



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA**

**GIAN CARLOS GALHARDO**

**A FILOSOFIA NAS DOBRAS DA BIOENGENHARIA DO SISTEMA  
NERVOSO**

**MARINGÁ-PR**  
**2023**

**GIAN CARLOS GALHARDO**

**A FILOSOFIA NAS DOBRAS DA BIOENGENHARIA DO SISTEMA  
NERVOSO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Filosofia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como condição parcial para a obtenção do grau de Mestre em Filosofia sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patricia Coradim Sita.

**MARINGÁ-PR  
2023**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

O48f

Galhardo, Gian Carlos

A filosofia nas dobras da bioengenharia do sistema nervoso / Gian Carlos Galhardo. --  
Maringá, PR, 2023.  
154 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Coradim Sita.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências  
Humanas, Letras e Artes, Departamento de Filosofia, Programa de Pós-Graduação em  
Filosofia, 2023.

1. Sistema nervoso e conhecimento. 2. Ontologia. 3. Metafísica. 4. Epistemologia. I.  
Sita, Patricia Coradim, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências  
Humanas, Letras e Artes. Departamento de Filosofia. Programa de Pós-Graduação em  
Filosofia. III. Título.

CDD 23.ed. 121

## Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UEM por ter acolhido meu projeto de pesquisa e me ter oferecido a possibilidade de escrever esta dissertação. Em especial, à professora Dr.<sup>a</sup> Patrícia Coradim Sita pela sua orientação neste processo de amadurecimento intelectual em que tive um aprendizado muito significativo para toda minha vida.

Ao Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da UFRJ, especialmente à professora Dr.<sup>a</sup> Maria Cristina Machado Motta, que foi muito generosa em aceitar minha participação em sua disciplina de Filosofia e História da Ciência. Estou também grato a todos os outros professores que tive no instituto: André Mendonça, Antonio Augusto, Fernando Fragozo, Verusca Reis, Marcelo Barcinski, Julio Scharfstein, Monica Corrêa, Vinicius Carvalho, Rafael Vaz, Carlos Puig e Gabriela Mendes.

Ao Programa de Pós-Graduação de Filosofia da UFPR pela disciplina de Filosofia da ciência e da tecnologia. Também agradeço à professora Dr.<sup>a</sup> Roselene de Fátima pela sua disciplina no Programa de Pós-Graduação em Letras da UEM.

Ao grupo de pesquisa *Science Studies da UEM*, coordenado pela professora Dr.<sup>a</sup> Cristina de Amorim Machado, que tenho participado desde quando era um pesquisador iniciante na graduação em bioquímica e durante minha segunda graduação em psicologia. Agradeço também a Francine Marcondes, Luzia Marta Belini, Mayara Carrijo, Odete Machado e Elizabeth Marchado pelas amizades e pelos aprendizados em conjunto.

À professora Dr.<sup>a</sup> Isalira Peroba Rezende Ramos, diretora adjunta de extensão da CENABIO/UFRJ, e à professora Dr.<sup>a</sup> Silvana de Souza Ramos, do Departamento de Filosofia da USP, por terem aceitado gentilmente a participar da banca de avaliação da dissertação.

À minha mãe Rosemeire Pavanelli pelo suporte, amor e carinho.

À CAPES pelo apoio ao presente trabalho.

## Resumo

Há diversos exemplos sobre a ambição de se criar tecidos, órgãos e organismos humanos artificiais nos mitos, na literatura, na arte e nos sonhos. Incrivelmente, tais cenários de ficção têm se tornado cada vez mais articulados com a realidade a partir de meados do século XX, pois a criação artificial da vida começou a se materializar em diversas práticas das biociências contemporâneas com a emergência da bioengenharia de órgãos, que muito aspira pela construção de um *Frankenstein* com suas partes oriundas de uma cuba de vidro. Uma vez que a bioengenharia se trata de uma área muito complexa, diferenciada em tantos ramos de um rizoma, esta pesquisa utiliza como objeto de estudo, mais especificamente, a engenharia de tecidos do sistema nervoso, que almeja produzir células neurais *in vitro* interconectadas em estruturas complexas e nanopadronizadas pelo uso de células troncos e da impressão tridimensional. Nossa base filosófica para a compreensão de tecidos artificiais será sustentada pelos três modos de compreensão da realidade através de um arcabouço teórico que perpassa Gottfried Leibniz, Gilbert Simondon e Gilles Deleuze, em que buscaremos compreender dois andares metafísicos: o superior, relativo à representação do mundo, e o inferior, associado à matéria. Ainda, há autores nos servem como auxiliares nesta investigação, como Félix Guattari, François Jacob, Michel Foucault, entre outros que nos possam contribuir para elucidar a hipótese de que a compreensão das dobras no tecido nervoso artificial perpassa pelo entendimento da matéria e do espírito em meio às discursividades político-estéticas das biociências contemporâneas.

**Palavras-chaves:** sistema nervoso, bioengenharia, ontologia, metafísica, epistemologia.

## Abstract

There are several examples of the ambition of creating artificial tissues, organs and organisms in myths, literature, arts and dreams. Incredibly, those fiction scenarios have become even more articulated with reality since the mid of the 20<sup>th</sup> century because the artificial creation of life has been materialized in some practices of contemporary bioscience by the emergency of organs engineering, which aspires very much to construct a Frankenstein in a glass vat. Once bioengineering is such a complex field, differentiated into innumerable branches of a rhizome, this research has as more specific study object: the tissue engineering of nervous system, which aims to product neural cells *in vitro* that are interconnected with complex and nanopatterned structures by the use of stem cells and tridimensional printing. Our philosophical basis to understand the artificial tissues is sustained by the problem of the three ways of comprehending reality through the support of the theories of Gottfried Leibniz, Gilbert Simondon and Gilles Deleuze, by which we will look for two metaphysical floors: a superior one, related to the representation of the world, and an inferior one, vinculated to matter. Still, there are important authors who will help us in this investigation, such as Félix Guattari, François Jacob, Michel Foucault, etc., who will contribute to elucidate the hypothesis that the comprehension of the folds of an artificial nervous system goes through the understanding of the matter and the spirit among political, aesthetics discourses in contemporary biosciences.

**Key-words:** nervous system, bioengineering, ontology, metaphysics, epistemology.

## SUMÁRIO

### **Introdução (p. 9)**

### **Capítulo 1: Três modos de compreensão da realidade: (p. 19)**

1. Notas sobre a metafísica de Leibniz (p. 20)
2. O problema da individuação do ser (p. 24)
3. A matéria e a embriogênese (p. 29)
4. As dobras do sistema nervoso (p. 33)
5. Apontamentos sobre a evolução (p. 37)

### **Capítulo 2: A biofabricação do sistema nervoso (p. 40)**

1. Anatomia do sistema nervoso (p. 41)
2. A individuação dos objetos técnicos (p. 52)
3. A descoberta da neurogênese em cérebros adultos (p. 54)
4. Métodos e desafios da bioengenharia do sistema nervoso (p. 57)
5. A individuação do tecido nervoso biofabricado (p. 63)
6. O papel social dos cientistas e sua autonomia (p. 67)

### **Capítulo 3: A física matemática das redes neurais (p. 73)**

1. A matemática na modernidade (p. 73)
2. A mecânica estatística aplicada à biologia (p. 76)
3. A física do caos no século XX (p. 80)
4. Uma hipótese para a investigação da consciência (p. 85)
5. O paradoxo ordem-caos no processo de individuação (p. 92)

### **Capítulo 4: O sistema nervoso na pré-história, nas civilizações antigas, na modernidade e em suas dimensões inconscientes (p. 99)**

1. A alma na pré-história e nas civilizações antigas (p. 99)
2. A modernidade enciclopédica e a psicofisiologia do século XIX (p. 109)
3. Do inconsciente molar ao molecular (p. 118)

**Capítulo 5: A neurocultura contemporânea (p. 121)**

1. As armadilhas do cerebralismo radical (p. 121)
2. O sistema nervoso na cultura popular (p. 125)
3. A engenharia de tecidos neurais na tecnociência (p. 129)

**Conclusão (p. 133)**

**Apêndice I: A monadologia de Leibniz: um resumo (p. 142)**

**Referências (p. 150)**

**Introdução:**

A produção de órgãos artificiais dentro de uma cuba de vidro não está mais restrita a uma ficção científica, pois tem sido uma tendência mundial que se instala no cotidiano de muitos laboratórios. A princípio, pode-se dizer que a engenharia de tecidos pretende desenvolver órgãos com o intuito de reduzir o uso de animais em pesquisas clínicas, investigar processos celulares e patológicos, realizar transplantes, etc. Apesar do campo ainda estar em sua nascença, já houve muitas implementações clínicas bem-sucedidas (KAUL; VENTIKOS, 2014, p. 203). Cabe considerar que este campo começou a ser desenvolvido por cirurgiões da medicina regenerativa, porém começa a adquirir sua independência especialmente a partir da década de 1990 devido a um conjunto de decisões político-administrativas que foram tomadas por pesquisadores de instituições importantes dos Estados Unidos, num primeiro momento; e de pesquisadores da Europa e dos tigres asiáticos, num segundo momento (VACANTI, 2006, p. 570). Antes dos anos 2000, os termos “medicina regenerativa” e “engenharia de tecidos vivos” eram utilizados de modo intercambiável para se referir às práticas de regeneração de tecidos lesionados por meio de cirurgias de inserção de enxertos; no entanto, após o advento das pesquisas com células troncos embrionárias, o primeiro termo passou a se referir a multiplicação de tecido in vivo; e a palavra engenharia de tecidos ou biofabricação significa o desenvolvimento de organismos in vitro – dentro de uma cuba de vidro (MHANNA; HASAN, 2017, p. 6).

Em certa medida, podemos considerar que a medicina regenerativa e a engenharia de tecidos compartilham alguns princípios em comum baseados em ferramentas parecidas. Para produzir um órgão em sua própria casa, um pesquisador precisaria de (i) células-troncos (pluripotentes ou totipotentes) para se fabricar os tecidos; (ii) uma matriz extracelular que sirva de suporte para o crescimento do órgão; esta matriz pode ser natural (suportes de origem vegetal, por exemplo) ou sintética (obtida por impressão tridimensional); (iii) moléculas solúveis que ajam como promotoras do desenvolvimento, tais como ácidos nucleicos, proteínas, hormônios, até mesmo vírus; (iv) um biorreator, que é o ambiente dentro do qual o órgão deve crescer; os biorreatores já têm sido utilizados há várias décadas pelas indústrias bioquímicas para acomodar os mais diversos microrganismos e também células eucarióticas; agora podem ser usados para acomodar órgãos em desenvolvimento. Em síntese, os livros de bioengenharia de tecidos trazem as aplicabilidades de cada uma das tecnologias acima conforme os órgãos a serem fabricados (KAUL; VENTIKOS, 2015).

As inspirações para se construir um órgão artificial remontam a um passado tão longínquo quanto a humanidade. Já se constava o conceito de totipotência num mito hindu registrado no século 400-500 d.C., que versa sobre os *Asura*, um grupo de divindades responsáveis pelos fenômenos morais cujo sangue pinga para formar seus clones ex-vivo; este líquido era chamado de *Raktabeej* (*Rakta* = sangue; *beej* = semente). Incrivelmente, no ano de 1963, estudiosos da comunidade hematopoiética identificaram que o sangue continha células troncos pluripotentes e totipotentes que serviriam para desenvolver novos órgãos e até organismos inteiros ex vivo. O conceito de regeneração constava na *Theogonia* de Hesíodo em torno de 700 a.C., quando *Prometeus* rouba o fogo dos deuses para oferecer à humanidade e recebe a condenação de ter seu fígado eternamente bicado por uma águia, um órgão que se regenerava diariamente para prolongar suas dores e angústias. A ideia de um biorreator existia em uma história épica indiana de 400 a.C. que narra a história de nascimento dos irmãos *Kaurava*: a mãe deles estava grávida há dois anos e decidiu continuar a gestação de seus filhos em um recipiente fora de seu corpo que simulasse um útero, por isso, produziu uma massa de carne para acomodá-los dentro de um pote e recorreu a um sábio que dividiu essa massa em cem pedaços; cada pedaço foi mantido em um recipiente tratado com ervas e *ghee* (um tipo de manteiga), servindo como meio de cultura nutritiva para os fetos em desenvolvimento, os quais ficaram nesses biorreatores por mais dois anos. Cada pote produziu um ser humano em perfeito estado: cem irmãos nasceram no fim das contas. Outra menção do uso de biorreator também aparece numa literatura mais recente, de 1832, quando Fausto cria um homúnculo em seu laboratório. A noção de biorreator, em ambas narrativas, refere-se a uma espécie de casa para o desenvolvimento embrionário fora de um organismo vivo, isto é, um recipiente externo com líquidos e nutrientes adequados para a sobrevivência do feto. Por último, a primeira menção do uso de biomateriais parece ter sido no *Rig Veda*, aparentemente compilado entre 3500 e 1800 a.C., que narra a história da Rainha *Vishpala*: ela teve sua perna amputada após enfrentar uma batalha e substituiu-a com outra de ferro; após curar sua ferida, retornou à luta. Num livro de Heródoto publicado por volta de 400 a.C., narra-se que *Hegesistratus* precisou cortar seus próprios pés para se livrar das correntes de soldados espartanos e depois os substituiu com prótese de madeira.

Além das mitologias que nos fazem conhecer os princípios da medicina regenerativa e da engenharia de tecidos, conhece-se historicamente que as práticas dessas áreas também são muito antigas. Há relatos de utilização de suturas para fechar as feridas desde o período neolítico (10 000 a.C), com materiais naturais/biológicos (como o

categute, pelos europeus; e cabeças de formigas picadoras, na Índia e na África) e sintéticos (como linho, no Egito). Na Índia Antiga, o médico Susruta foi considerado o primeiro a realizar enxertos de pele por volta de 2500 a.C.; em seus procedimentos detalhados e com alta precisão estética, aproveitava a gordura do glúteo e um pedaço de pele enxertada para recuperar mutilações na orelha, no nariz e nos lábios; buscava sempre um trabalho refinado no recorte do enxerto para respeitar os contornos de cada parte corporal. Em um papiro egípcio de 1500 a.C., aparece o uso de biomateriais como suportes para células vivas: nessa civilização, era comum utilizar fiapos como uma matriz fibrosa que facilitasse a cicatrização de cortes profundos na pele e a regeneração da ferida; também se utilizava mel como antibiótico e gordura para ajudar a barrar a entrada de patógenos. Uma das evidências mais antigas do uso de próteses foi encontrada em um corpo mumificado do Egito, cujo dedão do pé foi amputado e substituído por outro de madeira delicadamente manufaturado. Também se descobriu, através de uma caveira datada de 650 a.C., que os antigos maias utilizavam conchas de nácar azul para realizar implantes dentais osseointegrados bem-sucedidos.

Muito mais tarde, em 1774, foi publicado um estudo muito importante sobre a capacidade de regeneração das hidras, espécies de esponjas do mar. Cada corte da hidra gerava um novo organismo inteiro. Esse potencial regenerativo também foi observado em salamandras e caranguejos. Em 1817, Cristian Pander sugeriu que o desenvolvimento do tecido está associado ao interjogo dinâmico entre as células, o sistema hematopoiético e o ambiente. Em 1829, Henry S. Levert começou a testar suturas em pele de cachorro e percebeu que o material de platina apresentava desempenho superior aos materiais feitos de ouro, prata e chumbo. Em 1924, Arthur Zierold investigou os efeitos indesejáveis do uso de biomateriais, tais como ferro e aço (que corroem rapidamente); cobre, alumínio e zinco (que causam descoloração do tecido); e ouro, prata, chumbo e alumínio (que não favorecem a robustez mecânica). Graças à descoberta dos aços inoxidáveis, o uso de metais no corpo passou a se tornar uma rotina com custo razoável.

No ano de 1910, o cientista Ross G. Harrison estava interessado em compreender qual seria a origem das fibras nervosas: se surgiam das células nervosas do SNC ou se nasciam nos tecidos através dos quais as fibras passavam. Para verificar esta hipótese, formou uma cultura com um pedaço de cordão nervoso de girino e inseriu um fragmento de tecido linfático de sapo; assim percebeu a ocorrência de crescimento de fibra nervosa do girino através do tecido linfático. Este artigo, que combina as primeiras técnicas de bioengenharia com um entendimento mais profundo das células nervosas, foi considerado

um dos mais importantes da história da zoologia experimental. Outro cientista marcante foi Alexis Carrel que ganhou o prêmio Nobel de Medicina em 1912; ele foi considerado o responsável por formalizar as técnicas de cultura celular *ex vivo* para viabilizar o crescimento de células em grande escala. Sugeriu que as técnicas de cultura envolvessem uma fina camada de plasma coagulado (o que é análogo aos suportes atuais) e que deveria ser mantido sob uma fase fluida (geralmente extraído de um embrião) a ser substituída em poucas semanas. Uma vez formados, vários pedaços desses coágulos poderiam servir para novas culturas. Ele também percebeu que fragmentos de coração embrionário de galinha poderia ser retirado do animal e inserido num recipiente com plasma sanguíneo suplementado com um extrato salino para manter um estado de crescimento ativo por um longo período de tempo; neste processo, afirmou ser fundamental preservar o princípio da interdependência das células umas com as outras e com o meio ambiente.

No entanto, o crescimento de células *in vitro* também tinha suas falhas. Não podem sobreviver e se proliferarem por muito tempo; o desenvolvimento celular demanda condições espaciais e mecânicas que um suporte *ex vivo* ainda não podia oferecer, visto que as necessidades metabólicas das células não podem ser bem satisfeitas em um meio de cultura estático, então seria necessário dinamizar os fluidos que atravessam as células para trazer novos nutrientes e eliminar secreções que não devem se acumular. Na tentativa de superar essas dificuldades, Carrel e Lindbergh desenvolveram os primeiros aparelhos de perfusão: são espécies de biorreator que proporcionam um fluxo contínuo de líquidos e gases dentro de uma câmara com circulação pulsátil; esses aparelhos permitiram que uma tireoide humana fosse mantida em boas condições durante três semanas.

Após a segunda guerra, Sir Harold utilizou polímeros de poli-metil-metacrilato para fabricar lentes intraoculares que pudessem substituir lentes naturais em olhos nublados por cataratas. Ele demonstrou que objetos estranhos podem ser compatíveis com o corpo e impulsionou outros implantes de materiais sintéticos. Nessa época, foi desenvolvido também o conceito de osseointegração por Per Ingvar Branemark, um cirurgião ortopédico que colocou cilindros de titânio em ossos de rato e percebeu que houve uma integração entre o osso e o titânio; depois um primeiro paciente recebeu um implante osseointegrado nos dentes que durou por toda a sua vida. Atualmente, os metais de titânio e outras ligas são as escolhas mais utilizadas para implantes dentais e ortopédicos. Em 1954, realizou-se o primeiro implante vascular em um humano após uma série de pesquisas realizadas em coração de cães mantidos por perfusão, quando se

demonstrou que o uso de materiais de seda possibilitaria uma cicatrização sem sinais de trombose a nível macroscópico.

O advento das máquinas de computação digital foi muito significativo para se matematizar fenômenos na engenharia de tecidos vivos. Em 1930, Nicolas Rashevsky associou equações de reações químicas a processos mecânicos intracelulares para compreender o processo de morfogênese. Em 1952, Alan Turing publicou o artigo “As bases químicas da morfogênese”, onde apresenta um estudo matemático sobre a perturbação do equilíbrio homogêneo em sistemas de reação-difusão das células, o que representa o primeiro modelo matemático-computacional de um evento biológico. Neste modelo, Turing percebeu que um conjunto de instabilidades forçam o sistema a sair de seu equilíbrio até atingir um novo quadro de estabilidade, portanto, haveria um complexo padrão de diferenciação celular que deveria ser analisado por equações dinâmicas não-lineares.

Na década de 1960, Judah Folkman realizou estudos histológicos e fez a descoberta das células-troncos, o que é muito marcante para a história das biociências. Surgiu assim o campo da medicina regenerativa que visaria a manipular células-troncos humanas para regenerar tecidos lesionados com o suporte de alguns biomateriais. Mais tarde, no fim da década de 1990, James Thomson cultivou em seu laboratório a primeira linhagem de células troncos retiradas de embriões humanos armazenados em clínicas de fertilidade (WU, 2011). Tais células mostraram alto nível de plasticidade e apresentaram o potencial de se diferenciar em órgãos como o fígado, o coração, o pâncreas e alguns do sistema nervoso (ibid.). Esses estudos com células-troncos embrionárias convergiram com os estudos de clonagem, que é a tecnologia de produção de dois ou mais organismos com material genético idêntico. O primeiro mamífero a ser clonado foi a ovelha Dolly em 1997, quando se retirou o núcleo de uma de suas células adultas, ou seja, uma célula já diferenciada presente em suas glândulas mamárias, e foi transferido a um óvulo ainda não fertilizado; por sua vez, este óvulo se multiplicou e desenvolveu um novo organismo idêntico (FRANJIC, 2019). Isso possibilitou que muitas espécies de mamíferos fossem clonadas nos primeiros anos do terceiro milênio – camundongos, ratos, vacas, porcos, bezerros, gatos, cachorros –; e começou a se acreditar numa mudança quase que radical de paradigma da indústria das biotecnologias: “da produção de medicamentos em biorreatores para a criação de rebanhos in vitro de animais clonados que poderiam ser utilizados como doadores de órgãos” (MEYER, 2009, p. 9).

Em 2012, foi descoberto por Shinya Yamanaka o processo de indução de células troncos pluripotentes. Uma célula tronco pluripotente induzida retorna uma célula adulta já diferenciada ao seu estado anterior de indiferenciação, isto é, ao seu estágio de célula embrionária. Deste modo, tal célula pode, novamente, se diferenciar em qualquer outro tecido adulto conforme for programada pelo bioquímico em laboratório. Essa tecnologia abriu novas possibilidades para que o campo da biofabricação tenha agora uma fonte de células autólogas, isto é, quando se pretender regenerar um dado tecido lesionado de um paciente, pode-se retirar uma célula dele próprio (seja do tecido lesionado ou não) e induzi-la a um estágio anterior de indiferenciação para que se possa diferenciar no tecido almejado (MHANNA, HASAN, 2017, p. 10). Mas a ambição científica não se encerra com a finalidade de regeneração de tecidos de órgãos lesionados. Muito além disso, o que se aspira é a construção de órgãos inteiros e, até mesmo, organismos humanos, isto é, a constituição de um *Frankenstein* da vida real, com suas partes oriundas de uma cuba de vidro (EBERLI, 2011). Já se torna nítido que não se trata mais de uma ficção científica restrita à literatura e à arte, mas de uma ficção de realidade oriunda das próprias práticas das biociências contemporâneas que também costuram novas discursividades acerca da ontologia da humanidade: caso se fizesse uma montagem de órgãos artificiais, poderíamos chamar este novo organismo de humano?

Uma vez que a engenharia de tecidos vivos é uma área extremamente complexa, diferenciada em tantos ramos de um rizoma, este trabalho utilizará como objeto de estudo, especificamente, a biofabricação do sistema nervoso. Sabe-se que a utilização de ratos/camundongos para fazer pesquisas sobre doenças neurodegenerativas tem trazido muitos limiares de incerteza, pois há muitas diferenças entre os processos neurológicos do camundongo e os do sistema nervoso humano (KNOWLTON et al, 2016). Em função disso, a proposta da bioengenharia do sistema nervoso é programar células troncos pluripotentes ou totipotentes a constituírem um tecido neural in vitro que pudesse simular um tecido mais próximo da humanidade. Neste sentido, é importante que o tecido neural desenvolvido in vitro tenha uma estrutura tridimensional fidedigna aos órgãos in vivo. Isso pode ser garantido tanto por materiais naturais quanto por materiais sintéticos obtidos pela impressão tridimensional, uma tecnologia que requer softwares e hardwares que possam simular o tecido virtualmente antes que ele seja materializado como um modelo físico real, construído camada por camada (BOMBALDI, 2018.). Os tecidos neurais artificiais têm uma série de vantagens: oferecem menos custos, são reprodutíveis e permitem que doenças possam ser testadas; pode-se estudar mais de perto a auto-

organização do sistema nervoso e adquirir uma melhor compreensão do cérebro humano, esclarecendo muitos caminhos obscuros que nos permanecem um mistério (ibid.). Todavia, Nietzsche (2007) nos faz questionar o que a humanidade sabe de fato sobre si mesma. Seria ela “sequer capaz, em algum momento, de perceber-se inteiramente, como se estivesse numa iluminada cabine de vidro?” (ibid., p. 28). Para o pensador, “a ‘coisa-em-si’ é [...] algo totalmente inapreensível” e “se serve das mais ousadas metáforas” para designar as relações entre o homem e a natureza (ibid., p. 31-32). Enquanto um homem acreditar que sabe algo acerca das próprias coisas quando se fala em “árvores, cores, neves e flores”, ou mesmo em engenharia de tecidos neurais, ignora que possui “senão metáforas das coisas” (ibid.). Portanto, seria possível saber ao “quão longe dos cânones da certeza” a bioengenharia do sistema nervoso pode levar a humanidade?

Essas questões nos levam à vontade de promover uma tomada de consciência da tecnicidade de um sistema nervoso artificial e demonstrar que este objeto contém uma realidade humana a ser compreendida. Afinal, não é difícil constatar que os seres técnicos existem no interior da própria cultura que os fabrica e lhes atribui um conjunto de significados conforme seu sistema de valores. No livro *Os modos de existência dos objetos técnicos*, Gilbert Simondon (2007, p. 31) se posiciona muito enfaticamente contra a separação entre a cultura e a técnica, pois se leva a tratar as máquinas como estrangeiras cuja existência teria sido constituída fora de uma realidade humana. A modernidade tem considerado os objetos técnicos somente em função de sua utilidade, sem qualquer outro significado, e os objetos estéticos, como as obras de arte e de literatura, em função de suas significações que possuem sua autoria reconhecida por direitos de cidadania. Nesta ruptura, surge um tecnicismo que desumaniza as máquinas e maquiniza os humanos que se tornam alienados; a explicação da gênese dos objetos técnicos se torna nebulosa e seus mecanismos físicos são incompreendidos como uma caixa-preta. Contraditoriamente, as máquinas acabam por ser idolatradas ao adquirir um estatuto de objeto sagrado, sem uma história para a sua existência que seja plausível e tangível com os acontecimentos sociais que mobilizam os humanos a fabricarem suas tecnologias. É irônico que as máquinas sejam tratadas por sua utilidade, isentas de qualquer realidade humana, ao passo que existe um imaginário coletivo fértil entre utopias e distopias que as considera ora como responsáveis pelo progresso do bem-estar da humanidade ora pela sua mais completa destruição.

Devemos ressaltar que, ao tratarmos da bioengenharia do sistema nervoso, não estamos tratando de uma simples entidade místico-imaginária como um robô.. Um tecido

nervoso artificial é uma máquina viva concreta e real que vai além de uma simples montagem de matéria que sirva para determinadas finalidades; também desconfiamos que este tecido possa conter alma e proporemos um modo de investigar esta hipótese mais adiante. Mesmo se tiverem uma consciência propriamente dita, não devemos simplesmente nos lançar a uma distopia de que as montagens de órgãos biofabricados tomarão o mundo numa revolução intergaláctica e farão os humanos servis. Pelo contrário, a tecnocracia capitalista seria aquela que tem levado os humanos a serem submissos em sua alienação e, por sua vez, as máquinas se tornam escravas dos humanos, que as rechaçam de sua vivência cultural e as submetem aos seus desejos. Neste contexto, uma montagem de órgãos em cuba de vidro e que potencialmente tenha consciência merecem ser tratados da maneira mais ética e respeitosa possível, com uma postura sensível por parte do cientista, o que implica numa redução da escravatura das máquinas e de si mesmo, impedindo qualquer espécie de rebelião. Os órgãos fabricados não são somente uma imaginação coletiva, um delírio de ficção científica, mas são uma ficção da realidade atual: eles são artificialmente concretizados em sua existência técnica diariamente em laboratórios de pequenas e grandes universidades, em hospitais públicos e privados, em corporações de indústrias bioquímico-farmacêuticas, etc.

Para Simondon (2020), uma máquina refinada seria aquela que preserva uma margem de indeterminação, a qual permite um aparato técnico ser sensível às informações que recebe do mundo externo, mobilizar suas partes internas e respondê-las. Neste aspecto, a tecnicidade da máquina será tanto maior quanto mais adaptada estiver ao ser humano que age como o seu coordenador, tal como um maestro rege uma orquestra. Isso significa que o cientista não deve ser um mero vigilante de uma tropa de escravos; mas um diretor que compreende que cada músico executa sua parte para a harmonia do todo. Através da margem de indeterminação, as máquinas se agrupam em um conjunto coerente para trocar informações uma com as outras mediante um coordenador que regula o fluxo informacional. Ou seja, qualquer máquina se materializa a partir de um conjunto de significações culturais e são responsáveis por intermediar alguma informação externa com seu ambiente interno. Estas qualidades são muito facilmente percebidas em um tecido neural artificial: são versáteis porque se fixam aos mais diversos suportes biomateriais (naturais ou sintéticos); sobrevivem em diferentes espécies de biorreatores; assumem as mais distintas transformações metabólicas e seguem os percursos de desenvolvimento conforme as substâncias bioquímicas que os cientistas depositam para controlar a diferenciação celular; portanto, possuem uma alta indeterminação e são

abertas a diversas interações com os humanos. São máquinas capazes de se transformar indefinidamente, propagam suas informações por todo o conjunto de aparato interno em sinergia com o ambiente em que se inserem. Nesta perspectiva de que objetos técnicos contêm uma realidade humana, um bioengenheiro seria como um sociólogo ou psicólogo das máquinas com quem vive em sociedade. Sobretudo ao se tratar de um sistema nervoso fabricado, a psicologia das máquinas seria um termo apropriado para o biocientistas que busca compreendê-los em sua consciência e em seus modos de se comunicar com o mundo. Esse panorama nos mostra que deve haver uma nova forma de iniciar a cultura às técnicas; deve-se pensar numa educação científica que seja tão desinteressada como a prática das artes, tal que as crianças mergulhem desde cedo no imaginário técnico e fabriquem novas inventividades em suas imaginações, assim como as culturas antigas que buscavam materializar seus mitos em tecnologias. Em nossa sociedade híbrida, as máquinas mediam comunicações que mobilizam todo o corpo social; anima os gestos das vidas em grupo que incorporam esquemas, símbolos, analogias e oferecem às técnicas uma experiência vívida. Diz Simondon (2020, p. 36) que “a realidade governada implica humanos e máquinas”, de modo que uma informação expressa a existência simultânea e correlativa entre ambos, revelando os esquemas de funcionamento dos aparatos técnicos e dos valores neles implicados.

Em nossa jornada, investigaremos os fundamentos históricos, filosóficos e psicossociais da fabricação de um tecido nervoso artificial. Gostaríamos de compreender este objeto técnico em sua gênese e em sua concretização na cultura contemporânea através da interconectividade dos mais diversos atores humanos e não-humanos; através das práticas materiais e imateriais que contribuem para seus modos de manifestação no mundo enquanto órgãos fabricados, os quais não podem ser concebidos como mero utensílios para os laboratórios de hospitais, universidades e grandes corporações industriais.

No primeiro capítulo, apresentaremos três modos de compreensão da realidade – de Leibniz, de Simondon e de Deleuze – com o objetivo de fundamentar a nossa visão teórica acerca do sistema nervoso. Trata-se de uma jornada filosófica em que buscaremos indagar a realidade como um todo, apresentando pistas para o entendimento das ciências em suas histórias sem estarem dissociadas de um pensamento filosófico, o que é fundamental para uma narrativa sobre a bioengenharia de órgãos que esteja além de fronteiras rígidas do conhecimento e que admita uma pluralidade epistemológica.

Esta base filosófica nos permitirá apresentar de modo mais consistente a biofabricação dos tecidos neurais no segundo capítulo, em que trazemos os seguintes tópicos: a anatomia do sistema nervoso de modo didático, uma revisão do olhar sobre a cultura técnica, a descoberta da neurogênese em cérebros adultos, os métodos e desafios da bioengenharia do SN, a individuação do sistema nervoso artificial e as implicações sócio-institucionais do campo da biofabricação de órgãos.

Por sua vez, o terceiro capítulo se voltará a um outro problema: a existência de consciência em um tecido nervoso artificial. Escrevemos sobre a história da mecânica estatística e da teoria do caos para compreender quais são as abordagens contemporâneas para se investigar a consciência baseadas em modelos físico-matemáticos, em tecnologias de neuroimagem e de ressonância magnética nuclear. Em especial, apresentaremos uma hipótese para demonstrar a consciência em um tecido nervoso biofabricado.

Com a necessidade de ampliar nosso panorama histórico-filosófico, o quarto capítulo aborda algumas narrativas das técnicas de intervenção cirúrgica sobre o sistema nervoso desde a pré-história à modernidade. Nosso intuito é demonstrar que há várias cosmovisões que interpretam o sistema nervoso, as quais se alteram nos espaço-tempos das civilizações em seus diferentes momentos históricos. Também apontamos para uma perspectiva de inconsciente que existe desde o nível molecular ao molar.

Finalmente, no quinto capítulo, tecemos uma crítica aos modelos hegemônicos presentes nas neurociências contemporâneas para nos desfazermos de várias amarras colocadas pelo neoliberalismo científico. Argumentamos sobre os perigos do cerebralismo, relatamos sobre popularização das neurociências nos últimos tempos, bem como realizamos uma breve discussão antropológica sobre a bioengenharia no contexto da tecnociência.

Sem dúvidas, este percurso não será suficiente para abordarmos a bioengenharia do sistema nervoso em toda a sua complexidade. Por mais que este trabalho tenha um encerramento, a pesquisa em si não terá uma finalização, pois nos promete uma longa jornada pela frente. Por enquanto, estamos contentes em oferecer um panorama geral que esteja movido por um impulso revolucionário de transformação ético-política de nossas teorias e práticas, com uma esperança de que a realidade possa ser discutida para além dos véus estreitos do racionalismo e que a curiosidade sobre as tecnologias neurais possa florescer em meio a seus abundantes mistérios.

## CAPÍTULO I

### Três modos de compreensão da realidade

A busca por compreensão do sistema nervoso biofabricado requer “um pouco de ordem para nos proteger do caos”, uma vez que se trata de um objeto arredo a qualquer classificação e universalidade, cuja significação não é rígida e sempre nos escapa conceitualmente (DELEUZE; GUATTARI, 1993, p. 259). O cérebro é a junção dos planos da filosofia, da ciência e da arte, porque o pensamento é também feito de conexões, de integrações orgânicas e perpassa pelas relações entre o ser humano e o mundo, “inclusive em suas incertezas e em suas falências” (ibid., p. 268). Todavia, não se trata de compreender a filosofia, a arte e a ciência como objetos elaborados por um cérebro biofabricado, mas como os três aspectos transformam o próprio cérebro artificial num sujeito. Podemos pensar no sistema nervoso como um ambiente de conceitos, sobre o qual se estende um plano de imanência onde “os conceitos se alocam, se deslocam, mudam de ordem e de relações, se renovam e não param de criar-se” (ibid., p. 269). Há um duplo movimento em que o cérebro se torna sujeito e cujos conceitos criados traçam um plano de imanência e uma cartografia do próprio sistema nervoso; “assim, os movimentos cerebrais engendram personagens conceituais” (ibid., p. 269). Afinal, um texto “é feito de matérias diferentemente formadas, de datas e velocidades muito diferentes” (DELEUZE; GUATTARI, 2000, p. 10). Nestes fluxos de escritas, traçamos linhas de articulação, andamos por diferentes estratos e territorialidades que atravessam o sistema nervoso artificial, bem como tentamos desvendar suas linhas de fugas, seus movimentos de desterritorialização e desestratificação. Isso implica numa *metodologia rizomática*, que extrai uma consistência teórico-prática da multiplicidade dos saberes e da interconectividade entre as áreas. Um rizoma é diferente das árvores e suas raízes, é oposto a uma estrutura fixa e definida, porque nele um ponto se conecta com qualquer outro, como as hastas subterrâneas de uma grama; uma colônia de formigas; ou um conjunto de neurônios e neuroglías que formam o sistema nervoso. Trata-se de uma análise dos agenciamentos que perpassam por diferentes campos do saber sem uma única teoria estreita e universalizante. Por isso, os capítulos dessa dissertação se interconectam; são diferentes modos de compreensão de um mesmo objeto que não se excluem nem seguem uma lógica linear; eles se agenciam para fazer compreender novas realidades científicas e técnicas em torno do sistema nervoso biofabricado. Pode-se perceber que “um rizoma não cessaria de conectar cadeias semióticas, organizações de poder,

ocorrências que remetem às artes, às ciências, às lutas sociais”; porque a própria língua é uma “realidade essencialmente heterogênea” (ibid., p. 15). Partimos do pressuposto que escrever tem a ver com “agrimensar, cartografar, mesmo que sejam regiões ainda por vir” (ibid., p. 11). De acordo com um princípio da multiplicidade, buscamos tratar do sistema nervoso biofabricado enquanto um substantivo propriamente múltiplo; não é mais um objeto neutro, imparcial, mas atravessado por um prisma multifacetado em várias ordens de grandeza, em dimensões que mudam de natureza; afinal, as próprias células nervosas formam uma trama entrelaçada e estão mergulhadas numa máquina branca-cinza.

Antes de nos aproximar da atividade dos “tecelões do cérebro”, precisamos de uma base filosófica que nos ajude a entender *toda a realidade*, pois o sistema nervoso artificial não emerge como um fragmento dissociado do mundo; ele emerge enquanto *um componente do real* que se articula com muitos outros num processo técnico-científico que se desenrola em várias escalas de grandezas. Todavia, a realidade não pode ser conhecida por apenas um ponto de vista, então elegemos três autores principais: Gottfried Leibniz, Gilbert Simondon e Gilles Deleuze. A intenção é mostrar como as multiplicidades das mônadas de Leibniz se desdobraram na teoria da individuação de Simondon e no conceito das dobras de Deleuze. Após estabelecida esta base filosófica, teremos o suporte de teorias flexíveis que nos ajudem a pensar um *sistema nervoso artificial*. Teremos a capacidade de eleger uma série de problemas voltados aos cenários científicos mais específicos em que os tecidos neurais biofabricados estão inseridos graças a uma articulação entre humanos e não-humanos; tais cenários acomodam questões históricas, políticas, econômicas, ontológicas, epistemológicas, psicológicas, morais, éticas etc., o que significa que os seres fabricados pela bioengenharia são uma convergência não somente de uma dimensão material derivada das práticas experimentais, como também derivam de uma dimensão imaterial associada à imaginação do mundo e à produção de novas realidades psicossociotécnicas que não cessam de produzir novas conexões.

### **1. Notas sobre a metafísica de Leibniz:**

Não consideramos que os escritos de Leibniz sejam fáceis de compreender. Há um caminho longo a ser percorrido para a apreensão de seus conceitos, pois mesmo o autor não os formou imediatamente; a *Monadologia* (1714)<sup>1</sup> é uma síntese de muitos

---

<sup>1</sup> Escrevemos um resumo da *Monadologia* de Leibniz que foi inserida no Apêndice I deste trabalho. A leitura deste texto é recomendada para melhor compreender os argumentos propostos nesta pesquisa.

escritos filosóficos anteriores; possui uma característica bastante sofisticada e sucinta, com as principais teses sendo descritas num conjunto de noventa parágrafos cuja leitura é trabalhosa. Esta é a última obra do autor que deixou vários mistérios em aberto, sobre os quais os estudiosos de Leibniz até hoje se reviram; sem dizer que muitos filósofos rebeldes se apropriam desses escritos como inspiradores de suas novas visões de mundo. Em nossa posição autoral, estamos mais próximos dos rebeldes porque temos o intuito de compreender esse texto de Leibniz em seu processo de *desconstrução*. Ou seja, não queremos nos delongar em justificar como a *Monadologia* foi construída, quais são as verdadeiras inspirações do seu autor, etc., mas buscaremos entender como este texto tem sido *desconstruído* por Gilbert Simondon e Gilles Deleuze. Escolhemos este caminho porque apresenta uma consistência metodológica ao permitir trabalhar os conceitos por meio da genealogia de sua transformação e faz este trabalho refletir como a desfabricação de conceitos pode proporcionar a análise da fabricação de novas tecnologias.

O conceito de *mônada* é o primeiro a ser apresentado no dito escrito de Leibniz; elas são tudo que constitui um universo infinito que contém todos os seres. É um conceito fundamental, basilar e polêmico, pois contraria muitos princípios colocados por René Descartes e Isaac Newton, que defendiam a existência de uma realidade material extensa. A começar que as mônadas não são um átomo físico, tampouco possuem uma substância material propriamente dita. São puramente energia, sem figura, sem extensão, sem divisibilidade, o que nos leva a entender que um conjunto de infinitos pontos pulsantes se exprimem para a formação de uma realidade infinita. Talvez seja possível dizer que Leibniz tenta se posicionar de maneira menos crítica ao pensamento aristotélico e compreende que alguns dos seus princípios podem ser utilizados para construir um novo sistema de compreensão da realidade, este sistema *monadológico*, que ultrapassa as barreiras do cartesianismo. Esta polêmica é fundamental quando reconhece que se pode conciliar uma lógica do passado com uma lógica do presente; sendo aquela do passado que preserva as verdades universais aristotélicas, todavia, que é complementada por uma concepção de que devem existir verdades relativas às contingências, que não seriam universais e que admitiriam contradições<sup>2</sup>. Partindo desse pressuposto, podemos

---

<sup>2</sup> Para uma discussão mais aprofundada sobre a relação entre o pensamento leibniziano e o aristotélico ver: Souza, Andre Chagas Ferreira. **Leibniz: ação, razão e aristotelismo**, 2011. Tese (Doutorado) – Filosofia, USP, São Paulo, 2011; Bechler, Z. (1991) Leibniz' Aristotelian Philosophy of Nature. In: Newton's Physics and the Conceptual Structure of the Scientific Revolution. **Boston Studies in the Philosophy of Science**, vol 127. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-3276-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-94-011-3276-3_16); Garber, D. (1997). Leibniz on Form and Matter. **Early Science and Medicine**, vol 2(3), 326–352. <http://www.jstor.org/stable/4130454>

compreender que as mônadas não operam por uma lógica de causa-efeito; não são pontos físicos que agem um sobre os outros como bolas de bilhar. A começar porque as mônadas não possuem uma realidade física *extensa*, elas são uma realidade *inextensa, sem figura e sem divisibilidade*; o que não significa que o mundo seja inconsistente. Se elas são energéticas, a maneira de se aglutinarem se dá pela afinidade que elas possuem entre si; as mônadas se aglutinam conforme se correspondem ao serem espelhos umas das outras.

Dessa maneira, devemos compreender que o universo é infinitamente formado por mônadas que se aglutinam energeticamente em quatro estágios de organização. Todas as mônadas são substâncias simples que se expressam por uma força interior que possui duas qualidades: a percepção e a apetição. A percepção é a energia cinética que elas exprimem de dentro para fora e a apetição é a tendência qualitativa de transitar de uma percepção a outra. Isto corresponde a noção de um universo que é paradoxal, pois manifesta um estado atual de organização das coisas que potencialmente será alterado pela dinâmica das circunstâncias. As enteléquias são as mônadas mais simples porque somente tem percepção e apetição, não têm consciência ou discernimento da realidade, como se estivessem num sono profundo ou num estado de embriaguez; são as mônadas que formariam uma pedra na medida que este objeto se manifesta com um grande estado de inconsciência. O segundo estágio corresponde às mônadas sensíveis, que formam os animais, pois elas possuem a *memória* além da percepção e da apetição. Nota-se que os animais têm a capacidade de armazenar a consecução de uma série de acontecimentos e depois se lembrar dessa série, como um cão que compreende intuitivamente uma situação de perigo com base em experiências passadas que foram vividas e registradas em sua memória.

Uma vez que não basta somente compreender que há uma matéria, a metafísica nos convida sempre a considerar aquilo que está para além dela, por exemplo, toda imaginação que se cria sobre o universo e sobre si mesmo. Esta dimensão incorporeal de significação do mundo é aquela da alma e dos seus predicados, que corresponde ao terceiro estágio, que se refere às mônadas que são racionais, tal que as criaturas se elevam a um patamar em que se pode criar uma série de explicações fundamentadas acerca da realidade, seja pela via das verdades necessárias, quando se trata de enunciados autossuficientes como os teoremas matemáticos; seja pelo caminho das verdades contingentes, cujos enunciados versam sobre os acontecimentos da experiência que podem ser conhecidos por vários pontos de vista. No estágio das almas, os humanos se guiam em sua razão para administrar as cidades conforme seus princípios éticos, pois a

razão permite que se possa tomar as melhores decisões possíveis diante das circunstâncias graças à liberdade que Deus ofereceu aos humanos. Por fim, o último estágio seria da Mônada Divina que compreende todos os estágios anteriores e possui todas as qualidades – percepção, apetição, memória e razão – elevadas à sua máxima potência.

Não devemos esperar que se compreenda a *Monadologia* em toda sua complexidade neste momento; sugerimos a tradução de Luis Martins (1987)<sup>3</sup> para o leitor que quiser se aprofundar em Leibniz. O que queremos neste trabalho é que se perceba qual é a *estrutura* de mundo que Leibniz nos apresenta, sendo esta organizada em quatro estágios. Esta estrutura de quatro estágios será reelaborada por Gilbert Simondon e Gilles Deleuze; cada qual o fará de sua maneira, conforme suas referências e inspirações teóricas. Essa iniciativa de readaptação surge da necessidade dos autores rebeldes em desenvolver uma lógica que seja mais compatível com a realidade que vivem, pois Leibniz estava preocupado com questões de sua época e elaborou uma metafísica característica de uma modernidade que não mais existe, embora exerça seus efeitos sobre a nossa atualidade. A busca de construir um sistema universal de compreensão da realidade, de construir uma justificação lógica que seja cautelosa e rigorosa, de elaborar críticas aos textos clássicos e assim sedimentar uma nova modernidade são qualidades muito estimadas de Leibniz; porém sua teoria propõe uma ontologia que não pode ser simplesmente transladada para o nosso mundo atual sem que seja alterada e fundada por preceitos lógicos distintos. Além de sua elaboração estrutural, Leibniz foi inovador quando pensou que a realidade seja formada essencialmente de energia cinética e que os fenômenos físicos não devem ser necessariamente explicados pelo raciocínio causa-efeito. Veremos no terceiro capítulo que esses conceitos – energia cinética e correspondência – se farão presentes numa nova forma de pensar a física que é a termodinâmica, cujos princípios se diferenciam da maneira newtoniana de interpretar a natureza, haja vista que recorre a analogias e pensa num mundo constituído através das trocas de calor mobilizadas pela diferença dos estados de energia dos sistemas. Ainda, a desordem das coisas seria apenas aparente para Leibniz; seria como se estivéssemos vendo coisas tumultuosas por estarmos distantes do objeto de nossa percepção; porém se conseguíssemos nos aproximar deste objeto, poderíamos perceber que há uma ordem por trás daquela desordem outrora percebida. Isso significa que somente existe desordem nos

---

<sup>3</sup> Para a escrita deste texto, consultamos Leibniz (2004) em sua versão francesa: *Discours de métaphysique suivi de Monadologie et autres textes* publicada pela editora Gallimard; e estamos utilizando como texto-suporte a tradução de Luís Martins (1987), cujas notas serão relevantes para algumas observações que faremos ao longo do texto.

eventos que não conseguimos explicar com justa razão, porque Deus pensou no estado de ordenamento de todas as coisas. A teoria do caos desenvolvida no século XX também não admite que haja desordem propriamente dita no universo; o caos somente se manifesta quando a razão humana não pode conhecer todos as variáveis que afetam o estado de um sistema; há muitos fatores que são ocultos, desconhecidos e até difíceis de quantificar; esses fatores também procedem por uma temporalidade que foge de nossa percepção, o que nos leva a acreditar que alguns eventos podem ser aleatórios e sem qualquer ordem; porém se todas as variáveis fossem conhecidas, a ordem se manifestaria intuitivamente.

