
CONCEPÇÕES SOBRE A MEDIÇÃO NA HISTÓRIA DA FILOSOFIA

Félix Flores Pinheiro

Resumo:

O presente artigo tem por objetivo discorrer como o conceito de “medição” e os processos de mensuração foram pensados no decorrer da história da filosofia. Embora seja relegado aos processos de mensuração na ciência um tratamento mais metodológico do que científico e filosófico na história do pensamento ocidental – encontramos nela breves teorizações sobre o assunto, as quais revelam concepções sobre o que é “medição” e qual o seu fundamento – quais critérios que asseguram o conhecimento oriundo dos seus processos. Esses tópicos são discutidos aqui salientando a história da filosofia, os desenvolvimentos que culminam na Teoria Representacional da Medição e o atual estado da discussão, com a assim denominada “model-based account” apresentada por Eran Tal.

Palavras-chave: Filosofia da Ciência, Medição, Filosofia da Medição, Modelos

Abstract:

The purpose of this paper is to discuss how the concept of measurement and measurement processes were thought through in the history of philosophy. Although a methodological rather than a scientific and philosophical treatment is relegated to processes of measurement in the history of Western thought, we find in this history brief theorizations on the subject, which reveal conceptions about what “measurement” is and what is its foundation - a criterion that ensures the knowledge arising from their processes. These topics are discussed here by pointing out the history of philosophy, the developments that culminate in the Representational Theory of Measurement and the current state of the discussion, with the so-called "model-based account" presented by Eran Tal.

Keywords: *Philosophy of science, Measurement, Philosophy of Measurement, Models*

Introdução

A questão primordial do presente artigo é a relação entre concepções sobre o que é uma “medição”¹ e o que fundamenta ou assegura os produtos dos processos de medição enquanto conhecimento científico. Essa relação, entre o que é medir algo e o tipo de conhecimento proveniente dessa atividade, está bem ilustrada nas seguintes palavras de Lorde Kelvin: “quando você consegue mensurar o que você está falando, e expressar isso em números, você sabe alguma coisa sobre isso; de outro modo, o tipo de conhecimento que você possui é escasso e insatisfatório” (Kelvin *apud* Mari, 2003, p. 20).

Um entendimento comum sobre o que é uma “mensuração” diz que medir é um procedimento de atribuição de números a objetos, processos e/ou eventos. Obviamente, não se trata de todos os objetos, eventos ou processos que encontramos na natureza, tão somente dos tratáveis quantitativamente, as assim chamadas “grandezas” ou “magnitudes”. Embora não haja uma definição precisa para o que sejam as “magnitudes”, que seja ao mesmo tempo geral para englobar o escopo das mais diversas grandezas mensuráveis, a característica mais comum que elas apresentam é a capacidade de admitirem graus, ou seja, de se manifestarem em “maior ou menor” grau. São exemplos de magnitudes a temperatura, o peso, a massa, a duração e o comprimento.

Do ponto de vista filosófico, a questão fundamental subjacente às teorizações sobre a medição diz respeito a como a natureza se deixa tratar através de números e, por conseguinte, quais as consequências desse tratamento para a maneira como compreendemos e interpretamos a realidade. Embora esse tipo de questionamento fosse de interesse dos pensadores ocidentais desde a antiguidade, na maior parte dessa história, as mensurações, seus processos e seus problemas, foram relegados aos tratamentos mais metodológicos do que propriamente teóricos. Assim, é incomum encontrarmos algum corpo de conhecimento que possa ser dito uma “teoria da medição”, com algumas raras exceções. Nos últimos dois séculos, filósofos e cientistas tem voltado suas análises e produzido um campo de saber que fora denominado como

¹ No presente artigo, as palavras “medição” e “mensuração” serão utilizadas como sinônimos.

filosofia da medição – um contexto de investigação teórica, científica e filosófica que toma a medição como problema principal. Dentre os vários frutos dessa investigação, destacam-se as diretrizes metodológicas que usamos hoje, o profundo conhecimento formal sobre as escalas e aquilo podemos chamar de uma teoria sobre a medição (e não uma teorização inacabada ou ainda não madura), o que hoje é denominado Teoria Representacional da Medição.²

