

## **Desenvolvimento de novas tecnologias da neuromodulação como alternativa para aperfeiçoamento e inserção no mercado de trabalho**

**Development of new neuromodulation technologies as an alternative for improvement and insertion in the labor market**

**Desarrollo de nuevas tecnologías de neuromodulación como alternativa de mejora e inserción en el mercado laboral**

Recebido: 29/07/2022 | Revisado: 09/08/2022 | Aceito: 14/08/2022 | Publicado: 23/08/2022

### **Luiz da Costa Nepomuceno Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9647-7190>  
Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra, Brasil  
Instituto Santos Dumont, Brasil  
Universidade Mauricio de Nassau, Brasil  
E-mail: [lnepomuceno@gmail.com](mailto:lnepomuceno@gmail.com)

### **Catherine Caldas de Mesquita**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1472-4483>  
Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra, Brasil  
Instituto Santos Dumont, Brasil  
E-mail: [catherine.mesquita@edu.isd.org.br](mailto:catherine.mesquita@edu.isd.org.br)

### **Raquel Emanuela de Medeiros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8950-5456>  
Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra, Brasil  
Instituto Santos Dumont, Brasil  
E-mail: [raquel.medeiros@edu.isd.org.br](mailto:raquel.medeiros@edu.isd.org.br)

### **Resumo**

A neuromodulação está presente na vida de muitos pacientes que utilizam dispositivos como marcapasso cardíaco, implante inibidor de dor crônica, implante coclear, e até estimuladores cerebrais para aumento de performance de atletas, gamers e estudantes. Questões políticas e econômicas que geraram cortes em bolsas e investimento nos programas de pós-graduação dificultam manter a produção científica em alto nível no Brasil. O mercado global de produtos para neurotecnologia movimentou bilhões de dólares e tende a crescer US \$13,3 bilhões até 2022. Esta pesquisa visa identificar, na indústria da Neuromodulação, oportunidades de atuação profissional para estudantes de pós-graduação, como uma opção de autofinanciamento e perspectiva de campo de trabalho. Para tanto, foram utilizadas 44 referências de língua inglesa e portuguesa, em sua maioria datadas entre 2010 até 2020. As pesquisas em neurotecnologia tendem a aumentar depois da criação, em 2012, do Projeto Cérebro Humano. Os distúrbios neurológicos acometem parcela significativa da população mundial, com tendência a aumentar nos próximos anos, tornando este mercado lucrativo e com boas projeções futuras. A pesquisa em Neuromodulação é um produto comercializável e existem empresas no mercado com interesse em financiar o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias, proporcionando aos estudantes das áreas de Neuroengenharia e Neurociências oportunidade de inserção ao mercado antes mesmo de concluir sua formação.

**Palavras-chave:** Neuromodulação; Indústria de neuromodulação; Empreendedorismo na pesquisa científica; Economia da neurotecnologia.

### **Abstract**

Introduction: Neuromodulation devices are already present in many patients' lives, like cardiac pacemaker, spinal cord stimulator for chronic pain treatment, cochlear implant, and even brain stimulation devices used for enhancing performance of athletes, gamers and students. It's getting even harder to maintain neuromodulation research with high scientific and qualified production in Brazil due to political and economical issues that end leading to student grant cuts. The global market for neurotechnology moves billions in a year, with a growth trend of approximately US\$13.3 billion by 2022. This literature review seeks to identify in the Neuromodulation Industry, an opportunity for professional performance, as a self-financing option and as a working field for neuroengineering and neurosciences students. For this, 44 references in English and Portuguese were selected, mainly dating from 2010 to 2020. Research in neurotechnology tends to increase after the creation in 2012, of the Human Brain Project. Neurological disorders affect a large portion of the global population, with a tendency to increase in the next few years, turning this into a profitable market with good future directions. The research into the field of neuromodulation is a marketable product and there are big companies in the business market that are interested in financing the development of new products and

technologies, providing opportunities to neuroengineering and neurosciences students entering the formal labor market even before completing a graduate course.

**Keywords:** Neuromodulation; Neuromodulation industry; Entrepreneurship in scientific research; Economics of neurotechnology.

### Resumen

La neuromodulación está presente en la vida de muchos pacientes, que utilizan marcapasos cardíacos, inhibidores del dolor crónico, implantes cocleares y hasta atletas, gamers y estudiantes que utilizan dispositivos de estimulación cerebral para aumentar el rendimiento. Es cada día más difícil mantener la neuromodulación con alta producción científica y calificada en Brasil, debido a problemas políticos y económicos que resultaron en recortes en becas para estudiantes. El mercado global de productos de neurotecnología mueve billones, con una tendencia de crecimiento de US \$13,3 mil millones para 2022. Buscamos identificar en la industria de la neuromodulación, una oportunidad de desempeño profesional, como opción de autofinanciamiento y como perspectiva de campo laboral a estudiantes de neuroingeniería y neurociencias. Para eso, mediante revisión de literatura, se utilizaron 44 referencias en portugués y inglés en su mayoría en el período de 2010 a 2020. La investigación en neurotecnología tiende a aumentar tras la creación, en 2012, del Human Brain Project. Los trastornos neurológicos afectan a una parte importante de la población mundial, con tendencia a aumentar en los próximos años, haciendo este mercado rentable y con buenas proyecciones de futuro y existen grandes empresas en el mercado interesadas en financiar el desarrollo de nuevos productos y tecnologías, ofreciendo oportunidad a estudiantes de neuroingeniería y neurociencias ingresar en el mercado antes mismo de finalizar la graduación.

**Palabras clave:** Neuromodulación; Industria de la neuromodulación; Emprendimiento en investigación científica; Economía de la neurotecnología.

