapses, as perturbações mentais resultaram em seu desarranjo quando a sinapse se fixa por adesividade anormal, as células e os influxos seguem então sempre o mesmo caminho, exteriorizando constantemente as mesmas manifestações psíquicas” ¹²⁷

No ano de 1935, ocorre a primeira cirurgia designada leucotomia, tendo em vista que a incisão seria realizada na massa branca do lobo frontal¹²⁸. A intervenção cirúrgica passou a ser denominada lobotomia devido à brutalidade aplicada e, muitas vezes, por seus resultados.

Todavia, tem-se como intervenção cirúrgica mais antiga a trepanação, que consistia em abrir um buraco na cabeça com uma pedra, sem anestesia; tais vestígios datam da época Neolítico, e as provas de sua existência seriam cérebros com cicatrizes em ossos encontrados¹²⁹.

As primeiras cirurgias foram supervisionadas por Egas e eram abertas com um furo no crânio do paciente (lobos frontais), com a intenção de desconectar as áreas afetadas do cérebro¹³⁰. Com base em suas descobertas recebe o Prêmio Nobel de Medicina, ladeado de muitos contorcionismos dos demais cientistas da época e de muitos insucessos cirúrgicos.

¹²⁵ PINHEIRO, Marta - **Aspectos Históricos da Neuropsicologia: subsídios para formação de educadores**, p. 190.

¹²⁶ CARTER, Rita - **O livro de ouros mente: Funcionamento e os mistérios do Cérebro Humano**, p. 18

¹²⁷ FERREIRA, Francisco Romulo Monte, *et al.*, *op cit.*, p. 129.

¹²⁸ CARTER, *op. cit.*, p. 18

¹²⁹ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 159.

¹³⁰ CARTER, *op. cit.*, p. 19.

Nas palavras de Wilder Graves Penfield, neurocirurgião canadense, que discorre sobre as cirurgias e seus sucessos e insucessos: “A cirurgia cerebral é uma profissão terrível. Se eu não sentisse que ela se tornará diferente durante minha vida, eu a odiaria”¹³¹.

A ideia fundamental das cirurgias de lobotomia tinha como alicerce o tratamento de doenças mentais, tais como: dores, má conduta, esquizofrenia, depressão, sendo também realizadas em crianças de difícil comportamento e como forma de minimizar as dores crônicas.

Um “case” interessante que podemos trazer como fonte de informação de utilização no método cirúrgico de angiografia cerebral, técnica desenvolvida por Egas, foi o caso de Eva Perón, esposa do Presidente argentino Juan Perón¹³². Teria sido realizada a lobotomia cerebral com objetivo de minimizar as dores causadas pelo câncer de útero o qual acometia Eva, pelo Dr. James Poppen, neurocirurgião norte-americano. A cirurgia teria ocorrido de forma ultrassecreta, visando seccionar nervos das emoções, sendo posteriormente confirmado por neurocirurgiões, neurologistas e neurocientistas de várias partes do mundo¹³³, através de estudo tridimensional.

No período de 1930 a 1950, foram realizadas, em média, mais de quarenta mil cirurgias de lobotomia, utilizadas para o tratamento de diversos tipos de doenças mentais¹³⁴. A lobotomia foi considerada um método que provocou uma série de problemas posteriores nos pacientes que foram tratados na época.

Nobert Wiener, matemático e filósofo, discorreu, de forma severa, sobre a lobotomia, e suas críticas estavam pautadas nos milhares de pacientes que foram prejudicados pelo uso do método, e assim asseverou: “A lobotomia pré-frontal (...) este em voga nos últimos tempos, provavelmente também, por tornar mais fácil a custódia de muitos pacientes. quero observar, de passagem, que matá-los torna sua custódia ainda mais fácil”¹³⁵.

É possível vislumbrar o desabafo de Wiener sobre lobotomia com base nos dados, nos quais as pessoas concordavam com a cirurgia porque estavam desesperadas. Muitos hospitais de doenças mentais na época abarcavam pacientes com camisa de força, e a cirurgia surgiu como uma solução viável à época, porém apenas 1/3 (um terço) das cirurgias tinha resultados favoráveis.

Nesse contexto, a lobotomia não se manteve como método eficaz para as enfermidades que tratava, e a utilização da técnica foi proibida e sendo declarada um atentado

¹³¹ ROONEY, *op. cit.*, p. 155.

¹³² *Idem*, p. 164

¹³³ YOUTUBE - Eva Perón. su Secreto mejor guardado. Lobotomia (documentário).

¹³⁴ FERREIRA, *et al* – História e filosofia da neurociência, p. 164.

¹³⁵ RONNEY, *op. cit.*, p. 166.

contra os princípios de humanidade por volta de 1955. E com a evolução e chegada dos fármacos deixou de ser utilizada e outras técnicas¹³⁶.

Hans Berger estudou com afinco a eletricidade do cérebro (energia orgânica), sem intento pela Neurociência. Foi o responsável pela criação em 1924 do EEG (eletroencefalógrafo)¹³⁷, descobriu que o fluxo sanguíneo sofria alterações, de acordo com as sensações e, se estas fossem boas, o fluxo aumentava; se fossem ruins, o fluxo diminuía. O eletroencefalograma revolucionou a neurologia, possibilitando diagnóstico da epilepsia, tumores, doenças cerebrais, acompanhamento e monitoramento da atividade cerebral determinando sua morte. E, ainda, tipos de ondas cerebrais e possibilitando associá-las aos estados mentais¹³⁸.

Conforme relatos históricos, seu interesse teria decorrido após um acidente, no qual fora arremessado em um carro, sendo que o motorista conseguiu frear a tempo e não atropelá-lo. Todavia, na mesma noite em que teria acontecido o acidente, Berger recebe um telegrama de seu pai perguntando como andava sua saúde, se passava bem, que sua irmã teria tido um pressentimento e pedido, insistentemente, para que escrevesse, confirmando se estaria bem ou não. Ao receber o telegrama, fica convencido de que a trágica situação ocorrida poderia ter sido responsável por uma comunicação telepática com sua irmã¹³⁹.

À luz dos acontecimentos, Berger volta à universidade de Medicina, torna-se psiquiatra e passa a estudar a capacidade metabólica do cérebro e sua conversão em calor, eletricidade, energia. Seu estudo particular passeava por terreno melindroso, que é o campo das emoções. Ao perceber a possibilidade de desmembrar toda fiação elétrica do cérebro¹⁴⁰. A crença de seus estudos particulares estava marcada pelos acontecimentos que envolviam seu

¹³⁶ ROONEY, *op. cit.*, 165.

¹³⁷ Eletroencefalografia (EEG) - é uma técnica que mede a distribuição espacial dos campos de tensão no couro cabeludo e sua variação ao longo do tempo. Pensa-se que a origem desta atividade seja devida à soma flutuante de potenciais pós-sinápticos excitatórios e inibitórios. Esses potenciais surgem primariamente de dendritos apicais de células piramidais na camada externa (superficial) do córtex cerebral e são modificados pela entrada de estruturas subcorticais, particularmente o tálamo e as projeções ascendentes do sistema ativador reticular ascendente. Estruturas no tálamo servem como “marcapasso”. Isso produz sincronização generalizada e ritmicidade da atividade cortical nos hemisférios cerebrais. Os geradores dendríticos são orientados verticalmente e têm dois polos, um relativamente negativo e o outro relativamente positivo. Isso é chamado de dipolo. Os dipolos são fontes de corrente elétrica que consistem em duas cargas de polaridade oposta, separadas por distâncias relativamente pequenas. Como os potenciais cerebrais são produzidos por geradores dendríticos radialmente orientados para a superfície, um eletrodo do couro cabeludo geralmente detecta apenas uma extremidade do gerador em um ponto no tempo. Em geral, aproximadamente 10 cm² de córtex precisam ser descarregados de forma síncrona para que o sinal seja apreciado no EEG do couro cabeludo. HIRSH, Lawrence, J.; BRENNER, Richard, P. - **Atlas of EEG in critical care**, p.01.

¹³⁸ LENT, *op. cit.*, p. 13.

¹³⁹ ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciência**, p. 170.

¹⁴⁰ *Idem*, p. 172.

acidente, pois estava engajado em encontrar uma explicação científica que corroborasse o entendimento do que chamava energia psíquica, que havia levado sua irmã a “pressentir” seu acidente.

Em 1937, cresce o tratamento voltado para as doenças da mente, como eletrochoque, conhecido como ECT (eletroconvulsoterapia). Desenvolvido por Hans Berger, sua funcionalidade girava em torno de descargas elétricas, dadas às oscilações elétricas espontâneas, apresentadas por Coton e Beck, geralmente eram descargas elétricas cerebrais que ocorriam durante ataques epiléticos, que durante muito tempo teve como forma de tratamento a finalidade de expulsar os maus espíritos, como mencionava Hipócrates ao relacionar ao desequilíbrio do humor.

O aparelho que antecedeu o EEG foi o Raio-X, criado em 1895 por Wilhelm Rontgen, utilizado como meio de visualização da estrutura estática do cérebro. Coadjuvante, visto que também foi utilizado como meio para visualizar a estrutura estática do cérebro, revelava por meio de imagens lesões nesse órgão, permitindo a visão do corpo humano sem cortá-lo¹⁴¹. A hidrocefalia foi uma das principais descobertas no uso da Radiografia¹⁴².

O microelétrodo, inventado por Hebert Jasper em 1950, propiciou meio mais fácil do estudo individual dos neurônios, permitindo a exploração do cérebro “in vida”, durante uma cirurgia. E com osciloscópio¹⁴³, capaz registrar com a resolução temporal de altíssima marcação da atividade elétrica do cérebro, tornou-se possível observar o comportamento elétrico no cérebro, via células corticais isoladas e, até mesmo, ouví-las. Assim, a Neurociência volta-se ao estudo unicelular do cérebro¹⁴⁴.

No ano de 1960, em face da energia elétrica cerebral, cria-se a magnetoencefalografia (MEG)¹⁴⁵, um campo magnético, passando a investigar a estrutura e funcionamento do encéfalo

¹⁴¹ *Idem*, p. 174.

¹⁴² Radiografia (RX) – Consiste em radiação eletromagnética indiretamente ionizante que pode ser originada quando o elétron se movimenta de uma camada externa para uma mais interna do átomo. Sua radiação é semelhante à luz, com capacidade de ondas que embora não tenha um número de limitação precisa tem sua frequência em 10 KeV. Tem como finalidade avaliar condições da estrutura e funcionamento de órgãos, por meio de imagem estática. PRANDO, Adilson; MOREIRA, Fernando, A. - **Fundamentos de radiologia e diagnóstico por imagem**, p. 3.

¹⁴³ Osciloscópio – consiste em um instrumento utilizado para visualizar, analisar, medir, e exibir sinais de tensão tempo que são reportados em forma de gráficos. Não estando limitado à eletrônica, possuindo capacidade de ler sinais sonoros, vibrações mecânicas e ondas cerebrais. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~ee00264/index.html>.

¹⁴⁴ KANDEL, Eric R *et al.* - **Princípios de Neurociências**, in LE DOUX, Joseph - **O Cérebro Emocional: Os mistérios da vida emocional**, p. 14.

¹⁴⁵ Magnetoencefalografia (MEG) - consiste na medição dos campos magnéticos associados à atividade elétrica cerebral. Com técnica não invasiva que permite seguir, à semelhança da electroencefalografia (EEG), a evolução dos processos eletrofisiológicos na escala do milissegundo. Com o auxílio desta técnica, é possível localizar regiões funcionais do córtex cerebral, com uma resolução espacial muito superior à da EEG, e avaliar a integridade das vias de transmissão de sinais. A MEG tem sido largamente aplicada tanto ao estudo da atividade cerebral

por meio de minúsculos padrões, gerados pela atividade elétrica do cérebro, em que para se criar um campo magnético far-se-á necessário um número mínimo de 50.000 (cinquenta mil) neurônios ativos, possibilitando, assim, a visualização em imagens da atividade cerebral de forma muito precisa.

No entanto, a grande explosão do estudo do cérebro ocorreu com a possibilidade do fatiamento do cérebro, usando mecanismo tridimensional. Na época, ainda não havia comutadores, somente com a combinação das imagens compostas e sobrepostas proporcionada pela criação da tomografia computadorizada¹⁴⁶, essa interface foi utilizada pela primeira vez no ano de 1971.

Na sequência, foi desenvolvida a Tomografia por emissão de Pósitrons (PET)¹⁴⁷, demonstrando a atividade metabólica e, conseqüentemente, a liberação da sinapse. Tal descoberta realiza análise do cérebro “in vida”, apresentando o mapeamento das atividades neuronal, como e o que acontece e onde ocorre, conforme estímulos externos.

O processo de desenvolvimento tecnológico não para e traz a ressonância magnética¹⁴⁸. Com a finalidade de avaliar por um tempo mais longínquo e sem danos ao cérebro, permitindo ao paciente estar realizando tarefas simples a complexas.

A partir do uso de diversas tecnologias, incia-se um processo contínuo de multidisciplinariedade, interdisciplinariedade, transversalidade entre todas as ciências, visando chegar o mais próximo possível em desvendar um dos maiores mistérios do mundo, o cérebro humano.

espontânea como ao estudo da atividade cerebral evocada por estímulos sensoriais. TRINDADE, Maria João Gomes - **A magnetoencefalografia: aplicações clínicas**, pp. 231 e 232.

¹⁴⁶ Tomografia computadorizada (TC) – Consiste em fontes múltiplas de Raio X, capazes de produzir feixes muito estreitos e paralelos que percorrem ponto a ponto o plano que se pretende, medindo a radiodensidade de cada ponto. Os dados obtidos à medida que milhares de pontos são enviados a um computador que os utiliza na produção das imagens. MARCHIORI, Edson; SANTOS, Maria Lúcia - **Introdução à radiologia**, p. 23.

¹⁴⁷ Tomografia por emissão de Pósitrons (PET) – permite estudo dos aspectos morfológicos e funcionais das áreas do cérebro, paciente recebe injeção de isótopos capazes de emitir pósitrons. Conforme a distribuição e concentração dos isótopos nos tecidos, que se acoplam às moléculas de compostos biológicos de glicose e neurotransmissores, que conseguem mapear sua distribuição no cérebro durante a realização de diferentes tarefas, permitindo assim, o estudo minucioso em regiões do cérebro bem pequenas. A captação de glicose é proporcional à sua atividade e quando submetido a estímulos sensoriais, quando executa um ato motor ou, até mesmo, ainda na fase de planejamento desse ato. *Idem*, p. 311.

¹⁴⁸ Ressonância Magnética (RM) – É método de imagem que se baseia no comportamento do próton de hidrogênio, o átomo mais abundante no corpo humano, visto a ser composto por cerca de 70% de água. Quando há desalinhamento do próton de hidrogênio, e colocado dentro de um a campo magnético intenso, os prótons de alinharam retornando a posição de equilíbrio logo que cessa a força (radiofrequência), que os fez alinharem, cessada a excitação, a energia liberada captada emite um sinal ao equipamento de RM, que, por sua vez, forma a imagem. SANTOS, Alair; SANTOS, Maria Lúcia; RANKE, Felipe Von - **Princípios de ressonância Magnética**, in MARCHIORI, Edson; SANTOS, Maria Lúcia - **Introdução à radiologia**, p. 23.

A ressonância Magnética Funcional ¹⁴⁹ cria um campo magnético gerador de ondas de rádios que se convergem e formam o mapeamento do cérebro. O pesquisador Seiji Osawa é o responsável pela técnica, revisão e atualização do método, tendo como norte o aumento de fluxo sanguíneo nas regiões ativadas, e sendo correspondente ao aumento de atividade neural no local, tendo como seu principal agente o nível de oxigênio no sangue.

Em meados de 1980, nasce uma nova era para a Neurociência, com suprasumo do avanço tecnológico sem limites, trouxe consigo a imagiologia cerebral a um novo patamar de pesquisas científicas, que, por sua vez, tem impactos devastadores em todas as áreas das ciências. Partindo do princípio de que até a ideia era difícil de ser comprovada como algo que surgia no cérebro, dada a dificuldade de comprovação.

A euforia em torno da Neurociência não é de se olvidar, tendo em vista que a imagiologia facultou o conhecimento profícuo das bases neurais. Todavia, proporcionou um leque de substratos e origem de novos estudos.

E a migração de antigas técnicas para novas técnicas de imagiologia trouxe as emoções humanas para o campo de uma nova era para a Neurociência, que tem no centro o ser humano como um todo, um objeto de estudo de extrema complexidade, em função de inúmeras áreas científicas que pousaram na Neurociência como alicerces, já que tudo que existe é e está para o homem.

Inicia-se a hipótese de teste, tendo como foco a geração da emoção e da consciência, alicerçada pela Psicologia que, posteriormente, passa a integrar como pesquisa das Ciências Biológicas por meio da Neuropsicologia. Teorias que gravitam em torno temas os quais antes jamais se achou serem possíveis, como memória e aprendizado, concomitantemente ao que ocorre no sistema nervoso ao tentar evocar lembranças e estabelecer aprendizado.

Benjamin Libet, neurofisiologista, realiza em 1983 uma minuciosa pesquisa que aponta que o “livre-arbítrio não existe”. Sua experiência teve como alicerce o monitoramento da atividade cerebral de pessoas (voluntários). Conforme já mencionado no Capítulo I, da presente dissertação.

¹⁴⁹ Ressonância Magnética Funcional (fMRI) – Considerada mais rápida, é pautada no princípio de que os núcleos dos átomos, que em estado normal giram com spins em orientações randômicas, quando colocados num campo magnético, se orientam. Se a esses núcleos orientados for aplicado um pulso de rádio-frequência, eles absorvem e emitem uma quantidade de energia cuja frequência precisa de ressonância depende das próprias características do núcleo e do campo magnético. Quando o cérebro é submetido a um campo magnético ao qual uma frequência de rádio é superimposta, seus tecidos emitem frequências diferentes por terem constituições físico-químicas distintas. Isso torna possível diferenciar os sinais emitidos pelas substâncias cinza ou branca e também pelo líquido céfalo-raquidiano, gerando uma imagem de grande precisão espacial no fato da oxi-hemoglobina apresenta ressonância magnética diferente da desoxi-hemoglobina. Aqui é possível observar a localização da atividade neural durante tarefa puramente mentais, tais como: planejar a execução de atividades. Propriçou enorme avanço das neurociências. MARCHIORI, Edson; SANTOS, Maria Lúcia - **Introdução à radiologia**, p. 311.

James Papez, médico anatomista, foi um dos primeiros a pesquisar quais áreas cerebrais seriam responsáveis pelas emoções, propôs que havia circuitos relacionados com a base neural das emoções. Sua teoria foi retomada por Paul MacLean, anatomista, o qual criou uma proposta de circuitos da emoção mais ampla, incluindo outras regiões, tais com amígdala, com envolvimento nas emoções primárias, comportamento social, no processamento das expressões faciais, bem como nos julgamentos sociais. Todavia, o córtex pré-frontal torna-se a região mais pesquisada no que concerne às emoções; memória, atenção, com relação à cognição, estabelecimento de previsão de futuro, com base na ação e suas consequências¹⁵⁰.

Paul Maclean realiza descoberta em sua pesquisa, a qual ele mesmo denomina cérebro trino (*The Trine brain in evolution*), remodulando, à época, a forma de visualizar a evolução da mente do ser humano, gerando grande impacto na visualização da Neuroetologia¹⁵¹, Neurologia, Psiquiatria e diversas outras ciências¹⁵².

Sua pesquisa apresentou, anatomicamente, o cérebro tripartido, ou seja, que se sobrepunha em camadas, com base na evolução biológica, e, nessa ótica, o cérebro se dividiria em cérebro reptiliano (sobrevivência/instinto/primata/basal), paleomamífero (cérebro das emoções), sendo o primeiro a cunhar essa denominação sistema límbico. E o neocórtex (cérebro superior/neo mamífero/neopálio), possuidor das funções cognitivas que são o diferencial entre homem e os animais¹⁵³. A Teoria da Microgenese do encéfalo, de Maclean, ainda possui alguns adeptos na atualidade, porém uma teoria muito criticada por falta de consistência científica¹⁵⁴, e desmitificada por LeDoux no seu livro “O cérebro Emocional”¹⁵⁵, no qual em pormenores infra: “(...) o erro de Maclean foi concentrar todo cérebro emocional e sua história evolutiva em um único sistema. Creio que sua lógica da evolução emocional se mostrou perfeita, só que ele aplicou de maneira generalizada. De fato, as emoções constituem funções que têm sua participação na sobrevivência. Porém, se as emoções diferentes associadas a diferentes funções de sobrevivência-proteção contra perigo, encontrarem alimento e companheiros, cuidar dos filhotes e assim por diante – cada uma delas pode perfeitamente requerer diferentes sistemas

¹⁵⁰ LENT, Roberto – **Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 262.

¹⁵¹ Neuroetologia – Trata-se de uma ciência que tem como objeto de estudo o comportamento animal partindo de uma perspectiva do sistema nervoso. e muitas vezes os resultados das pesquisas são transportados ao estudo do ser humano, observando cada espécie e adequando ao pesquisado. MALMIERCA, Manuel - **El estudio del comportamiento animal ayuda a entender funciones del sistema nervioso**, p. 67.

¹⁵² **THE Triune Brain**, n. p. Disponível em: <https://www.kheper.net/topics/intelligence/maclean/>. Acessado em: 29 de set.de 2020.

¹⁵³ RAMASOY, Thomas Zoega - **Introducción al Neuromarketing y Neurociencia del Consumido**, pp. 39-40.

¹⁵⁴ **THE Triune Brain**, n. p. Disponível em: <https://www.kheper.net/topics/intelligence/maclean/>. Acessado em: 29 de set.de 2020.

¹⁵⁵ LE DOUX, Joseph - **O Cérebro Emocional: Os mistérios da vida emocional**, pp. 89-90.

cerebrais, cuja evolução obedeceu a diferentes razões. Por conseguinte, não pode haver um único sistema emocional no cérebro, mas vários”¹⁵⁶.

António Damásio, neurocientista português, põe-se ao estudo das emoções, tendo em vista que o alicerce da Neurociência tinha sido pautado na estrutura e funcionamento do cérebro separadamente das emoções. Passando, assim, a ter como objeto de pesquisa, não só as emoções sua interação com a estrutura e funcionamento do cérebro como um todo.

