



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Sociais

Instituto de Filosofia e Ciências Humanas

Rafael de Oliveira Lattanzi Vaz

**Análise dos conceitos de confiabilidade e confiança na metrologia
sob a ótica da filosofia das medições contemporânea**

Rio de Janeiro

2017

Rafael de Oliveira Lattanzi Vaz

**Análise dos conceitos de confiabilidade e confiança na metrologia
sob a ótica da filosofia das medições contemporânea**



Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira.

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CCS/A

V393 Vaz, Rafael de Oliveira Lattanzi.
Análise dos conceitos de confiabilidade e confiança na metrologia sob a ótica da filosofia das medições contemporânea / Rafael de Oliveira Lattanzi Vaz. – 2017. 202 f.

Orientador: Antonio Augusto Passos Videira.
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.
Bibliografia.

1. Metrologia – Teses. 2. Confiabilidade – Teses. 3. Confiança – Teses. 4. Cognição – Aspectos sociais – Teses. 5. Pesos e medidas – Teses. I. Videira, Antonio Augusto Passos. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. III. Título.

CDU 389

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Rafael de Oliveira Lattanzi Vaz

**Análise dos conceitos de confiabilidade e confiança na metrologia
sob a ótica da filosofia das medições contemporânea**

Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Aprovado em: 12 de Dezembro de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira (Orientador)

Instituto de Filosofia e Ciências Humanas – UERJ

Prof.^a Dra. Cristina de Amorim Machado

Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof. Dr. Rodolfo Petrônio da Costa Araújo

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – Unirio

Prof. Dr. Gustavo Conde Menezes

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO

Prof.^a Dra. Priscila Silva Araújo

Instituto Nacional de Educação de Surdos – INES

Rio de Janeiro

2017

AGRADECIMENTOS

É protocolo acadêmico o agradecimento. No entanto, o curso dos últimos quatro anos foi deveras conturbado. Enfrentei problemas pessoais e profissionais de graus que não posso mensurar. Logo, estes agradecimentos não são protocolares: são reais expressões da mais íntima gratidão.

Ao meu orientador, Prof. Antonio Augusto Passos Videira, expressei mais que amizade e respeito por sua trajetória como acadêmico. Suas palavras de encorajamento, e também suas reprimendas, fizeram-me abdicar de confortos e, literalmente, cruzar o Oceano Atlântico, duas vezes, para alcançar resultados. Jamais acreditara, antes dele, que faria deste trajeto algo de que me orgulhar tanto. Por diversos momentos, foi meu maior encorajador. Por diversos momentos, doou-se a este trabalho, mesmo com tantos deveres a cumprir. Desejo, sinceramente, que tenha uma vida longa e próspera. Também anseio para que tenhamos novos projetos a desenvolver e resultados a colher.

Agradeço ao Prof. Hasok Chang, da Universidade de Cambridge, por acreditar nesta investigação e oferecer-me não somente apoio, mas amizade, em um momento em que pensei que não conseguiria avançar. Ao me receber por um mês no Departamento de História e Filosofia da Ciência (HPS) como Estudante Visitante, orientou-me por uma área ainda pouco explorada na academia brasileira. Acompanhou o avanço da tese, encorajou o caminho desta investigação e é hoje um bom amigo e profissional com quem espero desenvolver novos trabalhos.

Agradeço aos membros da banca, Profa. Dra. Cristina de Amorim Machado, Prof. Dr. Rodolfo Petrônio da Costa Araújo, Prof. Dr. Gustavo Conde Menezes e Profa. Dra. Priscila Silva Araújo, pela leitura e recomendações valorosas à melhoria do texto, à rigorosa arguição na defesa e às palavras de amizade e encorajamento com que me aceitaram como colega no meio acadêmico. Muito obrigado por me avaliarem e amadurecerem como profissional.

Agradeço ao Diretor de Metrologia Científica e Tecnologia do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Dr. Humberto Siqueira Brandi pelo interesse neste trabalho. As diversas vezes em que compartilhou seu amplo conhecimento científico, sobretudo em metrologia, e na especial sensibilidade quando muito precisei, foram essenciais à qualidade do trabalho que ora concluo.

À equipe do Laboratório de Metrologia de Massa (Lamas) do Inmetro, chefiada pelo Dr. Victor Loayza, agradeço por me receberem semanalmente, transmitirem seus conhecimentos com amizade e demonstrarem interesse pela abordagem diferente àquela

“padronizada” na metrologia: a da filosofia. Aos muitos amigos do Inmetro obrigado por me acolherem como colega de trabalho e amigo.

Agradeço toda a equipe do Programa de Pós-Graduação em Filosofia (PGFil) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), minha *alma mater*. Cada um dos profissionais qualificados e dedicados do Instituto honram o conhecimento e sua disseminação através do trabalho não menos importante de nos oferecer condições para a execução de nossas pesquisas. Neste delicado momento em que a universidade pública no Brasil está sob ameaças e descrédito, honra-me afirmar que este trabalho não seria possível sem suas contribuições.

