

Algoritmos, interação cérebro-máquina, inteligência artificial, darwinismo social, aprendizado, ódio, violência.

Luís Carlos Reis

Introdução geral.

No dia 20 de outubro de 2022 a UFRRJ completou 112 anos de existência, oportunidade em que foi feita comemoração em conjunto com a XIX Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Em contextual palestra de encerramento Maria Leticia Galluzzi Nunes abordou o tema “*Máquinas e mundos: o que é ser humano na era cibernética - uma conversa sobre sociedade e inteligência artificial*” (I.A.). A professora Galluzzi Nunes é integrante do Núcleo de Computação Eletrônica, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da UFRJ.

A aula-conferência foi conduzida envolvendo os participantes em torno da questão dos algoritmos e a construção de abstrações causadoras de “esperanças”, sinalizações de prosperidade, prazer, bem-estar, autoestima, apego/empatia que fazem parte de nossas relações cotidianas. Ela também fez considerações acerca de um segundo momento na captura de informações após contato e apreensão de ações propositivas e suas respectivas reações positivas ou negativas. Nesta linha de pensamento baseada em *princípios* da psicologia (mesclados a outros saberes) a conferencista discorreu sobre a análise mais tardia, crítica, que nem sempre se alinha com as impressões imediatas e automáticas ante o primeiro impacto ambiental *cibernético-social*. Por fim, ela fez alusão à negação ou resistência expressa por indivíduos mediante os fatos e conhecimento científico e tecnológico alicerçados.

Na linguagem utilizada a palestrante trouxe argumentação com alusões, em parte, fundadas especialmente na psicologia, no entanto, outros campos da neurociência têm contribuído para a compreensão dos efeitos da massificação de informações sobre o ¹encéfalo humano, mormente com a plethora de meios criados em associação às organizações cibernéticas. O volume de informações disseminado e seus algoritmos, opera buscas frequentes de sensações de bem-estar e autoestima, mas pode também criar objetivos difíceis de serem alcançados, o que pode gerar desconfortos, ansiedade, melancolia e depressão. Muitas vezes, a avalanche de informações de cunho ideológico e / ou religioso, eivadas de promessas sub-reptícias para prematuramente se alcançar a prosperidade obscurece os caminhos de construção da crítica que demanda mais tempo, não necessariamente escolaridade, maturidade e anos de vida. A confrontação desses valores conservadores sedimentados com as ações que visam, por exemplo, a redistribuição de bens e riqueza e o advento de novos saberes muitas vezes levam à negação do conhecimento em uma enorme diversidade de manifestações de menoscabo fertilizadas pela disseminação de inverdades.

Captura de informações do meio. O papel dos neurônios espelhos.

Uma etapa *primitiva* de *consumo* de informações é constituída pelo *bombardeio* feito por organizações de meios. Ela é processada por sistemas neurais sediados no córtex cerebral. Neste processamento há uma *interface* representada possivelmente por distintos tipos de ²neurônios *espelhos* conectados a um sistema diverso de resolução imediata e a outros de *acessibilidade* mais complexa que demanda uma semântica, portanto, constituindo uma etapa cognitiva de análise, mais tardia e crítica das inserções automáticas. Diferentes categorias desses neurônios medeiam a transferência de informações que resultam em reações numa dimensão temporal diminuta e renovadas a cada busca e reproduzidas numa frequência *automática* associadas a manifestações de prazer e expressão de autoestima que conduz ao *copia e cola*, como na adição. Essa onda de adição manifestada por diferentes encéfalos arrasta *corações e mentes* que levam à execução de uma ação delineada por *linhas de pensamento impostas* por combinação de algoritmos sob a programação de uma interface cérebro-máquina. O mecanismo, que demanda estudos mais profundos, talvez por décadas, é algo análogo àquele investigado pelo neurocientista Miguel Nicolelis, por exemplo, em que um aparato, *exoesqueleto* ou próteses, é interposto entre o homem e uma máquina. Termina por aqui qualquer tentativa de comparação, pois nesse caso o tipo de interação objetiva, por exemplo, minimizar deficiências motoras (eferentes) ou restaurar por ativação de plasticidade neuronal o processamento sensorio-motor em diferentes níveis, medular, cerebelar, nos núcleos da base e córtex cerebral. No entanto, caberiam algumas questões.

Será um dia possível a criação de uma máquina cibernética capaz de redirecionar o fluxo de informações para uma análise mais profunda, ou, seria possível criar uma combinação de

algoritmos capazes de convergir o *pensamento* para esse mesmo fim? Por outro lado, isso interromperia as análises superficiais (confrontadas com as experiências passadas), propositivas, implicadas com a modelagem de nosso cotidiano e da própria sobrevivência?

Nota: Durante o encontro anual da *Society for Neuroscience* de 1995 em San Diego, EUA, o grande neurocientista Vilayanur Subramanian Ramachandran proferiu conferência inaugural para 6000 participantes onde fez observações impactantes sobre a identificação dos neurônios espelhos em macacos três anos antes pelo grupo de Rizzolatti. Ele vaticinou que a descoberta destes neurônios faria pela psicologia o que a identificação do DNA fez pela biologia. Por exemplo, eles ajudariam a explicar os inúmeros processamentos e habilidades mentais que até aquele momento eram um enigma e inacessíveis à experimentação. Ramachandran comparou esse achado ao primeiro *big bang* da evolução dos hominídeos qual seja o aumento extraordinário do índice encefálico que foi acompanhado de uma maior complexidade dos processos cognitivos. Estudos liderados pelos neurocientistas Roberto Lent e Suzanaerculano-Houzel (ver referências abaixo) demonstraram que não obstante o córtex contenha cerca de 19% de neurônios relativamente ao restante do encéfalo, numa proporção semelhante a outros mamíferos, o seu dimensionamento permitiu uma grande “economia de espaço” que se reflete numa maior densidade celular. Essa organização geométrica se dispõe como dobraduras que aumentam a área cortical. Essa tese, como sugerido por Herculano-Houzel, *recomenda* uma reflexão sobre a atribuição unicamente ao índice encefálico calculado em função de razão entre o órgão e o corpo.