No interior desses estudos, há uma questão relacionada diretamente com as palavras de Kelvin supracitadas: sob quais condições podemos afirmar que o produto de um processo de mensuração em ciência constitui conhecimento? (E claro, o que esse “conhecimento” significa, quais as suas características, sua natureza e amplitude). A fim de ilustrar esse problema geral, mostra-se útil considera-lo através de questionamentos específicos, como por exemplo, o que sabemos sobre o impacto de um terremoto e sobre terremotos, em geral, quando encontramos um valor associado ao evento através de um procedimento de mensuração? Essa avaliação é de algum modo distinta de outras avaliações comuns, como por exemplo de avaliações estéticas? Os produtos dessa avaliação, em termos de conhecimento, possuem uma natureza singular ou, pelo menos, distinta de avaliações subjetivas? Fechando esse parêntese explicativo, se levarmos em conta o que nos diz Kelvin, uma vez que conseguimos mensurar e expressar em números o que afirmamos sobre algumas características dos abalos sísmicos, mas não podemos fazer o mesmo com o produto de nossas avaliações estéticas, temos a nossa disposição um tipo de conhecimento acerca dos primeiros que é “menos escasso e insatisfatório” do que o que temos sobre os segundos. A partir dessa ilustração compreendemos de maneira mais profunda o que se quer dizer com uma investigação epistêmica geral relativa às mensurações: uma busca pelas condições que tornam as avaliações obtidas por esse meio um tipo de conhecimento mais seguro do que o fruto de outras avaliações; se é que isso ocorre. Todavia, de modo algum o objetivo desse trabalho poderia ser oferecer critérios e maneiras para encontrar o tipo de conhecimento advindo das mensurações, aquilo que as fundamenta, satisfazendo as esperanças dessa investigação epistêmica. O propósito aqui é muito menos ambicioso: visa tão somente mostrar como encontramos no decorrer da história da filosofia concepções distintas

² Muito provavelmente, a Teoria Representacional da Medição seja a única teoria madura sobre a medição em ciência. Atualmente, possuímos apenas uma outra candidata ao título de “teoria” propriamente dito, a assim denominada “model-based account”, abordagem apresentada por Tal (2013).

sobre o que é uma “medição” e como cada período histórico no qual essa concepção está imersa oferta uma resposta diferente para esse problema. Assim, o texto que segue visa elucidar como os critérios que distinguem avaliações sobre mensuração de avaliações triviais variaram de critérios ontológicos, encontrados em primeiro período histórico, para critérios “formais” e, por fim, para critérios epistêmicos oriundos das inferências que ocorrem na prática científica.

Teorizações iniciais e metafísica

Apesar de encontrarmos investigações que tomam a mensuração como questão não secundária apenas recentemente, em especial com os trabalhos de Helmholtz (1930)³ e de Campbell (1920), a história da filosofia nos lega concepções sobre o que é uma “medição”, sobre sua natureza, que remontam pelo menos aos gregos antigos e merecem destaque por conta de sua influência na história do pensamento ocidental. Como sugere Mari (2003), talvez uma primeira aparição da medição como uma noção importante date das clássicas e bem conhecidas palavras de Protágoras, que colocam o homem como a medida de todas as coisas. Conquanto possa haver discussões sobre a tese que o famoso sofista estava defendendo, se, por exemplo, a amplitude da asserção abarca tanto fenômenos naturais quanto leis morais, dentre outras questões, há um consenso em torno de que ela expressa uma visão relativista sobre o conhecimento humano. Mesmo que essa visão seja uma caricatura, foi contra essa postura relativista e/ou subjetivista que boa parte da filosofia posterior se posicionou. Nesse sentido, tomando a liberdade de pensar sobre essa visão atribuída à Protágoras, supondo que efetuar uma mensuração é realizar uma avaliação, essa nada terá de mais especial do que qualquer outra, e os seus produtos são informações tão não-objetivas quanto juízos avaliativos tidos como opinião supostamente o são.