À minha mãe, Valdecira Oliveira, minha irmã, Mônica Vigário, meu “pai emprestado” Walter Vigário, a memória de minhas falecidas avós, Matilde e Mercês Vaz, fontes infundáveis de ânimo, muito obrigado. A vocês dedico também este trabalho, resultado de todos os anos em que pude contar com o amor e ajuda de cada um.

Agradeço minha esposa, Sabrina Lattanzi Vaz, por entender minha ausência durante as longas horas de redação deste trabalho, ainda que não tenha deixado de acompanhá-la durante o seu tratamento de câncer de mama. A dolorosa provação pela qual passamos nos amadureceu e preencheu de carinho e perseverança. Agradeço à minha sogra, Maria de Fatima Lattanzi Miranda, pela presença e auxílio ao longo do processo.

A redação desta tese exigiu de mim mais do que eu pensava ser capaz. Humildemente, agradeço-me por não desistir.

Aos amigos e protetores, peço **dúpé, agô e axé**.

RESUMO

VAZ, R. O L. **Análise dos conceitos de confiabilidade e confiança na metrologia sob a ótica da filosofia das medições contemporânea.** 2017. 202 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Neste trabalho investigamos as acepções de confiabilidade e confiança no contexto da prática da metrologia, a “ciência da medição e suas aplicações”. Demonstramos ao longo do exame dos conceitos de confiabilidade e confiança, à primeira vista assimétricos e utilizados ambigualmente, a indissociabilidade entre produção e disseminação do conhecimento. Enfatizamos, a partir do estudo de caso sobre a redefinição da unidade de medida para a grandeza massa, o quilograma, como processos de padronização constituem-se de etapas mutuamente recíprocas de caracterização e sistematização. Em outros termos, a confiabilidade responde pela qualidade do resultado de medição. A confiança, por sua vez, responde pela efetividade dos atores na capilarização desses resultados em redes multiniveladas de atores. O elo entre ambos está no modo como o conceito de rastreabilidade metrológica converge caracterização e disseminação: uma vez que um resultado de medição local seja reproduzível globalmente, a metrologia dá solidez a uma heterogeneidade exequível e, em última análise, responde à sua maneira à questão da objetividade do conhecimento científico. Discutimos em que consiste essa noção de objetividade para afirmar que a codependência entre confiabilidade e confiança resulta numa cultura da padronização, sem a qual coletividades de pesquisa estão deslocadas e, seus resultados, incomunicáveis. A atuação de componentes epistêmicos e não-epistêmicos (ou cognitivos e não-cognitivos), por fim, levou-nos a propor que valores (componentes de um ethos) não são de tipos diferentes, mas apontam para fatores preponderantes em maior ou menor grau em dado contexto de aplicação. Adotamos a nomenclatura valores sociocognitivos para caracterizá-los sem dissociar, por exemplo, unidade, racionalidade, progresso, estabilidade e objetividade de disunidade, pluralidade, iteratividade, flexibilidade ou subjetividade.

Palavras-chave: Confiabilidade. Confiança. Metrologia. Redefinição do Kilograma. Valores Sociocognitivos.

ABSTRACT

VAZ, R. O L. **Analysis of the concepts of reliability and trust in metrology from the perspective of the contemporary philosophy of measurements.** 2017. 202 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

In this work we investigate the meanings of reliability and trust in the context of the practice of metrology, the “science of measurement and its applications”. We demonstrated, throughout the examination of the concepts of reliability and trust, at first glance asymmetric and employed ambiguously, the indissociability between production and dissemination of knowledge. We emphasize, from the case study on the redefinition of the unit of measure for the quantity mass, the kilogram, as standardization processes constitute mutually reciprocal stages of characterization and systematization. In other words, reliability is responsible for the quality of the measurement result. Trust, in turn, answers to the effectiveness of the actors in spreading these results in multileveled networks of actors. The link between the those values lies in the way in which the concept of metrological traceability converges characterization and dissemination: once a local measurement outcome is reproducible globally, metrology gives solidity to a feasible heterogeneity and, ultimately, answers in its own way to the issue over the objectivity of the scientific knowledge. We discuss the notion of objectivity to affirm that the codependency between reliability and trust results from a culture of standardization, without which research collectivities are displaced and their results incommunicable. Finally, the performance of epistemic and non-epistemic (or cognitive and non-cognitive) components led us to propose that values (as components of an ethos) do not constitute different types, but point to factors preponderant in a greater or lesser degree, given the context of application. We adopt the nomenclature sociocognitive values to characterize them without dissociating, e.g., unity, rationality, progress, stability or objectivity from disunity, plurality, iterativity, flexibility or subjectivity.