Herculano-Houzel et al. [Cellular scaling rules for rodent brains. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 103(32): 12138-1243, 2006];

Herculano-Houzel et alii. [The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 105(34): 12593-12598, 2008];

Herculano-Houzel. [The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3: 1-11, 2009];

Mota & Herculano-Houzel. [Cortical folding scales universally with surface area and thickness, not number of neurons]. *Science*, 349(6243): 74–77, 2015].

Essa concepção sobre o dimensionamento geométrico do córtex cerebral humano veio reforçar a tese da magnificação dos sistemas aos quais os neurônios espelhos estão conectados. Atualmente, procurando determinar o papel dos neurônios espelhos na síndrome do membro fantasma em pacientes amputados e no autismo Ramachandran já discutia o advento das habilidades cognitivas mais complexas do córtex humano associadas à evolução dos hominídeos. Ele sustentou a hipótese de que o aumento de sofisticação do sistema de neurônios espelhos permitiu uma maior capacidade de aprendizagem por imitação. Em sua impressão, a maior capacidade para imitar (reproduzir ações de natureza diversa), aprender e ensinar explicaria a *explosão* de mudanças culturais por vezes chamadas de *grande salto a frente* ou *big bang* na evolução do ser humano nos últimos 100 mil anos. Os neurônios espelhos também permitiriam a imitação de movimentos de outros indivíduos *preparando assim o palco* para o *complexo lamarckiano* ou herança cultural que caracteriza nossa espécie e nos liberta das amarras de uma evolução baseada puramente em genes. Como também prenunciou Rizzolatti, esses neurônios permitiriam a imitação e interpretação dos movimentos dos lábios e língua de outras pessoas habilidades que teriam ensejado a oportunidade para a evolução da linguagem. Num de seus mais expressivos paradigmas experimentais, Ramachandran (ver referências abaixo) descreveu que vários pacientes com **braço fantasma** relataram sinais de toque (sensibilidade tátil) enquanto observavam o braço de outra pessoa sendo tocado. Ainda no campo da somestesia outros autores descreveram o papel dos neurônios espelhos na *dor fantasma* em pacientes amputados. Movimentando o braço intacto e permitindo que o paciente veja o ato num espelho, de modo que isso substitua virtualmente o membro amputado se observa uma atenuação da dor fantasma. A propósito dessas observações, usando técnicas imaginológicas, ainda nos anos 1990, Ramachandran levantou hipóteses que *contagiaram* uma geração de neurocientistas. Por exemplo, de que cérebro de adultos preserva expressivo potencial de plasticidade latente associada à habilidade de remodelagem de sistemas envolvidos com a sensibilidade incluindo a proprioceptiva bem como a capacidade cognitiva. O componente neural-chave envolvido nessa interface seriam os neurônios espelhos. O exame de imagens permitiu concluir que novos circuitos são organizados de modo harmônico construindo *pontes* entre os dois hemisférios em prazo menor que três semanas. É intuitivo, a partir dessas evidências, suspeitar que as habilidades cognitivas ocorram mediante idêntico processo de reparação ou de transformação conforme os impactos ambientais como aqueles do processo de ensino e aprendizagem amplificados ou distorcidos por massiva informação como os algoritmos, por exemplo.

Por fim, várias dessas observações reunidas a outras levaram à formulação da hipótese de que os neurônios espelhos constituiriam a interface crucial para a compreensão da base neurofisiológica da autoconsciência, fenômeno que tem suscitado grande interesse no campo da ciência e filosofia (para entender mais consultar *fórum* criado pelo Research Gate em www.researchgate.net; *What could be proof of consciousness?*).

Ramachandran & Rogers-Ramachandran. [Synaesthesia in Phantom Limbs Induced with Mirrors. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 263(1369): 377–386, 1996];

Ramachandran & Rogers-Ramachandran. [Sensations referred to a patient's phantom arm from another subjects intact arm: Perceptual correlates of mirror neurons. *Medical Hypotheses*, 70(6): 1233-1234, 2008];

Ramachandran & Brang. [Sensations Evoked in Patients With Amputation From Watching an Individual Whose Corresponding Intact Limb Is Being Touched. *Archives of Neurology*, 66(10): 1-4, 2009];

Guenther. [It's All Done With Mirrors': V.S. Ramachandran and the Material Culture of Phantom Limb Research. *Medical History*, (2016), 60(3): 342-358, 2016];

Gupta et al. [Mirror therapy to alleviate Phantom pain. *Journal of Clinical Images and Medical Case Reports*, 2(5): 1341, 2021. Open access].

Educação, neuropedagogia e neurotecnologias e a evolução do encéfalo humano. Algoritmo, política. Neurociência, ódio e violência.