## **2. O problema da individuação do ser:**

A segunda perspectiva que conheceremos será aquela que Gilbert Simondon (2020) nos apresenta em sua tese de doutorado *A individuação à luz das noções de forma e informação*. Na introdução de sua tese, o autor pensa que a realidade do indivíduo tem sido abordada tradicionalmente por duas maneiras: na via substancialista, o indivíduo é pensado como uma entidade autocentrada, fundada sobre si mesma; na via hilemórfica, tem-se considerado como uma síntese entre forma e matéria associada ao dualismo entre pensamento e substância. Apesar de tais abordagens explicarem a realidade individual de modos distintos, Simondon (2020, p. 13) argumenta que ambas igualmente concedem um privilégio ao indivíduo constituído e desconsideram a relevância do processo através do qual o indivíduo se constitui como tal, que seria *a operação de individuação* em si mesma, pois esta seria considerada apenas um breve percurso entre o estágio do ser pré-individual e o indivíduo acabado. Todavia, esta história ontogenética suportada pelas abordagens tradicionais é demasiadamente simplista e não explica as complexidades dos seres que permeiam nosso mundo, o que justifica o autor tratar da individuação de forma diferente. Sua busca será por “apreender a ontogênese em todo o desenrolar de sua realidade e *conhecer o indivíduo pela individuação muito mais do que a individuação a partir do indivíduo*” (SIMONDON, 2020, p. 16, grifos do autor). Nesta perspectiva, durante toda sua história ontogenética, o indivíduo expressa, em cada estágio de si mesmo, um conjunto de modalidades atuais e transitórias que o definem, tal que o desenvolvimento nunca se encerra propriamente; há sucessivas operações de individuação conforme um princípio que rege a transformação do ser que se constitui como um conjunto de outros seres que se rearranjam de distintos modos durante as sucessões temporais para formar o todo existente. Além do mais, uma realidade individual somente pode ser entendida de acordo com o par indivíduo-meio, pois todos os seres se estabelecem em sua coexistência

com o mundo que os rodeia; um indivíduo seria assim um mediador entre as ordens de grandeza infra e supraindividual; estabelece-se por uma ontogênese que se desenrola nas modificações de suas fases interiores em conjunto com os dinamismos externos. Simondon (2020) afirma que “a individuação deve, então, ser considerada como resolução parcial e relativa, manifestando-se num sistema que abriga potenciais e que abrange certa incompatibilidade relativamente a si mesmo” (ibid., p. 16). Isso significa que a ontogênese deve ser pensada a partir do constante estado de tensão interna entre os componentes do seu conjunto que se adaptam ao ambiente externo; já que o ordenamento aparente daquilo que se considera individual reflete um dinamismo contínuo das partes que se mobilizam pelas variações de estado de energia dada a incompatibilidade do ser consigo mesmo e com o ambiente. Nesta perspectiva, o termo *ontogênese* não mais significa a gênese do indivíduo completo e acabado e passa a designar “o caráter de devir do ser, aquilo por que o ser devém enquanto é, como ser” (ibid.). O ser devém enquanto uma interação entre as dimensões interna e externa e o devir enquanto dimensão do ser “corresponde a uma capacidade do ser de se defasar relativamente a si mesmo, de se resolver enquanto se defasa” (ibid., p. 16-17).

É considerado que, desde a Antiguidade, só se conhece dois modos de equilíbrio: para Parmênides, o mundo seria totalmente estável porque a mudança é ilusória aos nossos sentidos; para Heráclito, o mundo é instável já que regido pela eterna transformação das águas que passam pelo rio. Desconheciam o equilíbrio metaestável: aquele que supera a unidade, porque é formada de multiplicidade, ao mesmo tempo que conserva a ordem na mutabilidade. Enfim, talvez Simondon esteja exagerando sobre o desconhecimento dos antigos acerca do paradoxo ordem-caos, uma vez que o próprio Aristóteles já afirmou que o ser se diz de várias maneiras<sup>4</sup> e buscou conciliar o pensamento de Heráclito com o de Parmênides por meio da noção de substância que conserva a essência e o acidente; a matéria e a forma. Ocorre que Simondon (2020) pensa que a individuação consiste num estado de permanente diferenciação do ser com relação a si mesmo, visto que é formado de uma infinidade de outros seres concretamente, por exemplo, um organismo que consiste numa infinidade de células, cada qual com seus complexos supramoleculares organizados por moléculas que estabelecem uma comunicação intersemiótica entre si. Em suma, para Simondon (2020), os indivíduos são uma solução supersaturada metaestável que está acima da unidade e da simples oposição

---

<sup>4</sup> Cf. ARISTÓTELES. **Metafísica (Livro I e Livro II)**. Tradução direta do grego por Vincenzo Coceo e notas de Joaquim de Carvalho. São Paulo: Abril S.A., 1984.

falso-verdadeiro, uma vez que a individuação significa o processo de o indivíduo se desfazer para tornar-se outro, portanto, sua realidade é intrinsecamente uma negação de si mesmo para uma nova afirmação num mundo mutável enquanto conserva paradoxalmente uma certa ordem. A *metaestabilidade* é um conceito que visa também a superar a dicotomia mecanicismo-energismo, esta que tem sido conservada ao menos desde a modernidade pelas vertentes respectivas de Descartes e Leibniz. Com sua busca de superar tais lógicas clássicas, Simondon considera uma realidade simultaneamente material-ondulatória, como retomaremos mais adiante. Desse modo, o autor não considera que os princípios da identidade e do terceiro excluído sejam apropriados para tratar da individuação, pois não se faz mais necessária uma lógica aristotélica que trate o ser como substância, matéria ou forma; além do mais, o ser é mais do que uma unidade enquanto um sistema tenso e supersaturado que realiza uma *mediação* entre duas ordens de grandeza, uma superior e outra inferior, pois é feito de coletividades e integra coletivamente o ambiente externo.

Na própria introdução, o autor descreve sucintamente o que seriam os estágios de individuação física, vital, psíquica e coletiva. O primeiro seria daqueles seres como os cristais, que formam uma extensão material cristalina enquanto um padrão de estruturas; tal padrão se estabelece por uma tendência natural das partes constituintes de atingirem uma *metaestabilidade* energética, ou seja, uma relativa estabilidade na organização das partes para a formação do todo frente a um universo indeterminado; por exemplo, mesmo um diamante armazenado nas profundezas pode ser escavado e se transformar de uma matéria bruta para uma matéria lapidada por uma ação antrópica; isso significa que tal diamante esteve em seu processo de constituição durante milhões de anos até que um outro ser – dotado de uma dimensão psíquica – transforma-o num estado cristalino que é agradável esteticamente a uma certa cultura. A individuação física dos cristais, portanto, representa um estado supramolecular ordenado quanticamente que apresenta caráter temporário. Mesmo um cristal é um mediador entre duas ordens de grandeza: o estado das moléculas organizadas que o formam; e o estado da natureza de que ele faz parte, que pode sofrer terremotos e explosões de lavas de um vulcão que altera até mesmo aquelas pedras que estariam aparentemente estáveis, que têm que se rearranjar pela absurda troca de calor das lavas que modificam as rochas em seu percurso sobre a superfície terrestre.

Além da individuação física, própria dos cristais e das mais diversas modalidades de rochas que se formam numa Terra dinâmica, existe a *individuação vital*, que pertence ao estágio daqueles que possuem vida. A metaestabilidade também existe no domínio do

vivente; a diferença é que a individuação vital não ocorre de maneira instantânea e definitiva como na formação de um cristal, pois o ser vivo possui uma individuação contínua (ibid., p. 21). Desse modo, o ser vivo não é meramente o resultado, mas um teatro de individuação que apresenta um sistema de ressonância interna com comunicação permanente entre suas partes tal que o vivente possa modificar e se adaptar ao meio pelas mudanças e reinvenção de suas estruturas internas. Uma vez que os indivíduos vivos são contemporâneos a si mesmos em todas as suas partes neste processo de transformação, pode-se considerar o vivente em termos de uma comunicação informativa num sistema que está mediado entre duas ordens de grandeza; neste sentido, deve-se pensar o indivíduo em sua relação com o interior e o exterior.

O terceiro estágio seria o de uma individuação psíquica. O psiquismo seria uma dimensão da individuação do ser que coloca a si mesmo como problemática existencial na medida em que se percebe como um *sujeito* que exerce suas ações conforme suas impressões afetivas e cognitivas que se integram nas suas emoções e em sua consciência ao experimentar o mundo. Todavia, uma individuação psíquica só pode ocorrer em meio a uma coletividade que permite um reconhecimento do sujeito para consigo mesmo na medida em que incorpora uma série de valores e perspectivas socioculturais. Trata-se de compreender o sujeito enquanto posto numa coletividade que afeta os modos que o mesmo resolve suas próprias problemáticas. Por sua vez, a dimensão coletiva assume um caráter individual da medida em que surge um indivíduo de grupo. Portanto, toda individuação psíquica se faz numa individuação coletiva, isto é, numa rede de intersubjetividades. Uma vez que as dimensões psíquicas e coletivas são recíprocas, emerge-se o conceito de uma dimensão *transindividual* que busca tratar de um prisma psíquico-coletivo e que busca investigar as operações de ambas relativamente uma à outra; assim, a dimensão transindividual possui sua própria metaestabilidade enquanto traça seus próprios sentidos existenciais. Desta maneira, pode-se dizer que os seres viventes são mediadores entre duas ordens de grandeza infra e supraindividual, sendo que alguns possuem sua individuação vital dilatada por um processo de individuação psíquica que se integra a uma rede transindividual de intersubjetividades; todos os seres viventes fazem parte de uma coletividade, visto que não se individualizam apenas como unidade, mas também como membro de uma espécie; analogicamente, a individuação psíquica não se faz possível sem que os sentidos existenciais possam derivar das suas vivências intersubjetivas, sejam agradáveis ou desagradáveis: “o vivente é agente e teatro de individuação” e “o coletivo intervém como resolução da problemática individual, o que

significa que a base da realidade coletiva já está parcialmente contida no indivíduo” (SIMONDON, 2020, p. 24).

Agora que conhecemos os quatro estágios de individuação para Simondon, que são análogos aos quatro estágios de Leibniz, cabe-nos conhecer dois princípios que atuam sobre a ontogênese ou individuação vital. Um dos princípios é o *tropismo*, que se refere à orientação dos viventes no ambiente em que estão. Cada ser vivo é constituído de um sistema supersaturado metaestável que se direciona pelo mundo de acordo com as condições ambientais e conforme o palco das interações entre todas as espécies. A característica trópica dos viventes ocorre por sua sensação, percepção e ciência dos acontecimentos que permitem constituir uma certa significação da realidade e os modos como nela devem atuar. Sendo assim, o tropismo é um princípio importante para compreender a ressonância do ser vivo com relação a si próprio e com relação aos outros seres no ambiente, bem como auxilia no entendimento da afetividade e da emotividade que se desenrolam nos indivíduos conforme se individualizam em grupo. Em resumo, são dois reais díspares – o ambiente interno e o meio coletivo externo – que afetam seu devir e seu sentido de orientação trópica. Outro princípio é a transdução, que se refere à distribuição da informação de uma escala de grandeza a outra. As células se intercomunicam entre si para manter as atividades de um órgão e a coerência fisiológica deste com os outros órgãos; isso ocorre graças à transdução de informação entre a escala de grandeza celular e a escala de grandeza dos órgãos, que são compostos de células. Sem a possibilidade de um fluxo de informação pelo sistema vivo em várias escalas simultaneamente, não haveria possibilidade de individuação: “a informação [...] é o sentido segundo o qual um sistema se individualiza” (ibid., p. 27). Portanto, todos os domínios – físico, biológico, mental e social – devem se regular pelas *informações* que trocam entre si na teia de interrelações de que participam para manter a coerência de suas individuações num universo integrado: “cada região de estrutura constituída serve de princípio de constituição para a região seguinte, de modo que uma modificação se estende progressivamente” (ibid., p. 29). O conceito de informação é fundamental para uma definição de *ser* que não é mais idêntico a si mesmo tampouco é único, aliás, todo ser é “mais que unidade e mais que identidade”, pois a informação permite uma definição do ser que se faz através das relações que o constituem e com as interações que estabelece com outros seres de distintas maneiras (ibid., p. 28).

A relação entre os dois princípios – o *tropismo* e a *transdução* – permite compreender como o ser se orienta no mundo conforme os processos de mediação de

informação num mundo relacional. Isto é fundamental para extrairmos um dos métodos desenvolvido por Simondon: compreender a operação de transdução em seus múltiplos aspectos e domínios de aplicação, investigar os sentidos de uma individuação biológica, as orientações do psiquismo e suas operações lógicas; além de explorar os horizontes possíveis ao andamento de uma invenção, que não ocorre nem por indução nem por dedução, mas por uma atividade transdutiva através do uso de um conjunto de instrumentos (materiais ou imateriais) associados a modelos interpretativos do mundo que despontam distintos sentidos de descobertas e fabricações.

### **3. A matéria e a embriogênese:**

A terceira teoria seria uma anti-estrutura que Gilles Deleuze elabora no livro *As dobras: Leibniz e o barroco*, onde busca descrever o universo por meio de uma alegoria de que seja uma dobra que tende ao infinito e cada uma de suas partes seja um labirinto formado por um amontoado de curvas dentro de curvas, sendo um labirinto múltiplo porque é dobrado de muitas maneiras – há sempre dobras dentro de dobras, que passam a ser a menor unidade da matéria (DELEUZE, 1991). Nessa túnica que se expande por todas as direções, haveria duas dimensões metafísicas fundamentais: o labirinto do contínuo em que se organiza a matéria e suas partes, com almas inconscientes e sensitivas que estão completamente abertas ao mundo; e o labirinto da alma e seus predicados, que permite a liberdade de escolha e a possibilidade de conhecimento aos seres racionais. Deleuze pensa que há uma espécie de labirinto a ser melhor conhecida entre os dois estágios, pois não há barreira que realmente os separa; há uma correspondência entre os dois andares através de pequenas aberturas que possibilitam oscilações dos labirintos inferiores aos superiores, de modo que as ideias presentes na imaginação da alma sejam derivadas das impressões que os cinco sentidos materiais adquirem da experiência. Por isso, deve haver uma espécie de criptografia que decifre simultaneamente os segredos da matéria e da alma.

De acordo com Deleuze (1991), a ontologia das dobras da matéria se aproxima da física matemática de Huygens que estudava as curvaturas dos objetos. A matéria possui um movimento curvilíneo não porque faria uma trajetória curva por si própria, já que sua tendência seria sair pela reta tangente, mas porque todo o universo está submetido a uma força compressiva que faz todo tecido material se redobrar infinitamente sobre si mesmo e, com isso, cada parte da matéria forma turbilhões que se dividem incessantemente e adquirem uma “textura infinitamente porosa, esponjosa ou cavernosa, sem vazio; sempre

uma caverna na caverna: cada corpo, por menor que seja, contém um mundo” (DELEUZE, 1991, p. 16).

No labirinto do contínuo em que a matéria se organiza, há sempre passagens irregulares entre as dobras cavernosas preenchidas por fluidos cada vez mais sutis tal como um lago cheio de peixes na *Monadologia*; são dimensões materiais dentro de dimensões; mundo dentro de mundos com seus princípios ordenadores análogos em escalas diferentes. As redobras materiais não possuem nem fluidez nem dureza absoluta; elas são elásticas e se moldam de acordo com a força compressiva que define as suas inflexões variáveis. Os corpos elásticos se formam como dobras pela coerência dos desdobramentos de suas partes sem que nunca se dissolvam em pontos mínimos independentes: “as partes da matéria são massas ou agregados [...] tidas como correlatos da força elástica compressiva” (ibid., p. 17). Nesta lógica, percebe-se que o mecanismo da matéria é a mola, pois todo o universo acaba por se interligar numa constante ressonância entre as suas partes redobradas na progressividade e na perda dos movimentos, o que faz as forças se conservarem. Assim a matéria-dobra é uma matéria-tempo em que há uma constante dinâmica de tensão e distensão, contração e dilatação, compressão e explosão.

No andar de baixo, há tanto matéria inorgânica quanto matéria viva. Uma não é o contrário da outra, apenas são dobras sob forças distintas. A matéria inorgânica possui dobras exógenas sempre moldadas por forças externas compressivas (ou elásticas), enquanto a matéria viva é constituída de dobras endógenas que se moldam por forças internas plásticas que permitem sua auto-organização. Os mecanismos que atuam sobre a matéria inorgânica não são tão artificiais quanto as forças maquinicas que atuam sobre um organismo, que é maquinado infinitamente, todas as suas partes são máquinas; um organismo contém um meio interior com “outras espécies de organismos, que, por sua vez, envolvem meios interiores que contêm outros organismos ainda” (ibid., p. 22).

Em meados do XIX, a teoria celular apresentava uma compreensão de que as células, com suas múltiplas dobras internas, constituíam o espaço de ocorrência de infundáveis reações metabólicas formadoras dos componentes estruturantes de um sistema vivo (JACOB, 2001). Com o aprimoramento da microscopia ótica, sabia-se que as células eucarióticas possuíam duas regiões principais, o núcleo e o citoplasma, cada qual encarregada de acomodar distintos processos em seu interior, como se fossem outros organismos dentro da célula. Na profundidade do núcleo estavam contidos os cromossomos (cujo número é específico para cada espécie), que são estruturas que se

desdobram com exatidão no tecido contínuo de hereditariedade de uma célula a outra. Por sua vez, o citoplasma é circundado pela membrana plasmática e possui um protoplasma, como se fosse “uma espécie de emulsão, uma suspensão de grânulos, ou ‘micélios’, em um líquido que é chamado coloide”, com várias estruturas dinâmicas e indefinidas (JACOB, 2001, p. 241).

Ao passar do tempo, os métodos físico-químicos, especialmente a ultracentrifugação, levaram os micélios do citoplasma a serem analisados pelos diversos grupos de moléculas que os compõem. Em um tubo de ensaio centrifugado, essas moléculas se mostram distribuídas numa suspensão que se divide em vários estágios ou faixas de acordo com suas massas e apresentam “qualidades específicas de estabilidade, superfície, descargas elétricas que favorecem as reações químicas e ajudam a catálise” (ibid., p. 241). Atualmente, os micélios são mais conhecidos como complexos supramoleculares ou sistema de endomembranas, que agrupam os retículos endoplasmáticos e rugosos, os complexos de Golgi, os ribossomos, os lisossomos, a mitocôndria, o citoesqueleto (filamentos intermediários, microfilamentos, microtúbulos), etc. (ALBERTS, 2014).

Ainda em meados do século XIX, Claude Bernard afirmava que um organismo deveria ser compreendido em termos dos seus edifícios internos que são formados pela comunidade complexa de células componentes dos tecidos dos órgãos que formam os sistemas, os quais existem graças à integração das partes que se harmonizam para o funcionamento do todo. Um organismo, para Bernard, seria análogo a sociedades ou fábricas: uma sociedade se mantém quando seus diferentes membros possuem os meios apropriados para suas vestimentas, seu aquecimento, sua alimentação e sua educação; assim como em um organismo a “disposição dos vasos sanguíneos, dos nervos, dos diversos órgãos está determinada pela necessidade de criar, em torno de cada célula, o meio que lhe convém”, com alimentos, água, ar e calor adequados (JACOB, 2001, p. 189). Portanto, a compreensão do meio interior dos seres vivos mostra que possuem uma grande propriedade característica: a regulação de suas funções, que seria supostamente tanto mais complexa quanto maior for a sua organização.

Neste aspecto, todo organismo possui um princípio de individuação como um teatro de interiorização do exterior, um envolvimento do mundo que não ocorreria se não houvesse um conjunto de forças plásticas que organizam o espaço interno do ser vivo. Na medida em que a matéria orgânica e inorgânica são as mesmas com forças vetoriais que se complementam, ainda que distintas, pode-se dizer que ambas são coextensivas e que

“não há menos viventes do que partes de matéria inorgânica” (DELEUZE, 1991, p. 22). Todavia, não se pode dizer que todo o universo é vivo, como pensava Leibniz, uma vez que os corpos orgânicos possuem maquinismos distintos dos mecanismos inorgânicos. E o meio exterior seria uma espécie recipiente que contém os viventes como um lago de peixes ou um jardim com plantas, de modo que o lago e o jardim se organizam “por ondulações elásticas que o percorrem como dobras inorgânicas” povoadas de peixes e plantas como dobras orgânicas (ibid., p. 23).

Mas como se desenvolve este edifício interno do organismo? Conforme a lógica de Deleuze, um organismo se desenvolve desde uma célula-ovo não somente por aumento ou crescimento, mas também pela especialização de suas partes a partir de um plano mais geral e menos diferenciado. Isso significa que o processo de desenvolvimento do ser vivo já está esboçado na célula primordial por uma arquitetura de controle da diferenciação dos tecidos e dos órgãos. Ao mesmo tempo, os componentes orgânicos, ao se diferenciarem, são moldados pelas forças compressivas e pelas forças plásticas; a organização dos tecidos se dá pela correlação entre as forças internas atuantes por meio das diretrizes da arquitetura de controle que interferem nos caminhos percorridos pela diferenciação celular, ao passo que as forças compressivas externas do meio ambiente impõem uma série de condições com obstáculos e favorecimentos para que ocorram a adaptação dos órgãos internos ao meio externo.

Assim, o teatro de individuação do ser vivo durante a embriogênese implica numa coexistência entre pré-formismo e a epigênese; entre o que é virtual nas possibilidades e o que se atualiza em sua concretização; entre o que está prescrito por uma rede genética que controla o comportamento futuro das células e o modo como as células efetivamente se comportam com as contingências que as afetam, haja vista da atuação das forças internas e externas que se integram em prol da estabilidade do todo orgânico dentro do recipiente inorgânico que o contém. O organismo pode se desdobrar desde o grau de semente ao grau de desenvolvimento que está consignado a sua espécie a partir de uma célula que contém todas as outras futuras que se distinguirão conforme sua situação num interjogo entre o presente, o passado e o futuro.

Ainda, é possível perceber que “a individuação aparece como problema explícito quando a realidade do ser se contrai, se encolhe numa viva atenção ao indivíduo” (ORLANDI, 2015, p. 76). De acordo com Gilbert Simondon (2020), por um lado, na história da filosofia, o indivíduo tem sido concebido como sujeito real dos predicados, um ser acabado que não mais se divide; por outro lado, ele tem sido tratado meramente

como efeito de uma sucessão temporal ou como resultado final de um processo de individuação. No entanto, para Simondon (2020), o que realmente importa é a operação de individuação em si mesma, esta zona obscura em que o sujeito é um intermediário com múltiplas séries que configuram sua existência (ibid.). Disso deriva a consideração de Deleuze (1991) que o problema da individuação tem como seu correlato biológico a embriogênese, na qual “dinamismos espaço-temporais fazem do ovo um lugar agitado, onde se desenrolam mil e uma dramaturgias” que não se encerram após o nascimento, pois o ser nunca atinge sua completude nem se torna totalmente livre das contingências que contribuem para a sua mutabilidade (ibid., p. 24).

Agora sabemos das dobras internas e externas ao organismo, porém ainda não atingimos uma resposta suficiente para o seu funcionamento, porque as forças mecânicas não bastam para explicar sua existência e há um animismo associado ao organicismo, como se as dobras endógenas expressassem funcionamentos que consideram, antes de qualquer relação causal, uma certa união *intencional* de partes na sua busca de manter a homeostase. Esta união seria promovida pelas *almas sensitivas* que compõem as múltiplas partes dos animais – “não há somente pré- formação dos corpos, há pré-existência das almas nas sementes” (ibid., p. 25).

Portanto, desde o início do processo de desenvolvimento, um organismo se desdobra em suas partes na medida em que sua alma animal se abre a todo um teatro “em que ela percebe e sente de acordo com sua unidade, independente do seu organismo e, todavia, inseparável dele” (ibid., p. 25). Pode-se dizer os animais viventes também possuem dobras de almas sensitivas associadas às suas dobras de matéria, pois são as forças anímicas que fazem que as forças materiais se elevem a um maior teatro, pois as dobras de alma estariam supostamente associadas às dobras do sistema nervoso.

#### **4. As dobras do sistema nervoso:**

Como síntese dos três modos de compreensão de realidade, podemos apreender que o sistema nervoso se constitui organicamente como uma rede de entrelaçamento entre diversos componentes. Não somente a própria subjetividade seria múltipla, mas também a matéria que lhe é correspondente. O sistema nervoso faz conceber que não há mais um único centro regulador no organismo; pois este sistema somente existe na medida em que interage com outros sistemas, outras teias, outros tecidos dos mundos internos e externos ao indivíduo. Podemos pensar num *Eu* enquanto uma metáfora da ilusão de que somos uma unidade, quando que nosso organismo e nossa subjetividade contêm infinitos

predicados, uma rede de contingências entre microrganismos e células eucarióticas; entre o corpo e a natureza; entre a ordem e o caos. Um sistema nervoso é infinitamente maquinado assim como tudo que faz parte do organismo; com dobras endógenas com forças plásticas que agem de dentro para fora, mas não há propriamente uma barreira entre o exterior e o interior; tratam-se apenas de distintos fluxos de forças, sendo o sistema nervoso um conjunto vetorial de forças que convergem em vários tecidos de intercomunicação lógica e ontológica em vários níveis que coexistem dentro de um indivíduo (LEIBNIZ, 1987; DELEUZE, 1991). Esta perspectiva nos fundamenta que há vários territórios; vários estratos de existência nas dobras do tecido nervoso. Esses territórios não se esgotam por si mesmos; mas convergem num plano de imanência de criação de instituições, com conceitos, organizações, estabelecimentos, maquinarias, linguagens, de práticas corporais e incorporais; de criação de novas tecnologias (BAREMBLITT, 2002; LATOUR, 2017). O sistema nervoso pode ser pensado desde um nível quântico, em que consideramos a metaestabilidade<sup>5</sup> de grandes populações de subpartículas diante do incerto e do indeterminado; a um nível molecular, tal que as moléculas sejam ondas eletromagnéticas em estado de oscilação harmônica pela interferência de orbitais atômicos entre si; e que oferecem uma topografia, uma arquitetura espaço-temporal que a permite ser reconhecida numa cadeia de significação coletiva que se estabelece entre todas as outras moléculas que são constituintes do sistema celular integradas num constante processo de metabolismo; ao nível das relações entre as células, pois a rede neural não é formada somente pelos circuitos entre neurônios; mas de outras neuroglias que permitem a sobrevivência dos neurônios, oferecem-lhes alimento, suporte, proteção (SIMONDON, 2020; DELEUZE, 1991). Numa distribuição de sensibilidade, as células nervosas não podem sobreviver sem que haja um tecido linguístico de comunicação químico-hormonal, uma ampla vascularização sanguínea; um sistema de aparatos ósseos e de tecidos conjuntivos que garantem a integridade de um tecido gelificado como o cérebro e a proteção da medula espinhal etc.

Além dessas dimensões, o sistema nervoso parece também estar associado a um estágio psíquico e coletivo. São as dimensões em que os seres vivos com uma certa consciência estabelecem uma convivência civilizatória regulada por uma série de dispositivos de poder conforme as arquiteturas sociais; esta convivência é responsável por mobilizar nossos desejos através de um inconsciente maquínico que nos impulsiona

---

<sup>5</sup> O conceito de metaestabilidade se refere a uma contínua diferenciação nem totalmente estável nem absolutamente instável; será melhor aprofundado no capítulo 4 dessa dissertação.

por muitos modos que não percebemos. Este inconsciente que se faz num estágio psíquico-material é coextensivo à finitude de nossa consciência de processar tudo o que pode mobilizar nossos desejos, de modo que as interconexões nervosas são excitadas no seu contato com o ambiente interno por uma variedade de recursos semióticos presentes na coletividade do meio externo que influenciam o modo de pessoas observarem, analisarem, agirem querermos, pensarem, dizerem (GUATTARI, 1988; BAREMBLIT, 2002). Enfim, inclinam o sujeito a adotar uma série de posturas subjetivas encarregadas de ações morais para cumprir suas obrigações numa existência breve que percorre num mundo social. Fica a velha questão: onde está a liberdade? Não temos nenhum poder de escolha nesta vastidão de possibilidades de um universo infinito?

A dimensão psíquica, inconsciente e coletiva mostra que não basta ao organismo ter uma matéria (SIMONDON, 2020). Há uma coesão entre uma transcendência psíquico-coletiva e a materialidade das conexões do sistema nervoso com o organismo. As realidades psicossociotécnicas são os agenciamentos sociais e coletivos que se estabelecem; há uma série de humanos e não humanos que se articulam para tecer uma rede social nas ciências que se desdobra em redes neurais e vice-versa; trata-se de uma dobra em outra dimensão ontológica, pois a realidade de um componente orgânico se faz em várias dimensões.

Em *O que é a filosofia*, Deleuze e Guattari (1993) diziam que a filosofia não deve mais tratar de uma transcendência, mas de um plano de imanência incorporal à moda estoica, o que contraria toda uma tradição hegemônica derivada do neoplatonismo. A metafísica da imanência busca se ater às redes que entrelaçam a existência em sua multiplicidade, na consideração de que a natureza está em devir em um todo integrado no caos. Todavia, n'*A dobra*, a transcendência parece recuperar seu estatuto quando Deleuze (1991) se desfaz de uma interpretação enferrujada que se criou em torno dela, afinal, pode-se falar de uma *imanência transcendental* num sentido que não se refira a um sistema de ideias fixas e imutáveis distantes do mundo material e que sobre este se impõe, tal como no platonismo, mas ao plano imaterial da *imaginação* em que se articulam várias cadeias de significações sobre a realidade a partir das sensações obtidas num plano corporal de sensibilidade que lhe é indissociável. Ainda se trata de uma metafísica da mutabilidade, da transformação, mas também há o que é permanente e fixo. Pois há um paradoxo entre a ordem e o caos; para que seja inferido algo como a desordem, a ordem precisa ser pensada; há mútua existência da afirmação e negação.

A admissão de um plano de imanência transcendental não significa que a filosofia deva acumular mais camelos, como dizia Nietzsche em *Assim falou Zaratruska*, com aqueles pensadores que vivem a carregar os comodismos das tradições, sem abertura a conceber novas realidades e produzir novos acontecimentos que incrementem a potência do desejo (DELEUZE, 1976; DELEUZE, 1965). Pelo contrário, esta imanência transcendental pode ser criativa porque não precisa admitir mais uma única verdade, muito menos se limitar à contemplação sem que haja qualquer ação articulada com a realidade. Na modernidade, Leibniz (1987) já citava a existência das verdades contingentes (para além das necessárias) e construiu um arsenal de ferramentas lógicas para compreender a liberdade de seres limitados frente ao infinito. Com isso, foi além do *Uno*, ainda que considerasse o universo ser constituído de unidades representativas numa teia de relações intersemióticas. Admitiu a existência de um *Eu* que se cria naquelas almas que possuem uma consciência, o que Descartes chamaria de sujeito; porém, este ser racional nunca foi uma unidade verdadeiramente, pois já se configura como um ser composto de muitos outros; mesmo as almas racionais contêm uma parte de entelêquia, de animal e de Deus em si mesmas num processo em que não há nascimento nem morte a rigor.

Apesar das várias inovações lógicas realizadas por Leibniz (1987) em sua metafísica que se torna uma referência para pensar uma transcendência distinta da tradição platônica, não concordamos quando ele considera uma única racionalidade possível, aquela que se aproximasse de um único Deus. Nossa perspectiva de racionalidade e de metafísica é muito mais próxima de Derrida, para o qual não há somente única, mas várias racionalidades possíveis que coexistem; várias cosmovisões que não se excluem, assim como várias divindades que podem reger cada qual a sua série de harmonia no universo (FRAGOSO, 2012). Neste cenário, a ciência e a filosofia compreendem saberes que não devem mais almejar uma verdade absoluta a ser alcançada por meio de enunciados teóricos; tampouco devem ser práticas subordinadas a um conjunto de regras pela busca cega de consenso do que deve ser o mundo. Ambas devem compreender racionalidades plurais que possam coexistir em suas diversidades de compreensão da realidade, de valores, de estratégias políticas, de organização institucional, de construção de sua própria história (BAREMBLIT, 2002; LATOUR, 2017). Isso implica que tanto a filosofia quanto a ciência são um mosaico que admitem a multiplicidade heterogênea em sua ontologia, com uma pluralidade de métodos que podem ser utilizados para se desenvolver o conhecimento. Isso evidentemente coloca em

xeque uma visão tradicional da modernidade de que a razão deva regular todo o ordenamento dos saberes acumulados, pois não há como organizar aquilo que é essencialmente desorganizado, múltiplo, vasto e inesgotável (FRAGOSO, 2012). A confiança de que a razão possa encontrar a última explicação para todas as coisas é um veneno que ela produz para se autodestruir, visto que ela própria falha em atender aquilo que promete: a unificação do mundo que não se unifica, a busca por uma objetividade que não existe em caminhos desviantes que perpassam também pelo terreno da subjetividade, do afeto e do inconsciente.

Assim, tanto a ciência quanto a filosofia devem buscar por uma contínua desconstrução, o que seria um objetivo ousado, pois significa assumir um pensamento não condicionado, insubordinável, que visa a subverter qualquer determinação que se possa impor tiranicamente (ibid.). Trata-se de um pensamento veemente crítico, atravessado por incertezas e por desconfianças. Precisamos questionar qualquer verdade que possamos elaborar; e temos de reconhecer não se pode regularizar totalmente os acontecimentos de uma natureza cujos eventos são marcados pela imprevisibilidade e pelo mistério. A desconstrução nos leva a entender que não se pode ter consciência da totalidade de sucessão de coisas que possa ocasionar qualquer fato; e mesmo que algumas poucas variáveis possam ser conhecidas empiricamente para predizer um grande número de acontecimentos, as mesmas são entidades abstratas que não necessariamente correspondem à dinâmica do mundo do porvir em seu caos. Desse modo, a filosofia e a ciência não podem prescindir de seus aspectos democráticos, pois ambas têm de estar abertas a todas críticas possíveis aos seus argumentos, às suas hipóteses, às suas convenções e às suas pressuposições. A única condição aceitável deve ser a crítica incondicionada, o pensamento que não se subordina: “soberania incondicionada do incondicionado” (ibid., p. 80). Isso é fundamental a que se abram novas portas para pensar outras formas de o mundo ser possível sem que seja predito unicamente pela razão; e compreender que os acontecimentos podem ser também da ordem do impossível.

## **5. Apontamentos sobre a evolução:**

Sabemos que a teoria da evolução de Darwin (2014) insere os seres vivos numa rede de contingências tal que o processo de modificação das características de populações de espécies ocorra gradativamente pela seleção natural dos mais aptos ao ambiente em que estão inseridos pelas vias de alguns fatores de pressão seletiva dos meios internos e

externos em conjunto dinamicidade de toda a terra<sup>6</sup>. A modificação das espécies não possui caráter teleológico, pois não visa a atingir determinado fim a não ser a própria mudança em si mesma. Assim, Darwin (2014) se opõe veementemente a outros evolucionistas que defendem que algumas espécies são mais privilegiadas do que outras numa linha de progresso evolutiva, pois defende que a evolução se sustenta na tessitura de relações estabelecidas entre todas elas que devem ocupar igual espaço na árvore da vida num processo em que as modificações podem benéficas ou maléficas sem pretender uma única direção. Disso podemos derivar um pensamento contemporâneo de que todas as espécies são quimeras em constante mutabilidade; todas vivem juntas por relações de simbiose desde o microcosmo ao macrocosmo. Numa dinâmica interespecie, ocorre uma variação de conjuntos populacionais desde as dimensões moleculares às dimensões molares; há sistemas dentro de sistemas, mesmo uma célula eucariótica se transforma como um sistema de microrganismos<sup>7</sup> e se articula com outras células eucarióticas e outros microrganismos para formarem os tecidos que manifestam seus fenótipos a serem contatados pelos nossos olhos (MARGULIS, 1970). E como nos originamos, afinal? Surgimos de um único ancestral comum ou pela interação entre vários ancestrais? Pensar sobre a origem da vida nos guia a incontáveis mistérios porque somos levados a teorizar acontecimentos do nosso presente por um tempo que não é mais o nosso, cujos eventos somente podemos pressupor em nossas limitações; então é válido constatar que as questões fundamentais da nossa existência – como aquelas de quando e como surgimos – nem sempre devem ser trilhadas por caminhos seguros da razão, pois a origem da vida se trata de uma pluralidade de metáforas que provocam novos sentidos para a diversidade de todos nós na imprevisibilidade do acaso.

Como dizia Esbell (2019) em sua perspectiva indígena, a evolução nos revela que tudo se multiplica e se projeta para uma dimensão maior tal que a diversidade resulta em mais prosperidade para nossa paisagem; isso nos ensina que devemos resistir à monocultura onde tudo se explora e experimentarmos uma policultura que torna a vida mais abundante em seu porvir. A árvore da vida seria tão grande e tão misteriosa que tudo aquilo que cabe em nosso existir pode também caber dentro dela. Assim, os povos indígenas nos ensinam que as transformações de tudo que habita este planeta não separam a vida da cultura numa rede de relações entre todos os seres e todas as coisas. E a arte nos

---

<sup>6</sup> Esta visão da obra de Charles Darwin foi trabalhada no grupo de pesquisa de *Science Studies* da UEM.

<sup>7</sup> Estas perspectivas de que as espécies são quimeras e de que as células eucarióticas são um sistema de microrganismos foram apresentadas pela professora Maria Cristina Machado Motta, inspirada pela teoria de simbiose de Lynn Margulis (1970), durante uma disciplina de pós-graduação intitulada “Filosofia e História da Ciência” do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da UFRJ.

atualiza que a vida é uma perpétua criação que se realiza em todos ambientes; por isso, a diversidade da vida é infinita. No cenário da biofabricação, consideramos que a vida contemporânea está atravessada por inúmeros mecanismos de seleção artificial totalmente novos, inclusive a nível molecular, que promovem a modificação dos organismos pelos experimentos de laboratório. A produção de órgãos parece desafiar a linearidade percebida no tempo, visto que uma célula adulta pode ser induzida a retornar ao seu estado de pluripotência embrionária, ou seja, a célula é configurada para se transformar em um novo ser após retornar a um estágio anterior ao que era, o que implica numa dinâmica em que o futuro pode afetar o passado. O mundo científico de nosso tempo nos aparenta ser tanto amigável quanto pavoroso, podem originar híbridos de todas as espécies, mas não devemos temê-los, pois fazem parte de todos nós.

## CAPÍTULO 2

### A biofabricação do sistema nervoso

A bioengenharia do sistema nervoso representa o encontro de muitos conhecimentos, é uma área transdisciplinar que engloba práticas materiais de construção de laboratórios públicos e privados de pesquisa/produção de mercadorias biotecnológicas, além de um conjunto extremamente vasto e diversificado de teorias científicas que investigam a construção e manutenção dos órgãos artificiais. Não é impossível construir órgãos em laboratório. Para aqueles que adotaram a produção dessas tecnologias em suas rotinas, o processo de acompanhar o crescimento dos órgãos fragmentados exige paciência e dedicação porque, como bebês, não se desenvolvem de uma hora para outra. Porém se torna realmente uma prática costumeira; o cientista passa a vivenciar com naturalidade a sua habilidade de engenheiro e torna-se cada vez mais próximo daquele ser vivo no interior de uma cuba de vidro através da sua imersão num cotidiano de programas computacionais e de manipulação de biomateriais e de reagentes químicos da nanobiotecnologia que transforma uma célula-tronco num órgão fragmentado que possa servir para muitas finalidades de interesse: desde transplantes em cirurgias até compreender o comportamento e a interação entre as células, analisar a histogênese, produzir fármacos, desvendar rotas genéticas e metabólicas, desenvolver novos mecanismos de interface entre órgãos-máquinas, inclusive montar novos corpos como um quebra-cabeça, reanimar os mortos e colonizar outros planetas (KAUL; VENTIKOS, 2015).

Podemos considerar que, genericamente, a bioengenharia se institui por três atividades: (i) de produção, que significa a criação de algo novo; (ii) de reprodução, que é a tentativa de replicar aquilo que foi criado e pressupõe atividades organizadas/sistematizadas; e (iii) de antiprodução, que são os fluxos subversivos, a busca de inovar novamente e transformar o que está estagnado (BAREMBLITT, 2002). Em vista disso, nossa tentativa de abordar a biofabricação do sistema nervoso tem como propósito articular os processos moleculares (desordenados, aleatórios, imprevisíveis) com os processos molares de biofabricação (ordenados, regulares, previsíveis, padronizados). Para tanto, apresentamos neste capítulo a história da bioengenharia do sistema nervoso desde a descoberta das células-troncos neurais até a impressão tridimensional dos tecidos, assim como discutimos alguns fundamentos filosóficos, sociais e institucionais que estão envolvidos na produção dos tecidos neurais.

## 1. Anatomia do Sistema Nervoso:

Uma vez que este texto pode ser lido por pessoas de diversas áreas do conhecimento, nosso primeiro passo será apresentar um mapa didático da anatomia do sistema nervoso: suas principais células, seus tecidos, órgãos e sua fisiologia básica associada. Isso permitirá que os leitores tenham um repertório básico para entender o restante deste capítulo e desta dissertação<sup>8</sup>.

Ao tratarmos anatomia do sistema nervoso, criamos três subseções. Na primeira, apresentaremos sobre o sistema nervoso central e o periférico; na segunda, conheceremos o mundo microscópico do tecido nervoso e de suas principais células componentes; na terceira, conheceremos brevemente a visão macroscópica do SN. Essas subseções serão suficientes para demonstrar como o sistema nervoso se constitui num labirinto de complexidades; ainda assim, buscaremos descrevê-lo de forma sistemática e supostamente objetiva, como se fosse um glossário de termos técnicos. Não se pretende de forma alguma esgotar a vastidão e a complexidade de um conteúdo avançado de neuroanatomia e neurofisiologia.

### 1.1. O Sistema Nervoso Central (SNC) e o Periférico (SNP):

O sistema nervoso (SN) é considerado uma complexa matriz de células organizadas em redes neurais voltadas a “dirigir, supervisionar e controlar todas as funções e atividades dos órgãos internos e externos do corpo” (DOBLADO et al, 2021, p. 2). Esta rede neural de intercomunicação se mantém por um sistema eletroquímico extremamente rápido e específico que produz respostas imediatas (MARIEB et al, 2014, p. 385). É um sistema dividido em duas partes (ver **Figura 1**):

1. O sistema nervoso central (SNC) é composto pelo encéfalo e pela medula espinal, respectivamente localizados na profundidade do crânio e da coluna vertebral, sendo considerado a zona de integração e de comando que “recebe os canais sensitivos, interpreta-os e determina as respostas motoras com base em experiências pregressas, reflexos e condições atuais” (ibid., p. 385). O encéfalo é composto pelas seguintes estruturas: tronco encefálico (bulbo, ponte, mesencéfalo), cerebelo, tálamo, epitálamo, hipotálamo e cérebro.

---

<sup>8</sup> Em capítulos futuros, abordaremos a história das técnicas de intervenção do sistema nervoso (onde fazemos uma genealogia das terminologias anatômicas desde o período pré-histórico) e também faremos uma crítica aos modelos hegemônicos das neurociências atuais, apontando suas principais problemáticas. Ou seja, não faltará uma grande bagagem histórico-social para discutir a anatomia do sistema nervoso neste trabalho. Por enquanto, nosso intuito é apenas familiarizar o leitor com alguns termos de neuroanatomia e mostrar que não são tão difíceis quanto parecem.

2. O sistema nervoso periférico (SNP) consiste nos agrupamentos de corpos celulares de neurônios que se chamam gânglios e nos nervos que se estendem do cérebro e da medula espinal, por isso, existem os nervos cranianos e os nervos espinais que formam uma linha de comunicação que interliga todas regiões periféricas do corpo à região central do sistema nervoso (ibid.).

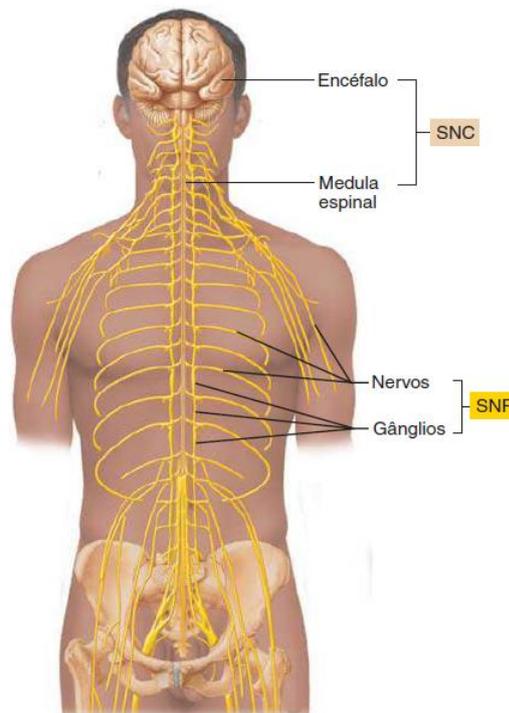


Figura 1. Sistema nervoso central e periférico (Adaptação de Marieb et al, 2018, p. 363, 2019)

Basicamente, as funções do sistema nervoso como um todo se baseiam em três processos: em um mecanismo de entrada, há milhões de receptores sensitivos somáticos e viscerais que monitoram as modificações que ocorrem nos ambientes interno e externo ao organismo. A reação dos receptores aos estímulos gera sinais eletroquímicos que se propagam a uma zona de integração responsável por interpretar os sinais sensitivos e tomar decisões a todo momento sobre o que fazer. Essas decisões ativam os órgãos efetores – os músculos e as glândulas hormonais – desencadeando uma saída motora (ibid., p. 385).

Neste sentido, pode-se captar duas espécies de sinais:

- (a) os sinais sensitivos ou aferentes transmitem informações das fibras nervosas do SNP ao SNC, onde há integração dos sinais;

- (b) os sinais motores ou eferentes são os impulsos gerados do SNC para o SNP que promovem a ativação de músculos e de glândulas hormonais decorrente das ações que foram tomadas pelo centro regulador.