Keywords: Reliability. Trust. Metrology. Redefinition of the Kilogram. Sociocognitive Values.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIPM	Bureau International des Poids et Mesures
CC	Comité Consultatif
CCM	Comité Consultatif pour la Masse et les Grandeurs Apparentées
CGPM	Conférence Générale des Poids et Mesures
CIPM	Comité International des Poids et Mesures
CMC	Calibration and Measurement Certificate
CODATA	The Committee on Data for Science and Technology
EMI	Estrutura Metrológica Internacional
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
IAF	International Accreditation Forum
ICSU	International Council for Science
IEC	International Electrotechnical Commission
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IMEKO	International Measurement Confederation
INM	Instituto Nacional de Metrologia
ISO	International Organization for Standardization
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics
JCDCMAS	Joint Committee on Co-ordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization
JCGM	Joint Committee for Guides in Metrology
JCRB	Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
KCDB	Key Comparison Database
MRA	Mutual Recognition Agreement
NIST	National Institute of Standards and Technology
NPL	National Physics Laboratory
NRC	National Research Council
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale

PTB	Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
RMO	Regional Metrology Organization
RRCB	Recognised Regional Cooperation Bodies
SI	Système International d'unités
SIM	Sistema Interamericano de Metrologia
SIMYC	Sistema Inter-americano de Metrología y Calidad
SMD	Sistema Métrico Decimal
VIM	Vocabulaire International de Métrologie – Concepts Fondamentaux et Généraux et Termes Associés
WTO	World Trade Organization

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 – Hierarquia do Sistema Metrológico	35
Figura 2 – Atributos dos valores “confiabilidade” e “confiança”	38
Figura 3 – Padrões internacionais do quilograma e do metro	48
Figura 4 – Deriva entre o IPK e algumas de suas cópias oficiais entre 1889 e 2014	52
Figura 5 – Princípio de funcionamento por fases da balança de Kibble	58
Figura 6 – Interferômetro de esfera	59
Figura 7 – Célula Unitária de Silício	60
Tabela 1 – Definições de “padrão” nas edições do VIM	80
Tabela 2 – Definições de “rastreabilidade metrológica” nas edições do VIM	81

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	12
1	HISTÓRIA, FILOSOFIA E MEDIÇÕES	16
1.1	Metrologia Histórica	16
1.2	História das Medições	18
1.3	Teorias Representacionais das Medições	20
1.4	Filosofia da Ciência e Medições	22
1.5	Filosofia das Medições	24
1.6	Medições e valores	27
1.6.1	<u>Confiabilidade</u>	27
1.6.2	<u>Confiança</u>	28
1.7	Medições, instituições e padronização	31
1.7.1	<u>Estrutura Metrológica Internacional</u>	31
1.7.2	<u>Harmonização: Padronização Terminológica</u>	35
1.7.3	<u>A Lacuna Terminológica da Confiabilidade</u>	37
1.8	A redefinição do quilograma e a reformulação do sistema internacional de unidades	38
2	A REDEFINIÇÃO DAS INCERTEZAS	40
2.1	Kilogramas	41
2.1.1	<u>O Kilograma Métrico</u>	41
2.1.2	<u>O Kilograma Internacional</u>	43
2.1.3	<u>O Kilograma Instável</u>	49
2.1.4	<u>O Kilograma Fundamental</u>	52
2.1.4.1	Balanças e Esferas	56
2.2	Considerações finais	60
3	LABORATÓRIOS DA CONFIABILIDADE	63
3.1	Confiabilidade e múltipla realizabilidade das grandezas	65
3.2	A confiabilidade como critério	69
3.3	A confiabilidade da dúvida	72
3.3.1	<u>Medidas do Erro, Resultados da Incerteza</u>	76
3.4	Confiabilidade e rastreabilidade metrológica	79
3.5	A confiabilidade desarmonizada	83
3.6	Considerações finais	87
4	TECNOLOGIAS DA CONFIANÇA	90

4.1	Acordos e negociações	92
4.1.1	<u>Acordos</u>	94
4.1.1.1	CIPM-MRA	95
4.1.1.2	ILAC MRA	97
4.1.2	<u>Negociações</u>	98
4.2	Tecnologias da confiança e seus elementos de transversalidade	100
4.2.1	<u>Poder e Discurso</u>	100
4.2.2	<u>Confiança e Objetividade</u>	102
4.3	Considerações finais	106
	CONCLUSÃO	108
	REFERÊNCIAS	116
	APÊNDICE A	128
	APÊNDICE B	134
	APÊNDICE C	140

INTRODUÇÃO

As necessidades das pessoas em matéria de medições de todos os tipos e a necessidade de terem a certeza da sua confiabilidade e da sua universalidade deram lugar à metrologia, a ciência das medições.
Luc Erard *et al.*, 2006

A prática de medir varia conforme a necessidade de lidar com o mundo, seus objetos e fenômenos. O conhecimento produzido por meio de medições oferece soluções a problemas de diferentes áreas e aplicações, seja na física teórica ou experimental, na química, nas engenharias, ciências biomédicas ou estudos climáticos. A interdisciplinaridade da aplicação das medidas como elemento comunicador de informação pode exercer influência tanto na forma quanto no conteúdo do conhecimento. Medidas impactam nas práticas técnico-científicas ou nas tomadas de decisão nos âmbitos social, político ou econômico.