Damásio, em seu livro “O erro de Descartes”, em 1994, faz apontamentos ao pensamento de Descartes, com menção ao dualismo na separação de mente e corpo, e sua inquietação persiste, principalmente porque no século XX tinha-se um retorno de influência do pensamento aos neurocientistas que insistiam em aplicá-los sob os fenômenos cerebrais.¹⁵⁷

Nessa perspectiva, apresenta-se a hipótese do marcador somático, que tem como estrutura as emoções primárias e secundárias¹⁵⁸, com priorização desta última. Sob seu olhar integrado e direcionado ao córtex pré-frontal, onde estão localizadas as emoções secundárias, estas responsáveis por receber todos os sinais de todas as regiões e estabelecendo relação com atenção, memória, inteligência sócio-emocional, seu alicerce finca suas raízes que o marcador somático é advindo de educação-aprendizagem, sociabilização, e ainda, pelas associações específicas dos estímulos a determinadas categorias dos estados somáticos.

Assim, os marcadores somáticos são coadjuvantes de extrema importância no processo decisório e dependentes da aprendizagem, que se estabelece, desde experiências, preferências, influências, circunstâncias, convenção social, regras éticas, morais e cultura.

Nessa via, há bastantes evidências de que a gênese das percepções sensoriais do mundo externo (ambiente), capazes de, por meio do bioregulador do cérebro, controlar o orgânico, ou seja, pressupõe que as reações corporais não precisam necessariamente ocorrer, mas as áreas do cérebro que são responsáveis pela organização das reações corporais estarão ativas, e o indivíduo terá uma simulação cerebral suficiente para indicar um estado corporal, dada a situação apresentada. “E o cérebro estaria ativado em *como se* tivesse, de fato, vivendo a situação provocadora da emoção”¹⁵⁹. “(...) a maior parte dos marcadores somáticos que usamos para tomada de decisão racional foi, provavelmente, criada em nossos cérebros durante

¹⁵⁶ *Idem*, p. 93.

¹⁵⁷ DAMÁSIO, António R. - **O erro de Descartes**, p. 20.

¹⁵⁸ *Emoções primárias* – Consideradas inatas, pré-organizadas, são dependentes de circuitos do sistema límbico, composta pela amígdala, cíngulo. Suas reações são automáticas, voluntárias, categorizadas por alterações no estado biológicos de sobrevivência como luta, fuga, raiva, tristeza, alegria, nojo (desprezo) por boa parte dos autores. *Emoção secundárias* – Se estabelecem por representações dispositivas adquiridas e não inatas, ou seja, pela experiência e interação com ambientes, provocando reações e alteração no estado biológico do corpo, são consideração sensitivas. DAMÁSIO, António R. - **O erro de Descartes**, p. 129-132.

¹⁵⁹ DAMÁSIO, *op. cit.*, p. 126.

o processo de educação e sociabilização, pela associação de categorias específicas de estímulos a categorias específicas de estados somáticos. Em outras palavras, os marcadores baseiam-se no processo das emoções secundárias”¹⁶⁰.

O processo de construção do conhecimento vai solidificando e se tornando acessível conforme as experiências vão sendo disponibilizadas. A estruturação do conhecimento adquirido se molda pelo ambiente com o qual interagimos, bem como por predisposições do organismo. “(...) que a compreensão cabal da mente humana requer a adoção de uma perspectiva do organismo; que não só a mente tem que passar de um cogitum não físico para o domínio do tecido biológico, como também deve ser relacionada com todo organismo que possui cérebro e corpo integrados e que encontra plenamente interativo com meio ambiente físico e social”¹⁶¹.

Diante dos avanços tecnológicos, trazendo de volta o case “Phineas Gage”, fazendo uso da neuroanatomia com técnicas da neurofisiologia, e, ainda, técnica criada por Hanna Damásio e Brainvox¹⁶², torna-se possível a construção do cérebro lesionado em imagens tridimensionais.

Phineas sofreu um acidente com uma barra de ferro de 1 metro de comprimento e 3 centímetros de diâmetro, com 6 kilos de peso que atravessou seu crânio, causando lesões no córtex pré-frontal ventromedial do hemisfério esquerdo, conforme estudo realizado por Hanna e Antonio Damasio, ficando cego do olho esquerdo, porém todos os demais sentidos conforme relato do médico John Harlow estavam preservados e funcionando normalmente. No entanto, alterações graves no cérebro e em sua personalidade, conforme citado anteriormente, passaram a não permitir que ele pudesse administrar situações reais, haja vista que o conhecimento adquirido pouco influenciava no processo de tomada de decisão¹⁶³.

Tais estudos demonstraram que a região lesionada (córtex pré-frontal ventromedial) é de suma importância no processamento das emoções e tomada de decisões. Damásio traz, ainda, para comprovar seus estudos o “case Elliot”¹⁶⁴, em que o paciente, devido a um tumor

¹⁶⁰ *Idem*, p. 220.

¹⁶¹ DAMÁSIO, *op cit.*, p. 220.

¹⁶² Brainvox – É um pacote de software tridimensional e interativo para separação de imagem cerebrais a projeção que permitem a pesquisa de patologias cerebrais em imagens de FMRI e de investigação experimental da cognição humana em estudos de lesão e imagens funcionais. Essa técnica permite reproduzir a estrutura do cérebro humano por um ordenador, que a partir de uma série de dados e informações do crânio. Acesso em Jun de 2020. Frank RJ, Damasio H, Grabowski TJ. Brainvox: an interactive, multimodal visualization and analysis system for neuroanatomical imaging. *Neuroimage*. 1997;5(1):13-30. doi:10.1006/nimg.1996.0250. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053811996902505?via%3Dihub>. Acessado em: 10/06/2020.

¹⁶³ DAMÁSIO, *op. cit.*, p. 28.

¹⁶⁴ *Idem*, p. 55.

no cérebro, o levou a estudar essa área específica. E, ainda, diante da necessidade de cirurgia para retirada do tumor, localizado no córtex pré-frontal, e, subsequente, perda de massa encefálica, manteve algumas funções cognitivas sem alterações. Todavia, assim como Gage, passou a ter comportamentos alterados e distantes de como se comportavam antes dos contextos explicitados.

Com a finalidade de comprovar que o impacto da lesão no córtex pré-frontal interferia no processo de tomada de decisão, realizou alguns experimentos, que, juntamente com seus colaboradores, chegou à conclusão de que “o estado corporal influencia em nossas decisões futuras e pode ser contruído com base nas experiências anteriores”¹⁶⁵.

Atualmente, o mundo pesquisa sobre as emoções no contexto do cérebro, corpo e interação com ambiente externo. Nessa seara, a Neurociência tem sua estrutura fincada em diversas ciências, como filosofia, Anatomia, Endocrinologia, Farmacologia, Fisiobiologia, Neurologia, Psicologia, Filologia, Genética, Ontologia, Antropologia, História, Psiquiatria, Direito, Economia, Administração, Pedagogia, etc. E ainda, para além das expectativas, com foco inicial na estrutura e funcionamento do cérebro, passa a ter como objeto de estudo a consciência, a aprendizagem, as memórias, a cognição.

Na atualidade, cientistas discorrem sobre os impactos da Inteligência Artificial (AI) em todos os cenários do admirável mundo novo, data venia mais do que necessário, e uma obrigação do Direito conhecer, compreender, mensurar e atuar sob a nova realidade virtual impregnada na sociedade mundial. Nessa seara, a Neurociência tem sido uma das maiores colaboradoras para o desenvolvimento de AI, uma vez que a base de aprimoramento do aprendizado de máquina pauta-se na estrutura e funcionamento do cérebro.

3.2 A Estrutura Básica do Cérebro

A complexidade que envolve o fenômeno da Neurociência tem como força motriz o sistema nervoso humano. A este fica a responsabilidade de fatiamento das funções e da atividade cerebral, para posteriormente possibilitar uma visão holística e mais precisa do objeto que se observa e, principalmente, a do ser humano.

A ânsia por compreender o funcionamento do cérebro não é nada nova, desde sempre o ser humano tenta desvendar a complexidade e os mistérios que o cercam.

¹⁶⁵ FRANK, R. J.; DAMASIO, H, GRABOWSKI, T. J. - **Brainvox: an interactive, multimodal visualization and analysis system for neuroanatomical imaging**, p. 240.

Assim, consigna-se que no século XX, período no qual foi dado maior salto científico com relação à funcionalidade do cérebro humano. O que antes era compreendido por imutável, hoje com base na descoberta da neuroplasticidade, que concerne à capacidade de remodelação dos neurônios, a Neurociência aponta que o neurônio se especializa, para tanto devem ocorrer dois fatores determinantes: a motivação e a experiência. Esta última, considerada, em relação de importância, como fator decisivo para consolidação do conhecimento adquirido¹⁶⁶.

Nesse sentido, acabou gerando uma quebra, uma ruptura nos paradigmas da Neurologia, que enfatizava a imutabilidade das funções cerebrais, estas, uma vez perdidas, não poderiam ser reabilitadas. A plasticidade neural, capacidade do sistema nervoso, do ponto de vista estrutural ou funcional, de mudar ou se adaptar ao longo do desenvolvimento, e quando é sujeito a experiências ou estímulos novos¹⁶⁷.

Atualmente, com avanço tecnológico é possível imagens em tempo real, facilitando o estudo e o conhecimento profícuo, por meio do mapeamento cerebral, utilizando aparelhos de alta tecnologia, que emitem elétrons o PET (*Pósitron Emission Tomografiphy*), reconhecido por fornecer as melhores imagens em termos de resolução para avaliar pequenas estruturas de ativação cerebral. A tomografia, por emissão de fóton único (SPECT), mais limitado quando se trata de resolução espacial, eletroencefalografia (EEG); Magnetoencefalografia (MEG); tomografia por impedância elétrica (EIT); tomografia computadorizada (CT); Ressonância Magnética (MRI) e ultrassonografia (US).

Assim, subjaze, a *prima facie*, a importância da compreensão das estruturas, bem como a funcionalidade de uma nova vertente do nosso sistema nervoso. Ademais, sua interface com todas as ciências se estabelece em uma visão holística, como pré-requisito para acompanhar, reestruturar e ou manter as estruturas das ciências no mundo contemporâneo. O conhecimento da história da evolução do cérebro, de sua estrutura e funcionamento, é determinante para a resposta a qualquer coisa sobre o nosso mundo hoje¹⁶⁸.

Nesse introito, é simplesmente assustador! Como um universo tão particular de apenas 1,2 a 1,5 quilos, 2% do peso corporal, com 100 bilhões de neurônios, se estima que forme um quadrilhão de conexões sinápticas¹⁶⁹, que consomem, em média, 20% de energia,

¹⁶⁶BUCHWEITZ, Augusto; MOTA, Mailce Borges. (org) - **Linguagem e Cognição: processamento, aquisição e Cérebro – Dados eletrônicos**, p. 245.

¹⁶⁷ INFOMÉDIA Dicionário Porto Editora. **Plasticidade**, n. p.

¹⁶⁸ Livre, Pensador. Pensamento Intencional Crítico Evolutivo: Verdade e Conhecimento

¹⁶⁹ CHOPRA, Deepak; TANZI, Rudolph E. - **Supercérebro: como expandir o poder de transformador de sua mente**, p. 67.

alimenta-se de 60% de glicose¹⁷⁰, é algo tão fantástico, capaz de criar tudo que está a minha volta, a sua volta, a nossa volta. Como se não bastasse algo tão enobrecedor, ainda, é literalmente individualizado, criado especialmente para cada indivíduo, é ele o todo poderoso “o cérebro”.

Versando sobre o Sistema Nervoso (SN), a título didático será apresentado em partes que correspondem ao Sistema Nervoso Central (SNC), Sistema Nervoso Autônomo (SNA) e Sistema Nervoso Periférico (SNP).

O SNC, considerado o centro de comando, haja vista, controla todo o sistema, os estímulos internos ou externos, tudo que necessite de resposta é conduzido para o SNC, está diretamente vinculado a nossa vontade. Compõe-se pelo cérebro e medula espinhal.

O SNA vincula seu funcionamento, através de respostas inconscientes, é inteiramente motor¹⁷¹. Está relacionado com o controlo do sistema endócrino e homeostático do corpo humano, divide-se em: simpático e parassimpático. O sistema nervoso autônomo é controlado pelo sistema nervoso central.

SNP é constituído por nervos que se localizam fora do cérebro, que conduzem as informações sensoriais ao troco cerebral ¹⁷².

A anatomia do cérebro em sua face externa divide-se em quatro lobos: a) Lobos frontais – responsáveis pelo processamento do nosso consciente, soluções de problemas, considerado como guia de todo encéfalo. E, ainda, a parte que faz a anastomose e dinâmica neural; b) Lobo parietal – relacionado com capacidade de abstração, ou seja, responsável pelas traduções das sensações e orientação para nosso corpo; c) Lobo Occipital – encarregado de compreender a visão, d) lobos temporais – são eles os responsáveis pelos registros de nossas emoções e nossa memória, disponibilizando ao indivíduo sua capacidade de identificação, compreender os objetos ao acionar memórias de informações passadas.

Tem-se a representação do córtex cerebral, que é o destino final de todos os dados e informações que chegam, onde se deliberam todas as questões, e é de lá que partem as ordens, as respostas. Sendo considerado o governo central do sistema nervoso ¹⁷³.

O estudo do cérebro avança demasiadamente por meio da ciência, que o traz, atualmente, como encéfalo multidimensional, propiciando por meio de descobertas científicas a plasticidade, sendo possível, atualmente, qualquer experiência.

¹⁷⁰ BARKER, Roger A *et al.* - **Compêndio de Neurociência**, p. 39.

¹⁷¹ MADEIRA, Miguel Carlos; RIZZOTO, Roelf J. Cruz - **Anatomia Facial com fundamentos geral**, p. 120.

¹⁷² BARKER, *et al. op cit.*, p. 41.

¹⁷³ FIUZA, Ronald - **A consciência: uma viagem pelo cérebro**, p. 128.

Dada à apresentação sucinta e básica da estrutura e do sistema nervoso, passamos à organização funcional do cérebro. Fato que muitos questionamentos devem ter surgido na leitura até aqui, tais como: Qual é o tema deste artigo mesmo? Do que estamos falando? Um questionamento perfeitamente válido.

Contudo, estamos no século XXI, e quanto mais evoluímos nas ciências, tecnologias, salientemente nos deparamos com a necessidade de realizar a transversalidade das ciências para compreensão do todo, partindo da premissa de um aprimoramento contínuo e de uma capacidade de uma compreensão holística.

A divisão do objeto de estudo, foi necessária nos séculos passados para compreensão detalhada do próprio objeto estudado em si. No entanto, para uma nova perspectiva nas ciências, oriundas dos avanços tecnológicos, globalização, novos questionamentos, novas demandas, passa a requerer a compreensão do todo, no intuito de atender a dinamismo do novo milênio, visando principalmente à manutenção de todos os avanços e conquistas, adquiridos no decorrer dos séculos passados.

Destarte, como fomentado por Aristóteles¹⁷⁴ “o todo é mais que a soma das partes”. Surge assim, a necessidade de interface das partes exploradas, das quais se obteve uma gama de informações que possibilita a compreensão de seus processos de crescimento, desenvolvimento, manutenção.

A antiga e aparentemente infinita viagem pelo cérebro sempre teve, e ainda tem, como fulcro a expectativa da possibilidade de encontrar o cerne do ser humano. O caminho é longo, obscuro entre certezas e incertezas, e verdades que amanhã se transformam em mentiras, acertos no presente com marcas de erros no passado e futuro em uma evolução contínua e veloz, cobra a convergência das disciplinas.

Sob a ótica apresentada, podemos observar um universo em constante transformação, cujos fatores biológicos e ambientais são imprescindíveis para continuação da espécie humana¹⁷⁵. Assim caminha a humanidade.

3.3 Potencial de Ação dos Neurônios

O potencial de ação consiste em um impulso/pico¹⁷⁶ originando tensão elétrica com extrema rapidez, existente no núcleo celular, similar ao de um computador, e sua função é levar

¹⁷⁴ FIUZA, *op cit*, p. 128.

¹⁷⁵ BAKER. *et al.*, *op. cit.*, p. 36.

¹⁷⁶ LENT, Roberto – **Neurociência da mente e do comportamento**, 64.

a informação ao seu destino, a variedade da quantidade de sinais emitidos, se dá conforme os estímulos recebidos do ambiente externos¹⁷⁷., trazendo como característica principal o fenômeno do tudo ou nada, ou seja, se gerado o limiar necessário de intensidade, o PA será disparado.

O cérebro tem seu funcionamento marcado por códigos de representação, com uma linguagem própria em códigos, que podem representar ideias, palavras, imagens etc. Assim, como conceitua Lent, “PA é uma unidade de código da linguagem do cérebro”.¹⁷⁸.

Há discussão em torno do potencial de ação, que consiste em neurônios capazes de emitir sinais bioelétricos de comunicação¹⁷⁹, parte do princípio de que estes são células de excitação. O silêncio de um neurônio, considerado potencial de repouso quando está sem produzir sinais elétricos de informação, resultado em estado de equilíbrio¹⁸⁰

Nessa via, far-se-á necessário apresentar algumas informações, no que concerne ao potencial de ação, já que existe um para cada tipo de neurônio, não havendo variação de forma e modo, e o impulso torna-se inexcitável por um determinado lapso temporal, que se denomina período refratário.

Esse período mencionado, consiste em tempo necessário para ser novamente repolarizado para o próximo disparo, que, por sua vez, delimita o tempo de disparo de um neurônio para outro e, como tempo é um componente de milissegundos, define-se a frequência do potencial de ação.

A condução do potencial de ação é de suma importância para levar a mensagem ao sistema nervoso central, bem como para distribuí-la pelos nervos periféricos¹⁸¹. Outro fator relevante é a capacidade de manutenção da integridade do impulso, que ocorre sempre para frente, sendo gerado novamente, visando garantir a sua caminhada unidimensional.¹⁸².

Lent (2018) discorre sobre o que eu aconteceria se um impulso e os disparos pudessem sofrer uma bifurcação, tendo em vista inúmeros questionamentos no que se refere ao que aconteceria com potencial de ação encontrar uma bifurcação pelo trajeto, ou seja, se a informação levada sofreria ao impacto com relação a tempo, velocidade e frequência, aferindo a seguinte colocação: “Nesse ponto, poderia parecer que ele devia escolher entre um caminho ou outro. Não é o caso, justamente porque não há um deslocamento real do impulso, mas sim

¹⁷⁷ *Idem*, p. 92.

¹⁷⁸ LENT, Roberto – **Neurociência da mente e do comportamento**, p. 98.

¹⁷⁹ *Idem*, p. 64.

¹⁸⁰ *Idem*, p. 90.

¹⁸¹ *Idem*, p. 69.

¹⁸² KANDEL, Eric R *et al.* - **Princípios de Neurociências**, p. 564.

uma autorregeneração em cada ponto do trajeto percorrido (...). O neurônio pode, assim, distribuir a informação para todos os outros neurônios como os quais faz contato, em igualdade de condições”¹⁸³.

Em se tratando de velocidade do Potencial de Ação (PA), este está diretamente relacionado com o calibre, pois quanto maior o calibre, maior a velocidade da condução do impulso. A velocidade de um axônio com 1 micrómetro possui, em média, uma velocidade de condução de 20 m/s, podendo alcançar uma média de 100 m/s¹⁸⁴.

3.3.1 Controle Motor da Ação

Ter-se-á o controle motor como uma habilidade de contrair os músculos em uma ação coordenada por eventos biológicos internos, convívio com o contexto ambiental externos. Assim, para que a ação se realize, o indivíduo deve ter armazenado ou produzir parâmetros internos que possibilitem a execução da ação¹⁸⁵. Para tanto, as contrações musculares estão codificadas em redes neurais distribuídas no córtex frontal, córtex primário, córtex pré-motor, e a forma como serão recrutadas está diretamente ligada à experiência que cada indivíduo traz, bem como ao nível de complexidade exigida para execução da ação, e ainda ao condicionamento e integridade das suas redes neurais¹⁸⁶.

Nas palavras de Lent, “A realização precisa dos movimentos requer preditores de ambiente do nosso próprio corpo”¹⁸⁷, devido à forma enérgica como o corpo muda, ao longo da vida, e sempre estamos a vivenciar novos contextos e atualizando a interação com o ambiente de forma constante, estamos sempre em processo contínuo de novos modelos.

A relevância do estudo da ação motora pauta-se na imprescindibilidade de compreender a interação da intenção com os sistemas motivacionais do indivíduo, já que a motivação é responsável pela manutenção e formação de novas codificações motoras. Nessa senda, Kandel traz a motivação como o cerne do comportamento e, consequentemente, a ação “Seja qual for o motivo, a meta é estabelecida pelo estado motivacional, mas é realizada pelo comportamento motor voluntário. O sistema motor deve transformar a intenção em ação. Como os objetivos serão alcançados depende das circunstâncias nas quais o indivíduo se encontra”.¹⁸⁸

¹⁸³ LENT, Roberto – **Neurociência da mente e do comportamento**, pp.70-71.

¹⁸⁴ *Idem*, p. 64.

¹⁸⁵ *Idem, Ibidem*.

¹⁸⁶ *Idem, Ibidem*.

¹⁸⁷ *Idem, Ibidem*.

¹⁸⁸ KANDEL, Eric R. *et al.* - **Princípios de Neurociências**, p. 750.

O comportamento tem duas características, a voluntária e a involuntária. O comportamento voluntário consiste em uma ação que tem como regra alcançar meta estabelecida, o que sela tal comportamento são as ações que possibilitam a manutenção do comportamento perante as alternativas e sequência comportamentais para cumprir o objetivo. Já o comportamento involuntário, também denominado inconsciente, é das demandas do próprio funcionamento biológico do organismo.

Ademais, o comportamento voluntário prescinde da interface física e os objetos ou eventos do ambiente externo, marcada pela intenção do indivíduo, que a qualquer tempo pode parar ou nem chegar a realizá-la.

Nessa via, Kandel assinala: “Os movimentos voluntários diferem dos reflexos e dos ritmos básicos locomotores de muitas maneiras importantes. Por definição, os comportamentos voluntários são intencionais – iniciados por uma decisão interna de agir –, enquanto os reflexos são disparados de forma automática em resposta a estímulos externos. Mesmo quando uma ação voluntária está dirigida a um objeto, como alcançar uma xícara, o motivo da ação não é o objeto, mas uma decisão interna de interagir com ele. A presença do objeto fornece apenas a oportunidade para a ação”¹⁸⁹.