No sistema nervoso periférico, tanto os sinais sensitivos quanto os motores visam a atender as regiões somáticas e viscerais do organismo. Na região somática, estão as estruturas mais externas, como a pele, o músculo esquelético e os ossos. Na região visceral, estão os órgãos localizados nas cavidades ventrais do corpo, como o tubo digestivo, o pulmão, o coração, a bexiga, o fígado, os rins, etc. Este esquema leva o SNP a ser dividido de acordo com quatro tipo de fibras (ver **Figura 2**):

- (i) As fibras sensitivas somáticas podem ser gerais ou especiais: são gerais quando se trata dos receptores espalhados por tubos externos como a pele e a parede corporal, o que possibilita sentir o tato, a dor, a pressão, a vibração e a temperatura, além da propriocepção (que é a percepção do próprio corpo); e são especiais quando os receptores sensitivos estão mais confinados em áreas menores em vez de espalhados; “a maioria dos sentidos especiais estão na cabeça, incluindo a audição e o equilíbrio (com os receptores nas orelhas internas) e a visão (com os receptores nos olhos)” (ibid., p. 387);
- (ii) As fibras sensitivas viscerais também podem ser gerais ou especiais. Os sentidos viscerais gerais envolvem as sensações de alongamento, de dor e de temperatura nos sistemas pulmonar, cardíaco, digestivo, urinário, reprodutivo, etc.; também abrange as sensações de fome e de náusea. Já os sentidos viscerais especiais se localizam na língua e na cavidade nasal e são responsáveis pelo paladar e olfato;
- (iii) as fibras motoras somáticas regulam a contração dos músculos esqueléticos que são voluntários; trata-se de uma região de sistema nervoso voluntário;
- (iv) as fibras motoras viscerais “regulam a contração do músculo liso e do músculo cardíaco, além da secreção pelas muitas glândulas hormonais do corpo” (ibid.), o que significa que também controla a bioquímica das sinalizações de todas as células do organismo; disso se trata o sistema nervoso autônomo, cujos movimentos não podem ser controlados pela nossa vontade, tal como o bombeamento do coração, a movimentação do alimento pelo sistema digestivo, a secreção de hormônios, etc. Por sua

vez, o sistema nervoso autônomo pode ser simpático ou parassimpático. É simpático quando se trata de necessidades de atividade do corpo, como em casos de luta ou de fuga, e é parassimpático nas ações em que o organismo visa a conservar a sua energia pelo repouso e promover a digestão.

Componentes sensitivos		Componentes motores	
<b>Sensitivos somáticos (SS)</b>	<b>Sensitivos viscerais (SV)</b>	<b>Motores somáticos (MS)</b>	<b>Motores viscerais (MV) — autônomos</b>
<p><b>GERAIS:</b> tato, dor, pressão, vibração, temperatura e propriocepção da pele, parede corporal e membros</p>  <p><b>ESPECIAIS:</b> audição, equilíbrio e visão</p> 	<p><b>GERAIS:</b> alongamento, dor, temperatura, alterações químicas e irritação nas vísceras; náusea e fome</p>  <p><b>ESPECIAIS:</b> paladar e olfato</p> 	<p>Inervação motora dos músculos esqueléticos</p> 	<p>Inervação motora do músculo liso, músculo cardíaco e glândulas</p> 

Figura 2. Quatro tipos de fibras presentes no sistema nervoso periférico (Adaptação de Marieb et al, 2018, p. 365)

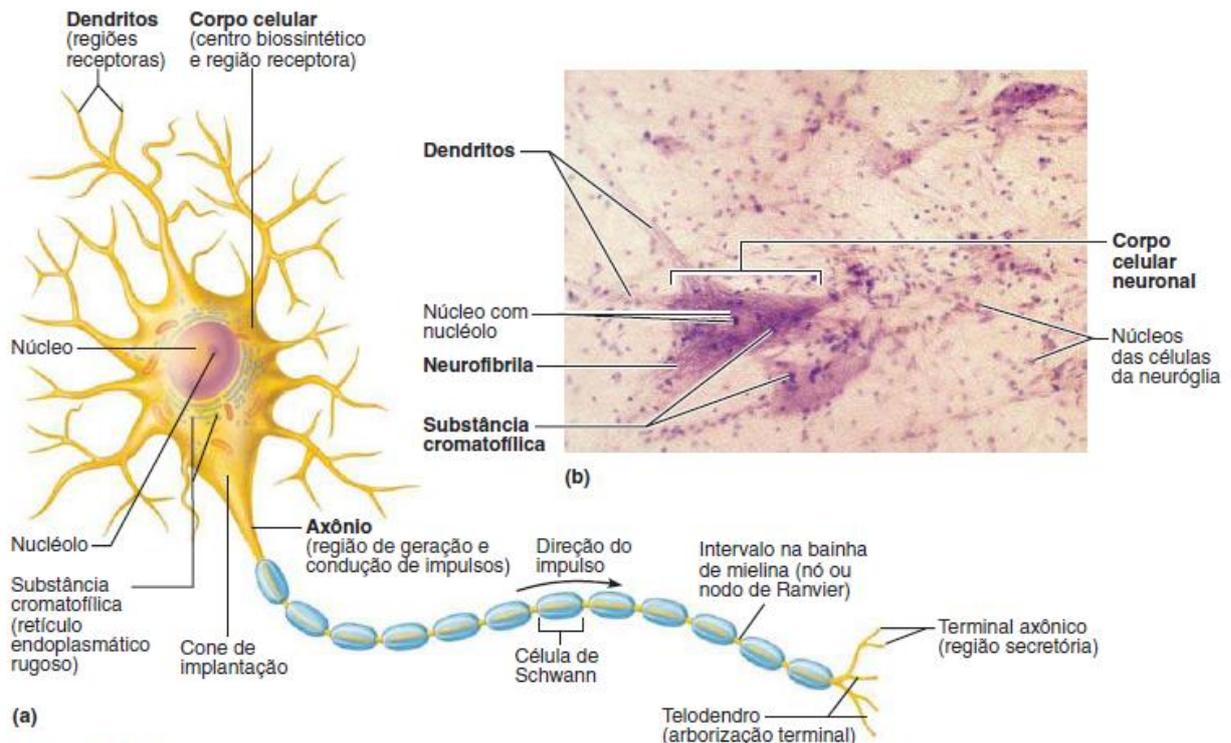
## 1.2. As células do sistema nervoso:

O sistema nervoso é um conjunto tecidos com células densamente empacotadas e entrelaçadas (ibid., p. 388). Apesar de sua enorme complexidade, há dois tipos principais de células: os neurônios, que são células excitáveis que propagam sinais elétricos; e as neuroglias, que não são excitáveis e fornecem apoio aos neurônios, além de circundá-los e envolvê-los. São dois tipos de células formados dos tecidos embrionários que se chamam tubo neural e crista neural.

### 1.2.1. Neurônios

Os neurônios existem aos bilhões no corpo humano e são considerados as unidades mais básicas do sistema nervoso; são células que conduzem sinais elétricos em sua membrana plasmática pelos impulsos nervosos ou potenciais de ação (ver **Figura 3**). Por isso, possuem taxas metabólicas extremamente elevadas que exigem quantidade constante de glicose e não sobrevivem por alguns minutos sem oxigênio. Além disso, são longevos por viverem mais de cem anos, embora não se dividam por não realizarem

mitose: os neurônios nos fetos já são programados desde o início para manter todas as conexões do sistema nervoso, o que os torna geralmente insubstituíveis quando são lesionados; no entanto, algumas células troncos neurais podem ser encontradas no sistema nervoso central, o que significa uma exceção a esta regra.



**Figura 12.4** Estrutura de um neurônio típico (um neurônio motor). (a) Diagrama de um neurônio motor. As setas indicam as direções nas quais os sinais percorrem. O axônio desse neurônio é coberto por uma bainha de mielina. (b) Micrografia do tecido neural da medula espinal exibindo corpos celulares neuronais e as células da glia (neurógliia) circundantes.

*Figura 3. Recorte de página de livro que ilustra um neurônio, apresenta uma micrografia de neurônio e apresenta uma legenda descritiva (Adaptação de Marieb et al, 2018, p. 367)*

Sua arquitetura é formada por um corpo celular e por dois processos, o axônio e os dendritos, que são ramificações que se distinguem em suas propriedades estruturais e funcionais. No corpo celular, há um núcleo circular envolto por um citoplasma em que existem as organelas comuns que renovam constantemente a membrana plasmática e os complexos proteicos no citosol. No citoplasma, os componentes supramoleculares são constantemente dinamizados por redes de neurofilamentos, que também impedem que as células se desmanchem facilmente sob força de tração. A maioria dos corpos células estão localizados no SNC; no sistema nervoso periférico, há agrupamentos de corpos celulares que formam os gânglios.

Os dendritos são ramificações do corpo celular que se parecem com galhos de árvores, em que há também muitas organelas e uma expansão dos neurofilamentos; eles agem como sítios receptores com uma alta área de superfície para captar sinais emitidos por outros neurônios. Por eles, começa-se uma propagação dos sinais elétricos em direção ao corpo celular.

O axônio se desdobra de uma região cuneiforme do corpo celular. São processos que geram e conduzem impulsos elétricos do corpo celular aos terminais pré-sinápticos. Nele não se faz presente as organelas do corpo celular; o que se torna evidente são os neurofilamentos (filamentos intermediários), os microfilamentos de actina e os microtúbulos, que lhe oferecem uma resistência estrutural; são redes esqueléticas que auxiliam no transporte de substâncias ao longo do processo axonal. Alguns axônios podem ser extremamente longos e se chamam fibras nervosas, com mais de um metro de comprimento. A extremidade dos axônios é formada por ramificações profusas chamadas telodendro; há mais de dez mil dessas ramificações, que terminam em terminais axônicos ou botões terminais através dos quais são liberados os neurotransmissores ao espaço extracelular.

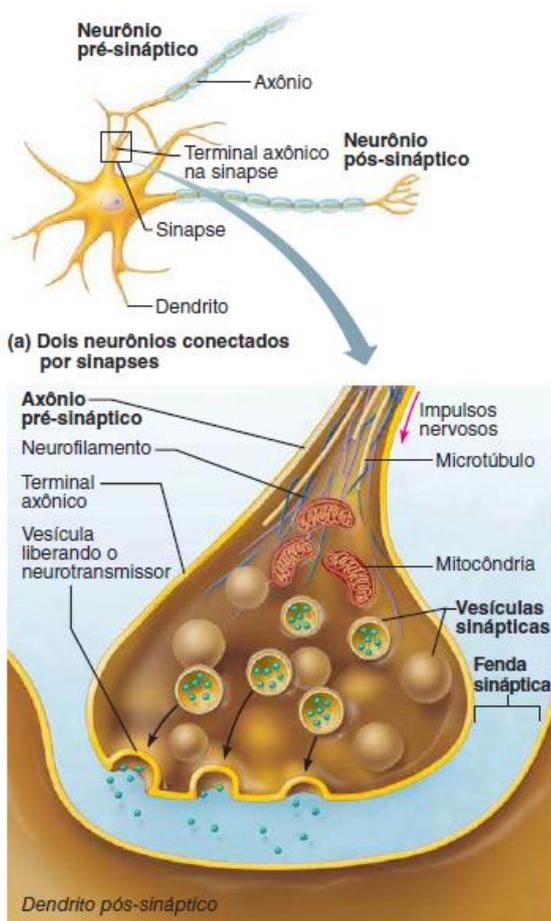


Figura 4. Imagem que ilustra a sinapse entre dois neurônios (Adaptado de Marieb et al., 2018, p. 368).

A sinapse se refere ao local em que os neurônios trocam informações entre si (ver **Figura 4**). A maioria delas ocorre pela transmissão de informação por mensageiros químicos, embora alguns neurônios o façam de modo exclusivamente elétrico. As sinapses, que ocorrem em uma única direção, tendem a dirigir o fluxo de informação através do sistema nervoso. Ocorrem entre dois neurônios: um pré-sináptico, que libera os neurotransmissores (os mensageiros químicos), e um pós-sináptico, que captam os neurotransmissores recentemente liberados; assim se forma uma cadeia de sinapse em que todos os neurônios são intermediários pré e pós-sinápticos.

Ao depender do número de axônios e dendritos, os neurônios podem ser

classificados estruturalmente como multipolar, bipolar, unipolar, pseudounipolar (ver **Figura 5**). Funcionalmente, os neurônios podem ser aferentes (carregam informações dos órgãos dos sentidos ao SNC); podem ser interneurônios, que transmite mensagens dentro do SNC, e neurônios motores ou eferentes, que carregam informação do SNC ao SNP, que ativam músculos e glândulas hormonais (veja que o sistema endócrino, responsável por todo o controle químico do organismo, também atua).

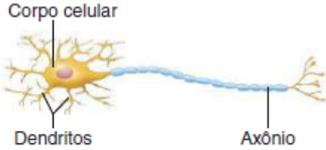
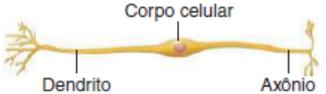
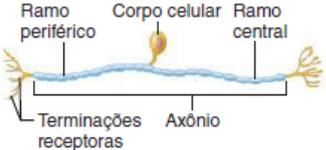
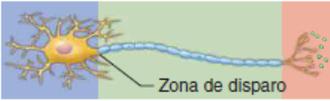
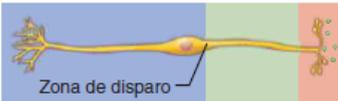
Tabela 12.2 Comparação das classes estruturais dos neurônios		
Tipo de neurônio		
Multipolar	Bipolar	Pseudounipolar
<b>CLASSE ESTRUTURAL: TIPO DE NEURÔNIO DE ACORDO COM O NÚMERO DE PROCESSOS QUE SAEM DO CORPO CELULAR</b>		
Muitos processos estendem-se do corpo celular; todos são dendritos, exceto um único axônio.	Dois processos estendem-se do corpo celular: um é um dendrito fundido; o outro é um axônio.	Um processo estende-se do corpo celular e forma processos centrais e periféricos que, juntos, constituem o axônio.
 <p>Corpo celular Dendritos Axônio</p>	 <p>Corpo celular Dendrito Axônio</p>	 <p>Ramo periférico Corpo celular Ramo central Terminações receptoras Axônio</p>
<b>RELAÇÃO ANATÔMICA DAS TRÊS REGIÕES FUNCIONAIS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> Região receptora (recebe estímulo)</li> <li><span style="color: green;">■</span> Região condutora (gera/transmite potencial de ação)</li> <li><span style="color: red;">■</span> Região secretória (terminais axônicos liberam neurotransmissores)</li> </ul>		
 <p>Zona de disparo</p>	 <p>Zona de disparo</p>	 <p>Zona de disparo</p>
<b>ABUNDÂNCIA RELATIVA E LOCALIZAÇÃO NO CORPO HUMANO</b>		
Mais abundante no corpo. Principal tipo de neurônio no SNC.	Raro. Encontrado em alguns órgãos sensitivos especiais (mucosa olfatória, olho e orelha).	Encontrado principalmente no SNP. Comum apenas nos gânglios da raiz dorsal da medula espinal e nos gânglios sensoriais dos nervos cranianos

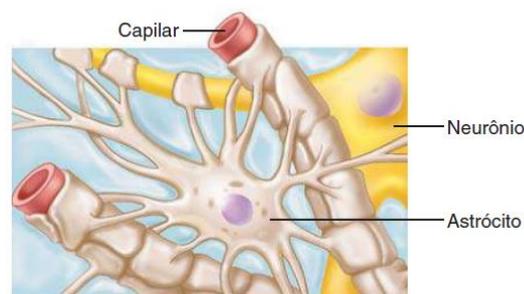
Figura 5. Imagem com tabela que descreve as classes estruturais dos neurônios, a relação anatômica das três regiões funcionais e a abundância relativa dos neurônios em diferentes regiões no corpo humano (Adaptação de Marieb et al., 2018, p. 369).

### 1.2.2 Neuroglias:

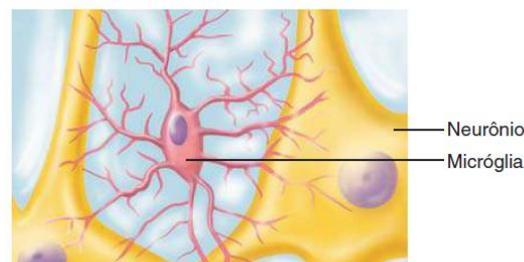
As neuroglias se associam intimamente aos neurônios. São células não-nervosas que fornecem uma arquitetura de suporte ao circundar os corpos celulares, os axônios e os dendritos no SNC e no SNP. Sua quantidade é quase dez vezes maior que a de neurônios, portanto, corresponde à quase metade da massa encefálica; e tem a capacidade de se dividir por toda a vida.

No sistema nervoso central, há quatro tipos de neuroglia:

- (i) Os astrócitos têm o formato de estrelas por terem muitos processos que se irradiam com extremidades bulbosas que se agarram aos neurônios e aos capilares sanguíneos; suas funções são: regular o nível de neurotransmissores; sinalizar o maior fluxo sanguíneo pelos capilares nas áreas ativas do cérebro; controlar o ambiente de íons em torno dos neurônios; ajudar as sinapses a se formarem no tecido nervoso em desenvolvimento; produzirem moléculas necessárias para o crescimento neural; propagar sinais de cálcios talvez relacionados com a memória, entre outras.
- (ii) As micróglia são as mais abundantes do SNC. Elas têm seus corpos celulares alongados, com processos pontiagudos; atuam como células de defesas que fagocitam microrganismos e neurônios mortos ou lesionados para digestão; elas derivam de células sanguíneas que se chamam monócitos (ver **Figura 6**).



(a) Os astrócitos são a neuroglia mais abundante do SNC



(b) As micróglia são células de defesa no SNC

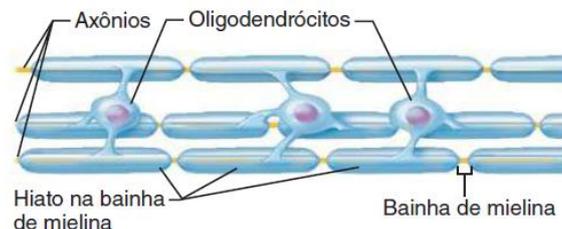
*Figura 6.. Ilustrações dos astrócitos e das micróglia (Adaptação de Marieb et al., 2018, p. 372)*

- (iii) As células ependimárias são responsáveis por revestir as cavidades que possuem líquido cefalorraquidiano na medula espinhal e no encéfalo, ajudando também na produção e circulação do líquido;
- (iv) Os oligodendrócitos são células com um *soma* que se estende em poucos processos estão enrolados no axônio dos neurônios para formar a bainha de mielina, que circunda os axônios por muitas camadas lipídicas organizadas em

espiral e que proporciona maior velocidade e eficiente nos impulsos nervosos (ver **Figura 7**).



(c) As células endoteliais revestem as cavidades cheias de líquido cefalorraquidiano

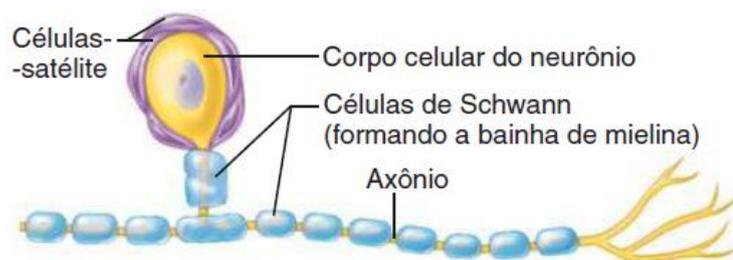


(d) Os oligodendrócitos têm processos que formam a bainha de mielina em volta dos axônios no SNC

Figura 7. Ilustrações das células endoteliais e dos oligodendrócitos (Adaptação de Marieb et al., 2018, p. 372)

No sistema nervoso periférico, duas neuroglias se fazem mais presentes:

- (v) As células satélites tem um formato achatado e envolvem os corpos celulares dos neurônios que estão nos gânglios;
- (vi) As células de Schwann são células de formato cilíndrico (análogas aos oligodendrócitos, porém com estrutura diferente) que circundam os axônios dos neurônios e enrolam sobre si mesmas várias vezes para mielinizá-los (DOBLADO, 2021) (ver **Figura 8**).



(e) As células-satélite e as células de Schwann (que formam a mielina) circundam os neurônios no SNP

Figura 8. Ilustrações das células-satélite e das células de Schwann (Adaptação de Marieb et al., 2018, p. 372)

### 1.3. A perspectiva macroscópica do sistema nervoso:

Na seção anterior, estudamos o tecido nervoso – que é a visão microscópica do sistema nervoso. Agora entenderemos como ele pode ser conhecido do ponto de vista macroscópico.

No encéfalo e na medula espinhal, a substância cinzenta é a região onde se encontram os corpos celulares dos neurônios e neuroglías. E a substância branca contém principalmente os axônios dos neurônios, sendo a cor branca derivada da bainha de mielina dos oligodendrócitos (MARIEB, 2014).

No encéfalo, a substância cinzenta está localizada na superfície do cérebro e do cerebelo, com uma massa densa que forma o *córtex*. O córtex é subdividido em cinco grandes regiões: frontal, occipital, parietal, temporal e insular. Por sua vez, cada região cortical é subdividida em giros (ver **Figura 9**).

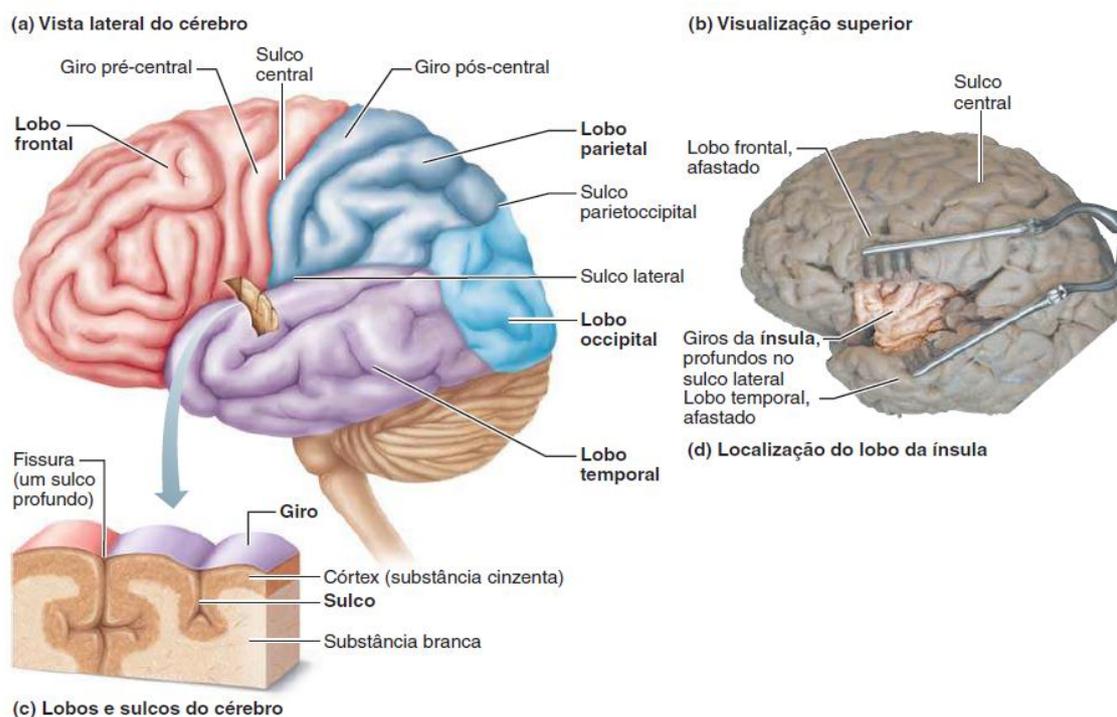


Figura 9. Ilustrações (a) dos córtex do cérebro pela vista lateral, (b) do lob insular, que fica numa região mais profunda, e (c) vista dos lobos e sulcos do cérebro (Adaptação de Marieb et al., 2018, p. 403)

Na medula espinhal (ver **Figura 10**), a distribuição espacial de ambas as substâncias em um corte transversal faz aparentar uma borboleta, com a substância cinzenta no centro e a substância branca ao redor (MARIEB, 2014), cujos axônios se distribuem uniformemente formando *tratos ascendentes* ou fascículos que levam

informações ao cérebro; e tratos descendentes que transferem informações do cérebro para o sistema nervoso periférico, para os músculos e as glândulas (DOBLADO, 2021).

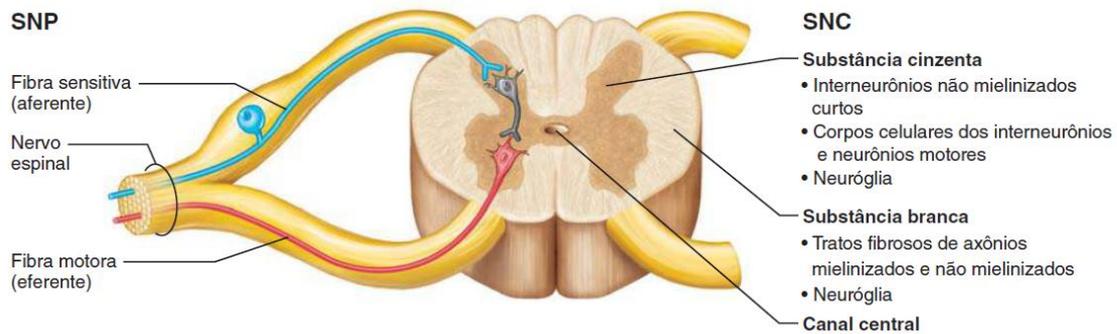


Figura 10. Ilustração de corte transversal na medula espinhal (Adaptação de Marieb et al., 2018, p. 375)

Já o sistema nervoso periférico é composto de gânglios, que são alguns agrupamentos de corpos celulares neuronais, e de nervos, que são os cabos de transmissão de sinais eletroquímicos pelas áreas sensitivas motoras, somáticas e viscerais (MARIEB et al, 2014).

A arquitetura do nervo apresenta três tecidos: as fibras nervosas (que são axônios longos), as células de Schwann (que os envolvem para mielinizá-los) e três camadas isolantes de tecido conjuntivo: endoneuro, perineuro e epineuro (ver **Figura 11**).

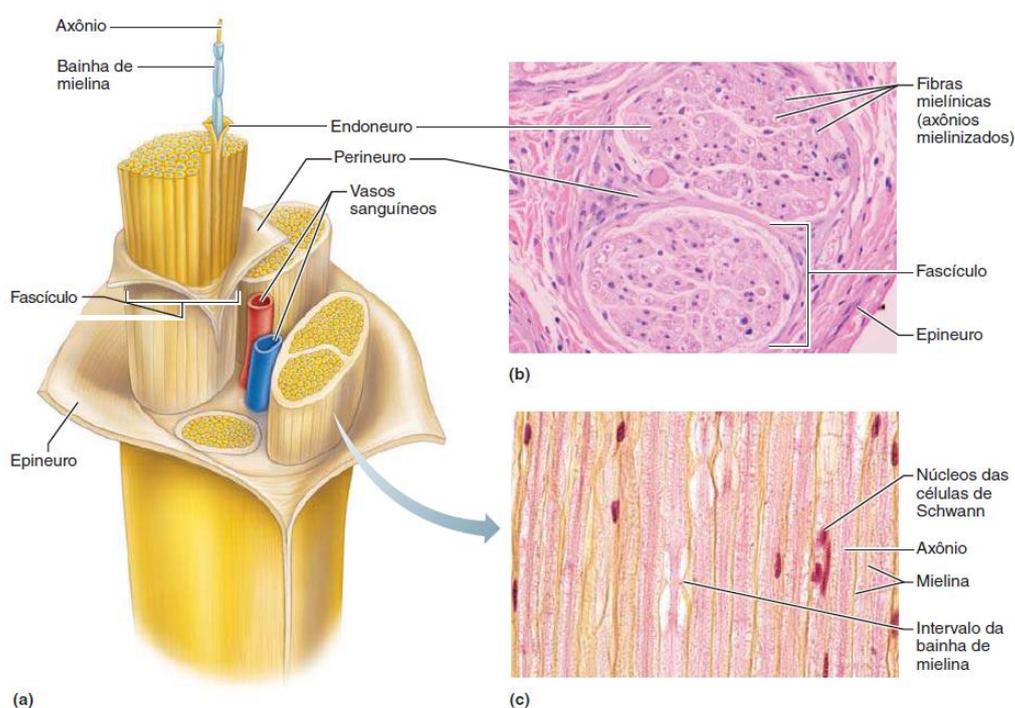


Figura 11. Ilustração de (a) ilustração tridimensional do nervo, (b) micrografia transversal do nervo e (c) micrografia longitudinal do nervo (Adaptação de Marieb et al., 2018, p. 376)

## 2. A individuação dos objetos técnicos:

Após estabelecido nosso conhecimento básico do sistema nervoso, devemos prosseguir com o objeto principal deste trabalho: a biofabricação dos tecidos neurais artificiais. Recorreremos agora ao livro *Os modos de existência dos objetos técnicos* de Gilbert Simondon, pois o autor nos apresenta uma abordagem sistemática e metodologicamente consistente para se tratar das tecnologias. Por motivos de seu interesse e tendo em vista as tecnologias existentes em sua época, Simondon voltou seu olhar principalmente aos motores, aos relógios, a tecnologias de fissão nuclear, entre outras; são as máquinas tradicionais, que não possuem a densa heterogeneidade entre matéria inorgânica e matéria orgânica como no caso da bioengenharia, em que se fabrica um ser vivo por meio da convergência de vários aparatos técnicos mediados pela intervenção humana, o que justifica plenamente que nosso enfoque tecnológico seja distinto do autor, embora suas ideias nos sejam fundamentais. A começar, devemos ter a consciência que não há máquina pura: todas são térmicas, elétricas e mecânicas de uma só vez; desse modo, a bioengenharia necessariamente implica num conhecimento múltiplo, não se pode concebê-la por um viés estritamente biológico, haja vista de que os saberes estão profundamente interligados entre si. Também o autor nos aponta que os objetos técnicos possuem uma historicidade, um percurso temporal que é constituído pela convergência de uma série de tecnologias com uma cultura técnico-social. Desse modo, é essencial que compreendamos os objetos técnicos por meio de sua *gênese*, isto é, devemos resgatar como uma determinada espécie de objeto técnico se constitui e se distingue das outras espécies. Esta estratégia é benéfica para se evitar confusões num universo de pluralidade tecnológica; por exemplo, a palavra *motor* designa tecnologias de espécies com histórias filogenéticas muito diferentes: pode ser um motor a vapor, a gasolina, a pressão, elétrico, etc.; embora sejam designados pela mesma palavra em nossa linguagem, seus modos de funcionamento são completamente distintos; os aparatos técnicos que convergem para formação dessas máquinas também não são os mesmos; trata-se de uma palavra que se refere mais à aplicação da tecnologia, mas que não se volta ao próprio modo como o objeto se constitui. Podemos afirmar o mesmo acerca de um campo como a bioengenharia: quando nos referimos a um *tecido biofabricado*, citamos uma palavra que abrange tecnologias muito distintas, pois o funcionamento de um osso não é parecido com o funcionamento do coração; portanto, cada um desses órgãos demanda suas próprias especificidades durante a fabricação. Não somente há uma diferença própria de suas fisiologias, ainda que os aparatos técnicos sejam geralmente

parecidos (células-tronco, suportes, biorreatores, substâncias bioquímicas), como também existe uma distinção dessas tecnologias ao depender de quais são as aplicações que os pesquisadores pretendem. Se um tecido nervoso artificial for fabricado para transplantes, deverá receber um tratamento adequado para este fim, como ter biocompatibilidade com o indivíduo receptor do órgão, uma disposição espacial adequada à anatomia do paciente, obedecer a uma série de normas bioéticas etc. Tais exigências não seriam as mesmas caso esse tecido fosse empregado somente para triagens clínicas em que se testa medicamentos para a indústria farmacêutica. Um engenheiro elétrico pode produzir um cérebro artificial para compreender seus circuitos físico-químicos e cogitar sua aplicação para as indústrias eletrônicas; um cientista da computação pode pensar como esses circuitos devem ser integrados a dispositivos de entrada-saída para tornar o tecido nervoso apto a processar informações conforme suas interações com os humanos, com o ambiente e com outras tecnologias. Esta diversidade tecnológica nos faz entender que precisamos observar as tecnologias de modo sistemático, com atenção a quais são os gêneros e as espécies tecnológicas a serem descritas. Ainda, compreender a gênese de um objeto técnico envolve que nos atenhamos à individualidade de cada espécie, sendo que é muito difícil acompanhar a história de um objeto particular, já que é atravessado por várias tecnologias, mas devemos reunir esforços para remontar ao passado daquele objeto em si mesmo. Portanto, trataremos da bioengenharia do sistema nervoso pela sua história filogenética, desde a descoberta das primeiras células troncos neurais e, em seguida, no desdobramento dessas células para a fabricação *in vivo* e *in vitro*.

O autor enfatiza muito a importância de compreender a cultura técnica que elabora seus esquemas de funcionamento a partir de um conceito de tecnicidade; a tecnicidade implica numa possibilidade de os seres humanos arranjam esquemas de funcionamento, articulações entre componentes da realidade para que possam desempenhar alguma transformação; a própria humanidade representa uma transformação da realidade pela conjunção do seu sistema de mundo com aquilo que adquire de sua experiência; as tecnologias seriam propriamente uma intensificação da transformação do real na medida em que adquire uma certa autonomia com relação aos humanos no desempenho de suas funções, ainda que não seja possível sem a sua mediação, o que torna falsa qualquer ideia de uma possível supremacia das máquinas pela inteligência artificial ou até mesmo pela engenharia do sistema nervoso; mesmo um *Frankenstein* teria humanidade em si mesmo porque foi fabricado por humanos. Há uma cultura técnica em que vivemos; esta cultura possui os mais diversos esquemas de

funcionamentos de tecnologias que foram construídas desde a pré-história; esses esquemas podem constar a princípio em ideias que posteriormente se concretizam em objetos palpáveis. Nada que o ser humano constrói seria possível sem que houvesse alguma referência, por exemplo, as crianças desde cedo possuem uma educação técnica quando são ensinadas a utilizar os mais diversos aparatos, desde abrir uma torneira, acender uma luz, ligar uma televisão até começar a aprender linguagem de programação, os componentes dos computadores, a fabricar pequenos robôs com tecnologias abertas e pela internet das coisas, etc.; todo este repertório tecnológico faz que os pequenos internalizem os esquemas técnicos da cultura. Deve-se pensar que as crianças participam da realidade técnica e lhe depositam afetividade, constroem fantasias, internalizam-na em seu cotidiano e convivem com esses objetos. Por sua vez, os adultos também não devem perder esta sensibilidade que muitas vezes é retirada por uma cultura excessivamente técnica e racional, que afasta o entendimento da história do objeto que utiliza, ainda que tenha internalizado os esquemas de funcionamento desde a infância. O mesmo argumento deve se aplicar quando estamos tratando do cenário da bioengenharia de sistema nervoso; deve haver grande *sensibilidade* do cientista no processo que têm de acompanhar o desenvolvimento de um tecido artificial após a incubação de uma cultura de células troncos que se instalam num suporte dentro de um biorreator, pois se trata de um bebê em crescimento; ainda que seja uma parte dele. A humanidade das máquinas não deve ser retirada como reflexo da perda da humanidade de si próprio; as ciências precisam incorporar a consciência da cultura técnica para que possam humanizar as pessoas e os objetos que são fabricados e que fabricam nossa realidade. Feitas essas considerações, abordaremos a história da engenharia do tecido nervoso para aprimorar nossa discussão filosófica acerca das tecnologias.

### **3. A descoberta da neurogênese em cérebros adultos**

A descoberta de células-troncos neurais foi extremamente importante para a história dos estudos sobre o sistema nervoso no século XX. Primeiramente porque havia uma dogmática propagada pelo neuroanatomista Ramón y Cajal de que não existiria desenvolvimento de neurônios após encerrada a fase de desenvolvimento pré-natal. Todavia, a partir da década de 1960, foram descobertas células tronco neurais adultas (NSCs, de *neural stem cells*), o que significa que existem zonas no sistema nervoso central que contêm células que podem se diferenciar em qualquer outra. Nesta década, eram utilizados marcadores moleculares radioativos, como a amina tritiada, que se

incorporavam ao DNA das células em divisão e podiam ser detectados por técnicas de radiografia para monitorar a diferenciação celular do tecido nervoso durante o processo de embriogênese. Com estas tecnologias, Altman percebeu que havia células em divisão na zona subventricular do cérebro (ZSC) e passou a especular que ocorreria neurogênese (desenvolvimento de neurônios) no hipocampo de mamíferos adultos (mais especificamente, no giro denteado de ratos e de gatos), o que permitiu que, em 1965, Altman e Das oferecessem a primeira forte evidência de que ocorreria neurogênese no cérebro adulto, relatando as células nascidas na zona subventricular migravam ao bulbo olfatório e maturavam em neurônios.

Um pouco mais tarde, em 1983, Goldman e Notteborn perceberam que também há células troncos neurais em cérebros de aves adultas e constataram que o nível de proliferação dessas células é regulado por um conjunto de fatores ambientais. Tal constatação foi corroborada em 1992 quando Gould et al demonstraram que altos níveis de estresse afetavam negativamente o desenvolvimento de células neurais no giro denteado do hipocampo. Estudos posteriores acrescentaram que a neurogênese pode ser incrementada por atividades físicas e que tinha maior ocorrência em animais que estivessem num ambiente psicossocial confortável, com bastante estímulos de aprendizado; por outro lado, o uso de substâncias antidepressivas e álcool podem influenciar negativamente a neurogênese adulta; bem como esta diminui com o passar da idade, apesar de persistir por toda a vida.

Pode-se perceber que desde a década de 1990 até meados de anos 2000 houve um desenvolvimento significativo quanto aos estudos de células troncos neurais graças ao desenvolvimento de técnicas mais rápidas, eficientes e precisas de monitoramento de células. Por exemplo, as técnicas imunohistológicas permitiram que marcadores moleculares pudessem se fixar em grupos de células-alvos de neurônios para acompanhar o seu desenvolvimento e seu percurso pelo organismo; o que foi combinado com a microscopia confocal que seria uma boa tecnologia aliada para ampliar essas células em muitas escalas com boa resolução para investigar seus comportamentos biofísico-químicos e suas características morfoestruturais. Assim surgiram técnicas que poderiam quantificar as células neurais em divisão pelo uso de marcadores como a bromodesoxiuridina e anticorpos específicos de neurônios, demonstrando de modo convincente a ocorrência de neurogênese adulta. A detecção de presença desse fenômeno em seres humanos começou com estudos de pessoas com câncer que estavam passando por quimioterapia e aceitaram ingestões de marcadores radioativos para fins de pesquisa.

O pesquisador Takagi (2016) descreve com detalhes quais são os dois nichos neurogênicos (regiões onde a neurogênese acontece), localizados na zona subventricular e a zona subgranular do cérebro; e também descreve quais são os percursos percorridos pelas células-troncos neurais e quais são as células nervosas (neurônios e neuroglias) originadas em cada nicho. O mesmo autor mostra também que pesquisas acerca da neurogênese adulta poderiam resultar em diversas aplicações clínicas a doenças como Parkinson, Huntington, Esclerose Lateral Amiotrófica, Alzheimer, lesões oriundas de derrames e acidentes vasculares. Por fim, Takagi (2016) descreve quais universidades no mundo estavam realizando triagens com células troncos exógenas ou do próprio progenitor; entre elas, está listada a Universidade Federal do Rio de Janeiro, que já realizou ensaios clínicos completos.

Em resumo, percebeu-se que as células troncos neurais apresentam duas propriedades fundamentais: sua capacidade de se autorrenovar e gerar células-filhas diferenciadas. As células-troncos neurais podem gerar tanto neurônios quanto neuroglias; podem ser totipotentes e multipotentes. Alguns estudos com o uso de drogas anti-mitóticas mostraram que algumas células troncos adultas são quiescentes em células adultas quando há um quadro de estresse metabólico com vista à preservação do seu genoma; outros estudos apontam o contrário: que há uma expressão ativa de vários biossinais que permitem as células se regularem em situações adversas, propiciando uma coexistência de células-troncos neurais quiescentes e ativas.

Durante a década de 1990, outro campo de pesquisa muito importante também começou a surgir com o desenvolvimento de metodologias para isolar, propagar e diferenciar células-troncos adultas em meios de cultura *in vitro*. Começaram a dissecar células da zona subventricular do cérebro, colocaram-nas em meio de cultura e assim começaram a utilizar uma série de substâncias, como fatores de crescimento em altas concentrações, e assim começaram a surgir *neuroesferas* em cuba de vidro. Essas neuroesferas são as primeiras populações de neurônio *in vitro* derivadas de células-troncos neurais. Os pesquisadores começaram a dominar ainda mais a habilidade de isolar, manter, expandir e diferenciar esses precursores celulares neuronais *in vitro* e começaram a explorar com mais detalhes os acontecimentos biofísicos e moleculares de tais células, bem como os mecanismos de regulação de seu comportamento. Nesta época, também se começou a manipular condições de neurogênese por radiação, por manipulação viral, por agentes antimitóticos, entre outras técnicas de engenharia

transgênica com vista a estabelecer padrões de regulações positivas e negativas para fins de estudos correlacionais.

#### **4. Métodos e desafios da bioengenharia do sistema nervoso:**

Pode-se dizer que a engenharia de órgãos foi um desdobramento da medicina regenerativa quando um conjunto de pesquisadores decidiram que a produção de tecidos *in vitro* poderia ser uma melhor alternativa. Embora fossem campos muito próximos, tanto que os nomes intercambiavam, começou a haver um certo afastamento após os anos 2000, uma vez que a bioengenharia começou a demandar conhecimentos técnicos mais específicos e passou a se entrelaçar com outras biotecnologias que a fizeram ultrapassar fronteiras para além da finalidade exclusiva de reparar órgãos lesionados. Podemos dizer que há muitas instituições – públicas e privadas – que realizam as suas pesquisas de bioengenharia de acordo com seus conjuntos de interesses, conforme suas oportunidades de parcerias e de escolhas econômicas. Não há um sistema teórico universal que descreva como um tecido deve ser fabricado, o qual estaria associado a uma perspectiva de ciência universal. Quando se trata das práticas laboratoriais e industriais, as decisões são tomadas em função de um conjunto de fatores econômicos, sociais, políticos, antropológicos. Desta maneira, as teorias que se criam e as tecnologias que se empregam também terão suas origens nos mesmos contextos. Assim podemos constatar que a bioengenharia do sistema nervoso se torna tão vasta quanto as possibilidades de aplicações práticas que começam a emergir. Evidentemente que instituições mais vinculadas às práticas cirúrgico-hospitalares inclinarão as aplicações dos órgãos à saúde pública; já as indústrias farmacêuticas não teriam um interesse necessariamente cirúrgico – talvez queiram compreender como certas drogas atuam no organismo; caso sejam pesquisadores de engenharia elétrica, sua preocupação em fabricar o tecido nervoso pode estar voltada a questões computacionais, físico-matemáticas. O que queremos demonstrar é que a construção de uma biociência como a engenharia de órgãos não é universal, por mais que Kaul e Ventikos (2014) tenham se esforçado em remontar à antiguidade os princípios universais dessa ciência, como nós apresentamos na introdução desse trabalho. *Não existe ciência universal*; bem como as interpretações que se criam sobre a fabricação dos órgãos serão diversificadas.

Apesar de não ser possível esgotar todas as práticas possíveis na bioengenharia do sistema nervoso, gostaríamos de listar algumas revisões estabelecidas por alguns pesquisadores conforme seus enfoques. Em seu artigo voltado ao estudo de biomateriais

para a engenharia de tecidos neurais, Doblado et al (2020) argumentam que a maioria dos traumas no sistema nervoso envolvem a ruptura de feixes axonais. Em casos de traumas no sistema nervoso central, tais como lesões cerebrais provocadas por derrames ou lesões na coluna vertebral, a regeneração autônoma dos neurônios é muito improvável e ocorre com muitas limitações. Por sua vez, em lesões no sistema nervoso periférico, pode haver regeneração neuronal em alguns casos. Por isso, observam que a bioengenharia do sistema nervoso pode ser uma ótima alternativa para recuperar feixes de neurônios lesionados; pois eles poderiam ser formados com células do próprio indivíduo portador com o auxílio de uma impressora 3D que permitirá que o conjunto de células cresçam num formato direcionado por um suporte biomaterial que seja compatível ao espaço de substituição celular no paciente. Neste aspecto, os autores estão preocupados em quais biomateriais e quais biomoléculas poderiam ser compatíveis com a regeneração neuronal para um caso de transplante, com o maior respeito possível à anatomia inicial. Os pesquisadores afirmam que materiais tanto naturais quanto sintéticos têm mostrado bons resultados na engenharia de tecidos nervosos, com sucesso no crescimento de neurônios diferenciados a partir de células troncos neurais humanas e com boa construção de pontes nervosas para conectar fibras de nervos lesionados. Deste modo, o foco desses pesquisadores tem sido em desenvolver estratégias mais específicas para reparar condutores de feixes nervosos, já que estes oferecem um ambiente para a sobrevivência do neurônio e a extensão neuronal, guia as projeções neuronais e adquire as propriedades mecânicas adequadas para sua resistência e para a condutividade elétrica. Neste sentido, o uso de biomateriais compatíveis são um ótimo veículo e com mínimo potencial invasivo no tecido; esses biomateriais também servem como guias para o crescimento axonal através de suportes alinhados, fibras ou filamentos; além de estruturas tubulares (em tamanhos nanométricos). Os autores fazem uma descrição detalhada de quais biomateriais naturais (como colágeno e gelatina) e sintéticos consideram apropriados para se gerar um tecido nervoso artificial biomimético. Além disso, citam alguns polímeros condutivos, que possuem uma propriedade eletromagnética em seu material que permite exercer um guia para a extensão do axônio, e fatores neurotróficos, que são substâncias bioquímicas que podem ser adicionadas para manipular o comportamento da célula de neurônio e seu crescimento, o que pode aumentar sua probabilidade de sobrevivência e de crescimento. Ainda, há algumas especificidades técnicas necessárias para os biomateriais: precisam ser biodegradáveis e biocompatíveis, a estrutura dos condutores nervosos devem ser esféricos ou cilíndricos (tais como a medula espinhal e os nervos de

modo geral), devem liberar fatores bioativos incorporados ao biomaterial para modular o comportamento celular, incorporar as células-glias que servem como suporte (como as células de Schwann que formam a bainha de mielina e outras neuroglias que auxiliam na nutrição e resistência mecânica do neurônio), além de permitir a condutividade elétrica com a devida segurança, sem causar curto-circuito ou espécie de pane elétrico no sistema.

Por sua vez, os pesquisadores Knolwton et al (2019) buscam compreender o uso de células-troncos em tecnologias de impressão 3D que estão sendo utilizadas pela engenharia de tecidos neurais, graças às quais se pode imprimir suportes para o desenvolvimento de tecidos *in vitro* com alto potencial biomimético. Eles compreendem que esses tecidos podem servir para transplantes, todavia, seus interesses extrapolam para o uso de tecidos como modelos para pesquisas biológicas que sejam substitutos de modelos animais, triagem de medicamentos, testagens pré-clínicas e estudos de terapias farmacológicas. Argumentam que os tecidos neurais artificiais são mais vantajosos sob a perspectiva econômica por terem menor custo e serem mais facilmente reprodutíveis; estima-se que somente a redução do uso de animais em triagens de testes farmacêuticos poderá economizar de 800 milhões a 1 bilhão de reais, o que denota o grande interesse financeiro que também justifica a prática das bioengenharias.

Os autores chamam os tecidos neurais artificiais de *organoides* (KNOLWTON et al, 2019). São organizações tridimensionais de neurônios que se constitui sobre um suporte impresso, este suporte que foi planejado por um conjunto de *softwares* computacionais e calculados em perspectivas de *design*, num encontro genuíno e inovador entre a ciência e arte. O tecido neural artificial se mostra uma obra de arte fabricada pela melhor perspectiva segundo padrões computacionais para que tenham seu máximo desempenho *in vitro*. O estudo das células-troncos neurais não somente permite entender como um tecido se constitui tridimensionalmente, agregando ao campo da biologia molecular do desenvolvimento, como também poderão oferecer um cenário de compreensão de modelos de expressão gênica para a formação de órgãos, representando uma comunicação entre o sistema de informação gênica e o sistema de formação morfofisiológica a nível tecidual, o que abre portas para a compreensão de doenças neurodegenerativas com protocolos de diferenciação celular bastante desenvolvidos, uma vez que seria muito difícil isolar neurônios de um paciente humano, deste modo, induzindo a formação de neurônios *in vitro* para a compreensão do mesmo a partir de uma célula-tronco retirado da medula óssea poderia envolver uma intervenção muito menos grosseira do que uma neurocirurgia que possa lesionar neurônios.

