



**Instauratio Magna**

Revista do Programa de Pós-Graduação  
em Filosofia da Universidade Federal do ABC

v. 1, n. 3 (2021) • ISSN: 2763-7689

Tradução

## A natureza econômica da investigação física, de Ernst Mach

Traduzido por

**Luis Valter Machado Junior**

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Belo Horizonte (MG)

**DOI: 10.36942/rfim.v1i3.475**

Recebido em: 28 de abril de 2021.

Aprovado em: 20 de agosto de 2021.

Contato do autor: [valter.machado.junior@outlook.com](mailto:valter.machado.junior@outlook.com)

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6429752527280368>

## A natureza econômica da investigação física, de Ernst Mach<sup>12</sup>

Traduzido por Luis Valter Machado Junior

Quando a mente humana, com seus poderes limitados, se esforça para espelhar em si a rica vida do mundo, da qual ela mesma é apenas uma pequena parte, e a qual ela nunca poderia esperar esgotar, ela tem aí todas as razões para proceder economicamente. Daí, a tendência, expressa na filosofia de todos os tempos, de abranger<sup>3</sup> as características fundamentais da realidade por alguns pensamentos orgânicos. "A vida não entende a morte, nem a morte a vida". Assim falou um antigo filósofo chinês. No entanto, em seu incessante desejo de diminuir os limites do incompreensível, as pessoas sempre se engajaram em tentativas de entender a morte pela vida e a vida pela morte.

---

<sup>1</sup> Esta tradução para o português foi feita em cima da tradução em inglês do texto de Mach. MACH, Ernst. *The Economical Nature of Physical Inquiry*. In: MACH, Ernst. **Popular Scientific Lectures**. Trad. Thomas J. McCormack. 3ª ed. Chicago: The Open Court Publishing Company, 1898. cap. 9, p. 186-213. A versão em alemão foi cotejada em partes específicas nas quais o texto, em inglês, se demonstrou ambíguo. Ademais, as notas originais de Mach são demarcadas por N.A. e as notas desta tradução por N.T. [N.T.].

<sup>2</sup> Uma carta entregue antes da reunião de aniversário da Academia Imperial de Ciências, em Viena, 25 de maio, 1882. [N.A.].

<sup>3</sup> O texto em inglês utiliza o verbo *to compass*, enquanto que o original em alemão utiliza o verbo *umfassen*. Nesse caso se preferiu ser fiel a letra de Mach e não traduzir para "guiar", como seria o caso se fosse traduzido da versão em inglês. [N.T.].

A natureza, entre os antigos povos civilizados, era repleta de demônios e espíritos que possuíam os sentimentos e desejos humanos. Em suas características essenciais, essa visão animista da natureza, como Tylor<sup>4</sup> adequadamente denominou, é um ponto em comum entre os adoradores de fetiches da África moderna e as nações mais avançadas da antiguidade. Como uma teoria do mundo, ela nunca desapareceu por completo. O monoteísmo dos cristãos nunca a superou completamente, pelo menos não mais do que o monoteísmo dos judeus. Na crença em bruxaria, e nas superstições dos séculos dezesseis e dezessete, os séculos da ascensão da ciência natural, ela assumiu, espantosamente, dimensões patológicas. Enquanto Stevinus, Kepler e Galileu estavam, lentamente, criando o tecido da ciência física moderna, uma cruel e incessante guerra foi travada, com tição e fogueira, contra os demônios que olhavam furiosamente de todos os cantos. Até os dias de hoje, à parte de todos os sobreviventes daquele período, à parte dos traços de fetichismo os quais ainda inerem em nossos conceitos físicos<sup>5</sup>, aquelas mesmas ideias ainda, discretamente, se escondem nas práticas do espiritualismo moderno.

Do lado dessa concepção animista do mundo, nos deparamos

---

<sup>4</sup> TYLOR, Edward. *Die Anfänge der Kultur*. [N.A.]. Há uma tradução para o espanhol do livro intitulada *Cultura Primitiva*. [N.T.].

<sup>5</sup> *Ibid.* [N.T.].

de tempos em tempos, em diferentes formas, de Demócrito até os dias atuais, com outra visão, a qual igualmente reivindica pela exclusiva competência de compreender o universo. Essa visão pode ser caracterizada como a visão físico-mecânica do mundo. Atualmente, essa visão ocupa, sem a menor disputa, a primeira colocação nos pensamentos das pessoas, e determina os ideais e o caráter do nosso tempo. A chegada da mente da humanidade na consciência plena de seus poderes, no século dezoito, foi um período de desilusão genuína. Isso produziu o esplêndido modelo de uma existência humana digna, competente para superar a velha barbárie dos campos práticos da vida; isso criou a *Crítica da Razão Pura*, que banuiu para o reino das sombras as falsas ideias da antiga metafísica; essa chegada pôs nas mãos da filosofia mecânica as rédeas que ela, agora, detém.

As palavras frequentemente citadas do grande Laplace<sup>6</sup>, as quais, agora, eu vou pronunciar, possuem o ressoo de um jubilante brinde às realizações científicas do século dezoito: "A uma mente que foi dada, por um único instante, todas as forças da natureza e as posições mútuas de todas as massas, se essa mente fosse poderosa o suficiente para submeter esses problemas à análise, ela poderia compreender, com uma fórmula apenas, os movimentos das maiores massas, assim como o dos menores átomos; nada

---

<sup>6</sup> *Essai philosophique sur les probabilités*. 6Th Ed. Paris, 1840, p. 4. Está faltando a consideração, necessária, da velocidade inicial nessa formulação. [N.A.].

seria incerto para ela; o futuro e o passado se encontrariam revelados em frente de seus olhos<sup>7</sup>". Ao escrever essas palavras, Laplace, como sabemos, também possuía em mente os átomos do cérebro. Essa ideia foi expressa ainda mais forçosamente por alguns de seus seguidores e, não é exagero falar, que o ideal de Laplace é, substancialmente, o ideal da grande maioria dos cientistas modernos.