A metrologia é a área do conhecimento ocupada da pesquisa, instrumentalização e difusão do corpo teórico e prático dos procedimentos de medição, padronização e sistematização de unidades de medida para grandezas físicas, químicas ou biológicas¹. Unidades de medida para determinadas grandezas atuam como linguagem de disseminação para os resultados de medição ao longo de diferentes localidades. Por esse motivo, toda atividade é documentada e exercida segundo vocabulário e normas harmonizadas, cujos requisitos permitem a comparabilidade entre medições realizadas por diferentes atores.

Em princípio, o estudo das atividades de quantificação e padronização responde como a busca pela estabilidade em longo prazo dos padrões promove os objetivos fundamentais da metrologia, tais como **universalidade**, **objetividade** e **confiabilidade**. Por esse motivo, a presente investigação notabilizou a recorrência dos termos **confiabilidade** (em inglês, *reliability*) e **confiança** (em inglês, *trust*) como essenciais ao conhecimento produzido e disseminado por medições. Ao questionarmos em que sentido essas noções se correspondem e diferenciam, enfatizamos, essencialmente, a lacuna delicada entre o que uma pluralidade de comunidades interligadas por padrões entende como “confiável” (HUBER, 2015, p. 214). Foi deste ponto que iniciamos a investigação em curso.

¹ A definição oficial é “ciência da medição e suas aplicações”. Ampliamos a definição baseados, tanto quanto possível, na Introdução e sequência de apresentação dos capítulos da 3ª edição do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM-3), a ser comentado adiante (JCGM 200, 2012, definição 2.2).

As medidas são um componente emblemático do conhecimento. Historicamente, as redefinições sobre o conceito de “conhecimento” também implicaram mudanças no significado e no status atribuído à “medição”. Desde a história antiga, através da Revolução Científica, até a tecnociência contemporânea, as controvérsias sobre a natureza das medidas e a busca de sistemas universais e coerentes de unidades sugerem que as medidas integram diferentes estilos de raciocínio, configurações institucionais e arranjos sociopolíticos (HACKING, 1996, p. 64-8).

Apesar de intimamente ligadas às comunidades que as produziram, nenhuma atividade de mensuração está isolada. A medição, cada vez mais, redimensiona a natureza e o alcance das ferramentas da ciência. Um dos propósitos de entender a matematização e a quantificação nas ciências é observar como uniformizam o conhecimento de maneira que ultrapasse localidades (WISE, 1995, p. 06). Medidas (e todo o *corpus* envolvido em sua produção e disseminação), discutiremos adiante, configuraram-se numa unidade de análise *per se*. A percepção desse sentido atribuído às medidas provocou reflexões tanto quanto o que define uma **medição** quanto à alegada **confiabilidade** que caracterizaria a robustez dessa prática.

Destarte, há no histórico de questões sobre as medidas uma profusão de estudos de caso em que os experimentos de precisão foram considerados estratégias retóricas, e não confirmações experimentais para dadas teorias (GOLINSKI, 1995, p. 74). O avanço das ciências no século XX colocou as medições novamente sob a égide da filosofia, não somente no problema da medição em física quântica, mas também no que diz respeito ao *status* que a medição ocupa na ligação entre a formulação de teorias e os dados resultantes dos experimentos.

Não há como partir de uma noção de **medição** ampla demais. Para conduzir esta investigação fez-se necessário dar-lhe espacialidade, temporalidade, corporeidade, contextos, aplicabilidade. Sem formatos, suportes e agentes da produção de conhecimento, não há como avaliar tanto seu alcance quanto seus limites. Pretende-se apontar ao longo da tese como cada uma das modalidades de apresentação do papel da medida é constituída de maneira a descrever a natureza do fazer científico da metrologia. Metodologicamente, suas especificidades conceituais, técnicas e políticas favoreceram uma abordagem baseada nos *Science Studies*, de modo que o antagonismo estéril entre prática experimental e cultura (MENDONÇA, 2012, p. 167) possa ser superado.

Dedicamos o capítulo 2 ao estudo da redefinição do quilograma. O exame oferece um panorama concreto dos valores orientadores da prática e da institucionalidade da metrologia. Pretendemos, ao longo do capítulo, enfatizar como objetivos tradicionais e contemporâneos

das ciências reforçam a prestigiada reputação do conhecimento produzido e disseminado pelas medidas. A narração do histórico de redefinições da unidade para a grandeza “massa” será acompanhada da descrição dos arranjos institucionais em que ocorreram. Apresentaremos uma avaliação sobre as expectativas em relação à mudança, o impacto na cultura metrológica e reflexões sobre a transversalidade e disseminação do conhecimento.

Ocupamos boa parte da pesquisa na profusa análise bibliográfica e documental à disposição nos sítios online do BIPM (Bureau International de Poids et Mesures) e instituições congêneres, listadas nas Referências. A responsabilidade pelas traduções dos textos originais é nossa, com exceção daquelas provenientes de documentos oficiais em português. Outro dos instrumentos utilizados para a realização do estudo de caso foi o contato eletrônico com as seguintes instituições metrológicas: o supramencionado BIPM, NPL (National Physics Laboratory – Reino Unido), NRC (National Research Council – Canadá), NIST (National Institute of Standards and Technology – Estados Unidos) e PTB (Physikalisch-Technischen Bundesanstalt – Alemanha). Enviamos um questionário (reproduzido no Apêndice I) e solicitamos que fosse direcionado à equipe envolvida com os experimentos de redefinição do quilograma e reformulação do SI. Embora houvesse interesse por parte dos pesquisadores (ver mensagens de correio eletrônico trocadas no Apêndice II), não obtivemos retorno dos formulários preenchidos.