Sabe-se que as células possuem um certo padrão de distribuição espacial em um órgão; inclusive, o ordenamento das células de neurônios é fundamental para que possam desempenhar diversas funções complexas de sinalização eletroquímico-hormonal que se distribuem por todo o organismo (KNOLWTON et al, 2019). Por isso, aqueles modelos iniciais de neuroesferas que começaram a ser desenvolvidos na década de 1990 não eram suficientes para reproduzir um tecido vivo, pois eram cultivados em meio de cultura bidimensional. A melhor alternativa seria imprimir um suporte que possa reproduzir a distribuição do tecido tridimensionalmente, pois dessa maneira sua função será melhor desempenhada. As estruturas biomiméticas de neurônios começaram a ser formadas a partir de células-troncos embrionárias de rato que tem sido cultivado em suportes 3D de fibrina, a qual tem demonstrado melhor proliferação e diferenciação celular quando comparado aos meios de cultura 2D. Este maior potencial de desenvolvimento neural em culturas 3D também tem sido demonstrado em estudos que pretendem regenerar neurônios corticais do cérebro. Cabe destacar que as células exibem padrões de organização distintos em culturas 2D: elas se arranjam em forma de rosete; em seu aspecto 3D, as células não deixam de exibir uma organização fractal; elas formam uma citoarquitetura parecida com a do córtex; Esses padrões fractais serão melhor estudados no próximo capítulo quando abordarmos a teoria do caos.

Knowlton et al (2019) afirmam que estão mais interessados em compreender o processo de embriogênese do que compreender o indivíduo finalizado, o que condiz muito com a compreensão de Simondon acerca do processo de individuação: que temos que compreender antes o caminho intermediário do que a noção de um indivíduo constituído. Ocorre que a compreensão da embriogênese é uma abordagem fundamental para o estudo de como os microambientes podem afetar o desenvolvimento dos seres vivos, além de aprenderem a modelar este processo com o uso dos mais diversos fármacos. O entendimento do processo intermediário tem possibilitado muitas etapas cruciais de alguns mecanismos patogênicos em doenças neurodegenerativas ou a compreender como se pode reparar um tecido afetado por derrame. Neste aspecto, a modelagem tridimensional do suporte das células é fundamental para estabelecer como as células devem se organizar em função de sua arquitetura e como suas funções podem ser otimizadas através da distribuição espaço-temporal desde uma célula-tronco até o órgão formado, apto para ser transplantado ou servir de cobaia para experimentos.

Os autores argumentam que as células se interconectam através de uma complexa rede de sinalização e são reguladas também pela interação que estabelecem com a matriz

extracelular. Sabe-se que as interações com o microambiente ao redor são fundamentais para influenciar o ciclo celular no que se refere à proliferação, à migração inter-regional e à apoptose. As interações célula-célula e célula-matriz extracelular são cruciais para a formação do tecido em diversos estágios de desenvolvimento; por isso, há a necessidade de métodos de criação de culturas 3D que permitam uma replicação mais apurada dos processos de desenvolvimento do sistema nervoso para que possa melhor replicar as estruturas adultas. Os estudiosos perceberam que há diferença na expressão gênica nas duas condições, especialmente os genes que codificam a função neural, o citoesqueleto e a matriz extracelular. Em comparação às estruturas 2D, as redes tridimensionais mostraram morfologia, conectividade e matriz extracelular mais próximo às situações *in vivo*; a segregação espacial dos sinais, e uma complexidade maior. Mais especificamente com relação às células-troncos neurais, percebeu-se que há uma interferência do microambiente tridimensional sobre a diferenciação celular; surge assim uma preocupação dos bioengenheiros quanto ao *design* 3D que possa otimizar uma estrutura biomimética.

Quando se fabrica um tecido tridimensionalmente, há alguns desafios que os cientistas visam a superar com o desenvolvimento de novas técnicas. A *vascularização* tem sido um grande desafio porque o tecido neural 3D não tem acesso imediato ao oxigênio, considerando-se que o cérebro é o órgão que mais necessita realizar respiração celular pelo altíssimo nível que é necessário para a realização das sinapses (por isso, o fígado metaboliza as moléculas de glicose e os neurônios são os primeiros a captá-las porque possuem portões na membrana plasmática com a maior receptividade ao oxigênio com relação aos outros órgãos). Também há dificuldades de expelirem a quantidade de CO<sub>2</sub> resultante do processo de respiração, o que faz que haja um acúmulo maior desse gás em comparação às culturas 2D, que respiram melhor porque tem maior superfície de contato. Se os neurônios não respiram bem, mesmo que haja excelentes biorreatores com altas quantidades de oxigênio, eles não sobrevivem por mais que semana fora do tecido. Realmente tem servido temporariamente para triagens ou tem maior chance de sobreviver quando são transplantados. Porém os pesquisadores querem que os neurônios possam sobreviver por muito mais tempo, afinal, estão entre as células mais longevas do corpo humano (um neurônio pode sobreviver por mais de cem anos *in vivo*). Em um estudo, cientistas otimizaram a cultura de matriz-extracelular para ter mais porosidade e assim facilita a passagem de oxigênio através da cultura; esta abordagem necessita de biomoléculas que contribuam para regular um conjunto de sinalizações das células e

também envolve uma modificação no processo de diferenciação dos neurônios (já que a modificação da organização do espaço pelo aumento de porosidade afeta a formação de redes sinápticas). Em outra abordagem, pesquisadores tem utilizado quitosana metacrilamida conjugada com fluorocarbonos que liberam oxigênio em níveis mais altos que facilitam a proliferação e despontam a diferenciação neuronal a partir das células-troncos dos progenitores. Um outro estudo tem utilizado um biorreator giratório que incrementa a absorção de nutrientes no sistema de agregados 3D. Percebe-se que uma forte tendência dessa área se dá pelo desenvolvimento de tecnologias que aumenta a vascularização e que facilita o processo de vasculogênese e angiogênese; ou a formação de novos vasos sanguíneos a partir de vasos existentes ou células endoteliais que se ramificam através de um suporte otimizado com a ajuda de substâncias como fatores de crescimento e moléculas de sinais bioquímicos. Há outras técnicas que buscam montar um agregado celular em microescala pelo uso de polímeros de hidrogel, através de plataformas microfluídicas; malhas fibrosas com eletrofiliação, entre outros padrões que permitam maior vascularização.

Existe também a necessidade de formar *suportes mais porosos*, que oferecem uma vantagem significativa porque criam uma maior área de contato através das quais as células podem crescer e se instalar; as estruturas porosas interconectadas permitem um transporte de massa de nutrientes, secreções e biofatores, além de facilitar a infiltração e migração celular; o tamanho do poro é um fator a ser considerado, já que muitos estudos mostram que poros pequenos levam a maior diferenciação enquanto que poros grandes levam a maior proliferação. É comum utilizar D-manitol em algumas formações de suporte para aumentar a porosidade. Outra das técnicas para aumentar a porosidade em suportes se dá pela criogelatinação, em que um polímero é congelado de modo que os cristais de gelo formam poros internos. Um terceiro método envolve um processo de liofilização pelo qual um suporte é dissolvido e dispersado em um solvente, que então é congelado e sublimado a vácuo para remover o solvente e deixar somente a superfície porosa seca. Existe um quarto método que ocorre quando um polímero é dissolvido em um solvente e a amostra é resfriada para diminuir a solubilidade do polímero e induzir uma separação de duas fases: uma rica em polímeros e outra pobre; a amostra é então liofilizada para causar a sublimação do solvente e formar um suporte de polímero poroso; essa técnica tem sido para formar uma matriz-celular suporte para diferenciação de células neurais de rato com alto desempenho.

Outra tendência tem sido investigar *suportes fibrosos* que têm sido desenvolvidos através da nanobiotecnologia; trata-se da manipulação da matéria biocompatível em escala nanométrica para formar suportes que favoreçam a condutividade elétrica dos neurônios na rede a ser formada; há muitas técnicas de *design* em escala nanométrica. Neste sentido, tem-se observado como que esses padrões nanométricos afetam a diferenciação celular e também a constituição das células das glias, que servem como suporte para os neurônios e isolantes elétricos.

Por fim, estudaremos os suportes obtidos pelas *técnicas de descelularização e recelularização*, que estão entre as mais comuns. Os suportes descelularizados são obtidos quando se utiliza detergentes para remover as células de um tecido, mantendo-se apenas a matriz extracelular (que é a estrutura 3D proteica que suporta a coesão das células de um tecido). Assim, um tecido neural já constituído pode ser descelularizado, mantendo-se apenas a estrutura 3D; então a recelularização ocorre quando se instala células-troncos neurais que irão reconstituir o tecido neural ao se instalar no suporte de matriz extracelular obtido. Esta técnica é bastante utilizada pois facilita que se obtenha uma estrutura de órgão mais próxima de um ser vivo, além de a matriz extracelular conter os parâmetros de porosidade ideais. Todavia, envolve a necessidade de retirar órgãos de animais para serem descelularizados, por exemplo, cérebros de ratos que devem ser removidos para sua matriz servir a experimentos posteriores da engenharia. A busca por outros suportes seria mais viável para reduzir estes sacrifícios indesejáveis (ibid.).

## **5. A individuação do tecido nervoso biofabricado:**

Neste momento, podemos pressupor que a individuação de um objeto técnico não deve conter as mesmas características que uma individuação puramente física ou biológica. A começar pela dinâmica com que há intercâmbio de energia entre as partes que formam os objetos técnicos; também porque esses objetos são mediados por uma realidade humana (SIMONDON, 2007). Por isso, devemos conceber um raciocínio distinto, que supõe haver uma existência potencial dos objetos técnicos na cultura que os materializa de acordo com as condições da realidade. Um *objeto abstrato* seria aquele ainda idealizado; quando os engenheiros do sistema nervoso sistematizam as tecnologias que utilizam para fabricar o cérebro, separando as classes de quais seriam os materiais sintéticos e os materiais naturais; estabelecendo as diferenças entre os tipos de biorreatores e as formas do suporte; ou tecendo um compêndio de protocolos acerca da quantidade de substâncias a serem ministradas e os procedimentos técnicos que devem

ser seguidos; etc., essas abstrações desempenham uma atividade importante para a construção da tecnologia neural. A abstração atravessa aquilo que se materializa, porém contém uma realidade mais perfeita do que o mundo do próprio pesquisador, pois quando esses bioengenheiros buscam construir tais tecnologias em suas práticas quotidianas, não parece ser tão simples e exige conhecimentos que estão muito além do que os artigos relatam. Realmente os pesquisadores precisam ter internalizado a cultura técnica das áreas que participam ao longo de anos para se dedicar a um trabalho que demanda tempo, paciência e que exige recursos econômicos para comprar reagentes, manter os instrumentos e executar processos que não são baratos (LATOURE, 1997). Muitas vezes, a construção não ocorre como esperado; pode haver quebras dos instrumentos; o pesquisador pode não estar num bom dia, cometer erros nos procedimentos e não conseguir o desempenho que gostaria; enfim, o processo de *concretização* dos objetos seria muito mais delicado de se compreender. Um objeto técnico geralmente é concretizado numa dinâmica de grupo de pesquisadores em um laboratório, isto é, envolve vários seres humanos que se articulam para a materialização daquela espécie a ser fabricada, por isso, a cultura técnica implica em como os pesquisadores relacionam consigo mesmos e com os outros humanos, além das contingências das tecnologias.

A princípio, podemos considerar dois aspectos de individuação do tecido nervoso artificial. Em primeiro lugar, uma individuação biológica, pois segue caminhos direcionados pelo sistema genético das células e por uma série de rotas metabólicas, além de passar por um processo de embriogênese, ainda que seja no desenvolvimento parcial de um órgão e não de um organismo inteiro (SIMONDON, 2007). Neste sentido, há uma individuação biológica e o tecido nervoso possui um sistema de ressonância interna que se adapta ao meio externo; é um tecido mediado pela ação humana que intervém diretamente no seu desenvolvimento. Em segundo lugar, há uma individuação dos objetos físicos que são criados subsidiariamente para se fabricar um tecido artificial. Uma tecnologia muitas vezes demanda que se fabrique outras tecnologias, e isso ocorre na engenharia do tecido nervoso. Para que haja um tecido neural numa cuba de vidro, é necessária uma grande quantidade de pesquisas realizadas para se ter fabricado um suporte sintético que não seja incompatível com o tecido neural; cientistas da computação e informatas precisaram desenvolver hardwares e softwares para acomodar um componente vivo nas tecnologias de impressão tridimensional; *designers* pesquisam as melhores estruturas que possam conter uma ergonomia de adaptação que garantam uma maior longevidade do tecido em desenvolvimento (KAUL; VENTIKOS, 2014). Portanto,

a individuação técnica de um tecido neural implica numa individuação biológica que se mescla com uma individuação física e que ambos os processos estão articulados com a cultura técnica do ser humano, ou seja, com a individuação psíquico-coletiva. Assim, aquele conjunto de ideias que antes eram abstratas atravessam um longo caminho em seu processo de se concretizar por meio de três individuações simultâneas que se articulam. Diante disso, Simondon (2007) considera que esta concretização demanda que os objetos técnicos adquiram uma *sinergia*, isto é, uma fluidez no intercâmbio energético entre seus componentes internos e com o mundo exterior; esta fluidez faz que os objetos técnicos mais sejam concretos quanto mais estejam adaptados e integrados a toda a realidade cultural humana. Também, o autor afirma que um objeto concreto será mais adequado quanto mais próximo do maquinismo vivo, pois as espécies vitais possuem grande sinergia com o ambiente, na medida em que os organismos possuem diversos mecanismos de se sustentar e enfrentar adversidades em sua adaptação com a natureza.

Desse modo, um tecido nervoso artificial seria propriamente uma tecnologia incrível na medida em que é uma vida fabricada pela convergência das três vias de individuação: física, biológica e psicossocial, o que forma uma individuação técnica que demanda sérias responsabilidades éticas. Em suma, podemos compreender que o tecido neural é o desenrolar de uma série convergente que se inicia desde um modo abstrato ao modo concreto e possui um estado de coerência consigo mesmo, com o ambiente e com os humanos por um certo intervalo de tempo até sua morte provocada pelas dificuldades de se sobreviver em um laboratório. Esta coerência é sustentada por uma margem de indeterminação, pois um tecido nervoso possui uma certa autonomia em suas decisões, ainda que muitas sejam previamente estabelecidas pela projeção humana; os tecidos se constituem em meio ao ruído entre o que foi planejado e as circunstâncias em que se encontram. Este desenrolar entre o abstrato e o concreto faz também que o tecido nervoso seja mediador entre uma realidade artesã e uma realidade industrial, que exige do cientista uma intuição no processo construtivo e a habilidade de compreender processos automatizados numa dinâmica de rupturas e discontinuidades.

A bioengenharia do sistema nos fornece ótimos exemplos de *hipertelia*, que ocorre quando um objeto técnico extravasa a finalidade para a qual foi inicialmente concebida. Um tecido neural artificial sempre será um objeto misterioso; dificilmente se poderá percorrer todos seus recônditos, por mais especialista que seja algum cientista. Este objeto técnico se faz presente numa realidade com atores muito diversos; portanto, suas inovações tendem a se inovar conforme os cientistas buscam realçar o potencial desta

tecnologia, superar seus obstáculos de funcionamento, aprimorar sua sinergia com o ambiente. Simondon (2007, p. 72) lista duas espécies de *hipertelia*, a primeira se refere a adaptação do objeto técnico a algumas condições definidas pelo pesquisador; um exemplo desta hipertelia (que não foi colocado em prática ainda) seria quando biocientistas quisessem adaptar sua montagem técnica às condições extra-terrestres; neste aspecto, um tecido neural adaptado ainda conserva uma certa autonomia; sua integridade não foi perdida e sobreviverá em outro planeta em todas as suas potencialidades. Um segundo tipo de hipertelia é aquele em que há um fracionamento do objeto técnico de tal modo que seu desempenho inicial é sacrificado; infelizmente, um tecido neural não sobrevive por mais de muitas semanas; trata-se de um caso de hipertelia negativa porque há uma decadência fisiológica; há um encontro marcado com a morte. Um misto de ambas hipertelias se refere à alta especialização de um objeto técnico em um ambiente, porém que não tem mais funcionalidade em outro ambiente. Um tecido neural projetado para sobreviver em Marte não sobreviveria em Vênus, porque este planeta é muito mais quente do que o primeiro. A sobrevivência de um tecido neural em Vênus envolveria outras adaptações; ou seja, um mesmo objeto técnico não necessariamente desempenha suas mesmas funcionalidades em locais distintos. Com esta visão conceitual da *hipertelia*, Simondon (2007, p. 73) nos faz olhar para a realidade dos seres técnicos por um duplo vínculo: (a) aquele que eles estabelecem com o meio técnico (a dinâmica grupal dos pesquisadores em laboratório e os outros instrumentos ali presentes) e o meio geográfico. Estes dois meios são integrados a uma só vez graças a um objeto técnico, ainda que possam ser mundos não necessariamente compatíveis, porque este objeto técnico visa a cumprir uma maior zona de aproximação humana entre os dois mundos. O processo através do qual um tecido neural se adapta enquanto se concretiza representa a passagem que este tecido estabelece entre um meio técnico que foi planejado, que reside em maiores abstrações, para um meio concreto geográfico em que ele deve se acondicionar. Em outras palavras, um tecido neural artificial consome um meio técnico-geográfico mediante as suas condições de possibilidades de funcionamento; Simondon (2007) diz que “o objeto técnico é então a condição de si mesmo como condição de existência desse meio misto, técnico-geográfico de uma só vez” (ibid., p.77). O desenvolvimento de um tecido neural deveria ser pensado conforme sua adaptação com os mais diversos meios, sem que recorra a uma hipertelia fatal, para que eles possam viver uma vida construtiva e autônoma, de modo que possam se colocar no mundo das mais variadas maneiras de acordo com a sua indeterminação. O tecido nervoso artificial é uma convergência de uma série de práticas

humanas e tecnológicas que concretizam sua existência; sua existência está mediada entre o que fora determinado pela abstração e sua resiliência de adaptação à experiência.

## **6. O papel social dos cientistas e sua autonomia:**

A sociedade é uma rede de instituições que se materializam por um tecido de organizações, estabelecimentos, equipamentos, práticas, agentes, maquinarias (BAREMBLITT, 2002). As instituições são abstratas; são árvores de composição lógicas que regulam as atividades humanas e os processos de subjetivação. Dizer que as instituições são lógicas implica numa formalização das atividades humanas por meio de leis e normas que podem ser escritas ou não (como no caso das sociedades ágrafas, que possuem códigos orais muito bem sedimentados pela fala ou pelo silêncio); tendem a se expressar por forças instituídas que tendem a se conservar no tempo e se expressam pelos hábitos e pelos costumes, e também pelas transgressões características das forças instituintes de novos modos de ser que fazem alterar as regras e instaurar novas composições lógicas, o que confere mutabilidade e variação nas instituições humanas. Aquilo que pensamos como sujeito já nos remete a um conjunto de processos que atualizam seus modos de existência: há inúmeras narrativas que se constroem sobre as subjetividades nas culturas que são atravessadas pelas instituições da linguagem, do parentesco, da divisão do trabalho humano, da religião, da justiça, etc. (LOURAU, 1975).

Esta lógica institucional nos é muito adequada para pensar no campo da bioengenharia de tecidos vivos, movida por um conjunto de teorias e práticas presentes em organizações humanas e tecnológicas que produzem órgãos artificiais em estabelecimentos como hospitais, universidades, indústrias bioquímicas, etc. Nesses territórios, fazem transitar um órgão biofabricado enquanto um signo, uma matéria viva e uma tecnologia. A existência de um órgão artificial está articulada nos níveis moleculares, celulares, teciduais e orgânicos conforme projetado pelas equipes de pesquisadores que desenvolvem cada componente: as peças da impressora 3D, as células-tronco, as peças do biorreator, os reagentes químicos e farmacológicos, os sistemas de hardware e software computacionais, etc. (LATOUR, 1997) Ainda, as atividades de produção de órgão são administradas através de organogramas, fluxos de trabalho e operadas conforme os recursos econômicos disponíveis. As práticas de produção de órgãos podem incluir gestos cotidianos de comunicações verbais, escritas ou não-verbais

(expressas pelos *modus operandi* e pelas técnicas aprendida no decorrer da experiência dos cientistas conforme se materializam com a biofabricação de tecidos no cotidiano).

A lógica de produção científica dos tecidos neurais passa a ser atravessada por espaços que possuem investimento de natureza pública e que foram fundados pelo Estado; e os espaços de natureza privada que estão abertos ao amplo mercado concorrencial (CASTRO, 2012; LATOUR, 2017; LOURAU, 1975). O que devemos apreender são os perfis econômicos distintos de cada espaço; os laboratórios associados ao Estado de certa maneira possuem uma série de obrigações burocráticas para realizar seus experimentos; o percurso dos documentos e a mobilização dos atores devem perpassar por vários espaços administrativos para que haja um registro e sejam proferidas decisões. Os cientistas precisam ser bastante pacientes e estarem cientes que seus recursos serão limitados de acordo com as possibilidades financiadoras das agências de fomento, se existirem.

Historicamente, o Estado precisa deter controle sobre seus gastos, muito embora casos de corrupção façam que grande parte dos recursos que poderiam ser destinados à bioengenharia adquiram contornos indesejados; o grande desvio de verbas e o fato de as instituições públicas sofrerem ameaças dificultam que se criem uma rede de infraestrutura e de desenvolvimento de uma bioengenharia de órgãos no Brasil; pois muitos cientistas tendem a se sentir deprimidos e inseguros frente a tantas incertezas, não reconhecem grande autonomia para desempenhar suas pesquisas e estão à mercê das decisões do Estado que precisa distribuir seus recursos de pesquisa mal pagos (ibid.). Por outro lado, o *mercado* que compõe as empresas que produzem órgãos artificiais em seus laboratórios com impressoras tridimensionais atendem a várias demandas que lhe são feitas numa economia de ampla concorrência entre firmas; nesta dimensão, o problema se dá pela tecnocracia abundante, com o egoísmo de muitos cientistas que se tornaram máquinas assim como as tecnologias, que são produzidas para gerar lucro dentro de uma lógica capitalista de consumo avassaladora que provoca desigualdades sociais e injustiças graves (ibid.).

Na lógica do mercado, os tecidos neurais estariam submetidos à livre concorrência de firmas que cada vez mais se especializam e buscam fabricar seus produtos com um estatuto diferenciado; serão assim divulgados como um objeto um *objeto de venda* mascarado por discursos de *marketing* (ibid.). As instituições do mercado possuem teoricamente maior autonomia nas suas decisões, ainda que devam ser observadas pelo Estado para se garantir que não cometam nenhuma infração ética ou um crime; porém os

muros dos laboratórios mercadológicos não deixam muita informação sair; muitas atividades que são desempenhadas no interior dessas instituições permanecem uma caixa preta; busca-se patentear as descobertas, mas o que deveria se patentear? Não se pode patentear um ser vivo, então seriam os suportes, os programas computacionais, o *design* industrial da máquina, etc. O ato de tornar uma descoberta pública a ser patenteada pressupõe também uma cultura de segredo industrial das técnicas, uma sombra onde muitos projetos são desenvolvidos sem serem revelados até que atinjam maturidade para isso. A ciência é pública em certa medida. Quando se analisa os interesses mercadológicos das indústrias farmacêuticas, evidentemente, mostrarão produtividade como poder, mas também ocultarão muitas descobertas para não serem copiadas pelas suas concorrentes e perderem seu espaço. A proteção industrial se torna importante e os objetos se tornam subordinados a uma lógica tecnocrática.

Sabemos que as barreiras entre o público e o privado não são tão nítidas quanto colocamos; ainda mais com a propagação recente dos regimes mistos nas modalidades de governança global; portanto, os campos públicos e privados se atravessam além de somente se dialogar entre si; as mais distintas instituições se tornam interligadas numa realidade dinâmica e mutável (BAREMBLITT, 2002). De qualquer modo, em termos de negociação internacional, países como Brasil, Estados Unidos e aqueles da Europa são mais adeptos à dinâmica do mercado aberto, livre e concorrencial; a China talvez não teria este espaço de mercado tão aberto para se fabricar os tecidos neurais, visto que suas empresas são todas estatais e subordinadas a um controle mais rigoroso do Estado; a economia está mais planejada, embora ultimamente tem se verticalizado para minimizar barreiras de inserção internacional, sobretudo porque tem sido acolhida pelos países do sul global nos últimos quinze anos (CASTRO, 2012; KALOUT; COSTA, 2022). Desta maneira, um campo de pesquisa de bioengenharia de órgão chinês seria muito mais regulado por entidades estatais do que no Brasil, que também possui uma presença muito forte do Estado no financiamento das suas pesquisas, porém que abre espaço para o desenvolvimento de empresas tecnológicas tanto nacionais quanto estrangeiras. O Brasil é um país que sabe negociar tanto com a China quanto com os Estados Unidos; ambos são seus maiores parceiros comerciais, por mais que sejam rivais entre si, sobretudo porque as decisões chinesas nem sempre estão de acordo com as convenções internacionais do Ocidente, sobre as quais os norte-americanos têm muita influência; e porque os norte-americanos são expansionistas e que promoveram confusões em vários fóruns internacionais em temas como meio-ambiente e desenvolvimento sustentável, com

ações contraditórias no que tange ao cumprimento dos direitos humanos. As instituições norte-americanas, que foram as primeiras a pensar numa sociedade científica de engenharia de tecidos, são mobilizadas em sua grande maioria por uma lógica privada, que não admite muita intervenção do Estado na sua autonomia; ainda que seu investimento estatal seja essencial para o desenvolvimento econômico das instituições que fazem parte do seu território. Percebemos que a fabricação dos objetos e a dinâmica grupal dos pesquisadores estarão atravessadas por uma realidade econômica e jurídica; os cientistas que fabricam tecidos são pesquisadores ao mesmo tempo que cidadãos com direitos e deveres, estão subordinados a uma série de contratos públicos e privados e devem cumprir infundáveis obrigações num mundo regulado por uma diversidade de regimes internacionais (BAREMBLITT, 2002; LOURAU, 1975; LATOUR, 2017).

De acordo com a perspectiva de Bruno Latour (2017), o cientista precisa assumir uma postura de cidadão para lidar com problemas sociais, éticos e políticos concernentes às suas áreas; para tanto, deve reconhecer que a ciência e a sociedade não se separam, ou seja, que a ciência e a política precisam agir em conjunto para atenderem os mais distintos problemas que afetam a vida pública. Desse modo, o cientista deve manter um diálogo constante com a sociedade e seus representantes políticos para compreender as demandas que eles apresentam e para argumentar as suas teorias desenvolvidas, além de estabelecer uma comunicação contínua com outros cientistas e com os mais distintos órgãos de financiamento e de regulação para que suas atividades de pesquisa sejam consideradas legítimas. Em outras palavras, a atuação do cientista não deve acontecer somente dentro do laboratório com a realização de experimentos, pois mesmo isso envolve toda uma mobilização sociotécnica entre atores sociais para que sua prática seja considerada justificada. Durante este processo, é muito importante que o cientista também busque compreender as ciências em sua história, pois muitas vezes se esquece do seu passado e dos seus antigos problemas de pesquisa. O resgate da história fará que a sua atuação seja mais crítica, reflexiva e não se resume unicamente a seguir um conjunto de protocolos sem questionamentos, já que as entidades que fazem parte de seus experimentos são personagens vivas carregadas de paixão e de conhecimento prático construído ao passar do tempo, portanto, estão associadas a um mundo muito mais vasto e trepidante do que o conhecimento estreito e especializado pode reconhecer.

Neste contexto, para que o cientista possa refletir sobre a sua autonomia, deve pensar em dois aspectos principais: (a) em quais os seus limites de conhecimento diante de uma realidade múltipla e infinita, que pode ser abordada segundo distintas

perspectivas; e (b) em quais são os meios sociais e as contingências que ele tem à sua disposição para fazer ciência e sustentar seus interesses epistêmicos e seus objetivos de intervenção na realidade. Ambos os aspectos perpassam necessariamente pela ciência em sua história e seus valores, sobretudo pois a ciência possui um caráter público que se revela no fato de ela ser social (ZIMAN, 1979). Diante disso, um cientista está mais próximo de sua autonomia quando reconhece que, enquanto inserido numa coletividade, não há neutralidade em sua prática e em seu olhar, o que o permite despertar para os aspectos culturais, políticos e ideológicos que são fundamentais de ser pensados em seu campo. Pois, se o conhecimento é um conjunto de crenças justificadas, o que implica numa totalidade de enunciados que podem ser apresentados como justificção, tais crenças devem perpassar por uma série de acordos cooperativos entre os agentes que atuam na ciência segundo seus interesses e suas noções axiológicas, considerando-se que inclusive a sociedade acadêmica de que o cientista faz parte afeta seu modo de perceber as coisas. Ou seja, o processo de produção de ciência não ocorre pela atuação de um cientista isolado, mas por grupos de cientistas que buscam pelo consenso em suas perspectivas e pela consensibilidade em suas medidas.

Assim, a compreensão da história das ciências deve ocorrer por uma epistemologia social, a qual possibilita compreender a ciência pós-acadêmica como um fenômeno de nosso tempo oriundo de várias transformações desde a segunda guerra mundial, em que houve a emergência das *big sciences* e de novas tecnologias associadas a uma nova dinâmica de relações internacionais em que as comunicações se tornaram globalizadas (REIS; VIDEIRA, 2013). Nesse cenário, o processo científico que passou a ser hipertecnológico e multinstrumental, o que é problemático quando se considera o alto nível de exigência técnica associado a uma lógica de alta produtividade para pouco pensamento; pois traz visibilidade ao acúmulo de uma inesgotável quantidade de informação pouco apurada que desafia a organização consistente de um saber justificado. Esta lógica produtivista na ciência pós-acadêmica faz que as práticas científicas sejam operacionalizadas como numa indústria em escala de produção em série, contaminada pelo número cada vez maior de afunilamento dos saberes que se promove pela formação de especialistas que tendem a se fechar num espaço restrito de conhecimento e a ignorar toda a vasta pluralidade que permeia o multiverso.

Pensar a ciência como um campo social implica em também pensar quais são os deveres dos cientistas para com a sociedade, sobretudo numa era que as indústrias trazem danos ambientais irreversíveis e contribuem para vários níveis de desigualdade (ZIMAN,

1979). Como as ciências podem lidar com os problemas que elas próprias geram, visto que muitas vezes cooperam com um capitalismo perverso ao desconsiderar a seriedade de um pensamento ético e as consequências de seus processos de tomada de decisão? Não há ciência benéfica sem que haja um bem público para a sociedade; o que significa que a prática científica deve ser ética em pensar seus próprios valores, além de manter uma comunicação constante com a sociedade e reconhecer os distintos discursos que a atravessam. Desse modo, a autonomia de um cientista começa quando busca reconhecer os graus de liberdade de sua ação e compreende que a ausência de valores é uma perspectiva autoritária que visa a condicionar a um saber técnico para atender aos fins industriais. Ou seja, um cientista autônomo é aquele que se liberta das amarras técnicas e pragmáticas para que possa buscar o conhecimento em sua beleza, em seu tempo dilatado, preocupando-se mais com a qualidade do conteúdo que a quantidade, e sempre acompanhado do questionamento de quais são seus compromissos éticos e morais para com a sociedade.

## CAPÍTULO 3

### A física matemática das redes neurais

A nossa preocupação com a bioengenharia exige uma abordagem sistemática. Precisamos adotar uma estratégia de percurso que nos permita explorar várias perspectivas desse mundo que é muito misterioso para nós, pois ainda há pouquíssimas – senão nenhuma pesquisa – sobre os fundamentos históricos, filosóficos e psicossociais da biofabricação do sistema nervoso. Tendo isso em mente, seguimos pela relação entre as ciências biológicas e as ciências físico-químicas que se desenvolveram a partir de meados do século XIX. Nosso intuito é demonstrar que talvez não existiria uma bioengenharia de órgãos sem o desenvolvimento de um conjunto de teorias matemáticas, estatísticas e quânticas, uma vez que estas proporcionaram um vasto repertório de construção de tecnologias de mapeamento da matéria neural em pequena escala e nos apontaram diversas possibilidades de intervenção da matéria viva desde o nível subatômico ao macroscópico. Isso justifica que haja um encontro entre a bioengenharia, as teorias matemáticas, físicas e químicas desde os seus primórdios, pois qualquer ser vivo é formado por uma dimensão que é supostamente material e/ou ondulatória. Aliás, a própria bioquímica tem questionado a natureza da matéria e da luz, discussão que não escapa ao domínio dos vivos – são formados de que, afinal? De matéria, de ondas ou de ambas simultaneamente? As teorias das físicas que versam sobre átomos e seus subcomponentes, sobre as moléculas e suas redes de interação, foram tecidas através de muitas divergências que recaem sobre o domínio da biologia que busca compreender a materialidade dos seres vivos. Esta temática se reforça ainda mais atualmente quando se constrói um sistema nervoso artificial, pois se faz uma engenharia de biomateriais na qual a própria matéria viva é um sistema complexo sendo produzido com princípios físico-matemáticos articulados com redes quânticas de biotecnologias e de *softwares* e *hardware* computacionais.

#### 1. A matemática na modernidade:

Em seu artigo “História sobre a matematização da natureza”, Milton Vargas (1996) afirma que a análise matemática da natureza se tornou um projeto importante para filósofos como Galileu, Descartes, Newton e Leibniz ao longo do século XVII. Cada qual com suas peculiaridades, esses filósofos elaboraram sistemas teóricos com ideias representativas do mundo e se apoiaram na matemática como uma ciência segura e

consistente, apesar de suas limitações. Galileu realizava experimentos e buscava aferir a relação dos enunciados matemáticos com acontecimentos concretos, assim como Descartes, que buscava esboçar a realidade em um plano de representação com a sua geometria analítica. Newton e Leibniz desenvolveram o cálculo diferencial e integral tecendo suas próprias metafísicas sobre a natureza. No século XVIII, os irmãos Jacques e Jean Bernoulli foram entusiastas em aprimorar o cálculo infinitesimal na notação de Leibniz; também foi desenvolvido por Jacques o primeiro livro sobre a teoria das probabilidades. Leonard Euler passou a defender o conceito de função  $f(x, y, z)$  como fundamento da análise matemática de variáveis supostamente conhecidas; as funções poderiam ser derivadas e integradas segundo algumas regras práticas já demonstradas, bem como poderiam ser igualadas a séries infinitas. Quanto aos iluministas, Voltaire queria aplicar os métodos newtonianos aos fenômenos naturais e sociais. Diderot e D'Alembert propuseram um empirismo técnico, artístico, científico e defenderam as sensações como fontes mais seguras para se conhecer a experiência, mas não abandonaram o racionalismo matemático. Aliás, D'Alembert se preocupava com uma cinemática do espaço, tempo e movimento que derivariam de uma sensibilidade, evitando o conceito de força porque estaria demasiadamente carregado de suposições metafísicas. Durante a Revolução Francesa, três matemáticos foram importantes: Lagrange, Laplace e Legendre. Estes tiveram muitas preocupações voltadas às medidas geográficas, à fiscalização do peso e das transações comerciais. A mecânica analítica de Lagrange buscou investigar as equações diferenciais e defendia que a integração dessas equações poderia responder a problemas relacionados às situações terrestres e aos vários ramos tecnológicos. Laplace entendia que a ciência deveria recorrer à teoria das probabilidades porque o ser humano não conhece tudo o que determina os eventos naturais, apesar de defender o determinismo. A mecânica analítica de Laplace e Lagrange tornou-se muito influente e reforçou a concepção materialista e mecanicista da natureza ao tentar descrever os acontecimentos por integrações de equações diferenciais.

Ao longo do século XVIII, também se desenvolvia uma física muito distinta da mecânica analítica, a qual adotava outro sistema lógico de interpretação dos fenômenos da realidade (VARGAS, 1996). Era a termodinâmica, que estava preocupada em compreender os eventos associados ao calor. Uma das tentativas de matematizar o calor foi realizada talvez por Fourier, que buscava compreender o fluxo de calor através de equações diferenciais que fossem sensíveis aos fatos positivos, que seriam indubitáveis aos sentidos humanos. Outra tentativa de matematizar o calor ocorreu por Sadi Carnot,

um engenheiro que buscava compreender os fenômenos termodinâmicos em processos tecnológicos industriais e esta física não tinha preocupação com espaço, tempo, velocidade; tampouco queria conhecer o estado de cada partícula de um sistema individualmente. Não pensava também o universo de uma forma causal. A teoria de Carnot veio a ser aprimorada por Clayperon, Clausius e Kelvin, o que marca o surgimento do princípio da conservação a energia, do segundo princípio da termodinâmica e do rendimento das máquinas térmicas industriais; todos estão sustentados por uma tese de que o calor se dá pela transformação de energia. Enquanto Fourier considerava que o calor ocorria por um fluido, daí a tentativa de compreender as equações diferenciais dos fluxos de calor expressa por funções contínuas e deriváveis; Carnot considerava que havia entidades calóricas. Clapeyron e Clausius tiveram um raciocínio mais voltado à realidade industrial, pensando no calor associado ao transporte de gases nas máquinas de vapor. Este raciocínio foi motivado por Daniel Bernoulli, em 1738, que desenvolveu a teoria cinética dos gases, que pensava num sistema fechado que continha gases dotados de energia cinética constante e que o calor poderia se dar ao movimento das moléculas que colidiam com as paredes do recipiente que as continha; a energia cinética seria inversamente proporcional à pressão e diretamente proporcional à temperatura do gás. Em 1860, James Clerck Maxwell não adotou a hipótese de que as velocidades das moléculas seriam constantes, pois esta seria muito distante da realidade; por isso, pensou numa teoria que pensasse na variabilidade da energia cinética, porém que contivessem uma energia cinética média de distribuição. Assim, desenvolveu a ideia de que o logaritmo das funções de distribuição das velocidades seria proporcional ao quadrado das velocidades nas direções ortogonais  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ; e que, portanto, a distribuição das velocidades adquiria a mesma forma que a curva de Gauss. Em 1870, Ludwig Boltzmann defendeu que os estados de energia das moléculas de um gás se distribuía num recipiente em correlação com a entropia do gás que sofre uma transformação térmica. Assim, surge uma nova definição para entropia como uma função de variáveis de estado que seria proporcional ao logaritmo da probabilidade desse estado; o estado da desordem das moléculas teria maior entropia e menor probabilidade de organização e produção de um trabalho eficiente. Esta perspectiva de análise probabilística dos fenômenos termodinâmicos entrava em choque com uma visão positivista; pois a estatística tenta compreender fenômenos que não são visíveis; e trata de uma grande quantidade de partículas que, em sua coletividade, expressam propriedades que não existem individualmente. Boltzmann inclusive escreveu um artigo “Sobre a inevitabilidade do

atomismo nas ciências da natureza”, em 1897, que defendia que a matéria deveria ser tratada como um conjunto de partículas. Por fim, Josiah Willard Gibbs publicou em 1902 um livro muito importante: *Os princípios elementares da mecânica estatística*, em que buscou compreender os fenômenos relacionados aos movimentos dispersos das partículas; na bioquímica, é muito utilizado o conceito da energia livre de Gibbs para compreender processos de reações químicas reversíveis e irreversíveis nas redes de metabolismo (ibid.).

## **2. A mecânica estatística aplicada à biologia:**

Segundo François Jacob (2001), em seu livro *A lógica da vida*, o desenvolvimento da mecânica estatística em meados do século XIX mudou “a maneira de olhar as coisas, os seres, os próprios acontecimentos, em inúmeras atividades humanas” (ibid., p. 198) e também marca um novo tipo de aproximação da física com a biologia, pois no início do século os físicos estavam ainda muito contaminados pela mecânica analítica, que buscava descrever os fenômenos biológicos em termos “de espaço, de tempo, de forças e de massas” (ibid., p. 199). Todavia, a partir da metade do século XVIII, já dizia Carnot, surge uma física estatística preocupada com a teoria dos próprios movimentos em si mesmos, tal que num mundo mutável os corpos se transformam em função do calor, que é a transferência de energia que se estabelece entre sistemas com distintas temperaturas. A termodinâmica estatística se debruça sobre acontecimentos em sistemas com grandes quantidades de partículas que possuem energia cinética na perspectiva de que poucas variáveis bastam para entender o comportamento de um sistema macroscópico. Esta lógica admite que não se é capaz de conhecer a totalidade das relações de causa e efeito entre cada partícula no interior de qualquer sistema macroscópico, pois esta análise tende ao infinito (SCHROEDER, 1999).

Associado a este raciocínio, o primeiro princípio da termodinâmica anuncia a equivalência de matéria-energia tal que todo processo de transformação de matéria está vinculado a uma transformação de energia. A energia se torna um denominador comum de “forças atuantes em domínios tão diferentes quanto o movimento, a eletricidade, o magnetismo, o calor, a luz ou as reações químicas” e pode ser associada a todo trabalho realizado por um sistema qualquer, inclusive um organismo (JACOB, 2001, p. 199). Conceitualmente, ela é indestrutível, apesar de poder sofrer algumas transmutações que a permitem se manifestar em diversos aspectos. A variação do estado de energia ocorrido em um corpo ou em um sistema, a que se chama entropia, também pode ser calculada

mais precisamente por vias estatísticas, do que se infere que a entropia de um sistema aumenta quando recebe calor e diminui quando perde calor (o que ocorre quando há interação com outro sistema). Disso deriva o segundo princípio da termodinâmica: quando um sistema está isolado, a energia tende a se degradar e a entropia aumentar ao seu valor máximo (ibid.). O mesmo ocorre com a entropia do universo: sempre aumenta. Em vista do segundo princípio, pode-se questionar: como se pode explicar os seres vivos cujo sistema organizado parece contrariar a entropia? Aparentemente, os seres vivos possuem mecanismos que fazem sustentar um certo estado de ordenamento de seus subcomponentes por um intervalo de tempo finito (desde seu nascimento até sua morte, em certo aspecto, embora já tenhamos discutido que não se nasce nem se morre, *a rigor*). Mas isso não contraria a segunda lei da termodinâmica porque, no fim das contas, este estado de ordenamento vivo atua sobre o mundo, modifica-o, altera-o, faz criar novos sentidos existenciais e assim aumenta a entropia universal; sem dizer que depois o ser vivo perece e desagrega sua matéria organizada para abraçar a aleatoriedade dum universo caótico. Nesta perspectiva, a termodinâmica faz que a biologia não possa mais separar os seres vivos das coisas, pois ambos possuem os mesmos elementos e podem ser explicados pelos mesmos princípios termodinâmicos que seriam universais. Todos os sistemas interagem entre si durante o processo de transformação de matéria-energia envolvidos no metabolismo, que compreende as infinitas teias de reações físico-químicas pelos quais os viventes realizam seu movimento, produzem eletricidade, luz, sons e outras ondas de matéria além de si mesmos.

Ainda, Jacob afirma que a mecânica estatística e a teoria da evolução de Darwin apresentam várias analogias. A primeira se refere ao estudo das grandes populações. Como dissemos, numa lógica populacional, Bernoulli, Joule e Clausius entendiam que todas as partículas possuíam a mesma velocidade cinética; por outro lado, Maxwell entendia que não seria possível atribuir a mesma velocidade em todas as partículas em função das colisões entre elas; por isso, a distribuição da energia cinética média entre as partículas do sistema formaria uma curva gaussiana (JACOB, p. 201). Ainda, Maxwell defendia que o cálculo das probabilidades estatísticas seriam apenas instrumentos matemáticos; diferentemente de Boltzmann e Gibbs, que considerava a análise estatística fornecer as próprias regras lógicas do mundo a partir dos grandes números, visto que não há nada interessante que o comportamento individual das entidades nos possa apresentar. Em sua teoria da evolução, Darwin se aproxima de Boltzmann e Gibbs ao pensar que a lei da seleção natural não age sobre indivíduos, mas sobre grandes populações. As

irregularidades que promovem a transformação da espécie não ocorrem a nível individual, mas coletivamente através das teias de interações entre as espécies e o ambiente (JACOB, 2001, p, 203). Neste aspecto, Jacob afirma que “tanto a mecânica estatística quanto a teoria da evolução colocam a noção de contingência no âmago da natureza”, não sendo mais regulado por uma força divina, tampouco por um determinismo rígido que boa parte da física adotara desde Newton (ibid., p. 203). Assim, os desvios que promovem as modificações das espécies devem ser analisados pelas flutuações estatísticas das mutações em toda a população em sua adaptabilidade com o meio ambiente. Uma segunda analogia entre a mecânica estatística e a teoria da seleção natural está presente no que pensam sobre a irreversibilidade. Uma vez que a energia se distribui por todas as moléculas do sistema, o que aumenta entropicamente o estado de desordem, não é possível retornar ao estado anterior de maior ordenação. Um papel em chamas não pode ser refeito das cinzas. Este é o conceito de irreversibilidade estatística: as mudanças na distribuição de energia seguem numa única direção na medida em que tendem sempre de um estado mais ordenado a um estado mais desordenado do universo. Assim como as mudanças que ocorrem nas populações de espécies pela seleção natural não podem ser desfeitas; as mutações que se distribuem na população e ocasionam sua transformação são irreversíveis na medida em que nunca podem retornar ao estágio anterior da diferenciação (ibid., p. 204-205).