É consenso na história da filosofia que os escritos de Platão se posicionaram contra um tipo de postura que, em última instância, advoga um conceito de “verdade” não objetivo, bem como muito do que foi produzido por filósofos e cientistas posteriores, ao menos até a modernidade. Esse enorme recorte histórico nos serve para contrapor uma concepção de mensuração enquanto avaliação subjetiva com as tentativas

³ O trabalho original de Helmholtz, intitulado *Zählen und Messen Erkenntnistheoretisch Betrachtet*, foi publicado em 1887. Porém, utilizamos aqui a versão traduzida para a língua inglesa, datada de 1930.

de salvaguardar o conhecimento, em especial o conhecimento científico, da relativização da verdade. Nesse contexto, encontramos com certa frequência nos escritos de pensadores de vários períodos uma concepção de mensuração enquanto descrição objetiva, semelhante às palavras de Kelvin já mencionadas, como por exemplo em Euclides. A partir desse contexto, uma medição se distingue de avaliações triviais porque a mesma constitui uma descrição objetiva da realidade, sendo essa objetividade derivada diretamente das coisas que estão sendo medidas. Nesse sentido, mensurar é descobrir algo sobre o mundo, mais especificamente, descobrir esses objetos, propriedades, relações ou eventos que foram denominados como “grandezas” ou “magnitudes”.

Nessa visão, a medição está fundamentada na afirmação de que as grandezas são propriedades inerentes das coisas e de que seus valores estão no mundo. Sendo a realidade composta por quantidades, valores numéricos ou qualquer outro termo que escolhermos para nos referirmos ao grau de uma magnitude, temos a disposição um critério ontológico para avaliar e distinguir uma medição de avaliações subjetivas e triviais: o valor de verdade do resultado do experimento de medida. Tal critério ontológico pode ser afirmado como uma visão tradicional do que é uma medição por vários motivos, como por exemplo, estar presente na obra de autores de diversos períodos (desde a escola pitagórica, passando por Euclides e Galileu), por corresponder à algumas das crenças que hoje são de senso comum sobre a atividade científica, mas em especial por ter tido enorme influência no desenvolvimento científico. Para citar um desses acontecimentos, Kula (1986) mostra como a padronização do sistema métrico foi impulsionada pela revolução francesa por conta do ideal de se obter maior objetividade. Segundo Kula (1986), acreditava-se que a metrização (padronização) retirava o caráter falível e humano das medições, tornando-as independentes, objetivas e moralmente neutras.

No âmbito científico, com base nessas ideias, surgiram os primeiros desenvolvimentos do que viria a possibilitar uma “teoria da medição” propriamente dita: os trabalhos que colocaram a medição como objeto primário de estudo e não apenas metodológico. Como mostra Mari (2003), com o sucesso científico e tecnológico do século XVIII, muito por conta dos métodos experimentais, trouxe novas bases para tornar a medição uma atividade fundamental no trabalho científico. Tomada como

principal objeto de estudo, a medição foi analisada por dois vieses que mais tarde convergiram em uma mesma teoria. Por um lado, os já mencionados trabalhos de Campbell (1920) e Helmholtz (1930) focaram na pergunta sobre como a natureza se deixa tratar numericamente de um ponto de vista empírico, buscando as condições empíricas para que possamos medir alguma coisa e as que nos impossibilita de fazer o mesmo com outras coisas. Por outro lado, Stevens (1946) desenvolveu uma análise sobre as propriedades matemáticas presentes nas escalas de medidas, iniciando o que hoje é conhecido como o tratamento das famílias das escalas.⁴ A unificação de ambos vieses convergiu na “Teoria representacional da medição”, cujo principal expoente é Patrick Suppes.

Aprofundando cada ponto do parágrafo anterior, o tratamento da medição realizado por Helmholtz (1930) e por Campbell (1920) estabelece condições necessárias e suficientes para a possibilidade e o sucesso das mensurações, permanecendo no interior da postura objetivista com relação aos resultados dos experimentos. Evidência disso é o fato de Campbell (1920) reconhecer que nem todos os conceitos quantitativos podem ser pensados como propriedades inerentes dos objetos, utilizando a distinção entre ‘qualidades primárias’ e ‘qualidades secundárias’ de Locke. Ilustrando esse ponto, não faz sentido pensar, por exemplo, que uma unidade de medida para valores econômicos tenha um correspondente empírico; os produtos não possuem por si a propriedade de valerem x ou y reais, euros ou dólares – dada a influência de diversos fatores sociais no estabelecimento desses. Essas qualidades, segundo Campbell, seriam “secundárias”, que dependem de uma averiguação; enquanto as qualidades primárias são independentes dos fatores humanos. Para Campbell, as qualidades primárias, quando observadas por diferentes espectadores, possuem sempre o mesmo valor, não irão variar dependendo de quem ou de como as observamos; já as secundárias são aquelas que podem ser observadas aparentando serem diferentes para distintos indivíduos. Dito isso, do ponto de vista filosófico, há aqui uma clara busca pelos fundamentos das qualidades primárias, em especial, por estabelecer padrões para as grandezas e solucionar dois problemas fundacionais.