Na política, uma das mais complexas relações entre grupamentos de encéfalos, a escalada de informações muitas vezes destituídas de verdade, numa elevada frequência, provoca uma espécie de *obnubilação cognitiva* (resultante da *intoxicação por algoritmos*) às vezes associada

à dissonância cognitiva, que deteriora / inviabiliza a prospecção analítica mesmo perante fatos ou conhecimentos previamente construídos pela ciência e tecnologia e consolidados pela *memória social* e com resultantes inovações civilizatórias. Esse fenômeno conduz, por exemplo, à rejeição do posicionamento contraditório e de *novas linhas de pensamento* ora em desenvolvimento tanto na academia como no imaginário e sabedoria popular porquanto um recrutamento *mental* no plano da automaticidade já promoveu um obscurecimento do processamento analítico. A rejeição a uma nova concepção baseada no conhecimento e no estabelecimento do bem comum é confrontada com concepções por vezes ultraconservadoras que implicam tão-somente na preservação de interesses pessoais ou de grupos da burguesia e *elite dominante* e de movimentos religiosos e fundamentalistas. Motivados por isso, criam *ondas de delírio* (uma espécie de *adição coletiva*) que parecem significar que ainda detêm o domínio de sua *narrativa* reacionária, fundamentalista. Para tal, instigam ações difamatórias, persecutórias e criminosas aos que são contrários, numa afronta ao estado democrático e de direito *arduamente* alcançado nos estertores do homem analógico. Adicionalmente, criam mecanismos, utilizando recursos de meios, com o fim de sustentar seu *status delirante*, por exemplo, com a disseminação de inverdades que excitam o assentimento imediato dos mais vulneráveis dissonantes ou obnubilados numa reverberação itinerante que levam a formação de bolhas conspiratórias *contagiantes*. Esse *recrutamento*, conquanto possa constituir uma maioria reinante, nunca leva a uma isonomia na distribuição de bens e direitos o que evidencia que grande parte deste contingente é representada por subjugados que sucumbiu à *implementação* de ações de efeito passageiro vinculadas à manutenção do *status quo*.

O *moto contínuo* que faz reverberar essa *narrativa* delirante é *servilmente* associado à criação de mártires, heróis ou *mitos* alegóricos que do cume da pirâmide comanda a engrenagem dos algoritmos. Em outro grau de subjugação há aqueles, muitas vezes abastados, também recrutados, para manipulação da massa mais vulnerável atentos ao apito daquelas diferentes *raças de cães pastores*. Daí, *jacobinos* (relativo à revolução francesa, 1789-1794) particularmente originários do povo, críticos e resistentes à disseminação ou *venda* de *promessas*, traduzidas em algoritmo, são a última cidadela de defesa contra o obscurantismo. Esses *rebeldes* são fiéis aos seus valores de sobrevivência e comprometidos com o bem-estar comum aos seus semelhantes os quais muitas vezes não conseguem enxergar o objetivo do diversionismo produzido pela combinação de algoritmos. Esses valores e o ativismo dos rebeldes são *paradigmas* críticos demandados para a recomposição ou construção de novos degraus na consolidação de uma democracia verdadeira.

No campo da educação, no contexto da relação docente-discente, esse tema é particularmente caro e crucial àqueles que estão verdadeiramente envolvidos no *sacerdócio* do ensino, assim, uma neuropedagogia tem emergido mediante o recente desenvolvimento *neurocientífico* e *neurotecnológico*. O processo de ensino-aprendizagem é dependente de uma complementariedade entre o sistema de busca rápida de informações (seja por via cibernética ou livros) e a posterior análise crítica que caracteriza o corolário que constitui a formação e consolidação plena do aprendizado. Apenas a busca de informações sem o desenvolvimento de um nexos entre elas (análise) não leva à retenção do conhecimento e subsequente desenvolvimento científico e tecnológico, reprodução cultural para o bem-estar, construção de novos marcos civilizatórios e restauração dos que tenham sido desmanchados pelo *negacionismo ciclotímico*.

Em outra dimensão, uma questão que preocupa as sociedades democráticas é o acesso dos vulneráveis e desassistidos às políticas públicas de inclusão aos meios no alvorecer da I.A. (No entanto, imagino que essa abstração humana transformada em neurotecnologias seja derivada da combinação *viral* de informação massiva por algoritmos que constroem fontes complexas de conhecimento que levariam a uma *adição social* e certa incapacidade de reagir a estímulos primários como responder a questões simples de matemática sem o uso de conexões cabeada ou *wireless*).

Considerando a evolução do encéfalo humano (ver tópico anterior), em tamanho e complexidade, é notável que apenas nos últimos pouco mais de 100 anos, em 300 mil anos do surgimento do *Homo sapiens*, em função do conhecimento científico e tecnológico, tenhamos experimentado uma *plasticidade adaptativa* extraordinária talvez comparável apenas à transição do *Homo habilis* ao *Homo sapiens*. No entanto, este remoto interstício evolutivo durou $\cong 2,4$ a 1,6 milhões de anos, tendo demandado desafios e impacto ambiental diverso ao longo dos ciclos migratórios a partir do continente Africano e diáspora famélica da fria Eurásia associados aos primeiros eventos de desigualdade e de genocídio. Consoante a essa tese teríamos desenvolvido encéfalos com adaptações relativas a cada onda de conhecimento