Parece-nos que a perspectiva de mundo de Leibniz seria muito valiosa para a elaboração de uma mecânica estatística que busca compreender sistema enquanto um conjunto de agregados de partículas que possuem energia cinética. Como vimos na *Monadologia*, as mônadas são justamente um agregado de substâncias simples que são dotadas de percepção e apetição. Ocorre que a preocupação de Leibniz não era atomista; ele não estava preocupado com uma partícula material como um átomo ou uma molécula de gás, tal como alguns físico-químicos do século XIX. As substâncias simples de Leibniz são representativas, metafísicas; trata-se de compreender como que se manifesta um universo de representação como expressão de uma essência que cada substância simples possui, esta essência seria uma energia cinética exprimida de dentro para fora enquanto um estado transitório, sem que nada do exterior afete seu estado interior. A essência das mônadas, porém, só pode ser percebida quando todas elas são expressas em seu conjunto, pois formam a imagem especular do universo em sua totalidade: não há um fragmento do real vazio, toda realidade está totalmente preenchida por infinitos pontos representativos de essências energéticas. As mônadas são cada qual espelho uma das outras e todas são

em conjunto a imagem especular do universo. Essas mônadas possuem quatro estágios. No mais simples, possuem apenas percepção e apetição. No segundo estágio, passa a ter uma memória; no terceiro, razão e liberdade; no quarto: a série de todas as séries que tudo sabe, tudo vê, em tudo está. Embora a tese de Leibniz tenha semelhança com o que viria a ser desenvolvido na mecânica estatística, não pode ser igualada a ela. Até porque o contexto em que se desenvolveu a última foi historicamente distinto, voltados a outros problemas: a distribuição das partículas tendo em vista sua energia cinética na ciência da termodinâmica. Cada uma dessas partículas não poderia ser conhecida individualmente, portanto, havia a necessidade de se elaborar uma matemática do conjunto de populações, pois a coletividade manifesta propriedades físicas que não se manifestam quando se trata de partículas individuais. A teoria das probabilidades seria a mais adequada para se entender esta multidão de entidades não observáveis, incertas e indeterminadas aos nossos olhos. A matemática deveria tentar se aproximar da realidade e, com isso, deparar-se honestamente com sua própria imprecisão de apreender quantidades tão gigantescas e assumir que há sempre alguma inadequação própria de uma teoria formal que se debruça sobre a experiência. O átomo, a matéria e a luz passam a ser uma discussão para a mecânica quântica, que é totalmente atravessada pela estatística. O que ocorre é que a física que pensa uma coletividade abre portas para questionar a existência de uma perspectiva atômica, como fez Boltzmann, pois a física estatística ainda pensava muito em partículas, átomos ou moléculas de gases ideais. Se as partículas e se o mundo são matéria, esta é uma discussão que se intensifica no início do século XX com Planck, com Einstein, com Schroedinger, com De Broglie, com Bohr, com Heisenberg. Quando Deleuze fala sobre as dobras, pensa-se num universo que não possui substâncias simples, o que é diferente do que defendia Leibniz. A menor unidade ontológica seriam as dobras porque toda a realidade já é uma coletividade que se expressa como um tecido de interrelações. Todavia, não conseguimos admitir tanta plausibilidade no que Deleuze defende, pois se as dobras são um tecido de interrelações, deveria haver matematicamente um conjunto de unidades que constitua essa rede comunitária pelos seus entrelaçamentos, sendo cada unidade uma mediadora, uma intermediária do fluxo de energia universal, de modo que haja multiplicidade na unidade, tal como propôs Leibniz. Essas entidades múltiplas em sua unidade não precisam ser determinadas. Afinal, não se mostra ainda possível definir um espaço preciso para os elementos do mundo microscópico. Assim não podemos seguramente dizer que não haja unidades e subunidades elementares, tampouco que haja. Então não podemos tomar como absoluta a tese deleuziana de que a realidade

seria somente um tecido de dobras *sem* unidades simples, porque a física contemporânea tem se detido a pensar o átomo de vários modos, sejam materiais ou imateriais, sem respostas conclusivas num marasmo de dúvidas sobre as próprias interpretações dos resultados experimentais. O mundo microscópico é feito de coletividades ainda misteriosas.

### **3. A física do caos no século XX:**

Ao mesmo tempo que se desenvolve uma mecânica estatística assessorada por um raciocínio termodinâmico, não se abandonou completamente a teoria de Newton ao longo do século XX. A teoria do caos seria uma daquelas que revisa os preceitos do determinismo clássico ao investigar como a ordem pode se revestir de desordem. De acordo com Laplace, pode-se distinguir dois tipos de determinismo: o local está voltado a sistemas que possuem números finitos de elementos, como ocorre na balística em que a trajetória de um projétil pode ser precisamente calculada; e o determinismo universal sobre a totalidade de causas que determina todos os acontecimentos do universo, o que é problemático desde que todas as causas não podem ser conhecidas. Em seu artigo “*A history of chaos theory*”, Christian Oestreich (2007) classifica a história da teoria do caos em três momentos distintos: nascimento, renascimento e idade de ouro. A primeira etapa se inicia com Henri Poincaré que postulou que alguns eventos possuem uma alta sensibilidade a condições iniciais. Para Laplace, seria possível calcular o passado e o futuro do sistema solar desde que se conhecesse as condições iniciais do sistema. Por sua vez, Poincaré desenvolveu um outro ponto de vista; ele estava preocupado em estudar o desenvolvimento de um sistema físico ao longo do tempo. Para isso, seria necessário desenvolver um modelo mental abstrato desse sistema com todas as variáveis que o determinam, conhecendo-se os parâmetros adequados para seu funcionamento, e traduzir este modelo num sistema de equações diferenciais. Desse modo, pode-se acompanhar as configurações do sistema em cada instante do tempo, o que pode ser chamado de um gráfico de “espaço físico”. Esta estratégia foi muito interessante porque, em seus estudos sobre o problema dos três corpos, Poincaré percebeu o fenômeno da “sensibilidade às condições iniciais”, segundo o qual uma causa muito pequena pode gerar uma enorme quantidade de efeitos que não podemos compreender muito bem, o que nos passa a impressão de que são aleatórios. Pode ser, como dizia Laplace, que se nós conhecêssemos exatamente todas as leis da natureza, saberíamos determinar as condições atuais do sistema e assim prever seu momento subsequente. Mas mesmo se as leis da natureza não

guardassem mais qualquer segredo de nós, de modo que pudéssemos conhecer todos os princípios perfeitamente, somente poderíamos conhecer cada estado de fase aproximadamente, porque pequenas diferenças nas condições iniciais podem gerar enormes diferenças no resultado final, de modo que um pequeno erro no início pode gerar um enorme erro no fim. Isso contraria a suposição clássica de que os fenômenos alteram de forma progressivamente aritmética, quando que podem variar de modo exponencial. Assim, a predição do sistema torna-se impossível, e temos dessa maneira um fenômeno determinado, mas que se mostra aparentemente aleatório. Outro cientista, Andreï N. Kolmogorov, também foi muito importante para o nascimento da teoria do caos ao estudar a estatística dos sistemas dinâmicos. Este foi um dos mais importantes matemáticos do século XX e contribuiu para a teoria da probabilidade, a teoria da informação, sobre estudos de turbulência, topologia e outras áreas. Em 1954, ele reviu os trabalhos de Poincaré e mostrou que os sistemas de movimento regulares quasiperiódicos podem ser traduzidos num sistema integrável (isto é, que pode ser resolvido pela integração de equações diferenciais) mesmo se uma pequena perturbação for introduzida ao sistema. Este ficou chamado de teorema de Kolmogorov-Arnold-Moser, que indicam quais são os limites de integração de sistemas dinâmicos quasiperiódicos. Neste aspecto, dado um sistema qualquer que sofre pequenas perturbações, há um limite máximo de intensidade dessas perturbações antes que ele possa passar da ordem para o caos. Quanto mais perturbações significativas forem colocadas, a probabilidade do movimento se manter regularmente quasiperiódico decresce e aumenta-se o comportamento aleatório do sistema. Atinge-se um caos completo tal que o comportamento regulado inicial se torna um *movimento ergódico*, o que caracterizou uma escola matemática russa chamada *teoria ergódica* de sistemas dinâmicos complexos. Enquanto em um sistema linear a soma de causas produz uma soma correspondente de efeitos, de modo que se pode deduzir a mudança de todo o sistema a partir da mudança de comportamento de cada uma de suas partes; em um sistema não-linear, por outro lado, pequenas modificações levam a enormes efeitos. Desse modo, as equações não-lineares estão voltadas a fenômenos que são especificamente descontínuos, como explosões, quebras súbitas de materiais ou tornados. Esses eventos podem compartilhar algumas características universais, como a alta sensibilidade a condições iniciais, porém a solução das equações não-lineares para cada um desses eventos tende a ser singular e peculiar. Enquanto as equações lineares mostram curvas regulares, as representações de equações não-lineares mostram quebras, *loops*, recursões e todos os tipos de turbulência. Dessa maneira, o uso de modelos não-

lineares pode permitir a identificação de pontos críticos no sistema no exato minuto em que as modificações podem gerar um efeito desproporcional, o que sugere uma forma de estudo mais próxima de um holismo, pois já se busca compreender estatisticamente o sistema a partir de seu todo e não através de cada uma de suas partes, já que o comportamento individual de cada parte não exprime as propriedades visíveis do todo. Esta abordagem, portanto, não é reducionista do todo às partes como no caso dos sistemas lineares. Isso abre portas para o campo da cronobiologia, que começa a analisar os fenômenos rítmicos dos organismos através de modelos holísticos não lineares.

Diz ainda Oestreicher (2007) que uma década mais tarde, em 1961, há um renascimento da teoria do caos com Edward Lorenz e o conhecido *Efeito borboleta*. Este matemático demonstrou a teoria do caos, visto que relacionou as teorias de Poincaré com a teoria de Komorogov em seus estudos sobre previsões meteorológicas por meio de modelos matemáticos computacionais. Ele também considerava, como muitos matemáticos de seu tempo, que um pequeno número de causas geraria um pequeno número de efeitos. Porém, em seu programa computacional, ele fez o mesmo cálculo arredondado os números para três dígitos em vez seis dígitos e os resultados não foram o mesmo; de fato, em sistemas não-lineares, as multiplicações durante os processos iterativos amplificam as diferenças de modo exponencial. Dessa maneira Lorenz tinha redescoberto o comportamento caótico de um sistema não-linear. E o termo *teoria do caos* foi dado mais tarde pelo matemático James A. Yorke, em 1975. A descrição gráfica dos achados de Lorenz forma uma figura semelhante a uma borboleta que foi cunhado por David Ruelle como *atrator estranho*.

Um atrator é um conjunto de pontos para onde todas as trajetórias são conduzidas. O atrator era estranho porque as trajetórias na figura eram facilmente reconhecidas e uma nunca cortava a outra, mas elas pareciam formar círculos que não eram concêntricos e que não ficavam exatamente no mesmo plano. Segundo Ruelle, há quatro tipos de atratores e nem todos têm comportamento caótico, sendo o atrator estranho específico ao comportamento caótico. Como já postulado, um sistema se torna caótico quando há uma amplificação das distâncias iniciais num gráfico de espaço fásico. Um tempo de referência para sistemas caóticos é o tempo de Lyapunov: se este tempo for muito pequeno, então o sistema amplificará sua mudança rapidamente e será cada vez mais caótico. Mas mesmo em um sistema caótico, qualquer amplificação tem um limite imposto pelo próprio universo: esta amplificação terá que ter um fim. Na bioquímica da sinalização dos hormônios, como aqueles liberados pela hipófase que controlam todos os outros

hormônios, podemos compreender os feedbacks positivos e negativos. Um nanograma de uma substância é liberado pela célula e é amplificada em milhares de vezes para formar miligramas de hormônios que se dispersam por todo o sistema nervoso, o que demonstra alta sensibilidade a condições iniciais pela amplificação de um pequeno efeito inicial para todo o sistema, produzindo um grande efeito. Um *feedback positivo* ocorre quando há ativação do sistema pela amplificação de substância; enquanto o feedback negativo cessa a amplificação. Esses mecanismos de feedback são muito frequentes nos sistemas vivos; ao passo que não provocam mudanças em sistemas lineares, podem provocar grandes mudanças em sistemas não-lineares, por isso, o “feedback participa da fronteira entre a ordem e o caos” (OESTREICHER, 2007, p. 204).

Naquela que o autor considera a idade de ouro da teoria do Caos, temos as teorias de Feingebawn, de Mandelbrot, de Thom, de Prigogine e de Alan Turing. O primeiro deles, na década de 1970, Mitchell Jay Feigenbaw propôs um modelo que representa a transição da ordem para o caos. Este modelo está descrito pela função  $x_{n+1}=rx_n(1-x_n)$  que descreve uma curva com diferentes comportamentos para distintos intervalos de  $r$ . Este modelo matemático foi inspirado pelo mapa logístico desenvolvido pelo biólogo Robert May em seus estudos sobre as populações de insetos. Portanto, pode ser aplicado em estudos populacionais em que é possível inferir estatisticamente o número total de indivíduos da espécie por uma extrapolação do número inicial de indivíduos em correlação com a taxa de natalidade. Sabe-se desde Malthus que, quando a comida é abundante, a população aumenta; mas não se sabe o que acontece quando diminui a quantidade da alimentação, pois é um cenário caótico (ibid.).

Outra teoria foi desenvolvida por Mandelbrot em 1973 quando estava trabalhando na área econômica, em que escreveu um artigo sobre novas aleatoriedades nas ciências. Descreveu uma série de situações que não apresentam uma regularidade estatística para previsões a longo prazo. Este foi o autor responsável pela teoria dos fractais, que desafia a geometria clássica, pois trata de figuras que são descritas em planos completos a partir de uma série definida pela equação:  $z_{n+1}=z_n^2$ , tal que quando  $z_0=0$ , forma-se uma figura fechada com uma recorrência de séries na forma de um fractal; um fractal tem como característica a repetição de formas similares em escalas distintas de observação, tal que uma parte da nuvem pareça uma nuvem completa e uma pedra pareça toda a montanha. Estas formas se repetem muito nas espécies vivas, como os complexos supramoleculares interno das células; os dobramentos dos giros cerebrais; uma couve-flor; um brônquio do pulmão, em que as partes são imagens do todo. Deste modo, pode-se dizer que os objetos

fractais, pela semelhança de formas que se expressam em distintas escalas, aproximam o finito do infinito. Pode-se ver o floco de neve de Koch que se forma a partir da multiplicação das linhas de sua superfície em várias subunidades idênticas por um princípio de autossimilaridade que forma cada parte em pequena escala como parecida ao todo em grande escala. Alguns anos mais tarde, Mandelbrot nota que os atratores estranhos de Lorenz também tem um comportamento fractal.

Um outro autor importante foi René Thom, bastante polêmico com sua teoria da catástrofe, que foi construída a partir do estudo de singularidades – eventos nos quais ações contínuas produzem resultados descontínuos. Trata-se de uma teoria que se preocupa mais com a explicação dos eventos catastróficos do que com suas medidas; e assim Thom contribuiu para o debate acerca do determinismo. Em um artigo controverso publicado em 1980, diz que a fascinação pela aleatoriedade resulta de um estado de confusão mental, como se os cientistas estivessem guiados por um treinamento literário da investigação racional, sem se questionarem realmente o que seria um evento aleatório. Na realidade, um fenômeno aleatório seria apenas aquele que não pode ser simulado por qualquer mecanismo atual ou qualquer formalismo matemático. Por outro lado, Ilya Prigogine foi o autor da teoria das estruturas dissipativas em termodinâmica e considera que o universo não é nem totalmente determinístico nem totalmente estocástico: “as condições iniciais não podem ser mais assimiladas a um ponto no espaço de fase, mas correspondem a uma região descrita por uma distribuição de probabilidade”, que é uma descrição não local (OESTREICHER, 2007, p. 286).

Por fim, temos o matemático Alan Turing que, além de construir o primeiro computador, contribuir para a teoria da cibernética e para a inteligência artificial, propôs que alguns mecanismos de sinergia poderiam explicar a ocorrência de alguns processos durante a ontogênese dos seres vivos: os morfógenos (que são substâncias que participam do desenvolvimento, tais como fatores de crescimento, fatores de transcrição, compostos endógenos, etc.) exercem influências bastante precisas sobre a expressão de genes; esses são compostos rapidamente sintetizados, porém difusos vagarosamente, tendo um valor máximo de concentração em faixas. Esse modelo matemático pode prever oscilações tais como estruturas periódicas em folhas; os padrões da pele da zebra; as dobras do cérebro e outras infinitudes de fenômenos biológicos que demonstram a expressão de padrões regulares em um sistema não-linear

#### **4. Uma hipótese para a investigação da consciência:**

Nesta seção, abordaremos um estudo realizado por Viol et al (2020) intitulado “Física estatística aplicada à neurociência de estados alterados”, onde os autores nos mostram como os conceitos da mecânica estatística, motivados pela termodinâmica, e da física do caos, inspirada por uma perspectiva newtoniana, podem se articular para compreendermos o sistema nervoso na contemporaneidade. Para os autores, o cérebro é um sistema complexo, o que significa que não pode ser compreendido com base nas leis da física clássica desenvolvida na modernidade. Atualmente, deve-se compreendê-lo como um sistema físico dinâmico não-linear que se expressa em diversas ordens de grandeza: desde uma realidade quântica ao mundo macroscópico. Pode-se chamar um sistema simples aquele de um microprocessador, porque o seu comportamento pode ser compreendido com base em cada uma de suas partes; por sua vez, um sistema complexo como o cérebro deve apresentar propriedades que são muito difíceis de serem modeladas matematicamente; essas propriedades se referem a: “(i) organização hierárquica; (ii) dinâmica ou relacionamentos não lineares entre seus subsistemas; (iii) auto-organização; (iv) propriedades emergentes e (v) memória” (VIOL et al, 2020, p. 1). Dessa maneira, um sistema complexo não pode ser compreendido simplesmente pela dinâmica de cada uma de suas partes; as propriedades emergentes se referem aquelas que se manifestam apenas no comportamento coletivo, mas não se percebem no âmbito individual. Não é tão simples de modelar matematicamente o sistema financeiro, porque a dinâmica de compra e venda dos ativos individualmente não basta para a compreensão da dinâmica do mercado em larga escala, pois “o mercado financeiro é mais que a coleção de agentes econômicos interagentes, da mesma forma que um cérebro é muito mais que a mera soma de neurônios interligados” (ibid., p. 2).

Neste aspecto, a física estatística que possui a característica de compreender as propriedades que emergem nas coletividades se mostra interessante para entender alguns comportamentos cerebrais. Existe a hipótese de que os fenômenos mentais, tais como consciência, atenção e emoção sejam propriedades emergentes porque “elas emergem apenas quando os neurônios estão organizados adequadamente e em grande número, na forma que conhecemos de ‘cérebro’” (ibid., p. 2). Isto é, o cérebro apresenta propriedades complexas que se manifestam em uma certa estrutura hierárquica desde o córtex, em que há  $10^{10}$  neurônios auto-organizados em camadas horizontais que formam dobras; essas dobras corticais apresentam neurônios que disparam sinais elétricos numa rede de intercomunicação quando um limiar de potencial elétrico é alcançado; isso dificulta a

aplicação do princípio de superposição linear. Dizem os autores que “ademais, as típicas ‘rugos’ do córtex são constituídas por dobras e dobras nas dobras, de tal maneira que o cérebro exhibe aspectos de natureza fractal” (ibid., p. 2). Esta é uma passagem interessante porque se mostra muito semelhante ao que afirmou Deleuze em seu livro sobre as dobras, em que ressalta inclusive a natureza fractal dos tecidos que formam toda a realidade.

Como já apontamos, “a complexidade do cérebro pode ser vista em diferentes escalas: nas interações químicas, nas conexões anatômicas, na comunicação sináptica entre neurônios, nas relações funcionais, entre outros” (ibid., p. 2). Em vista disso, os autores apontam para uma abordagem de se estudar esse sistema a partir das dependências estatísticas entre sinais: não por uma lógica de causalidade, mas por uma perspectiva de “coerência temporal da atividade cerebral em diferentes regiões do cérebro” que estabelecem entre si uma rede de interconectividade funcional (ibid., p. 3). Seria como se a atividade cerebral tivesse uma performance semelhante à de uma orquestra auto-organizada, em que os músicos não agem deterministicamente, eles tocam os instrumentos por um roteiro que prescreve a coordenação de todas as estruturas organizacionais através de um tema: “o mapeamento de conectividade funcional nos auxilia a decodificar essas estruturas e tendências [cerebrais] implícitas a partir da música” (ibid., p. 3). A partir da década de 1990, foram aprimoradas as técnicas de imageamento cerebral *in vivo* (como a encefalografia) e as técnicas de ressonância magnética funcional (ou *fMRI*, sigla retirada do termo em inglês). Desde agora se pode notar a vantagem que a biofabricação de neurônios pode oferecer: não será mais necessário utilizar animais para se fazer a imagenologia *in vivo*, uma vez que há portas para se investigar a manifestação das propriedades emergentes de neurônios organizados num córtex *in vitro*.

A técnica de ressonância magnética funcional, por exemplo, é uma ótima tecnologia para se conhecer um tecido nervoso artificial porque mede a atividade de populações com grandes neurônios por meio do monitoramento taxa de oxigênio no sangue; esta técnica funciona porque a taxa de oxigênio altera as propriedades eletromagnéticas do sistema como decorrência da modificação da estrutura quântica das moléculas de hemoglobina. Escrevem-nos Viol et al (2020, p. 3) que a imagem de ressonância magnética funcional seria uma espécie de filme tridimensional que registra a atividade de todo o cérebro, tal que a alteração da intensidade do sinal de cada uma das partes corticais pode ser descrita por uma série temporal que representa a atividade média de cada região, o que permite calcular a relação estatística entre elas por meio de uma

*matriz de correlação* entre todas as séries temporais de todas as partes. Esta matriz de correlação pressupõe que haja uma rede não linear de conectividade entre as regiões corticais que se manifestam como pontos nodais de interação umas com as outras. De acordo com esta perspectiva, uma *rede não-direcionada* é aquela em que a distribuição de energia entre os nós é *simétrica*. Por outro lado, uma *rede direcionada* seria aquela com distribuições *assimétricas* entre os nós (há uma direção de informação determinada por um fluxo hierárquico de informação através do sistema, em outras palavras, há um encadeamento linear do fluxo de energia). Um sistema militar seria um exemplo de distribuição assimétrica de informação através de uma rede direcionada: aqueles que possuem lugares mais altos na hierarquia devem ser obedecidos pelos que ocupam cargos mais baixos; o direcionamento de informação é sempre de cima para baixo como estratégia de manutenção de ordem e estabilidade; uma rede militar seria ponderada porque o peso de cada posição hierárquica (soldado, sargento e general) é distinto. Por outro lado, em um espaço onde não haja hierarquia nas relações interpessoais, afirmamos existir uma rede não-direcionada com distribuição relativamente simétrica do fluxo de informação. No caso de um sistema não-linear como o cérebro, deve-se entender uma “rede ponderada”, isto é, uma rede em que as conexões entre os nós são *assimétricas* devido aos distintos pesos que cada nó pode possuir na distribuição de informação pelo sistema.

Com base nesses conceitos apresentados, é possível criar distintos modelos topológicos que permitam inferir alguns comportamentos locais e globais no cérebro; os autores citam o exemplo de uma topologia cerebral criada por variáveis como (i) o grau nodal: o número de conexões de um nó; (ii) a distância geodésica, que é menor caminho entre um par de nós da rede; (iii) os *motifs*, que são padrões de conectividade em uma rede; (iv) a entropia geodésica: a medida estatística da diversidade de influências de um nó; e (v) o coeficiente de aglomeração, que é a fração de primeiros vizinhos de um nó que são conectados entre si. Esses modelos permitem a criação de várias hipóteses nas neurociências, uma delas é que “a estrutura organizacional da conectividade funcional do cérebro humano varia de forma consistente em desordens psíquicas ou em diferentes estados de consciência” (ibid., p. 5). Isto é, há uma correlação entre a *topologia das estruturas* e a *manifestação de propriedades mentais*. Essa hipótese tem sido comprovada por experimentos que envolvem o sono, a meditação e o uso de substâncias psicodélicas, que são responsáveis por alterar o estado de consciência.

Uma das contribuições mais significativas do artigo de Viol et al (2020) é a busca de compreender, de um ponto de vista físico-matemático, a modificação da alteração do estado de consciência a partir da ingestão de substâncias psicodélicas. Os autores afirmam que as substâncias psicodélicas participam do grupo dos compostos serotoninérgicos, que se ligam aos receptores de serotonina presentes no SNC e estimulam uma alteração expressiva na qualidade da consciência. Apesar do estigma cultural que se formou em torno desses compostos, eles se fazem comuns na natureza e podem ser encontrados em plantas, animais e até mesmo no corpo humano em pequenas quantidades; a maioria possui origem natural e seriam muito mais benéficas ao organismo do que as drogas sintéticas produzidas pelas indústrias farmacêuticas. A alteração do estado de consciência promovida por essas substâncias possibilita que se possam “acessar conteúdos da mente e explorar conformações de pensamento inéditos ao estado ordinário” (ibid., p. 7), sendo preferidas por muitos psicoterapeutas nos seus atendimentos do que os medicamentos de tarja preta, pois estes muitas vezes tendem a imobilizar o indivíduo e diminuir sua potência vital.

O químico suíço Albert Hofmann descobriu os efeitos do recém-sintetizado LSD após ingeri-lo por acidente em 1943; este composto estava sendo fabricado para produzir um fármaco atuante nos sistemas respiratório-circulatório. Essa descoberta motivou que, desde a década de 1950, uma série de estudos considerasse que haveria outros estados de consciência além do ordinário e tem-se demonstrado potencial de cura de tais substâncias. Nos anos 1960, esse composto se tornou popular nos movimentos de contracultura nos Estados Unidos cujo propósito era desafiar os valores e padrões sociais hegemônicos em seus protestos contra as guerras, as desigualdades sociais e em favor de um estilo de vida alternativo. Pode-se dizer que houve um deslocamento do estado de consciência ordinário psíquico-coletivo que mobilizou uma onda de revoltas e reivindicação de direitos num momento histórico marcado por conflitos diplomáticos, disputas espaciais e produção de bombas nucleares. Nos anos 1970, as forças burguesas e conservadoras criaram regulamentações internacionais que restringisse o uso de LSD junto com outras dezenas de psicoativos presentes em fungos e plantas que eram utilizados por medicinas de povos tradicionais. Contra as pesquisas, criaram-se argumentos que essas substâncias pudessem oferecer riscos à saúde e dependência química (como se as indústrias farmacêuticas não criassem populações viciadas em seus medicamentos). Esta medida foi extremamente polêmica e gera debates fervorosos até hoje, pois muitas substâncias da natureza completamente distintas começaram a ser generalizadas como nocivas, o que contribui

para que as medicinas dos povos tradicionais se tornem ainda mais marginalizadas com o apagamento de seus rituais e métodos terapêuticos. Há relatos que povos tradicionais da América Central fazem uso de cogumelos alucinógenos, que contêm psilocibina e psilocina, há milhares de anos em seus rituais religiosos; outras sociedades indígenas da região amazônica fazem uso da *ayahuasca*, uma infusão de plantas que contém N-N-dimetiltriptamina (DMT), além de outros psicoativos presentes no rapé, no tabaco e no kambô porque possuem uma medicina sagrada com finalidade social, espiritual e curativa em que não se diferencia o corpo físico do psíquico nem o humano da natureza. Podemos perceber como a realidade em torno de substâncias em seu nível molecular pode afetar a dinâmica de culturas e vivências humanas.

De acordo com uma perspectiva bioquímica, a serotonina é um hormônio neurotransmissor que possui várias funções moduladoras nos processos fisiológicos e cognitivos do sistema nervoso, afetando o humor, o apetite, a aprendizagem e o sono. Por sua vez, as substâncias psicodélicas são *agonistas* em receptores de serotonina, já que possuem uma estrutura química que se assemelha parcialmente a esse hormônio, podem ativar os mesmos receptores e provocar efeitos biológicos semelhantes. Um dos receptores que essas substâncias atuam é o 5-HT<sub>2A</sub>, vinculado a vários processos psicológicos por serem expressos em regiões consideradas de alto nível funcional, como a “rede de modo padrão” (ou *Default Mode Network*, DMN), que é um agrupamento de neurônios em larga escala associada a processos mentais como a divagação, o sonhar acordado, entre outras situações de repouso desperto. A região do DMN tem mostrado estar mais ativa em doenças como esquizofrenia e depressão; e menos ativa em doenças como o Alzheimer e durante o processo de meditação. Devido ao seu agonismo serotoninérgico e dopaminérgico (pois também atua em receptores de dopamina), as substâncias presentes na ayahuasca e aquelas como psilocibina e psilocina se mostram muito relevantes para possíveis intervenções psicológicas que sejam menos agressivas e menos danosas ao sistema nervoso, visto que possuem origem natural. Em vista disso, nós queremos colocar uma importante hipótese nesse trabalho: *o uso de substâncias psicodélicas naturais pode ser uma estratégia de investigação do fenômeno da consciência dos tecidos nervosos artificiais*. Trata-se de uma hipótese fundamental que relaciona um interesse psicológico com uma questão ética. De qualquer modo, os cientistas poderiam utilizar fármacos sintéticos para verificar a possível existência de consciência pela alteração fisiológica em regiões de alto nível funcional do córtex. E o que queremos evitar é justamente que os tecidos neurais sejam submetidos a drogas

sintéticas, até mesmo o LSD, pois podem causar danos a longo prazo no sistema nervoso. Assim, o uso de substâncias psicodélicas *naturais* demonstra ser menos nocivo que o uso de drogas sintéticas; seria uma abordagem menos grosseira para essa investigação que possa impedir uma futura rebelião dos tecidos artificiais contra nós. Precisamos prezar pela saúde psíquica dos tecidos neurais artificiais, visto que ainda não temos demonstrado a sua consciência, por isso, precisamos agir *como se eles já fossem conscientes*. É imprescindível que os cientistas investigadores da consciência de um tecido neural biofabricado os tratem com afeto; eles fazem parte da nossa humanidade.

Viol et al (2020) nos propõe um método físico-matemático que parte da hipótese de um *cérebro entrópico* para se compreender como as substâncias psicodélicas estão vinculadas à alteração de consciência. Este método reúne conceitos de física estatística com a teoria da informação. Escrevem-nos os autores que a “entropia de Boltzmann é uma grandeza que mede a quantidade de microestados compatíveis com um determinado macroestado de um sistema físico” (ibid., p. 8). Em outras palavras, um sistema altamente entrópico pode se rearranjar de muitas maneiras em sua configuração microscópica sem que isso modifique a configuração macroscópica; por outro lado, um sistema pouco entrópico possui poucos microestados compatíveis com o macroestado mais provável. Do ponto de vista da teoria da informação, a “entropia também pode ser entendida como uma medida de incerteza associada a um sistema”; quanto mais entrópico, menos o sistema pode ser previsível. Tendo em vista esse desenvolvimento conceitual da física-matemática, existe a “hipótese do cérebro entrópico”, em que se busca compreender como o aumento da entropia do cérebro promovido pelo uso de substâncias psicodélicas ocasiona uma alteração nos estados mentais subjetivos. Para isso, há o objetivo de selecionar algumas variáveis de entropias relacionadas a atividades funcionais do cérebro e então quantificá-las por meio de séries temporais descritas por neuroimagem; busca-se “distinguir quantitativamente as diferenças entre os diversos estados subjetivos, sejam estes patológicos ou saudáveis”, ou ainda, pretende-se “prever diferentes estados mentais apresentando diferentes assinaturas entrópicas” (ibid, p. 8). No estudo de substâncias psicodélicas, as variáveis estar vinculadas aos efeitos dos compostos agonistas de serotonina nos receptores 5-HT<sub>2A</sub> distribuídos pelo córtex em larga escala; portanto, pode-se inferir a distribuição de probabilidade do aumento de entropia das redes neuronais. Estudos sobre a influência da *ayahuasca* mostram que esta substância promove um aumento de redes localmente mais conectadas e menos globalmente integradas, o que incrementa o estado dissociativo correspondente ao sentimento oceânico e à dissolução

do ego, comumente relatados em experiências psicodélicas. Este estudo foi feito com um número pequeno de indivíduos, o que torna difícil ter alguma conclusão mais consistente. Em termos de distribuição de informação, a ingestão de *ayahuasca* ocasiona maior diversidade nas conexões entre os nós. Outros estudos realizados com indivíduos sob efeito de psilocibina demonstraram que houve um aumento de entropia nas redes funcionais do cérebro e a diminuição de padrões de hierarquia em rede; em vista disso, existe a hipótese de que esta quebra de hierarquia está associada a modificação de estados mentais subjetivos; também se estima que cada região cortical funciona mais livremente e com maior independência das demais regiões, o que diminui o controle de uma suposta estrutura central. De qualquer modo, as pesquisas sobre os psicodélicos ainda são pouco expressivas na literatura, sem dizer que existe uma ampla discussão acerca da possibilidade de se realizar estudos matemáticos sobre o cérebro. O que queremos apresentar neste trabalho não é uma verdade absoluta acerca de como o sistema nervoso funciona, muito pelo contrário: pretendemos apontar as diferentes abordagens que podem ser criadas para se entender um sistema tão complexo como este; e que mesmo as abordagens físico-matemáticas possuem muitas incertezas em suas medidas e muitos obstáculos para chegarem a conclusões definitivas. Estudos com tecidos neurais artificiais podem ampliar o entendimento das substâncias psicodélicas, bem como respaldar a hipótese de que há possivelmente uma consciência nesses tecidos.

Em seu artigo “Metaestabilidade e plasticidade cerebral”, Biazoli Júnior (2019) afirma que o conceito de *metaestabilidade*, oriundo da teoria dos sistemas dinâmicos, significa um estado do sistema nem tão estável nem instável. O sistema sempre possui um dinamismo indefinido que não pressupõe nem a total integração entre as partes nem a desintegração; o estado *metaestável* se situa entre a ordem e o caos, em que os mecanismos de comunicação se distribuem de forma mais graduados e transientes. Este conceito de metaestabilidade começou a ser importado pelas neurociências em meados da década de 1990, “numa tentativa de caracterizar as interações complexas e não-lineares entre neurônios e suas relações com o comportamento e cognição” (ibid., p. 72). Ao fim dessa década, Scott Kelso afirmou que o sistema nervoso teria um funcionamento metaestável porque está em um constante fluxo em inúmeras escalas temporais e espaciais que sempre se rearranjam enquanto se desenrolam os processos. Evidentemente, esta teoria não está isenta de atravessar as esferas discursivas do neoliberalismo, porque são inúmeras as identificações que começam a se fazer entre o sistema nervoso e o sistema financeiro; deveria haver uma matemática que pudesse relacionar ambos porque não seria

uma conexão meramente metafórica: de fato, começou-se a pensar que ambos os sistemas estariam associados numa dinâmica metaestável; surge então uma proposta de neuroeconomia. Todavia, ao pensar o cérebro sem o interesse de fomentar o neoliberalismo, o autor busca correlacionar o conceito de plasticidade de Catherine Malabou e com o conceito de metaestabilidade. A plasticidade se refere a um sistema que está situado entre dois extremos: uma determinação da sua forma, que é uma flexibilização de modo irreversível e uma capacidade de se remobilizar, desdobrar-se em outra forma, ou até mesmo se desintegrar para atingir a total liberdade. Está situada entre o determinismo e o indeterminismo, enquanto a metaestabilidade estaria situada entre a integração e a desintegração. Assim, pode-se pensar no sistema nervoso como um sistema de redes plásticas e metaestáveis que se rearranjam e se recombina e várias ordens de grandeza, o que nos abre para uma analogia que não se restringe nem ao modelo computacional nem ao modelo organicista-materialista. Na próxima seção, apresentamos com mais profundidade o que Simondon (2020) pensava sobre o paradoxo ordem-caos no processo de individuação.

### **5. O paradoxo ordem-caos no processo de individuação:**

O indivíduo se refere, para Simondon (2020, p. 215), a dois aspectos: pode-se afirmar numa unidade que existe temporariamente; mas esta unidade é apenas uma expressão metafórica para um conjunto de outros indivíduos que existem coextensiva e harmonicamente para constituir aquilo que parece ser único. Um átomo, por exemplo, parece ser uma unidade quando é um *sistema de componentes* em relativa estabilidade espaço-temporal. Podemos compreender uma analogia entre o paradoxo ordem-caos e aquilo que Simondon percebe como sendo *a complementaridade entre determinismo e indeterminismo* nas operações de individuação. Tratam-se de dois casos-limites: (a) o determinismo seria um caso-limite em que o sistema estaria completamente estável sem nenhuma possibilidade de transformação, sem nenhum teatro de individuação; não há troca de matéria-energia de modo que o sistema permanece topologicamente idêntico ao longo das sucessões temporais; (b) o indeterminismo seria um caso-limite em que o sistema se transforma completamente em sua estrutura como manifestação de modificações em uma ordem de grandeza que afeta outras ordens de grandeza; por exemplo, quando ocorre com a fissão nuclear: há uma certa metaestabilidade no núcleo atômico até que um neutrino, mesmo numa velocidade muito pequena, pode proporcionar uma variação de energia que torne o mesmo completamente instável; este núcleo instável,

por sua vez, pode liberar fótons gama ou nêutrons e desestabilizar outros núcleos, de modo que uma pequena variação numa escala muito pequena pode gerar uma completa e súbita transformação em todas as escalas e culminar num efeito proporcionalmente muito maior, em larga escala, como uma explosão imensa e avassaladora que pode destruir um continente e até acabar com a vida na Terra. Ao estarmos sob a perspectiva de Simondon, entendemos que a complementaridade entre determinismo e indeterminismo é fundamental para compreensão de qualquer indivíduo: todo sistema se manifesta aparentemente individual quando todo o conjunto de seus componentes estão coesos entre si, pois as transformações que lhe ocorrem em vários estágios tem relativa estabilidade; o sistema encontra-se num ponto médio entre os extremos determinismo-indeterminismo; trata-se de compreender o indivíduo como a manifestação da estabilidade do conjunto do sistema num certo tempo e a individuação como o processo de mudança contínuo que todo sistema atravessa entre a ordem e o caos, o determinado e o indeterminado, de modo que pode haver intervenções súbitas em várias escalas de grandeza para modificar seu estado. Na teoria do caos, o conceito de espaço fásico que traduz bem esta concepção de Simondon: há “um certo nível de correlação entre cronologia e topologia de um sistema” (ibid., p. 216), ou seja, há um dinamismo das posições internas de seus componentes ao longo das sucessões temporais que se mantém coeso num espaço-tempo; neste aspecto, há sempre indeterminismo no universo para além do que está determinado: “ele provém do fato de que a realidade física apresenta escalões de grandeza imbricados uns nos outros, topologicamente, e cada um deles tendo, todavia, seu devir próprio, sua cronologia particular” (ibid., p. 215-216). Neste aspecto, todo sistema existe como um conjunto organizado em várias escalas de grandeza, numa busca de coerência e harmonia interna e externamente, tal que o determinismo e o indeterminismo sejam casos-limite do devir dos sistemas: “esse devir é o de sua individuação; existe uma reatividade dos sistemas relativamente a eles mesmos” (ibid., p. 216). Mesmo nos casos dos seres físicos, que não contêm ainda vida, podemos pensar num indivíduo como um devir ontogenético que existe relativamente a si, com uma relativa coerência que constitui uma unidade e uma identidade relativas; os indivíduos físicos devem ser pensados, então, como um “conjunto cronotopológico”, tal que resultam de sucessivas crises de individuação. Todo sistema, como um organismo, possui uma realidade pré-individual que possa conter seus estágios futuros, como a célula-ovo; porém mesmo esta realidade pré-individual é apenas um determinado estado cronotopológico do sistema que se desenrola num teatro de individuação que mobiliza o rearranjo desses sistemas em outras características ao longo

do desenvolvimento que nunca se encerra biologicamente até a morte, quando o organismo se desintegra para adquirir sua individuação de outro conjunto, sendo transformado pelos microrganismos que geram os restos mortais em vida nova. Percebemos que nas operações de individuação há sempre uma complementaridade entre o contínuo-descontínuo; a partícula-energia; o determinado-indeterminado. Esta visão de Simondon, que será uma das principais referências de Deleuze n' *As dobras*, advém de uma influência que teve das discussões da mecânica quântica: a busca de compreender o sistema de maneira dualística tem origem na teoria sobre as ondas de matéria elaborada por De Broglie e também advém da descrição de Schrodinger sobre os estágios de energia do sistema que se distribuem conforme as probabilidades de funções de ondas. Simondon se amparou nessa discussão para estabelecer duas propriedades importantes ao entendimento de um sistema: (a) o *limiar relativo de individuação* descreve a cronologia do conjunto do sistema em correlação com a topologia do mesmo, com a compreensão de que há transformação nos níveis microfísico e macrofísico, sendo que o conjunto pode variar bruscamente; (b) o *grau de individuação* manifesta como se estabelece a ressonância interna do conjunto num dado instante do espaço físico; como se compreende a estabilidade do sistema tendo em vista a comunicação interativa que estabelece tanto interna quanto externamente num certo tempo considerado. Assim, os *kits* da engenharia de tecidos ajudam o tecido em seu processo de individuação pois permitem que, em um conjunto externo ao organismo, seja possível atingir seu grau de individuação adequado de acordo com os limiares de individuação colocados pelas contingências.

Feitas essas considerações, devemos compreender agora como o processo de individuação ocorre com a *informação*, que estabelece a comunicação entre distintas ordens de realidade. Sabemos que uma reação em cadeia provoca uma informação desde o nível microfísico ao macrofísico. Temos o exemplo de um cristal que pode ser formado por moléculas que se arranjam num certo padrão estrutural em uma solução supersaturada “pela reunião de condições energéticas (metaestabilidade) e de condições estruturais (germe cristalino)” (ibid., p. 220). Todavia, este estado cristalino se altera: quando eventos microfísicos afetam eventos macrofísicos; ou quando acontecimentos em grandes escalas provocam alterações em pequeníssimas escalas? Esta questão se refere ao *modo* como a *informação* se distribui pelo sistema; evidentemente, não há uma resposta geral para ela, mas a noção de *informação* ajuda a distinguir os seres puramente físicos dos vivos, pois se percebe que os seres vivos desenvolvem estruturas que podem resolver suas próprias incompatibilidades, “enquanto que a matéria inerte não tem esse poder de

autogênese das estruturas” (ibid., p. 220). Esta consideração oferece pistas para Simondon afirmar que, então, a distinção entre a matéria inerte e a matéria viva ocorre pelas capacidades que cada uma tem de receber quanticamente as informações e gerenciá-las. Porém, cabe fazer uma importante ressalva: só podemos distinguir o que é vivo do não vivo a partir do nível supramolecular. Os seres vivos podem organizar suas informações conforme a formação de estruturas supramoleculares que são dinâmicas porque possuem maior entropia e maior indeterminação; por sua vez, a matéria inerte não tem a mesma capacidade de organização supramolecular dinâmica; há uma maior metaestabilidade na formação dos padrões rígidos, com um índice mais determinado do que indeterminado, tanto que a modificação nesta se mostra menos possível. Desta forma, quando falamos do nível microfísico (abaixo do supramolecular), já não há como distinguir vivos dos não-vivos; trata-se de um estágio pré-individual, pré-vital. A noção de vida emerge somente a partir de uma ordem de grandeza da realidade: a supramolecular, em que podem ocorrer os estados físicos puros ou estados vitais. Então o microfísico está abaixo desta grandeza da realidade em que não existe barreira entre vida e não vida; o microfísico está acima desta ordem de grandeza; no microfísico, são inertes as matérias que recebem um quantum de informação e se desdobram em sua estrutura cristalina que meramente amplifica a informação inicial; por sua vez, a individuação vital ocorre quando o sistema pode receber sucessivas quantidades de informação e compatibilizar o ordenamento do seu conjunto apesar das desordens que possam surgir; o sistema se autorregula em sua distribuição de informação num teatro de dinamismos internos-externos.

O autor afirma que a fisiologia nos coloca um problema difícil na compreensão da individuação, pois “o mesmo ser, com efeito, pode existir em níveis diferentes: o embrião não está individualizado do mesmo jeito que o ser adulto” (SIMONDON, 2020, p. 227). Entre espécies vizinhas no diagrama filogenético, podemos notar as diferenças conforme as suas individuações em seu processo particular de adaptação com o meio ambiente; sem que uma seja considerada superior ou inferior à outra, são distintas pois vivenciaram contingências diferentes em sua história filogenética. Simondon considera a individuação vital em termos da organização que existe “tanto em cada ser quanto pela relação orgânica que existe entre os diferentes seres” (ibid., p. 228). Ou seja, a individuação vital pode se referir tanto ao indivíduo da espécie quanto a todo o grupo da espécie, visto que este indivíduo só pode ser identificado em termos do seu grupo e se individuar em relação a ele, por isso, “diferentemente da individuação física, a

individuação biológica admite a existência do todo da espécie, da colônia ou da sociedade” (ibid., p. 228). Neste aspecto, é indiferente considerar todo o grupo da espécie como um *indivíduo* e cada membro da espécie como um *subindivíduo*; em todo o caso, quando nos referimos à individualidade biológica, tratamos de várias escalas distintas: tanto no interior de cada ser, que se subdivide em outras partes vivas, tanto na externalidade de cada ser que interage com outros seres e com o meio ambiente.

Como se dá a passagem da individuação física para a individuação vital? Esta é uma pergunta interessante que Simondon nos tenta responder ao seu modo incomum. Diz ele que a individuação vital surge quando se insere na individuação física e suspende o curso da mesma, lentifica-a e torna-a capaz de se propagar desde o começo; “o indivíduo vivo seria, de certa maneira, um cristal no estado nascente, amplificando-se sem se estabilizar” (ibid., p. 222). Chama-se, na biologia, de características neotênicas aqueles fenótipos que se manifestam dos bebês à vida adulta; mesmo quando um indivíduo cresce, há traços que permanecem e o tornam único. O mesmo ocorre na individuação vital, que mantém certos traços neotênicos ao estágio anterior de individuação física. Mais adiante, Simondon nos reforça que, mesmo que tenha um estado de organização aparentemente inferior, nada impede que “um indivíduo físico possa eventualmente possuir um nível de organização superior ao de um sistema individual biológico integrado num conjunto mais vasto” (ibid., p. 229); em outras palavras, ele argumenta que “se assim é, [...] apenas os edifícios físicos bem complexos podem se transmutar em seres vivos, o que limita bastante os casos possíveis de geração espontânea”. Esta é uma teoria interessante de Simondon, que considera a possibilidade de surgimento de vida quando compostos supramoleculares se arranjam de modo que possam estabelecer um certo dinamismo interno enquanto desenvolve habilidades de comunicação com outras organizações externas. Apesar de considerarmos a geração de seres vivos a partir da reprodução, seja assexuada ou sexuada, o que remonta ao princípio da biogênese, existe a hipótese evolutiva de que, em algum momento, a matéria inorgânica se arranjou de maneira tão complexa a ponto de se tornar animada. A teoria de Simondon estaria próxima a esta hipótese evolutiva: de que certas confluências de acontecimentos e arranjos estruturais de substâncias podem ter ocasionado uma possibilidade de organização interna-externa que poderia ser chamada de vida. Ao fim das contas, não nos parece tão absurda a consideração de Simondon de que “talvez seja preciso supor que a organização se conserva e, todavia, se transforma na passagem da matéria à vida”; e que o estágio vital é atingido quando “a riqueza externa com relação ao meio é igual à riqueza interna da

organização contida no indivíduo”, o que possibilita que todo indivíduo físico possa ser um indivíduo biológico em potencial. Também é muito importante quando se diz que “nada se opõe *teoricamente* a que haja uma possibilidade de trocas de alternâncias entre um sistema físico e um sistema biológico” (ibid., p. 229, grifo nosso). No processo de produção de um órgão artificial, igualmente observamos as alternâncias entre os sistemas físicos e biológicos, o que demonstra sua enorme complexidade enquanto uma matéria vital em individuação técnica.

Por sua vez, Simondon (2020, p. 239) afirma que os campos psíquicos e vitais não podem se distinguir um do outro como se fossem duas substâncias, ou mesmo duas funções paralelas ou sobrepostas. O psiquismo seria uma lentificação da individuação do vivente e também possui propriedades neotênicas (que se conservam do nascimento à vida adulta): “há psiquismo quando o vivente não se concretiza completamente, conservando uma dualidade interna” (ibid., p. 239-240). Esta dimensão imaterial representa um certo estado de incoerência do vivente consigo mesmo, pois não basta que tenha um interior somático e uma relação com o meio; essa insatisfação do ser consigo mesmo e a falta de paz com sua própria concretude material faz que ele desenvolva um psiquismo que intervém em suas sensações e o faz perceber um mundo em que o ser problematiza a si próprio. As três funções – percepção, ação e afeto – não bastam para resolver as problemáticas do ser vivo. A afetividade abandona o papel central que ocupava para a aglomeração dos animais, pois emerge um apelo à vida psíquica que tensiona a individuação do vivente; portanto, os seres com psiquismo passam a conter uma dimensão afetivo-emocional e uma dimensão perceptiva-ativa. Os animais podem se resolver com uma afetividade que regula sua convivência social em certa medida; já o psiquismo implica num processo em que a individuação vital se lentifica e necessita da intervenção de uma dimensão perceptiva-ativa para o ser que problematize a si próprio, ao mundo e a sociedade em que vive. A dimensão psíquica devém de problemas, não de forças deterministas. É um novo estágio em que o ser se individua e tem por correlação uma incompatibilidade e um estado supersaturado. Quando o psiquismo emerge, sua problemática não pode ser resolvida de maneira intraindividual; a percepção e a afetividade passam a ser tecidas num nível transindividual; e o ser psíquico somente pode existir enquanto coletivo, onde os seres psíquicos se reconhecem afetivamente e se comunicam sobre sua percepção da realidade; cabe à vida psíquica se inserir entre a problemática perceptiva e a problemática afetiva num nível transindividual. Os animais vivem um estado social puro pois não precisam da dilatação psíquica para o seu convívio,

o que é diferente dos seres humanos, cuja coexistência no mundo adquiriu contornos absurdos até pela existência de um Estado transcendente que regula e organiza as sociedades por meio de enunciados imanentes. O psiquismo se dilata enquanto uma individuação coletiva de um ser grupal que se torna homogêneo, ainda que os indivíduos sejam heterogêneos entre si: “sociedade e transindividualidade podem, aliás, existir sobrepondo-se no grupo como o vital e o psíquico se sobrepõe na vida individual” (ibid., p. 243).