## 1. Introdução

Com o novo cenário mundial gerado pelo surgimento do coronavírus SaRs-CoV-2, a sociedade necessitou se adequar ao que hoje é chamado de “novo normal”. Com todas essas mudanças, os estudantes de pós-graduação em todo o mundo ganharam destaque diante da necessidade de pesquisadores atuantes em busca de tratamentos e vacinas para vencer o vírus. O anseio da sociedade por respostas colocou os pesquisadores em evidência no ano de 2020 (Nicola, *et al.* 2020).

Junto com os avanços no campo das ciências durante a pandemia causada pelo SaRs-CoV-2 e do destaque aos pesquisadores, uma pequena parte da população deu força a um movimento que está presente na sociedade desde a criação da primeira vacina distribuída em massa contra a varíola, em 1798 (Silva et al., 2022). Esse grupo foi intitulado por “anti vacinas” e, como o próprio nome diz, são contra qualquer tipo de vacina e com isso se recusam a serem vacinados além de proibirem seus filhos de se vacinarem. Os anti vacinas promovem campanhas que disseminam informações que desacreditam estudos científicos e consequentemente afetam estudantes e pesquisadores que dedicam anos de estudos e em pesquisas para desenvolver tratamentos e fármacos que auxiliam no tratamento de doenças, com o intuito de atingir bons prognósticos (Pinheiro, 2020). Em 2018, cerca de 44 países da Europa registraram mais de 25 mil casos de sarampo e esse fato está diretamente relacionado com a recusa de alguns pais recusarem a vacinar seus filhos (Penido, 2019). Apesar do parecer negativo quanto à ciência que esse pequeno grupo trouxe, a importância das pesquisas realizadas nos grandes laboratórios e assim como as que são desenvolvidas nas universidades veio à tona (Dubé et al., 2015).

Inserido neste contexto, a neurociência vem se transformando ao longo dos anos e possibilitando novas descobertas sobre a funcionalidade do cérebro e do sistema nervoso, trazendo novos tratamentos para patologias tidas antes como “mal do século”, como os transtornos depressivo, bipolaridade, também para doenças como Parkinson, Alzheimer e até mesmo dores crônicas (Pinheiro, 2020).

Hoje, os estudantes de neurociência têm um campo de atuação que vai desde as aplicações de técnicas de aprendizagem, até como favorecer uma gestação saudável e desenvolver novas tecnologias que modulam, excitando ou inibindo atividade neural, a depender do propósito. A neuromodulação, que passou anos dentro dos laboratórios experimentais e como enredo de filmes de experiência científica, hoje é presente na vida de muitos pacientes, que fazem uso de marcapasso cardíaco,

inibidores de dores crônicas, implantes cocleares e até mesmo os atuais estimuladores cerebrais para melhorar o desempenho de atletas, gamers e estudantes, tornando-a uma realidade presente na vida de diversas pessoas (Campbell, 2011).

O campo de abrangência da neuromodulação vem crescendo e com isso surgem novas indústrias no mercado, desenvolvendo novas tecnologias e campos de atuação, porém ainda com poucas pessoas qualificadas (Schmälzle & Meshi, 2020). Manter uma qualificação hoje no Brasil vem cada vez sendo mais difícil, por questões políticas e econômicas que influenciaram diretamente em cortes de bolsas e de investimentos em programas de pós-graduação pelo país todo, deixando muitos alunos de mestrado e doutorado sem condições financeiras de manter o curso e de dar continuidade às suas pesquisas (Nunes, 2020). Em 2019 foram aproximadamente 7.590 bolsas de pesquisa de pós-graduação cortadas no Brasil, sendo 64% das bolsas de mestrado, 30% de doutorado e 6% pós-doutorado. Os dados apontam que foram cerca de 1.191 bolsas cortadas, relacionadas à pesquisas de neurociências (Saldaña, 2020).

Visando driblar as dificuldades financeiras e políticas que estão atreladas em manter uma qualificação de alto nível para estudantes das áreas de neuroengenharia e neurociências, a indústria de neuromodulação surge como oportunidade de “autofinanciamento” do curso de mestrado e doutorado, possibilitando a produção de estudos que desenvolvam aperfeiçoamentos de dispositivos já existentes ou corroborem para o desenvolvimento de novas tecnologias (Costa & Nebel, 2018). A sabedoria é um produto comercializável e existem empresas que podem pagar por esse conhecimento, assim os pós-graduandos devem estar atentos a essa oportunidade de inserir-se no mercado de trabalho produzindo diversas formas de ciência (Cunha & Carrilho, 2005).

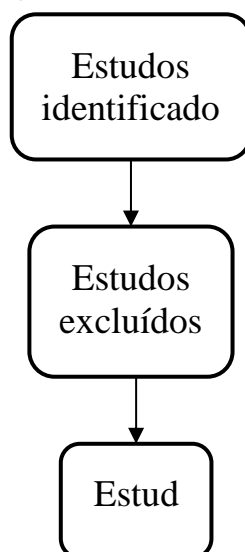
## 2. Metodologia

Essa pesquisa constitui-se de uma revisão integrativa de literatura, tendo como abordagem o método qualitativo, caracterizado pela combinação de diferentes estudos, disposto a gerar compreensão sobre o assunto escolhido (Pereira *et al.*, 2018, Proetti, 2018), identificar na indústria da neuromodulação oportunidade de atuação profissional para estudantes de pós-graduação.

Para a elaboração desta revisão, foi feito um levantamento na literatura nacional e internacional, utilizando os bancos de dados Pubmed, Scielo, Google Acadêmico e Science Pub. Os descritores utilizados para a pesquisa foram: “Neuromodulation history”, “Business for Neurotechnology”, “Electric Stimulation Therapy/economics”, “economic impact of neuromodulation industries”.