adquirido, como hipoteticamente se tipificaria o *Homo sapiens* (subespécies **sapiens** ou **analogicum, electronicus, digitalis** e **quantum**). Possivelmente, em cada fase da evolução plástica encefálica grupos desprovidos da tecnologia vigente foram mantidos em castas que desapareceram gradualmente do convívio com os *mais habilitados* ou eles eram exterminados, fenômeno social que agora se reinicia e que parece caracterizar o surgimento de um novo ciclo do *Homo sapiens*. Mesmo com os avanços civilizatórios na construção do tecido social os desprovidos dos meios tecnológicos modernos continuaram a ser dizimados ou *contidos em bolsões*. Esse tipo de *darwinismo* representa a mais cruel e grave derrota social imposta pela burguesia aos pobres, num processo de discriminação particularmente aos pardos e negros em nosso País. Em nossa contemporaneidade, esse *sintoma* de uma *sociedade doente* chega a transcender a *aporofobia* no Brasil porquanto manifesta outras formas de ódio *arquivadas* em recônditos *escondidos* do encéfalo humano de onde emergem mediante quaisquer avanços na construção de marcos civilizatórios de igualdade de direitos e deveres e de assunção da condição e identidade de gênero.

Valores ultraconservadores consolidados (relacionados a questões raciais, sexuais e de distribuição de riqueza), quiçá transmitidos *transgeracionalmente*, quando confrontados com a distensão e construção de novos marcos civilizacionais geram o ³ódio que pode levar a processos persecutórios, retaliação e numa dimensão tribal, culminar com a violência coletiva, assassinatos e extermínio. Esse *ciclo patológico psicossocial* parece nunca encontrar resistências capazes de promover uma reversão global, quando muito, a construção de núcleos de bolhas civilizatórias que podem retroceder ao se sujeitar ou se contaminar com antigas ondas virais patrocinadas pelas lideranças da supremacia racial de um lado e do imperialismo e de domínio geopolítico de outro. (No aprofundamento desse tema concluímos sobre a sua *natureza multifacetada* e a uma delas muitas vezes construímos analogias com processos patológicos aos quais podemos ser acometidos, mas numa dimensão tribal, ou nacional. Por exemplo, a ciclotimia que se caracteriza pela manifestação de fases de tristeza e euforia que representariam, respectivamente, a letargia / habituação e a barbárie. Ambas as fases, nesta tese, seriam manifestações sintomáticas da plutocracia ou da autocracia em suas diversas nuances, do totalitarismo a certo cromatismo democrático. Trazer o *paciente à bonança* é uma tarefa árdua e contínua porquanto os riscos de *recidiva* são constantes, a cada *ameaça* de perda do *autocontrole*, quer dizer, do poder constituído).

Retornando ao âmbito do tema da cibernética e de seu uso, em nossa instituição e certamente em outras, se constata claramente uma **hedionda** desigualdade que se traduz, por exemplo, na falta de acesso ou disponibilidade de meios necessários ao aprendizado o que acaba prejudicando o processo justo e isonômico de aferição dos conteúdos assimilados. Essa disparidade exige uma revisão das normas vigentes no acesso e qualificação dos meios e de vivência nos *campi*, medida cujo atendimento demanda a criação da autonomia universitária, bem como a destinação de recursos diretos da união.

O neurodireito.

Outra questão, que ora atinge amplitude incomensurável, é a violação da privacidade pessoal e familiar bem como dos sistemas corporativos e governamentais. As proporções que isto tem tomado também levam a injustiças bem como ao cometimento de maus hábitos e crimes. No entanto, certas formas de invasões de privacidade, especialmente de sistemas de inteligência institucionais e redes sociais, têm sido extremamente importantes na exposição de crimes de conspiração de interesse da geopolítica global ou de incriminação de grupos ou lideranças políticas por intermédio de meandros jurídicos ou através do *lawfare* esboçados para os interesses de ideologias ultraconservadoras sob a tutela do capital financeiro. O *lawfare* é o uso de sistemas e *institutos* jurídicos para comprometer moralmente ou deslegitimar um oponente político / ideológico investigado, com o objetivo de impedir o uso individual de seus direitos legais, mormente requeridos por indivíduos envolvidos com a reconstrução e preservação do bem-estar social ante as ambições de minorias detentoras e controladoras do capital financeiro.

Por conta das abstrações suscitadas pelo advento de novas tecnologias que conectam encéfalos ou encéfalos e máquinas cibernéticas, surgiram estudiosos do tema que criaram uma área de conhecimento denominada **neurodireito**. Caberia a esta *nova ciência* regular o acesso, o uso democrático e a privacidade nas plataformas de meios cibernéticos. (A combinação de algoritmos de que se vale a OpenAI, criadora do ChatGPT recentemente lançado contextualiza esse campo de atuação futura dos *operadores do neurodireito*. O ChatGPT é um programa para computadores que usa a A.I. baseado na combinação de

algoritmos destinada à resolução de questões em todos os campos do conhecimento. A eficiência dessa translação é dependente da frequência de acolhimento de informações. Assim, para alguns temas se conseguiria obter respostas satisfatórias e para outras, frankensteins cibernéticos que expressam distorções do conhecimento enxertados com tecidos desconexos. Portanto, isso poderá se tornar uma ferramenta muito útil no ensino-aprendizagem, no entanto, a inexistência de parâmetros de regulação e a falta de discussão social e política e no meio acadêmico poderiam levar a distorções na criação de nexos que visam a formação e consolidação do conhecimento. Experimentando o ChatGPT, o professor Fernando Santos Osório do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP-São Carlos, indagou ao aplicativo: “Quais são os brasileiros ganhadores do Prêmio Nobel?”... a resposta foi bizarra, a listagem de nove nobelistas!).