Em paralelo, entre agosto e novembro de 2016, participamos da rotina do Laboratório de Metrologia de Massa (Lamas) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). A principal entrevista feita com a equipe, com duração de duas horas, está transcrita no Apêndice III.

No capítulo 3 examinaremos a noção de **confiabilidade**. Para tal, aprofundamos a análise dos manuais e documentos de referência da metrologia. Concomitantemente, avaliamos o tratamento desses temas no escopo da atual filosofia e história das medições. Esperamos apresentar os primeiros argumentos em favor da desambiguação entre confiabilidade e confiança, tendo a interação **confiabilidade** e **rastreabilidade metrológica** como elemento explanatório. Ao final do capítulo, apontamos uma **lacuna terminológica da confiabilidade**, uma vez que a ausência dificulta o entendimento de noções filosóficas entremeadas à prática da metrologia.

No capítulo 4, procederemos à análise da noção de confiança e seu papel na disseminação do conhecimento produzido em metrologia. O elemento de fundo dessa discussão é o reconhecimento do papel de diferentes estratégias para legitimar social e politicamente a autoridade da metrologia nos diferentes espaços que ela tem voz. O arcabouço

institucional da Estrutura Metrológica Internacional (EMI) permite que o diálogo entre pares seja orientado por diretrizes políticas dos países signatários da **Convenção Diplomática do Metro**. A título de salvaguardar a confiança na institucionalidade da metrologia, reforça-se a imagem de confiabilidade e objetividade da atividade metrológica. A relação entre metrologia e poder será discutida no intuito de apontar como medidas atuam em processos de tomada de decisão sobre temas delicados, conjugando elementos técnicos, científicos e políticos em quaisquer cenários em que operem.

A atuação das medidas em áreas como as ciências sociais aplicadas não é contemplada pela metrologia. Entretanto, há uma ligação entre essas duas coletividades de especialistas no que diz respeito ao compartilhamento de elementos de uma **cultura metrológica**. Ela estaria inserida num espectro de algo mais amplo, que denomino **cultura da padronização**. O filósofo brasileiro André Mendonça descreve a cultura da padronização como “uma estratégia recorrente [para] mostrar que, por mais que a ciência seja uma prática local, ela consegue se tornar geral por meio dos processos de **standardização** do conhecimento” (MENDONÇA, 2012, p. 180. Grifo nosso).

A cultura metrológica reúne um microscópio que oferece medições em escalas nanométricas, o modo correto de se escrever uma unidade de medida ou a codificação de um conceito na modelagem estatística de um evento econômico ou sociopolítico como elementos de harmonização entre **coletividades metrológicas**. Espera-se responder a contento a seguinte hipótese: a metrologia, em virtude de sua evolução e disseminação como *corpus* científico no século XX, inaugura um modelo transversal de produção e disseminação de conhecimento em um ambiente tecnocientífico para as ciências no século XXI, orientada por uma visão não dicotômica dos valores que a integram, os quais denominaremos de **valores sociocognitivos**.

1 HISTÓRIA, FILOSOFIA E MEDIÇÕES

Quem procura encontrar um tesouro eterno, não deve usar de astúcia em pesos ou medidas.

(Letreiro afixado no Mercado Popular de Truro, Reino Unido, 1615)

Hoje é difícil confinar o poder explicativo das “métricas” às fronteiras da metrologia: o desenvolvimento de “metodologias de padronização e medição” em áreas não contempladas pela metrologia científica integra a agenda interdisciplinar da história e filosofia das medições. De acordo com as filólogas Nancy Cartwright e Rosa Runhardt, no livro *Filosofia das Ciências Sociais*, publicado em 2014, “o modo pelo qual as medições são feitas tem implicações para muito além dos confins das ciências, e medições científicas podem, por esse motivo, ser vigorosamente contestadas politicamente” (CARTWRIGHT; RUNHARDT, 2014, p. 265).

Depreende-se do exposto por Cartwright e Runhardt que precisamos indicar como a medida produz e dissemina conhecimento, já que medições acontecem em uma pluralidade de áreas, num cenário permeado de condicionantes científicos, técnicos, sociopolíticos, culturais, econômicos e institucionais. A definição do que será entendido por “medição” é uma questão prioritária para cada ramo do conhecimento.

Tanto quanto podemos refletir, a percepção das diferentes abordagens históricas e filosóficas sobre os temas da medição e da metrologia sugeriu a pertinência das orientações metodológicas adotadas. A linha de investigação filosófica, denominada **filosofia das medições**, é uma tendência em franca expansão no âmbito acadêmico. A aproximação entre os pressupostos metodológicos dos *Science Studies* e as intuições desse ramo da reflexão filosófica definiu a tônica interdisciplinar da investigação. Dedicaremos o restante desta seção para ilustrar como se estrutura essa área de pesquisa.