Alegremente concedemos ao criador da *Mécanique céleste* a elevada sensação de prazer despertada nele pelo grande sucesso do esclarecimento, ao qual nós, também, devemos nossa liberdade intelectual. Contudo, atualmente, com uma mente serena e diante de novas tarefas, torna-se ciência física para se proteger contra a autoilusão por meio de um estudo cuidadoso de seu caráter, para que possa, assim, buscar, com grande certeza, seus verdadeiros objetivos. Se eu passar, portanto, para além do estreito recinto da minha especialidade nessa discussão, invadindo amigáveis domínios vizinhos, eu me permito advogar, em minha defesa, que o assunto do conhecimento é comum a todos os domínios da pesquisa, e tendo isso em mente, uma demarcação com linhas precisas não é possível.

---

<sup>7</sup> Essa passagem é a famosa expressão do demônio de Laplace. Há uma tradução completa do *Ensaio filosófico sobre as probabilidades* disponível para o português. Para comparar com a forma que os tradutores optaram por traduzir, e observar as diferenças de como Mach se deparou com a passagem, cf. LAPLACE, Pierre-Simon. *Ensaio filosófico sobre as probabilidades*. Tradução: Pedro Leite de Santana. 1ª ed. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2010, p. 42-43. [N.T.].

A crença nos poderes mágicos ocultos da natureza vêm, gradualmente, enfraquecendo, entretanto, em seu lugar, uma nova crença surgiu, a crença no poder mágico da ciência. A ciência não joga seus tesouros, como uma fada caprichosa, no colo de apenas alguns favorecidos, mas ela joga no colo de toda a humanidade, com uma extravagante generosidade que nenhuma lenda jamais sonhou! Não é de se espantar, portanto, que seus admiradores distantes imputam a ela os poderes de abrir os abismos impenetráveis da natureza, os quais os sentidos não podem penetrar. No entanto, ela que veio para trazer luz ao mundo pode, muito bem, distribuir a escuridão do mistério e a apresentação esplêndida, as quais ela não precisa tanto para justificação de seus objetivos, quanto para o adorno de suas claras conquistas.

O familiar começo da ciência nos revelará melhor seu caráter simples e imutável. O ser humano adquire seu primeiro conhecimento da natureza, semiconscente e automaticamente, por meio de um hábito instintivo de mimetizar e prever fatos no pensamento, suplementando a lenta experiência com as rápidas asas do pensamento, algo que, em um primeiro momento, só é feito para seu bem-estar material. Quando ele escuta um barulho no matagal ele constrói, assim como o animal o faz, o inimigo o qual ele teme; quando ele vê certa casca, ele forma, mentalmente, a imagem da fruta a qual ele procura; assim como nós mentalmente associamos um tipo de matéria com certa linha no espectro,

ou uma faísca elétrica com a fricção de um pedaço de vidro. O conhecimento da causalidade nessa forma, certamente, é muito mais profundo do que o nível do cachorro de estimação de Schopenhauer, a quem foi atribuído. Ele provavelmente existe em todo o mundo animal, e confirma a afirmação daquele grande pensador referente à vontade que criou o intelecto para seus propósitos. Essas funções psíquicas primitivas estão tão enraizadas na economia do nosso organismo quanto o movimento e a digestão. Quem negaria que nós sentimos nelas, também, o poder elementar de uma atividade lógica e fisiológica há muito tempo praticada, legada a nós como uma herança de nossos antepassados?

Tais atos primitivos de conhecimento constituem, atualmente, a fundação mais sólida do pensamento científico. Nosso conhecimento instintivo, como iremos brevemente chamá-lo, em virtude da convicção de que nós nada contribuimos, conscientemente e intencionalmente, para sua formação, confronta-nos com a autoridade e poder lógico os quais o conhecimento conscientemente adquirido, mesmo aqueles de fontes familiares e de falibilidade facilmente testadas, nunca pode possuir. Todos os chamados axiomas são de tal conhecimento instintivo. Não somente conhecimento adquirido conscientemente, mas um poderoso instinto intelectual, junto com um vasto poder conceitual, constitui o grande investigador. Os grandes avanços da ciência sempre foram constituídos de alguma formulação bem-sucedida, clara, abstrata, e em termos comunicáveis, de algo que já era instin-

tivamente conhecido há muito tempo, e, assim, tornando esse conhecimento uma propriedade permanente da humanidade. Por meio do princípio newtoniano da igualdade de pressão e contra-pressão, cuja verdade todos antes dele já haviam sentido, mas a qual nenhum antecessor havia formulado abstratamente, a mecânica foi colocada, com apenas uma tacada, em um patamar superior. Nossa afirmação também pode ser historicamente justificada com os exemplos dos trabalhos científicos de Stevinus, S. Carnot, Faraday, J. R. Mayer, entre outros.

Tudo isso, entretanto, é meramente o solo no qual a ciência começa. O primeiro verdadeiro começo da ciência aparece na sociedade, particularmente, nas artes manuais, onde a necessidade de comunicar as experiências surge. Aqui, onde alguma nova descoberta deve ser descrita e relacionada, é a primeira vez que se sente a compulsão de claramente definir, na consciência, as características importantes e essenciais daquela descoberta, como vários escritores podem testemunhar. O objetivo da instrução é, simplesmente, poupar a experiência<sup>8</sup>; o trabalho de uma pessoa é feito para tomar o lugar de outra.

---

<sup>8</sup> Entende-se "poupar" como equivalente a economizar. Preferiu-se utilizar poupar para traduzir o verbo *saving* para não criar confusão com o conceito de *economy of thought* (economia do pensamento), que é um conceito central para Mach e que virá a ser utilizado nas páginas seguintes. Essa preferência de traduzir *saving* por "poupar" se mantém ao longo desta tradução, logo, todas as demais ocorrências de "poupar" estão traduzindo o verbo *saving*. [N.T.].