Como é sabido, um dos temas de grandiosos debates na interface da Neurociência com o Direito circunda a volição-ato motor-ação-livre-arbítrio. Após experiência de Libet mencionada no Capítulo 1 do presente trabalho, trouxe em sua pesquisa, posteriormente confirmada por outros cientistas, chegando à conclusão de “que os processo neurais que começam a partir de um determinado movimento tem seu início marcado um tempo antes de a pessoa estar consciente da intenção de realizar o movimento, sendo assim, à consciência e ao livre-arbítrio restariam poucos influentes, no que concerne a controlar o comportamento volitivo.”¹⁹⁰

3.4 Neurociência Cognitiva/Aprendizagem

O avanço das neurociências na compreensão dos sistemas sensoriais e motoras propícia ao ser humano um conjunto de representações codificadas pelo cérebro de si próprio e dos seus estados fisiológicos¹⁹¹, possibilitando, assim, o ápice do controle das funções orgânicas nos indivíduos. O alicerce da Neurociência finca suas origens na compreensão das

¹⁸⁹ KANDEL, *op. cit.*, p. 725.

¹⁹⁰ KANDEL, *op. cit.*, p. 751.

¹⁹¹ LENT, Roberto – **Neurociência da mente e do comportamento**, p. 204.

funções neurais do processo mental, uma vez que o estudo tem como objetivo a compreensão de como o comportamento é criado, atentando por meio da aprendizagem, da atenção e como se dá o armazenamento na memória¹⁹².

Nessa via, uma linha da Psicologia Cognitiva está pautada nas evidências da Neurologia, Psicanálise, e tais ciências apresentaram que a percepção tem como base todo equipamento biológico na compreensão do conhecimento de mundo, que o processo de estruturação da percepção não se restringe apenas ao estímulo, envolve também toda estrutura do funcionamento da mente do sujeito. Tais características são fundamentadas por Kandel, que, infracitado, amplia o nível de complexidade, com relação à cognição humana, envolvendo sistemas sensoriais, ambiente externo, fatores biológicos:

O grau de conservação das características do processamento sensorial no curso da evolução humana parece nada menos que surpreendente. Em cada um dos sistemas sensoriais, receptores fornecem a primeira representação neural do mundo externo. Essa informação flui centralmente para regiões do encéfalo envolvidas na cognição. (...). Ao longo dessa via, a informação é transformada, de formas relativamente simples em formas complexas, que são a base da cognição. As vias sensoriais são também recursivas. Os centros superiores no encéfalo modificam e estruturam o fluxo dos sinais sensoriais que chegam, retroalimentando informações aos estágios iniciais do processamento; assim, aquilo que é percebido é determinado por fatores internos e ambientais¹⁹³.

As mais contundentes pesquisas da Neurociência apontam para o aprendizado perceptivo como a repetição, por muitas vezes, de uma determinada tarefa, estando contido de forma implícita no aprendizado. Uma vez que, com a prática e, por meio dos sistemas sensoriais, principalmente da visão, capacita e classifica pequenas diferenças com relação à forma, profundidade e orientação espacial, direção de movimentos dos objetos.¹⁹⁴

Validando tais apontamentos, Kandel cita: “A organização dos sistemas sensoriais e motoras do encéfalo que realiza a percepção do indivíduo é também constituída pela emoção, motivação e recompensa”¹⁹⁵.

No mesmo sentido, a capacidade de resposta dos neurônios envolvidos no córtex visual vai se alterando no contínuo do aprendizado e, conseqüentemente, aprimorando a capacidade perceptiva.

Em se tratando de memória visual, ela está profundamente relacionada com o processamento da visão no decorrer do aprendizado. Conforme David Freedman¹⁹⁶, “o

¹⁹² KANDEL, Eric R. *et al.* - **Princípios de Neurociências**, p. 328.

¹⁹³ *Idem*, p. 393.

¹⁹⁴ *Idem*, p. 534.

¹⁹⁵ KANDEL, *op. cit.*, p. 510.

¹⁹⁶ *Idem*, p. 547.

reconhecimento de objetos tem como base as experiências anteriores da pessoa”, e nessa vertente, aponta que a plasticidade depende da experiência e, ainda, que ela ocorre com armazenamento da aprendizagem explícita, ou seja, de fatos e eventos. Corroborando pensamento de Freedman, Kandel apresenta que toda informação visual pode tornar-se memória, a curto e ou longo prazo, decorrente das experiências do indivíduo

A experiência visual pode ser armazenada como memória, e a memória visual influencia o processamento da informação visual recebida. O reconhecimento de objetos, em particular, baseia-se em experiências anteriores do observador com esses objetos. Então, as contribuições do córtex temporal inferior para o reconhecimento de objetos devem ser mutáveis pela experiência. Estudos sobre o papel da experiência na percepção visual concentraram-se em dois tipos distintos de plasticidade do sistema visual dependente de experiência. Um dos tipos de plasticidade decorre da exposição repetida ou prática, o que leva a melhorias na discriminação visual e na habilidade de reconhecimento de objetos. Essas mudanças dependentes da experiência constituem uma forma de aprendizado implícito conhecido como aprendizado perceptivo. O outro tipo ocorre em conexão com o armazenamento de aprendizado explícito, o aprendizado de fatos ou eventos podem ser lembrados conscientemente¹⁹⁷.

O sistema perceptivo trabalha realizando inúmeras inferências automáticas e constantes. Assim, quando a origem sensorial não se completa, o cérebro trata de preencher as lacunas com o que se define como conteúdo mnésico.

3.5 Os Sentidos: Sistema Sensorial

É um sistema responsável por veicular as informações que o ambiente externo envia através da medula espinhal ao SNC, e cada sentido possui um sistema de recepção sensorial no cérebro, com exceção do olfato, o qual envia diretamente as informações para o cérebro¹⁹⁸. Possibilitando assim, a interação do organismo com meio ambiente externo de forma muito mais intensa. Dentre tantas funções do SNC, uma das mais importantes é exercer a gestão da anastomose das intenções internas do corpo com o ambiente externo¹⁹⁹, em função da capacidade adaptativa, juntamente com a flexibilidade de interagir com o ambiente, conferindo extrema vantagem no potencial de necessidades básicas dos indivíduos. Nas palavras de Kandel podemos vislumbrar com maior exatidão o funcionamento do sistema dos sentidos:

Cada neurônio sensorial extrai informação altamente específica e localizada acerca do ambiente externo ou interno e, em troca, tem um efeito específico sobre a sensação e a cognição, pois projeta para lugares específicos do encéfalo, que têm funções

¹⁹⁷ *Idem*, p. 525.

¹⁹⁸ MARTINI, Frederic H. **Anatomia Humana**. p. 441.

¹⁹⁹ KANDEL, Eric R. *et al.* - **Princípios de Neurociências**, p. 724.

sensoriais específicas. Todos os sistemas sensoriais respondem a quatro características elementares dos estímulos – modalidade, localização, intensidade e duração. As diversas sensações experimentadas – as modalidades sensoriais – refletem diferentes formas de energia que são transformadas por receptores em sinais elétricos que despolarizam ou hiperpolarizam, chamados de potenciais de receptor. Receptores especializados para determinadas formas de energia e sensíveis a determinadas larguras de banda de energia que permitem aos seres humanos sentir muitos tipos de eventos mecânicos, térmicos, químicos e eletromagnéticos²⁰⁰.

Todavia, no que concerne ao sistema somatossensorial, toda gama de informação transmitida por vias específicas, cada via sensorial tem seu próprio *input* no SNC, e o local de sua projeção também é diferenciado para cada sistema de sentido, capacitando o indivíduo para perceber o mundo, a sua vida, a origem dos sentimentos, conforme os estímulos advindos do ambiente, e a informação captada por meio dos receptores é repassada para o cérebro no que se denominam trens de potências de ação²⁰¹.

Todos os dados, informações e representações recolhidos do ambiente interno/microambiente/organismo e ambiente externo/macroambiente em uma simbiose são os responsáveis por influenciar o comportamento humano. Toda essa dança de interação corpo, cérebro e ambiente dão origem aos estímulos sensoriais²⁰². Na mesma linha de pensamento, temos António Damásio o qual pontua que: “se o corpo e o cérebro interagem intensamente entre si, o organismo que ele forma interage de forma não menos intensa com o ambiente que o rodeia. Suas relações são mediadas pelo movimento do organismo e pelos aparelhos sensoriais”.

O sinal gerado informa ao SNC, pode percorrer o caminho via nervos cranianos ou periféricos de diversas sinapses que ocorrem devido aos estímulos externos e internos que, por sua vez, os projetam da área específica do córtex, que realiza análise dos dados sensoriais (*input*), posteriormente o transforma em comportamento²⁰³. O caminho percorrido pelos sinais do ambiente externo captados pelos sentidos e traduzidos pelos sistemas receptores é discorrido por Kandel, da seguinte forma:

Cada modalidade sensorial é mediada por um sistema neural distinto, com múltiplos componentes que contribuem para a percepção. As vias sensoriais incluem neurônios que ligam os receptores na periferia com a medula espinal, o tronco encefálico, o tálamo e o córtex cerebral. A percepção de um toque na mão inicia quando mecanorreceptores cutâneos estimulam uma população de fibras aferentes a dispararem potenciais de ação, estabelecendo, assim, uma resposta que se propaga nos núcleos da coluna dorsal e, então, no tálamo. Do tálamo, a informação sensorial flui a diversas áreas do córtex cerebral, cada uma das quais analisa determinados aspectos

²⁰⁰ *Idem*, p. 392.

²⁰¹ *Idem*, p. 413.

²⁰² LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 187.

²⁰³ BARKER, Roger A. *et al.* - **Compêndio de Neurociência**, p. 81.

do estímulo original. Essa representação cortical está bastante correlacionada com a percepção consciente humana²⁰⁴.

O sistema sensorial é composto por cinco sentidos: visão; audição, equilíbrio; tato (toque, pressão, propriocepção, temperatura e a dor o sistema somotassensorial); paladar (gosto, sabor) e olfato (olfação, cheiro). Assim, faz-se necessário mencionar classificação mundial, referente aos receptores dos sentidos de uma forma generalizada. Então, seguindo a linha de raciocínio de Eric Kandel em seu livro “Princípios da Neurociências” ter-se-á o seguinte enunciado:

O grau de conservação das características do processamento sensorial no curso da evolução humana parece nada menos que surpreendente. Em cada um dos sistemas sensoriais, receptores fornecem a primeira representação neural do mundo externo. Essa informação flui centralmente para regiões do encéfalo envolvidas na cognição. As vias sensoriais têm componentes tanto seriais quanto paralelos, consistindo em tratos de fibras com milhares ou milhões de axônios, interrompidos por estações de retransmissão sinápticas que compreendem milhões de neurônios. Ao longo dessa via, a informação é transformada, de formas relativamente simples em formas complexas, que são a base da cognição. As vias sensoriais são também recursivas. Os centros superiores no encéfalo modificam e estruturam o fluxo dos sinais sensoriais que chegam, retroalimentando informações aos estágios iniciais do processamento; assim, aquilo que é percebido é determinado por fatores internos e ambientais²⁰⁵.

São os receptores sensoriais que efetuam a transdução de dados em informações que via olfato ou vísceras ativam o canal iônico, e o transformam em sinal eletrônico, enviando-o ao SNC. Os responsáveis pela codificação das informações enviadas aos receptores pelos nervos periféricos e crânios são compostos por modalidades que estão relacionadas com uma via de nervos específicos, tais como nervo óptico, responsável pela informação visual²⁰⁶.

Segue ainda uma classificação mais específica dos receptores, sendo de grande importância seu entendimento para aclarar os conceitos estabelecidos para os sentidos como um todo. Assim, tem-se a divisão pautada no estímulo que excita, são eles: *nociceptores* (receptores da dor), comuns residem na superfície da pele, seu número nas vísceras e tecidos profundos é bem reduzido²⁰⁷; *termoreceptores* (temperatura), por sua vez, estão na derme da pele, nos músculos esqueléticos, fígado e hipotálamo e são os responsáveis pela temperatura corporal; *mecanorreceptores* (pressão, deformação) são receptores sensíveis à compressão, torção, estiramento ou que deformam a membrana plasmática, e por fim os *quimiorreceptores*,

²⁰⁴ KANDEL, *op. cit.*, 393.

²⁰⁵ KANDEL, *op. cit.*, p. 302.

²⁰⁶ BARKER, *op. cit.*, p. 83.

²⁰⁷ MARTINI, Frederic H. **Anatomia Humana**. p. 472.

que são neurônios responsáveis por controlar pequenas ou grande diferenças de concentração de substâncias, e respondem apenas a substâncias hidrossolúvel ou lipossolúvel²⁰⁸.

Na visão de Lent, as três classificações se subdividem e são capazes de gerar após estímulos novos receptores, como segue:

Os receptores são específicos, isto é especializado na detecção de certas formas de energia: mecânica (mecarreceptores), luminosa (fotorreceptores), térmica (termorreceptores), e químicas (quimiorreceptores). Isto porque apresentam, em sua membrana plasmática, proteínas capazes de absorver seletivamente uma única forma de energia, e passar a mensagem para a membrana na forma de um potencial bioelétrico. Cada tipo, além disso, subdivide-se em tipos ainda mais específicos: há mecanorreceptores que detectam sons, estímulos na pele, há os que detectam o alongamento dos músculos e vários outros. Todos eles são capazes de produzir potenciais receptores quando estimulados (...) ²⁰⁹.

Para que todos esses fenômenos sensitivos ocorram no cérebro e corpo, e ainda sejam percebidos pelo ambiente externo se fazem necessários os denominados “mecanismos de tradução do mundo, formas de energia contidas no ambiente”²¹⁰, e sejam transferidas em uma “linguagem para o cérebro”.

A referência mencionada consiste na transdução sensorial, que nada mais é do que o procedimento de metamorfose de energia, advinda da membrana plasmática dos receptores sensoriais. A variação de energia é constituída do estímulo do potencial do receptor, que interagem diretamente entre si. Assim que concluída a transdução sensorial, com a localização do potencial receptor, cria-se o potencial de ação ao espalhar-se para regiões com alta densidade.²¹¹

Kandel também se propõe a fazer menção a todo processo que envolve o cérebro, corpo e ambiente no funcionamento da recepção de mensagem, estabelecendo características do processo de transdução do estímulo sensorial, como visto a seguir:

A riqueza da experiência sensorial inicia com milhões de receptores sensoriais altamente específicos. Cada receptor responde a um tipo específico de energia em localizações específicas do corpo e, às vezes, responde apenas à energia com determinado padrão espacial ou temporal. O receptor transforma a energia do estímulo em energia elétrica, estabelecendo, assim, um mecanismo comum de sinalização em todos sistemas sensoriais. A amplitude e duração do sinal elétrico produzido pelo receptor, chamado de potencial receptor, estão relacionadas à intensidade e ao curso temporal da estimulação do receptor. O processo pelo qual a energia de um estímulo específico é convertida em um sinal elétrico é chamado de transdução do estímulo²¹².

²⁰⁸ MARTINI, *op. cit.*, p. 475.

²⁰⁹ LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 124.

²¹⁰ *Idem*, p. 193.

²¹¹ *Idem*, p. 138.

²¹² KANDEL, Eric R *et al.* - **Princípios de Neurociências**, 401.

Tudo que vimos até o presente momento tem a função de clarear as informações que giram em torno da estrutura, funcionamento dos sentidos no cérebro/organismo em interface com ambiente externo por meio dos sentidos. Assim, daremos sequência em conhecer um pouco mais dos nossos sentidos. Seguindo a máxima “Conheça a ti mesmo”, autoconsciência pode elevar o ser humano ao mais alto grau de sofisticação, sendo senhor de si no controle de seus pensamentos e atitudes.

3.5.1 Tato (Toque)

O sistema tato consiste na percepção do ambiente por meio do toque/contato, as mãos e os dedos são responsáveis pelas coordenações motoras finas. Tem-se o conceito em Neurociência de que o toque se dá mediante à percepção consciente de contato do corpo com um objeto ou indivíduo, texturas etc. Considera-se, ainda, a classificação do tato em ativo e passivo.

No ativo o indivíduo põe em contato seu corpo com algo, já o tato passivo ocorre quando há percepção de ser tocado por algo. Kandel aponta os aspectos funcionais, relatando que “ao primeiro toque, o aparato sensorial periférico separa o objeto em minúsculos segmentos, distribuídos ao longo de uma grande população de cerca 20 mil fibras nervosas sensoriais (...)”²¹³.

As sensações táteis das mãos quando entram em contato com algum objeto realizada a adaptação por meio da pele, criando uma imagem do objeto com o qual entrou em contato, através de receptores altamente sensíveis que estão constantemente ligados quando em contato com algo, possibilitando fornecer informações ao cérebro sobre estímulo sobre a pele, sua localização, forma, textura, e ainda, quantidade de pressão aplicada. Foi descoberto que a acuidade tátil é um pouco mais acentuada no sexo feminino, permitindo perceber com mais exatidão²¹⁴. “O processamento do tato no encéfalo é auxiliado pela organização somatotópica dos neurônios envolvidos em cada estação. Áreas adjacentes da pele, que são estimuladas conjuntamente, estão unidas anatômica e funcionalmente em estações centrais de retransmissão. Partes do corpo especialmente sensíveis ao tato – mãos, pés e boca – são

²¹³ *Idem*, p. 459.

²¹⁴ KANDEL, Eric R *et al.* - **Princípios de Neurociências**. p.438.

representadas em grandes áreas do encéfalo, refletindo a importância da informação tátil transmitida por essas regiões”²¹⁵.

Em um experimento de Psicofísica com a finalidade de medir a acuidade espacial, onde o indivíduo teria o contato com várias texturas, mesmo de olhos vendados, era solicitado a identificar se a superfície era lisa ou não, e se listras eram horizontais ou verticais e ainda identificar se as letras, contidas em um papel, eram em alto-relevo.

As fibras de adaptação podem ser lentas e são responsáveis por identificar formas e tamanhos de objetos²¹⁶. Em pesquisa visando medir a sensibilidade dos receptores quanto ao tempo, utilizou-se a taxa de impulsos, e foi possível observar que, ao utilizar uma sonda com um diâmetro pequeno e ponta aguda, ativou-se uma porção menor de receptores, que por si gerou um número mais alto de disparos de impulsos neurais em um nervo, com lapso temporal menor que nos demais testes.

No experimento com sonda média, ficou demonstrado que há excitação em um grupo maior de receptores. Todavia, a força dos disparos dos impulsos era reduzida, devido à estimulação de uma gama maior de receptores, ou seja, conforme os resultados da experiência, a força aplicada na ponta do dedo influenciava diretamente as taxas de disparos dos impulsos dados nos receptores, afetando, assim, diretamente no tempo de ativação da sinapse.

Toda informação recebida pela via neural tátil é processada em seu próprio sistema, que compreende coluna dorsal da medula espinhal, núcleos de retransmissão no córtex cerebral. O caminho precário pelas informações táteis chega ao córtex cerebral via córtex somatossensorial primário, que, por sua vez, é processada nos núcleos da coluna dorsal, tálamo e córtex²¹⁷.

Quanto à percepção do toque na pele, sua localização é recebida de um grupo de neurônios específicos que é ativada. Assim, “a excitabilidade dos neurônios corticoides varia ao longo do tempo em função da localidade do estímulo sobre a pele e os impulsos de excitação no campo da recepção ocorrem entre 15 a 25 milésimos de segundo após leves batidas a pele”.

218

O Tato trata-se de um estímulo específico mecânico, que não possui um órgão específico receptor, está inserido na denominada somestesia, a qual consiste na sensibilidade geral referente aos receptores, comportamento além do tato, a sensibilidade térmica (calor/frio),

²¹⁵ *Idem*, p.460.

²¹⁶ *Idem*, p. 442

²¹⁷ *Idem*, p. 434.

²¹⁸ KANDEL, *op. cit.*, p. 445.

que, por sua, vez também não possui órgão de receptores específicos, os estímulos via termoreceptores, possui o mesmo neurotransmissor do tato. A dor, possui estímulos específicos em três categorias: os mecânicos, os térmicos e químicos intensos.

3.5.2 Olfato (Olfacção/Cheiro)

O olfato consiste na capacidade de extrair determinado cheiro com o sistema olfativo ao inalar o ar, atravessa a cavidade nasal, e nas conchas nasais um fluxo com componentes carregados de ar, ao alcançar órgão olfatório, estimula os receptores. O composto odorífero entra e liga seu receptor, podendo assim provocar um potencial de ação.

Nessa via, faz-se oportuno mencionar que o olfato é o mais sensorial, dada a necessidade de apenas quatro moléculas de substância do odor, que são capazes de ativar olfato, e as informações são as únicas que não necessitam fazer sinapse com o tálamo para alcançar o córtex.

3.5.3 Paladar (Sabor/Gosto)

O paladar é o responsável por enviar sabores dos alimentos e bebidas ao cérebro, possui receptores denominados gustativos, e são capazes de enviar ao cérebro informações do consumo humano²¹⁹. Sua classificação é dividida em quatro modalidades: salgado (sais); ácido (azedo); doce (açúcares) e amargo (alcaloides e outras substâncias), que diferencia os gostos químicos encontrados nos alimentos, contribuindo para seleção do que é melhor ao indivíduo²²⁰. Todavia, a recente descoberta do umami (delicioso/aminoácidos) completaria o quinto sabor. No entanto, no tocante à distribuição dos receptores umami, embora presentes nas papilas circunvaladas, sua localização exata não é conhecida²²¹.

Fala-se, ainda, no sabor da água e, mesmo sem ser reconhecido por um número demasiado de pessoas, pesquisas têm revelado a presença de receptores da água, e estes seriam encontrados na faringe. Martini menciona ainda que “Sua eferência sensitiva é processada no hipotálamo e influencia vários sistemas relacionados ao controle, equilíbrio hídrico, sendo também responsável pela pressão sanguínea²²².

²¹⁹ MARTINI, Frederic H. **Anatomia Humana**. pp. 438.

²²⁰ LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 148.

²²¹ BARKER, Roger A. *et al.* - **Compêndio de Neurociência**, p. 126.

²²² MARTINI, *op. cit.*, p. 479.

3.5.4 Audição e Equilíbrio

O sistema auditivo é o responsável pela percepção dos sons dos ambientes externos, ele é capaz de captar energia, volume e intensidade do som²²³, trata-se do sentido chave na comunicação humana, que se inicia com a captura do som²²⁴. A audição possui distinções dos demais sistemas sensoriais, e; deles é a existência de estágios de sinapses em cada divisão do SNC, o que possibilita a sincronização analítica do sistema, já a outra distinção torna-se mais complexa devido ao fato de a maioria dos núcleos auditivos serem conectados mutuamente²²⁵.