A instituição dos neurodireitos mediante o uso das neurotecnologias, especialmente as cibernéticas, permitiria a conquista da cidadania em suas múltiplas ⁴frações no campo do ensino e aprendizagem, na ciência e tecnologia e na política, numa democracia plena que se comprometa umbilicalmente com a extinção da pobreza.

Publicações sobre neurociência e direito

Richardson. Neurolaw: Combining Neuroscience and Criminal Justice, www.brainFacts.org, 2016.

Schleim. Real Neurolaw in the Netherlands. The Role of the Developing Brain in the New Adolescent Criminal Law. *Frontiers in Psychology*, 11(1762): 1-5, 2020.

Cardoso. Neurolaw and the neuroscience of free will: An overview. *SCIO. Revista de Filosofia*, 21: 55-81, 2021.

Dash et alii. Neurolaw: A New Horizon Of Neuroscience and Law. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(10): 91-98, 2020.

Wolkart & Milan Ferreira et alii. Neurolaw – Fundamentos de Um Cérebro Social e Afetivo aplicados no Sistema Judicial. Thomson Reuters – Instituto New Law. *Revista dos Tribunais*, 2021.

Grupo de Estudos Interdisciplinares em Direito e Neurociências. (www.neurodireito.com)

Sommaggio. Neuroscience, Neurolaw and, Neurights. In: López-Silva, P., Valera, L. (eds) *Protecting the Mind. Ethics of Science and Technology Assessment*, Springer, Cham. 49: 71-84, 2022.

¹O encéfalo humano é o órgão que constrói a mais complexa das propriedades funcionais do corpo: a abstração. O seu desenvolvimento se desenrola mediante uma impressionante plasticidade imposta pelos desafios e vicissitudes gerados pela interação entre encéfalos e entre esses e o meio. Do processamento das abstrações resultam novas ideias e conceitos que tendem a inovar, modelar, desconsiderar ou tornar irrelevantes conhecimentos prévios. Esse fenômeno é integrado no córtex pré-frontal rostral-lateral do cérebro (porção anterior do encéfalo). Assim, esse intrincado processo cognitivo é considerado o grande responsável pelo desenvolvimento dos conceitos modernos de neuroeducação, neuropedagogia, neurodidática no campo do ensino e aprendizagem e neurotecnologias e neurodireitos, pautando, portanto, e gênese de um novo ciclo de desenvolvimento da espécie humana que utopicamente levaria a um vínculo harmônico entre partes / membros amigáveis (sociedade, *grupos de encéfalos*) na formação de tribos e nações.

²Os neurônios espelhos descritos ainda na década de 1990 foram amplamente reconhecidos no século seguinte a partir de estudos do grupo do neurocientista Giacomo Rizzolatti da Universidade de Parma na Itália. Eles são dotados da capacidade de disparos bioelétricos quando o indivíduo realiza um movimento ou, o que pareceu extraordinário, quando ele observa outro indivíduo realizando o mesmo tipo de movimento ou ele próprio ao visualizar imagens em um monitor. Ou seja, eles possuem a *propriedade* de acionar mecanismos para reproduzir (copiar e colar) e prever um comportamento. Primeiramente identificados em macacos, foram posteriormente estudados em seres humanos e outras espécies animais. Mais de duas décadas após a descoberta de Rizzolatti foram identificadas no córtex cerebral outras modalidades de neurônios espelhos envolvidos na *translação* de imagens de manifestação de emoções e desenvolvimento de empatia. Isto alimentou a criação de *abstrações* sobre a mediação multimodal por distintos tipos de neurônios espelhos dirigidos a outros sistemas neurais corticais implicados na comunicação e cognição. No campo da especulação foi cultivada a ideia do modo como se processaria a captura da atenção para a aprendizagem com seus vieses sensorio-motor e emocional.

Marginando o campo da ficção científica, não obstante hipóteses já venham sendo formuladas, fenótipos comportamentais e cognitivos modificados pelo *impacto ambiental* poderiam ser *transgeracionalmente* transmitidos... Abaixo estão discriminadas as referências sobre a descoberta dos neurônios espelhos e os rumos que este tema tem tomado mediante o interesse em se compreender como se faz a leitura da realidade exibida pelo meio ambiente. Entre esses temas além da linguagem, empatia e aprendizagem que tem sido os mais discutidos surge a hipótese de distúrbios na interface com o meio contribuir para o desenvolvimento do autismo e os *surtos* de violência. Adicionalmente, o trabalho de Yang (2023) abriu nova perspectiva para estendermos a compreensão dos mecanismos de *reflexão* produzida pelos neurônios espelhos com a identificação dessas células em camundongos numa região subcortical evolutivamente antiga, o hipotálamo, crítica para a integração do comportamento agressivo.

Estudos recentes têm trazido indícios da relação entre o sistema sensorio-motor, associado à propriocepção e o reconhecimento do corpo e os neurônios espelhos. A propriocepção (gerada a partir da transdução realizada por mecanorreceptores, vastamente distribuídos no corpo, nos tendões, músculos, cápsula articular e a pele) cria a dimensão para o reconhecimento da forma e da orientação espacial e postural. Relações entre a atividade dos neurônios espelhos e o sono, especialmente um componente desse comportamento, o sono REM (rapid eye movements, sono paradoxal, em que sinais neurovegetativos como a frequência cardíaca e o ritmo respiratório e o tônus muscular são semelhantes ao estado de vigília) tem gerado grande interesse na compreensão do substrato neurofisiológico dos pesadelos. Esses campos de investigação possivelmente contribuirão para o entendimento de como são geradas as *imagens fantasmagóricas* e de horror de um lado ou de coisas prazerosas e belas de outro, que representam manifestações análogas às alucinações da desordem esquizoafetiva e esquizofrenia que eventualmente

ocorrem durante o sono REM. A percepção da realidade e a criação virtual ensinaria um desdobramento destes estudos que ora conduz grande discussão no âmbito das ciências sociais, religião e filosofia.