A mais magnífica economia de comunicação é encontrada na linguagem. Palavras são comparáveis à tipografia, as quais poupam a repetição de sinais escritos e, assim, servem uma multiplicidade de propósitos; ou, os poucos sons que nossas incontáveis palavras são compostas. Linguagem, com seu ajudante, pensamento conceitual, ao fixar o essencial e rejeitar o supérfluo, constrói sua rígida imagem de um mundo fluído no plano de um mosaico, algo que é feito ao sacrifício da precisão e da fidelidade, contudo, poupa-se ferramentas e trabalho. Como um pianista com músicas previamente preparadas, um orador suscita, em seu ouvinte, pensamentos previamente preparados prontos para vários casos, os quais, os ouvintes, respondem ao chamado do orador com entusiasmo e pouco esforço.

Os princípios que um proeminente economista político, E. Hermann, formulou para a economia das artes industriais, também são aplicáveis às ideias da vida comum e da ciência. A economia da linguagem é ampliada, é claro, na terminologia da ciência. Em respeito à economia da relação escrita há pouca, ou nenhuma, dúvida de que a própria ciência realizará aquele grande sonho dos filósofos de um Verdadeiro Caráter Universal. Esse tempo não está longe. Nossos caracteres numéricos, os símbolos da análise matemática, símbolos químicos e notas musicais, que podem facilmente ser suplementados por um sistema de sinais de cores, juntos com algum alfabeto fonético agora em uso, são todos começos nessa direção. A extensão lógica do que nós te-

mos, junto com o uso das ideias que a ideografia Chinesa nos fornece, tornará a invenção especial e promulgação de um Carácter Universal totalmente supérfluo.

A comunicação do conhecimento científico sempre envolve descrição, isto é, a reprodução mimética dos fatos no pensamento, cujo objetivo é substituir e poupar o trabalho de novas experiências. Novamente, para poupar o trabalho de instrução e aquisição, procura-se uma descrição concisa e breve. Isso é, realmente, tudo o que as leis naturais são. Conhecendo o valor da aceleração da gravidade, e as leis dos corpos em queda de Galileu, nós possuímos instruções simples e compendiosas para reproduzir em pensamento todos os movimentos possíveis de corpos em queda. Uma fórmula desse tipo é um substituto completo para uma tabela que contemple plenamente os movimentos de queda, isso pois, por meio da fórmula, os dados de tal tabela podem ser facilmente construídos a qualquer momento, sem sobrecarregar, o menor que seja, a memória.

Nenhuma mente humana poderia compreender todos os casos individuais de refração. Mas, conhecendo o índice de refração dos dois meios presentes, e a familiar lei dos senos, nós podemos, facilmente, reproduzir ou preencher em pensamento todos os casos concebíveis de refração. A vantagem, aqui, consiste no descarregar, no tirar o peso, da memória; um fim imensamente impulsionado pela preservação escrita das constantes naturais.

Mais do que esse relatório abrangente e condensado sobre os fatos não está contido em uma lei natural desse tipo. Na realidade, a lei sempre contém menos do que o próprio fato, isso porque ela não reproduz o fato como um todo, mas apenas reproduz naquele aspecto que é importante para nós, de forma que o resto é intencionalmente, ou por necessidade, omitido. As leis naturais podem ser comparadas à tipografia intelectual de uma ordem superior, parcialmente móveis, parcialmente estereotipadas, que, posteriormente, nas novas edições da experiência, podem se tornar um obstáculo.

Quando passamos os olhos por uma província dos fatos pela primeira vez ela parece, a nós, diversificada, irregular, confusa e cheia de contradições. Primeiro, somente temos sucesso em compreender fatos isolados, sem relações com os outros. A província, como costumeiramente chamamos, não é clara. Aos poucos nós descobrimos os elementos simples e permanentes do mosaico, a partir dos quais nós podemos construir mentalmente toda a província. Quando nós alcançamos um ponto no qual podemos descobrir, em todos os lugares, os mesmos fatos, nós, não mais, nos sentimos perdidos nessa província; nós a compreendemos sem esforço; ela foi explicada a nós.

Permita-me ilustrar isso com um exemplo. Assim que tivermos compreendido o fato da propagação retilínea da luz, o curso regular de nossos pensamentos se depara com os fenômenos da

refração e difração. Assim que tivermos esclarecido as questões via nosso índice de refração, nós descobrimos que um índice especial é necessário para cada cor. Logo após que tivermos nos acostumado com o fato que luz adicionada à luz aumenta sua intensidade, nós, subitamente, deparamo-nos com um caso de escuridão total produzida por essa causa. Finalmente, no entanto, nós vemos em toda parte, na enorme multiplicidade de fenômenos ópticos, o fato da periodicidade espacial e temporal da luz, de forma que sua velocidade de propagação depende do meio e do período. Essa tendência de pesquisar uma província com o menor gasto de pensamento, e de representar todos os seus fatos por algum processo mental único, pode ser, justamente, denominada de uma tendência econômica.

A maior perfeição da economia do pensamento é obtida naquela ciência que atingiu o mais alto desenvolvimento formal, e que é amplamente utilizada na investigação física, a saber, na matemática. Por mais estranho que possa parecer, o poder da matemática repousa sobre sua evasão de todo pensamento desnecessário e sobre sua maravilhosa capacidade de poupar operações mentais. Até mesmo aqueles símbolos de organização que nós chamamos de números são um sistema de uma simplicidade e economia extraordinários. Quando nós empregamos a tabuada para multiplicar números em diversos locais, e assim usamos os resultados de antigas operações de contagem ao em vez de realizar o todo de cada operação novamente; quando nós consulta-

mos nossa tabela de logaritmos, substituindo e salvando, então, novos cálculos pelos antigos já realizados; quando empregamos determinantes em vez de sempre começar novamente a solução de um sistema de equações; quando resolvemos novas expressões integrais em velhas integrais que já eram familiares; nós vemos, nisso, apenas um fraco reflexo da atividade intelectual de Lagrange ou de Cauchy, os quais, com o aguçado discernimento de um grande comandante militar, substituíram por novas operações todo um exército de operações antigas. Ninguém irá me questionar quando eu falar que a matemática, da mais elementar a mais elevada, são experiências economicamente ordenadas de contagem, colocadas em formas prontas para utilização.