Os critérios de inclusão para esta pesquisa foram o acesso completo aos artigos com temática referente ao tema escolhido, publicados, na sua maioria, entre 2010-2022. No total, foram selecionadas 44 referências utilizando os descritores para fundamentar este trabalho. Além disso, foram utilizadas informações de relatórios das principais empresas de neuromodulação no mercado global. Os critérios de exclusão foram desvio ao tema da pesquisa e acesso incompleto ao artigo (Figura 1).

**Figura 1.** Fluxograma de seleção dos estudos utilizados para compor essa pesquisa.



Fonte: Autores.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Neuromodulação: breve histórico e estado da arte

A neuromodulação trata patologias neurológicas ou psiquiátricas crônicas através da estimulação elétrica de núcleos cerebrais profundos ou de vias neurais envolvidas na mediação dos sintomas, com o intuito de estimular, inibir ou modificar a atividade patológica (Hariz & Amadio, 2015).

Através da neuromodulação é possível atingir resultados eficazes para patologias em que a resposta ao tratamento convencional farmacológico ou cirúrgico não é satisfatória. Além de oferecer excelentes resultados com baixo risco, possui múltiplas características positivas como reversibilidade, especificidade, programabilidade, significativo aumento da qualidade de vida do paciente e redução na demanda por recursos médicos (Kumar & Rizvi, 2014).

Durante vários séculos a neuromodulação vem sendo utilizada como terapêutica para diversas patologias. Os primeiros relatos são do uso de Arraias Torpedo (animais capazes de produzir descarga elétrica) pelos antigos egípcios para tratar doenças como gota, artrite reumatóide, cefaléia e epilepsia (Deer *et al.*, 2020). Na metade do século XIX, o médico alemão Julius Althaus utilizou correntes elétricas para tratar pacientes em um hospital em Londres. Já no século XX, nos anos 60, a célebre publicação de Melzack e Wall's sobre a teoria do portal da dor revolucionou o tratamento utilizando eletroestimulação do sistema nervoso periférico. Pouco depois disso, em 1967 o neurocirurgião Clyde Norman Shealy criou o primeiro dispositivo implantável de estimulação medular. Ele também é considerado o pai da estimulação elétrica transcutânea (Slavin, 2011).

Em 1987, Benadib *et al.* publicaram um artigo que revolucionou o uso da neuromodulação: estimulação cerebral profunda (em inglês “deep brain stimulation”) para suprimir os tremores causados pela doença de Parkinson. Graças a novas tecnologias de imagem e avanço nas técnicas cirúrgicas, os neurocirurgiões se tornaram capazes de implantar eletrodos em regiões profundas do cérebro com alto grau de acurácia. O sucesso desse tipo de abordagem para tratar os sintomas motores do Parkinson levou ao entusiasmo para aplicar a estimulação cerebral profunda para desordens psiquiátricas, comportamentais e cognitivas (Hariz & Amadio, 2015).

Hoje em dia, a neuromodulação é empregada em três principais áreas de atuação: neuro próstética, área que cria dispositivos que restauram ou melhoram a função sensitiva, motora ou cognitiva neurológica, como exemplo os implantes cocleares, próteses proprioceptivas para membros, e ainda em desenvolvimento o implante de retina para restabelecimento da

visão. Terapêutica, área em que dispositivos são criados para regulação neural de órgãos para se obter benefícios médicos, como controle da liberação de insulina pelo pâncreas, controle do intestino e bexiga, controle do diafragma, e também utilizado no tratamento da epilepsia, depressão, lesão cerebral decorrente de trauma, Parkinson e obesidade (Alliance for Advancing Bioelectronic Medicine, 2020). E a terceira e última área, a pesquisa. A neuromodulação é utilizada para investigar a função de neurônios e redes neurais no sistema nervoso periférico e central, com intuito de desvendar vias de sinalização neurais, além de melhorar e criar novos usos terapêuticos que utilizam a capazes de modular a atividade do sistema nervoso (Luan *et al.*, 2014, Brunoni *et al.*, 2010).

Podemos classificar a neurotecnologia como uma ferramenta que modificou, enriqueceu e ampliou os estudos experimentais, e que possibilitou o surgimento de novas tecnologias que auxiliam a compreensão de dados gerados pelo cérebro. Com o advento dos primeiros eletrodos, podemos hoje, realizar e escolher a melhor forma de implantar esse crescente arsenal experimental e analítico. Os avanços algorítmicos levaram a um controle estável e, finalmente, à possibilidade dessa tecnologia fazer parte das atividades da vida diária. Os eletrodos tornaram-se pequenos ou macios o suficiente para ganhar proporções microscópicas com o objetivo de minimizar danos e de driblar o sistema imunológico, aumentando a longevidade e segurança dos materiais (Nicoletti, 2001).

### **3.2 A indústria da Neuromodulação no Brasil e no mundo**

Os investimentos nacionais e internacionais destinados às pesquisas em Neurotecnologia vem aumentando consideravelmente depois da criação, em 2012, do Projeto Cérebro Humano (Human Brain Project), que tem como objetivo identificar todo o funcionamento do cérebro humano (Luan *et al.*, 2014).

A indústria da neuromodulação está em grande crescimento, e pode ser dividida em dois segmentos: o da indústria voltada para suporte de pesquisa, que desenvolve matéria prima para subsidiar estudos e pesquisas, confeccionando dispositivos aplicados para testagens, modelagem computacional e a criação de novos aparelhos, enquanto outro segmento é o das grandes empresas, que estão bem estabelecidas e já estão com diversos produtos disponíveis em todo o mundo (Levy, 2010). As Startups são outro segmento que vem ganhando bastante espaço. Na Europa, em 2011, essas pequenas empresas chegaram a movimentar cerca de 10 milhões de dólares. A empresa ImThera, que pesquisa e trata transtornos de apneia, conseguiu ainda como startup, levantar investimento de US\$14 milhões e obter a certificação de CE (Conformité Européenne), selo necessário para qualquer fabricante, seja europeu ou não, que queira vender seus produtos dentro do território europeu, garantindo que vários critérios de exigência e parâmetros sejam cumpridos conforme os padrões da União Europeia (Cavuoto, 2011).