A audição exerce um papel de suma importância na estruturação e produção da linguagem e da fala, o que transforma a audição em um sentido de extrema importância para os seres humanos, pois é conectada ao aprendizado do comportamento vocal. Conforme os apontamentos de Kandel, a construção da audição dá-se por padrões de frequência que são mapeados através das duas orelhas, e com base na intensidade sonora e localização e do tempo²²⁶. Na sequência, firma importância da audição: “A audição é considerada um sentido muito importante na comunicação humana, que com a percepção de ondas sonoras pelo ouvido transmite para a orelha média e para a cóclea, que estimulando uma oscilação da membrana e com seus componentes detecta a sequência do estímulo sonoro e os transforma em potenciais receptores, fazendo com que os neurônios sensoriais disparem”²²⁷.

Os disparos neurais podem aumentar conforme a frequência do estímulo externo que recebe. Assim, sons puro e intenso, os estímulos de disparos são dependentes da frequência, intensidade, localização e amplitude. “A localização do som, que é mais bem compreendida, envolve representar uma informação sobre o tempo interauricular e as diferenças de intensidade de som interauricular e sobre o espectro de amplitude de sons que refletem uma filtragem pela orelha, e associar esses estímulos a locais no espaço de uma maneira dependente da experiência. A capacidade que as referências visuais têm de alterar a localização do som é uma lembrança poderosa de que os sistemas sensoriais evoluíram juntos para guiar o comportamento (...)”²²⁸.

O sistema auditivo também é o responsável pelo equilíbrio, e denomina-se orelha interna, composta pelo complexo vestibular, responsável por levar a informação, na formação

²²³ *Idem*, p. 477.

²²⁴ KANDEL, Eric R *et al.* - **Princípios de Neurociências**, 589.

²²⁵ LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 274.

²²⁶ KANDEL, *op. cit.*, 592.

²²⁷ *Idem*, 589.

²²⁸ KANDEL, *op. cit.*, p. 617.

dos dados, informações relacionadas à gravidade, rotação e aceleração dos movimentos da cabeça e enviar ao SNC²²⁹. Outro fato relevante está correlacionado ao tempo de propagação do som no ar, leva em média, 340 ms para alcançar a orelha, assim o atraso na audição humana chega a 600 ms²³⁰, sendo esse o tempo em que o som pode ser ouvido pelo indivíduo, essas diferenças são bem codificadas pelo cérebro.

3.5.5 Visão

O sistema visual humano consiste no sentido de maior importância para os seres humanos, em média 70% da informação é coletada pela visão, que é o sentido de extrema relevância para nossa percepção do ambiente externo. É o órgão responsável por coletar as informações, por meio de imagem, através da córnea, onde ocorre a formação da imagem, que passa pela íris (pupila), o fotorreceptor sensitivo com a função de realizar o controle da exposição observada, e em seguida à detecção e passa a ser processada no cérebro a informação.²³¹

O tálamo²³² recebe as informação do olho, e ao chegar no córtex sensorial a mensagem unificada é interpretada pelo sentido, no hipocampo²³³; a informação pode recuperar, caso exista, alguma memória sobre a mensagem que entrou, assim, pega a informação de entrada e, com base nas experiências e conhecimentos passados, atribui um significado à mensagem., logo em seguida, a informação é repassada para a amígdala²³⁴, que é a responsável por dar sentido à informação recebida e decodifica as emoções, determinando a

²²⁹ LENT, Roberto – **Neurôciência da mente e do comportamento**, p. 187.

²³⁰ KANDEL, *op. cit.*, 593.

²³¹ LENT, *op. cit.*, p. 200.

²³² Tálamo - palavra de origem grega que significa câmara interior, sua localização é na porção mais central do encéfalo, tendo como função selecionar grande parte da informação que recebe do corpo por meio dos sistemas sensoriais e ambiente externo. Sua função é de extrema importância, uma vez que para cada proposta comportamental o tálamo liga ou desliga determinadas áreas corticais. Disponível em: <https://www.google.pt/amp/s/www.infoescola.com/sistema-nervoso/talamo/amp/> Acessado em: 23/10/2020.

²³³ Hipocampo – palavra de derivação grega com significado de cavalo marinho, dada a forma do hipocampo ser assemelhada. Disponível em: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/hipocampo-anatomia-e-funcoes> Acessado em: 23/10/2020.

Devido à simetria do encéfalo, é encontrado nos dois hemisférios nos lobos temporais, faz parte do sistema límbico e está associado com a memória e navegação espacial. Disponível em: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/hipocampo-anatomia-e-funcoes> Acessado em: 23/10/2020.

²³⁴ Amígdala – palavra grega com significado de amêndoas, em função das suas formas serem semelhantes, considerada o cerne da estrutura das experiências emocionais. Sua organização funcional ocorre como respostas aos estímulos externos e ainda em respostas ao microambiente do organismo.

Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/fIKvfpO1oM5Bq0F_2013-5-13-16-25-49.pdf Acessado em: 23/10/2020.

possibilidade de ameaça. Por fim, o hipotálamo²³⁵ é quem tem a função de decidir sobre o que fazer: lutar ou fugir²³⁶.

A percepção da visão ocorre com a integração da mensagem que chega ao córtex visual via lobos occipitais de ambos os hemisférios cerebrais²³⁷. Oportuno sinalizar que o córtex visual está espalhado por todo o campo visual em formato de mapa sensitivo, e o processo que envolve a visão é construtivo e gradativo, envolvendo tudo que aconteça em milésimos de segundo. Ao perceber algo, a visão cria uma interpretação tridimensional²³⁸. A integração total do objeto visualizado envolve a divisão de como cada pessoa observa o ambiente externo, juntamente com suas experiências que são combinadas com todas as codificações referentes ao objeto que temos na memória. Nesse enredo, Kandel sinaliza para o que denomina integração global:

Quando o indivíduo é confrontado com um ambiente visual complexo, características locais podem ser reunidas em um número potencialmente enorme de objetos distintos. No entanto, as características locais são rapidamente classificadas em um conjunto de objetos que podem ser combinados com representações internas de forma e identidade do objeto, armazenadas no encéfalo a partir de experiências prévias. A integração global envolve a análise dos atributos locais, que depende das propriedades dos neurônios sensoriais: a seletividade para orientação local apoia a análise de contornos estendidos, a sensibilidade direcional está envolvida na determinação do movimento do objeto, a disparidade de seletividade implementa a estereopsia global, e a sensibilidade ao contraste medeia a constância de cores. O processo de integração não é simplesmente um processo ascendente, mas é influenciado por informações que chegam de áreas do córtex visual de ordem superior. Atenção, expectativa e tarefa perceptiva influenciam como o ser humano segmenta o mundo visual²³⁹.

No contexto, observa-se que existem apontamentos sobre a natureza construtiva da percepção visual, e cita o lapso temporal, abordando o pensamento sobre a visão constantemente alterada, sob a influência de diversos pontos de vistas e ciências, tornando-se ainda mais complexa. Nas palavras de Kandel: “Essa natureza construtiva da percepção visual apenas recentemente foi apreciada por completo. O entendimento prévio acerca da percepção sensorial recebeu muitas influências de filósofos, como John Locke, David Hume e George Berkeley, os quais pensavam que a percepção era como um processo atomista, no qual

²³⁵ Hipotálamo – é vital para manutenção da homeostase da coordenação autonômica, do comportamento somático, responsável por processar os impulsos sensoriais recebidos, alinha os órgãos, intestino e estômago. E, ainda, temperatura corporal, equilíbrio hídrico, saciedade alimentar, em converter a emoção em respostas físicas. Disponível em: [https://www.google.pt/amp/s/www.news-medical.net/amp/health/What-is-the-Hypothalamus-\(Portuguese\).aspx](https://www.google.pt/amp/s/www.news-medical.net/amp/health/What-is-the-Hypothalamus-(Portuguese).aspx). Acessado em: 23/10/2020.

²³⁶ BARKER, Roger A. *et al.* - **Compêndio de Neurociência**, p. 101.

²³⁷ MARTINI, Frederic H. **Anatomia Humana**. p. 500.

²³⁸ BARKER, *op. cit.*, p. 97.

²³⁹ KANDEL, Eric R *et al.* - **Princípios de Neurociências**. p. 538.

elementos sensoriais simples, como cor, forma e brilho eram montados em conjunto de uma maneira aditiva, componente por componente, A concepção moderna de que a percepção é um processo ativo e criativo, que envolve mais do que apenas informações fornecidas pela retina, tem suas raízes na filosofia de Kant, e foi desenvolvida em detalhes por psicólogos alemães como Max Wertheimer, Kurt Kofka, e Wolfgang Kohler”²⁴⁰.

Os códigos neurais que representam a informação da visão são sinais neurais enviados por neurônios individuais, os quais são afetados conforme apresentação do objeto, podendo necessitar para formação da mensagem da união de mais de um neurônio para ser enviado ao cérebro. Como menciona Lent, “uma única percepção visual é produto da atividade de uma variedade de neurônios que operam de forma combinatória e específica”²⁴¹. Um objeto, evento pode ser percebido como o mesmo objeto, porém sob cenários que projetam condições visuais distintas.

3.5.6 Percepção

O desenvolvimento perceptual vem de uma longa caminhada de debates, trazendo ao campo científico questões sobre a origem da percepção, se do próprio organismo ou é uma criação. O antagonismo entre os pensamentos engajou diversos cientistas a encontrar uma forma de estudar a percepção humana desde o nascimento.

(...) conjecturas fundamentadas em dados – inferências da percepção acerca do estado do mundo. Os sistemas sensoriais contêm muitas representações, cada uma especializada em diferentes tipos de processamento da informação sensorial. Ao longo de cada sistema sensorial, dos receptores periféricos ao córtex cerebral, a informação acerca dos estímulos físicos é transformada em estágios, de acordo com regras computacionais que refletem as propriedades funcionais dos neurônios e suas interconexões em cada estágio. O sistema visual, por exemplo, transforma a energia do estímulo que alcança os receptores na retina em um código neural de potenciais de ação, como os pontos e os traços de um código Morse. O encéfalo soluciona o problema dessa computação realizando operações relativamente simples em paralelo, em um grande número de neurônios, e repetindo essas operações em múltiplos estágios hierárquicos. O grande mistério da visão é como se responde a trens de potenciais de ação em diferentes neurônios do sistema visual vendo uma imagem – como uma face. Um dos principais objetivos das neurociências cognitivas é a determinação de como a informação que alcança o córtex cerebral, através de vias aferentes paralelas é unida para formar uma percepção consciente única. De fato, uma das esperanças que impulsionam as neurociências cognitivas é que o progresso na compreensão desse problema propicie os primeiros vislumbres acerca da base biológica da atenção e, por fim, da consciência²⁴².

²⁴⁰ *Idem*, p. 484.

²⁴¹ LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 383.

²⁴² KANDEL, *op. cit.*, p. 484.

Robert Fant, em 1956, criou uma técnica denominada preferência, que consistiu em apresentar a um bebê duas opções e observar qual chamaria mais atenção e o faria fixar o olhar por mais tempo. Outra técnica utilizada para mensurar a percepção foi a do processo de habituação e desabituação, onde a criança é exposta a algo até criar hábito, e, em seguida, apresenta-se outro objeto, e o bebê demonstra interesse, que se entende por desabituação, uma vez que tem o interesse renovado por outro objeto. Como afirma Norman Doidge, “(...) esses aspectos da percepção não estão sob nosso controle consciente e dependem de circuitos neuronais treinados e mapas cerebrais”²⁴³.

É incontestável que a percepção está atrasada quando a relacionamos com os acontecimentos no mundo real. Assim, cabe questionar o porquê desse atraso perceptivo, e a respostas paira no tempo de que o sistema nervoso necessita para construção dos eventos ocorridos no ambiente físico externo para o ambiente interno organismo humano. Sendo a percepção um sistema organizado, para que possamos utilizar os dados sensoriais e transformá-los em percepção, necessita-se do desenvolvimento do percepto das coisas, situações e objetos em uma gama vária de ambientes e circunstâncias, e a observação da forma constante, da distância e movimento.

Torna-se evidente que o desenvolvimento da percepção se dá na medida em que ocorre a interação entre os fatores orgânicos do corpo, do cérebro com as experiências externas²⁴⁴. Uma das teorias que ilustram conceitos e tentam estruturar o percepto é a Teoria de Mars, que tem como ponto de origem a percepção visual e se conectará a um esboço primitivo, pautado nas diversidades de mapas mentais, cores e intensidades nas bordas e capaz de produzir o que Mars denominou “esboço 2 ½ D”, sendo o responsável pela percepção de profundidade, porém ainda não completa, uma vez que para sua completude irá necessitar de estar associada a outras características para formar a imagem 3D.

Atualmente, a proposta da compreensão da percepção ainda está pautada na ciência da computação²⁴⁵, que, por sua vez, tem como alicerce a capacidade de aprendizagem do que se denomina cérebro de computador adaptativo.

No entanto, dada a engenhosidade das teorias que giram em torno da percepção, tem como cerne as escalas dos objetos e conservá-lo em constância perceptiva envolve um

²⁴³ DOIDGE, Norman - **O cérebro que se transforma**, p. 320.

²⁴⁴ LENT, *op. cit.*, p. 620.

²⁴⁵ *Idem*, p. 623.

processo analítico e requer mecanismos de reconstrução mental todas as vezes em que um indivíduo utiliza a memória para perceber algo.

Nessa via, a percepção espacial é quem determina onde os dados disponíveis ao cérebro irão se transformar em comportamento, necessitando de uma extensa coordenação das vias sensoriais e motoras²⁴⁶. A percepção só ocorre se houver atenção, a qual consiste em focar-se em uma tarefa, e a ação focal ocorrerá se o estímulo dado conseguir reunir um conjunto de neurônios de determinadas regiões no cérebro, capazes de atuar focado na tarefa selecionada como principal.

Assim, em relação à atenção seletiva, faz-se necessário observar dois fatores: o estado de alerta e o foco na sensibilização dos processos mentais neurobiológicos necessários para execução da tarefa ordenada pelo estímulo²⁴⁷.

Pode até parecer um sistema simples, mas nosso cérebro, para perceber algo, calcula movimento, tamanho e posição da imagem, e o faz em miléssimos de segundos “portanto, vamos supor que a mente, por assim dizer, é um papel em branco, desprovida de todos os, sem qualquer ideia: como vem a ser preenchida? A isso respondo, em três palavras: com a experiência²⁴⁸.

3.5.7 Emoções

Em 1883, David Ferrier, considerado o cientista das emoções, realizou uma pesquisa sobre as representações motoras e sensoriais. Pesquisa independente, sendo extremamente criticado por ativista contra o uso de animais em pesquisa científicas. Ferrier foi a julgamento por ter sido denunciado e não ter licença para realizar cirurgia em animais.

De acordo com o sistema da época, pôde escolher qual seria a forma do seu julgamento, por um juiz ou por um júri popular. Optou pelo primeiro, comprovou que as cirurgias eram realizadas pelo cirurgião Gerald Yea. Ademais, seu advogado reuniu o testemunho de vários pacientes que foram salvos com as técnicas desenvolvidas por Ferrier, uma vez que as cirurgias estavam pautadas nos mapas funcionais, produzidos com base nas pesquisas realizadas em animais. Assim, o juiz revogou a intimação e pediu que todos retornassem para suas casas.

²⁴⁶ KANDEL, *op. cit.*, p. 1233.

²⁴⁷ LENT, *op. cit.*, p. 631.

²⁴⁸ DOIDGE, *op. cit.*, p. 320.

No campo das emoções, não poderia diferenciar-se dos demais questionamentos sobre os mistérios de funcionamento do cérebro, e muitos filósofos, psicólogos, psiquiatras adentraram na miríade das emoções. Nessa seara, muitos a consideraram com olhar biológico, ou seja, como um organismo, sendo um repertório da sobrevivência que emergia em reações.

Noutra ponta, pairava sobre a resposta corporal sentidas pelo encéfalo. Outros, por sua vez, convergiam os polos, como Damásio, que afirmou que: “Sentir uma emoção é uma coisa simples. Consiste em ter imagens mentais originadas de padrões neurais no corpo e no cérebro compondo as emoções (...)”²⁴⁹.

A emoções são observadas por diversas óticas, tais como: impulsos inconscientes; ideias situacionais em que uma pessoa se encontra, forma de agir e falar, uma construção social. Ter-se-á debruçado a compreender fenômenos das emoções, que se desenrolam em aparatos fisiológicos com consequência comportamentais e físicas, possibilitando aos nossos ancestrais a sobrevivência por meio da procriação e diante de contextos hostis.

Willian James cunhou o questionamento” O que é a emoção?” E, para encontrar uma resposta sólida e robusta que pudesse subsidiar o conceito, propôs que toda representação consciente do que denominamos emoção acontece após a recepção da mensagem, que é transportada via sinapse, onde a reposta e alteração ocorrem no estado físico.

Em 1960, Stantaley Scharchtes afirmou que o cérebro é capaz de criar respostas cognitivas mais adequadas às informações do meio ambiente, meio interno do indivíduo, utilizando-se de recursos inerentes ao contexto social e expectativas culturais e individuais²⁵⁰.

A Neurociência chegou ao consenso, no que concerne aos responsáveis por administrar, ou melhor, estabelecer e manter a homeostase do comportamento seria o hipotálamo, reconhecido como de suma importância no controle do meio interno, e ainda faz a parte de controle neural do comportamento, que tem a função de preservação do indivíduo²⁵¹.

A classificação das emoções é considerada em três vias: as emoções primárias, as emoções secundárias e emoções de fundo²⁵². As emoções costumeiramente vêm sendo classificadas como emoções primárias, consistem em ser inatas, inerente a todos os indivíduos, origina-se na biologia, no encontro e concentração de um conjunto de reações químicas e neurais, o substrato da organização do comportamento responsivo tem foco de sobrevivência. O primeiro a tratar sobre o tema foi Charles Darwin, ao observar padrões nas experiências de

²⁴⁹ DAMÁSIO, António – **O mistério da consciência do corpo e das emoções ao conhecimento de si**, p. 226.

²⁵⁰ BARROS, 2015, p. 102.

²⁵¹ LENT, Roberto – **Neurociência da Mente e do Comportamento**, p. 229.

²⁵² LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 254.

seus filhos e a compará-los com outras crianças, posteriormente com outras culturas, demonstrando características idênticas em diversas etnias.

Todavia, considerado pai da expressão das emoções faciais, Paul Ekman, após realizar uma ampla e profícua pesquisa em diversas culturas, confirmando, assim, as afirmações de Darwin quanto ao componente inato das emoções, comuns a todos os indivíduos, estabeleceu um consenso das emoções primárias restando consignados em: alegria, tristeza, medo, nojo, raiva e surpresa.

No rol da classificação temos as emoções secundárias, estas diretamente relacionadas com questões culturais²⁵³. Assim, estando dependente dos eventos culturais possui uma gama de variações, que estão vinculadas aos aspectos socioculturais, à experiência prévia e ao contexto em que está inserido.

A terceira e última classificação denomina-se emoções de fundo, são muito sutis, do organismo internos de cada indivíduo, e tem como principal função desempenhar o funcionamento das vísceras. Embora considerados sutis, possuem capacidades de demonstrar sua atividade em algumas circunstâncias com alterações músculo- esqueléticas, e pequenas variações posturais do corpo²⁵⁴. Kandel assevera a importância das sensações viscerais nas emoções humanas, e afirma:

As sensações viscerais são importantes fisiologicamente, pois acionam muitos tipos de comportamentos fundamentais para a sobrevivência, como respiração, fome, sede, excitação sexual e cópula. Após um minuto sem respirar, a necessidade de obter ar, os sentimentos de sufocamento e a necessidade de aliviar essa sensação tornam-se objetivos comportamentais prementes. Essas sensações permitem segurar a respiração quando necessário, com o conhecimento de que os sinais sensoriais internos avisarão quando isso não for mais seguro. A sede e a fome também proporcionam uma motivação para beber e comer; elas dominam o comportamento quando se está sem água e comida por períodos que ameaçam a sobrevivência. As sensações viscerais ligadas diretamente à sobrevivência resultam de sensores periféricos e centrais. As sensações associadas à necessidade de respirar, por exemplo, se originam dos sensores de pressão parcial²⁵⁵.

A teoria de Hebbpautava-se na estrutura neuronal e na capacidade que a experiência do indivíduo tem em alterar essa estrutura. Nessa via, surge a nova teoria de Merzenich, a qual consiste na capacidade que os neurônios possuem de desenvolverem mapas cerebrais estabelecendo conexões com outros neurônios, quando acionados ao mesmo tempo²⁵⁶.

²⁵³ LE DOUX, Joseph - **O Cérebro Emocional: Os mistérios da vida emocional**, p. 193.

²⁵⁴ DOIDGE, Norman - **O cérebro que se transforma**, p. 304.

²⁵⁵ KANDEL, Eric R *et al.* - **Princípios de Neurociências**, 426.

²⁵⁶ DOIDGE, *op. cit.*, p. 77.

A epigenética nos traz a capacidade que o ambiente externo tem de mudar a expressão do gene, com base em novas experiências, como apregoa Doidge: “Quando aprendemos, alteramos os genes que são ‘expressos’ ou ativados em nossos neurônios”²⁵⁷.

Os genes possuem duas características de funcionamento: a função de molde, que possibilita a replicação, ou seja, cópias que podem ser transmitidas de geração para geração, e a função de transição, a qual consiste em que todos os genes de um ser humano em cada celular é composto de todos os gens. Todavia, nem todos esses genes estão ativos em nosso organismo e a transição é determinada pelo que experimentamos no decorrer de nossas vidas²⁵⁸.

A emoção, atualmente, tem sido alvo de várias pesquisas científicas, dentre elas sua relação, influência com os sistemas sensoriais, percepção, consciência bem como com a memória, sobre a qual discorreremos logo em seguida.

3.5.8 Memória

É sabido que a memória não se trata de um gravador com capacidade infinita, mas sim de um processo construtivo.

O processamento básico para uma informação de qualquer evento recordado requer um *input* (entrada da informação) no cérebro, que acontece via sistema sensorial, compreendida por alguns autores como a codificação e, em seguida, que a informação processada seja conservada ou adquirida para posteriormente ser recuperada (*output* informação armazenada).