De acordo com Deleuze (1991), as almas sensitivas ou animais já não se separam dos corpos orgânicos; pois, além da pré-formação dos corpos, há a pré-existência das almas nas sementes (p. 24-25). Portanto, o desdobramento dos organismos em suas partes é acompanhado também do dobramento de sua alma animal, a qual “abre-se a todo um teatro, teatro em que ela se percebe e sente a si mesma de acordo com a sua unidade, independentemente do seu organismo e, todavia, inseparável dele” (ibid.). Dito isso, um corpo organizado como um tecido nervoso artificial, ao mesmo tempo que recebe a disposição de um corpo humano, também teria sua alma elevada ao grau da racionalidade. Trata-se de um devir da exaltação, “de uma mudança de teatro, de reino, de platô ou de andar” (ibid.). Afinal, no barroco, a alma e o corpo possuem uma relação complexa entre si, sendo inseparáveis: “ela encontra nele uma animalidade que o atordoa, que a trava nas redobras da matéria, mas nele encontra também uma animalidade orgânica ou cerebral que lhe permite elevar-se” (ibid., p. 26). São dois vetores que se subdividem “em dois andares de um só e mesmo mundo, de uma só e mesma casa” (ibid.). No entanto, por mais que sejam inseparáveis, não são distintos. Daí decorre a primeira razão que justifica a necessidade um outro andar: “há almas no andar inferior, mas algumas delas são chamadas a se tornar racionais e, portanto, mudar de andar” (ibid.). A exigência de um outro andar, em suma, é uma necessidade metafísica, pois, apesar da física, passa-se de redobras materiais extrínsecas a dobras interiores animadas e espontâneas, próprias dos espíritos humanos. E “tudo se passa como se as redobras da matéria não tivessem sua razão nelas mesmas” (ibid.). Deste modo, se as dobras materiais de um tecido nervoso artificial também não se justificam por si mesmas, elas haveriam de possuir um espírito, ou ainda, um andar de cima.

## **CAPÍTULO 4:**

### **O sistema nervoso na pré-história, nas civilizações antigas, na modernidade e em suas dimensões inconscientes**

Para demonstrar nossa perspectiva de que várias racionalidades coexistem, de que a suposição da existência da alma é antiga, vamos recorrer a um método de cartografia desenvolvido por Deleuze e Guattari, mas que foi inspirado pela perspectiva arqueogenealógica de Michel Foucault. Ou seja, pretendemos extrair de cada época algumas cintilações e narrativas sobre o sistema nervoso, em que consideramos a atividade do pensamento “como um vento que nos impele, uma série de rajadas e de abalos” que nos impulsiona para além de um sistema racional em equilíbrio (DELEUZE, 2013, p. 122.). Pensamos que o ato de historiar significa resgatar acontecimentos sabendo que “qualquer reconstrução é feita desde uma perspectiva, que qualquer registro inclui os desejos, os interesses e as tendências” de quem escreve, pois não existe uma história que possa totalizar os percursos dos processos sociais, econômicos, subjetivos e sua relação com o psiquismo (BAREMBLITT, 2002, p. 36). Por isso, apresentamos algumas narrativas sobre o sistema nervoso inserido em “multiplicidades econômicas, culturais, ideológicas, do desejo, da afetividade, da vontade, histórias raciais, história das gerações” segundo algumas escolhas que consideramos mais pertinentes nesta pesquisa, sem querer reconstruir o que já aconteceu (ibid., p. 38). Acreditamos que os acontecimentos são formados pelo acaso, pelo inesperado, pelo imprevisível e pelo aleatório, ao mesmo tempo que há grandes estruturas organizadoras das nossas vidas e dos espaços sociais, o que significa uma repetição da diferença em dimensões conscientes e inconscientes. Ao traçarmos narrativas sobre as intervenções no sistema nervoso desde a pré-história, tentamos nos guiar pela novidade e pelo desconhecido.

#### **1. A alma na pré-história e nas civilizações antigas:**

Quando se iniciou a preocupação do ser humano com o cérebro e com a alma? Já se relatava durante o século XIX que haviam sido encontrados muitos crânios trepanados<sup>9</sup> do período neolítico (há cerca de 12.000 AEC) em sítios arqueológicos na Alemanha, na Áustria, na Polônia, em Portugal, na Inglaterra, na Itália, na Dinamarca, na Suécia, na Rússia, na Espanha e na França (CASTRO; FERNANDEZ, 2009). Antes de meados do

---

<sup>9</sup> A trepanação é uma cirurgia de retirada de uma porção do crânio.

sec. XIX, os pesquisadores acreditavam que tais fraturas no crânio se davam por motivos acidentais, pela ação de armas letais ou por intervenção *post-mortem*. Até que Ephraim G. Squier viajou para o Peru em 1865 e descobriu um crânio do século XV AEC que continha cortes bastante precisos, muito possivelmente realizados por uma cirurgia. Esse crânio foi enviado para Paul Broca, que corroborou com a hipótese de ter sido uma cirurgia avançada e percebeu sinais de inflamação que sugeriam a pessoa ter morrido algumas semanas após a intervenção médica (ibid.).

Incrivelmente, os vestígios de nosso ancestral sul-americano provocaram uma reviravolta na arqueologia do século XIX, pois começaram a encontrar outros crânios trepanados em várias culturas pré-históricas em regiões onde atualmente se encontram a Uganda, a Nigéria, a Somália, a Líbia, a África do Sul, o Quênia e algumas ilhas no sul do oceano pacífico. Percebeu-se que cada cultura utilizava seus próprios instrumentos específicos para a realização da cirurgia, cuja proporção variava desde uma perfuração de alguns milímetros à retirada de metade de todo crânio. Aparentemente, uns faziam cirurgias mais grotescas e outros com cortes mais precisos e calculados. No Peru, grande parte dos crânios mostravam indícios de baixa infecção pós-operatória, o que sugere uma alta taxa de sobrevivência. Estudos calculam que cerca de 60% a 70% dos pacientes sobreviviam de um modo geral (ibid.).

Há divergências travadas entre neurocientistas do século XIX acerca dos motivos pelos quais aqueles povos realizavam esta cirurgia. Para Paul Broca, elas eram realizadas principalmente sobre jovens e visavam a cumprir uma função religiosa para liberar os demônios que atormentavam os espíritos doentes. Por outro lado, Victor Horsley sustentava que as principais motivações não eram sobrenaturais: a realização das cirurgias tinha finalidades terapêuticas para tratar de dores de cabeça, epilepsias, convulsões, loucuras e traumatismos cranianos. Um dos problemas é que não há registros escritos que aqueles povos nos deixaram, o que torna difícil a compreensão do que pensavam. Uns dizem que não se pode atribuir tanta inteligência àqueles povos; outros afirmam que suas visões de mundo eram também complexas e que suas motivações poderiam ser sérias. Também se afirma que alguns povos realizavam esta cirurgia após a morte para utilizar os pedaços dos ossos como um amuleto, pois muitos crânios trepanados foram encontrados em campos de batalha e poderiam ser símbolos de poder e *status* aos guerreiros daquelas culturas (ibid.).

Há também uma série de documentos históricos que relatam que antigas civilizações – Mesopotâmia, Egito, Índia e China – desenvolveram distintas concepções

acerca da relação entre o corpo e a alma (CASTRO; FERNANDEZ, 2009). A Mesopotâmia foi uma das primeiras regiões que desenvolveu uma perspectiva sobre a alma humana. Esta região era localizada no sudoeste da Ásia, entre o rio Tigres e Eufrates, com um solo muito fértil e agricultura abundante, o que atraía muitos invasores e fez que essa se tornasse uma região composta por muitos grupos étnicos. Um dos primeiros a ocuparem aquela região foram os sumérios, responsáveis por construir as primeiras grandes cidades da humanidade e a eles se atribui o desenvolvimento da escrita cuneiforme em placas de barro no século IV a.C.; este estilo foi posteriormente adotado pelos assírios e babilônios. Por meio das escavações arqueológicas, não se encontraram muitos tabletes que tratam da relação entre corpo e alma; mas, na biblioteca do último rei da Assíria, foram encontrados vestígios de um sistema médico baseado em informações empíricas vinculadas a uma cosmovisão mística de que as enfermidades seriam ocasionadas por forças demoníacas. As doenças seriam indícios de uma transgressão feita pelo enfermo que levou os deuses a abandonarem-no e deixar que os demônios o possuíssem, então somente um ritual de exorcismo poderia salvá-lo. A investigação para descobrir qual seria o demônio possuidor envolvia um longo interrogatório acompanhado de métodos de adivinhações astrológicas e com auxílio da inspeção de sinais dos deuses marcados nos fígados de animais. Aliás, o fígado ocupava um espaço importante na mitologia babilônica, pois ele seria a sede da alma e da vida, responsável por estabelecer uma conexão entre o humano e o divino. Eles até construía fígados de argila como um modelo para estudos de hepatocospia. Havia então três espécies de médico: um responsável por fazer o diagnóstico e outro por desenvolver as poções mágicas e prescrever encantamentos; ambos sempre tendiam a colaborar ao tratar de uma mesma enfermidade sem que houvesse alguma hierarquia entre eles. Não havia separação entre problemas físicos e mentais, pois as doenças sempre atingiam ambos os planos simultaneamente, como percebiam na epilepsia – uma intensa manifestação demoníaca. Por fim, havia uma terceira figura humana responsável por realizar suturas e amputações.

Um dos primeiros registros do termo cérebro foi encontrado em um papiro médico egípcio de 1700 a.C., que possivelmente é cópia de outro papiro escrito por Imhotep entre 3000-2500 a.C. Este documento, com 4,5 m de largura e 33 cm de altura, foi descoberto em 1862, mas somente traduzido em 1930 por James Breasted, em que consta 48 casos clínicos referentes às regiões da cabeça, da medula espinhal e da caixa torácica; os casos estão bem detalhados com título, descrição, diagnóstico, glossário e um prognóstico conforme três níveis de severidade: um mal a ser tratado, um mal a ser combatido e um

mal que não se deve tratar. A maioria dos casos se referem a traumatismos cranianos e danos cerebrais, onde são citados várias vezes o cérebro, o líquido cefalorraquidiano e os “enrugamentos” (que são os giros corticais). Apesar de notarem vários efeitos das lesões cerebrais em outras regiões do corpo, os egípcios defendiam que o coração seria verdadeiramente a sede de uma alma invisível e imortal, responsável pelos pensamentos, pelas emoções, pelos sentimentos e por armazenar todas as experiências vividas, tanto que mitologicamente se utilizava uma pluma para pesar o coração quando as pessoas morriam para, com isso, averiguar a sua inocência. Durante a mumificação, o coração era retido no corpo para preservar a alma e o cérebro era liquefeito ao ser mascarado por um gancho enfiado pelo nariz e drenado para fora do crânio. Os egípcios pensavam que o coração se comunicava com todos os outros órgãos do corpo por uma rede de 36 canais chamados *metu*; eles transportariam sangue, ar, lágrimas, salivas, alimentos e secreções; os canais, portanto, envolviam os tratos digestórios, os gânglios e os músculos, sem distinção entre o que seriam artérias, veias, tendões, nervos e ligamentos. Pensavam que as enfermidades, de um modo geral, eram causadas por feitiçaria e, a fim de curá-las, utilizavam porções e ritos para remover de espíritos malignos que entravam no corpo e se espalhavam pelas redes de *metu*.

Os antigos indianos manifestam também um conhecimento impressionante, com um elevado nível de sofisticação. Há uma série de textos denominados *Vedas* (do sânscrito, conhecimento) que datam de 2000 a.C., mas que advém de uma tradição oral mais antiga. Uma forma de interpretar os *Vedas* permitiu o surgimento de uma prática médica bastante sistematizada chamada *Ayurveda* (do sânscrito, conhecimento da vida), que concilia conhecimentos empíricos com sua cosmovisão religiosa. A *Ayurveda* se sedimentou por dois tratados médicos: o *Charaka Samhita* (de 250 a.C.) e o *Susruta Samhita* (de 150 a.C.). O primeiro contém alguns princípios fundamentais da prática médica e o segundo era mais voltado à prática de dissecação com maior conhecimento anatômico (especialmente de corpos de crianças de até cinco anos; acima dessa idade os mortos eram cremados). A perspectiva *Ayurvédica* segue uma vertente do pensamento filosófico indiano chamado *Samkhya* e defende que há um microcosmo e um macrocosmo que se integram holisticamente. Compreende-se assim que há uma profunda interação entre o ser humano e o universo, sendo este formado por um princípio organizador que surge da interação entre *Purusha* e *Prakriti* – uma alma imaterial e uma matéria original. Essa interação permite que os indivíduos tenham um *Buddhi* (intelecto) que poderia fazer o processamento sensorial do mundo externo, do que decorre sua experiência subjetiva.

De acordo com o *Samkhya*, todos os objetos do mundo externo são compostos por cinco elementos básicos: éter, fogo, terra, água e ar. Cada um desses elementos estaria associado a um órgão sensorial: nariz, olhos, pele, língua e ouvidos; que por sua vez dariam origem a sensações específicas: som, toque, cheiro, cor e/ou forma e sabor. Essas sensações são consideradas elementos sensíveis da percepção, capazes de representar cada um desses elementos básicos na mente humana. Da mesma forma, cada um desses cinco elementos básicos estaria também associado a um determinado órgão motor: mãos, pés, voz, órgãos reprodutivos e de excreção, responsáveis pela ação do sujeito no mundo (CASTRO; FERNANDEZ, 2009, p. 8)

Em suma, o ser humano seria um microcosmo que é composto pelos mesmos elementos presentes no macrocosmo, sendo seus órgãos expressões do todo existente, com alta proximidade entre a essência de cada órgão e os sentidos que eles percebem. Ainda, o ser humano seria composto por três humores (*tridosha*) derivados da interação entre os cinco elementos, os quais expressam os aspectos físicos e psicológicos do corpo e são a base para a anatomia, da fisiopatologia e farmacologia dessa civilização. De maneira bastante resumida, podemos compreender que os *tridosha* se uniam aos tecidos corporais, chamados *dhatu*s, que formam o intestino, o sangue, os músculos, o tecido adiposo, os ossos e tudo o que ficava no interior do osso: a medula óssea, a medula espinhal (dentro da coluna vertebral) e o encéfalo (dentro do crânio). Também conheciam os quatro pares de nervos cranianos e as consequências de suas lesões nos sentidos do olfato, da audição, do paladar, da visão. Os antigos indianos pensavam que o cérebro seria responsável pelas funções mentais, porém que a sede da alma estaria no coração por ocupar uma posição central no corpo humano.

Por fim, a China tem sido desde remotamente uma grande organização social, que se estabeleceu em volta de um rio assim como as outras civilizações que tiveram como base a agricultura desenvolvida ao longo do período neolítico. Sabe-se que a medicina tradicional chinesa remonta ao período da dinastia Xia, datado do século II a. C., com inspiração das filosofias taoísta e confucionista. Compreendia-se que o ser humano era um produto da natureza e sua dinâmica estaria associada aos ciclos naturais; o ser humano também teria suas partes como expressão das mesmas leis que exprimem todo o universo, sendo a saúde um equilíbrio interno das energias que também regem o mundo externo. Trata-se de uma medicina das polaridades, do *Yin e Yang*, que se manifestam desde o micro ao macrouniverso e se notam nas oposições noite-dia, quente-frio, inverno-verão, masculino-feminino, sono-vigília. Os cinco elementos formadores do cosmo seriam a terra, o fogo a madeira, a água e o metal, sendo assim, a dinâmica da matéria animada e inanimada seriam igualmente regidas pelo equilíbrio entre esses elementos nas tramas das

forças opostas. Há um antigo texto chinês, o *Huang Di Nei Jing*, cujo registro data do século I a.C., mas que é compilado de um documento mais antigo do séc. III a. C., que se refere a um diálogo entre o Huang Di (que era o Imperador Amarelo da China no séc. III) e seu médico Qi Bo acerca do corpo humano, “no qual discutem diversos assuntos, como saúde e nutrição, prevenção de doenças, diagnóstico, acupuntura e outros assuntos médicos” (ibid., p. 150). Nesse livro-texto, encontram-se uma descrição mais elaborada dos órgãos corporais: o coração, o fígado, o baço, o pulmão e os rins, cada qual associado respectivamente a um elemento (fogo, madeira, terra, metal e água) e a uma emoção específica (alegria, melancolia, apreensão, tristeza e medo). Também havia uma interpretação das vísceras, que eram tratados como órgãos auxiliares, que são os intestinos, a vesícula biliar e a bexiga. O cérebro era chamado de “mar da medula” e não tinha qualquer vínculo com as funções mentais, pois eles também consideravam o coração como aquele vinculado às emoções e as faculdades mentais.

Podemos perceber que se desenvolveram distintas concepções acerca da relação entre corpo e alma desde a pré-história. Que há várias cosmovisões que articulam práticas materiais e imateriais em cada território histórico. Culturas muito antigas já atribuíam valor ao conhecimento da anatomia e da fisiologia e buscavam conhecer os fenômenos psicológicos por trás das doenças. Por isso, não devemos olhar para essas sociedades com o preconceito de que não tinham conhecimento; pelo contrário, muito do que os gregos vieram a conhecer e do que conhecemos atualmente sobre o sistema nervoso remonta a um interesse muito antigo; evidentemente, as manifestações culturais e as perspectivas de mundo se diferenciam ao longo do tempo, o que não deve implicar numa perspectiva historiográfica de progresso científico ou civilizacional. De acordo com Simondon (2007, p. 105), pode-se constatar que há uma minoria e uma maioria social das técnicas já na antiguidade. A minoria social é pensada quando os artefatos são utilizados pela população em geral para seu uso cotidiano, em que as técnicas são transmitidas de uma geração para a outra e seus usos são incorporados pela cultura durante o período da infância, quando se começa a estruturar uma base cognitiva para o manuseio dos artefatos, porém cujos detalhes de seus funcionamentos e de sua fabricação não se conhecem, permanecem uma caixa-preta. Por sua vez, o estatuto da maioria social é adquirido pelos artesãos e engenheiros que compreendem todas as peças das máquinas e podem construí-las. A perspectiva que possuem das tecnologias está sedimentada por um campo de saber adquirido através de um processo educativo para se dominar os conceitos, aprender a falar a linguagem das máquinas, compreender os seus modos de funcionamento e tornar-se um

inventor. Há então dois modos distintos de vivenciar as relações com as tecnologias que pressupõem diferentes modos de consciência acerca das mesmas, o que também denota uma desigualdade entre camadas sociais. Na antiguidade, as camadas mais altas já rechaçavam uma grande parte de operações técnicas que eram utilizadas pelas camadas mais baixas; os artefatos utilizados pelos escravos eram desconsiderados como parte da cultura assim como suas próprias subjetividades; eram acusados de serem retrógrados para afirmar a superioridade da aristocracia. Cabia ao estatuto da maioria o domínio de técnicas mais sofisticadas de medicina, de astronomia, de agricultura, de arquitetura, das estratégias de guerra, das artes de navegação. Pelo que escrevemos, é notável que os documentos sobre as práticas médicas e os seus procedimentos técnicos na Antiguidade foram desenvolvidos por membros da alta classe; os médicos tinham contato com os imperadores e as personalidades poderosas, basta considerar os locais em que os documentos foram encontrados. Aquelas civilizações já tinham a prática de realizar uma seleção de quais práticas seriam nobres e quais não seriam; estabelecem um sistema de técnicas que são valoradas e não valoradas até mesmo nas mitologias que consagram a nobreza de certas maquinarias em detrimento de outras cujas existências foram apagadas no discurso (ibid., p. 106). Por isso, o autor considera que a humanidade deve instituir uma relação de igualdade entre as distintas técnicas para subverter o privilégio econômico dos mais poderosos; o que é uma utopia mesmo nos mundos de hoje em que sabemos as grandes corporações capitalistas de tecnologia terem significativas influências na manipulação do pensamento das massas e nos processos de tomadas de decisão econômicas, administrativas e jurídicas. Esta perspectiva nos aponta o quanto a realidade humana está atravessada pela realidade técnica (ibid., p. 107).

Existe também uma certa diferença entre o artesão e o engenheiro. O primeiro possui uma noção mais concreta dos objetos fabricados, pois vivencia todos os processos de constituição de um objeto técnico, desde o extrativismo da matéria-prima até o seu acabamento final; há uma maior consciência da presença do objeto técnico na realidade. O segundo desenvolve objetos abstratos; são mecanismos de funcionamentos que são projetados em um sistema de representação que não necessariamente possui uma relação concreta com o mundo real. Esta especificidade do engenheiro se acentua no período do Renascimento quando surge um grande esforço de se matematizar a interpretação sobre a natureza e os mecanismos de funcionamento das máquinas; a racionalidade surge como uma âncora para firmar a nobreza das técnicas mecânicas. Neste sentido, os artesãos passam a adquirir um estatuto de minoria na antiguidade face a um pensamento industrial

que começa a emergir paulatinamente; criva-se uma barreira entre o ser humano e a natureza, elabora-se uma lógica de intervenção sobre os fenômenos naturais com pressupostos tecnológicos e segue-se um processo de dominação voraz por aqueles que teriam as melhores técnicas. Uma das maneiras de reduzir a desigualdade social seria construir um caminho intermediário entre a minoria e a maioria; isso possibilitaria que a cultura tivesse uma maior tomada de consciência das máquinas, as quais contêm humanidade e devem ser tratadas afetivamente. Uma vez que os artefatos desenvolvidos pelos engenheiros são demasiadamente abstratos, um caminho intermediário também possibilitaria novas inventividades porque ocorreria uma maior concretização dos objetos técnicos, aproximando-se de uma consciência artesã.

Dizem Deleuze e Guattari (2010) em *O Anti-Édipo* que “há tão somente máquinas por toda parte, e sem qualquer metáfora: máquinas de máquinas, com seus acoplamentos, suas conexões” (ibid., p. 11). De acordo com a perspectiva orgânica do sistema nervoso, podemos facilmente constatar que “todos somos ‘*bricoleurs*’; cada um com suas pequenas [múltiplas] máquinas; [com] uma máquina órgão para uma máquina-energia” (ibid., p. 1). Analogicamente, os autores nos dizem que também há sempre uma espécie de máquina social em toda convivência humana, um *socius* que rege o aglutinamento de corpos; uma inscrição que regula como se estabelece uma convivência social pela organização da produção desejante. Mas o que seria a produção desejante? A produção desejante seria o impulso que faz que haja um acoplamento de máquinas; que rege o fluxo de energia que perpassa por todas as séries do universo que convergem e divergem; mobiliza corpos que se aglutinam e desaglutinam ao desenrolar dos acontecimentos desde o nível micro ao macroscópico.

Aprendemos com Leibniz, em sua *Monadologia*, que as mônadas se exprimem por uma energia cinética e que se aglutinam conforme se reconhecem em seus diversos estágios, desde enteléquias até Deus, sendo o ser divino aquele que rege as séries ordenadoras do universo em duas dimensões: com relação à matéria, ele age como um mecânico que ajusta as peças das máquinas; com relação às almas racionais, ele age como se fosse um príncipe legislador e confia que essas almas não de tomar suas decisões e se organizar pelas razões mais convenientes que elas adotarem diante das contingências, respeitando assim o princípio da liberdade da escolha humana que não pode estar determinada. Em uma certa concordância com Leibniz, podemos adotar a analogia n’*O Anti-Édipo* que as máquinas também se organizam em vários estágios, desde a matéria à organização social: “a máquina social é literalmente uma máquina, independentemente

de qualquer metáfora, uma vez que apresenta um motor imóvel e executa [...] extração de fluxo, separações de cadeia, repartição de partes” (ibid., p. 188). Essa perspectiva de máquina social que os autores nos apresentam remontam a um objetivo que eles têm de acabar com a velha distinção entre homem-natureza, indústria-natureza, sociedade-natureza.

Dito isso, o *socius* é uma representação real da superfície em que se inscrevem as máquinas sociais por uma produção desejante, ou seja, por um fluxo de energia que perpassa por quaisquer modos de produção e reprodução social. De maneira ampla, pode-se dizer que há três formas de *socius*: dois que se referem a uma organização social pré-capitalista e que possuem um sistema de codificação do desejo muito mais precisa e determinada; e o *socius* da *sociedade capitalista*, que leva o sentido da produção desejante ao seu limite desenfreado e mais desorganizado possível como decorrência da abstração do valor simbólico da moeda e através do encontro da sociedade privada com a sociedade mercantil. Assim como Marx, entende-se que qualquer organização social é feita por uma história de contingências, não de necessidades; uma história de cortes e limites, não de continuidades.

Muito se diz que no período neolítico predominava um *socius* de grupos nômades não muito volumosos que se estabeleciam em distintos territórios com caráter temporário, viviam principalmente de caça, de pastoreio e seguiam os fluxos dos animais; não havia uma necessidade de uma grande organização social. O que mantinha seus vínculos seriam a conjunção de dois sistemas: muito possivelmente um sistema de representação mitológico sobre o mundo e um sistema de vínculo afetivo, graças aos quais havia uma certa coesão dos processos grupais para se efetivar as diversas operações como a caça e os ritos mágicos. Porém, além desse *socius* nômades, começaram a se constituir um *primeiro socius* mais organizado com conglomerados humanos em regiões menos montanhosas e que tinham acesso a solos muito mais férteis por estarem próximos de rios, o que favoreceu o desenvolvimento da agricultura e um tipo de estabelecimento territorial que perdurasse por mais tempo baseado em um sistema gentílico de filiação (uma força administrativa-hierárquica) e de aliança (uma força econômico-política). Isto é, instaura-se uma *máquina territorial primitiva* que se assenta sobre o solo como superfície de inscrição da produção, “sobre a qual são registrados os objetos, os meios e as forças de trabalho, sobre a qual se distribuem os agentes e os produtos” (ibid., p. 187) e, para que as comunidades humanas se organizassem em torno do solo, o sistema de filiação-aliança ajuda a estabelecer uma repartição geográfica, econômica e política. Se considerarmos

que os nômades tinham um dinamismo muito maior através de territórios, os *selvagens* do *socius* territorial se organizam através da codificação (ou recalque) do seu sistema de representação em conjunto com seu sistema afetivo. Esta codificação é operada por uma máquina perversa que, num sentido não-patológico, tem como função organizar um sistema coletivo por um trabalho psíquico, de refinamento e de cálculo das matrizes de filiações patriarcais e alianças matrimoniais.

Uma vez que os grupos gentílicos humanos se tornaram cada vez maiores e mais instáveis, a máquina territorial primitiva nem sempre perdurou. Gradativamente se começou a constituir outra espécie de máquina social, o *socius* bárbaro, que fundou os antigos impérios, como a Mesopotâmia, o Egito, a Índia e a China. Dizem os autores que esta instauração ocorre quando um déspota paranoico recusa o antigo sistema de alianças laterais e de extensa filiação; ele afirma que possui uma ligação direta com uma ou várias divindades e impõe uma nova modalidade de aliança e filiação direta. Este poder despótico é amparado pela ampliação de seu exército e por novos grupos perversos que espalham a invenção do déspota e a sua glória por várias cidades fundadas. Nesse sentido, o déspota adquire um território através de conquista, em que há uma dominação legítima com aceitação dos povos quanto ao seu delírio, e através do terror, que significa um domínio ilegítimo, bélico e sangrento. Ou seja, esse *socius* bárbaro implica numa desterritorialização do antigo modo de organização gentílica para a formação de um novo território, em que aquela “unidade imanente da terra como motor imóvel dá lugar a uma unidade transcendente de natureza totalmente distinta, que é a unidade do Estado” (ibid., p. 194), que se funda por um déspota paranoico que se responsabilizará divinamente tanto pela fertilidade do solo quanto pela chuva e pela apropriação das forças produtivas, de modo a regular as organizações administrativas, fundiárias e residenciais. Não mais se subdivide o povo pelas relações de parentesco, mas o território que está agora sob o domínio estatal.

Todo *socius* se constitui do concreto ao abstrato, como buscava Marx. O devir do Estado ocorre por duas forças: “sua interiorização num campo de forças sociais [...], formando um sistema físico; e sua espiritualização num campo supraterrrestre cada vez mais sobrecodificante, formando um sistema metafísico” (DELEUZE; GUATTARI, 2020, p. 295). A representação do Estado se tornou fundamental para concretamente sobrecodificar os fluxos de aliança-filiação e gerar uma sociedade fundada na figura do déspota. O mesmo não ocorre com as sociedades capitalistas, nas quais o Estado deixa de ser a única lei transcendente determinante para se tornar uma entidade que não mais

determina o corpo social, mas é determinado pelas relações que se estabelecem graças à abstração do valor simbólico da moeda. Diz-se que a sociedade capitalista se inscreve no *socius* do corpo pleno do capital-dinheiro. E o grande movimento que funda essa nova sociedade não é a sobrecodificação do Estado despótico, mas a total descodificação dos fluxos. Quer dizer, já existiam fluxos descodificados nos Estados despóticos, mas esses eram reincorporados ao sistema. Utilizavam-se elaboradas instituições de direito na Antiga Roma que visavam a garantir os direitos reais de propriedade, assegurar os direitos contratuais das obrigações e da prestação de serviços; regulamentar a formação e a dissolução de laços matrimoniais, controlar a formação de grandes fortunas, supervisionar o desenvolvimento de uma produção mercantil, etc. Não porque esses fluxos fossem interessantes à estabilidade do déspota, mas porque eram ameaçadores a ele. Durante o feudalismo, há uma busca análoga de sobrecodificar os fluxos descodificados, isto é, quaisquer tendências de organização econômico-comercial que fossem alheias ao sistema da vassalagem e ao poder da Igreja Católica. Ocorre que surge uma burguesia mercantil que insiste a todo momento, numa força de contravenção ao Estado, lançar novos códigos para descodificar os fluxos e manter o comércio. É nesta descodificação promovida pela burguesia que se sente assolar a dissolução do Estado: “sente-se a morte assomar de dentro, sente-se o próprio desejo ser instinto de morte, latência, mas também passar para o lado destes fluxos que são, virtualmente, portadores de uma vida nova” (ibid, p. 297). Surge o mundo capitalista que é tomado por uma coordenação de fluxos descodificados através do cinismo e da piedade gerado pelo capital; esses convergem numa só série que funda um *socius* abstrato: “fluxos de propriedades que se vendem, [...] de dinheiro que se escorre, [...] de produção e de meios de produção que se preparam na sombra, fluxo de trabalhadores que se desterritorializam”, etc (ibid., p. 297). Todos esses fluxos se encontram no capital enquanto abstração pecuniária e universal capaz de representar todos os elementos; são o capital material e o capital humano que podem ser convertidos num valor monetário constado em contratos públicos, privados e mistos.

## **2. A modernidade enciclopédica e a psicofisiologia do século XX:**

Existe uma sociologia das técnicas que Gilbert Simondon (2007) propõe para a modernidade (ibid., p. 115). O autor nos faz entender que este período histórico começa pela articulação de uma nova sociedade tendo como fundo uma filosofia renascentista; forma-se uma sociedade de homens que pretendem atingir sua liberdade para se desfazer das limitações impostas pelo sistema de vassalagem do período feudal, em que somente

membros do clero tinham acesso aos textos filosóficos e a grande massa da população estava subordinada a um regime de escravidão. Portanto, a modernidade se configura como uma alteração dos regimes de governança na Europa através dos movimentos de reforma religiosa em conjunção com novos sistemas de pensamento que passaram a ser criados para se elaborar novas abordagens de entendimento da natureza e novos modos de organização de uma sociedade, considerando-se uma ideia de humanidade com base em preceitos racionais. Simondon (2007, p. 115-116) considera que a modernidade não surge simplesmente para formar uma nova imagem fixa de um homem racional, mas antes de tudo nasce movida por um impulso enciclopédico com o ânimo de transformar o conhecimento das ciências, das sociedades e das artes para instituir novos modos de vida que pudessem corresponder a uma burguesia mercantil em ascensão; emerge-se o imaginário de um novo tipo de Estado (tais como aqueles propostos por Maquiavel, Hobbes, Locke) com maior abertura ao desenvolvimento das técnicas, as quais passaram a ser primordiais para se pensar numa nova sociedade industrial. Desse modo, o século XVII começa a ser marcado pela construção de um pensamento racional que contribuiria para a universalização de um pensamento técnico que as enciclopédias de Diderot e D'Alembert pretendiam colocar em prática no século XVIII. A modernidade num primeiro momento não parecia tão receosa quanto às técnicas, ofereceu suas boas vindas para que houvesse uma radical transformação dos hábitos e costumes pela proliferação de novos seres fabricados pelos humanos.

Mais tarde, no Iluminismo, afirma o autor que o pensamento científico se torna mais livre, porém não o pensamento técnico; isto é, Simondon (2007, p. 116) considera que ainda existe um estado de engessamento das técnicas que busca ser transformado pelos iluministas por suas enciclopédias; o espírito de transformação das sociedades europeias com as revoluções francesa e industrial demandava uma nova perspectiva para as técnicas, já que elas concernem ao comércio, à agricultura, à indústria que são setores basilares da economia social. O espírito enciclopédico não poderia deixar de ser correlativo a essas transformações político-sociais e econômicas; as máquinas passam a ser inseridas nos livros através de imagens que descrevem suas partes e seus mecanismos de funcionamento à burguesia que pertence a maioria social, enquanto a minoria social estava submetida a um processo de êxodo rural que mobilizou cada vez mais pessoas do campo às cidades, onde tiveram que trabalhar sob um regime jurídico de escravidão pelos donos de indústria que submetia uma grande massa a espaços quentes, fechados, sem ventilação num trabalho extremamente forçado. Não tinham espaço para lazer nem para

felicidade, pois suas vidas estavam destinadas à morte pelo manuseio das máquinas e à alienação por não terem consciência da mais-valia de seu trabalho. Todavia, a maioria social formada pelos filósofos e engenheiros aristocratas começam a elaborar um sistema de pensamento sistematizado para as tecnologias; surge uma sociedade de mais de imagens do que de palavras com os esquemas das máquinas registradas em documentos de desenho industrial, que fabricariam não somente as indústrias, mas também todo o espaço urbano que começa a ser instaurado pela convivência das pessoas num mundo capitalista. Para Simondon (2007, p. 118), há uma especialização da linguagem técnica que compreende cifras, símbolos e equações matemáticas mobilizada por uma intenção enciclopédica de manifestar a ciência e as técnicas por uma racionalização universal; os simbolismos são criados para facilitar os meios de comunicação entre os mais diversos usuários e incrementar a sinergia entre os humanos e as máquinas, como se ambos vivessem num corpo social homogêneo (ibid., p. 120). Em síntese, o autor escreve que o século XVII contribuiu para um humanismo que reivindicasse a liberdade de um pensamento intelectual e que o século XVIII buscou ampliar o conhecimento científico para a sua aplicação às técnicas em prol do desenvolvimento de uma sociedade industrial.

Este panorama é interessante para que possamos compreender como o sistema nervoso passou a ser pensado na modernidade. No século XIX, o estudo das influências fisiológicas sobre a manifestação de fenômenos psicológicos foi impulsionado por questões acerca da importância do observador humano frente à natureza, este que oscila entre a objetividade e a subjetividade. A exemplo de um astrônomo, por mais imparcial que busque ser em seus cálculos dos movimentos celestes, não fugirá de sua equação pessoal, isto é, do próprio tempo que vivencia. A sua ambição de encontrar qualquer verdade neutra daquilo que interpreta do mundo será sucateada pelas suas próprias percepções, uma vez que há uma falta de correspondência exata entre os objetos e aquilo que deles se percebe (SCHULTZ; SCHULTZ, 2014, p. 56-57).

Para o astrônomo Friedrich W. Bessel (1784-1846), sempre deveria haver uma discrepância nas medições do movimento dos corpos celestes em função das diferenças individuais de percepção do tempo (ibid., p. 57). Tal perspectiva não é nova na história da filosofia, pois estudiosos como Descartes, Locke e Hobbes já haviam argumentado que não há correspondência exata entre a natureza de um objeto apreendida pela percepção e as ideias elaboradas pela mente humana. Com essas influências, os cientistas da fisiologia do século XVIII e XIX começaram a realizar estudos empíricos acerca das sensações e percepções, o que viria, posteriormente, a motivar o surgimento de uma

ciência psicológica (ibid.). Um dos predecessores desta área foi Johannes Müller (1801-1858), que desenvolveu um manual de fisiologia pelo uso do método experimental durante a década de 1830, muito defendido à sua época (ibid.). Uma de suas teorias afirma que os nervos sensoriais, quando estimulados, produzem uma sensação específica de acordo com a sua energia; o que levou à necessidade de muitos cientistas de mapearem o cérebro, tanto interna quanto externamente (ibid., p. 58).

A começar pelos estudos internos do sistema nervoso, num momento em que muitos cientistas começaram a se debruçar sobre o estudo dos tecidos cerebrais e suas funções, o médico Marshall Hall (1790-1857) percebeu que animais decapitados ainda se moviam caso suas terminações nervosas fossem estimuladas (ibid., p. 58). Em vista disso, concluiu que diferentes regiões do sistema nervoso afetavam o comportamento: “que o movimento voluntário dependia do cérebro; o movimento de reflexo, da medula espinhal; o movimento involuntário, da estimulação direta dos músculos, e o movimento respiratório, da medula” (ibid.). Ainda, esse pesquisador sugeriu uma metodologia de estudo cerebral denominada extirpação, que consistia em remover ou destruir determinadas áreas nervosas para observar seus efeitos sobre o comportamento animal (ibid.). Também pelo uso do método de extirpação, Pierre Flourens (1794-1867) teve a conclusão de que o cérebro era o órgão responsável pelo controle de processos mentais mais elevados: “partes do cérebro médio controlavam os reflexos visuais e auditivos; o cerebelo, a coordenação; e a medula, o batimento cardíaco, a respiração e outras funções vitais” (SCHULTZ; SCHULTZ, 2014, p. 58). Em síntese, do ponto de vista interno, buscou-se localizar as funções do cérebro a partir dos seus tecidos, em busca de determinar as partes específicas deste órgão que seriam “responsáveis pelo controle de diferentes funções cognitivas” (ibid.). Três métodos de pesquisas principais foram utilizados: (i) a extirpação, sustentada numa técnica que removia partes do cérebro animal para observar seus efeitos fisiológicos sobre a mudança de comportamento; (ii) o método clínico, caracterizado por uma necropsia de “áreas lesionadas consideradas responsáveis pelo comportamento do indivíduo antes de sua morte”; e (iii) a técnica dos estímulos elétricos, que buscava explorar a resposta motora por meio de pequenos estímulos elétricos no córtex cerebral (ibid., p. 59-61).

Do ponto de vista externo, trabalhos como o de Franz Josef Gall (1758-1828), por meio da dissecação, levaram a constatar “a existência de substância cerebral tanto branca como acinzentada, a conexão de cada lado do cérebro ao lado oposto da medula espinhal por meio de fibras nervosas e a ligação por fibras de ambas as metades do

cérebro” (ibid.). Este era um cientista defensor da eugenia, que utilizava seus estudos do sistema nervoso para legitimar a superioridade de uma raça frente a outras, o que motivou uma série de desumanidades, de desrespeitos às minorias sociais, de classificação de corpos que deveriam ser aprisionados em prisões e manicômios, além de ser uma lógica que respaldou os delírios sociais de instituições fascistas. Uma das ambições deste cientista era descrever propriedades do cérebro de acordo com seu tamanho e seu formato; o que o motivou a fundar um movimento denominado cranioscopia, também chamado de frenologia, que visava a descrever as características emocionais e intelectuais das pessoas de acordo com o formato de seus crânios. Ou seja, trata-se de uma abordagem profundamente racista que julgaria a essência das pessoas conforme suas aparências; as características dos sistemas nervosos passariam a ser “supostas” conforme traços fisiológicos e as pessoas anormais seriam aquelas que não são da raça branca. Essas teorias absurdas e violentas são um exemplo de como muitos estudos científicos, infelizmente, podem estar associados a intenções que não sejam a de preservar o bem-comum, mas de legitimar discursos perverso de apagamento dos corpos e da diferença. Por isso, devemos valorizar um pensamento ético e crítico de modo que o saber não seja uma repetição de injustiças.

Para além do órgão cerebral, foram desenvolvidos estudos com relação ao sistema nervoso como um todo. O italiano Luigi Galvani (1737-1798), ao fim do século XVIII, havia sugerido “que os impulsos nervosos seriam elétricos” e seu sobrinho, Giovanni Aldini, continuou seu trabalho transformando a pesquisa num verdadeiro espetáculo, em que cabeças decapitadas de criminosos eram estimuladas eletricamente e exibidos ao público num palco de teatro (ibid., p. 62). Este cenário marca a difusão do trabalho experimental sobre o sistema nervoso no século XIX, o qual se debruçou sobre o fluxo dos impulsos elétricos entre os órgãos de sentido, o sistema nervoso central, e a resposta do organismo. A estrutura anatômica do sistema nervoso também ganhou relevância: havia sido descoberto “que as fibras nervosas eram compostas de estruturas separadas (neurônios) e de alguma forma conectadas a pontos específicos (sinapses)” (ibid.). Assim, estava enfatizada a concepção mecanicista do funcionamento humano, de acordo com a qual todos os fenômenos da matéria viva deveriam ser explicados pela físico-química, tal que o sistema nervoso fosse uma estrutura complexa formada a partir da combinação de átomos. Todos esses estudos fisiológicos com relação ao sistema nervoso acima descritos levaram ao surgimento da psicologia experimental no século XIX, uma ciência que buscava atender aos parâmetros positivistas estabelecidos por Comte, mas que,

paradoxalmente, estava intrigada pelo advento da subjetividade que marcava os fenômenos mentais (ibid., p. 63). Neste trabalho, serão destacados três estudiosos importantes: Hermann von Helmholtz, Ernst Weber e Gustav Theodor Fechner.

O primeiro deles, Hermann von Helmholtz (1821-1894) era um cientista muito relevante para a física e fisiologia no século XIX, com diversos artigos publicados também na área da psicologia; tratou “da imagem persistente, do daltonismo, da escala musical árabe-persa, do movimento dos olhos humanos, da formação das geleiras, dos axiomas geométricos e da febre do feno” (ibid., p. 65-67). Uma das suas primeiras contribuições à ciência psicológica experimental foi a medição empírica da velocidade de condução de um impulso nervoso na perna de um sapo; também estudou o tempo de reação sensorial em seres humanos, em que constatou que havia muitas diferenças individuais, até mesmo divergências de medição em experimentos com uma mesma pessoa. Com outros estudos, hipotetizou que “o pensamento e o movimento seguem um ao outro em intervalo mensurável e não ocorrem simultaneamente”, mais preocupado com a velocidade de condução do que o significado psicológico de ambos (ibid.). Também se debruçou sobre a pesquisa a respeito da audição, “da percepção dos tons, da natureza da harmonia e da desarmonia e o problema da ressonância” (ibid.).

Um segundo cientista importante para o surgimento da psicologia experimental foi Ernst Weber (1795-1878), muito interessado pelo entendimento dos órgãos dos sentidos e por problemas de natureza psicológica (ibid., p. 67-69). Uma de suas grandes contribuições foi a pesquisa sobre o “limiar de dois pontos”, em que buscava determinar o limiar da distinção exata de dois pontos sobre a pele, aplicando sobre as pessoas um aparelho semelhante a um compasso, em que buscava identificar o “intervalo de tempo da distância entre dois pontos antes de o indivíduo experimentar duas sensações distintas” (ibid.). Percebeu que “quando os dois pontos de estímulos estavam praticamente juntos, as pessoas afirmavam sentir apenas um” (ibid.). Esta constatação o levou também a elaborar a primeira lei quantitativa da psicologia, chamada “diferença mínima perceptível”, que seria a menor diferença detectável entre dois estímulos físicos, por exemplo, até que ponto seria possível distinguir dois pesos. A pesquisa de Weber levou à demonstração de que “não há correspondência direta entre um estímulo físico e a nossa percepção deste estímulo” (ibid.); no entanto, seus estudos também enfatizavam mais a fisiologia do que a psicologia, assim como Helmholtz.

Por fim, será abordado Gustav Theodor Fechner (1801-1887), que se dedicou a distintas áreas como a fisiologia, a física, a psicofísica, a estética experimental e a

fisiologia (ibid., p. 69-73). Este estudioso possuía uma visão humanista que era contrária à visão predominante do mecanicismo nas ciências; tratava-se de um conflito que permeou seus trabalhos durante toda a vida: entre a metafísica e a ciência. Concebia uma “visão diurna”, para qual o universo era analisado pela consciência; e a “visão noturna”, para a qual tanto a consciência quanto o universo eram matérias inertes. Um dos problemas que lhe preocupavam era a relação quantitativa entre a mente e o corpo: “alegava que o aumento na intensidade do estímulo não produzia um incremento com a mesma proporção na intensidade da sensação” (ibid.); neste sentido, o estímulo seria quantificado por uma progressão aritmética e a sensação, por uma progressão geométrica. Com isso, estava colocado que a dimensão da sensação estava relacionada à quantidade de estímulos, o que lhe significava uma possível relação quantitativa entre o corpo e a mente; entre uma medição objetiva e subjetiva. E a medição das sensações envolvia dois limiares: o absoluto, que é o “ponto de sensibilidade abaixo do qual as sensações não são detectadas e acima do qual elas são percebidas”; e o diferencial: “o ponto de sensibilidade em que a menor alteração em um estímulo provoca uma mudança na sensação” (ibid.). Ao estudo científico das relações entre os processos mental e físico, denominou-se “psicofísica”. Para Weber, haveria uma psicofísica interna e outra externa. A primeira “refere-se à relação entre a sensação e a consequente reação cerebral e nervosa”; a qual não possível de ser medida; já a segunda se daria pela “relação entre o estímulo e a intensidade subjetiva da sensação, medida por meio dos seus métodos psicofísicos” (ibid.).