O primeiro desses, como mostra Kyburg (1984), constitui a pergunta sobre se o que compõe a natureza, se essa relação mais básica que as teorias visam, são

⁴ Essas considerações históricas são desenvolvidas em Díez (1997a).

fundamentalmente quantitativas ou qualitativas. Dito de outro modo, a dúvida recai em se partimos de comparações qualitativas, como a relação “maior que”, para após isso determinarmos valores e unidades de medidas, ou se o processo é o inverso, se há na natureza esses valores e é em detrimento deles que podemos falar que existem as relações qualitativas. O segundo problema fundacional é correlato ao primeiro e diz respeito ao que ficou conhecido como “problema da coordenação”. Aqui, questiona-se como os conceitos quantitativos, como massa e comprimento, se relacionam com os procedimentos de medida: se são os procedimentos que justificam a adoção de um conceito e de um padrão, ou se é o que sabemos sobre esses conceitos que justificam os procedimentos empíricos. Até esse momento, as respostas para essas dúvidas poderiam estar em harmonia com o critério ontológico, de que grandezas são qualidades intrínsecas aos objetos, pelo menos algumas delas. Portanto, é a natureza ela mesma que determina os melhores procedimentos e os valores a serem encontrados. Como consequência interessante, a ideia do erro no contexto das medições recebe um tratamento simples e intuitivo: há um valor correto a ser encontrado, que é determinado pela natureza; erramos quando ele não é atingido pelo procedimento de medida. Porém, esse quadro muda de figura com a publicação do trabalho de Stevens (1946) e o florescimento do neopositivismo.

Problemas fundacionais e a teoria representacional da medição

Stevens (1946) analisou as características matemáticas das escalas de medidas, argumentando que a mensuração tem por base realizar um *isomorfismo* entre um sistema empírico e uma escala algébrica.⁵ Sobre essas últimas, o autor distingue entre quatro tipos diferentes de estruturas algébricas, as quais são determinadas pelas transformações que cada tipo permite formando o que ele chamou de “famílias de escalas”. Os quatro tipos de escalas que Stevens (1946) apresenta são classificados em: 1) nominal; 2) ordinal; 3) intervalos e 4) racionais. A escala de tipo nominal determina apenas igualdade entre elementos na qual os numerais são usados como rótulos, como

⁵ Cabe ressaltar que o termo “isomorfismo” é utilizado por Stevens (1946), embora a ideia mais comum, antes e depois da publicação do seu trabalho, seja a de homomorfismo – não apenas desse caso em especial.

nomes. Há na história subsequente uma controvérsia sobre se esse tipo de escala pode ser dito como sendo uma “medição”, mas esse problema não nos interessa aqui. A escala de tipo ordinal determina que algo é menor ou maior do que outro algo, preservando a ordenação (o exemplo paradigmático aqui é a escala de dureza dos minerais). A escala que admite transformações baseadas em “intervalos” determina diferenças e igualdades entre intervalos, em geral por conta do fato do ponto “zero” ser uma atribuição puramente convencional. Essas escalas admitem transformações na forma da equação $y = ax+b$, e os exemplos dados por Stevens são as escalas Celsius e Fahrenheit para a temperatura, além da marcação da passagem do tempo. Nesse tipo de escala não faz sentido falar em razões, como o valor da metade de outro valor, pois ela não admite proporções diretas. Por fim, escalas “racionais” preservam as operações de ordenamento, igualdade entre intervalos e de proporções.