No campo da sexualidade um dos artigos de maior impacto, Danaila e Nitescu (2022) encontraram conexão entre os neurônios espelhos e o sexo, os quais foram denominados 'Erogenous Mirror'. Em sua hipótese os autores argumentaram que *subconscientemente* neurônios espelhos são ativados quando se toca o parceiro (a) sexual em zona erógena onde ele quer ser tocado. Estudos dessa natureza tem permitido uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos neurofisiológicos na interação sexual entre duas pessoas. Esses mecanismos implicam um sistema específico de neurônios espelhos do córtex fronto-têmporo-parietal os quais medeiam a ativação de processos conscientes e inconscientes de recompensa e prazer (dentre outros). Em estudo de 2010 com abordagem imaginológica, Ortigue e Bianchi-Demicheli prenunciaram que estas observações permitiriam a produção de novas ferramentas terapêuticas e base neurocientífica para a apreensão e tratamento de distúrbios sexuais de casais. Nessa mesma linha outros autores têm dirigido foco ao envolvimento dos neurônios espelhos na captura de estímulos que levam às compulsões sexuais e suas variantes como a adição sexual, a adição pornográfica e a pedofilia. Em revisão sobre este tema, Estellon e Mouras (2012) atribuíram alta relevância da estimulação sexual visual e consideraram que o processamento cerebral da informação socioafetiva a partir dos sinais disparados pelos neurônios espelhos talvez atualmente seja um dos maiores geradores de debates na neurociência cognitiva com grande repercussão na sociologia, antropologia, epidemiologia e saúde pública.

Publicações sobre neurônios espelhos e relações com empatia, sono, propriocepção, autismo, metafísica, psicanálise, sexualidade, arte visual, violência, contágio, etc

Di Pellegrino et al. [Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91(1): 176-80, 1992];

Ramachandran. [Mirror Neurons and imitation learning as the driving force behind "the great leap forward" in human evolution. In: inaugural 'Decade of the Brain' lecture at Society for Neuroscience. 25th Annual Meeting, San Diego, USA, 1995];

Gallese et alii. [Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119: 593-609, 1996];

Paccholik-Zuromska. [How Proprioception gives Rise to Self-Others-Knowledge. *Frontiers in Psychology*, 12: 1-4, 2001];

Rizzolatti et al. [The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27: 169-92, 2004];

Oberman et alii. [EEG evidence for mirror neuron activity during the observation of human and robots actions: Toward an analysis of the human qualities of interactive robots. *Neurocomputing*, 70(13-15): 2194-2203, 2007];

Dinstein. [Human córtex: Reflections of mirror neurons. *Current Biology*, 18(20): R956-R959, 2008];

Ricciardi et alii. [Do We Really Need Vision? How Blind People "See" the Actions of Others. *Journal of Neuroscience*, 29(31): 9719-9724, 2009];

Rizzolatti et al. [Mirror neurons and their clinical relevance. *Nature Reviews Neurology*, 5: 24-34, 2009];

Small. [A Biological basis for Aphasia Treatment: Mirror Neurons and Observation-Execution Matching. *Poznań Studies in Contemporary Linguistics*, 45(2): 313-326, 2009];

Gill. [Dogs 'mimic movements of owners'. Dogs "automatically imitate" the body movements of their owners, according to a study. www.bbc.com, 2010];

Ortigue & Bianchi-Demicheli. [Unconscious sexual desire: fMRI and EEG evidences from self-expansion theory to mirror neurons. *Revue Medicale Suisse*, 6(241): 620-2, 624, 2010];

Acharya & Sukla. [Mirror neurons: Enigma of the metaphysical modular brain. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 3(2): 118-124, 2012];

Estellon & Mouras. [Sexual addiction: insights from psychoanalysis and functional neuroimaging. *Socioaffective neuroscience & Psychology*, 2:11814, 2012. Open access];

Kilner & Lemon. [What We Know Currently about Mirror Neurons. *Current Biology*, 23: R1057-R1062, 2013];

Hamilton. Reflecting on the mirror neuron system in autism: A systematic review of current theories. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 3: 91-105, 2013];

Nielsen et al. [Nightmare frequency is related to a propensity for mirror behaviors. *Consciousness and Cognition*, 22(4): 1181-1188, 2013];

Iacoboni. [II.5 The potential role of mirror neurons in the contagion of violence. In: Contagion of Violence: Workshop Summary. Forum on Global Violence Prevention; Board on Global Health; Institute of Medicine; National Research Council. Washington (DC): National Academies Press (US); 2013];

Spaulding. [Mirror Neurons and Social Cognition. *Mind & Language*, 28(2): 233-257, 2013];

Alford. [Mirror neurons and psychoanalysis, and the age of empathy. *International of Applied Psychoanalytic*, 1-28, 2014];

Lingnau & Caramazza. [The origin and function of mirror neurons: the missing link. *Behavioral and Brain Sciences*, 37(2): 209-210, 2014];

Vivanti & Rogers. [Autism and the mirror neuron system: insights from learning and teaching. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 369(1644): 20130184, 2014];