1.1 Metrologia Histórica

A **história da metrologia**, ou **metrologia histórica** (BERRIMAN, 1953; KLEIN, 1974; MCDONALD, 1992; STOUT, 1998), ocupa-se da investigação sobre a criação e padronização de unidades de medida entre diferentes civilizações. É um estudo basicamente

arqueológico e documental, visando “reconstituir as vidas cotidianas dos povos passados” (ALDER, 2003, p. 401). O livro *Metrologia histórica: uma nova análise das evidências arqueológicas e históricas sobre pesos e medidas*, do engenheiro britânico Algernon Edward Berriman (1883-1959), publicado em 1953, é considerado pioneiro no estudo contemporâneo da história antiga das medidas. A obra é de tal maneira relevante que massificou o uso da expressão “metrologia histórica” para designar a linha de pesquisa. O trabalho detalha como o uso de padrões antropométricos² estava ligado a medições **geodésicas** (BERRIMAN, 1953, p. I). Isso sugere que descobertas intelectuais como a escrita, a matemática rudimentar e a geometria são contemporâneas aos primeiros raciocínios contendo medições.

A metrologia histórica, no entanto, não aborda a dimensão institucional da metrologia, limitando-a ao papel de controle organizado e centralizado das estruturas governamentais vigentes em cada configuração social. A adoção de um sistema uniforme de unidades de medida refletia, nesses estudos, a necessidade da regulação do estado, baseada em valores tais como **autoridade** e **justiça**. Berriman, por exemplo, detalhou a inter-relação matemática existente entre padrões antigos e a formação do sistema métrico decimal no século XVIII. Porém, ainda no Prefácio de seu livro, limita-se a relatar que, em 1951, o Comitê Departamental de Legislação em Pesos e Medidas, comissão criada pela Diretoria de Comércio do Parlamento Inglês, recomendou a adoção completa do sistema métrico no país, sem estender a análise aos motivos da recusa pela proposição, nem nas implicações sociais ou econômicas do evento.

A etimologia grega do termo “metrologia” (*μετρον* para “medida” e *λογος* para “estudo, exame, razão, raciocínio”) pode sugerir que, desde as civilizações antigas, a palavra ou variantes foram empregadas para expressar práticas envolvendo vigilância legal ou tabelas de conversão entre unidades de medida (KIND; LÜBBIG, 2003, p. 255). Os metrologistas alemães Dieter Kind e Heinz Lübbig publicaram em 2003 o artigo *Metrologia – o significado presente de um termo histórico*, onde comentam que a definição de “metrologia” mudou ao longo do avanço das ciências naturais. De acordo com Kind e Lübbig, a Convenção Diplomática do Metro foi definitiva para consolidar o entendimento do que se tornaria a “metrologia científica”. Eles inclusive defendem que a fundação da revista *Metrologia* em 1964, publicada até hoje pelo BIPM, foi um marco na disseminação do termo. Também apontam dois tratados antecedentes como seminais para a disseminação da palavra.

² Padrões baseados na comparação entre um objeto e partes do corpo humano (BERRIMAN, 1953, p. I; Ver também: TAVERNOR, 2007, p. 4; CREASE, 2013, p. 12).

O primeiro é o tratado *Metrologia: tratado das medidas, pesos e moedas dos povos antigos e dos modernos*, do matemático francês Alexis Jean-Pierre Paucton (1732-1798), publicado em 1780. No compêndio, Paucton, ainda na introdução, afirma a utilidade das medidas para a ciência e o comércio e defende a criação de padrões universais de medida para grandezas como comprimento, peso e volume.

O segundo tratado escrito pelo engenheiro e matemático inglês Patrick Kelly (1756-1842), foi publicado em 1816, prosseguem Kind e Lübbig. *Metrologia: ou, uma exposição sobre pesos e medidas*, apresenta um estudo sobre pesos e medidas em uso em todo o Reino Unido e França. O trabalho era bastante semelhante em conteúdo ao realizado por Paucton. A principal diferença reside na discussão sobre a disseminação e adoção do “sistema métrico francês” no início dos anos 1800.

A coletânea póstuma *As origens da metrologia*, publicada em 1992, apresenta os escritos do médico e engenheiro Daniel McLean McDonald (1905-1991) sobre o que chamava de “metrologia antiga”. Para ele, a antiguidade da contagem e da medição constituem quase um senso comum entre os estudiosos interessados no estudo do desenvolvimento intelectual humano, especialmente como certas atividades permitiram que a matemática e a metrologia florescessem.

A **técnica** é outra contrapartida frequente das medidas desde a antiguidade. A metalurgia, tal como colocada pelo metrologista britânico Ken Stout, impulsionou o surgimento da metrologia (STOUT, 1998, p. 7), uma vez que reuniu a avaliação de materiais e o refinamento de ferramentas e ligas de metais. Embora a conexão seja próxima, é suficiente relacionar “quantificação”, “técnica” e “padronização” como suficientes para entender o status científico e social das medições?