Stevens estava alegadamente preocupado com a aplicação de escalas para as teorias psicológicas da época. Em trabalho posterior, Stevens (1959) apresenta uma concepção de mensuração, segundo a qual, medir é designar números para objetos ou eventos de acordo com uma regra, qualquer regra. Essa contribuição foi coerente com os desenvolvimentos filosóficos do mesmo contexto: o neopositivismo. Sem entrar em detalhes sobre a ascensão do projeto de remover todo conteúdo metafísico do conhecimento científico, cabe apenas pontuar alguns elementos centrais para o propósito dessa apresentação. Um desses elementos pode ser encontrado em Carnap, (1995), para quem não há elementos numéricos nos fenômenos, embora possamos introduzir conceitos matemáticos nesses estabelecendo um procedimento para medi-los. Assim, na medida em que os fenômenos exibem qualidades observáveis, nós estabelecemos uma maneira para quantificá-los. Esse projeto filosófico nos interessa porque claramente rompe com o critério ontológico anterior e porque, sobretudo, coloca na mensuração a função de determinar a verdade e a falsidade das asserções científicas. Um bom exemplo das consequências disso é a já sinalizada questão do erro nas medições: se retiramos as quantidades da natureza, então não há mais um valor pré-determinado ditado pela natureza ela mesma e que deve ser encontrado, exigindo uma nova concepção do que é “errar” ao medir.

Correlacionado a isso, é interessante observar também que, como mostra Mari (2003), no decorrer de seu desenvolvimento, o neopositivismo ofertou uma ideia de

‘valor verdadeiro’ para o valor de uma grandeza, alocado no conceito de ‘dados puros observáveis’. Do fracasso dessa ideia surgiram as noções de ‘valor de verdade convencional’ e ‘critérios de aceitação’. Parece acertado aqui retomar os problemas citados anteriormente, em especial o problema da “coordenação”. As teorias e modelos científicos utilizam termos que designam relações quantitativas, como ‘massa’, ‘acidez’, ‘produtividade’. Com o fracasso da ideia de que existem dados puramente observáveis, sem impregnação teórica, em adição a recusa de um critério ontológico para determinar esses conceitos, o modo como os definimos se tornou um problema para os propósitos que os mesmos desempenham na atividade científica.

Como resume Tal (2013), a adequação empírica de uma teoria é determinada pelo sucesso de um experimento, de um procedimento de medida correspondente. Porém, encontrar esse procedimento de medida envolve a construção de um experimento que requer um conhecimento sobre o que está sendo medido, indicando um círculo vicioso. Duas soluções alternativas foram ofertadas para esse problema. A primeira vai de encontro a ideia supracitada de Carnap, de introduzirmos conceitos numéricos estabelecendo um procedimento para medi-los, pois aloca a fundação dos conceitos quantitativos nos processos operacionais. Essa posição, conhecida como operacionismo, tem por consequência que se há mais de um procedimento empírico para o mesmo conceito, por exemplo se medimos o tempo por procedimentos diferentes, deveríamos falar em ‘tempo1’ e ‘tempo2’ – o que acarreta em uma dificuldade especial para o estabelecimento de um padrão. Sobre isso, Bridgman (1927), um dos principais expoentes dessa tese, afirma que enquanto houverem resultados empíricos equivalentes estamos pragmaticamente justificados em dar o mesmo nome para essas grandezas supostamente idênticas. Segundo Tal (2013) o que retira o interesse dessa alternativa é o fato de muitos conceitos úteis não terem procedimentos claros associados a eles, de modo com que o próprio Bridgman veio posteriormente a revisar a teoria e afirmá-la como algo não mais compreensível. Mas uma dificuldade ainda mais fundamental para o operacionalismo está na concepção do “erro” nas medições. Ao evocar uma noção de “resultados empíricos equivalentes”, devemos dispor uma noção precisa do que seja o erro para poder afirmar quando procedimentos de medidas diferentes erram, e como esses erros estão relacionados com o “valor empírico” adequado, o que deveria ser encontrado. Assim, sem a natureza determinar esse valor, restaria aos procedimentos

não só definir as magnitudes, mas também demonstrar a relação entre tipos de procedimentos similares de acordo com uma ideia de erro comum a eles.

Já a segunda solução alternativa, conhecida por “convencionalismo”, ressalta que há aspectos convencionais (não triviais) envolvidos na escolha de padrões para os conceitos quantitativos. Mais do que optar por uma ou outra escala, como afirma Mach (1986), os procedimentos empíricos que usamos não oferecem diferença significativa para determinar a escolha de um padrão. Assim, os procedimentos padrões são determinados mais por conveniências e acordos na comunidade científica do que por critérios baseados em razões sobre a natureza. Sintetizando, os estudos sobre as transformações e famílias de escalas iniciados por Stevens (1946) questionam a ideia da existência de valores e das próprias grandezas, sendo contemplados pelo pensamento filosófico de que as definições para essas recaem em procedimentos ou convenções.