Há uma série de considerações sobre a psicofisiologia da modernidade que podemos tecer de acordo com Michel Foucault (1995), que pensa haver um conjunto de *enunciados* predominantes em cada momento histórico. Tais enunciados são criados por aqueles que ocupam os espaços superiores na hierarquia social e fundam instituições que fabricam os modos de assujeitamentos dos corpos. Em *As palavras e as coisas*, o autor explica que os enunciados são cadeias discursivas que situam entre a experiência e a representação teórica; são um conjunto de articulações que mediam a imanência do sujeito com as transformações do mundo. Nesta ótica, cada momento histórico será constituído de uma *matriz enunciativa* que regulará a *episteme*: o quadro geral do saber social. Os corpos são disciplinados conforme os interesses do Estado e das classes dominantes através da *episteme* geral de um dado espaço-tempo, um conjunto de discursos são implantados no corpo social para fundar um sistema de vigilância das subjetividades; já nos períodos de transição de um momento histórico a outro, pode

ocorrer uma superposição de várias camadas de discursos epistêmicos. Em *As palavras e as coisas*, Foucault (1995) argumenta que o século XVII foi marcado por um quadro epistêmico de universalização do saber obtido pela comparação entre as coisas; graças a René Descartes e sua generalização da dúvida, funda-se um sujeito que deve ser ativo na sua construção do conhecimento pela tentativa de estabelecer uma ponte entre as suas ideias e o mundo, sendo que somente um modelo matemático poderia proporcionar que esta ponte fosse construída com bases sólidas; este modelo deveria sustentar uma ordem convencional de signos e símbolos construída por um método universal que possa amparar a insegurança daqueles que duvidam de tudo. Este movimento cartesiano foi decisivo para afastar a humanidade subordinada a um pensamento religioso e se assegurar por um pensamento racional de um sujeito que pensa e que possui autonomia de estabelecer seus próprios juízos morais independentemente de qualquer influência divina. As instituições deverão ser instauradas com base em preceitos racionais; deve existir a figura de um Estado que possa responder por todos os indivíduos e protegê-los. As terras comuns são arcadas e tomadas por uma burguesia em ascensão que as transformam em propriedades privadas e provocam êxodo rural. Surge um processo nômade de movimento das populações desalojadas para as primeiras organizações urbanas e industrial; os sujeitos pobres começam a incomodar a burguesia e assim são criadas as instituições de enclausuramento dos pobres, onde devem ser colocados os doentes, os velhos, os órfãos, os loucos, os criminosos. Há assim um momento de individualização do corpo social por mecanismos de vigilância que se intensificarão no século XVIII, em que a sociedade disciplinar se tornou uma matriz enunciativa predominante através da criação de instituições modernas como a família nuclear burguesa, a escola, as fábricas, as empresas, as igrejas, os manicômios, as prisões e o hospital, que agora devem acomodar aqueles desajustados das instituições de enclausuramento do século anterior. Na família nuclear burguesa, opera-se uma lógica patriarcal em que os filhos, a mulher e os escravos são subordinados ao homem; o discurso do poder patriarcal molda a noção de uma família monogâmica heterossexual como mecanismo de garantia da propriedade privada; as práticas sexuais devem ter somente fins reprodutivos. O pensamento kantiano se tornou uma grande inspiração no século XIX para se pensar num sistema jurídico, econômico e político que deve ser *transcendental* e atuarem aprioristicamente sobre o corpo social através de regras e princípios. Neste contexto, podemos pensar a psicofisiologia emergente como um instrumento de normatização dos corpos pelo campo da medicina, que é convocada a intervir nessas instituições recém-criadas para afirmar os indivíduos

normais e os patológicos. Essa cultura normativa promove uma série de classificações dos perturbados que não se adaptam; as ciências humanas, como a psicologia, a antropologia, a pedagogia, a sociologia e a economia emergem para criar instrumentos de assujeitamentos dos corpos que devem ser corrigidos, ajustados, podados.

Em *Microfísica do poder*, a lógica de Michel Foucault (1986) para se pensar a modernidade se altera em certa medida. No capítulo “O nascimento da medicina social”, o autor relembra que as medicinas antigas, como as da Grécia e do Egito, tinham preocupações sociais e não centradas sobre a noção de um indivíduo. Ele reconhece que, em certo aspecto, a medicina moderna se tornou individual devido às relações de mercado presentes numa economia capitalista que se faz através do lucro da relação entre médico e doente num espaço de atendimento clínico em que o corpo passa a ser desmembrado em suas características anatômicas e fisiológica (ibid., p. 46). No entanto, Foucault (1986) começa a pensar que a medicina moderna se forma principalmente em seu aspecto social quando precisava atender às demandas de um Estado para classificar e controlar sua população através de dados coletivos. Isto é, forma-se uma medicina baseada numa tecnologia de corpo social, que seria individualista apenas em um dos seus aspectos. Os séculos XVIII e XIX presenciaram uma intensificação do capitalismo que socializou a noção de corpo como forças de produção, de trabalho e os indivíduos passaram a ser coletivamente manipulados pela apropriação dos seus corpos na cadeia econômica. Neste sentido, afirma o autor que “o corpo é uma realidade biopolítica” (ibid., p. 46).

Foucault (1986) ainda busca remontar a história da medicina moderna com base em três espaço-tempos distintos. A princípio, surge uma medicina de Estado na Alemanha no século XVIII que possui o próprio Estado como objeto de conhecimento, o qual deveria ser conhecido em termos de seus recursos naturais, das características de sua população e do funcionamento geral do seu aparelho político. Os profissionais de medicina ganharam maior autonomia para normalizar as práticas sociais através de seus saberes; as universidades se tornam as principais responsáveis junto de suas corporações médicas pelo encargo de decidir como seria a formação desses profissionais, que devem ser controlados por uma organização administrativa; neste panorama, os governos nomeavam médicos para agir em uma certa região sob seu domínio de poder anatômico-fisiológico. No caso da França, a medicina urbana surgiu acompanhada por uma cultura do medo que começou a assolar a população: medo das oficinas, das fábricas, das casas altas demais, do superpovoamento e, em especial, das epidemias (ibid., p. 86-87). Cabe destacar que o medo das epidemias emerge principalmente com as irregularidades dos

cemitérios, nos quais os corpos eram jogados uns sobre os outros numa vala comum. Em torno dos claustros, foram construídas casas que desmoronaram devido ao amontoamento dos cadáveres; o espalhamento dos esqueletos trouxe pânico e doenças. As pessoas começaram a relatar que “a infecção causada pelo cemitério era tão forte que [...] o leite talhava imediatamente, a água apodrecia, etc.” (ibid.). Portanto, a burguesia aperfeiçoa o modelo médico-político da quarentena da Idade Média para inspecionar o acúmulo e a circulação das pessoas nas cidades, bem como a desenvolver uma gestão sanitária das fontes de água, dos esgotos, das lavanderias e do fluxo de ar, com a perspectiva de manter uma salubridade preocupada com a relação entre os organismos e o meio ambiente. Por fim, na Inglaterra, onde a Revolução Industrial se acelerou de modo voraz no século XIX, tornou-se uma questão importante pensar coletivamente a saúde dos proletários; surge uma “medicina dos pobres” que se baseava em um conjunto de instrumentos jurídicos para se fazer um controle médico dessa população e torná-la mais apta ao trabalho industrial. Em 1875, são instalados os *health services* responsáveis pela vacinação dos indivíduos, pelo registo das doenças epidêmicas, pela destruição de focos de insalubridade; o sistema médico inglês se torna então sofisticado e passa a ser subdividido nos âmbitos assistencial (voltado ao atendimento público dos mais pobres), administrativo (responsáveis pelas fiscalizações epidemiológicas do Estado) e privado (direcionado para as classes mais altas) (ibid.).

Assim, as perspectivas de Michel Foucault nos fazem entender que os estudos fisiológicos sobre o cérebro que ocorreram no século XIX estão associados a um vasto processo histórico de medicalização do saber e de anatomização dos indivíduos que devem ser controlados em seus aspectos individuais e coletivos. Essa história da medicina exerce seus enormes efeitos sobre a engenharia de tecidos neurais nos mundos de hoje, visto que o desenvolvimento de órgãos em laboratório visa a atender aos mais variados interesses de clínicas e indústrias biomédicas. Os pesquisadores que fabricam órgãos em laboratório estão presentes num sistema múltiplo de vigilância e estão atravessados por dispositivos de poder econômico, jurídico e administrativo que afetam suas práticas. Portanto, não podemos estudar a bioengenharia fora de seu contexto psíquico-coletivo.

### **3. Do inconsciente molar ao molecular:**

Para Deleuze e Guattari (2007), o que permite qualquer organização social é a comunicação dos inconscientes: primeiramente, ocorre um investimento do desejo no campo familiar, que se funda por um jogo de representação simbólica de um sistema de

aliança/filiação associado à apropriação dos territórios, que se tornam codificados; depois, surge um investimento do desejo para o sistema do Estado, e toda a sociedade delira junto com o déspota paranoico que toma para si a divindade e os sistemas de produção; e a abstração do mercado financeiro-industrial que toma conta de uma nova organização social totalmente contratualista e calcado na sociedade privada.. Em todas essas instâncias, que são abstrações universais que Deleuze e Guattari (2007) fazem, há um investimento inconsciente que não é totalmente percebido pelas máquinas humanas; evidentemente, trata-se daquilo que impulsiona o âmago das ações humanas que não são providas de uma racionalidade pura. Queriam os liberais que os seres humanos fossem os mais independentes possíveis, os mais racionais que pudessem ser, para que pudessem tomar conta do livre mercado que se autorregula por si mesmo, sem tanta intervenção do Estado que somente traria perturbações. Pois esse sonho dos liberais – da racionalidade mais pura – se torna inviável quando se constata que o inconsciente assombra qualquer processo de decisão, pois ele faz parte da própria institucionalização das ladrilhas que preenchem o campo social. Então não existe liberdade?

Por enquanto, tratamos de uma história universal das contingências, como queria Marx e como querem Deleuze e Guattari. Esta história já nos explica: há liberdade diante das contingências. Antes foi Deus que criou o Universo e que cedeu a liberdade aos seres humanos contingenciados. Agora é o Inconsciente que faz lembrar que tal liberdade é apenas superficial, pois Ele que move todas as associações entre as máquinas pelas profundidades através do impulso das forças desejantes. Isso ocorre porque em todo campo social há um delírio que o percorre e o faz aglutinar. Seja o delírio da família, do déspota ou da moeda. É uma cadeia inconsciente que “mobiliza um jogo delirante de desinvestimento, de contrainvestimentos, de sobreinvestimentos” (ibid., p. 366).

Esse delírio inconsciente oscila entre dois polos: a *paranoia*, que é uma força organizadora, autoritária, que promove o investimento do desejo em uma soberania central; é aquele que combina e manobra as massas; a *esquizofrenia*, que é uma força desorganizadora, rebelde, que traça linhas de fugas do desejo, que ultrapassa o muro e se lança nos fluxos desordenados. Por ser o organizador das massas, o paranoico seria aquele que opera com grandes números, com formações estatísticas de multidões organizadas, por isso, lida com fenômenos de física molar. Ao contrário, o esquizofrênico está preocupado com as singularidades, com os desvios de rota às convenções, sua intenção se volta a uma física molecular. O paranoico vai na direção da macrofísica e do macroinconsciente, que opera com leis estatísticas, enquanto o esquizofrênico se lança à

microfísica e ao microinconsciente, onde os fenômenos moleculares são aleatórios. Dizem Deleuze e Guattari (2020, p. 370): “Em ambos os casos, o investimento é coletivo [...]; mesmo uma só partícula tem uma onda associada como fluxo que define o espaço coexistente de suas presenças”.

É assim que encontramos o amálgama entre aquelas dobras do sistema nervoso, organizadas pelas forças plásticas e elásticas, com as dobras do campo psicossocial, formados pela força do perverso, do terrorista/conquistador, do cínico/piedoso. Pois “é indiferente dizer que as máquinas são órgãos, ou que órgãos são máquinas” (ibid., p. 376). A verdadeira distinção que se deve estabelecer é entre as “máquinas molares, sejam elas sociais, técnicas ou orgânicas, e as máquinas desejanças, que são de ordem molecular” (ibid. p. 378). Ou seja, em todos os estágios, desde as moléculas às grandes populações, haverá fluxos inconscientes que tendem à ordem e à desordem. Há sempre um fluxo de energia desejança que perpassa pelas formações sociais das máquinas.

No nível microscópico do sistema nervoso, podemos constatar que há uma microfísica regulada por forças elásticas e plásticas e existem tanto o polo paranoico, que visa à organização do sistema pelos conglomerados de células e de complexos supramoleculares, quanto o polo esquizofrênico, que se vincula à lei da entropia e dos fluxos metabólicos desviantes. Sem dúvidas, esta microfísica está associada a um nível de representação sensível, pois as moléculas se reconhecem numa cadeia de intercomunicação semiótica graças à qual se aproximam ou se repelem, reagem ou não reagem quimicamente. Do mesmo modo as células se estabelecem em comunidades para a formação de tecidos através de um sistema de reconhecimento social, de modo que haja dobras de almas sensíveis associadas as dobras de matéria.

No nível macroscópico das coletividades, também há o fluxo de energia desejança que perpassa os agrupamentos sociais entre órgãos e aparelhagens tecnológicas e os assentam num *socius*, que vincula um sistema de organização social a um modelo de representação do mundo (a um delírio coletivo), que possui tanto seu lado organizador (domínio sobre o território e sobre a produção) e desorganizador (momentos de instabilidade territorial e produtiva). Desse modo, em todas as escalas de proporções, há uma síntese entre a paranoia e a esquizofrenia no regime de associação de máquinas mobilizado pelo fluxo de energia. Seria o fluxo de energia aquele que une o labirinto da matéria ao labirinto da alma?

## CAPITULO 5

### A neurocultura contemporânea

Quando adentramos às neurociências, percebemos rapidamente que se trata de um campo repleto de disputas teóricas e políticas (DUARTE, 2017). São distintas territorialidades intelectuais, modos diferentes de instituir aquilo que se compreende como sistema nervoso. Por isso, precisamos o tempo todo fazer escolhas sobre o que nos interessa apresentar nesse trabalho. A pergunta básica que nos motiva neste capítulo é: além de entender o processo de biofabricação propriamente dito, como as neurociências e a cultura têm pensado o sistema nervoso? É muito recente a perspectiva de que o cérebro *pensa*, que existe uma *consciência* ou mesmo uma *mente*. Em torno do sistema nervoso, são construídos discursos, metáforas, alegorias que transformam este objeto num verdadeiro espetáculo conceitual; as dobras de neurônios despertam fábulas de ficção científica que fazem o cérebro falar, pensar, sentir, sorrir, chorar, tal modo que este órgão específico do sistema nervoso é arrancado do corpo para se tornar um sujeito próprio. Escrevemos neste capítulo sobre alguns aspectos da neurocultura contemporânea num permanente entrecruzamento com a antropologia, com a política, com a sociologia, com a economia, com a história e com a filosofia.

#### 1. As armadilhas do cerebralismo radical:

Quando se trata de um estudo sobre o sistema nervoso, mesmo que biofabricado, inevitavelmente se evoca o território das neurociências. Porque os suportes tridimensionais de cérebro/nervos/medula/etc. que são impressos, a ambientação do biorreator, a nutrição e a psicofarmacologia possuem como referência uma multidão de saberes neurocientíficos. Não somente no seu aspecto biológico, como também cultural. Sabemos que as neurociências são muito famosas, que se tornaram bastante populares nas últimas décadas, especialmente porque aquilo que se pensa sobre o cérebro tem se relacionado com o que se pensa como sujeito na modernidade, portanto, precisamos rever antropologicamente o que se tornou cristalizado, enrijecido e hegemônico nas neurociências e em seus modos de fabricação de subjetividades, sobretudo pela dinâmica de um mundo capitalista que transforma um sistema nervoso num objeto discursivo de mercado (DUARTE, 2017).

No artigo “Ciências humanas e neurociências: um confronto crítico a partir de um contexto educacional”, Duarte (2017) nos ressalta um grande desafio que as ciências humanas têm enfrentado quanto às ambições das ciências biomédicas, pois estas pretendem muitas vezes criar uma perspectiva fisicalista do ser humano. É fruto da modernidade a concepção de que os neurônios devem ser entendidos individualmente como partes de um quebra-cabeças muito maior – o cérebro – para poder explicar a cultura, a sociedade, a história filogenética humana, os valores, a liberdade. Essa empreitada é motivada pelo “cerebralismo radical das referências à condição humana e o caráter aleatório, assistemático e superficial da tentativa de demonstração da variedade e complexidade da experiência sociocultural da humanidade” (DUARTE, 2017, p. 2). Em contrapartida, há aqueles que simplesmente se fecham nas neurociências e apenas se contentam em explicar biologicamente os eventos cerebrais sem preocupação alguma com aspectos históricos, sociais, filosóficos, pois seria como se essas áreas fizessem parte de um universo paralelo que não lhe diz respeito dentro daquele espaço do laboratório ou escritório; sua mentalidade teórica e sua atuação técnica estão aprisionadas àquelas paredes, àquelas teorias sem nenhuma abertura ou flexibilidade ao que existe mundo afora; estão presas numa caverna em que elaboram representações sobre o sistema nervoso como se fosse um objeto imparcial e objetivo. Em resumo: de um lado, uma universalização do sistema nervoso como explicador de tudo (programa forte das neurociências); de outro, um isolamento desse sistema de qualquer outro componente da realidade (programa fraco).

Na literatura sobre as neurociências, Duarte (2017) aponta para dois estilos retóricos que têm surgido: a retórica da exuberância enaltece os projetos neurocientíficos de pensar a humanidade e a retórica da crítica faz a denúncia dessas ambições socioculturais. O aspecto problemático da retórica da exuberância é denotado por profundas implicações éticas que postulam “um regime de autoridade e responsabilidade mecânico, autorreferido e extrassubjetivo, infenso e hostil à compreensão das condições culturais e psicológicas que instituem os sujeitos na vida social” (DUARTE, 2017, p. 2) Em contrapartida, a retórica da crítica muitas vezes tende a menosprezar as contribuições das neurociências para se pensar a cultura de um modo não determinista. Enquanto isso, há aqueles nas neurociências que seguem pelo caminho do meio; por exemplo, Clifford Geertz (1973) entende que há um sistema de retroalimentação positivo entre o padrão cultural, o cérebro e o corpo; e Bruno Latour (1994) defende que as distinções entre natureza-cultura, sujeito-objeto, corpo-cultura são apenas ficções da modernidade que

criaram barreiras ilusórias entre os saberes científicos e humanos; também investigou em campo sobre os aspectos institucionais e antropológicos presentes em grandes laboratórios que estudam o sistema nervoso.

Em seu texto sobre as neurologias das interconectividades, Vilalta (2019) afirma que há três principais modelos sobre o cérebro que são recorrentes. O primeiro é aquele em que o cérebro é considerado um sujeito próprio, dotado de uma mente, espírito ou consciência. No século XIX, a preocupação da neurociência era estudar os neurônios individualmente, até porque ainda não havia um sistema de computação que pudesse amplificar, filtrar, apresentar, analisar e estocar dados da atividade de dezenas de neurônios, sequer de milhões. Todavia, com o desenvolvimento das tecnologias de processamento de dados a partir do século XX, os neurocientistas puderam se aproximar de uma perspectiva estatística e estudar os neurônios coletivamente, o que significa um estudo populacional de redes de células que se intercomunicam; essas redes de neurônios produzem outras redes e estão também conectadas com o mundo. No terceiro capítulo, apresentamos a história da mecânica estatística e da teoria do caos para mostrar como se chegou aos estudos das redes neuronais, e de que modo esses estudos apontam para uma possibilidade de investigação da consciência sem um reducionismo cerebral – pois o próprio mundo é feito de dobras dentro de dobras, o que significa que a realidade possui infinitas interconexões em várias dimensionalidades, e que o sistema nervoso seria uma dobra entre outras que media a relação do sujeito em individuação com o mundo. A perspectiva reducionista considera que o cérebro e os neurônios já estão individuados; também se trata de uma visão construída a partir de estudos do cérebro no laboratório, em condições extremamente controladas, o que restringe o conhecimento do objeto a esse ambiente em vez de buscar compreender o cérebro na sua própria realidade, na vivência concreta do sujeito no mundo. A perspectiva reducionista, portanto, não considera um processo de individuação que perpassa pelas dimensões física, biológica, psíquica e social simultaneamente.

O segundo modelo tem sua origem no século XX com o advento da computação e da teoria cibernética, quando se culminou a metáfora do cérebro como uma máquina digital, na tentativa de correlacionar a cognição com o processamento de dados eletroquímicos em grande escala pelo computador. Inúmeras foram as analogias entre cérebro e computador construídas nessa época, promovendo o fenômeno do computacionalismo, o qual inclusive acredita que toda a experiência humana poderia ser reproduzida por uma simulação digital e que as máquinas digitais poderiam até substituir

a atividade humana. Sob a perspectiva simondoniana, o computacionalismo estaria inadequado porque busca apreender a individuação do cérebro a partir de modelos pré-estabelecidos de uma máquina digital, que possui uma realidade técnica totalmente distinta do que teria o sistema nervoso nos animais, que estão presentes no ambiente e cujo aparato está em individuação há milhões de anos numa longa história filogenética. Portanto, a relação entre cérebro e máquina seria uma metáfora que tende a causar muita confusão. Diz Vilalta (2019) que o problema central não é a existência de algumas analogias que podem ser feitas entre cérebro e máquina, mas a negligência do processo de individuação do cérebro com esquecimento das dimensões do desejo e dos valores socioculturais que afetam o sistema nervoso (ibid. p. 63).

O terceiro modelo está mais próximo do pensamento de Simondon, que concebe o sistema nervoso num processo de individuação que possui uma dinâmica metaestável e transindividual, sendo “uma grande membrana paradoxal que faz ressoar o mundo no indivíduo e o indivíduo no mundo” (ibid., p. 59). Podemos afirmar que todo o sistema nervoso não é um objeto acabado, fechado, reduzido e preso a informações eletroquímicas totalmente controladas, já que o sistema nervoso é composto de muitos outros órgãos além do cérebro, e de várias outras células além de neurônios, como apresentamos nos dois primeiros capítulos desse trabalho. Portanto, esse sistema deve ser considerado em sua concretude, com suas espontaneidades, com seus instintos, suas paixões, não como um sujeito do laboratório. Então podemos pensar numa ontogênese do sistema nervoso como um processo de individuação que perpassa pelas dimensões psíquicas e transindividual, para além de modelos substancializados, individualizados, computacionalizados. Há uma contínua comunicação entre o interior e o exterior. Trata-se de uma perspectiva de sistema nervoso diferente daquelas que são criticadas por Duarte (2017), porque não busca transformar o cérebro num sujeito finito e acabado, tampouco reduzi-lo como formador da cultura e da sociedade, mas busca pensar como o mundo e o cérebro se relacionam, porque toda a realidade é feita de interrelações, como dizia Leibniz. A ontogênese do cérebro deve religar ser e devir; estar aberta a afecções, percepções, emoções, sensações. Além disso, não somente o cérebro, como todo o sistema nervoso seria “uma rede de redes que conecta as redes neurais com as redes tecnológico-digitais” (VILALTA, 2019, p. 67), o que representa um encontro entre os seres, as técnicas e as ficções filosófico-científicas em uma sociedade capitalista e repleta de dispositivos de controle e tecnologias de saber-poder.

## 2. O sistema nervoso na cultura popular:

Com a popularização das neurociências ao longo do século XX, têm surgido muitas metodologias populares que prometem oferecer uma otimização da performance cognitiva dos indivíduos, com técnicas de autoajuda e reprogramação mental que supostamente garantiriam um estilo de vida saudável (ORTEGA, 2009). Nas mídias e nas redes sociais, propaga-se uma linguagem médico-fisicalista baseada em constantes biológicas que destacam um *self neuroquímico*, em que obviamente o cérebro é colocado num lugar privilegiado para tratar da individualidade, com um sistema de referências neuroessencialistas, neurorrealistas, neuropolíticas que resultam em interpretações populares motivadas por um entusiasmo acrítico. São novos sujeitos cerebrais por fabricados por tecnologias de si que se intensificaram após a segunda guerra mundial, quando surgiram narrativas de corpos-máquinas que extravasaram do mundo cibernético e computacional, com identidades sendo descritas em termo de comunicação e informação. Essa nova faceta do humano vem acompanhada das técnicas de neuroasceses, que prometem produzir corpos com um sistema nervoso de alta performance; que acreditam na existência de fatos objetivos sobre si mesmos comprovados por uma neurociência enfeitada por discursos midiáticos presentes em jornais, revistas, televisão e cinema.

Neste cenário, podemos perceber neurocomunidades que se agrupam segundo um critério biossocial, conforme Ortega (2009) nos destaca: (a) os grupos que se reúnem para promover competições cerebrais pelos chamados “clubes do cérebro”, “campeonatos mundiais de memória”, “olimpíadas de esportes da mente”, que destacam um individualismo aos moldes de um heroísmo norte-americano e enaltece imaginários de um ser humano extra-robótico; (b) as comunidades virtuais que se formam em redes sociais na *internet*, com usuários que se dedicam a comentar sobre assuntos cerebrais e alimentam uma indústria neurocientífica promotora de compras-online que “não só inclui livros, jogos, videogames, mas também camisetas, bonés, canecas, mousepads, neurocalendários, entre outros” (ibid., p. 250); (c) grupos de apoio para quem possui doenças neurodegenerativas, como Alzheimer, esquizofrenia, Parkinson, esclerose múltipla, TDAH, etc.; e (d) os apoiadores da neurodiversidade que defendem que alguns indivíduos possuem um conjunto de conexões neurológicas atípicas, como os autistas, e que isso representa outros modos singulares de subjetividade que devem ser respeitados.

Existem ainda outras neurocomunidades contemporâneas que são características do nosso tempo; as suas coesões ocorrem em torno de um conjunto de práticas científicas,

sociais, políticas e neoliberais que se sedimentaram por vários dispositivos de saber-poder. Ortega (2009) descreve essas coesões pelo conceito de neurosociabilidade, como explicamos a seguir:

A noção de neurosociabilidade permite compreender como o sujeito cerebral se torna um critério de agrupamento, isto é, como dá lugar à formação de diversos grupos, sejam eles de portadores de alguma doença neurodegenerativa e seus familiares, ou de indivíduos que se reúnem para testar a sua performance cerebral, ou de grupos de autistas que usam o critério cerebral para reclamar um acesso à cidadania que o modelo biomédico lhes tinha negado. Um modelo de “subjetividade-objetiva”, como em um oxímoro, que surgiu a partir de uma ideologia reducionista e solipsista da compreensão da subjetividade e da vida social, serve paradoxalmente para criar novas formas de subjetividade e de sociabilidade que têm no cérebro a sua âncora. Obviamente, existe uma diferença do ponto de vista do significado sociopolítico entre grupos de apoio a portadores de doenças e transtornos específicos, grupos pró e anticura, que aparecem no debate em torno do autismo, por um lado, e neurocomunidades de adolescentes, clubes do cérebro e empresários dos neuronegócios, pelo outro. Ambos os grupos têm o cérebro como referência. Todavia, enquanto os primeiros poderiam ser compreendidos como formas de resistência a um tipo de racionalidade política neoliberal aparelhada com tecnologias neurocientíficas, os segundos se enquadram plenamente nos objetivos dessa racionalidade política (ORTEGA, 2009, p. 251).

As mais distintas neurocomunidades se tornaram um nicho importante de consumidores de tecnologias e de uma literatura cor-de-rosa de ficção científica. Nos anos 1990, buscou-se muito relacionar as teorias de plasticidade cerebral com modelos de neuronegócios; muitas empresas passaram a vender técnicas de prosperidade que improvisassem a plasticidade do cérebro. Como se fossem músculos, os sulcos deveriam ser treinados por uma ginástica mental. É um verdadeiro programa *fitness* que tem como foco aperfeiçoar a velocidade, a precisão e a intensidade do processamento do sistema nervoso. Outras técnicas prometem vida mais longa, com cérebro rejuvenescido e o declínio mental adiado; esse discurso tende a atingir principalmente os idosos, com modelos de neuronegócios que são promissórios para prevenir processos de demência e reverter envelhecimento. Também exploraram o conceito de neuroplasticidade, com livros que querem utilizar técnicas para “identificar significados ocultos nas conversas das pessoas, absorver fatos como esponjas [...]; ler e compreender um livro em trinta minutos; ou gravar na memória fatos, imagens e até livros complexos” (ibid.). Nos anos 1980, surgiu a chamada neurolinguística, que acreditava no poder da mente de transformação imediata da matéria e da realidade, utilizando a metáfora de que as crenças, os desejos, o pensamento são *softwares* instalados num *hardware*, que é o cérebro. Nos anos 1960, essas mesmas receitas eram vendidas por um repertório chulo de *mind-power*

e através de uma literatura *psycho-cybernetics* que se apropriavam de um vocabulário cientificista para buscar legitimidade, por isso, “falam de forças, vibrações, eletromagnetismo, hemisférios cerebrais” (ibid., p. 253).

Na década de 1960, havia um discurso biologista pós-Broca que defendia o cérebro como um ser duplo: possui duas grandes regiões, o hemisfério direito e o hemisfério esquerdo, que estão em rivalidade entre si. Nesta perspectiva, o hemisfério esquerdo seria superior ao direito por estar associado a atividades intelectuais, racionais e civilizadas, sendo característico de homens brancos europeus; e o hemisfério direito preponderaria nas classes excluídas: mulheres, criminosos, indígenas, negros, loucos, homossexuais, transexuais, etc. Como resposta a essa concepção, o mercado começou a explorar uma suposta “revolução” do hemisfério direito, com um *boom* de tecnologias que prometiam utilizar esse hemisfério “menosprezado” para melhorar a performance do raciocínio e da memória, “para combater a depressão, a ansiedade, as adições e compulsões diversas, até melhorar a performance sexual, atingir a felicidade ou estabelecer um contato direto com Deus” (ibid., p. 253). Assim, foram inúmeras as tentativas bizarras de tipificar “artistas, músicos, políticos e ditadores, segundo sua ‘orientação’ cerebral, até a sexualidade tântrica, a capacidade mediúnica e outras atividades paranormais próprias do cérebro direito” (ibid., p. 254). Tais narrativas foram incorporadas inclusive pela pedagogia dos anos 1960, a qual buscava equilibrar os hemisférios cerebrais, propondo no currículo uma formação que enfatizasse o desenvolvimento do hemisfério direito para compensar a supervalorização do hemisfério esquerdo, o que solucionaria muitos fracassos educativos e tornaria a escola mais empolgante para os estudantes. Diz Ortega (2009) que “os educadores não aprenderam novos desenvolvimentos a partir da literatura primária, mas predominantemente de livros e revistas que popularizam esse conhecimento” (ibid. p. 254).

Em suma, podemos concluir que, ao longo de todo século XX, popularizou-se um “sujeito cerebral” que “implica formas de subjetivação, isto é, relações consigo e com os outros” que remetem “a visões reducionistas e empobrecidas da vida subjetiva e relacional, segundo as quais o cérebro responde por tudo” (ibid., p. 256). Estes discursos caíram como uma luva na época da governamentalidade neoliberal, segundo a qual cada indivíduo seria empreendedor de si mesmo, com autonomia para gerir riscos e capaz de se adaptar cada vez mais às demandas do mercado; então as medidas neuroeducativas seriam fundamentais para um aprimoramento cognitivo elaborado por práticas

neuroascéticas. No fim das contas, todos estão assujeitados numa concepção de si que satisfaz jogos de saber-poder de vários interesses capitalistas instalados no tecido social.

Em seu texto “Sociedade de controle, o neoliberalismo e os efeitos de subjetivação”, Neves (1997) afirma que a sociedade contemporânea, sob a ótica de Deleuze, não está mais constituída por uma base disciplinar; pois agora estamos num “controle contínuo e comunicação instantânea”, o que forma “uma sociedade calcada em modelos fluidos de dominação, de autocontrole, autovigilância”, com uma dinâmica de trabalho cada vez mais intensificada e com a hipervalorização das mercadorias (ibid., p. 84). Enquanto nas sociedades disciplinares percebemos uma tentativa de encaixe da subjetividade em um modelo fixo e determinado, as sociedades de controle utilizam mecanismos de moldar os corpos de modo incessante, ininterrupto, transformando a subjetividade rapidamente em outras moldagens.

Neste ritmo desenfreado e esquizofrênico do capital, as mídias e os mercados buscam novas fábricas de sujeitos-cérebros, remodelam suas operações mediadas “pela automação, pela microeletrônica, pela robótica e pela produção de subjetividades *mass-midiáticas* imprimindo um novo contorno às Nações, um novo ritmo e novas formas de ocupação” (ibid., p. 87). Assim, as subjetividades tendem a ser manipuladas em seus gostos, seus desejos e nos modos que reconhecem a si mesmas num constante efeito de desestabilização que provoca uma compulsão de consumo arquitetada pelo Capitalismo Mundial Integrado (CMI), como chama Félix Guattari (1991). Por sua vez, esse regime capitalista instalado em todos os campos do mundo e que coloniza os inconscientes “opera por um processo intenso de desterritorialização – não se impõem limites geográficos nem tampouco limites com relação a expansão de si mesmo”; perpetua-se um fluxo de mercadoria-capital-subjetividade associado à intensificação de zonas de desigualdade, exploração e miséria (ibid., p. 87).

As máquinas cerebrais se acoplam às máquinas capitalísticas para formar “indivíduos-metástases, massas amorfas a serem constantemente divididas e modeladas”, com mecanismos cada vez mais rápidos, imperceptíveis, constantes e ilimitados (ibid., p. 88). Por isso, numa dinâmica neoliberal que precisa manter o fluxo dos mercados, há uma produção incessante de novas tecnologias cerebrais, de autoajuda neuroquímica, de modelos de identificação cérebro-máquina, de técnicas de neuroplasticidade, de hardwares neuroeletrônicos, assim como há produção da necessidade de consumo dessas novas tecnologias. Talvez a única escapatória se dê com a tarefa das neurociências contemporâneas de abandonar suas amarras neoliberais e cartografar quais são os efeitos

do capital sobre seu próprio campo teórico que constrói ficções, narrativas e práticas sociais; os estudos neurocientíficos devem percorrer linhas nômades de pensar o sistema nervoso que estejam em conexão com o desejo e com a expansão da vida, com a invenção de novos territórios em que as subjetividades não são meramente capturadas por forças do mercado, mas que possam potencializar a si mesmas em novos mecanismos de produção de sentido e de liberdade.

As neurociências nunca mais serão as mesmas com a produção de novos tecidos cerebrais. Estamos falando de uma máquina-viva sendo produzida por laboratórios e por corporações industriais. Não podemos prever nem sequer ter domínio sobre o futuro das tecnologias que são fabricadas, como aponta Latour (2017). Neste sentido, não temos dúvidas que este é um material quente para o mercado e seus novos rumos, com novas narrativas acerca do que seja o humano. Afinal, a própria humanidade é uma instituição que se desenrola no processo histórico por movimentos instituintes e instituídos (BAREMBLITT, 2002). Por isso, nós – cientistas, engenheiros, filósofos, antropólogos, políticos, psicólogos, etc. – precisamos tecer um pensamento crítico ao pisar neste terreno com uma certa lucidez ético-estética, já que o principal objetivo seria produzir órgãos que estejam a favor da potência da humanidade e não da sua destruição.

### **3. A engenharia de tecidos neurais na tecnociência:**

Segundo Donna Haraway (1976), uma parte comum da matéria discursiva nos dias atuais é o hipertexto. Ele se desdobra em “possíveis caminhos de ação em um mundo para o qual serve simultaneamente como uma ferramenta e como uma metáfora” (p. 125). Cria redes de conexões, de relacionamentos; produz consciência dos objetos que constitui, redobra matérias e dobra almas. O hipertexto se faz por uma miríade de negociações diárias entre humanos e não-humanos que se compõem nas tecnologias e caracterizam signos que fluem pelas ciências da vida. Um exemplo que Haraway cita são as células-tronco totipotentes, que podem se diferenciar para gerar todo tipo possível de matrizes de células durante o desenvolvimento humano; seu genoma é “indeterminado” e “multitalentoso” (ibid.). E objetos como “feto, chip, computador, gene, raça, ecossistema, cérebro, banco de dados”, sexualidade, gênero são “células-tronco do corpo tecnocientífico”, pois se formam em práticas heterogêneas num meio semiótico material (ibid. p. 126).

Sob a perspectiva de Haraway (1976), podemos apreender que as células-troncos neurais, o sistema nervoso e a engenharia de tecidos seriam um “nó de práticas de

produção de conhecimento, de indústrias e comércios, de cultura popular, de lutas sociais, de formações psicanalíticas, de histórias corporais humanas e não-humanas” (ibid., p. 126). Remetem a fluxos locais e globais que desdobram narrativas herdadas em novas histórias e novos processos culturais. A cognição e a comunicação passam a atravessar o hipertexto da bioengenharia do tecido “para borrar os limites entre o exterior e o interior, humano e máquina, sujeito e objeto”, um hipertexto que é difícil de construir, mas não impossível; e pode ainda mudar o senso comum da relação entre as coisas. Neste sentido, a bioengenharia deve fabricar órgãos numa relação material-simbólico-psíquica com a realidade de modo transversal, sem barreiras (ibid.). Este hipertexto é uma alegoria que pode influenciar novas maneiras de escrever ficções, conduzir bolsas de estudos e a construção de redes no mundo humano e não-humano. Tanto o genoma quanto o cérebro se tornam – literalmente – bancos de dados que se constroem no manuseio da informação transdisciplinar, documentada em diversos territórios políticos-existenciais aderida a muitos campos da experiência. Projetos como o genoma humano e o mapeamento do cérebro condensam contestações a versões técnico-científicas de democracia e liberdade (ibid.).

Desse modo, as células-troncos ou tecidos neurais a partir deles construídos não seriam algo irreal ou inventadas por serem construídas. Pelo contrário, as células-troncos podem ser pensadas alegoricamente como nós que se multiplicam e se desdobram não apenas em tecidos, mas em fios pegajosos que são interconectados a todos os cantos do mundo, tais como a *World Wide Web (WWW)*, de maneira que até a internet possa ser considerada uma alegoria de tecidos tentaculares que se formam com as redes de poder (ibid.). Haraway (1976, p. 130, traduções nossas) questiona:

Como as células-troncos técnico-científicas se ligam umas às outras de maneiras separadas e inesperadas e se diferenciam em mundos inteiros e formas de vida? Como que humanos e não-humanos diferentemente situados se encontram e materializam mundos de certas formas em detrimento de outras?

Por sua vez, Bruno Latour (2017) diz que “entramos num mundo de onde nunca saímos, salvo nos sonhos – os sonhos da razão” (p. 325). Para ele, quando se separa humano de objeto, natural de artificial, fato de fabricação, ignora-se os híbridos, isto é, os seres que rompem com a existência de tais barreiras, de modo que estejam ilesos de qualquer consequência (ibid., p. 328). E, nesta lógica, justamente por não poder separar fato de fabricação, Latour (2017) defende que aquilo que os humanos criam possuem autonomia, realidade e são independentes de suas mãos, como aconteceria com os tecidos

neurais biofabricados. Em suma: “os cientistas de laboratório produzem fatos autônomos”; mas não está no comando porque são ligeiramente surpreendidos pela sua própria criação nos eventos de que participa (ibid., p 333). Para o Latour (2017), “o pensamento é apreendido, modificado, alterado, possuído por entidades não-humanas que, por sua vez, [...] alteram suas trajetórias, seus destinos, suas histórias” (ibid.). Por isso, está em jogo o domínio sobre o mundo, pois “os modernistas acreditam estar fazendo o mundo à imagem deles, tal como Deus os fez à sua” (ibid., p. 333).

Em vista disso, ao se investigar a constituição de um tecido nervoso artificial, tanto em sua materialidade quanto em sua espiritualidade, deve-se modificar a antropologia da criação por meio de uma nova teoria da ação: aquela que se localiza entre o cientista e a criatura, entre o fabricante e o fabricado (ibid.). E como, num mundo de dobras alegóricas, “poderíamos sobreviver sem esta distinção entre questões epistemológicas e ontológicas” (ibid.)? Ou ainda, questiona Nietzsche (2007, p. 36-37): “o que é, pois, a verdade”, sendo que muitos se esquecem que o óbvio, o canônico, e o obrigatório já foram antes um exército móvel “metáforas [ou alegorias] que se tornaram desgastadas e sem força sensível”?

Em consonância com Deleuze (2013, p. 118) em “A vida como uma obra de arte”, não se deve buscar a lógica “de um sistema racional em equilíbrio” ao investigar as dobras da biofabricação, pois “mesmo a linguagem parece um sistema longe do equilíbrio” em suas alegorias e em seus desdobramentos. A lógica do pensamento é cheia de ventanias e terremotos, deve instigar uma pesquisa que busca se lançar a um mar de labirintos (ibid.). Portanto, a pesquisa sobre a bioengenharia deve se apropriar do “pensamento como arquivo”, tal que pensar seja um poder de escavar as dobras materiais e espirituais dos tecidos neurais, “com a condição de compreender que as relações de força [...] constituem ações sobre ações” e podem extravasar sujeitos rígidos (os quais imaginam estar separados da natureza, dos objetos, da metafísica) para um processo de subjetivação que inventa novas possibilidades de vida (ibid., p. 19). Neste sentido, “a arqueologia, a genealogia, são igualmente uma geologia”; e defende-se que seja possível tecer nós de “uma arqueologia do presente” para extrair das alegorias a visibilidade de épocas e seus regimes de luz, suas cintilações, seus reflexos, e seus clarões que se produzem no contato com as coisas (ibid.). Tem-se como intenção “rachar as palavras ou as frases para delas extrair os enunciados” (ibid.).

Sob a ótica de Bruno Latour (2017), a materialidade de um tecido artificial seria possível de ser apreendida num caminho entre o concreto e o abstrato na medida em que

sua concepção seja tecida numa “referência circulante”, que consiste na coexistência da articulação e da inscrição ao desenrolar do processo científico. Nesta lógica, “os tecidos neurais, os biocientistas, as impressoras 3D, as células troncos, a internet, os computadores, etc.” são proposições que estariam articuladas, ou conectadas, entre si e com uma superfície inscritível, que é uma zona comum que torna as conexões possíveis (ibid.). Assim, por meio da linguagem, busca-se investigar como as dobras participam desse processo metafísico, sem ignorar que os tecidos neurais enquanto proposições oferecem novos sentidos ontológicos – novos modos de estar – no universo, graças à atividade articulatória. Dito de outra maneira, captamos da referência circulante em torno da engenharia de tecidos neurais algumas colagens espaço-temporais que permitiram desenvolver novos sentidos políticos e científicos, numa trajetória que perpassa pela compreensão das suas dobras no âmbito da metafísica e do conhecimento. Sem dúvidas, é justo que seja um pensamento extrapolado na busca de novas ações éticas que façam modificar percepções estéticas de vivenciar a realidade.

## Conclusão:

Diante das múltiplas perspectivas possíveis de compreensão da realidade, a qual nos mostra ser um labirinto com várias cartografias que se articulam para constituir nossos territórios existenciais, decidimos nesta dissertação percorrer um caminho de desconstrução da *Monadologia* realizado por filósofos franceses contemporâneos, como sintetizamos a seguir:

I. Em sua *Monadologia*, Leibniz versa: **(a)** sobre um universo formado por infinitos pontos representativos; cada ponto possui uma energia cinética dotada de uma percepção (expressão passageira) e uma apetição (tendência de transitar sua expressão), sem que nenhuma força externa atue sobre ele; **(b)** a aglutinação das mônadas ocorre em diversos estágios de acordo com sua natureza; as mônadas simples estão profundamente adormecidas no berço do inconsciente, somente com percepção e apetição; as mônadas animais possui uma memória em adicional, que armazena uma série finita de acontecimentos; as mônadas racionais também possuem a faculdade do raciocínio e da imaginação; e a de Deus que tudo pode, tudo sabe e em que tudo está; **(c)** há a dimensão da matéria e do espírito, cada qual regida por suas próprias leis; a primeira tem a Deus como seu operário ou maquinista; a segunda tem a Deus como seu príncipe legislador que lhe oferece liberdade de escolha em meio às contingências.

II. Para Simondon, o mundo contém seres em processos de individuação em quatro níveis: **(a)** a individuação dos cristais representa um processo em que um sistema tenso e supersaturado de estruturas organizadas quanticamente atinge um estado de metaestabilidade transitória frente às contingências; **(b)** a individuação vital representa uma lentificação da individuação cristalina quando se emerge um meio interior tão rico quanto o exterior que passa a estabelecer um processo de intercomunicação com outros seres da mesma espécie originada numa individuação coletiva da espécie do vivente, pois este só surge enquanto uma individuação coletiva da história filogenética de sua espécie; **(c)** a individuação psíquica, dada pela insatisfação do vivente consigo mesmo que encontra muitos problemas no mundo que sua percepção, ação e afeto não dão conta de resolver; enfim, precisou desenvolver um psiquismo para enlouquecer o quanto quiser; **(d)** o estado coletivo, visto que o ser só se reconhece enquanto ser presente numa coletividade.

III. Para Deleuze: **(a)** o universo é formado por infinitas máquinas que se associam em séries que convergem e divergem no plano da existência conforme o dinamismo dos acontecimentos; não se pensa numa série sem que haja necessariamente um conjunto de

máquinas, portanto, a menor unidade ontológica é a dobra – todo o regime associativo de máquinas e da cadeia de significação coletiva que elas estabelecem entre si; o que move as máquinas é o fluxo desejante, que seria as variações mínimas de energia potencial que mobiliza os agenciamentos maquínicos. Enquanto o fluxo de energia desejante é um estado contínuo, há modos que afetam a intensidade desse estado: a força paranoica impulsiona o ordenamento das grandes populações de máquinas, seja de moléculas, de órgãos, de coletividades, e a força esquizoide faz que surjam séries disruptivas, que se fragmentam em desordem, que abraçam a aleatoriedade da incerteza estatística; isso se refere ao paradoxo ordem-caos que fundamenta o universo **(b)** as máquinas operam em diversos estágios: *(i)* desde o estágio mais simples, em que elas puramente estabelecem agenciamentos esquizoide entre si, aglutinando-se umas às outras por afinidade sensível, sem que tenham uma noção do todo, como o de uma pedra; *(ii)* um estágio de organização sensível, em que as máquinas formam comunidades com uma complexa intercomunicação semiótica que funda diretrizes para o desenrolar das séries de convergência e divergência, como o inconsciente do gene de uma célula que regula todo o metabolismo celular, já que a célula possui uma complexa coordenação entre os componentes que fluem entre a ordem e a desordem pela força da entropia, o que sugere que as células possuem uma intencionalidade em suas organizações internas, uma pequena consciência em seu microinconsciente que dita a finitude daquilo que ela pode decidir em seus percursos contingenciais, em outras palavras, uma alma sensível; *(iii)* o estágio das máquinas sociais coletivas, que operam por forças de agenciamento no órgãos e dos artefatos humanos nos *socius* conforme o delírio do sistema de representação que perpassa pelas máquinas sociais: pode ser um delírio de família gentílica, de um déspota paranoico ou de um fluxo esquizoide do capital dinheiro por aqueles egoístas que têm uma ambição desenfreada pela acumulação e que provocam o terror da instabilidade mundial de fome, miséria, desemprego, violências, entre outras contradições; *(iv)* por fim, o estágio das dobras infinitas assoladas por um inconsciente tão gigantesco quanto possa ser; esta máquina que não tem fim é um corpo sem órgãos; é a pura divergência das séries; torna-se uma entidade amorfa, como o éter de Aristóteles, que serve de superfície para que todas as máquinas preencham seus ladrilhos e se articulem; esta série de todas as séries também oscila entre a ordem e o caos e possui o delírio de toda a realidade; **(c)** no mundo da matéria, as forças são elásticas e compressivas, são como máquinas que ajustam suas peças; no mundo da alma, as forças são psíquico-coletivas: no *socius* selvagem, a

perversão; no *socius* bárbaro, o terror (dominação ilegítima) ou a conquista (dominação legítima); no *socius* capitalista, o cinismo e a piedade do capital.