As bases do aprendizado da memória podem ser reforçadas ou enfraquecidas em escalas de variação de anos a segundos²⁵⁹. Tais variações estão contidas no processamento foco da atenção, estado de alerta, regulação muscular. Nessa via, só podemos ter acesso às memórias armazenadas mediante sua evocação. Nas palavras de Lent: “O último processo mnemônico é a evocação ou lembrança, através do qual temos acesso à informação que foi armazenada para ser utilizada mentalmente na cognição e na emoção. Por exemplo, para exteriorizá-la através do comportamento”²⁶⁰.

Suas características quanto ao tempo de retenção ultrarrápidas têm sua duração desencadeada em frações de segundos ou alguns segundos. A memória de curto prazo tem a finalidade de alguns minutos até horas, visando dar continuidade ao momento presente.

²⁵⁷ DOIDGE, *op. cit.*, p. 238.

²⁵⁸ KANDEL, *op. cit.*, p. 679.

²⁵⁹ NOTTE, John – **Neurociência**, p. 95.

²⁶⁰ LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 647.

David Myers menciona que o eco auditivo pode desaparecer mais vagarosamente. Assim, fomenta que a última palavra pronunciada perdura, em média, de 3 a 4 segundos, configurando que as palavras mais fáceis de serem memorizada em uma frase são as primeiras e as últimas²⁶¹.

No que concerne à memória de longa duração, sua capacidade de armazenamento é infinita, e pode-se ver exemplo que armazenamos informações desde quando fomos fecundados, e elas podem ser orgânicas de funcionamento até o último contato que temos com ambiente externo. A memória de longo prazo pode ser *explícita/declarativa*, com sua finalidade voltada para recordação consciente de fatos e conhecimento que envolvem a capacidade de associações e fortalecimento das novas memórias adquiridas, e o reforço da memória antiga com novas associações pode durar mais tempo no cérebro humano.

Assim, vão se formando os denominados engramas^{262 263}. A memória explícita pode, ainda, ser episódica, que corresponde a eventos e está estreitamente relacionada ao tempo, como citamos acima, e a semântica, que configura questões com interface direta com conceitos, e envolve o compartilhamento de culturas com grupo de pessoas, povos.

À memória implícita se faz necessária a descrição por palavras, e para sua formação e estruturação requer treinamento, repetição. A memória de representação perceptual marca as memórias pré-conscientes, geralmente são imagem sem um conhecimento específico conhecido²⁶⁴. Outra memória de suma importância é a procedimental, que consiste em hábitos, habilidades e regras²⁶⁵.

A memória associativa está relacionada a mais de um estímulo, é também conhecida como condicionamento clássico, e um bom exemplo que pode ser ilustrado por Lent é a salivação antes da chegada do alimento à boca, tal memória está vinculada à lembrança anterior armazenada, devido, em algum outro momento, ter sido exposto à experiência de gosto, cheiro, visual, tato. Já a memória não associativa tem a ver com a alternância de respostas (hábito) ou a renovação do estímulo via repetição. O condicionamento operante, por sua vez, se caracteriza dada a associação se estende em uma resposta comportamental específica.

²⁶¹ MYERS, David - **Introdução à Psicologia Geral**, pp. 115-1119.

²⁶² Engramas - Consiste na forma de armazenamento das memórias, com base nas alterações biofísicas ou bioquímicas no cérebro, juntamente com outros tecidos neurais, em repostas a um estímulo extrínseco, sendo correspondente ao aprendizado e recordações. CASTRO, Fabiano dos Santos; FERNANDEZ, J. Landeiva- **Especialidade em Neurometria: Módulo I – aula 1: Engrama**, p.02.

²⁶³ MYERS, *op. cit.*, p. 127.

²⁶⁴ MYERS, *op. cit.*, p. 202.

²⁶⁵ LENT, Roberto – **Cem Milhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**, p. 50.

A memória coletiva, de extrema importância na contextualização e formação de identidade social dos povos, ou seja, cada povo/nação, tem por si características comuns a todos os indivíduos do grupo ao qual pertence. Quando nos deparamos com outra identidade social que não a nossa, percebemos as diferenças culturais, que, por sua vez, são constructos da memória coletiva. Nessa via, o acervo histórico de cada povo impregna na identidade individual e se perpetua ao longo da história particular de cada pessoa²⁶⁶.

A memória operacional é responsável por administrar a memória ultrarrápida e também utiliza dados da memória a longo prazo. No tocante a apontamentos sobre memórias operacionais, fica claro que todo conjunto de regras corticais participa dos mecanismos da memória operacional, destinado a fornecer dados racionais para o agir, e pode ser armazenada por minutos e até horas. Assim, algumas informações são encaminhadas para o sistema nervoso, sendo utilizada como para tal fim a via dos sentidos e pensamento²⁶⁷.

O processo de retenção da memória tem sua limitação demarcada pelo esquecimento. Assim, a retenção e ou esquecimento gira em torno da utilização dada à memória armazenada²⁶⁸. Nossa capacidade de retenção não ultrapassa 7 a 8 letras, palavras ou frases de cada vez²⁶⁹.

3.5.9 Consciência

Para dar início à presente temática não se pode deixar de mencionar a Psicologia, ciência mãe do estudo em torno da consciência, tendo como finalidade compreender os estados da consciência. No entanto, a dificuldade em determinar o objeto de estudo acabou por direcionar as pesquisas para o comportamento humano.

Os avanços científicos da Neurociência favoreceram para se estabelecer uma relação entre a atividade cerebral e os estados mentais²⁷⁰.

Damásio, questionador e pesquisador profícuo da influência das emoções no funcionamento do cérebro, corpo e ambiente, adentra ao tema da consciência com muita veemência em seu livro “O mistério da consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si”.

²⁶⁶ LENT, Roberto – **Neurociência da Mente e do Comportamento**, p. 248.

²⁶⁷ LENT, *op. cit.*, p. 664.

²⁶⁸ MYERS, David - **Introdução à Psicologia Geral**, p. 193.

²⁶⁹ LENT, *op. cit.*, p. 647.

²⁷⁰ MYERS, *op. cit.*, p. 206.

A denominada emoção, substância dos sentimentos, traz a ideia do protótipo neurais que em sua miríade sensorial contempla um sentimento, fazendo assim surgirem dois tipos de mudanças biológicas: o primeiro é *o estado corporal* –no qual as mudanças podem ser realizadas por duas vias. São elas: a alça corpórea, que se dá por meio de mensagens químicas na corrente sanguínea, correspondentes aos sinais humorais; e os sinais neurais, que trafegam como mensagens eletroquímicas pelas vias nervosas²⁷¹. E o segundo é o estado cognitivo, responsável por gerar e processar as emoções, e ainda por colher e disseminar substâncias químicas por diversas outras regiões do córtex cerebral. Assim, nas palavras de Damásio: “O fato inescapável e notável no que concerne a três fenômenos - emoção, sentimento e consciência – é a sua relação com o corpo. Começamos um organismo composto do corpo propriamente dito e do cérebro, equipado com certas formas de reação cerebral a determinados estímulos e com a capacidade de representar os estados internos causados pela reação dos estímulos e pelo acionamento do repertório das reações pré-ajustadas. À medida que as representações do corpo adquirem mais complexidade e coordenação, passam a constituir uma representação integrada do organismo”²⁷².

O cérebro é multidimensional e possibilita ao indivíduo experimentar qualquer experiência²⁷³. Em uma abordagem sistêmica, fracionada por funções, não existe nada mais íntimo do que a consciência. Como aborda Damásio, “A consciência é um fenômeno inteiramente privado, de primeira pessoa (...)”, que, por sua vez, não se constitui com tal, sem estabelecer uma correlação com o mundo externo.²⁷⁴

A relação do organismo com o objeto advém da consciência sob as perspectivas de elaborar um conhecimento que se desenvolva através de uma simbiose constante.

Nessa via, a própria adaptabilidade é um processo do cérebro, necessitando de uma mente consciente para a própria sobrevivência do organismo prevalecendo, que permitiu a evolução da espécie, desenvolvendo maiores capacidades de regular a vida.

O novo hábito significa você fazer o circuito diferente da opção padrão. Em debate eloquente, Damásio, em seu livro “O cérebro criou o homem”, aponta que todo caminho percorrido até os dias atuais demonstra a importância de compreendermos a estrutura e

²⁷¹ DAMÁSIO, Antônio – **O mistério da consciência do corpo e das emoções ao conhecimento de si**, p. 226.

²⁷² *Idem*, p. 226.

²⁷³ CHOPRA, Deepak; TANZI, Rudolph E. - **Supercérebro: como expandir o poder de transformador de sua mente**, p. 49.

²⁷⁴ DAMÁSIO, *op. cit.*, p. 22.

funcionamento do cérebro sem descartar a perspectiva emocional do ser humano. Para além de sabermos quem somos, permite-nos vislumbrar os interesses naquilo que podemos vir a ser²⁷⁵.

A expansão da consciência e capacidade de adaptabilidade possibilitou aos seres humanos a criação de novas soluções na medida e que os problemas vão surgindo, visando garantir a vida e perpetuação da espécie “e da sobrevivência em prática em qualquer ambiente concebível, em qualquer parte do planeta, em qualquer altitude, até mesmo no espaço sideral”.²⁷⁶.

Diversos autores engendraram para o estudo do cérebro emocional, e o livro de Joseph Ledoux fomenta questões relacionadas às neurociências cerebrais das emoções²⁷⁷. Itzlak Fried, neurologista, na excitação dos questionamentos que girava em torno da tomada de decisões, realizou uma investigação no âmbito de disparo, de forma individualizada para cada neurônio, chegando à conclusão de que existia uma diferença de 2 segundos de diferença, no início da potência de prontidão até o momento em que a informação se torna consciente da vontade de mover-se.

²⁷⁵ DAMÁSIO, António R. E. - **O cérebro criou o homem**, p. 47.

²⁷⁶ LE DOUX, Joseph - **O Cérebro Emocional: Os mistérios da vida emocional**, p. 48.

²⁷⁷ MYERS, David - **Introdução à Psicologia Geral**, p. 127.

CAPÍTULO IV - TECNOLOGIA, DIREITO E NEUROCIÊNCIA

Nas últimas décadas, o admirável avanço tecnológico possibilitou novas técnicas à medicina, em específico das neurociências, um progresso inimaginável até algum tempo atrás. Assim, graças à tecnologia, conhece-se, cada vez mais, a estrutura e funcionamento do cérebro.

Com o demasiado avanço tecnológico, todas as ciências foram impactadas ao ponto de terem que reconstruir suas bases científicas. A Neurociência foi uma delas. David Mars é considerado precursor da abordagem computacional das neurociências, pois trouxe os recursos científicos capazes de orientar a estrutura e funcionamento do Sistema Nervoso Central, pautando-se no princípio computacional para solucionar os problemas vinculados às questões da Biologia, influenciada nos conhecimentos da percepção e cognição humana²⁷⁸.

David Courtnay Mars é um dos fundadores da Neurociência computacional, sendo largamente citado no campo da abordagem computacional da visão e foi o responsável pela construção da teoria a qual afirma que o neurônio *purkinge* tem a capacidade de aprender a responder seletivamente aos contextos da vida, os quais são ativados por comando de ação movimento, que se inicia no córtex motor.

Sem embargos, não há como desvincular-se dos avanços científicos, assim, pontuamos a recolher informações que possam ser de extrema relevância para o aprimoramento de outras ciências, uma delas é o Direito.

O Direito tem apresentado extrema resistência com relação ao uso das novas técnicas e de “novas ciências”, como a Neurociência, ou melhor, neurociências. Fato que, de início pairavam, e ainda pairam, dúvidas quanto às novas descobertas trazidas pelas tecnologias e novas ciências. No entanto, não haveria como ficar inerte, principalmente nas descobertas que giram em torno do encéfalo humano, haja vista que isso acarreta em deixar de receber, analisar, fazer uso de conhecimentos mais intrínsecos, descobertos a respeito dos seres humanos, que, por sua vez, versam sobre comportamento humano em sua forma biológica, enquanto organismo e suas implicações no ambiente e vice-versa.

A despeito de toda a transformação que as novas tecnologias e as neurociências podem causar em sua estrutura, o Direito não pode admitir a inércia das únicas ciências humanas com a finalidade de estabelecer a ordem comportamental dos seres humanos, com o intuito da própria sobrevivência da espécie. Decerto as regras, as legislações em nenhum momento, circunstâncias.

²⁷⁸ MYERS, David - **Introdução à Psicologia Geral**, p. 127.

Los avances que se han producido en el campo científico en las últimas décadas que han perfeccionado las técnicas médicas de manera extraordinaria, ha supuesto grandes mejoras en el mundo del Derecho ya que cada vez son más precisos e rigurosos los auxilios técnicos prestados por los expertos en medicina a los jueces, lo que permite llegar a soluciones jurídicas más justas. Piénsese, por ejemplo, como las pruebas relativas al ADN, de las que se predica una fiabilidad superior al 98 por ciento, son herramientas fundamentales en los procesos civiles de determinación de filiación y en las tareas de identificación de culpables y víctimas en los procesos penales²⁷⁹.

Tem como função ser espelho da civilização, de uma escolha de viver em comunidade, sociedade, ou seja, um conjunto de regras com dimensão comportamental, e com tendência de um comportamento universal com base na globalização dos povos, quer seja de forma física ou virtual.

O Direito não poder ser uma ciência isolada e independente, uma vez que sua finalidade precípua é estabelecer a homeostase entre todas civilizações existentes no planeta Terra.

Novas técnicas de estudo da estrutura e funcionamento do cérebro ensejaram em revolução do conhecimento existente, que trazem características importantes para o contínuo desenvolvimento científico, e por si provocam uma transformação nos alicerces de outras ciências. Tais implicações podem de início parecer niilismo científico, no entanto, por mais que provoquem reestruturação e quebra de paradigmas, projetam as ciências para bases mais sólidas. “Pues bien, la neurociencia no se queda atrás. Los avances en los estudios sobre el cerebro están queriendo aplicarse también al campo jurídico de los dos modos siguientes: mejor determinación de la responsabilidad criminal en el caso de que ésta pueda verse limitada por la posible existencia de problemas o disfunciones cerebrales; mediante la aplicación de las nuevas técnicas los procesos, en especial en el ámbito criminal”²⁸⁰.

a) Pletismógrafo

Trata-se de um aparelho capaz de registrar as respostas sexuais mediante a estímulo visuais e ou auditivos. É uma medida objetiva com a finalidade de medir compulsividade sexual em termos de preferência, é capaz de reconhecer as preferências sexuais de um homem, se heterossexual ou homossexual, também possibilita o reconhecimento de transtornos sexuais, patologias, parafilias, desvios sexuais, com base em padrões de respostas estabelecidas através da excitação sexual.

²⁷⁹ LOPEZ, Maria Luisa Villamarí - **Neurociencia y detección de la verdad y del engaño en el proceso penal: El uso de escáner cerebral (fMRI) y del brainfingerprinting**, p. 80.

²⁸⁰ *Idem, ibidem*.

Atualmente, é utilizado pelos Estados Unidos e Reino Unido com a finalidade de tratamento de delinquentes sexuais.

b) Polígrafo

Em 1971, Jonh Lonas, considerado o pai do polígrafo, criou-o com a intenção de detectar as alterações na pressão sanguínea, pulsação e respiração, e o instrumento tinha a função de detectar a mentira em um indivíduo.

O polígrafo, desde sempre, esbarrou em diversos obstáculos para ingressar com o que se denomina um detector de mentiras, e o principal estaria centrado na questão de que vários fatores externos poderiam provocar as alterações internas captadas pelo aparelho, tornando-se, assim, uma ameaça aos alicerces da justiça.

Na atualidade, muitos países aderiram ao uso do polígrafo nas declarações, testemunhos, na contratação de funcionários, etc. Obviamente, cada país segue sua própria regulamentação e aplicação de uso, aceitando em todo ou em parte.

Em se tratando do Direito, seu uso tem-se marcado pela aplicação em Direito processual Penal por alguns países, tais como: Estados unidos; Índia; Itália; França; Reino Unido; Finlândia; Grécia e Espanha²⁸¹.

c) *Facial Action Coding System* -FAC'S

Em 1954, Paul Ekman volta-se para o estudo do objetivo de captação das expressões faciais, corporais e gestos. Todavia, foi em 1963 que direcionou seus estudos para casos clínicos que estariam diretamente relacionados com a mentira. Para tanto, fazia uso de câmera de vídeo, gravando a conversa com os indivíduos para posterior análise, e seu intuito era observar as microexpressões da face que eram contraditórias com a fala dos pacientes.²⁸²

Já 1978, Ekman juntamente com Wallace, sendo posteriormente revisado por Joseph G. Hager, criaram e validaram o método. A pesquisa teve um salto gigantesco, aprimorando capacidade de captação, interpretação das expressões faciais, denominadas de macro ou normal, sendo possível a percepção das microexpressões, acarretando um lapso temporal entre macro/normal e a microexpressão. Uma vez que Ekman desenvolveu treinamento para a *Transportation Security Administration* (TSA), a *Central Intelligence*

²⁸¹ LÓPEZ, *op. cit.*, p. 63.

²⁸² PAUL Ekman Group. Disponível em: <https://www.paulekman.com/about/paul-ekman/>. Acesso em 25 de out. 2020.

Agency (CIA) e *Federal Bureau of Investigation* (FBI.), atualmente disponibiliza cursos de treinamento *online* para público em geral²⁸³.

Nas palavras de Ekman: “Existem dois tipos de expressão facial, macro ou normal – expressão que aparece e some do rosto normalmente entre dois e cinco segundos – e a microexpressão, a qual aparece e some do rosto em 1/25 segundo. Agora, se você utilizar câmera lenta ou travar a imagem da microexpressão ela se parece muito com a expressão normal, mas se for comprimida no tempo, é tentativa de esconder o verdadeiro sentimento”²⁸⁴. (Tradução livre).

Assim, o *Facial Action Coding System* (FAC’S) é um instrumento que permite a identificação das emoções em ação, ou seja, uma codificação da ação da face permite a junção de resultados e a reorganização na estrutura e funcionamento, pois facilita a identificação das emoções em unidade de ação, possibilitando categorizar comportamentos mediante a contração muscular que está diretamente ligada pela concordância frequência-intensidade do movimento na face. Pode ser aplicado em uma variedade que vão desde diagnósticos de patologias até a descoberta da mentira, abrindo caminho para um novo mundo no Direito Processual Penal²⁸⁵.

O sistema de codificação estruturado no FAC’S envolve ação muscular da face concomitante com o movimento da pele. Sua interpretação pauta-se em um número e um nome estipulado. O sistema de aprendizagem é realizado por meio de seções, como exemplo, a primeira é responsável pelas mudanças na aparência de maior relevância e assim segue com refinamento nas demais movimentações faciais. Oportuno mencionar que a medição de intensidade é de suma importância a cada descrição.

Em 2009, Armino Freitas Magalhaes, após dez anos de estudos, pautado nas pesquisas do FAC’S, cria o Neuro FAC’S. Atualmente Magalhães apresentou em 2019, na *Annual Convention da American Psychological Association* em Chicago, o que denomina a Inteligência Facial, a qual se trata de sua nova descoberta, possibilitando a compreensão das expressões faciais, e sua antecipação, por meio do sistema que desenvolveu²⁸⁶.

²⁸³ PAUL Ekman Group. Paul Ekman. Disponível em: <https://www.paulekman.com/about/paul-ekman/>. Acessado em: 25 de out. 2020.

²⁸⁴ “There are two kinds of face expression macro or normal expression which comes on and off the face usually in two to five seconds, and a micro expression which goes on and off in 1/25 second. Now, if you use slow motion or freeze frame a micro expression looks just like a normal expression but if been compressed in time is the tent to conceal true feeling.” PAUL Ekman Group. Disponível em: <https://www.paulekman.com/resources/micro-expressions/>. Acesso em 25 de out. 2020.

²⁸⁵ MAGALHAES, A. Freitas. - **Facial Action Coding System 3.0 - Manual de Codificação Científica da Face Humana**, p. 58.

²⁸⁶ MAGALHAES, *op. cit.*, p. 59.

Nesta via, Magalhães traz ao mundo contemporâneo a Inteligência Facial, que consiste em uma forma de monitorar os próprios movimentos faciais, disponibilizando recursos para o diferenciar, mensurar e fazer uso das informações coletadas, visando orientar nossos pensamentos, emoções e, conseqüentemente, nossas ações. E sinaliza: “É verdade que há códigos genéticos que funcionam como marcadores genéticos de vestígios faciais, e que permitem que a comunicação de uma mensagem seja entendida e partilhada”²⁸⁷, sugestionando implicitamente para uma nova abordagem de detecção da verdade/mentira, emoções e sentimentos reais, bem como das ações dos indivíduos, podendo estabelecer uma previsão sobre essa última.

Em uma nova versão, Magalhães apresenta o NeuroFACS e propõe que a sustentabilidade teórica dada ao NeuroFACS parte do princípio de que nossas emoções foram evoluindo com o cotidiano e se adaptando ao contexto ambiente externo, o qual, por sua vez, é ativada mediante a emoção. Em suas palavras: “A emoção plasmada no NeuroFACS 3.0 é activada nos circuitos cerebrais, e implica a lateralização, as emoções positivas são mediadas pelo hemisfério esquerdo e as negativas pelo direito, a eferência, o programa de emoção implica expressão distinta através do movimento muscular facial e o feedback facial que se refere às dimensões proprioceptivas, cutâneas e vascular da expressão facial, e que vai influenciar a emoção”²⁸⁸.

Como menciona Magalhães, “a face é um palco do cérebro”²⁸⁹, e, mais uma vez, inova apresentando o *Face in the mirror: Psychological Effects positive and Negative Facial Expressions*, o qual se refere aos pilares do NeuroFACS, consistindo em três variáveis do seu sistema que são: gênero, idade e o contexto²⁹⁰.

d) Eye Tracking

É um rastreador ocular, uma técnica que utiliza coleta de dados sob a percepção cognitiva e comportamento, ou seja, é utilizada para captação de imagem do ambiente externo por meio da percepção visual. No sistema de captura do momento do olhar, que é a medida da reflexão da luz infravermelha com a medida do ponto de visão em relação à cabeça, capta-se o movimento do olho²⁹¹.

²⁸⁷ *Idem*, p. 59.

²⁸⁸ *Idem*, p. 45.

²⁸⁹ *Idem*, p. 47.