Nesse contexto, como salienta Mari (2003), há uma clara inversão dos fundamentos ontológico das medições para um fundamento epistêmico-tecnológico. Por exemplo, o conhecimento disponível sobre uma determinada grandeza, como a temperatura, passa a determinar um limite para o tipo de escala correspondente a essa grandeza. Até a fundamentação da escala Kelvin, a arbitrariedade do valor zero nas escalas de medidas da temperatura limitavam as mesmas aos tipos de escalas baseados em intervalos. Mas, supondo que haja um valor zero absoluto, não há motivos para que a escala Kelvin não preserve relações de proporção. Isso significa que o nosso conhecimento, tanto operacional quanto teórico, influencia e muito no que significa efetuar uma mensuração, de forma com que o critério ontológico seja substituído por considerações epistêmicas e tecnológicas.

Como já afirmado, as abordagens inicialmente antagônicas supracitadas convergiram na “teoria representacional da medição”, cujo principal expoente é Suppes. Cabe salientar, como faz Díez (1997b), que Suppes não menciona essa integração, porém, estando ele ciente ou não da posição dos pesquisadores anteriores, o trabalho iniciado por ele reúne pela primeira vez esses elementos dispersos.

Embora Stevens (1946) afirme que efetuar uma medição envolve um processo de construção de um isomorfismo entre relações empíricas e relações algébricas, seu curto artigo esteve limitado à menção dos tipos de escalas de um modo genérico. Quem de fato desenvolve e aprofunda a ideia de construir um morfismo é Suppes (1951). Para

essa construção, o trabalho em torno das condições empíricas que possibilitam efetuarmos uma medição é sistematizado em uma representação axiomática, um sistema formal qualitativo. Dispondo dessa representação formal para um domínio empírico, o autor mostra como é possível que essa possua uma representação mórfica no conjunto dos números reais. Isso possibilita que Suppes (1951) estude não apenas a possibilidade dos morfismos, mas as relações que existem entre esses morfismos. Como resume Díez (1997b), sobre a possibilidade dos morfismos, Suppes (1951) apresenta o “teorema da representação”, que estabelece em quais circunstâncias podemos afirmar que há uma representação de um sistema qualitativo em um sistema quantitativo. Sobre as relações que existem entre esses morfismos, o autor introduz o “teorema da unicidade”, o qual estabelece as classes de morfismos equivalentes para um mesmo sistema empírico. Com isso, Suppes (1951) dá o ponta pé inicial do que culminou, após uma série de trabalhos colaborativos, nos três volumes de *Foundations of measurement* (Krantz, et al. 1971, 1989 e 1990, respectivamente), obras célebres da hoje denominada Teoria Representacional da Medição.

À parte dos inúmeros detalhes formais que essa abordagem oferece, cabe aqui apenas resumir alguns aspectos essenciais para os nossos propósitos. De acordo com a teoria representacional, uma mensuração é um mapeamento, ou *homomorfismo*, entre um sistema de relações empíricas/qualitativas e um sistema de relações algébricas/quantitativas. Grosso modo, o mapeamento forma uma preservação de relações e a mensuração é a construção dessas escalas através da prova dos teoremas supracitados – o que é feito pela teoria com numerosos detalhes sobre cada tipo de escala e sobre axiomas relacionados à cada família de escalas, etc. Como autores recentes tem mostrado, a consequência dessa abordagem é tomar a mensuração de um ponto de vista matemático. De acordo com o nosso questionamento inicial, o que distingue agora uma avaliação trivial de uma mensuração não é mais um critério ontológico, nem um critério puramente empírico, pois as grandezas não são vistas como inertes ao mundo natural (bem como os procedimentos operacionais e a escolha de padrões estão sujeitas às convenções), restando assim os critérios formais que determinam a construção das escalas. Ou seja, medir envolve a construção de um

“conhecimento” de tipo formal, e o que determina a diferença entre as grandezas são as diferenças entre as escalas.⁶

A abordagem baseada em modelos (*model-based*)