Em álgebra nós realizamos, na medida do possível, todas as operações numéricas que são idênticas em forma de uma vez por todas, de forma que reste apenas um resquício de trabalho para o caso individual. O uso dos sinais de álgebra e da análise, que são meros símbolos de operações a serem realizadas, deve-se à observação de que podemos materialmente descarregar a mente dessa forma e, assim, poupar seus poderes para tarefas mais importante e mais difíceis, impondo todas as operações mecânicas sobre a mão. Um resultado desse método, que atesta seu caráter econômico, é a construção de máquinas de calcular. O matemático Babbage, o inventor da máquina diferencial, foi, provavelmente, o primeiro que claramente percebeu esse fato, e ele tocou nesse ponto, embora apenas superficialmente, em seu tra-

balho, *The Economy of Manufactures and Machinery*.

O estudante de matemática, frequentemente, acha difícil de se livrar do sentimento desconfortável de que sua ciência, personificada em seu lápis, o supera em inteligência, — uma impressão que o grande Euler confessou, frequentemente, não conseguir se livrar. Esse sentimento encontra algum tipo de justificação quando se reflete que a maioria das ideias que lidamos foram concebidas por outros, muitas vezes, séculos atrás. Em grande medida, é realmente a inteligência de outras pessoas que nos confronta na ciência. O momento em que olhamos para esses assuntos por essa perspectiva, o caráter estranho e mágico de nossas impressões cessa, especialmente, quando lembramos que podemos pensar de novo, a nosso bel-prazer, qualquer um desses pensamentos estrangeiros.

Física é experiência arranjada em ordem econômica. Nesse sentido, ela não somente é uma visão ampla e abrangente daquilo que tornamos possível, mas também os defeitos e as alterações necessárias são tornadas evidentes, exatamente como em uma casa bem cuidada. A física compartilha com a matemática as vantagens da descrição sucinta e das definições breves e compendiosas, as quais impedem confusões, até mesmo em ideias onde, sem nenhum sobrecarregamento aparente do cérebro, uma multiplicidade de outras ideias está contida. Dessas ideias, os conteúdos ricos podem ser produzidos a qualquer momento

e apresentados em sua plena luz perceptual. Pense no enxame de noções bem-ordenadas reprimidas na ideia de potencial. Não é maravilhoso que ideias que contêm um trabalho finalizado tão extenso devam ser fáceis de trabalhar com?

Nosso primeiro conhecimento, portanto, é um produto da economia da autopreservação. Pela comunicação, a experiência de várias pessoas, adquirida individualmente em primeiro lugar, é compilada em uma. A comunicação do conhecimento, e a necessidade que cada um sente de administrar seu estoque de experiências com o menor gasto de pensamento, nos força a colocar nosso conhecimento em formas econômicas. Mas, aqui, nós temos um indício que despe a ciência de todo seu mistério e nos mostra qual é seu verdadeiro poder. Em respeito a resultados específicos, ela não nos produz nada que não poderíamos alcançar, em um tempo longo o suficiente, sem métodos. Não há nenhum problema em toda a matemática que não possa ser resolvido pela contagem direta. Mas, com as ferramentas atuais da matemática, muitas operações de contagem podem ser realizadas em alguns minutos, algo que sem os métodos matemáticos levariam uma vida inteira. Assim como um único ser humano, limitado somente aos frutos de seu próprio trabalho, jamais poderia acumular uma fortuna, mas, pelo contrário, a acumulação do trabalho de muitas pessoas nas mãos de um é a fundação da riqueza e do poder, assim, também, nenhum conhecimento, digno do nome, pode ser obtido em uma única mente humana limitada ao tempo de vida

humano e dotada, apenas, de poderes finitos, exceto pela mais requintada economia do pensamento e pelo cuidadoso acúmulo da experiência economicamente organizada de milhares de colegas de trabalho. O que nos soa, aqui, como os frutos de feitiçaria, são, simplesmente, as recompensas de uma excelente limpeza doméstica, assim como são semelhantes os resultados na vida civil. Mas o negócio da ciência possui essa vantagem sobre qualquer outro empreendimento, que de seu acúmulo de riqueza ninguém sofre a menor perda. Isso, também, é a sua benção, seu poder libertador e salvador.

O reconhecimento do caráter econômico da ciência, agora, vai nos ajudar, possivelmente, a entender melhor certas noções físicas.

Aqueles elementos de um evento que chamamos de "causa e efeito" são certas características relevantes do evento que são importantes para sua reprodução mental. Sua importância diminui, e a atenção é transferida a novas características, no momento em que o evento, ou experiência, em questão se torna familiar. Se a conexão de tais características nos soa como necessária, é, simplesmente, porque a interpolação de certas conexões imediatas com aquilo que estamos familiarizados, e que possuem, portanto, uma maior autoridade para nós, é, frequentemente, acompanhada pelo sucesso em nossas explicações. Essa experiência



pronta<sup>9</sup>, fixada no mosaico da mente e com a qual conhecemos novos eventos, é chamada, por Kant, de um conceito inato do entendimento [*Verstandesbegriff*].

Os maiores princípios da física, resolvidos em seus elementos, não diferem, em nada, dos princípios descritivos do historiador natural. A pergunta "Por quê?", que é sempre apropriada quando se concerne sobre a explicação de uma contradição, igual a todos os hábitos adequados do pensamento, pode ultrapassar a si mesma e ser perguntada onde não resta mais nada a ser entendido.

Suponha que atribuíssemos à natureza a propriedade de produzir os mesmos efeitos nas mesmas circunstâncias; só que nós não devemos saber como encontrar essas circunstâncias semelhantes. A natureza existe apenas uma vez. Nossa imitação mental esquemática, por si, só produz eventos semelhantes. Somente na mente, portanto, que a dependência mútua de certas características existe.