O relatório de pesquisa de mercado publicado pela Neurotech Reports, apontou que o mercado global de produtos para neurotecnologia foi de US \$8,4 bilhões em 2018 e com tendência de crescimento de aproximadamente de US \$13,3 bilhões até 2022, um total de 12% de taxa de crescimento ao ano. O relatório, intitulado *The Market for Neurotechnology: 2018-2022*, observa que as vendas de produtos de neurotecnologia no mundo são divididas em quatro categorias principais: neuromodulação, neuro próstética, neuroreabilitação e sensores neurais, demonstram um crescimento do mercado desde 2001, e apontando ainda que um dos maiores segmento do mercado global de neurotecnologia são os sistemas de neuromodulação, que em 2018 teve um aumento de US\$ 4,7 bilhões e que em 2022 tem prospecção para crescer ainda mais, cerca de US\$ 7,6 bilhões (Puerta, 2020).

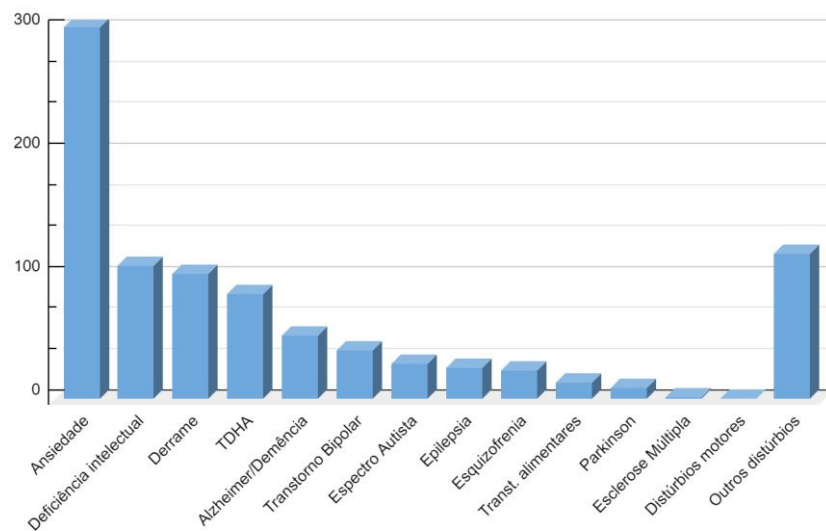
A analista de mercado da Neurotech Reports, Puerta (2020), cita que pela primeira vez que a Medtronic, em 2019, não continuou sendo a líder de mercado em vendas de sistemas de estimulação da medula espinhal. A Abbott, que adquiriu a St. Jude Medical em 2019, conseguiu deixar o mercado equilibrado, dividindo com as principais concorrentes do segmento, Boston Scientific, Medtronic e Nevro. A Medtronic mantém sua liderança no mercado de estimulação cerebral profunda, mas está perdendo participação no mercado para as outras empresas até 2022 (Mouly, et al. 2018). Na atualidade, o setor de

neuromodulação está passando por mudanças drásticas no cenário competitivo, mais do que em qualquer outro e que tanto o crescimento existe, como as oportunidades (Cavuoto, 2011).

A neurotecnologia não tem a função de apenas atender ao setor médico, mas também de explorar o sinal cerebral para uma ampla gama de aplicações nos campos industrial, militar e do consumo. No estudo sobre tecnologia de mercado, Mouly *et al.* (2018) chamam a atenção para investidores como Elon Musk, que fundou a Neuralink, Bryan Johnson, que investiu US \$100 milhões em sua empresa Kernel. Além disso, mostra que as grandes empresas da Web, como Google, Facebook e Microsoft, também estão interessadas nessas novas tecnologias. O Facebook está fortemente envolvido no projeto de "digitalizar pelo cérebro" que cria uma interface silenciosa, enquanto a Microsoft publicou patentes sobre o "controle da mente" que permitem aos usuários operar aplicativos usando a mente sem gestos (Mouly, et al. 2019).

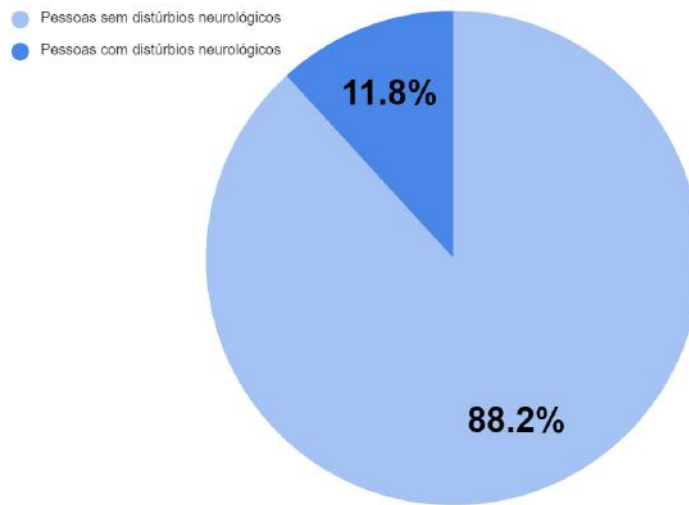
No mundo, existem cerca de 1 bilhão de pessoas com distúrbios neurológicos, quase 1 em cada 6 da população mundial sofrendo de distúrbios neurológicos, com números crescentes a cada ano (Mouly, et al. 2018). Os distúrbios neurológicos são a segunda maior causa de morte no mundo (Feigin, *et al.*, 2020). Apesar da relevância e grande abrangência do mercado da neuromodulação, ainda existe carência de profissionais aptos, e a área sofre uma história escassez de estudos cuidadosos, com ênfase sobre segurança, eficácia e custo-efetividade dos procedimentos e dispositivos neuromoduladores (Levy, 2010). O Gráfico 1 mostra os dados mais recentes (2019) sobre o número total de pessoas acometidas no mundo com alguma desordem neurológica, enquanto o Gráfico 2 mostra a porcentagem da população acometida com distúrbios neurológicos no mesmo ano.