²⁹⁰ Quem tiver o interesse em conhecer mais sobre o sistema, visitar o site: <http://www.facs3.pt>.

²⁹¹ CALVO, Jesús Castro *et al.* **Uso y utilidades clinicas del pletismógrafo em la evaluacion de la respuesta sexual masculina: ejemplificacion a partir de três casos**, p. 235.

Existe um número muito vasto de rastreadores oculares voltados para aplicação neurocientífica, pois possibilita medir a exploração visual, por meio da captação de dados que ocorrem, tais como sacada, microssacadas, ponto de fixação do olhar, tempos de fixação do olhar. Com os dados coletados pelo *Eye Tracking*, torna-se possível prever e estabelecer a cognição do indivíduo, diante do que ele está a observar²⁹².

A utilização dos sinais captados também pode servir de base para planejamento estratégico de *neuromarketing*, cuja finalidade seja direcionada para a captação de clientela.

e) *Brainfingerprinting*

Consiste na impressão digital do cérebro, considerado um método científico de se conhecer a verdade, e sua finalidade é sequenciar os fatos ocorridos em um crime, possibilitando localizar onde estão os registros que podem confirmar autoria ou inocência de um indivíduo.

O meio pelo qual a tecnologia chega às respostas com 99% de acertabilidade se dá via medição das respostas por ondas cerebrais, sendo responsiva às palavras, sons e imagens que são projetadas na tela de um computador, e essa tecnologia permite captar dados específicos armazenados no cérebro, que ao receber informações de relevância fornece informações sobre o que o indivíduo está pensando.

O case “Harrington”²⁹³, em 2003, foi responsável pelo primeiro reconhecimento legal do teste de impressão digital do cérebro. Dr. Farwell realizou os testes com Harrington, pelas técnicas e aparelhos MEMER e P-300, este último com ampla aprovação de cientistas no mundo inteiro.

Dr. Farwell traz em seu depoimento a relevância dos avanços tecnológicos, que, por sua vez, podem colaborar para uma justiça mais célere, com menos gastos de tempo e dinheiro, possibilitando ao juiz decisões pautadas em subsídios com índice de veracidade muito próximo

²⁹² **BRAIN support:** Como funciona e quais são os tipos de Eye Tracking. Disponível em: <https://www.brainlatam.com/blog/como-funciona-e-quais-sao-os-tipos-de-eye-tracking-485>. Acessado em: 20 de Nov. de 2020.

²⁹³ Terry Harrington, foi condenado em 1977, ainda com 17 anos a prisão perpétua por assassinato do Capitão da Polícia aposentado, que trabalhava de guarda de segurança. Os alibis apresentados por Harrington eram condizentes com os das testemunhas de defesa. Porém, uma única testemunha de acusação, Kevin Hughes, com 16 anos na época, apresentou um testemunho diverso, que acarretou a condenação de Harrington. Ao cumprir 19 anos de prisão, entrou com pedido ao Tribunal do Distrito de Iowa, solicitando alívio pós-condenação com várias alegações, somente no ano de 2000, e realizou alterações no seu pedido acrescentando os testes de Brain Fingerprinting, realizado por Dr. Larry Farwell e sua equipe, utilizando dos recursos tecnológicos da P-300 e MERMER. Os testes apresentaram contradições entre os fatos constantes no processo com os registros cerebrais de Harrington. Ao ser confrontado, a testemunha de acusação admitiu que havia mentido em seu testemunho. Assim, pautado nas evidências apresentadas pelos registros armazenados no cérebro do acusado, e estes não continham detalhes da cena do crime, junto com retratação da única testemunha de acusação, e o Estado de Iowa, antes que a Suprema Corte do Estados Unidos se manifestasse, resolveu indenizar Harrington e o acusado de co-autoria em US \$ 12 milhões, após o cumprimento de 24 anos da pena. FARWELL, Larry- **Farwell Brain Fingerprinting**, n. p.

de 100% de confiabilidade. Assim, aduz que: “Acredito que a admissão nos tribunais dos resultados de testes de impressão digital cerebral é um marco na ciência forense. Pessoas inocentes têm uma nova tecnologia para ajudar na exoneração, e as forças da lei têm uma nova arma contra os autores. No futuro, podemos usar essa tecnologia para descobrir a verdade desde o início. Isso salvará suspeitos inocentes de uma investigação e julgamento traumáticos, e potencialmente por falsas condenações e punições. Ao permitir que a aplicação da lei se concentre nos autores reais, também economizará tempo e dinheiro na aplicação da lei” ²⁹⁴.

f) *Brain Derived Neurotrophic Factor- BDNF*

Consiste em uma técnica de *neurofeedback*, sendo uma forma específica de neurobiografia. Pauta-se na neuroplasticidade dos seres humanos em modular o funcionamento cerebral, realizado via aprendizado-cognitivo, novos hábitos para substituir os não desejados.

O treinamento pode alterar os sinais neuronais e a sinapse onde o hábito antigo é trocado por um novo mediado por mecanismo das funções neurológicas. A avaliação e acompanhamento giram em torno de aumentar e direcionar o fluxo sanguíneo no cérebro para determinar a sua região. E com o aumento da atividade cerebral em áreas específicas, melhorando e, assim, a performance.

g) *Brain Olectrical Oscillations Signature Test – BEOS*

O BEOS é uma técnica desenvolvida por Champadi Ramon Mukundan, neurocientista indiano, com capacidade de medir a oscilação elétrica do cérebro durante estímulo de uma lembrança de determinado momento, que só pode ser acionado se houver ocorrido uma experiência prévia com o contexto factual. O sistema BEOS é constituído de eletroencefalograma, vídeo integrado e *software* de computador²⁹⁵. O sistema criado por Mukundan possui semelhanças com métodos desenvolvidos por Dr. Farwell, Rosenfeld e Donchin no *Brainfingerprinting*

A principal vertente do sistema pauta-se em ondas que estimulam o cérebro visando ir ao encontro de circunstâncias factuais, objetivando alcançar respostas vinculadas ao conteúdo estipulado nas ondas elétricas. Utiliza-se de dois tipos de ondas: auditivas e visuais.

A impressão digital do cérebro traz o processamento de codificação da memória com duas características específicas: primário – diz respeito à participação direta do indivíduo em um evento ou tarefa do qual tenha efetivamente participado, está profundamente constituído na génese da memória, e tem como marcadores os elementos de tempo, espaço, uma vez que determinado acontecimento marca o indivíduo; o secundário – trata-se de dados, informações

²⁹⁴ FARWELL, Larry- *Farwell Brain Fingerprinting*, n. p.

²⁹⁵ GIRIDHARADAS, Anand - *India's use of brain scans in courts dismays critics*, n. p.

de memória obtidos por fontes não diretamente vinculadas ao evento pesquisado, tais como: conversas, fofocas. Nesta última não tem o componente da experiência, portanto os sinais elétricos são distintos²⁹⁶.

Por essa via, dois fatores de processamento são determinados por estímulos da memória: reconhecimento do ambiente externo disponibilizado sensorialmente mais rápido para lidar com as intercorrências externas, e o fator experiência – concerne ao conhecimento de mundo individual, ambos detectáveis pelo sinal de VIZ (Registro sensorial da atenção diante da detecção de um estímulo). Os objetivos da técnica visam exonerar o inocente²⁹⁷, identificar o autor do crime e diferenciar o tipo de autoria.

Oportuno ressaltar que existem inúmeros pré-requisitos²⁹⁸ para utilização do teste da assinatura digital cerebral na Índia e, dentre eles o mais crucial é o aceite do suspeito em realizar o teste. Uma vez que, se realizado sem a permissão dele, configura desrespeito aos direitos humanos.

A forma como vem a estabelecer e declarar se inocente ou culpado classifica-se quando: a) se é acionada a cor *vermelha*, a pessoa é culpada; b) se a luz *verde* acende, inocente, c) se a cor for *azul*, a pessoa pode saber de alguma informação, porém não está totalmente familiarizada com o contexto ou situação apresentada²⁹⁹.

Nesse contexto, sob a ótica do Direito Penal, a suprema Corte da Índia, no “case” Selvi vs. State of Karnataka, no ano de 2010, decidiu em Recurso Criminal sobre a utilização do BEOS e Polígrafo. A defesa solicitou o reconhecimento do uso de novas técnicas, uma vez que havia o expresse consentimento do acusado, que novas técnicas visavam corroborar as fases, desde a investigativa até a prolação da sentença³⁰⁰. A acusação arguiu descumprimento ao preceito contra autoincriminação.

²⁹⁶ PRAPATI, Nishra - **Brain Oscillations signature Profiling (BEOS)**, n.p.

²⁹⁷ No ano de 2010, na Índia, Juiz da Suprema Corte, decidiu no “case”.

²⁹⁸ **Sobre o funcionamento do Sistema Operacional do BEOS:**

a) Uma imagem / palavra é mostrada a um indivíduo.

b) Se for conhecido ou familiar, ele acionará o neurônio do cérebro.

c) O disparo de neurônios irá gerar ondas cerebrais (P 300).

d) Devido à geração de ondas cerebrais, o potencial elétrico é acumulado no cérebro.

e) Uma engrenagem hidromel é equipada com elétrodos colocados no couro cabeludo do indivíduo.

f) O couro cabeludo ERG EEG mede as ondas cerebrais.

g) A medição das ondas cerebrais gera sinais analógicos que são amplificados em um amplificador de EEG.

h) Os sinais analógicos que são amplificados são estudados usando um programa de computador para determinar se o indivíduo é culpado / inocente. PARMAR, V.; MUKUNDAN, C. R. - **Brain Electrical Oscillation Signature Profiling (BEOS)**, n. p.

²⁹⁹ PRAPATI, Nishra - **Brain Oscillations signature Profiling (BEOS)**, n. p.

³⁰⁰ BENCH, K. B. I. *et al.* - **Supreme Court of India Selvi & Ors vs State Of Karnataka**, n. p.

O Juiz proferiu a sentença adentrando, de início, na questão aventada sobre o direito contra autoincriminação “trata-se de um artigo humano, garantia, dignidade, integridade e de inviolabilidade da pessoa, não podendo se transformar o sistema adversarial em sistema inquisitorial, uma vez que é resguardado como substância do processo” ³⁰¹. E, ainda, que tal direito deve ser interpretado sob ótica de múltiplas dimensões “os resultados dos testes impugnados são resultados de ato testemunhal”, a técnica em questão é o uso BEOS e polígrafo, “tratando-se de um ato evidentemente testemunhal” ³⁰², sendo que as respostas obtidas são avaliadas com base nas manifestações cerebrais dos indivíduos, que, por sua vez, não estariam nos depoimentos dos investigados.

Dentre suas argumentações, apontou-se que as respostas das novas tecnologias e técnicas condizem com respostas fisiológicas que contrariam o estado normal de uma pessoa. Todavia, se o uso da técnica se dá de forma voluntária do acusado e atende a todos os pré-requisitos legais estabelecidos pela Comissão Nacional de Direitos Humanos, não seria uma violação da Constituição indiana. Assim, não houve decisão que proibisse o uso de tais tecnologias, desde que exista o livre consentimento pelo indivíduo que irá realizar o teste³⁰³.

Damásio, em seu livro “O cérebro criou o homem”, foca na consciência e seus aspectos determinantes

Chegará o tempo em que a questão da responsabilidade humana, em termos morais gerais e nos assuntos da justiça e sua aplicação, levará em conta a ciência da consciência que hoje se desenvolve. Talvez essa hora tenha chegado. Com ajuda da deliberação reflexiva e de ferramentas científicas, a compreensão da construção neural da mente consciente também adiciona uma dimensão útil à tarefa de investigar como se desenvolvem e se moldam as culturas, o supremo produto dos coletivos da mente consciente. quando debatemos sobre os benefícios ou perigos de tendências culturais e de avanços como a revolução digital, pode ser útil ter informações sobre como nosso cérebro é flexível com a consciência. Por exemplo, será que a globalização progressiva da consciência humana ensejada pela revolução digital manterá os objetivos e princípios da homeostase básica, como faz a atual homeostase sociocultural? Ou será que ela se desprenderá desse cordão umbilical evolucionário, para o bem ou para o mal?³⁰⁴.

O desenvolvimento tecnológico cresce de forma exorbitante no cenário mundial. Nessa via, para findar o presente trabalho, faz-se jus mencionar a invenção que já está em nosso cotidiano e que mudará de fato o mundo real e o mundo virtual.

h) *Halo Sport*

³⁰¹ GOEL, Shivangi - *Smt selvi & Ors vs. State of Karnataka*, n. p.

³⁰² BENCH, K. B. I. *et al. op. cit.*, n. p.

³⁰³ LÓPEZ, María Luisa villamarí - *Neurociencia y detección de la verdade y del engano em el processo penal: El uso de escáner cerebral (fMRI) y del brainfingerprinting*, p. 104.

³⁰⁴ DAMÁSIO, Antònio R. E. - *O cérebro criou o homem*, p. 46

Consiste em um fone que tem acoplado estimulação no cérebro, denominada a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS)³⁰⁵, e sua finalidade pauta-se em ampliar a capacidade motora das pessoas. O tDCS possui estímulo bihemisférico aumentando o desempenho dos atletas com um percentual elevadíssimo, como exemplo: em ciclista de 17%; tarefa de velocidade e precisão no piano 30%; no aprendizado motor de controle até 60%, corrida em 15%; força muscular em 20%³⁰⁶.

O fone serve como técnica de melhoria do potencial humano em desempenho de exercício físico, dada sua capacidade de modular amplamente a capacidade cerebral³⁰⁷. Nas Olimpíadas, no Brasil, em 2016, alguns atletas fizeram uso da tecnologia (Mikel Thomas e Hafsatu Kamara), para obter melhoras no desempenho³⁰⁸.

O mundo contemporâneo tem oferecido uma enorme gama de vantagens aos indivíduos, porém, decerto, ter-se-á que avaliar e compreender todas as questões que envolvem a utilização de tais técnicas, produtos, para poder planejar um regramento que mantenha o equilíbrio social em todos seus aspectos.

i) Inteligência Artificial (AI)

O introito dos primeiros passos da inteligência artificial tem-se marcado o ano de 1943, sendo a primeira vez em que se ouviu falar em rede neural, mencionado pelo neurofisiologista Warren McCulloch e o matemático Watters Pitts, que citaram em um artigo a possibilidade de estruturar todo funcionamento do raciocínio humano e um modelo matemático que seria o espelho do Sistema Nervoso³⁰⁹.

A Inteligência Artificial, em um conceito sintetizado, consiste em um sistema de computador (*software*), que usa como métrica o comportamento humano, replicando-o no sistema, gerando autonomia, aprendizado e adaptação do sistema, podendo ser por aprendizado supervisionado, não supervisionado e considerado terceiro aprendizado de máquina o reforço e/ou profundo³¹⁰.

³⁰⁵ WATERS, Metenier S; HUSAIN M, WIESTLER T. et. al. - **A estimulação transcraniana por corrente contínua bihemisférica aumenta as representações independentes do efector da sinergia motora e do aprendizado de sequência**, n. p.

³⁰⁶ HALO Sport. Disponível em: <https://www.haloneuro.com/>. Acessado em: 12 de Jan. de 2020.

³⁰⁷ **ATLETAS olímpicos estão usando o halo sport como preparação par Rio 2016**. Disponível em: <https://canaltech.com.br/produtos/atletas-olimpicos-estao-usando-o-halo-sport-como-preparacao-para-o-rio-2016-74713/> Acesso em 13 de Jan. de 2020.

³⁰⁸ **ATLETAS olímpicos estão usando fone que otimiza o cérebro para treinos**. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/voxel/107748-coreia-do-norte-utiliza-modern-warfare-3-em-propaganda-militar.htm>. Acessado em: 13 de Jan. de 2020.

³⁰⁹ **INTRODUÇÃO ao aprendizado de máquina**, n. p.

³¹⁰ **DEEP LEARNING BOOK - O que é aprendizado de reforço**, n. p.

A partir daí, houve um crescimento exponencial do que se denomina Inteligência artificial. Em 1950, Claude Shannon apresenta sua criação, uma máquina capaz de jogar xadrez, pautada em cálculos matemáticos simples. Mas é Alan Turing, considerado o pai da AI, que desenvolve uma máquina com a intenção de que esta pudesse ser capaz de passar-se por um ser humano, o então conhecido Teste de Turing (jogo da imitação)³¹¹.

Todavia, o grande salto da AI ocorreu em 1997, quando, por meio de aprendizado de máquina, o campeão de xadrez Garry Kasparov perdeu rodadas do jogo para um computador, o *Deep Blue*. O computador era capaz de, por meio de métodos matemáticos, calcular possibilidades, prever respostas e, ainda, sugerir a melhor movimentação no jogo³¹².

Como menciona Robert A. Buton:

Usando o neurônio biológico e as suas conexões como modelo, cientistas de AI conseguiram construir redes neurais artificiais (RNAs) capazes de jogar xadrez e pôquer, ler nossos rostos, reconhecer a fala e recomendar livros (...). Enquanto programas-padrão de computador funcionam linha a linha, sim ou não, com todas as eventualidades programadas com antecedência, as RNAs baseiam-se em programas matemáticos que, inicialmente, não possuem nenhum valor específico. Os programadores só fornecem as equações; é a informação entrante que determina como as conexões são formadas e qual será a força de cada uma com relação a todas as outras conexões e ou ponderação. Não há solução previsível para um problema, em vez disso, quando uma conexão muda, todas as outras mudam também. Essa interrelação mutante é a base para o aprendizado³¹³.

Destarte, existem duas Subáreas da AI: a) *Machine Learning* (ML), que consiste em abordagem de problemas específicos, onde os computadores apreendem com as respostas que lhes são apresentadas, tendo como função a predição pautada em métodos matemáticos, algoritmos, que se perfazem com treinamento, histórico de dados do sistema.³¹⁴; b) *Deep Learning* (DL), é uma espécie de *Machine Learn*, capaz de treinar computadores com capacidade de fala, previsões, identificação de imagem (Ex: FAC'S). Sua soberania está contida na capacidade do sistema de configurar, via formato simples, sobre os dados e treinar o computador para que possa realizar o aprendizado sozinho, sem a ingerência de seres humanos, pautado em reconhecimento de padrões³¹⁵.

O filme *Lucy*, embora seja uma ficção científica francesa, lançado no ano de 2014, traz algumas semelhanças com o desenvolvimento de projetos neurocientíficos, com objetivo de construir um cérebro artificial, espelhando o cérebro humano, por meio de um sistema de

³¹¹ O que é Inteligência Artificial, n. p.

³¹² KULLIAN, Raissa. Como transformar AI em uma ferramenta ou produto de negócios, n. p.

³¹³ BURTON, Robert A. Sobre ter certeza: como a Neurociência explica a convicção, p. 120.

³¹⁴ INTRODUÇÃO ao aprendizado de máquina, n. p.

³¹⁵ DEEP Learn: o que é e qual sua importância, n. p.

software. Na trama do filme, a personagem principal, Lucy, é envolvida no transporte (cápsulas ingeridas) de uma nova droga sintética (CPH4). No desenrolar da trama, uma das cápsulas se desfaz no organismo de Lucy, favorecendo-a com habilidades sobre-humanas, tais como: telepatia, telecinese, eletrocinese, viajar no tempo e capacidade exponencial de adquirir conhecimento. Ao atingir 100%, a capacidade cerebral se desintegra, virando um sistema capaz de estar em todos os lugares³¹⁶.

Apontamentos da equipe do *Human Brain Project* (HBP) faz menção ao propósito das pesquisas e sua magnitude para ciências: “A neurobiologia avançou dramaticamente nas últimas décadas, permitindo o estudo do cérebro de vários ângulos - genético, molecular, morfológico, fisiológico e computacional - embora apenas tenhamos começado a desvendar alguns dos mistérios que encerra, já que o salto de uma disciplina para outra é gigantesco e pouco explorado. Por essas e outras razões, vários projetos multidisciplinares surgiram em escala global nos últimos anos, incluindo o Blue Brain Project, o Cajal Blue Brain Project e o Human Brain Project (HBP)”³¹⁷.

Em se tratando de avanço tecnológico, Neurociência e a necessidade de inserção do Direito nesta nova seara, oportuno mencionar o *Project Blue Brain* (PBB) e o *Human Brain Project* (HBP)³¹⁸, os quais consistem em projetos multidisciplinares, interdisciplinares e transversais, com objetivo de construir um sistema de computador capaz de simular o cérebro humano em sua estrutura e funcionamento, com data prevista para finalizar o projeto no ano de 2023³¹⁹.

“Em que consiste o HBP é um projeto da área neurocientífica, que possui atualmente financiamento da União Europeia. Seu objetivo é o aprimoramento do conhecimento que gira em torno do cérebro humano. HBP está construindo uma infraestrutura e inúmeras pesquisas científicas que possam corroborar nos avanços da Neurociência, Medicina e Tecnologia da Computação, desenvolvendo sistemas de AI, robótica. O início do projeto data o ano de 2013, e atualmente há mais de 800 cientistas espalhados, em média, em 100 Universidades, hospitais, Centros de pesquisas por toda Europa. E ainda conta com a colaboração de países associados. (Tradução livre)”³²⁰.

³¹⁶ SIQUEIRA, Graça Vignolo de - **Resenha do filme Lucy**, n. p.

³¹⁷ EUROPEAN Commission Shapping europe's digital Future. **Human Brain Project (HBP) Flagship**, n. p.

³¹⁸ **PROJETO Blue Brain: Um mapa cerebral**, n. p.

³¹⁹ **CAJAL Blue Brain: Any man can Be, if the wants, sculptor of this ow brain**, n. p.

³²⁰ The HBP is a major initiative in the field of neuroscience, funded by the European Union (EU), that aims at gaining a better understanding of the human brain. The project is designing and building a research infrastructure to help advance neuroscience, medicine and computing to enable a better understanding of brain diseases and develop new digital tools inspired by the brain (e.g., Artificial Intelligence systems or robotics). This 10-year project began in 2013 and directly employs more than 800 scientists at more than 100 universities, teaching

Na atualidade a AI está por todos os cantos, no celular, no computador, em sensores, e tem migrado por todas as áreas científicas, inclusive na Justiça, há migração das cortes judiciais, visando à transformação de processos físicos para virtuais, por meio de programas capazes de transformar imagens em textos. Muitos tribunais estão fazendo uso da tecnologia para diminuir as controvérsias judiciais. Ademais, a AI já chegou aos escritórios de advocacia, possibilitando a previsão de sentenças de um determinado juiz e ou tribunal.