Todos os nossos esforços para espelhar o mundo no pensamento seriam fúteis se nós não encontrássemos nada permanente nas mudanças diversas das coisas. É isso que nos impele a for-

---

<sup>9</sup> O tradutor usa o termo *ready* no inglês. No texto original, Mach utiliza o termo *fertig*. [N.T.]

mar a noção de substância, cuja origem não difere das ideias modernas relativas à conservação da energia. A história da física fornece inúmeros exemplos desse impulso em quase todos os campos, e bons exemplos disso podem ser rastreados de volta até o berçário. "Para onde vai a luz quando ela é apagada?", pergunta a criança. O súbito murchamento de um balão de hidrogênio é inexplicável a uma criança; ela procura em todos os lugares o grande corpo que, agora pouco, estava ali, mas, agora, se foi. De onde o calor vem? Para onde o calor vai? Perguntas infantis como essas, nas bocas de homens adultos, moldam o caráter de um século.

Ao separar mentalmente um corpo do meio mutável no qual ele se move, o que nós realmente fazemos é libertar um grupo de sensações nos quais nossos pensamentos estão fixados, e que possuem uma estabilidade relativamente maior do que os outros, do fluxo de todas as nossas sensações. Esse grupo não é absolutamente inalterável. Agora isso, agora esse membro dele aparece e desaparece, ou é alterado. Em sua identidade completa, ele nunca se repete. Ainda sim, a soma de seus elementos constantes, comparada com a soma de seus mutáveis, especialmente se consideramos o caráter contínuo da transição, é sempre tão grande que, para o propósito em questão, o primeiro, geralmente, parece suficiente para determinar a identidade do corpo. Mas porque podemos separar do grupo cada um dos membros sem o corpo deixar de ser, para nós, o mesmo, nós somos facilmente

levados a acreditar que após abstrair todos os membros, algo adicional permaneceria. Dessa forma, nós formamos a noção de substância distinta de seus atributos, de uma coisa em si, enquanto nossas sensações são consideradas como meros símbolos ou indicações das propriedades dessa coisa em si. Mas seria muito melhor dizer que corpos, ou coisas, são símbolos mentais, abreviados, para grupos de sensações — símbolos que não existem fora do pensamento. Assim, o mercante considera os rótulos de suas caixas meramente como índices de seus conteúdos, e não o contrário. Ele investe seus conteúdos, não seus rótulos, com valor real. A mesma economia que nos induz a analisar um grupo e a estabelecer signos especiais para as partes que o compõem, partes essas que também vão formar outros grupos, podem, igualmente, induzir-nos a marcar um grupo inteiro com um único símbolo.

Nos antigos monumentos egípcios nós vemos objetos representados que não reproduzem uma única impressão visual, mas são compostos de várias impressões. As cabeças e as pernas das figuras aparecem em perfil, o cocar e os seios são vistos de frente, e assim por diante. Nós temos aqui, por assim dizer, uma visão média dos objetos, de forma que o escultor reteve o que ele julgou essencial, e negligenciou aquilo que ele pensou ser indiferente. Nós possuímos exemplificações vivas do processo, colocadas em pedra nas paredes desses templos antigos, nos desenhos de nossas crianças, e nós, também, observamos um

análogo fiel deles na formação das ideias em nossas mentes. Somente em virtude de alguma facilidade de omissão, como a indicada, que nós podemos falar de um corpo. Quando falamos de um cubo com os cantos cortados — uma figura que não é um cubo — nós o fazemos por meio de um instinto natural de economia, o qual prefere adicionar uma correção a um velho conceito familiar em vez de formar um inteiramente novo. Esse é o processo de todos os juízos.

A noção crua de "corpo" não pode mais resistir o teste da análise, pelo menos não mais do que a arte dos Egípcios ou aquela de nossas pequenas crianças. O físico que vê um corpo flexionado, esticado, derretido e vaporizado, corta esse corpo em menores partes permanentes; o químico o divide em elementos. Contudo, até um elemento não é inalterável. Pegue o sódio. Quando aquecido, a massa branca, prateada, se torna um líquido que, quando o calor é aumentado e o ar restringido, é transformado em um vapor violeta, e se o calor continuar a ser aumentado, brilha com uma luz amarela. Se o nome sódio ainda se mantém é por causa do caráter contínuo das transições, e do instinto necessário de economia. Ao condensar o vapor, o metal branco pode reaparecer. De fato, até mesmo depois que o metal é jogado na água e passou a ser hidróxido de sódio, as propriedades que desapareceram podem, por meio de um tratamento habilidoso, ainda reaparecer; igualmente, um corpo em movimento, que passou atrás de uma coluna e não pode ser visto por um momento,

pode fazer sua aparição após um tempo. É, inquestionavelmente, muito conveniente sempre ter pronto o nome e o pensamento para um grupo de propriedades a onde quer que esse grupo, por qualquer possibilidade, possa aparecer. Mas esse nome e pensamento não são mais do que um símbolo economicamente abreviado para esses fenômenos. Seria uma mera palavra vazia para alguém em quem ela não despertou um grande grupo de impressões sensoriais bem-ordenadas. E o mesmo vale para as moléculas e os átomos nos quais os elementos químicos ainda são, adicionalmente, analisados.

Realmente, é costume considerar a conservação do peso, ou, mais precisamente, a conservação da massa, como uma prova direta da constância da matéria. Mas essa prova é dissolvida. Quando vamos ao fundo disso, em uma multiplicidade de operações instrumentais e intelectuais, de certo modo, será descoberto que constitui, simplesmente, uma equação que nossas ideias, ao imitar os fatos, precisam satisfazer. Procuramos em vão fora da mente esse caroço obscuro e misterioso que nós, involuntariamente, adicionamos ao pensamento.