1.2 História das Medições

No Prefácio do arqueólogo britânico Colin Renfrew para o volume de *Origens da metrologia*, revela-se o interesse de McDonald por “sistemas de medição precoces”. Renfrew afirma que McDonald, como engenheiro, entendia o raciocínio prático que implicava a lógica interna de contagem e medição desde civilizações antigas e pré-históricas. Tal percepção sugere que os antigos já elaboravam unidades de medida sistemáticas e coerentes, refletindo

uma consciência pragmática sobre como eles estavam de acordo com o “mundo real” (RENFREW, 1992, p. vii).

A abordagem da metrologia histórica, contudo, não pode ser tomada como uma historiografia integral para a “medida”. O historiador britânico Graeme Gooday chama de “falácia metrológica” a impressão de que o estudo da metrologia histórica revela um conjunto de elementos narrativos universais, necessários e suficientes para explicar a “transversalidade” das medições na construção de diferentes sistemas de conhecimento:

Na medida em que os historiadores (com razão) se concentraram na importância, problemas e ironias do desenvolvimento de (...) padrões e unidades, eles escreveram histórias da metrologia (...). Elas não são, no entanto, estritamente iguais às histórias das medições, pois em certo sentido a “medida” engloba e (...) vai muito além dos tópicos metrológicos. Essa diferenciação às vezes foi obscurecida pelo uso da palavra “metrologia” como sinônimo vago para “medição” (...) isso talvez tenha tentado alguns a se aproximarem de cometer o que eu chamo de “falácia metrológica”. Essa é a visão de que padrões universais bem definidos e as respectivas unidades são de alguma forma necessários e suficientes para facilitar a prática da medição (...) [Essa visão] é indiscutivelmente aparente em algumas das tentativas de localizar o desenvolvimento de padrões e unidades na vanguarda das narrativas sobre a história da medição. (...) A historiografia de medição não pode ser simplesmente sobre padrões de medição. Isso ocorre porque evidências históricas mostram que padrões de medida universalmente acordados não são nem necessários nem suficientes para que uma quantificação específica seja julgada como uma medida apropriada por comentaristas especializados (GOODAY, 2004, p. 11).

De acordo com o historiador da ciência norte-americano Robert Crease, a **história das medições** “abrange mais do que o relato de como a atual rede de padrões, instrumentos e instituições veio a existir. Inclui também as mudanças que têm lugar no **significado** de mensuração” (CREASE, 2013, p. 212. Grifo do autor). Resultados de medição, uma vez disseminados, carregam consigo aplicações, localidades, atores, objetivos e contextos. O entendimento de noções como **confiabilidade** ou **justiça** dependerá tanto do reconhecimento da metrologia na prática científica quanto da legitimação da autoridade das instituições metrológicas, do entorno cultural etc.

O intento da **história das medições** é, de certa maneira, apontar mudanças e rupturas do conceito de “medição” ou tópicos associados, de acordo com a diversidade através da qual são aplicados e contextualizados. Quando, por exemplo, nos referimos estritamente aos instrumentos e unidades utilizadas para medir a grandeza “tempo” ou às práticas geodésicas das civilizações antigas, a metrologia histórica não é suficiente para discorrer sobre as sutis e diversas visões de mundo daquele período. Para cada cenário histórico há narrativas sobre o que ocorre nos bastidores da medição: teorias, experimentos, instrumentos, entes, fenômenos, instituições, questões éticas e políticas, valores, ontologias.

A “metrologia”, portanto, é uma consequência da “medição”, e não o inverso. Reconhecer o senso de complementaridade entre ambas sugere a cuidadosa tarefa de dar proporção às narrativas para que não sejam tão globais a ponto de ignorar a localidade da medição, ou extremamente localizadas, a ponto de tornar a transversalidade das medições inexequível.

1.3 Teorias Representacionais das Medições

Os aspectos filosóficos basilares para designar “medições” foram inicialmente discutidas no domínio lógico-matemático, tendo como expoentes iniciais dessa corrente os trabalhos do médico, matemático e físico alemão Hermann von Helmholtz (1821-1894), do matemático alemão Otto Ludwig Hölder (1859-1937), do físico e filósofo inglês Norman Campbell (1880-1949) e do psicólogo norte-americano Stanley Smith Stevens (1906-1973) (DÍEZ, 1997a; 1997b).

Helmholtz circunscreve, no artigo Contar e medir sob um ponto de vista epistemológico (1887), o problema essencial da medição: como se aplicam números às coisas? A partir daí, designa o termo “grandeza” como os atributos dos objetos que permitem comparações. Assim retoma a noção clássica euclidiana de “*ratio*” e a propriedade aditiva da aritmética, propondo uma taxonomia para diferenciar grandezas mensuráveis das imensuráveis.