**Gráfico 1.** Prevalência de distúrbios neurológicos (2019), em milhões de pessoas.



Fonte: *The Global Burden Disease* (2019).

**Gráfico 2.** Porcentagem de pessoas no mundo acometidas com algum distúrbio neurológico, em 2019.

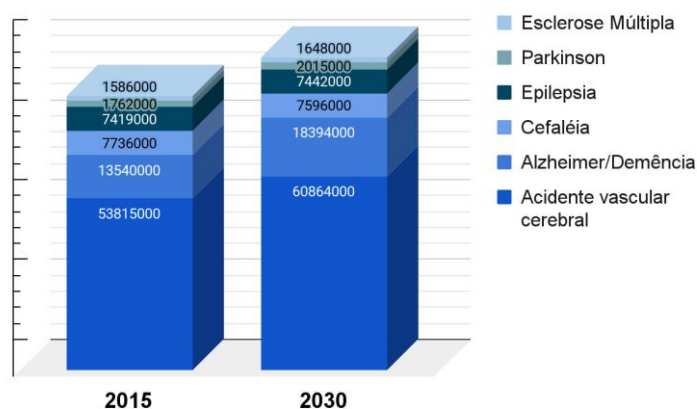


Fonte: *The Global Burden Disease* (2019).

No total, 904.790.570,6 pessoas no mundo possuíam algum tipo de desordem neurológica no ano de 2019. Esse número representa uma parcela de 11.8% da população mundial naquele ano (Global Burden Disease, 2019), sendo que a Organização Mundial da Saúde faz uma projeção de crescimento de 12% desse número de pessoas até o ano de 2030 (World Health Organization, 2006).

O “Disability-adjusted life-years” (DALYs), traduzindo ao português “anos de vida acometido pela doença”, é uma métrica utilizada pela Organização Mundial da Saúde que se refere aos anos de vida saudável que foram perdidos devido à morte prematura ou acometimento pela doença, ajudando a comparar o impacto de diferentes patologias não apenas em termos de morte, mas também de sofrimento dos acometidos (Feigin, *et al.*, 2020). Um DALY equivale a um ano de vida saudável perdido. O Gráfico 3 mostra a diferença entre os DALYs do ano de 2015 para algumas patologias neurológicas e a projeção para as mesmas patologias no ano de 2030.

**Gráfico 3.** DAYLs para algumas patologias neurológicas no ano de 2015 e a projeção para as mesmas, no ano de 2030.



Fonte: *World Health Organization* (2006).

A projeção da Organização Mundial da Saúde (2006) para o ano de 2030 mostra aumento da ocorrência de algumas patologias, porém esses dados podem ser extrapolados a todas as disfunções do sistema nervoso. Com isso, é possível observar a dimensão do potencial público alvo da tecnologia neuromoduladora nos próximos anos.

### 3.3 Cenário do financiamento da pós-graduação stricto sensu no Brasil

O problemático cenário político-econômico na atualidade no Brasil reflete diretamente na educação em todos os sentidos. Recentes ressecções na economia fizeram que ocorressem cortes de bolsas de estudo de pós-graduação stricto sensu (mestrado, doutorado e pós-doutorado). No Brasil, as bolsas de estudos são concebidas majoritariamente pelos Governos Federal e Estadual, que subsidiam quase todas as produções científicas no país, porém também há a participação de investidores internacionais (Nunes, 2020).

Segundo o levantamento realizado na Plataforma InCites por Dudziak (2018), existem três órgãos que mais financiaram pesquisa no Brasil, no qual o autor conseguiu ranquear entre os anos de 2011 a 2018, de acordo com o número de documentos publicados: o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). O Quadro 1, apresenta a lista dos 10 maiores financiadores da pesquisa brasileira, por nº de documentos publicados, no período de 2011 a 2019 e ainda mostra a porcentagem de publicações em revistas Qualis 1, 2, 3 e 4.

**Quadro 1.** Lista de ranking dos 10 maiores financiadores da pesquisa brasileira por nº de documentos publicados e porcentagem de publicações em revistas Qualis 1, no período de 2011 a 2018.

| Ranking | Instituição  | Nº de documentos publicados | % documentos publicados revistas Q1 |
|---------|--|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1       | CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)             | 122967                      | 39.58                               |
| 2       | CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)              | 70048                       | 38.74                               |
| 3       | FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo)                    | 56667                       | 43.2                                |
| 4       | FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais)                | 15221                       | 34.32                               |
| 5       | FAPERJ (Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro) | 13589                       | 46.35                               |
| 6       | NSF (National Science Foundation)  | 6594                        | 74.3                                |
| 7       | NIH (National Institutes of Health) - EUA  | 5671                        | 70.02                               |
| 8       | FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos)                                       | 5526                        | 47.7                                |
| 9       | FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul)           | 4865                        | 35.43                               |
| 10      | Portuguese Foundation for Science and Technology                                 | 3968                        | 68.22                               |

Fonte: Dudziak (2018).