Motaqhey et alii. [Sex Differences in Neuroanatomy of the Human Mirror Neuron System: Impact on Functional Recovery of Ischemic Hemiparetic Patients. *Iran Red Crescent Medical Journal*, 17(8): e28363, 2015];

Nasl. [Mirror neurons and embodied simulation in visual art. Dissertação de mestrado em Escultura. Universidade de Lisboa. 91p, 2015];

Rizzolatti & Sinigaglia. [The mirror mechanism: a basic principle of brain function. *Nature Reviews Neuroscience*, 17: 757-765, 2016];

Jalal & Ramachandran. [Sleep Paralysis, "The Ghostly Bedroom Intruder" and Out-of-Body Experiences: The Role of Mirror Neurons. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11:92, 2017. eCollection];

Sundman et alii. [Long-term stress levels are synchronized in dogs and their owners. *Scientific Reports*, 9(1): 7391, 2019];

Grotto. [Symmetrization, Mirroring and External Reality: An 'Inner' Perspective. *Cambridge University Press*, 29(2): 181-196, 2021];

Palagi & Cordoni. [Intraspecific Motor and Emotional Alignment in Dogs and Wolves: The Basic Building Blocks of Dog-Human Affective Connectedness. *Animals*, 10(241): 1-11, 2020];

Bonini et al. [Mirror neurons 30 years later: implications and applications. *Trends in Cognitive Sciences. Cell Press OpenAccess*, 26(9):767-781, 2022];

Danaila & Niteescu. [The contribution of mirror neuron in determining sexuality and human procreation. *Points of view. Journal of Clinical Sexology*, 5(1): 39-44, 2022];

Shimada. [Multisensory and Sensorimotor Integration in the Embodied Self: Relationship between Self-Body Recognition and the Mirror Neuron System. *Sensors*, 5059: 1-18, 2022];

Heyes & Catmur. [What Happened to Mirror Neurons? *Perspectives on Psychological Science*, 17(1): 153-168, 2022];

Kozlov. Mirror neurons' fire up during mouse battles. Brain cells are crucial for triggering fights - but also become active when mice merely observe fights. *Nature*, 614: 605, 2023];

Proverbio & Zani. [Chapter 5. Mirror Neurons in Action: ERPs and Neuroimaging Evidence. *In: Social and Affective Neuroscience of Everyday Human Interaction From Theory to Methodology.* Editors: Paulo Sérgio Boggio, Tanja S. H. Wingenbach, Marília Lira da Silveira Coêlho, William Edgar Comfort, Lucas Murrins Marques, Marcus Vinicius C. Alves. pp. 65-84, 2023. Open access];

Yang. [Hypothalamic neurons that mirror aggression. *Cell*, 186: 1195-1211, 2023].

³A reação de ódio é processada em circuitaria cerebral localizada na ínsula e putâmen. O putâmen é uma estrutura subcortical da base do prosencéfalo implicada em reações multifacetadas desde a coordenação dos movimentos à articulação de palavras e linguagem e cognição. Por intermédio de suas conexões com a amígdala e núcleo *accumbens* ele integra importante organização cerebral relacionada com as reações de recompensa e adição, desprezo e nojo. O córtex insular é profundamente envolvido no processamento sensorio-motor e em reações de tomada de decisão associadas a respostas motoras. Estudos relativamente recentes trouxeram evidências de suas relações com as reações de retaliação e sua integração a um circuito de manifestação do ódio. Embora tenha sido sedimentado o conceito de que o córtex insular humano é uma exclusividade do ser humano concernente à capacidade de processamento mental há uma hipótese, com base ainda incipiente, de que outros animais possam exibir reações análogas, no entanto, isso provém de algumas similaridades na organização neuroanatômica e neurofisiológica que demanda estudos mais complexos. A neurociência tem procurado elucidar os mecanismos fisiológicos subjacentes a todo esse complexo de reações que culminam com reações coletivas de apego e solidariedade. Ao contrário, dependendo da *vulnerabilidade* dos indivíduos (talvez relacionada com valores conservadores consolidados) as reações culminariam com a violência contra um indivíduo ou coletiva. Estudos nesse sentido têm surgido em várias instituições de pesquisa. As imagens associadas ao ódio e à violência nas reações comportamentais motoras mais complexas além das gestuais e mímicas podem ser reproduzidas (copia e cola) e transmitidas em escalada / série. A relevância de estudos dessa natureza tem sido estrategicamente considerada por alguns Estados nos quais os sistemas de segurança e defesa são orientados cientificamente na prevenção e contenção desse *contágio* antes que se estabeleça a barbárie ante a insuflação por disseminação de inverdades e intoxicação algorítmica. Na ficção científica esse tema tem sido explorado, por exemplo, com a construção de sistemas de I.A. ou a *utilização* de indivíduos *precognitivos* dotados da capacidade de predizer o momento em que um crime será cometido (Minority Report, Steven Spielberg, 2002, baseado na novela *premonitória* de Philip Dick, 1956). Destaco abaixo alguns artigos entre os mais expressivos e chamo a atenção em especial ao artigo Möller-Leimkühler & Bogerts (2013) um dos primeiros a esboçar esquematicamente a circuitaria relacionada com a violência coletiva.

