



Regulação de Neurotecnologias e Neurodireitos: análise ética da estimulação cerebral profunda no contexto chileno

Gabriel Cordeiro dos Santos¹, Ana Paula Mattos Arêas²

¹ Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André, SP, Brasil -
santos.cordeiro@aluno.ufabc.edu.br

² Centro de Ciências Naturais e Humanas - Universidade Federal do ABC (UFABC),
Santo André, SP, Brasil

Resumo: Este estudo analisou a compatibilidade ética da estimulação cerebral profunda (DBS) para modulação do humor à luz da Lei chilena nº 21.383, utilizando uma matriz fundamentada na neuroética. A análise evidenciou que a legislação contempla princípios como dignidade, autonomia, privacidade mental e governança. Contudo, persistem desafios relacionados ao acesso equitativo às neurotecnologias e ao tecnocolonialismo, exigindo políticas de fortalecimento científico regional.

Palavras-chave: Neuroética; Neurodireitos; Estimulação cerebral profunda; DBS; Tecnocolonialismo.

INTRODUÇÃO

As neurotecnologias vêm ampliando as possibilidades terapêuticas para distúrbios neurológicos e psiquiátricos, ao mesmo tempo em que suscitam desafios éticos e regulatórios relacionados à intervenção sobre a atividade cerebral. Entre essas tecnologias, destaca-se a estimulação cerebral profunda (Deep Brain Stimulation – DBS), aprovada pelo FDA em 1997, que consiste na implantação de eletrodos em estruturas cerebrais profundas conectados a um gerador de pulsos capaz de modular circuitos neurais por meio de estímulos elétricos (Seritan et al., 2021). Classificada como uma tecnologia de escrita neural (write-in), a DBS atua diretamente sobre o tecido neural, modificando padrões de atividade elétrica relacionados a funções cognitivas e emocionais (Zhang et al., 2020).

Em um contexto de rápida expansão das neurotecnologias e de crescente preocupação com fenômenos associados ao tecnocolonialismo, destaca-se a necessidade de marcos regulatórios capazes de proteger direitos fundamentais diante de intervenções sobre o cérebro humano. Nesse cenário, o Chile tornou-se referência internacional ao incorporar os chamados neurodireitos em seu ordenamento jurídico, por meio da Lei nº 21.383, que estabelece a proteção da integridade física e psíquica, da atividade cerebral e dos dados neurais (Chile, 2021).

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a compatibilidade ética da utilização da DBS para modulação do humor à luz da regulamentação chilena, utilizando uma matriz de análise baseada em princípios da neuroética.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de caráter documental e descritivo. O corpus de análise foi composto pela Lei nº 21.383, responsável por introduzir a proteção dos neurodireitos na Constituição chilena. Para a avaliação do documento foi desenvolvida uma matriz analítica fundamentada na literatura clássica da bioética e da neuroética (Beauchamp e Childress, Rommelfanger, entre outros).

A matriz contemplou oito eixos de análise: (i) dignidade humana e integridade mental; (ii) autonomia e liberdade cognitiva; (iii) vulnerabilidade; (iv) justiça e acesso às neurotecnologias; (v) privacidade mental e proteção de dados neurais; (vi) responsabilidade institucional; (vii) melhoramento cognitivo; e (viii) avaliação da relação benefício-dano. A análise consistiu na leitura integral da legislação e na identificação de dispositivos compatíveis com cada um dos critérios previamente definidos, relacionando posteriormente essas disposições ao uso da estimulação cerebral profunda (DBS).

Eixos de análise	O critério de presença	Indicadores
Dignidade humana, integridade mental	O documento limita explicitamente a intervenção sobre o funcionamento mental para proteger a integridade psíquica do indivíduo.	- Limitação explícita da intervenção sobre funções cerebrais. - Proibição de usos indevidos ou não autorizados. - Diferenciação entre corpo e sistema nervoso. - Menção a dano mental ou psicológico. - Reconhecimento ontológico do humano.
Autonomia, agência e liberdade cognitiva	O documento garante a capacidade de decisão livre e informada sobre a intervenção, seus efeitos ou seu uso.	- Exigência de consentimento informado. - Direito de recusar ou interromper. - Menção a uso voluntário.