Por fim, estamos diante da necessidade iminente de disrupção dos moldes antigos para um admirável mundo novo.

hospitals and research centers across Europe and countries associated to the EU funding programme, Horizon 2020. **Human Brain Project Open Day 2020**. Disponível em: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/human-brain-project-open-day-2020>. Acessado em: Mar. de 2020.

CONCLUSÃO

O admirável mundo novo com toda sua relatividade aponta para algo verdadeiro e certo, o não pertencimento da inércia nesse novo contexto. O simples fato de ficar parado é um imenso retrocesso, sob o ponto de vista de que o tempo imprime sua verdade.

Realizar a transversalidade entre ciências foi como navegar em mares austeros. Assim, como meio de nortear a presente pesquisa, adotamos o Estado da Arte como ponto de partida, que sinalizou quantitativamente sobre a produção acadêmica na interface entre Direito, Neurociência e Tecnologia, e nessa abordagem restou consignado como baixa em produção, bem como, consequentemente, ínfima demanda sobre o tema.

No entanto, sob a égide da importância para estabelecer conhecimento mais profícuo sobre os impactos gerados no comportamento social refletindo diretamente no Direito, ter-se-á como melhor caminho o Estado da Arte como pré-requisito de investigação científica, demonstrando com facilidade, que coleta de dados, realizada por meio de recursos tecnológicos e acessíveis aos pesquisadores, e o percentual numérico das obras e quantas vezes foram citadas e em qual universo de pesquisa foram, corroborando para uma elaboração acadêmica de cunho mais contemporâneo e adequada ao comportamento social do presente, com foco na previsão dos acontecimentos futuros, observando, sem sombra de dúvidas, as matrizes históricas no cenário de transformação contínua no qual nos encontramos.

De acordo com os resultados apresentados, podemos inferir a necessidade de se pesquisar, debater o tema com mais robustez na academia, visando analisar a possibilidade de interação entre as ciências em questão e, principalmente, de previsão para incluir no Direito as demandas do comportamento social iminente.

A desmistificação de conhecimentos de décadas com relação ao funcionamento do cérebro humano, estrutura do sistema nervoso, gerou uma enorme ruptura em diversas áreas científicas. A Neurociência com a descoberta da sinapse revolucionou toda estrutura da Medicina, Linguística, Direito, Psicologia, Psiquiatria, etc., ou seja, sua compreensão passou a ser primordial para qualquer área científica.

A compreensão da aprendizagem se solidifica por meio da linguagem conduzindo o indivíduo para o conhecer, pensar e a se comunicar. E, ainda nesse contexto, a importância do nosso sistema sensorial (tato, olfato, paladar, visão e audição), em contato com ambiente externo, na evolução do ser humano (cérebro), gerando mais uma quebra de paradigma nas questões filosóficas do Direito referentes a corpo/alma.

Uma vez que se conservaram evidentes na evolução histórica do estudo do cérebro as influências de diversas ciências até a chegada da Neurociência— e muitos conceitos e teorias foram desacreditados, com base em novas descobertas que impregnaram a interdependência do organismo com ambiente externo, ou seja, para evolução da espécie humana —, torna-se imprescindível o estudo, conhecimento e dissiminação dos sistemas dos sentidos para compreensão da estrutura, funcionamento e desenvolvimento do cérebro, refletindo diretamente no comportamento humano.

Nessa tessitura, um dos pontos de discussão Neurociência x Direito, ter-se-á o livre-arbítrio. Os debates e questionamento, ao circundarem o livre-arbítrio, recaem em se seríamos livres ou não no processo de tomada de decisão, já que a experiência de Libet, posteriormente foi reconfirmada, sob apenas um quesito tempo de reação e decisão. Oportuno questionar se tal experiência preenche os requisitos relacionados às demandas do Direito nessa seara de tomada de decisão. E, principalmente, aprofundar o conhecimento nas questões que envolvem, não só o potencial motor de ação, mas também o potencial de ação dos neurônios e como eles efetivamente funcionam.

No que concerne à literatura neurocientífica sobre o tal ponto em questão, os neurocientista são bem cautelosos em fazer afirmações que têm sido abordadas nos ramos do Direito (Neurodireito), pois envolvem muitas questões que devem ser avaliadas sob a luz pluridisciplinar entre as ciências envolvidas, bem como avaliar com precisão os aspectos contextuais particulares e coletivos (sociedade) entre tantos, para que se possa afirmar, emitir um parecer científico, com a finalidade de colaborar, de fato, para o aprimoramento do Direito enquanto uma ciência voltada a regular comportamentos.

Nesse conduto, a tecnologia propiciou à Neurociência mapeamento cerebral, permitindo a visualização em tempo real das áreas que são ativadas no cérebro, mediante os estímulos externos, o que possibilitou o encontro da verdade com a mentira, uma vez que se encontram em áreas distintas do cérebro. E não parou por aí, com o crescimento exponencial tecnológico criaram-se cenários que têm possibilitado o espelhamento do cérebro humano e um sistema de *software* cérebro artificial.

O Direito tem enfrentado demandas inéditas, geradas pela interface com outras ciências, com avanço tecnológico, globalização associada à robustez veloz do comportamento humano. Contudo, far-se-á necessária a retroalimentação contínua, visando atender a demandas sociais. Inescusavelmente o universo não fica parado diante do amanhã de ontem, o qual não se repetirá.

Longínquo o fim das questões que geram infindáveis discussões no Direito, e não resta dúvida de que o cérebro é o órgão mais importante no ser humano, sendo responsável pela função de governar nosso organismo e comportamento, e ainda comunicação. A tecnologia apodera-se dos conhecimentos neurocientíficos e inicia o desenvolvimento de sistemas que simulam, em grande escala, o cérebro humano, como Projeto HBP, que com uma perspectiva de contribuição interdisciplinar e internacional tem objetivo de desenvolver novas tecnologias que possam aprofundar conhecimento sobre o cérebro, revestindo de grande importância nas áreas de saúde, economia, educação, política, moral e jurídicas.

A Inteligência Artificial, responsável pela evolução dos sistemas computacionais que se espelham nos seres humanos, por meio dos recursos de *Machine Learnig* e *Deep Learnig*, colabora para a criação de dados, estratégias no desenvolvimento de algoritmos, que são ferramentas do novo cenário mundial, abarcando também a influência direta em todas as ciências e comportamento humano.

A disrupção é marca do novo milênio, que não admite a inércia da única ciência humana com a finalidade de estabelecer a ordem comportamental dos seres humanos, com o intuito da própria sobrevivência da espécie. Tem como função ser espelho da civilização, de uma escolha de viver em comunidade, sociedade, ou seja, um conjunto de regras com dimensão comportamental, e com tendência de um comportamento universal com base na globalização dos povos, quer seja de forma física ou virtual.

O Direito não poder ser uma ciência isolada e, independente, uma vez que sua finalidade precípua é estabelecer a homeostase entre todas as civilizações existentes no planeta Terra.

BIBLIOGRAFIA

GERAL:

ASSUNÇÃO JUNIOR., Francisco Baptista; KUCZYNSKI, Evelyn - **Tratado de Psiquiatria da Infância e Adolescência**. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 74.

BUCHWEITZ, Augusto; BORGES MOTA, Mailce - **Linguagem e cognição: Processamento, aquisição e cérebro** (Locais do Kindle 972-973). EDIPUCRS. Edição do Kindle.

BURTON, Robert A - **Sobre ter certeza: como a Neurociência explica a convicção**, p. 120. Tradução: Marcelo Barbão. São Paulo: Blucher.

DIAS, Jorge de Figueredo - **Classicos Jurídicos**. Coimbra: Coimbra, reimp. , 2004. ISBN: 972-32-1250-1.

DIAS, Jorge de Figueredo – **O Direito penal: Parte geral - Tomo I**. Coimbra: Coimbra, 2ª Ed. (2ª reimp.), 2012. ISBN: 978-972-32-2108-4.

GRINOVER, Ada Pellegrini; LIMA, Marcellus Polastri e outros. **Verdade e Prova no Processo Penal: Estudos em homenagem ao professor Michele Taruffo**. Coordenador: Flávio Cardoso Pereira. Brasília, DF: Gazeta Jurídica, 2016. p. 232.

KANT, Immanuel - **Fundamentação da metafísica dos costumes**. Tradução Antônio Pinto de Carvalho. São Paulo: Cia. Ed. Nacional, 1964.

MARIONI, Luiz Guilherme; ARENHART, Sérgio Cruz - **Prova e convicção de acordo com CPC de 2015**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 31.

NATHAN, Johannes; ZOLLNER, Frank. **Leonardo: Obra completa de desenho**. Trad. Maria do Rosário Paiva Boléo e Francisco Paiva Boléo. Lisboa: TASCHEN Biblioteca Universalis, 2006. ISBN 978-3-8365-3745-2.

ROMANOWSKI, Joana Paulin; ENS, Romilda Teodora - **As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação**, p. 04.

SOUZA, Matheus Herren Falivene - **Estruturação linguística dos tipos penais**. São Paulo: Editora LiberArs, 2015.

TARUFFO, Michele; FENOLL. Jordi Nieva (dirs.). - **Neurociencia y proceso judicial**. Madrid: Marcial Pons, 2013. ISBN 978-1566-90-1.

TARSKI, Alfred - **A Concepção Semântica da Verdade: Textos clássicos de Tarski**. Tradução de Celso Braida, [et al.]. Mortari, Cezar Augusto e DUTRA, Luiz Henrique de Araújo. (orgs). São Paulo: Editora UNESP, 2007. p. 20.

VALENTE, Manuel Monteiro Guedes - **Os desafios do Direito (Penal) do Século XXI**. Legit edições, 2018. ISBN 978-972-8973-51-1.

VALENTE, Manuel Monteiro Guedes - **Direito Penal: Fundamentos Políticos Criminais**. Lisboa: Manuel Monsteiro Guedes Valente, 2017. ISBN 978-972-99118-

VÁZQUEZ, A. S.- **Ética**. (22ª ed.) Tradução: João Dell "Anna. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. 2020. p 21.

WELZEL, Hans - **O novo sistema jurídico- penal: Uma Introdução à Doutrina da Ação Finalista**. Tradução, prefácio e notas de Luiz Regis Prado. São Paulo: RT, 2001, p. 88.

ESPECÍFICA:

ALMEIDA, Luís Bigotte de - **Histórias da Neurociencia**. Lisboa: CLIMESI Editores, 2012. ISBN: 978-972-796-332-4.

ASSUNÇÃO JUNIOR, Francisco Baptista; KUCZYNSKI, Evelyn - **Tratado de Psiquiatria da Infância e Adolescência**. São Paulo: Atheneu, 2003.

BARKER, Roger A.; BARASI, Stephen; NEAL, Michael J. - **Compêndio de Neurociência**. Tradução Aurora Narciso Rosa. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.

BLIKSTEIN, Izidoro - **Kaspar Hauser ou fabricação da realidade**. 18º Ed. São Paulo: Contexto, 2018. ISBN 978-85-529-0071-6.

BUCHWEITZ, Augusto; MOTA, Mailce Borges. (org) - **Linguagem e Cognição: processamento, aquisição e Cérebro – Dados eletrônicos**. Porto alegre: EDIPUCRS, 2015.

BUSATO, Paulo Cesar (Organizador). **Neurociências e Direito Penal**. São Paulo: Atlas, 2014. ISBN 978.85.224.9140-7.

CALADO, Carlos. **Lições de Psiconeurologia** – Volume I. Lisboa: Abdul's Angel LDA, 2012.

CALADO, Carlos - **Lições de Psiconeurologia** – Volume II. Lisboa: Abdul's Angel LDA, 2012.

CARTER, Rita - **O livro de ouro da mente: Funcionamento e os mistérios do Cérebro Humano**. Trad. Vera de Paula Assis. Rio de Janeiro: Ediouro, 2003. ISBN 85-00-01296X.

CHOPRA, Deepak; TANZI, Rudolph E. - **Supercérebro: como expandir o poder de transformador de sua mente**. Tradução Bianca Albert e outros. São Paulo: Alaúde Editorial, 2013.

CRESPO, Eduardo Demetrio - **Neurociencia e Direito Penal: Novas perspectivas no âmbito da culpabilidade e tratamento juridico penal da periculosidade**. (livro eletrônico). São Paulo: Tirante lo Blanch, 2020. ISBN: 978.65.8609.313-1.

DAMÁSIO, Antònio R. E. - **O cérebro cria o homem**. Trad. Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2011. ISBN 978-85-359-1961-5.

DAMÁSIO, Antònio R. - **O erro de Descartes**. Trad. Laura Dora Vicente, Georgina Segurado. 3ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012. ISBN 978-85-359-2200-4.

DAMÁSIO, Antônia – **O mistério da consciência do corpo e das emoções ao conhecimento de si**. Trad. Laura Teixeira Motta: revisão técnica Luiz Henrique Martins Castro. 2 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

DEHAENE, S. - **Os neurônios da leitura**. Tradução L. Scliar-Cabral. Porto Alegre: Penso, 2012.

DOIDGE, Norman - **O cérebro que se transforma**. Tradução Ryta Vinagre. Rio de Janeiro: Record, 2011. ISBN: 978.85.01.08385-2. p. 320.

FERNANDEZ, Athaulpa; FERNANDEZ, Marly - **Neuroética, Direito e Neurociência: Conduta Humana, Liberdade e Racionalidade jurídica**. Curitiba: Juriá, 2008. ISBN: 978-85-362-1788-8.

FERREIRA, Francisco Romulo Monte, *et al* - **História e filosofia da neurociência**. São Paulo: LibersArs, 2015, ISBN 978-85-64789-68-3.

FIUZA, Ronald - **A consciência: uma viagem pelo cérebro**. Florianópolis: [s.n], 2014.

HIRSH, Lawrence, J.; BRENNER, Richard, P - **Atlas of EEG in critical care**. UK: Oxford, 2010, ISBN 978-0-470-98786-5.

KANDEL, Eric R *et al*. - **Princípios de Neurociências**. Porto alegre: AMGH, 2015.

LE DOUX, Joseph - **O Cérebro Emocional: Os mistérios da vida emocional**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. ISBN:85.7302.185-3 pp. 89-90.

LENT, Roberto – **Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 2ª ed., São Paulo: Ateneu, 2010. ISBN. 978.85.388-0102-3.

LENT, Roberto - **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018. ISBN 978.85.277.1379-5.

LIMA, José Erigutemberg Meneses de - **Neurodireito: repercussão e implicações da neurociência para o direito penal**. Blumenau: Universidade Regional, 2010.

LIVRE, Pensador - **Pensamento Intencional Crítico Evolutivo: Verdade e Conhecimento** (Loc. 95-96). UNKNOWN. Edição do Kindle.

LÓPEZ, María Luisa Villamarí - **Neurociencia y detección de la verdade y del engano em el processo penal: El uso de escáner cerebral (fMRI) y del brainfingerprinting**. Madrid: Macial Ponds, 2014. ISBN: 978-84-16212-54-5.

MADEIRA, Miguel Carlos; RIZZOTO, Roelf J. Cruz - **Anatomia Facial com fundamentos gerais**. 5ª ed. São Paulo: Sarvier, 2016.

MALDONADO, Mauro - **Na hora da decisão: somos sujeitos conscientes ou máquinas biológicas?** Trad. Roberta Barni. São Paulo: SESC São Paulo, 2017. ISBN 978-85-9493-036-1.

MARTINI, Frederich H.; TIMMONS, Michael J.; TALLITSCH, Robert B. - **Anatomia Humana**. Tradução: Daniella Franco Curcio. 6ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2009. ISBN: 978-85-363-1794-6.

MARTINI, Frederich H.; TIMMONS, Michael J.; TALLITSCH, Robert B. - **Atlas do corpo humano**. Tradução: Daniella Franco Curcio. Porto Alegre: Artmed, 2009. ISBN: 978-85-363-1794-6.

MYERS, DAVID. **Introdução à Psicologia Geral**. Tradução: A.B. Pinheiro de Lemos. 5º Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

NOTTE, Jonh - **Neurociência**. Trad. Raimundo Rodrigues do Santos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. ISBN: 978-85-357-3014-7.

PRANDO, Adilson; MOREIRA, Fernando, A. - **Fundamentos de radiologia e diagnóstico por imagem**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. ISBN 978-85-352-2436-8.

SANTOS, Alair; SANTOS, Maria Lúcia; RANKE, Felipe Von. - **Princípios de ressonância Magnética**, in, SANTOS, Alair; SANTOS, Maria Lúcia; RANKE, Felipe Von. **Princípios de ressonância Magnética**, in MARCHIORI, Edson.; SANTOS, Maria Lúcia. **Introdução à radiologia**.

SNEAD, Carter O. - **Cognitive neuroscience and the futur of punishment: In governance studies**. Washington: The Brooking Instituion, 2010.

RAMASOY, Thomas Zoega. **Introcuccion al Neuromarketing y Neurociencia del Consumidor**. Traducción: Karin Rossbach. Dinamarca: Neuronsinc.com, 2015.

ROONEY, Anne - **A história da neurociência: como desvendar os mistérios do cérebro e da consciencia**. São Paulo: M Books do Brasil, 2018. ISBN: 978-85-7680-308-9.

RODRÍGUEZ, Victor Gabriel. **Livre Arbítrio e Direito Penal: Revisão frente aos aportes da neurociência e à evolução dogmática**. São Paulo: Marcial Pons, 2018, ISBN 978.856.672.2567.

INTERNET:

ANATOMIA DO CORPO HUMANO - **Cérebro Humano – Partes Funções: anatomia**. [Em linha]. [Consult. 10 Out. 2019]. Disponível em: <http://www.anatomiadocorpo.com/sistema-nervoso/cerebro>.

ARANTES, Aluízio; GUSMÃO, Sebastião - **Anatomia micro cirúrgica do nervo laríngeo recorrente**: Aplicações no acesso cirúrgico anterior à coluna cervical. Arq. Neuropsiquiatria. 2004. [Em linha]. [Consult. 10 Out. 2017]. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/anp/v62n3a/a26v623a.pdf>

ATLETAS olímpicos estão usando o halo sport como preparação par Rio 2016. [Em linha]. [Consult. 13 de Jan. de 2020.]. Disponível em: <https://canaltech.com.br/produtos/atletas-olimpicos-estao-usando-o-halo-sport-como-preparacao-para-o-rio-2016-74713/>

ATLETAS olímpicos estão usando fone que otimiza o cérebro para treinos. [Em linha]. [Consult. 13 de Jan. de 2020.]. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/voxel/107748-coreia-do-norte-utiliza-modern-warfare-3-em-propaganda-militar.htm>

BARBOSA, Fernando. **Frenologia.** [Em linha]. [Consult. 15 Mar. 2020]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/125906/2/382026.pdf>.

BENCH, K. B. I. *et al.* - **Supreme Court of India Selvi & Ors vs State Of Karnataka & Anr** on 5 May, 2010 [Em linha]. [Consult. 10 Out. 2020]. Disponível em: https://indiankanoon.org/doc/338008/?__cf_chl_jschl_tk__=2c86d2feebb221571ce371b134a7f486359cd37e-1602216849-0-AbORTf5u1DbX6Xd_-KBjjD5gd3l2MEuqB1BARlX0Emk2Zt5miUMu_CmIpjnnBv9cWkOIAbDYRR

BIBLIOTECA Digital Brasileira de teses e Dissertações – BDTD [Em linha]. [Consult. 28 Nov. 2020]. Disponível em: <https://bdt.d.ibict.br/vufind/>

BRAIN support - **Como funciona e quais são os tipos de Eye Tracking.** [Em linha]. [Consult. 20 de nov. de 2020]. Disponível em: <https://www.brainlatam.com/blog/como-funciona-e-quais-sao-os-tipos-de-eye-tracking-485>.

CALVO, Jesús Castro; *et al.* - **Uso y utilidades clinicas del pletismógrafo em la evaluacion de la respuesta sexual masculina: ejemplificacion a partir de três casos.** Agora de Salut II. p. 235. ISSN: 2443, 9827. [Em linha]. [Consult. 04 Nov. 2019]. Disponível em: DOI: [HTTPS//dx.doi.org/106035/agorasalut2015.2.23](https://dx.doi.org/106035/agorasalut2015.2.23).

CAJAL **Blue Brain: Any man can Be, if the wants, sculptor of this ow brain.** [Em linha]. [Consult. 04 Nov. 2019]. Disponível em: <https://cajalbbp.es/>. Acesso em: Jan. de 2020.

CASTRO, Fabiano dos Santos; FERNANDEZ, J. Landeiva - **A trepanação método cirúrgico.** Psicol. Reflex. Crit. vol. 23 nº 1. Porto alegre, Janeiro/Abr. 2010. [Em linha]. [Consult. 04 Out. 2019]. Disponível em: <http://www.institutofatimazanetti.com/pdfs/ciencia-biologica/trepanacao-metodo-cirurgico.pdf>

_____. **Últimas Notícias:** Novas Patentes. [Em linha]. [Consult. 26 Fev. 2020]. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~ee00264/index.html>

_____. Keysight Technologies: **Osciloscópio**. [Em linha]. [Consult. 26 Fev. 2020]. Disponível em: <http://oscilloscopelearningcenter.em.keysight.com/pt/centro-de-ensino-sobre-osciloscopios/>

_____. **Especialidade em Neurometria: Módulo I – aula 1: Engrama**. [Em linha]. [Consult. 15 Ago. 2020]. Disponível em: <https://www.neurometria.com.br/apostilas/especialidade/Módulo%20I%20-%20Aula%20I.pdf>.

COORDENAÇÃO de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES [Em linha]. [Consult. 28 Nov. 2020]. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#!/>

DEEP Learning Book - **O que é aprendizado de reforço**. Capítulo 62. [Em linha]. [Consult. 05 de Nov. 2020]. Disponível em: <http://deeplearningbook.com.br/o-que-e-aprendizagem-por-reforco/>.

DICIONÁRIO INFOPÉDIA. **Verbetes: Plasticidade**. Porto: Porto Editora, 2017. [Em linha]. [Consult. 2 nov. 2016]. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/plasticidade>

EUROPEAN Commission Shaping Europe's digital Future. **Human Brain Project (HBP) Flagship**. [Em linha]. [Consult. Acesso em Mar. 2020]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/human-brain-project>.

FARWELL, Larry - **Farwell Brain Fingerprinting**. [Em linha]. [Consult. 04 Jan. 2020]. Disponível em: <https://larryfarwell.com/brain-fingerprinting-executive-summary-dr-larry-farwell-dr-lawrence-farwell.html>.