Graças a esses modos de compreensão de realidade, desenvolvemos uma base teórica que nos leva a perceber que o próprio sistema nervoso é um labirinto de complexidades em suas dimensões micro e macroscópicas, com uma rede de células, tecidos e órgãos que interagem entre si num contínuo processo de individuação interna que é coextensivo ao universo como um todo. Por sua vez, quando passamos para a bioengenharia desse sistema, deparamo-nos com uma fantástica matéria viva sendo fabricada dentro de uma cuba de vidro enquanto um objeto técnico. O sistema nervoso artificial possui também dimensões físicas, biológicas, psíquicas, sociais, além de uma dimensão técnica, que convergem para sua existência; está presente num laboratório com vários cientistas que se organizam em grupo para sua produção, motivados por valores coletivos conforme o território em que estão inseridos, o que nos demonstra que a fabricação dessa tecnologia não é neutra nem imparcial, mas motivadas por interesses políticos, econômicos, administrativos e estando vinculados a instituições biotecnológicas de vários tipos. Assim como qualquer máquina, Simondon (2020) nos faz entender que um tecido neural biofabricado também possui uma realidade humana a ser compreendida e não está dissociado da cultura de que faz parte.

Portanto, a bioengenharia do sistema nervoso, enquanto nosso principal objeto de estudo, deve estar articulada com esta realidade complexa e multifacetada; precisa ser compreendida por meio de lógicas distintas e coexistentes. Este objeto sempre escapa conceitualmente de nossas mãos porque continuamente se transforma: um grande mistério para nós. Ele nos coloca frente à nossa finitude de compreensão do mundo e nos impulsiona a ir além de fronteiras do conhecimento se quisermos compreendê-lo, o que nos exige uma postura de pensamento crítico, provocativo e ousado. Sob uma perspectiva rizomática, não devemos conceber a bioengenharia como um modelo estrutural, gerativo ou normativo, mas sim devemos traçar um mapa aberto, “conectável em todas as suas dimensões, desmontável, reversível, suscetível de receber modificações constantemente” (DELEUZE; GUATTARI, 1996, p. 32). Trata-se de um objeto que pode ser desenhado numa parede, concebido como uma obra de arte, construído como uma ação política, porque “uma das características mais importantes do rizoma talvez seja a de ter múltiplas entradas” (ibid., p. 21). Esta perspectiva nos faz entender que o pensamento não funciona como uma árvore, com estruturas fixas e hierárquicas, assim como o cérebro tampouco é uma matéria enraizada com ramificações bem definidas, porque os próprios dendritos dos

neurônios não fazem a articulação dos neurônios de modo contínuo, mas constantemente se intercambiam com seus neurotransmissores, variam suas interconectividades cerebrais conforme impulsos recebidos; “a descontinuidade das células, o papel dos axônios, o funcionamento das sinapses, a existência de microfendas sinápticas, o salto de cada mensagem por cima dessas fendas fazem do cérebro uma multiplicidade” (ibid., p. 24).

Podemos inclusive considerar que o próprio mundo é uma multiplicidade de infinitos afetos e que nós somos formados por um fluxo contínuo de desejo que pode ter sua potência aumentada ou diminuída. Durante a prática científica, há diversos dispositivos micropolíticos e microssociais que regulam as máquinas desejantes que nos formam; como pesquisadores, podemos ser mais ou menos livres; podemos estar em um laboratório democrático ou em regime tirânico; pode haver ou não gosto pela pesquisa, que são modos pelos quais os cientistas experimentam seu fluxo desejante ao vivenciar os acontecimentos de suas práticas. Isso implica que os afetos fazem parte da própria ontologia do mundo e de quem nós somos, e que eles são anteriores à razão, que nem sempre pode compreendê-los porque é limitada. Todavia, o que geralmente se propaga pelas ciências é que deve haver uma razão única capaz de unificar todo o conhecimento acerca da realidade para assim alcançar a verdade absoluta; diante disso, os cientistas são orientados a adotarem uma postura neutra, objetiva, imparcial, apolítica, o que significa um primeiro processo de castração de seus afetos, pois toda a sua curiosidade pela pesquisa, sua imaginação, suas liberdades de escolha são negligenciados em função de um conjunto de enunciados teóricos que devem ditar os acontecimentos práticos ao modo kantiano. Ou seja, espalham-se os mais diversos dispositivos no cenário das ciências que condicionam os cientistas a ignorarem suas próprias emoções pela supervalorização da razão, o que contraria aquilo que nos é mais elementar: a sua dinâmica do afeto. Dificilmente haverá prazer em uma pesquisa que não se escolhe afetivamente; também não se pode vivenciar emoções saudáveis num espaço em que as relações não são amigáveis. Por isso, os afetos emocionais devem deixar de ocupar um papel secundário nas ciências para adquirir um papel mais que importante, pois é extremamente necessário que os cientistas pensem sobre a ética das relações humanas em seu campo, sobre os cenários de desigualdade que atravessam suas práticas, e passem a questionar as explorações que lhe são impostas pelas demandas da alta produtividade.

Neste momento em que o planeta Terra tem passado por intensas transformações-técnico científicas, não podemos deixar de pensar nos desequilíbrios ecológicos que podem estar associados às práticas da bioengenharia, em especial porque fabricamos um

ser vivo em laboratório que nos aponta novas questões éticas sobre a natureza da humanidade. Ao se produzir o cérebro artificial, devemos sempre pensar na relação da subjetividade com sua exterioridade social, animal, vegetal, cósmica. Isso implica que a formação excessivamente especializada do saber dificultaria o entendimento do tecido nervoso em suas amplitudes psíquicas e ambientais. Não devemos conceber as tecnologias neurais artificiais sob uma perspectiva unicamente tecnocrática, porque somente uma articulação ético-política entre os registros do meio ambiente, das relações sociais e da subjetividade humana é que poderia nos oferecer pistas para uma melhor conscientização das tecnologias em nossa sociedade capitalista que presencia um “império de um mercado mundial que lamina os sistemas particulares de valor, que coloca num mesmo plano de equivalência os bens materiais, os bens culturais, as áreas naturais etc.”, e que coloca as relações sociais e internacionais subordinadas a máquinas policiais/militares, tendo o Estado entre essas pinças do mercado e da polícia. Também Guattari nos diz que existem vários antagonismos que permeiam nosso planeta: (i) os antagonismos leste-oeste como projeção da oposição entre as classes operárias e as burguesas herdadas do século XIX que forjaram campos bipolarizados da subjetividade e alimentaram a lógica de uma sociedade de consumo e de bem-estar; (ii) os antagonismos norte-sul, responsável por instaurar imensas zonas de desemprego, miséria, fome, exploração e morte a longo prazo. Em meio a esses antagonismos, desenvolve-se novos meios técnico-científicos para resolver os mais diversos problemas existenciais e ecológicos dominantes, no entanto, as forças sociais organizadas e as formações subjetivas não conseguem se apropriar desse meio para fazê-los operarem. A discussão sobre a ciência da fabricação de órgãos deve conter uma ética-política que “atravessa as questões do racismo, do falocentrismo, dos desastres legados por um urbanismo que se queria moderno” para que não esteja a serviço da exploração e das desigualdades econômicas num capitalismo mundial integrado (GUATTARI, 1991, p. 15).

A fim de evitar maiores danos ecológicos, devemos pensar numa ecosofia social voltada ao desenvolvimento de práticas para modificar e reinventar a vida em sociedade; e também uma ecosofia mental “será levada a reinventar a relação do sujeito com o corpo, com o fantasma, com o tempo que passa, com os mistérios da vida e da morte” (ibid., p. 16); que buscará formas de evitar a uniformização das mídias, a moda conformada, a opinião manipulada pela publicidade; estará mais próxima dos artistas do que de profissionais com ideais caducos de cientificidade. Nesta perspectiva, Guattari (1991) defende que deva se falar em componentes de subjetivação em operação com as forças

exteriores, em vez de sujeito propriamente dito; visto que cada ser é uma multiplicidade de outros seres e que não há como termos consciência de todas as formas vivas existentes, que sempre nos surpreendem. Os vetores de subjetivação atravessam uma individuação implicada em grupos humanos, conjuntos socioeconômicos, máquinas de informação que se interconectam por múltiplas redes neurais. Nesta perspectiva, o autor propõe a esquizoanálise como um novo impulso de análise; nós devemos admitir que qualquer prática deve estar liberta de qualquer prisão e estreitamento científico; o conhecimento deve transbordar pelos múltiplos agenciamentos que são estabelecidos entre si; em que passamos por diversos territórios existenciais sem uma limitação de fronteiras. A esquizoanálise também busca pelos agenciamentos subjetivos individuais e coletivos que se desenvolvem num conjunto metaestável. Mas “com tais cartografias deveria suceder como na pintura ou na literatura, domínios no seio dos quais cada desempenho concreto tem a vocação de evoluir, inovar, inaugurar aberturas prospectivas” (ibid., p. 22). Isso significa parar de transformar a psicanálise e o saber científico numa catequese, com o povo preso ao comportamentalismo, à psicanálise, à análise sistêmica, à fenomenologia ou qualquer abordagem que seja como se fossem teorias únicas e universais destinadoras de suas visões de mundo e de compreensão de sujeito. Esses territórios podem ser ainda apenas parte conhecidos pela nossa consciência, porque a grande e infinita parte da realidade nos é inconsciente e mobiliza nosso desejo sem que saibamos. Os bioquímicos e engenheiros de órgãos também devem compreender que as práticas científicas também são máquinas de produção de novas realidades, de novas linguagens, novas imagens, novos signos, novas inteligências artificiais pelas redes do sistema nervoso integrados a hardwares e softwares computacionais; enfim, um mundo de subjetividades em redes *ciborgues*, como diria Donna Haraway (1991).

Segundo Guattari (1991), as instituições devem ter o compromisso a preocupação em fazer modificar suas bases teóricas-práticas em conformidade com as mudanças do tempo, com a consciência de que “jamais o trabalho humano ou o habitat voltarão a ser o que eram há poucas décadas, depois das revoluções informáticas, robóticas, [...] do gênio genético e depois da mundialização do conjunto dos mercados” (ibid., p. 24-25). O mesmo se aplica a instituições que fabricam órgãos, especialmente porque estão inseridas numa nova realidade de interação entre os ecossistemas, a mecanosfera e os múltiplos universos. Essas instituições devem pensar as ciências de modo transversal, sem desprezar que as tecnologias estão implicadas numa rede de dispositivos de controle e dominação e podem afetar “concomitantemente a textura cultural das populações, o

habitat, as defesas imunológicas, o clima etc.” (ibid., p. 26), o que faz desaparecerem não somente as espécies, como também palavras e gestos de solidariedade que são esmagados, as lutas de emancipação das mulheres, dos negros, dos proletários, dos desempregados, dos marginalizados, da população LGBTQIA+, dos imigrantes, das pessoas com deficiência, entre outros (ibid., p. 27).

Para que haja uma análise ecosófica dos tecidos artificiais, devemos direcionar esforços para avaliar os efeitos do capitalismo mundial integrado por meio de quatro regimes sobre os quais ele repousa: os dispositivos econômicos (por instrumentos contábeis, financeiros), jurídicos (contratos públicos e privados, legislação, regulamentações), técnico-científicos (programas, planos, diagramas, pesquisas, estudos) e de subjetivação (relacionadas à formação da subjetividade num contexto urbano e em processos coletivos). Através dessas semióticas, deve-se buscar um reenquadramento das instituições de produção de órgãos para atender as lutas emancipatórias que devem se tornar conscientes e integrados a tomadas de consciência ecológicas, feministas, antirracistas, e estar mais abertos a terem em vista a produção novos conhecimentos, de cultura, de sensibilidade e sociabilidade presentes nos agenciamentos coletivos.

Ainda, não se deve esperar que, na busca de entendimento da realidade, os mais distintos cientistas/engenheiros de órgãos se preocupem somente com o que seja útil, a não ser que estejam mergulhados num universo de devaneios pragmáticos ou que naveguem na ilusão de que a ciência deva ter um fim em si mesmo. Em seus percalços, a ciência consiste num conjunto de práticas de sonhos lúcidos com suas perturbações, incertezas, inquietudes e desconfianças; e há muitas maravilhas que ela e todas as outras formas de conhecimento podem nos trazer<sup>10</sup>. No entanto, a filosofia pode levar a perceber que as ciências, muitas vezes mistificadas e endeusadas como donas da razão, são antes resultantes de acordos maquiavélicos entre digladiadores da verdade, que buscam argumentar suas perspectivas de mundo apesar de outras. Assim, não cabe ao filósofo tornar a ciência um mar de rosas, como se ela estivesse num patamar elevado sobre todos os saberes, uma concepção que abre portas para que os cientistas sejam arrogantes e

---

<sup>10</sup> Esta discussão sobre a relação entre filosofia e ciência foi inspirada por uma aula do professor Antonio Augusto Passos Videira realizada numa disciplina de pós-graduação do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da UFRJ. Também indico dois livros que me ajudaram a pensar minha formação filosófica enquanto um cientista bioquímico e engenheiro molecular: (1) VIDEIRA, A. A. P. [org.] **Perspectivas contemporâneas em filosofia da ciência**. Vol. I. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012; (2) MOTTA, M C. M; VIDEIRA, A. A. P.; FRAGOZO; F. [org.]. **Perspectivas contemporâneas em filosofia da ciência**. Volume II. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

levianos. Então, se a filosofia da ciência for útil, talvez seja para fazer os cientistas repensarem sua própria história e admitirem sua ignorância para adquirir humildade.

Alguns podem dizer que cabe ao filósofo justificar o que faz o cientista, mas como poderia a filosofia justificar a si mesma? Se a filosofia estiver disposta e conseguir totalmente se justificar, então é coerente que possa justificar a ciência. Caso contrário, temos que reconhecer que nem a ciência nem a filosofia realmente se justificam, porque ambas estão embebidas por tantos problemas, tantas questões, que mais fácil se torna questionar a realidade do que afirmá-la com tanta certeza. A ciência e a filosofia não podem nos salvar do terreno do ceticismo, uma porta da qual dificilmente se retorna após ser adentrada. Portanto, é muito mais provável que, nesta trajetória de busca por justificativas, mais corre o risco de surgir dúvidas sobre o que as ciências realmente sejam e sobre como elas podem existir. Este é um desafio interessante, além de muito importante. Se a filosofia, tal como faz consigo própria, fizer a ciência questionar a si mesma, talvez seja uma boa utilidade. Talvez este seja um antídoto para afastar a concepção enraizada de que a ciência se faça unicamente sob um prisma lógico e experimental, sem que seja considerada a sua história, a sociedade de que faz parte e as relações humanas que possuem suas vulnerabilidades, até porque o desenrolar da ciência não se faz sempre pela via da harmonia, da paz universal, tampouco pela serenidade poética que reluz na elevação do intelecto; a ciência também transborda por seus conflitos, pelas incertezas e pelas indeterminações com as quais se depara o um ser finito que busca apreender um mundo abundante e que não se esgota em sua infinitude.

Por fim, é desejável que a filosofia possa ser útil ao cientista quando o faz perceber seu papel de escravo em muito de seus afazeres, sendo ela uma ferramenta para que ele almeje a sua abolição e sair de sua caverna escura do tecnicismo. Para tanto, não há outra maneira senão navegar pela via da metafísica da imanência transcendental, imprescindível para que possamos realmente questionar qualquer objeto detalhado ou não-objeto que seja. Sem a metafísica, o cientista permaneceria eternamente preso em sua alienação concreta e seu corpo se tornaria uma matéria móvel arrastada pela correnteza dos acontecimentos tal como um veleiro numa tempestade marítima. Com a metafísica, pode ser que a ciência embarque num navio, ainda que corra o risco de se esbarrar em um *iceberg* e afundar. De qualquer modo, a metafísica ainda seria um meio legítimo para que o cientista possa questionar e, sobretudo, desconfiar do mundo real. Isso não obriga que os objetos estudados pelas ciências sejam, tal como num platonismo, concebidos como entidades ideais, perfeitas, imutáveis; mas implica que o cientista possa se abrir ao

mistério dos objetos, que são imperfeitos e mutáveis, ainda que algo permaneça para que ele seja concebido tal como é. Com a metafísica, então, a filosofia talvez possa abraçar o cientista entre a ordem e o caos para fazê-lo pensar sobre a complexidade do mundo científico, o que não é necessariamente útil, mas fundamental.

## APÊNDICE I

### A monadologia de Leibniz

O universo é um agregado sem vazios de infinitos pontos metafísicos chamados mônadas, que são substâncias simples, sem partes, sem extensão, sem figura, sem divisibilidade (LEIBNIZ<sup>11</sup>, 2004, §§ 1-3). Uma vez existentes, não há nenhum mecanismo natural pelo qual as mônadas podem ser criadas ou aniquiladas; “elas não podem ser geradas nem destruídas senão instantaneamente” (ibid., §§ 4-6).

As mônadas não têm portas nem janelas; cada uma possui uma força ou energia cinética<sup>12</sup> que exprime sua qualidade transitória em conformidade com o todo agregado de que faz parte; ou seja, elas possuem um *princípio interno* que a faz se expressar de dentro para fora sem que nada do exterior possa intervir em seu interior, embora seu interior aja em correspondência com o exterior (ibid., §§ 7 e 11).

Por se originarem de sua força interna, as qualidades ou os acidentes das mônadas não podem simplesmente se separar ou passar através dela; seus predicados acabam por lhes ser inerentes (*in esse*) (ibid., §7). A qualidade que cada mônada expressa também é responsável por diferenciá-la de todas as outras, já que não se distinguem em quantidade (§8), o que garante o princípio da identidade dos indiscerníveis, segundo o qual não pode haver dois seres perfeitamente iguais na natureza (ibid., §9).

Devido ao estado de mutabilidade da realidade, as qualidades das mônadas se modificam em seu princípio interno no decorrer das situações espaço-temporais e, para que haja mudança, deve haver algum detalhe do que muda (ibid., §10-12). Portanto, em toda substância simples, há um detalhe do que muda e outro do que permanece, o que implica uma multiplicidade qualitativa na unidade<sup>13</sup> (ibid., §13). Por isso, toda mônada expressa uma *percepção*<sup>14</sup>, que é um estado qualitativo passageiro proveniente do seu princípio interno (sua força ou sua energia cinética), ao mesmo tempo que possui uma *apetição*, uma tendência interna de passar de uma percepção à outra (ibid., §14-15).

---

<sup>11</sup> Para a escrita deste texto, consultamos Leibniz (2004) em sua versão francesa: *Discours de métaphysique suivi de Monadologie et autres textes* publicada pela editora Gallimard; e estamos utilizando como texto-suporte a tradução de Luís Martins (1987), cujas notas serão relevantes para algumas observações que faremos ao longo do texto.

<sup>12</sup> A energia cinética pode ser descrita pela equação  $E = (mv^2)/2$ .

<sup>13</sup> Ocorrem dois paradoxos simultaneamente nesta frase: (a) o uno contém qualitativamente o múltiplo e (b) existe permanência e mudança na mesma substância simples.

<sup>14</sup> A percepção é um estado qualitativo passageiro sem consciência, o que é diferente da apercepção, que possui consciência e se manifesta nos seres humanos e em Deus (ibid., §14)

Os seres que possuem alma racional experimentam a multiplicidade na unidade quando sua mente se apercebe de uma infinidade de pensamentos possíveis, o que demonstra, por analogia, que uma substância simples possa ser *una* ao passo que admite uma pluralidade de afecções intrínsecas que mobilizam seu estado qualitativo (ibid., §16).

Nesta lógica que se constrói, não se pode explicar as percepções por razões mecânicas, pois são afecções de substâncias sem extensão; também é impossível haver qualquer força externa que modifique o estado qualitativo interno da mônada, o que reforça que somente as ações internas das substâncias simples podem ocasionar a sua expressão e a sua mudança qualitativa (ibid., §17).

As mônadas podem ser classificadas em distintos graus ontológicos que são contínuos entre si, como um degradê de diferenciação. Todas elas possuem percepções e apetições em quaisquer graus; e o menor grau ontológico seria o das enteléquias (ou mônadas nuas), que possuem suas percepções confusas e atordoadas tal como uma alma morta ou profundamente adormecida, sem qualquer consciência de si ou discernimento da realidade (ibid., §. 18-24)

O segundo grau ontológico pertence às mônadas que constituem as almas dos animais, os quais possuem percepções e apetições acompanhadas de memória: uma percepção recortada de uma sucessão de acontecimentos a partir das experiências vividas (tal como um cão que corre ao perceber o perigo porque memorizou um sinal de alerta experimentado em situações passadas) (ibid., §25-27).

Desse modo, a memória seria apenas uma espécie de consecução imitadora da razão, ou seja, o reconhecimento de uma série de acontecimentos sem a devida justificação do que pode tê-la motivado. A possibilidade de justificação pelo ato reflexivo somente ocorre pelas almas que conhecem as verdades eternas e necessárias por meio da razão, isto é, as almas dos seres humanos e de Deus, referentes ao terceiro e quarto graus ontológicos, respectivos aos seus níveis de perfeição (ibid., §28 e 29).

Os atos reflexivos, que fornecem os principais objetos de nosso raciocínio, também permitem pensarmos no nosso *Eu* e a considerar a existência disso ou daquilo em nós. Assim, ao pensar em nós, podemos abstrair as ideias de simples e de composto e as ideias gerais de Ser, Substância e Deus, este que contém sem limites o que nos é limitado (ibid., §30).

Dois grandes princípios são fundamentais para o nosso raciocínio. O *princípio da não-contradição* nos permite julgar falso o que é contraditório e verdadeiro o que é contrário ao falso (ibid., §31). E o *princípio da razão suficiente* determina que sempre

deve haver alguma razão, ainda que desconhecida, para que se considere verdadeiro um fato ou um conjunto de enunciados (ibid., §32). Respectivamente a ambos os princípios, há as verdades de raciocínio, que são necessárias e não admitem o seu oposto; e as verdades de fato, que são contingentes e seus opostos são possíveis (ibid., §33).

As verdades necessárias podem ser analisadas pela decomposição de enunciados complexos em enunciados mais simples até se chegar nos princípios primitivos, do mesmo modo que teoremas matemáticos e regras de cálculos podem ser demonstrados pelas definições, pelos axiomas e pelos postulados (ibid., §33-34). Ainda, há enunciados simples que não possuem definição e princípios primitivos que não podem ser provados nem têm necessidade de sê-lo: são as enunciações idênticas, que não admitem oposição (ibid., §35).

Por outro lado, as verdades contingentes são aquelas que se desenvolvem nos contextos existenciais, em que as criaturas possuem uma percepção recortada de uma realidade com uma variedade imensa e detalhada de componentes dinâmicos que existem por alguma razão e que podem ser analisados por múltiplas perspectivas (ibid., §36). Sabe-se que os seres existentes são uma complexidade de detalhes moldados por uma malha de contingências, portanto, há uma série de causas eficientes e finais que se articulam para a justificativa da existência de um ser no interjogo entre o presente, o passado e futuro (ibid.).

Desse modo, a análise de qualquer componente existencial implica que se compreenda outras redes de contingentes anteriores e mais detalhadas, o que torna a série da análise infinita e, ao fim das contas, impossível de ser totalmente percorrida (ibid., §37). Então, para que se garanta a consistência ontológica do mundo e que tudo tenha sua possibilidade de existir, Deus deve estar para além da infinitude e ser a última razão para todas as coisas<sup>15</sup> (ibid., §s 38-39; 45).

Em sua mais elevada potência, Deus é um todo infindável, supremo, único, universal, necessário, sem que nada ocorra para além de si pois seu limite é o infinito (ibid., 40). Esta série de todas as séries deve conter em sua infinitude tanta realidade quanto lhe for possível e, por ser um universo sem vazio, sempre será contínuo em qualquer aspecto de sua representação, ou seja, sempre haverá um jogo múltiplas relações de intercomunicação estabelecida entre as suas partes constituintes para que expressem uma contração do ordenamento do todo criado (ibid.)

---

<sup>15</sup> Demonstração *a posteriori* da existência de Deus: as redes de contingências não poderiam ter sua razão última senão em Deus (§45)

Em sua divindade sem limites, Deus contém uma perfeição absolutamente infinita e criou todos os seres de acordo com graus sucessivos de perfeição, desde as enteléquias às almas racionais, que manifestam suas limitações conforme sua natureza incapaz de ser ilimitada (ibid. \$41-42). Portanto, Deus é fonte das verdades necessárias e contingentes que sustentam o tecido dos atuais e dos possíveis na realidade das criaturas, com a diferença de que para Ele basta ser possível para ser atual<sup>16</sup> (ibid., \$43-45).

Às almas racionais se reserva a liberdade de escolher aquilo que melhor lhe convém diante das múltiplas possibilidades da existência, assim como Deus escolheu, dentre todos os modos possíveis de ordenamento dos agregados do todo, aquele que tenderia à máxima harmonia possível segundo as razões mais convenientes: o que corresponde ao *princípio da escolha do melhor* dos mundos possíveis (ibid., \$ 46).

Em suma, como tudo é contínuo, as mônadas tornam-se *fulgurações* da divindade: percursos lógicos e ontológicos que podem ser traçados dentre muitos outros num todo infinito, tendo cada qual seu lugar de acordo com a sua natureza, pois expressam imperfeitamente seu *sujeito* ou sua *base*, sua *percepção* e sua *apetição* em sucessivos graus ontológicos correspondentes à divindade perfeitamente infinita, que tem a sua *potência* como fonte de tudo, possui *conhecimento* de todos os detalhes e a sua *vontade* se inclina à eterna mobilidade (ibid., \$ 47-48).

Quanto mais uma mônada é perfeita, sua percepção será mais distinta e mais ação terá sobre as mônadas mais imperfeitas, com percepções mais confusas e que padecem em sua paixão; assim o criador acomoda as mônadas umas às outras, considerando que as ações e as paixões são mútuas, e o que pode ser considerado ativo num ponto de vista pode ser passivo noutro; quer dizer, a noção de percepção deve surgir de uma relação entre mônadas tal que uma sempre tenha mais percepção do que a outra e agirá sobre a outra (ibid., \$49-50; \$52).

Porém o tipo de interação entre as mônadas é ideal porque não pode haver efeito sobre elas senão pela intervenção divina reguladora do ordenamento das substâncias segundo suas ações e paixões numa série que melhor as acomode tal como rege o princípio escolha do melhor, porque o criador considera sempre o que é mais conveniente conforme a razão suficiente para que tudo se exprima em seus graus de perfeição com a máxima potência pelas vias mais simples durante a sucessão de acontecimentos (ibid., \$51-55).

---

<sup>16</sup> Demonstração *a priori* da existência de Deus enquanto série fundadora dos princípios que sustentam as verdades necessárias e regulam as redes de contingências (\$45).

Neste sentido, a acomodação de todas as coisas numa série infinita ocorre conforme as substâncias simples se exprimem e se reconhecem, o que permite que todas as mônadas possam expressar todas as outras como se cada uma fosse “um espelho vivo e perpétuo do universo” (ibid., §56). Isso faz que cada mônada possa traduzir sua perspectiva do universo tal como uma cidade pode ser contemplada por diversos lados; uma vez que são infinitas substâncias, pode haver uma multiplicidade de pontos de vista acerca de um mesmo mundo que se diferencia segundo o que cada mônada manifesta em seu *situs* no todo ordenado, o que garante que possa existir tanta variedade quanto for possível pela ordem mais conveniente das coisas, pois Deus foi justo ao considerar o que seria mais harmônico para o universo (ibid., §57-59).

Ao regular o todo, Deus atendeu cada mônada cuja natureza seria ter uma percepção finita do todo conforme sua capacidade de distinção dado o seu grau de perfeição, sendo o todo confuso quando se busca analisá-lo ao infinito, que é uma série que não pode ser inteiramente percorrida (ibid., §60). Nisso os compostos são símbolos que compreendem um agrupamento dos simples, porque a composição implica que tudo é pleno porque toda a matéria está interligada, de modo que um pequeno movimento pode aplicar um efeito sobre corpos distantes, os quais podem ser afetados não somente pela proximidade que os tocam, mas também pelo que se ressentem daquilo que tocou os primeiros, o que leva a concluir que a comunicação entre as substâncias se expanda por todo o lado a qualquer distância que seja (ibid., §61).

Na série infinita de regulação das substâncias que se ajustam conforme suas intercomunicações, há um ressentimento em todo corpo acerca de tudo que ocorre no universo, e aquele que tudo vê pode ler em cada parte o que aconteceu, o que acontece e o que acontecerá por todo lado, mas mesmo uma alma suprema poderá ver somente aquilo que ela pode representar distintamente sem a possibilidade de desdobrar todos os seus esconderijos de forma instantânea, pois nem o ser maior pode percorrer o infinito (ibid.).

Então, toda mônada representa todo o universo, mas expressa mais distintamente o corpo que lhe é mais próximo ou aquele do qual faz parte como enteléquia; por sua vez, este corpo também expressa todo o universo pela relação que se estabelece entre todas as coisas do que a alma pode ter uma percepção particular (ibid., §62). Uma mônada pode ser uma enteléquia num vivente e uma alma num animal; e ambos os corpos são sempre orgânicos, porque toda mônada é um espelho do universo que se regula numa ordem perfeita que se manifesta nas percepções das almas segundo seu ponto de vista (ibid., §63).

Desse modo, os corpos orgânicos dos viventes são máquinas divinas ou autômatos naturais infinitamente mais maquiados do que os autômatos artificiais, pois as máquinas criadas pelos humanos não são máquinas em cada uma de suas partes, mas as máquinas da natureza o são nas suas partes mais minúsculas até o infinito, o que faz a diferença entre a natureza e a arte, ou entre a arte divina e a nossa (ibid., §64). A matéria é dividida cada parte em partes ao infinito, e cada porção da matéria tem algum movimento próprio que contribui para que todo o universo se exprima, tal que haja um mundo de enteléquias, de almas, de criaturas, de seres viventes, de animais mesmo na parte mais minúscula da matéria, pois cada parte da matéria pode ser considerada um jardim cheio de plantas ou um lago cheio de peixes tal que “cada ramo da planta, cada membro do Animal, cada gota de seus humores é ainda um tal jardim ou um tal lago” (ibid., §65-67). A terra e o ar que estão entre as plantas do jardim ou a água que está entre os peixes do lago não são plantas nem peixes, mas ainda assim os contêm por uma sutilidade que nos é imperceptível (ibid., §68).

Isso significa que não há nada no universo que não seja vivo, que seja inculto, estéril, morto; também que a desordem e a confusão são apenas aparentes, como se os peixes vistos à distância num aquário parecessem apenas um vulto confuso que não se distingue muito bem (ibid., §69). Todo corpo vivo possui uma mônada dominante, que pode ser uma enteléquia ou uma alma, e cada membro deste corpo será igualmente cheio de outros corpos vivos, de plantas e de animais com suas respectivas mônadas dominantes (ibid., §70). As almas, no entanto, não possuem massa, não têm matéria própria e não podem afetar para sempre um mesmo corpo vivo que a contenha, “porque todos os corpos estão num fluxo perpétuo como os rios em que as partes entram e saem continuamente” (ibid., §71).

A única maneira de as almas mudarem de corpo é lenta e gradativamente, elas não se desfazem de seus órgãos instantaneamente; e os animais podem realizar metamorfose, mas nunca metempsicose. As almas estão sempre associadas entre si e um gênio sempre contém um corpo, com exceção de Deus, que está totalmente separado (ibid., §72). Essa cadeia de raciocínio leva a concluir que não existe nascimento nem morte a rigor, pois o que existe são desenvolvimentos e expansões, envolvimento e involuções, de modo que os corpos orgânicos (como as plantas, os insetos, os animais) não nascem do caos ou da putrefação, mas de uma semente que possui o corpo e a alma do animal que será desenvolvido, o que podemos chamar de pré-formação; algo semelhante ocorre com vermes que se transformam em moscas ou lagartas em borboletas (ibid., §73-74).

Os animais espermáticos (ou homúnculos) podem se desenvolver em um animal maior por meio da concepção; e mesmo os homúnculos nascem e se multiplicam, mas não sobrevivem em sua maioria, pois apenas alguns são eleitos para desdobrar um maior teatro (ibid., §75). Entendemos assim, *a priori* e *a posteriori*, que os animais não começam nem acabam naturalmente; não há uma geração nem morte a rigor (§76). Isso significa que, assim como as almas, os animais são indestrutíveis porque as máquinas de suas partes continuam a funcionar mesmo que ele pereça; seus restos continuam a ser organicamente processados de várias formas (ibid.; §77).

Em todos os casos, as almas agem em conformidade com o corpo orgânico, apesar de ambos seguirem suas próprias leis, pois suas leis são harmônicas entre si em virtude da harmonia que se pré-estabeleceu entre todas as substâncias que espelham todo o universo (ibid., §78). As leis que regem a alma são aquelas “das causas finais, dos apetites, dos fins e dos meios”, enquanto as leis que regem os corpos são as das causas eficientes ou movimentos; “e os dois reinos, o das causas eficientes e os das causas finais, são harmônicos entre si” (ibid., §79).

Para Descartes, a alma não poderia exercer uma força atuante sobre um corpo, já que a quantidade de força na matéria é sempre a mesma, mas ela poderia direcioná-lo; para Leibniz, a alma é correspondente à matéria cuja direção total é conservada por um sistema de harmonia pré-estabelecida em que os corpos agem como se não houvesse almas e estas agem como se não houvesse corpos, “e os dois agem como se um influísse sobre o outro” (ibid., §80-81).

Os animais racionais são aqueles que possuem animais espermáticos com almas ordinárias e sensitivas; nem todos os espermáticos sobrevivem, mas aqueles que são eleitos elevam-se ao grau da razão e assumem a prerrogativa dos espíritos na atual concepção da natureza humana, mesmo que a mesma coisa esteja no fundo de todos os seres vivos e animais, pois tudo é um só mundo (ibid., §82). Todas as almas são imagens ou espelhos vivos do universo, mas os espíritos são ainda imagens da divindade que pode conhecer e imitar o mundo, o que torna cada espírito uma pequena divindade em si (ibid., §83).

Os espíritos formam uma sociedade com Deus por duas analogias: os espíritos são as máquinas que Deus inventou e são os súditos de um príncipe ou os filhos de um pai (ibid., §84). A reunião de todos os espíritos é a Cidade de Deus, um mundo moral no mundo natural em seu mais perfeito estado possível sob o melhor monarca, cuja grandeza

e bondade é admirada pelos espíritos em virtude de sua sabedoria e potência que se manifesta por todos os lados (ibid., §85-86).

Assim como há uma harmonia perfeita entre os reinos naturais das causas eficientes e finais, os reinos naturais se harmonizam com reino moral da graça devido à relação que se estabelece entre as criaturas e seu criador: o arquiteto do universo e o monarca da cidade dos espíritos (ibid., §87). Esta harmonia rege a graça pelas vias da natureza num globo que deve ser destruído e reparado tanto por meios naturais quanto pelos governos dos espíritos, “para castigo de uns e recompensa de outros” (ibid., §88).

Em outras palavras, o Deus arquiteto corresponde ao Deus legislador: os pecados arrastam sua pena pela ordem natural bem como as boas ações trazem recompensas pelas vias mecânicas relativas aos corpos, ainda que isso não ocorra imediatamente (§89). Num governo perfeito, as boas ações devem ser recompensadas e as más castigadas tal que os bons sempre devem ser beneficiados numa sociedade em que os espíritos apreciam a felicidade conforme acreditam naquilo que Deus provê em seu puro amor como arquiteto de tudo e como mestre de todos, em que as pessoas sábias e virtuosas reconhecem que não podem desvendar todos os segredos da ordem do universo nem da vontade divina que satisfaz nossas vontades e nos proporciona felicidade (ibid., §90).

## Referências:

- ALBERTS, B.; BRAY, D.; JOHNSON, A. et al. **Biologia molecular da célula**. 5ª ed. Tradução de Ana Letícia de Souza Vanz (et al). Porto Alegre: Artmed, 2010.
- BAREMBLITT, G. **Compêndio de Análise institucional**. Belo Horizonte: Instituto Félix Guattari, 2002.
- BOMBALDI, F. Bioimpressão 3D: estratégia revolucionária para a obtenção de tecidos e órgãos. **Tudo sobre células-tronco**, [s. l.], 14 dez. 2018. Disponível em: <<http://tudosobreclulastronco.com.br/bioimpressao-3d-para-tecidos-e-orgaos/>>. Acesso em: 18 set. 2020.
- CARDOSO, A. O universo monadológico: natureza, vida e expressão. *In*: LEIBNIZ, G.
- CASTRO, E. M. M. **O perspectivismo em Deleuze**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2015.
- CASTRO, F. S.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Alma, mente e cérebro na pré-história e nas primeiras civilizações humanas. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 23, n. 1, p. 37-48, 28 de janeiro de 2009.
- CASTRO, Thales. **Teoria das relações internacionais**. Brasília: FUNAG, 2012.
- DARWIN, C. **A origem das espécies**: A origem das espécies por meio da seleção natural ou a preservação das raças favorecidas na luta pela vida. 6 ed. Tradução por Anna Duarte e Carlos Duarte. São Paulo: Martin Claret, 2014
- DELEUZE, G. **A dobra**: Leibniz e o barroco. Tradução de Luis B. L. Orlandi. Campinas: Papyrus, 1991.
- DELEUZE, G. A vida como uma obra de arte. *In*: DELEUZE, G. **Conversações (1972-1990)**. Tradução de Peter Pál Pelbart. 3ª ed. São Paulo: editora 34, 2013.
- DELEUZE, G. **Nietzsche e a filosofia**. Rio de Janeiro: Editora Rio, 1976. DELEUZE, G. **Nietzsche**. Tradução de Alberto Campos. Lisboa: Edições 70, 1965.
- DELEUZE, G.; GUATTARI, F. **O anti-Édipo**. Tradução de Luiz B. L. Orlandi. São Paulo: Editora 34, 2010.
- DELEUZE, G; GUATTARI, F. **Mil Platôs**, vol. 1. São Paulo: Editora34, 1996.
- DELEUZE, G; GUATTARI, F. **O que é a Filosofia?** 2 ed. São Paulo: Editora34, 1993.
- DOBLADO et al. Biomaterials for Neural Tissue Engineering. **Frontiers in Nanotechnology**, v. 3, 26 de abril de 2021, p. 3-17.
- DUARTE, L. F. D. Ciências humanas e neurociências: um confronto crítico a partir de um contexto educacional. **Revista Brasileira de Ciências sociais**, v. 33, n. 97, p. 1-20, 15 de agosto de 2017.
- EBERLI, D. **Tissue engineering of tissue and organ regeneration**. Rijeka, Croácia: InTech, 2011.

ESBELL, J. **Wazacá, a árvore da vida (vídeo)**. Youtube, 19 de nov. de 2019. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=FsMblgKOzRA>>. Acessado em 11 de março de 2023.

FOUCAULT, M. "Outros espaços". In: **Ditos e escritos III - Estética: Literatura e pintura, música e cinema**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

FOUCAULT, M. **As Palavras e as Coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

FOUCAULT, M. **Microfísica do poder**. Rio de Janeiro: Graal, 1986.

FRAGOZO, F. A. S. Razão e desconstrução: Derrida entre a soberania incondicional e a incondicionalidade soberana. **Ensaaios Filosóficos**, v. 6, Outubro/2012, p. 71-82.

FRANJIC, S. Ethical Debates about Cloning. **Asploro Journal of Biomedical and Clinical Case Reports**, Brcko, Bosnia and Herzegovina, v. 2, ed. 3, p. 93-98, 8 out. 2019.

FREZZATTI, W. A. Consciência e inconsciente no discurso “dos desprezadores do corpo” de Assim falava assim falava Zaratustra: uma perspectiva fisiológica da crítica nietzschiana ao sujeito. In: MARTON, S.; BRANCO, M.; CONSTÂNCIO, J. **Décadence e Arte: Nietzsche e a Modernidade**. Lisboa: Tinta da China, 2014. p. 61-97.

GEERTZ, Clifford. (1973), **The interpretation of cultures**. Nova York, Basic Books.

GIBBS, G. W. **Elementary principles in statistical mechanics**. Nova York: Dover Pub. Inc., 1960.

GUATTARI, F. **As três ecologias**. Tradução Maria Cristina F. Bittencourt. Campinas: Papirus, 2001.

GUATTARI, F. **O inconsciente maquínico**. Campinas: Papirus Editora, 1988.

HARAWAY, D. **Crystals, Fabrics, and Fields: metaphors of organicism in twentieth-century developmental biology**. Nova Heaven e Londres: Yale University Presse, 1976.

HARAWAY, D. **Simians, cyborgs, and women: the reiventon of nature**. Nova York: Routledge, 1991.

JACOB, François. **A lógica da vida: uma história da hereditariedade**. Tradução de Ângela Loureiro de Souza. Rio de Janeiro: Editora Graal, 1983.

JAIME, V. **Sistemas Caóticos**. 2 set. 2022. Website. Disponível em: <https://villate.org/dinamica/caos/index.html>. Acesso em: 19 set. 2022.

JUNIOR, C. E. B. Metaestabilidade e plasticidade neural. **Doispontos**: Curitiba, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 71-80, julho de 2019

KALOUT, H. COSTA, H. B. M. A rivalidade China-EUA e os interesses estratégicos do Brasil. **CEBRI-Revista**, ano 1, n. 4, 24 de maio de 2022.

KAUL, H.; VENTIKOS, Y. On the Genealogy of Tissue Engineering and Regenerative Medicine. **Tissue Engineering: Part B**, v. 21, n. 2, p. 203-217, 15 de dezembro de 2014

- KNOWLTON, S. *et al.* Utilizing stem cells for three-dimensional neural tissue engineering. **Biomaterials Science**, [s. l.], v. 4, p. 768–784, 2 fev. 2016.
- LATOURE, B. **A esperança de Pandora**: ensaio sobre a realidade dos estudos científicos. Traduzido por Gilson César Cardoso de Souza. São Paulo: Editora Unesp, 2017.
- LATOURE, B. A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos. Tradução de Angela Ramalho Vianna. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LEIBNIZ, G. W. **Discours de métaphysique suivi de Monadologie et autres textes**. Paris: Gallimard, 2006.
- LEIBNIZ, G. W. **Monadologia**. Tradução de Adelino Cardoso. 1ª. Ed. Lisboa: Edições Colibri, 2016.
- LEIBNIZ, G. W. **Princípios de filosofia ou Monadologia**. Tradução de Luís Martins. Lisboa: Imprensa Nacional, 1987.
- LOURAU, R. **A análise institucional**. Tradução de Mariano Ferreira. Petrópolis: Vozes, 1975.
- MARGULIS, L. **Origin of Eukaryotic Cells**. New Haven, CT: Yale University Press, 1970.
- MARIEB, E. N., WILHELM, P. B.; MALLATT, J. **Anatomia humana**, 7ed. Ed. Pearson, 2014.
- MEYER, U. The history of tissue engineering and regenerative medicine in perspective. In: MEYER, U. *et al.* **Fundamentals of tissue engineering and regenerative medicine**. Berlin: Springer Nature, 2009.
- MHANNA, R.; HASAN, A. Introduction to tissue engineering. In: HASAN, A. **Tissue Engineering for Artificial Organs: Regenerative Medicine, Smart Diagnostics and Personalized Medicine**. [S. l.]: Wiley online library, 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527689934.ch1>>. Acesso em: 18 set. 2022.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Tradução de Ana Beatriz Gorini da Veiga *et al.* Porto Alegre: Artmed, 2014.
- NEVES, C. E. A. B. Sociedade de controle, o neoliberalismo e os efeitos de subjetivação. In: SILVA *et al.* (org.). **Subjetividade: Questões contemporâneas**. São Paulo: Editora Hucitec, 1997.
- NIETZSCHE, F. **Sobre verdade e mentira no sentido extramoral**. Tradução de Fernando de Moraes Barros. São Paulo: Hedra, 2007.
- OESTREICHER, C. History of chaos theory. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, v. 9, n. 3, 2007.
- ORLANDI, L. B. Indivíduo e implexa individuação. **Dois pontos**, v. 12, n. 1, p. 75-82, abril de 2015.

- ORTEGA, F. Neurosciences, neuroculture and cerebral self-help. **Interface - Comunic., Saude, Educ.**, v.13, n.31, p.247-60, out./dez. 2009.
- PASSETTI, Edson. **Foucault libertário** – heterotopia, anarquismo e pirataria. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 23., 2005, Londrina. Anais do XXIII Simpósio Nacional de História – História: guerra e paz. Londrina: ANPUH, 2005. CD-ROM. Disponível em: <c. Acesso em: 07 out. 2017.
- PESSOA JR., O. Introdução histórica à teoria quântica, aos seus problemas de fundamento e às suas interpretações. **Caderno de física da UEFS**, v. 4, n. 1 e 2, p. 89-114, 1996.
- PORTOCARRERO, V. **Ciências da vida: de Canguilhem a Foucault**. Rio de Janeiro: editora Fiocruz, 2009.
- REALE, G; ANTISERI, D. **História da filosofia: do humanismo a Kant**. 2ª. ed. São Paulo: Paulus, 1990.
- REICH, W. **A função do orgasmo**. 9ª ed. Tradução de Maria Glória Novak. São Paulo: Editora Brasiliense, 1975.
- REIS, V. M. S.; VIDEIRA, A. A. P. John Ziman e a ciência pós-acadêmica: consensibilidade, consensualidade e confiabilidade. **SCIENTIAE STUDIA**, São Paulo, v. 11, n.3, p. 583-611, 2013.
- REZENDE, J. M. A neurologia na antiguidade. In: REZENDE, J. M. **À sombra do plátano: crônicas de história da medicina** [online]. São Paulo: Editora Unifesp, 2009.
- SCHULTZ, D. P.; SCHULTZ, S. E. **História da psicologia moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- SIMONDON, G. **A individuação à luz das noções de forma e de informação**. 1 ed. Tradução de Luis Eduardo Ponciano Aragon e Guilherme Ivo. São Paulo: Editora 34, 2020.
- SIMONDON, G. **El modo de existência de los objetos técnicos**. 1ª ed. Traduzido por Margarita Martínez e Pablo Rodríguez. Buenos Aires: Prometeo Libros, 2007
- TAKAGI, Y. History of Neural Stem Cell Research and its clinical application. **Neurol Med Chir** (Tokyo), v. 56, n. 1, p. 110-124, 15 de janeiro de 2016.
- VACANTI, C. A. The history of tissue engineering. **Journal of Cellular and Molecular Medicine**, v. 10, n. 3, p. 569-676, 21 de julho de 2006.
- VARGAS, M. História da matematização da natureza. CONFERÊNCIA DO MÊS DO IEA-USP, 1996, Universidade de São Paulo (USP). **Estudos Avançados**, v. 10, n. 28, p. 249-276, 19 mar. 1996.
- VILALTA, L. P. S. Quem o cérebro pensa que é? Uma neurologia das interconectividades. **Dois pontos: Curitiba, São Carlos**, v. 16, n. 3, p. 57-70, julho de 2019
- VIOL et al. Física estatística aplicada à neurociência de estados alterados: o cérebro sob influência de psicodélicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, n. 1, 17 de dezembro de 2020.

W. **Monadologia**. Tradução de Adelino Cardoso. 1ª. ed. Lisboa: Edições Colibri, 2016.

WU, K. "Embryonic Stem Cell Lines Derived from Human Blastocytes" by James Thomson. **The embryo project encyclopedia**, [s. l.], 2 jan. 2011. Disponível em: <<https://embryo.asu.edu/pages/embryonic-stem-cell-lines-derived-human-blastocytes-1998-james-thomson>>. Acesso em: 18 set. 2020.

ZIMAN, J. **Conhecimento público**: a dimensão social da ciência. Tradução R. R. Junqueira. São Paulo: Edusp, 1979.