Eixos de análise	O critério de presença	Indicadores
Vulnerabilidade e proteção de grupos expostos	O documento reconhece grupos com maior suscetibilidade ou potencial risco e prevê salvaguardas adicionais.	Avaliação de risco diferenciada para crianças, adolescentes e minorias sociais.
Justiça, equidade e acesso às neurotecnologias	O documento aborda distribuição de riscos, benefícios ou acesso à tecnologia.	- Não discriminação. - Menção a acesso universal ou equidade.
Privacidade mental, dados neurais e confidencialidade	Protege informações geradas pelo dispositivo como dados sensíveis, incluindo regras de confidencialidade.	- Proteção de dados do paciente. - Sigilo de informações clínicas. - Direito à privacidade mental. - Segurança da informação.
Responsabilidade social, governança e responsabilidade	Define responsabilidades institucionais ou profissionais pelo uso da tecnologia (<i>Recat</i>), específicos à neuro dispositivos e monitoramento.	- Responsabilidade institucional. - Responsabilidade do profissional. - Mecanismos de fiscalização. - Penalidades e sanções.
Melhoramento cognitivo e intervenção não terapêutica	O documento reconhece explicitamente intervenções destinadas ao aprimoramento cognitivo, além de finalidade terapêutica, estabelecendo limites ou salvaguardas específicas para seu uso.	- Diferenciação entre uso terapêutico e uso de aprimoramento. - Menção a <i>cognitive enhancement</i> ou aumento de performance. - Restrição ao uso não médico. - Limites à aplicação em contextos competitivos. - Distinção entre tratamento e intervenções não terapêuticas. - Reconhecimento de possíveis danos decorrentes do uso para melhoramento.
Benefício e dano: neuro proporcionalidade e avaliação biológica individual	O documento reconhece riscos físicos ou psicológicos do uso da tecnologia e estabelece mecanismos de avaliação individual ou proporcionalidade entre riscos e benefícios esperados.	- Prevenção de dano neural irreversível. - Critérios proporcionais para intervenções invasivas. - Avaliação individual da relação risco-benefício terapêutico. - Menção ao princípio da eficácia única e segurança sistêmica.

Fonte: Elaboração própria, com base em Beauchamp e Childress (2011), Garrafa (2005) e Rommelfanger et al. (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da matriz de análise neuroética ao caso da estimulação cerebral profunda (Deep Brain Stimulation – DBS) para modulação do humor evidenciou que a regulamentação chilena contempla os principais desafios éticos associados à intervenção direta sobre a atividade cerebral. Entre os oito eixos analíticos propostos, observaram-se correspondências mais evidentes nos princípios relacionados à dignidade humana, autonomia, privacidade mental, justiça distributiva e responsabilidade na utilização de sistemas neurotecnológicos.

Os DBS, aprovados pelo FDA em 1997, são dispositivos implantáveis capazes de modular circuitos neurais por meio da emissão de estímulos elétricos, sendo classificados como tecnologias de escrita neural (*write-in*), uma vez que atuam diretamente sobre o tecido cerebral (Seritan et al., 2021; Zhang et al., 2020). A capacidade desses dispositivos de alterar oscilações neurais envolvidas na regulação emocional,

como as oscilações theta do hipocampo (Luo et al., 2021), faz com que sua utilização dialogue diretamente com os neurodireitos estabelecidos pela Lei nº 21.383 do Chile.

Sob o eixo dignidade humana e integridade mental, verificou-se que a utilização da DBS para modulação do humor incide sobre o núcleo protegido pela legislação chilena, que estabelece a necessidade de preservar a integridade física e psíquica das pessoas e proteger a atividade cerebral contra intervenções incompatíveis com a dignidade humana (Chile, 2021). A possibilidade de alterar estados emocionais por meio da estimulação neural reforça a necessidade de limites regulatórios para assegurar que a tecnologia permaneça orientada por finalidades terapêuticas.

Quanto ao eixo privacidade mental, a análise demonstrou que sistemas BCI-DBS capazes de detectar intenções, desejos ou padrões emocionais produzem informações neurais altamente sensíveis. Nesse contexto, a legislação chilena oferece respaldo jurídico ao reconhecer a atividade cerebral e os dados dela derivados como objetos de proteção específica, reduzindo riscos relacionados ao acesso não autorizado, exploração econômica e uso inadequado dessas informações (Tobbin, Cardin e Vieira, 2024).