E neste levantamento, podemos observar que apesar da maioria dos projetos terem sido financiados por entidades brasileiras, os financiadores internacionais possuem maior porcentagem de publicações em revistas Qualis 1, uma ferramenta de avaliação de periódicos desenvolvida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### **3.4 A inserção do estudante de Neuroengenharia e Neurociências no mercado da neuromodulação**

Mediante a todas essas informações econômicas e projeções, podemos visualizar uma expansão crescente no campo da pesquisa da neurotecnologia (Mouly *et al.*, 2018), e atrelada a ela está a neuromodulação, seguimento de interesse do estudo como fonte de oportunidade para novos pesquisadores.

É de extrema importância que os profissionais interessados em ingressar no mercado das neurotecnologias estejam sempre se atualizando, principalmente nas áreas da engenharia mecânica, anatomia e fisiologia humana e animal (Rizzolatti, *et al.* 2018) pois, atualmente estamos vivenciando o período da criação de ferramentas capazes de registrar, manipular e sinalizar em escalas que varia de nanômetros (biomoléculas) a centímetros (organismos inteiros), o que requer integração perfeita de muitos recursos funcionais nas sondas neurobiológicas. Essa integração, por sua vez, baseia-se em um diálogo contínuo entre os cientistas, e é nessa interdisciplinaridade que as oportunidades estão disponíveis (Wexler & Reiner, 2019).

Algumas empresas no mundo já disponibilizam informações nos seus próprios sites, mostrando o interesse na contratação de novos pesquisadores para compor sua equipe de colaboradores, porém existem características mínimas profissionais que são exigidas que faça parte do perfil do pesquisador, que variam desde proatividade, perfil inovador, fluência em língua inglesa e dependendo da empresa exigem especificidades que condizem com a função que irá ocupar na empresa, que pode variar desde habilidades manuais para confecção de microeletrodos, conhecimento de engenharia elétrica para montagem de circuitos eletrônica, noções de anatomia e fisiologia humana e/ou animal até a utilização dos aparelhos e softwares ligados diretamente a cada segmento empresa (Wiest & Nicoletis, 2003).

A Brain Support é uma empresa comprometida com a concretização de projetos em neurociência em toda América Latina (Brain Support, 2022). Em seu website, a missão da empresa é descrita como:

Em conjunto com o pesquisador, desenvolvemos soluções adaptadas às particularidades de cada projeto neurocientífico, abrangendo uma ampla gama de possibilidades tecnológicas, metodológicas, operacionais e analíticas. Nosso intuito é ajudar a estender as possibilidades de trabalho dos pesquisadores e preservar o rigor do enfoque científico.

A empresa Ad Instruments, especializada em produtos para registros eletrofisiológicos, oferece diversos treinamentos e oportunidades de carreira para pesquisadores (Ad Instruments, 2022). A missão da empresa mostra seu interesse no desenvolvimento de novas tecnologias:

Como empresa, nós visamos continuar fazendo o que temos de melhor: desenvolver novos produtos, achando soluções inovadoras e oferecendo suporte personalizado a cientistas e educadores. Nossa visão é ser a primeira escolha de cientistas e educadores que buscam tornar a ciência mais fácil.

A empresa multinacional Cochlear, especializada em implantes cocleares e atuante no Brasil também demonstra seu interesse em investir em pesquisadores em seu website (Cochlear, 2022):

Se sua paixão é projetar e desenvolver tecnologias pioneiras; trabalhar em equipes ágeis para fabricar produtos de qualidade; oferecer suporte ao cliente de alta qualidade; ou trabalhar em qualquer uma das nossas outras áreas de negócio, você pode fazer uma contribuição significativa e valiosa.

Outra grande empresa que está presente no mercado brasileiro é a Abbott, que há 135 anos desenvolve dispositivos médicos, inclusive neuromoduladores. Em seu website (Abbott, 2022) existe uma aba voltada apenas para estudantes que

desejam trabalhar na empresa:

Nossos colaboradores trabalham em um ambiente dinâmico em que procuram soluções para alguns dos maiores desafios da saúde. Como estudante que busca oportunidades para alavancar a carreira, você estará no lugar certo para vivenciar oportunidades de desenvolvimento em uma estrutura global.

A Biotronik, grande multinacional especializada em dispositivos médicos também atua no Brasil e possui interesse em contratar pesquisadores (Biotronik, 2022):

A engenharia médica é uma indústria do futuro. Em um campo marcado por rápidos desenvolvimentos e curtos ciclos de inovação, as melhores garantias para o sucesso sustentável são comprometidos, criativos, especialistas voltados para a equipe e liderança excepcional. Se você é apaixonado por ciência da computação, engenharia ou ciências naturais e gosta de desenvolver novas idéias, você encontrou o lugar certo.

Adentrar no mercado de trabalho para custear o curso de pós-graduação é uma opção para esses novos pesquisadores, alternativa na qual seu conhecimento científico pode ser considerado atrativo para empresa e ser vinculado a um produto (Forlini, et al. 2019). A indústria de neurociências, em especial a de neuromodulação, é uma opção de campo de atuação no mercado de trabalho, que está em ampla expansão e em busca de candidatos que tenham um perfil profissional inovador, disponível para aprender e produzir (Cota, et al. 2020).

#### **4. Conclusão**

Buscar outro meio de financiamento para estudo e pesquisa no Brasil, que não seja por vias tradicionais já relatadas, requer do pesquisador e/ou estudante um perfil empreendedor e de visão inovadora. É transgredir o cenário atual de educação e caminhar em paralelo com a economia mundial. São essas descobertas empolgantes que impulsionam o desenvolvimento científico e conseguem fazer com que o conhecimento produzido nas academias ultrapasse os muros e ganhe a sociedade transformando terapias convencionais em projetos inovadores que conferem melhor prognóstico aos pacientes.