Publicações sobre neurociência vs ódio, violência, retaliação, etc

Miczek et al. [Neurobiology of Escalated Aggression and Violence. *Journal of Neuroscience*, 27(44): 11803-11806, 2007];

Zeki & Romaya [Neural correlates of hate. *PLoS One*, 3(10): e3556, 2008];

Sapolsky et al. [Topics in neurobiology of aggression: Implications to deterrence. Joint Chiefs of Staff. Department of Defense of USA. Editors: Diane DiEuliis & Hriar Cabayan, pp. 4-90, 2013];

Möller-Leimkühler & Bogerts [Kollektive gewalt. *Neurobiologische, psychosoziale und gesellschaftliche Bedingungen. Nervenarzt*, 84: 1345-1358, 2013];

Emmerling et al. [The role of the insular cortex in retaliation. *PLoS One*, 11(4): e0152000, 2016];

Gogolla [The insular cortex. *Current Biology*, 27(12): R580-R586, 2017];

Lantos & Molenberghs [The neuroscience of intergroup threat and violence. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 131: 77-87, 2021];

Lantos [The neuroscience of intergroup competition and violence. *In: The neuroscience of intergroup relations.* Publisher: Taylor & Francis Group. Chapter 3, pp.32-44, 2022].

⁴Parodiando ideia dos compositores de "Até Quando Esperar", Philippe Seabra & Gutje Wortmann da banda *Plebe Rude*, 1985.

Interação com animais

A maior parte dos estudos alusivos aos seres humanos utiliza a observação análoga à observação etológica de indivíduos isolados e grupos (tribos) na análise dos processos cognitivos associados ao aprendizado, à empatia, ao ódio e à violência. Os estudos neuroanatômicos e a observação de distúrbios neurológicos e psiquiátricos não são suficientes para a compreensão dos mecanismos neurofisiológicos. Assim, o uso da *imaginologia* tem trazido novos elementos neste contexto. A fMRI (imagem obtida por ressonância magnética funcional que faculta a medição do fluxo sanguíneo regional durante a atividade encefálica) e a PET (tomografia por emissão de pósitrons que utiliza radiotraçadores, radioisótopos instáveis, que permitem o *escaneamento* de regiões responsivas a um determinado estímulo, sexual, agressivo, por exemplo). No entanto, o uso do modelo animal e de tecido encefálico isolado é essencial ao estudo neurofisiológico para compreendermos os mecanismos de neurotransmissão, de sinalização celular e suas bases moleculares subjacentes ao processamento cognitivo envolvidos na gênese dos mecanismos de aprendizagem, apego, ódio e violência. Devido ao crescimento extraordinário da interação do ser humano com animais de companhia, especialmente cães, gatos e equinos, tem havido um grande interesse

em compreender os processos de condicionamento e aprendizado dos animais associados particularmente às *reações* de apego e suas relações com o *contágio* durante a aprendizagem. Não sabemos a que ponto nós chegaremos nessa escalada, mas, o ser humano tem usufruído da construção dessas relações na solidão, no autismo, na depressão e nos distúrbios neurológicos motores e cognitivos e na ansiedade. Em outro contexto, considerando que quaisquer reações do ser humano (abandono, maus tratos, altos níveis de estimulação sonora, cuidados excessivos, etc) na relação com os animais de companhia podem desencadear alterações cognitivas bem como neurovegetativas e neurometabólicas, já enfrentamos situações de desenvolvimento de morbidades e doenças. Assim, a agressividade e distúrbios de ansiedade *generalizada* e depressão de um lado e alterações endócrino-metabólicas (como obesidade e diabetes) de outro, são comuns na prática clínica no âmbito da medicina animal, embora nem sempre reconhecidas como resultantes da interação com o homem.

Publicações sobre neurônios espelhos em animais

Heyes. Where do mirror neurons come from? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34: 575–583, 2010].

Palagi et al. [Rapid mimicry and emotional contagion in domestic dogs. *Royal Society Open Science*, 2: 150505, 2015];

Sue. [Do dogs have mirror neurons? *Scientific American Mind*, 27(2): 70–70, 2016];

Perkins-Taylor. [Dogs Are Wired To Be Man's Best Friend. *Dogs Are Wired To Be Man's Best Friend*, www.swarthmore.edu, 2016].

Kaplan. Mirror neurons and humanity's dark side. *Animal Sentience* 23(24), 2019. Open Access];

Keyers & Gazzola. A Plea for Cross-Species Social Neuroscience. *Current Topics in Behavioral Neuroscience*, 30: 179-191, 2017];

Por fim, as relações conflituosas de ódio e violência e retaliação entre humanos tem merecido a atenção dos estados ainda que insipiente. Invasões de privacidade, os ataques e assédios e a propagação de inverdades pelas organizações sociais estão pressionando os poderes constituídos na elaboração dos neurodireitos visando a definição de limites e a penalização das infrações. Estudos europeus, da América Latina e dos EUA, desenvolvidos na academia e em órgãos de defesa e segurança têm avançado visando a elaboração de normas reguladoras de disseminação de *fake news*. Num plano ainda mais complexo e de difícil regulação situam-se os algoritmos que podem produzir *verdades falsas*, aprendizado destituído de fontes factuais ou científicas e gerar ódio e violência numa escalada *contagiosa*. Em todos os casos a produção de conhecimento neurocientífico tem sido incentivada ou as próprias agências de estado produzem-nas com seus próprios quadros. No entanto, interesses geopolíticos ou de grupos da burguesia poderiam desvirtuar a utilização desses conhecimentos com outros fins num mesmo Estado ou transnacionalmente.

Luís Carlos Reis (reis.lc@gmail.com) - Professor titular de fisiologia (Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Centro Integrado de Ciências da Saúde, Departamento de Ciências Fisiológicas, UFRRJ) com formação em fisiologia do sistema nervoso, neuroendocrinologia e neurometabolismo.