No eixo autonomia e liberdade cognitiva, observou-se que a modulação artificial de estados emocionais pode produzir impactos sobre a percepção de identidade e continuidade do "eu". Caso o dispositivo influencie de forma persistente disposições afetivas, surgem questionamentos acerca da autenticidade das decisões e da preservação da personalidade. A regulamentação chilena procura responder a essas preocupações ao reforçar o direito à autodeterminação e exigir que intervenções neurotecnológicas ocorram sob consentimento livre e voluntário (Chile, 2021).

Em relação ao eixo justiça e acesso às neurotecnologias, identificou-se que a eventual expansão da DBS para aplicações de aprimoramento cognitivo ou emocional pode ampliar desigualdades sociais decorrentes do acesso restrito a essas tecnologias. Embora a legislação chilena não discipline detalhadamente esse cenário, sua orientação baseada nos neurodireitos evidencia a necessidade de políticas que impeçam processos de exclusão e mercantilização da cognição e da estabilidade emocional.

Por fim, o eixo responsabilidade social e governança mostrou-se particularmente relevante diante da crescente incorporação de algoritmos na interpretação de sinais neurais e na ativação automatizada de respostas terapêuticas. A necessidade de sistemas transparentes, auditáveis e livres de vieses computacionais constitui requisito essencial para evitar discriminações implícitas e a imposição de padrões normativos de comportamento ou estados emocionais



considerados socialmente desejáveis (Rommelfanger et al., 2018).

CONCLUSÃO

A aplicação da matriz de análise neuroética ao caso da estimulação cerebral profunda (DBS) para modulação do humor demonstrou que a regulamentação chilena oferece um referencial consistente para a avaliação ética de neurotecnologias que atuam diretamente sobre a atividade cerebral.

Todavia, observou-se que está contemplado parcialmente o eixo de “justiça e acesso às neurotecnologias”. Embora a legislação reconheça a importância da equidade, ela não supera, por si só, as assimetrias decorrentes da concentração do desenvolvimento tecnológico das neurotecnologias, principalmente quando vistas no Norte Global.

No caso analisado, a DBS constitui uma tecnologia concebida e difundida em países centrais, cuja incorporação em contextos latino-americanos permanece condicionada por barreiras econômicas, científicas e regulatórias. Esse cenário reforça debates sobre o *tecnocolonialismo*, em que a dependência de tecnologias produzidas por poucos países pode reproduzir desigualdades no acesso, na produção de conhecimento e na capacidade de governança local.

Assim, conclui-se que a experiência chilena representa um importante avanço na proteção dos neurodireitos, mas também evidencia que a consolidação de uma governança ética das neurotecnologias exige não apenas marcos regulatórios robustos, mas também políticas voltadas ao fortalecimento da capacidade científica e tecnológica regional.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do ABC (UFABC) pelo suporte institucional à realização desta pesquisa, à Pró-Reitoria de Pesquisa (ProPes/UFABC) pelo incentivo às atividades de pesquisa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido por meio do programa de Iniciação Científica, fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BEAUCHAMP, Tom L.; CHILDRESS, James F. Principles of Biomedical Ethics. Oxford University Press, Oxford, 2001.

CHILE. Ley 21.383. Modifica la carta fundamental para establecer el desarrollo científico y tecnológico al servicio de las personas. Santiago, 2021. Disponível em:

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=116698>
3. Acesso em: 15 mar. 2026.

GARRAFA, Volnei. Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos. Brasília: UNESCO, 2005

LUO, Yinpei et al. Deep brain stimulation for Alzheimer's disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, v. 13, 2021.

ROMMELFANGER, Karen S. et al. Neuroethics questions to guide ethical research. *Neuron*, v. 100, n. 1, p. 19–36, 2018.

SERITAN, Andreea L. et al. Elevated mood states in patients with Parkinson's disease. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, v. 33, n. 4, p. 314–320, 2021.

TOBBIN, Raissa Arantes; CARDIN, Valéria Silva Galdino; VIEIRA, Tereza Rodrigues. Neurodireitos: a experiência chilena. *Revista Brasileira de Direitos e Garantias Fundamentais*, v. 10, n. 2, 2024.

ZHANG, Xiayin et al. Brain-computer interfaces and artificial intelligence. *Annals of Translational Medicine*, v. 8, n. 11, p. 712, 2020.