Atualmente, a teoria representacional da medição permanece em desenvolvimento e possui lacunas a serem preenchidas. Porém, não é apressado dizer que essa é a teorização sobre a medição mais madura, que fornece mais detalhes e que resultou mais frutífera até aqui. Todavia, os desenvolvimentos recentes em filosofia da ciência nos proporcionam hoje uma abordagem concorrente àquela. Autores como Chang (1995) e van Frasseen (2008) revisaram a interação entre teorias e procedimentos no decorrer da história da ciência e sugeriram que, ao invés de tentar quebrar a circularidade no problema da coordenação, nos cabe mostrar como esse círculo não é vicioso. Segundo eles, há um intercâmbio interessante entre teoria e experimentos que constitui uma via de mão dupla de correção. Segundo Tal (2013), os conceitos quantitativos assumidos como padrões, no decorrer da história, coexistem com teorias que também os modificam, formando uma “recoordenação”, de modo com que as perguntas sobre “o que é o conceito x” e “o que conta como uma mensuração de x” sequer poderiam ser respondidas separadamente. Segundo van Fraassen (2008), é apenas quando se toma um ponto de vista fundacionista, quando buscamos um ponto de partida fixo e livre de pressupostos, que esse processo aparenta carecer de justificação.

Essa análise coerentista da relação entre teoria e experimento está inserida em um contexto de investigação filosófica que olha com muito mais cuidado para a história da ciência e, sobretudo, para a prática científica. Como argumenta Tal (2013), ao contrário do convencionalismo, esses estudos consideram as limitações empíricas e tecnológicas presentes nas escolhas de procedimentos e padrões ao longo da história, e isso responde melhor ao modo como um princípio de coordenação, ou de adequação empírica é substituído por outro do que uma simples suposição de que são escolhas puramente convencionais e arbitrárias.

⁶ Deve-se perceber aqui uma passagem do tratamento da “medição” como um procedimento de medida empírico para a noção utilizada na Teoria Representacional, a qual dificilmente poderia ser vista como uma teoria empírica.

Seguindo o que vem sendo trabalho por autoras como Cartwright (1999) e Morrison (1999), surge uma teorização sobre a medição que toma como aspecto fundamental o papel dos modelos (simulacros, ou máquinas nomológicas, para usar a nomenclatura das autoras) na prática científica. Como mostra French (2009), teorias científicas possuem termos “não-observáveis” e podem ter um grau de complexidade que torne difícil formular um experimento para testá-las. Além disso, os resultados dos instrumentos são objetos observáveis, são leituras em medidores, pontos em um gráfico, precipitações químicas, etc. que só são possíveis porque há um procedimento de preparação, de calibragem, o qual leva em conta diversos fatores que extrapolam uma única teoria. A ponte entre a complexidade da teoria e a complexidade do procedimento empírico é realizada através dos modelos, versões idealizadas e por vezes simplificadas das teorias, que focam em tornar aspectos específicos tratáveis.⁷ A importância do papel dos modelos para a prática científica é inegável, embora a importância desses para a criação e o estabelecimento de uma teoria varie entre os autores. De qualquer modo, a filosofia da mensuração atual nos lega uma abordagem promissora e que está baseada neles (*model-based*), exposta principalmente por Tal (2013).

A teoria representacional da medição gera frutos interessantes, mas a ideia de que a construção de escalas/mapeamentos é tudo no que diz respeito ao que podemos fazer e queremos explicar sobre o que são as mensurações negligencia aspectos práticos e limita aspectos teóricos que nos parecem importantes. Por exemplo, como argumenta Tal (2013), levando em conta que há uma separação entre aquilo que realizamos nos laboratórios, os resultados físicos apresentados nos instrumentos, e a interpretação desses resultados através de uma teoria, podemos questionar: como e em quais circunstâncias o resultado de uma medição representa o estado de um objeto? Mais ainda, de que maneira quesitos importantes como a precisão e a exatidão, as margens de erro e as incertezas podem ser esclarecidos em termos representacionais? Aparentemente, a teoria representacional não teria muito a dizer sobre essas questões. De acordo com Tal (2013), a construção de um mapeamento não esgota a mensuração, inclusive porque na prática científica, medir algo não é um trabalho totalmente voltado para a construção de estruturas algébricas, mas recai em primeiro lugar em uma questão

⁷ Obviamente, essa caracterização geral não faz jus ao nível de detalhamento e complexidade oferecido pelas autoras, inclusive por conta das distinções entre os tipos de modelos que as mesmas discutem. Todavia, ela é adequadamente suficiente para os nossos propósitos aqui.

sobre como podemos transmitir informações entre os instrumentos, os resultados físicos oriundos dos aparelhos e dos procedimentos de medida, o modo como interpretamos esses resultados – o que eles significam. Isso reivindica uma autonomia da ciência empírica em relação a aplicabilidade dos sistemas matemáticos, embora não negue a importância desses, mas ressalte que os mesmos não são universalmente aplicáveis, nem esgotam os problemas.