É sempre, portanto, a noção crua de substância que está deslizando despercebida para dentro da ciência, constantemente se provando insuficiente, e sempre sob a necessidade de ser reduzida a partículas menores e menores de mundo. Aqui, como em outro lugar, o estágio mais baixo não se torna indispensável por

causa do mais alto que é construído sobre ele, não mais do que o modo mais simples de locomoção, andar, se torna supérfluo por causa dos modos de transporte mais elaborados. Corpo, como um conjunto de sensações de luz e toque, interligadas pelas sensações de espaço, deve ser tão familiar para o físico que o procura quanto para o animal que caça sua presa. Mas o estudante da teoria do conhecimento, como o geólogo e o astrônomo, deve ser permitido a raciocinar retroativamente das formas que são criadas diante de seus olhos a outras que ele encontra prontas para ele.

Todas as ideias e princípios físicos são direções sucintas, frequentemente envolvendo direções subordinadas, para o emprego de experiências economicamente classificadas, prontas para o uso. A concisão dessas ideias e princípios físicos, assim como o fato de que seus conteúdos raramente são exibidos por completo, muitas vezes as investe com a aparência de existência independente. Mitos poéticos acerca de tais ideias — como, por exemplo, aquele sobre o Tempo, o produtor e o devorador de todas as coisas — não nos concerne aqui. Precisamos apenas lembrar o leitor que até Newton fala sobre um tempo absoluto independente de todos os fenômenos, e de um espaço absoluto — posições que nem mesmo Kant abalou, e que são, muitas vezes, seriamente entretidas até os dias de hoje. Para o investigador natural, determinações de tempo são meras afirmações abreviadas da dependência de um evento sobre o outro, e nada mais. Quando falamos que a aceleração de um corpo em queda

livre é 9,810 metros por segundo, nós queremos dizer que a velocidade do corpo em relação ao centro da Terra é 9,810 metros maior quando a Terra realizou a 86.400<sup>a</sup> parte adicional de sua rotação — um fato que, nele mesmo, só pode ser determinado pela relação da Terra com outros corpos celestes. Novamente, na velocidade está contida, simplesmente, uma relação da posição de um corpo com a posição da Terra<sup>10</sup>. Em vez de referir eventos à Terra, nós podemos referir eles a um relógio, ou até a nossa sensação interna de tempo. Agora, porque todos estão conectados, e cada um pode ser a medida do resto, facilmente surge a ilusão de que tempo possui significado independente do todo<sup>11</sup>.

O objetivo da pesquisa é a descoberta das equações que subsistem entre os elementos dos fenômenos. A equação de uma elipse expressa a relação universal concebível entre suas coordenadas, as quais somente os valores reais possuem significação geométrica. Do mesmo modo, as equações entre os elementos dos fenômenos expressam uma relação universal e matematicamente concebível. Aqui, contudo, para muitos valores, somente certas direções de mudança são fisicamente admissíveis. Como na elip-

---

**10** Fica claro, disso, que as chamadas leis elementares (diferenciais) envolvem uma relação com o Todo. [N.A.].

**11** Se fosse contestado, que no caso da perturbação da velocidade de rotação da Terra, nós poderíamos ser sensíveis a tais perturbações, e sendo obrigados a ter alguma medida de tempo, nós deveríamos recorrer ao período de vibração das ondas da luz de sódio, — tudo que isso mostraria é que, por razões práticas, nós deveríamos selecionar aquele evento que melhor nos serve como a medida comum mais simples dos outros. [N.A.].

se, onde somente certos valores que satisfazem a equação são obtidos, também, no mundo físico, somente certas mudanças de valores ocorrem. Corpos sempre são acelerados em direção à Terra. Diferenças de temperatura, deixadas a si mesmas, sempre diminuem; e assim por diante. Do mesmo modo, em relação ao espaço, pesquisas matemáticas e fisiológicas mostraram que o espaço da experiência é, simplesmente, um caso real de muitos casos concebíveis, sobre cujas propriedades peculiares somente a experiência pode nos instruir. A elucidação que esta ideia difunde não pode ser questionada, apesar dos usos absurdos os quais foram feitos.

Esforçamo-nos, agora, para resumir os resultados da nossa pesquisa. Na esquematização econômica da ciência reside tanto seu poder quanto a sua fraqueza. Fatos sempre são representados sacrificando sua completude, e nunca com precisão maior do que a que se ajusta às necessidades do momento. A incongruência entre pensamento e experiência, portanto, continuará a subsistir enquanto os dois prosseguem seu curso lado a lado; mas será, continuamente, diminuída.

Em realidade, o ponto envolvido é sempre completar alguma experiência parcial; a derivação de uma parte do fenômeno por alguma outra. Nesse ato, nossas ideias devem se basear diretamente nas sensações. Nós chamamos isso de medir. A condição da ciência, tanto em sua origem quanto em sua aplicação, é uma



grande estabilidade relativa do nosso meio. O que ela nos ensina é interdependência. Previsões absolutas, conseqüentemente, não possuem significado na ciência. Com grandes mudanças no espaço celestial nós devemos perder nossos sistemas de coordenadas de espaço e tempo.

Quando um geômetra deseja entender a forma de uma curva, ele, primeiramente, resolve-a em pequenos elementos retilíneos. Ao fazer isso, no entanto, ele está totalmente consciente que esses elementos são apenas dispositivos provisórios e arbitrários para compreender em partes o que ele não consegue compreender como um todo. Quando a lei da curva é encontrada, ele não mais pensa nos elementos. Do mesmo modo, não seria adequado à ciência física ver, em suas ferramentas autocriadas, mutáveis e econômicas, moléculas e átomos, realidades por trás dos fenômenos, esquecendo-se da prudência, recentemente adquirida, de sua irmã mais ousada, a filosofia, ao substituir uma mitologia mecânica pelo velho esquema animista ou metafísico, e, assim, criando problemas de suposição sem fim. O átomo deve se manter como uma ferramenta para representar os fenômenos, igual às funções da matemática. Gradualmente, no entanto, conforme o intelecto, pelo contato com seu assunto, cresce em disciplina, a ciência física abrirá mão de seu jogo de mosaico com pedras e buscará apreender os limites e as formas do leito em que a correnteza viva dos fenômenos flui. O objetivo que ela se colocou é a expressão abstrata mais simples e econômica dos fatos.