FERREIRA, Octávio da Veiga - **Acerca dos conhecimentos de medicina e de cirurgia na antiguidade.** [Em linha]. [Consult. 2 Out. 2016]. Disponível em:http://www.patrimoniocultural.gov.pt/static/data/publicacoes/o_arqueologo_portugues/serie_3/volume_3/conhecimentos_medicina.pdf.

FERREIRA. Jorge Sá - **Os estudos anatómicos de Leonardo da Vinci.** Universidade Fernando Pessoa. Porto: 2015. [Em linha]. [Consult. 2 nov. 2016]. Disponível em:https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5183/1/PPG_26041.pdf

FRANK, R. J.; DAMASIO, H, GRABOWSKI, T. J. - Brainvox: an interactive, multimodal visualization and analysis system for neuroanatomical imaging. *Neuroimage*. 1997; 5(1):13-30. doi:10.1006/nimg.1996.0250. [Em linha]. [Consult. 10 de jun. de 2020]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053811996902505?via%3Dihub>

GALL, Franz Josef - **On the functions of the brain.** Univ. of Mass Medical School, Lamar Soutter Library, 1835. [Em linha]. [Consult. 22 Abr. 2020]. Disponível em:<https://archive.org/details/onfunctionsofbra0506gall/page/n19/mode/2up>

GIRIDHARADAS, Anand "**India's use of brain scans in courts dismays critics**". **The New York Times**. (2008-09-15). ISSN 0362-4331. [Em linha]. [Consult. 10 de Set. de 2020]. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2008/09/15/world/asia/15iht-15brainscan.16148673.html>

GOEL, Shivangi - **Smt selvi & Ors vs. State of Karnataka.** Law Time Jornal. [Em linha]. [Consult. 04 de Jul. de 2020]. Disponível em: <http://lawtimesjournal.in/smt-selvi-ors-vs-state-of-karnataka/>.

GOOGLE ACADÊMICO (Brasil) [Em linha]. [Consult. 20 Nov. 2020]. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>.

GOOGLE ACADÊMICO (Portugal) [Em linha]. [Consult. 28 Nov. 2020]. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/schhp?hl=pt-PT>.

GOOGLE SCHOLAR (Estados Unidos) [Em linha]. [Consult. 28 Nov. 2020]. Disponível em:
<https://scholar.google.com/>

GOOGLE ACADÉMICO (Espanha) Em linha]. [Consult. 28 Nov. 2020]. Disponível em:
<https://scholar.google.es/schhp?hl=es>

HALO SPORT. [Em linha]. [Consult. 12 de Jan. de 2020]. Disponível em:
<https://www.haloneuro.com/>.

INFOMÉDIA Dicionário Porto Editora - **Plasticidade**. Porto: Porto Editora, 2003-2017. [Em
linha]. [Consult. 22 Abr. 2020]. Disponível em:
<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/plasticidade>

INTRODUÇÃO ao aprendizado de maquina. Site IBM. [Em linha]. [Consult. 15 de Nov. de
2020]. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/analytics/machine-learning?>

KHEPER website. **The Triune Brain**. [Em linha]. [Consult. em 29 de set. de 2020]. Disponível
em: <https://www.kheper.net/topics/intelligence/maclean/>.

KULLIAN, Raissa - **Como transformar AI em uma ferramenta ou produto de negócios**.
(Aula de MBA em IMteligencia Artificial, PUC/RS – curso on line) [Em linha]. [Consult.
09 Out. 2019]. Disponível em:
<https://pucrsprivate.s3.amazonaws.com/courses/aulas/1680/Apresentação%20de%20Apoio%2001%20e%2002%20%20Oficial.pdf?AWSAccessKeyId=AKIASHQ4TIX2MQALVU72&Expires=1607828547&Signature=fTlaZ6HJnug3hbiMPcoUc8CC%2FV4%3D>.
Apresentação de Apoio 01 e 02 - Oficial.pdf.

LIBET, Benjamin W. - **Do we have free will?** Journal of Consciousness Studies, 6 (8-9): 50,
1999. [Em linha]. [Consult. 04 Jul. 2020]. Disponível em:
<https://philpapers.org/rec/LIBDWH>.

MAGALHAES, Armindo Freitas. “e-book”. **A Neurociência das Microexpressões - O Cérebro, a Face e a Emoção**. [Em linha]. [Consult. 04 Nov. 2019].
<https://amz.onl/fl5M3s9>.

MALMIERCA, Manuel. **El estudio del comportamiento animal ayuda a entender funciones del sistema nervioso**. DICYT – Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología. [Em linha]. [Consult. 10 Out. 2017]. Disponível em: <https://www.dicyt.com/viewNews.php?newsId=18844>

MICHAELIS Dicionário da língua portuguesa. [Em linha]. [Consult. 22 Abr. 2020]. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/busca?id=NyPwa>

OTTO, Paulo A. - **Genética na Escola: Departamento de Genética e biologia evolutiva**. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. [Em linha]. [Consult. 20 Fev. 2020]. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12785308/construcao-e-uso-de-um-microtomo-de-mao-empregado-para-> ISBN: 180-340

O que é Inteligência Artificial. Site: Hewlett Packard Enterprise. [Em linha]. [Consult. 04 Nov. 2020]. Disponível em: <https://www.hpe.com/br/pt/what-is/artificial-intelligence.html>. Acesso em 09 de Nov. de 2020. Disponível em: <https://www.hpe.com/br/pt/what-is/artificial-intelligence.html>.

PARMAR, V.; MUKUNDAN, C. R. - **Brain Electrical Oscillation Signature Profiling (BEOS)**. International Journal of Computers in Clinical Practice. 2. 1-24. 10.4018/IJCCP.2017010101. [Em linha]. [Consult. 10 de Set. de 2020]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320642905_Brain_Electrical_Oscillation_Signature_Profiling_BEOS/citation/download.

PAUL Ekman Group. [Em linha]. [Consult. 25 de out. 2020]. Disponível em: <https://www.paulekman.com/resources/micro-expressions/>

PRAPATI, Nishra. **Brain Oscillations signature Profiling (BEOS)**. Forensic science. ISBN 978-81.928510-0-6. [Em linha]. [Consult. 19 de Set. de 2020]. Disponível em: <http://www.legalserviceindia.com/legal/article-2995-brain-electrical-oscillation-signature-profiling-beos-forensic-science.html>.

PROJETO Blue Brain: Um mapa cerebral. Site: **Amentee Maravilhosa.** [Em linha]. [Consult. 04 Nov. 2019]. Disponível em: <https://amenteemaravilhosa.com.br/projeto-blue-brain-mapa-cerebral-digital/>

PSIQWEB - Amígdala (neuropsíquica). [Em linha]. [Consult. 2 nov. 2016]. Disponível em <http://www.psiqweb.med.br/site/DefaultLimp.aspx?area=ES/VerDicionario&idZDicionario=72>

PINHEIRO, Marta - Aspectos históricos da neuropsicologia: subsídios para formação de educadores. Educar, Curitiba: UFPR, 2005. [Em linha]. [Consult. 10 Out. 2017]. Disponível em : <https://www.scielo.br/pdf/er/n25/n25a11.pdf>.

PRAPATI, Nishra - Brain Oscillations signature Profiling (BEOS). Forensic science. [Em linha]. [Consult. 19 de Set. de 2020.]. Disponível em: <http://www.legalserviceindia.com/legal/article-2995-brain-electrical-oscillation-signature-profiling-beos-forensic-science.html>.

RAD, Adrian; OSIRA, Alexandra; MACLAREN, Nicola. Tradução: Rafaela Linhares. **Cérebro: Anatomia, neuroanatomia.** [Em linha]. [Consult. 03 de Ago. de 2020]. Disponível em: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/cerebro>.

SCIENTINFIC AMERICAN BRASIL - Você é um mentiroso? Pergunte ao seu cérebro. [Em linha]. [Consult. 20 Dez. 2017]. Disponível em: http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/voce_e_mentiroso__pergunte_a_seu_cerebro.html.

TAYLOR, Matthew - Cientista tenta desvendar mente de psicopata que matou menina. [Em linha]. [Consult. 25 out. 2016]. Disponível em: http://www.bbc.com/portuguese/celular/noticias/2011/11/111116_psicopata_estudo_rc.shtml.

TEIXIERA, J. M. - A medicina em História: a medicina egípcia. Volume III, nº 3, Maio/Junho 2001. [Em linha]. [Consult. 20 Out. 2019]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/62018/2/87085.PDF>

THE Triune Brain. [Em linha]. [Consult. 29 de Set. de 2020]. Disponível em:
<https://www.kheper.net/topics/intelligence/maclean/>

TRINDADE, Maria João Gomes - **A magnetoencefalografia: aplicações clínicas.** Acta Méd Port 2004; 17: 231-240 [Em linha]. [Consult. 2 mai. 2019]. Disponível em
<https://pdfs.semanticscholar.org/8952/8dcc4d057ea7ca1b299aa04e9f3867b43c09.pdf>

WATERS, Metenier S.; HUSAIN M, WIESTLER T. et. al.- **A estimulação transcraniana por corrente contínua bihemisférica aumenta as representações independentes do efector da sinergia motora e do aprendizado de sequência.** Neurosci. 15 de janeiro de 2014; 34 (3): 1037-50. [Em linha]. [Consult. 04 Nov. 2019]. doi: 10.1523 / JNEUROSCI.2282-13.2014.PMID: 24431461

VÍDEOS E FILMES:

FILME Minority Report, 2002 [Em linha]. [Consult. 04 julho de 2020].
https://pt.wikipedia.org/wiki/Minority_Report

SIQUEIRA, Graça Vignolo de. **Resenha do filme Lucy.** [Em linha]. [Consult. 30 de Out. 2020]. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/empauta/resenha-do-filme-lucy/>

YOUTUBE. Eva Peròn - **Su Secreto mejor guardado. Lobotomia.** HD. Telenoche. Dezembro de 2016. [Em linha]. [Consult. 10 Out. 2019]. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=yzGsBqteZuA>

YOUTUBE - **O Enigma de Kaspar Hauser** – 1974 (Jeder Für Sich Und Gott Gegen Alle (1974). [Em linha]. [Consult. 10 Dez. 2019]. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=xBBK7CAtlXs>.

YOUTUBE - **Do ADN à proteína – 3D.** yougenome. [Em linha]. [Consult. 09 de Set. 2020.]. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA&feature=emb_rel_end

YOUTUBE - **DNA replications – 3D.** yougenome. [Em linha]. [Consult. 09 de Set. de 2020]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>.

YOUTUBE - DNA animations by wehit.tv for Science-Art exhibition. [Em linha]. [Consult. 09 de Set. de 2020]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7Hk9jct2ozY>. Acesso 09 de Set. de 2020.

LINKS:

<http://www.facs3.pt>.

[https://www.google.pt/amp/s/www.news-medical.net/amp/health/What-is-the-Hypothalamus-\(Portuguese\).aspx](https://www.google.pt/amp/s/www.news-medical.net/amp/health/What-is-the-Hypothalamus-(Portuguese).aspx).

<https://www.google.pt/amp/s/www.infoescola.com/sistema-nervoso/talamo/amp/>

<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/hipocampo-anatomia-e-funcoes>

<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/hipocampo-anatomia-e-funcoes>

http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/fIKvfpO1oM5Bq0F_2013-5-13-16-25-49.pdf

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053811996902505?via%3Dihub>

https://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_neural_artificial

https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_neurais_biol%C3%B3gicas

APÊNDICE 1

Tabela 1: Veículos de publicação das obras encontradas no Google acadêmico do Brasil, de Portugal, dos Estados Unidos e da Espanha.

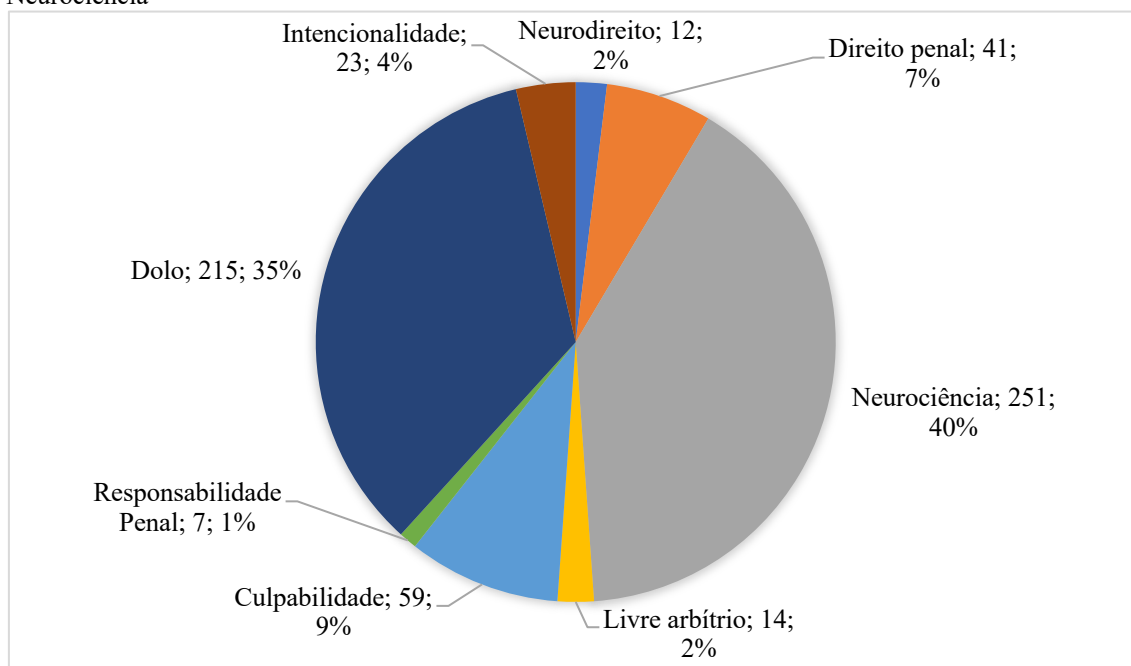
BRASIL	
Veículo de publicação	Quantidade
Revista Brasileira de Direito Processual Penal	1
Unb	1
Revista Acadêmica Escola Superior do Ministério Público do Ceará	1
Revista FIDES	1
Revista Jurídica Direito e Cidadania na Sociedade Contemporânea	1
Revista RJLB	1
Unicesumar	1
Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFBA	1
PUC	3
CAPES	1
Revista de Psicologia e Neurociência	1
USP	2
Digital Library USP	3
UNICESUMAR	1
Revista Brasileira de Políticas Públicas	9
REVISTA DOS TRIBUNAIS ON LINE	1
Revista eletrônica do Direito Processual – REDP	1
DIKÉ – Revista do Mestrado em Direito da UFS	1
FRONTEIRAS INTERDISCIPLINARES DO DIREITO	1
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS	3
UFMG	2
Revista FMU	1
DELICTAE: Revista de Estudos Interdisciplinares sobre o Delito	1
UFBA	1
PORTUGAL	
Universidade de Lisboa	4
Universidade de Coimbra	8
Universidade do Minho	1
Universidade Portucalense	1
Universidade Católica Portuguesa	1
RJLB	2
SEMANTIC SCHOLAR	1
ESTADOS UNIDOS	
HeinOnline	25
NBCI	1
Journal International Journal of Forensic Mental Health	1
Journal of Law and Criminal Justice	2
Journal of Law and the Biosciences	16
Science Direct	4
PSYARXIV	1
Bioethics Journal	1
Annual Reviews	1
Taylor and Francis Online	7
Criminal Law and Criminal Justice	2
Annals of the New York Academy of Sciences	1
International journal of law and psychiatry	3
Psychology, Crime and Law	2
The Journal of Forensic Psychiatry and psychology	4

International Criminal Law Review	2
Current Neurology and Neuroscience Reports	1
Arizona State Law Journal	1
Voices in Bioethics	1
The MIT Press Journals	1
Frontiers in Neuroscience	1
Frontiers in behavioral Neuroscience	1
SSRN	2
Washington University Journal of Law and Policy	1
University of California Press	1
ESPANHA	
Crítica Jurídica	3
Conpedi Law Review	2
UNED	13
Universidad Carlos III de Madrid	7
Depósito de investigación- Universidad de Sevilla	5
Revista Jurídica de Estudiantes de la Universidad de Córdoba	2
Dialnet	14
Universitat Internacional de Catalunya	4
HeinOnline	9
Comillas- Universidad Pontificia	3
Law	2
USC	4
Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología	6
Revista de derecho y proceso penal	11
Revista de Derecho Penal y Criminología	3
Revista de estudios jurídicos	5
Revista de Derecho, Empresa y Sociedad	3
Revista de humanidades y ciencias	5
FITISPos International Journal	3
Utopía y praxis	2
Gredos- Universidad de Salamanca	7
CEU Biblioteca	1
Revista Jurídica de la Universidad de León	2
UCLM	2
Revista IUS ET SCIENTIA	6
Anuario de derecho penal y ciencias penales	1
Revista General de Derecho Penal	1
Vsal Revista	2
TOTAL:	270

Fonte: Própria (2020)

APÊNDICE 2

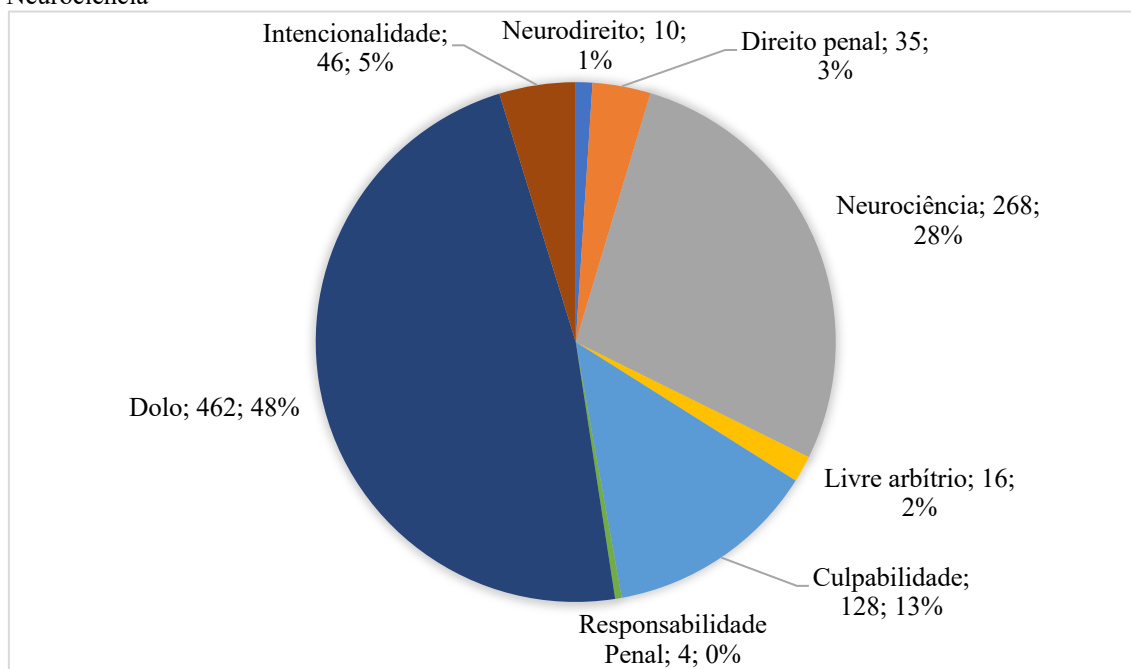
Gráfico 2: Palavras chaves encontradas nas obras pesquisadas na CAPES que abrangem o tema Direito e Neurociência



Fonte: Própria (2020)

APÊNDICE 3

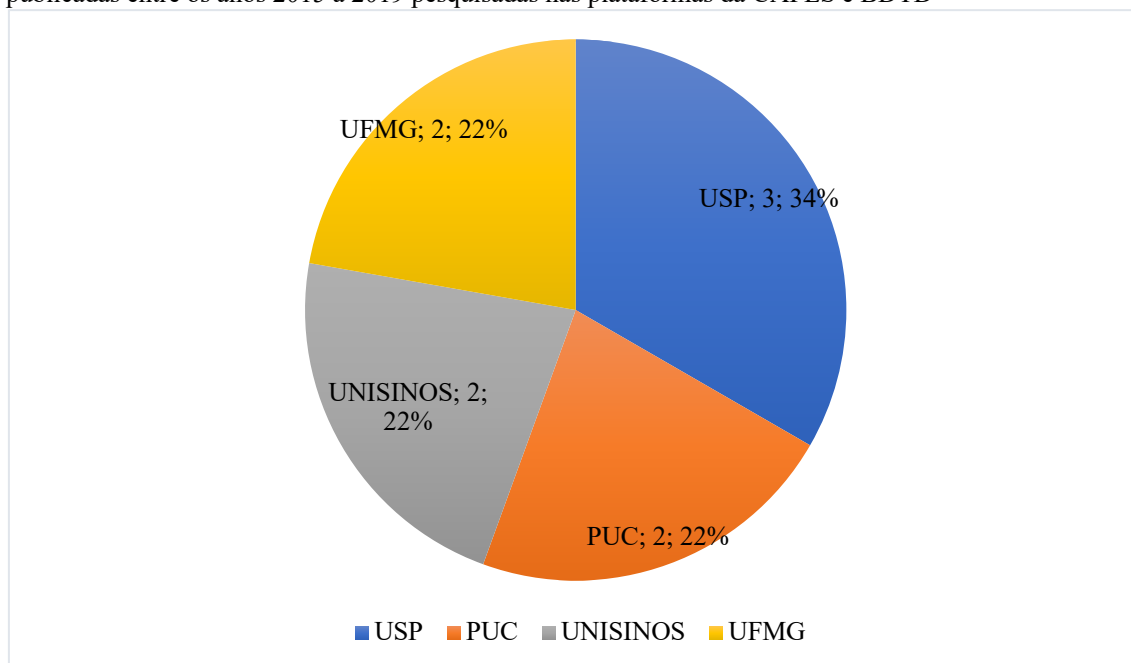
Grafico 3: Palavras chaves encontradas nas obras pesquisadas na BDTD que abrangem o tema Direito e Neurociência



Fonte: Própria (2020).

APÊNDICE 4

Gráfico 4: Quantidade de obras por universidade, trazendo o tema Direito Processual Penal e Neurociência publicadas entre os anos 2015 a 2019 pesquisadas nas plataformas da CAPES e BDTD



Fonte: Própria (2020)