A produção científica é um dos fatores que influencia, juntamente com a visão de inovação, o desenvolvimento e fortalecimento de uma nação. As universidades e institutos de ensino de pós graduação, são instituições que produzem muito conhecimento, e o discente tem a sua disposição laboratórios para testar suas hipóteses com o respaldo de um corpo docente que pode dar direcionamentos aos trabalhos produzidos. O aluno e pesquisador deve se apropriar cada vez mais do seu trabalho e ter em mente que é produtor de conhecimento no qual há empresas no mercado empresarial que tem interesse em financiar, seja ele teórico e/ou prático.

Esse trabalho não tem o interesse de minimizar a importância do financiamento dos Governos Estadual e Federal ao campo da educação e pesquisa, mas sim levar uma reflexão sobre novas possibilidades, ampliando o horizonte para novas perspectivas de atuação de um profissional qualificado que em muitos casos fica focado dentro de um laboratório durante o curso de pós-graduação e quando conclui não consegue se encaixar no mercado de trabalho.

Apesar da relevância dos distúrbios neurológicos e de sua grande incidência na população mundial, existem mecanismos básicos do funcionamento do sistema nervoso e de suas patologias que ainda não foram elucidados, conferindo um desafio para as grandes empresas, instituições de pesquisa, universidades, investidores privados e financiadores públicos aproveitarem o real potencial deste campo da ciência. Para isso, mais estudos são necessários a fim da compreensão desses mecanismos e conseqüente expansão na área de desenvolvimento de dispositivos médicos que auxiliam o tratamento de diversas patologias.

Os pesquisadores em neuroengenharia e neurociências devem desenvolver esforços que combinem seu conhecimento básico orientados pela curiosidade, aliados com enorme potencial para descobertas inovadoras e de alto impacto social. Integrar novos avanços com estruturas éticas é de grande importância, pois as futuras tecnologias, a constante evolução e os meandros da pesquisa devem buscar esclarecer as complexidades das funções do cérebro humano na saúde e nas doenças, sempre com o intuito de colaborar com o desenvolvimento da ciência e com a melhora da qualidade de vida dos seres humanos.

## Referências

- Abbott. (2022). <https://www.abbottbrasil.com.br/carreiras/estudantes.html>
- Ad Instruments. (2022). <https://www.adinstruments.com/company>
- Alliance for Advancing Bioelectronic Medicine (2020). Building a bioelectronic medicine movement 2019: insights from leaders in industry, academia, and research. *Bioelectron Med* 6. <https://doi.org/10.1186/s42234-020-0037-8>
- Benabid A. L., Pollak P., Louveau A., Henry S. & de Rougemont J. (1987). Combined (thalamotomy and stimulation) stereotactic surgery of the VIM thalamic nucleus for bilateral Parkinson disease. *Appl Neurophysiol.*, 50(1-6):344-346. <https://doi.org/10.1159/000100803>
- Biotronik. (2022). <https://www.biotronik.com/pt-br/careers/jobs/career-opportunities/job-search>
- Brain Support (2022): <http://www.brainsupport.com.br/page/aplicacao/educacao>
- Brunoni, A. R., Teng, C. T., Correa, C., Imamura, M., Brasil-Neto, J. P., Boechat, R., Rosa, M., Caramelli, P., Cohen, R., Del Porto, J. A., Boggio, P. S. & Fregni, F. (2010). Neuromodulation approaches for the treatment of major depression: challenges and recommendations from a working group meeting. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 68, 433-451. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2010000300021>
- Campbell, S. R. (2011). Educational Neuroscience: Motivations, methodology, and implications. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 7-16. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2010.00701.x>
- Cavuoto, J. (2011). Neurotech startups participate at international neuromodulation society congress. *Neurotech Reports*, 2(14), 400.
- Cochlear. (2022). <https://www.cochlear.com/br/pt/corporate/careers/cochlear-culture>
- Costa, E. G. D. & Nebel, L. (2018). O quanto vale a dor? Estudo sobre a saúde mental de estudantes de pós-graduação no Brasil. *Polis. Revista Latinoamericana*, (50). <http://journals.openedition.org/polis/15816>
- Cota, V. R., Aguiar, C. L., Neto, B. S. & Benegas, M. (2020). Open-source hardware as a model of technological innovation and academic entrepreneurship: The Brazilian landscape. *Innovation & Management Review*, 17(2), 177;195. <https://doi.org/10.1108/INMR-06-2018-0036>
- Cunha, S. M. & Carrilho, D. M. (2005). O processo de adaptação ao ensino superior e o rendimento acadêmico. *Psicologia escolar e educacional*, 9, 215-224. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572005000200004>
- Deer, T. R., Hagedorn, J. M., Jameson, J. B. & Mekhail, N. (2020). A New Horizon in Neuromodulation. *Pain Medicine*, 22(4), 2021, 1012–1014. <https://doi.org/10.1093/pm/pnaa197>
- Dubé, E., Vivion, M. & MacDonald, N. (2015). Vaccine hesitancy, vaccine refusal and the anti-vaccine movement: influence, impact and implications. *Expert review of vaccines*, 14(1), 99-117. <https://doi.org/10.1586/14760584.2015.964212>
- Dudziak, E. A. (2018) Quem financia a pesquisa brasileira? Um estudo InCites sobre o Brasil e a USP. São Paulo: *SIBiUSP*, 2018. <https://www.abcd.usp.br/noticias/quem-financia-a-pesquisa-brasileira-um-estudo-incites-sobre-o-brasil-e-a-usp/#:~:text=O%20financiamento%20da%20pesquisa%20no,Amparo%20a%20Pesquisa%20agrupadas%20no>
- Feigin, V. L., Vos, T., Nichols, E., Owolabi, M. O., Carroll, W. M., Dichgans, M., Dichgans, M., Deuschl, G., Parmar, P., Brainin, M. & Murray, C. (2019). The global burden of neurological disorders: translating evidence into policy. *The Lancet*, 19(3), 255-265. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(19\)30411-9](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(19)30411-9)
- Forlini, C., Lipworth, W., Carter, A. & Kerridge I. (2019). Beyond Flourishing: Intersecting Uses and Interests in the Neurotechnology Marketplace. *AJOB Neurosci*. 2019;10(4):178-180. <https://doi.org/10.1080/21507740.2019.1665128>
- Global Burden Disease. (2019) Prevalence of neurological disorders in 2019. *Institute for Health Metrics and Evaluation*. (Acesso em: agosto/2022) <https://vizhub.healthdata.org>
- Hariz, M. & Amadio, J. P. (2015) The New Era of Neuromodulation. *Virtual Mentor*, 17(1):74-81. <https://doi.org/10.1001/virtualmentor.2015.17.1.oped2-1501>
- Kreitmair, K. V. (2019) Response to Open Peer Commentaries on “Ethical Dimensions of Direct-to-Consumer Neurotechnologies”. *AJOB Neuroscience*, 10(4), W1-W3. <https://doi.org/10.1080/21507740.2019.1675798>
- Kumar, K. & Rizvi, S. (2014) Historical and Present State of Neuromodulation in Chronic Pain. *Current Pain and Headache Reports*, 18(387). <https://doi.org/10.1007/s11916-013-0387-y>
- Levy, R. M. (2010). The Politics of Neuromodulation in the USA: Spinal Cord Stimulation and the Washington State Department of Labor and Industry. *Technology at the Neural Interface*, 4(13), 249 - 252. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1403.2010.00300.x>