Nesse sentido, responder à pergunta sobre em que circunstâncias podemos afirmar que o produto de um processo de medição na ciência constitui conhecimento envolve agora estabelecer condições sobre como obtemos informações e como interpretamos essas na prática científica. Parece oportuno, para concluir essa reflexão, lembrar a citação de Lorde Kelvin, para quem expressar algo através de números é um tipo de conhecimento mais seguro, a fim de sintetizar o raciocínio efetuado até aqui. Tomando o contexto atual, após a teoria representacional ter elevado essa certeza de Kelvin sobre a aplicabilidade dos sistemas matemáticos à natureza e da segurança epistêmica que esse processo nos proporcionaria, dispomos de uma abordagem alternativa que oferece um questionamento completo da justificação desse procedimento. A abordagem baseada em modelos não apenas recusa a ideia de haverem bases e fundações para a medição, dando lugar a uma visão coerentista e histórica dos procedimentos e das padronizações, como também realoca o papel da justificação do conhecimento científico nos critérios epistêmicos oriundos das inferências que ocorrem na prática científica. Infelizmente ela ainda é uma alternativa relativamente nova e não madura, mas não podemos duvidar do seu potencial frutífero.

Referências bibliográficas

- BRIDGMAN, Percy. *The Logic of Modern Physics*. New York: Macmillan, 1927.
- CAMPBELL, Norman. *Physics: The Elements*. London: Cambridge University Press, 1920.
- CARNAP, Rudolf. *An Introduction to the Philosophy of Science*. Ed. Martin Gardner. NY: Dover, 1995.
- CARTWRIGHT, Nancy. *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

- CHANG, Hasok. Circularity and Reliability in Measurement. *Perspectives on Science*, v.3, p. 153–172. 1995.
- DÍEZ, José. A Hundred Years of Numbers. An Historical Introduction to Measurement Theory 1887–1990—Part 1. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 28, pp. 167–185, 1997a.
- _____. A Hundred Years of Numbers. An Historical Introduction to Measurement Theory 1887–1990—Part 2. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 28, pp. 237–265, 1997b,
- FRENCH, Steven. *Ciência: conceitos-chave em filosofia*. Trad.: André Klaudat. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- HELMHOLTZ, Hermann. *Counting and Measuring*. Trans.: Charlotte Lowe Bryan. New Jersey: D. Van Nostrand, 1930.
- MARI, Luca. Epistemology of Measurement, *Measurement*, v. 34, p. 17–30, 2003.
- MACH, Ernst. *Principles of the Theory of Heat*. Trans.: T.J. McCormack. Dordrecht: D. Reidel, 1986.
- MORRISON, Margaret. Models as Autonomous Agents. In: MORGAN, M. MORRISON, M (eds.). *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, pp. 38–65.
- KULA, Witold. *Measures and Men*, Princeton: Princeton University Press, 1986.
- KRANTZ, David. LUCE, Duncan. SUPPES, Patrick. TVERSKY, Amos. *Foundations of Measurement Vol 1: Additive and Polynomial Representations*. London: Academic Press, 1971.
- _____. *Foundations of Measurement Vol 2: Geometrical, threshold and probabilistic representations*. London: Academic Press, 1989.
- _____. *Foundations of Measurement Vol 3: Representation, Axiomatization and Invariance*. London: Academic Press, 1990.
- KYBURG, Henry. *Theory and Measurement*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- STEVENS, Stanley. On the Theory of Scales of Measurement. *Science*, v. 103, p. 677–680, 1946.
- _____. Measurement, psychophysics and utility. In: WEST-CHURCHMAN, C. RATOOSH, P (eds). *Measurement: Definitions and Theories*. New York: Wiley, New York, 1959, pp. 18–63.
- SUPPES, Patrick. A set of Independent Axioms for Extensive Quantities. *Portugaliae Mathematica* v. 10, 1951, pp. 163–172.
- TAL, Eran. Old and New Problems in Philosophy of Measurement. *Philosophy Compass*, v.8, 2013, pp. 1159–1173.

Van FRAASSEN, Bastiaan. *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*,
Oxford: Oxford University Press, 2008.