Agora, a questão permanece, se o mesmo método de pesquisa que, até agora, nós vínhamos restringindo tacitamente à física é, também, aplicável no domínio psíquico. Essa questão vai parecer supérflua para o investigador físico. Nossas visões físicas e psíquicas nascem exatamente da mesma maneira do conhecimento instintivo. Nós lemos os pensamentos das pessoas em seus atos e em suas expressões faciais sem saber como. Assim como prevemos o comportamento de uma agulha magnética colocada perto de uma corrente imaginando o nadador de Ampère na corrente, similarmente, prevemos no pensamento os atos e comportamentos das pessoas assumindo sensações, sentimentos, e vontades, similares às nossas, conectadas com seus corpos. O que, aqui, nós realizamos instintivamente, apareceria a nós como uma das conquistas mais sutis da ciência, muito mais superior em importância e em engenhosidade do que a regra do nadador de Ampère, se não fosse pelo fato de que toda criança a realiza inconscientemente. A questão simplesmente é, portanto, compreender cientificamente, isto é, pelo pensamento conceitual, o que nós já possuímos familiaridade por meio de outras fontes. E, aqui, muito deve ser feito. Uma longa sequência de fatos deve ser revelada entre a física da expressão e do movimento, e do sentimento e pensamento.

Nós escutamos a questão, "Mas como é possível explicar sentimento por meio dos movimentos dos átomos do cérebro?". Cer-

tamente isso nunca será feito, não mais do que a luz ou calor serão, jamais, deduzidos da lei da refração. Nós não devemos lamentar, portanto, a falta de soluções engenhosas para essa questão. O problema não é um problema. Uma criança olhando por cima das paredes de uma cidade, ou de uma fortaleza, para o fosso abaixo vê com espanto pessoas vivas nele, e não sabendo do portal que conecta o muro com o fosso, não consegue entender como elas poderiam ter descido das altas muralhas. Assim é com as noções da física. Nós não podemos subir na província da psicologia por meio da escada de nossas abstrações, mas podemos descer nela.

Vamos olhar para o assunto de forma imparcial. O mundo consiste de cores, sons, temperaturas, pressões, espaços, tempos, e assim por diante, os quais, agora, nós não devemos chamar de sensações, nem de fenômenos, porque em ambos os termos uma teoria arbitrária, unilateral, é incorporada, mas simplesmente chamamos de elementos. A fixação do fluxo desses elementos, seja mediata ou imediata, é o verdadeiro objetivo da pesquisa física. Enquanto que, negligenciando nosso próprio corpo, nós nos empregamos com a interdependência desses grupos de elementos que, incluindo seres humanos e animais, constituem corpos estranhos<sup>12</sup>, nós somos físicos. Por exemplo, investiga-

---

<sup>12</sup> O tradutor usa o termo *foreign* no inglês. No texto original, Mach utiliza o termo *fremd*. [N.T.].

mos a mudança da cor vermelha de um corpo produzida pela mudança de iluminação. Mas no momento que consideramos a influência especial sobre o vermelho dos elementos que constituem nosso corpo, descrita pela perspectiva bem conhecida com uma cabeça invisível, nós estamos trabalhando no domínio da psicologia fisiológica. Nós fechamos nossos olhos, e o vermelho, junto com todo o mundo visível, desaparece. Existe, portanto, no campo perspectivo de cada sentido, uma porção, que exerce sobre todo o resto, uma influência diferente e mais poderosa do que o resto sobre um ou outro. Com isso, no entanto, tudo está dito. À luz dessa observação, nós chamamos todos os elementos, na medida em que consideramo-los como dependentes dessa parte especial (nosso corpo), de sensações. Que o mundo é nossa sensação, nesse sentido, não pode ser questionado. Mas fazer um sistema de conduta a partir dessa concepção provisória, e tolerar seus escravos, é tão desnecessário para nós quanto seria um percurso similar para um matemático que, ao variar uma série de variáveis de uma função que eram previamente assumidas como constantes, ou ao trocar as variáveis independentes, descobre que seu método é a fonte de algumas ideias muito surpreendentes para ele<sup>13</sup>.

---

**13** Eu tenho representado o ponto de vista tomado aqui por mais de trinta anos, e desenvolvido ele em vários escritos (*Erhaltung der Arbeit*, 1872, partes do qual estão publicadas no artigo sobre *The Conservation of Energy* nessa coleção; *The Forms of Liquids*, 1872, também publicado nessa coleção; e o *Bewegungsempfindungen*, 1875). A ideia, embora conhecida pelos filósofos, não é familiar à maioria dos físicos. É uma questão de grande arrependimento para mim, portanto, que o título e autor

Se olharmos para o assunto sob essa perspectiva imparcial aparecerá, indubitavelmente, que o método da psicologia fisiológica não é outro senão o método da física; mais ainda, que essa ciência é uma parte da física. Seu assunto não é diferente do da física. Ela determinará, sem dúvidas, as relações que as sensações mantêm com a física do nosso corpo. Nós já aprendemos com um membro dessa academia (Hering) que, em toda probabilidade, uma multiplicidade sêxtupla do processo químico da substância visual corresponde à multiplicidade sêxtupla das sensações de cor, e uma multiplicidade tríplice do processo fisiológico à multiplicidade tríplice das sensações de espaço. Os caminhos das ações de reflexo e da vontade são acompanhados e revelados; é apurada qual região do cérebro serve à função da fala, qual região à função da locomoção, etc. Aquilo que ainda se agarra ao nosso corpo, a saber, nossos pensamentos, não vão, quando essas investigações terminarem, apresentar dificuldades novas em princípio. Quando a experiência houver, claramente, exibido esses fatos, e a ciência houver reunido eles em ordem econômica e compreensível, não há nenhuma dúvida que nós devemos entender eles. Pois outro "entendimento" além do domínio mental dos fatos jamais existiu. Ciência não cria fatos a partir de fatos,

---

de um pequeno folheto que concordava com minhas opiniões em vários detalhes, e que eu me lembro de ter olhado em um período muito ocupado (1879-1880), desapareceu tão completamente da minha memória que todos os esforços para obter uma pista a eles tem sido, até agora, infrutíferos. [N.A.].

mas simplesmente ordena fatos conhecidos.