- Luan, S., Williams, I., Nikolic, K. & Constandinou, T. G. (2014) Neuromodulation: present and emerging methods. *Frontiers in Neuroengineering*, 7(27), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fneng.2014.00027>
- Moore, T., Chestek, C., Pooley, D., Chon, A., Hippenmeyer, S. & Anikeeva, P. (2018). Visions for the Future of Neuroscience. *Neuron*. 2018;98(3):464-465. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.04.024>.
- Mouly *et al.* (2018). Market and Technology Report: Market Expectations and Technology Trends - Update. *Technologies to Market*, 01(01), 40.
- Mouly, J., Villien, M., Le Greneur, C. & Sagot, B. (2019). Neurotechnologies and brain computer interface: How are neurotechnologies unraveling the mystery of our brain and opening new business opportunities?. *Technologies to Market*, 01(01), 40. [https://s3.i-micronews.com/uploads/2019/01/yole\\_Neurotechnologies\\_and\\_Brain\\_Computer\\_Interface\\_flyer.pdf](https://s3.i-micronews.com/uploads/2019/01/yole_Neurotechnologies_and_Brain_Computer_Interface_flyer.pdf)
- Nicola, M., Alsafi, Z., Sohrabi, C., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., Agha, M. & Aghaf, R. (2020). The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. *International journal of surgery*, 78, 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.04.018>
- Nicolelis, M. A. (2001). Actions from thoughts. *Nature*, 409(6818), 403-407. <https://doi.org/10.1038/35053191>
- Nunes, A. (2020, 01 de abril). Bolsas de mestrado e doutorado são cortadas e alunos ficam sem renda. *A Gazeta*.
- Penido, A. (2019, 04 setembro). Cresce 18% número de casos de sarampo no Brasil. *Ministério da Saúde*.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM. [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.Pdf](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.Pdf)
- Pinheiro, C. (2020). A pandemia atrapalha a vacinação e pode deixar 80 milhões de bebês em risco. *Veja Saúde*. A
- Proetti, S. (2018). As pesquisas qualitativa e quantitativa como métodos de investigação científica: Um estudo comparativo e objetivo. *Revista Lumen* ISSN: 2447-8717, 2 (4). <https://doi.org/10.32459/revistalumen.v2i4.60>
- Puerta, M. (2020). The Market for Neurotechnology: 2020-2024. *Neurotech Reports*, 1(01), 254.
- Rizzolatti G, Fabbri-Destro M, Caruana F & Avanzini P.(1997). System neuroscience: Past, present, and future. *CNS Neurosci Ther.*, 24(8):685-693. <http://dx.doi.org/10.1111/cns.12997>.
- Ruffini, G, Maiques, A. & Casas, Y. (2020). Neuroelectrics.
- Saldaña, P. (2020, 17 de fevereiro). O impacto de cortes de bolsas da Capes foi maior no Nordeste. *Folha de São Paulo*. Acesso em: 5 de julho de 2020.
- Schmälzle, R., & Meshi, D. (2020). Communication neuroscience: Theory, methodology and experimental approaches. *Communication methods and measures*, 14(2), 105-124. <https://doi.org/10.1080/19312458.2019.1708283>
- Silva, A. I. A., Siqueira, J. G. de, & Siqueira, C. G. de. (2022). Vacinas: história, negacionismo, ‘fake news’ e a Covid-19 no Brasil hoje. *Brazilian Journal of Development*, 8(5), 35200–35217. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n5-165>.
- Slavin, K. V. (2011). History of peripheral nerve stimulation. *Peripheral nerve stimulation*, 24, 1-15. <https://doi.org/10.1159/000323002>
- Wexler, A., & Reiner, P. B. (2019). Oversight of direct-to-consumer neurotechnologies. *Science*, 363(6424), 234–235. <https://doi.org/10.1126/science.aav0223>.
- Wiest, M. C., & Nicolelis, M. A. (2003). Behavioral detection of tactile stimuli during 7–12 Hz cortical oscillations in awake rats. *Nature neuroscience*, 6(9), 913-914. <https://doi.org/10.1038/nn1107>
- World Health Organization. (2006). Neurological disorders: public health challenges. *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241563369>