Vamos olhar, agora, um pouco mais de perto os modos de pesquisa da psicologia fisiológica. Nós possuímos uma ideia muito clara de como um corpo se move no espaço que o engloba. Nós somos muito familiares com nosso campo de visão óptico. Mas nós somos incapazes de afirmar, como uma regra, como que chegamos a uma ideia, de qual canto do nosso campo de visão intelectual ela entrou, ou por qual região o impulso para um movimento é enviado. Além disso, nós jamais conseguiremos nos familiarizar<sup>14</sup> com esse campo de visão mental somente pela auto-observação. Auto-observação, em conjunto com a pesquisa fisiológica, a qual procura conexões físicas, podem colocar esse campo de visão em uma luz clara diante de nós, e vai, assim, pela primeira vez, realmente revelar a nós nosso ser humano interior.

Primeiramente, a ciência natural, ou a física, em seu sentido mais amplo, nos tornam familiarizados<sup>15</sup> somente com as conexões de grupos de elementos mais firmes. Provisoriamente, se desejamos reter um todo compreensível, podemos não dar muita atenção aos constituintes únicos desses grupos. Em vez de equações entre as variáveis primitivas, a física nos fornece, tão quão fácil

---

**14** "Familiarizar", aqui, está sendo utilizado no sentido de "conhecer". No caso, está traduzindo acquainted. [N.T.].

**15** Cf. nota 14. [N.T.].

pode ser o percurso, equações entre as funções dessas variáveis. A psicologia fisiológica nos ensina como separar o visível, o tangível, e o audível dos corpos — um trabalho que é, subsequentemente, ricamente recompensado, como a divisão dos temas de física mostra bem. A fisiologia analisa, ainda, o visível em sensações de luz e de espaço; o primeiro em cores, o último, também, nas partes que o compõe; ela transforma<sup>16</sup> ruídos em sons, esses em tons, e assim por diante. Inquestionavelmente, essa análise pode ser levada muito além do que tem sido. Será possível, no final, exhibir os elementos comuns com base nos atos lógicos muito abstratos, porém, definidos, semelhantes em forma, — elementos que o jurista e matemático perspicazes, por assim dizer, sentem com certeza absoluta, onde o não iniciado apenas escuta palavras vazias. A fisiologia, em uma palavra, revelará a nós os verdadeiros elementos do mundo. A psicologia fisiológica mantém com a física, em seu sentido mais amplo, uma relação similar àquela que a química mantém com a física em seu sentido mais estreito. Mas muito maior do que o suporte mútuo da física e da química, será aquele suporte que a ciência natural e a psicologia se prestarão. E os resultados que devem nascer dessa união vão, muito provavelmente, ultrapassar, em muito, aqueles da física mecânica moderna.

---

**16** O tradutor usa o verbo *resolves* no inglês. No texto original, Mach utiliza o verbo *lösen*. Sendo assim, entende-se transformar no sentido de decompor, resolver. [N.T.].

Quais são essas ideias com as quais devemos compreender o mundo quando o circuito fechado de fatos físicos e psicológicos estiver completo diante de nós, (circuito esse que, agora, vemos apenas duas partes separadas), não pode ser previsto no começo do trabalho. Será encontrado o homem que verá o que é certo, e possuirá a coragem, em vez de vagar nos caminhos intrincados do acidente lógico e histórico, de entrar nos caminhos retos para as alturas na qual o poderoso fluxo dos fatos pode ser pesquisado. Se a noção que, agora, chamamos de matéria continuará a possuir um significado científico para além dos propósitos grosseiros da vida comum, nós não sabemos. Mas, certamente, devemos ficar surpresos como cores e tons, que eram partes tão profundas de nós, poderiam, de repente, se perder em nosso mundo físico de átomos; como poderíamos, subitamente, ser surpreendidos que algo, o qual fora de nós, simplesmente clicou e bateu, deveria fazer luz e música em nossas cabeças; e como poderíamos perguntar se a matéria pode sentir, ou seja, se um símbolo mental para um grupo de sensações pode sentir?

Não podemos marcar em linhas duras e rápidas a ciência do futuro, mas podemos prever que os muros rígidos que, agora, dividem o ser humano do mundo vão gradualmente desaparecer; que os seres humanos não somente se confrontarão, mas, também, todo o mundo orgânico, o dito sem vida, com menos egoísmo e com uma simpatia mais viva. Um pressentimento como esse, talvez, possuía o grande filósofo Chinês Licius, cerca de



dois mil anos atrás quando, apontando para uma pilha de ossos humanos em decomposição, falou aos seus estudantes no estilo rígido e lapidário de sua língua: “Esses e eu, apenas, possuímos o conhecimento de que não estamos vivos nem estamos mortos”.

## Referências complementares

BANKS, Erik. The Philosophical Roots of Ernst Mach's Economy of Thought. **Synthese**, v.139, n.1, p.23–53, 2004.

BLACKMORE, John. **Ernst Mach: his work, life and influence**. California: University of California Press, 1972.

LAPLACE, Pierre-Simon. **Ensaio filosófico sobre as probabilidades**. Trad. Pedro Leite de Santana. 1.ed. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2010.

MACH, Ernst. **The science of mechanics**. Trad. Thomas J. McCormack. Chicago: The Open Court Publishing CO, 1919.

MACH, Ernst. Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung. In: MACH, Ernst. **Populär-wissenschaftliche Vorlesungen**. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1896.