Hölder apresenta, no texto Os axiomas de quantidade e o ensino de massa (1901), o primeiro teorema a formalizar a teoria das medições. Para ele, existiriam dois domínios de fatos: os qualitativos e os numéricos. Para cada um há uma notação correspondente, representando relações, operações etc. envolvidos na medição. A representação consiste em uma tradução completa entre os domínios dados, compreendida como um **isomorfismo**. O maior impedimento ao trabalho de Hölder residia no fato de que as condições de representação são ideais, pouco se aproximando da conjuntura empírica apresentada (DÍEZ, 1997a, p. 175).

A obra Física, Os elementos (1920), de Norman Robert Campbell (1880-1949), consolida o que veio a ser reconhecido como teoria das medições ao longo do século XX. Não somente Campbell faz o primeiro estudo sistemático dos problemas envolvidos na medição, como caracteriza medição “o processo de designar números para representar qualidades”

(CAMPBELL, Norman R. *apud* DÍEZ, 1997a, p. 177). A justificativa para isso reflete o pensamento de Helmholtz sobre qualidades e medidas: as propriedades mensuráveis dos corpos, de alguma maneira, são similares às propriedades dos números. O obstáculo conceitual a ser superado é especificar em que repousam essas semelhanças.

O psicólogo norte-americano Stanley Smith Stevens (1906-1973) publicou o artigo Sobre a teoria das escalas de medição em 1946, ocupando-se especialmente da discussão sobre como escalas definem as regras da atribuição de números a objetos ou eventos. Nesse prisma, a importância da caracterização de diferentes tipos de escalas seria fundamental para distinguir as relações formais associadas à quantificação. O trabalho de Stevens é de reconhecido valor, embora tenha recebido críticas por lidar extensamente com a definição de funções matemáticas atinentes a cada escala, sem, no entanto, responder como tais formulações relacionam-se às condições empíricas nas quais medições são realizadas (DÍEZ, 1997a, p. 184).

As proposições desse “período de formação” foram coligidas no escopo de uma **Teoria Representacional das Medições (TRM)**, conforme definida nos trabalhos seminiais do matemático e filósofo norte-americano Patrick Suppes (1922-2014) na década de 1950. Segue-se a essa transição a TRM madura, que definia medições a partir do mapeamento da relação entre uma **estrutura de conjuntos de relações empíricas** e uma **estrutura de conjuntos de relações numéricas** (DÍEZ, 1997b, p. 253). A extensa obra em três volumes intitulada Fundamentos da Medição, publicada entre 1971 e 1990, da autoria de Suppes em colaboração com o matemático e psicólogo norte-americano David H. Krantz, o matemático e cientista social norte-americano Robert Duncan Luce (1925-2012) e pelo cientista cognitivo israelense Amos Tversky (1937-1996), consolida as proposições centrais da TRM madura.

Uma série de estudos orientados pela TRM se proliferou, especialmente após a edição dos volumes de Fundamentos da medição. Neles, entretanto, permanecem as dificuldades atinentes ao que constitui uma medição e quais tipos de eventos podem ser mensurados. O engenheiro polonês Ludwik Finkelstein (1929-2011) questiona a posição tradicional da TRM, afirmando que em razão dos desenvolvimentos, por exemplo, na área das ciências da computação e da instrumentação científica, os conjuntos de estruturas empíricas devem ser mapeados a conjuntos de **símbolos**, e não números.

A análise de Finkelstein reforça uma nova compreensão dentro da TRM, expandindo seu escopo, ao afirmar que, apesar de todo o esforço empreendido na formalização das medições, uma filosofia das medições ainda estaria em estágio embrionário (FINKELSTEIN, 1982, p. 27). Sua afirmação foi essencial na compreensão de que a ausência de um quadro

conceitual próprio à medição não nos era acessível porque, em princípio, há uma **teoria** para as medições (para ele, a TRM), mas não uma filosofia das medições. Em que consiste o tratamento distinto desse tema para a filosofia?

1.4 Filosofia da Ciência e Medições

Tradicionalmente, o papel desempenhado pelas teorias científicas ocupou o escopo dos estudiosos em filosofia da ciência durante boa parte do século XX, atribuindo o fazer experimental à função de testá-las (MORRISON, 1998). A relação entre teorias e experimento não é tão simples, porém ilustra a noção de que a **objetividade** do conhecimento se consolidava sobre o caráter de simplicidade das leis científicas, o espectro sistematizador dos conceitos e as orientações interpretativas para a realização de experimentos. Uma boa teoria, desenvolvida no âmbito das comunidades científicas, guiava-se por critérios (como a **verificabilidade** dos **neopositivistas** ou a **falseabilidade** do **racionalismo crítico** de Karl Popper) capazes, de certa maneira, tanto de afastar o espectro de uma má teoria, quanto confirmar (ou refutar) as hipóteses, conjeturas ou vocabulários definidos para dotar proposições de significado (MACHADO, 2012, pp. 90-5).

O físico e filósofo norte-americano Thomas Kuhn (1922-1996), no clássico artigo “A função da medida na física moderna”, de 1961, enfatiza que o ponto de partida da ciência é a **teoria**. Se a teoria tiver suficiente poder preditivo, será capaz de antecipar os resultados de medições. Kuhn, cabe mencionar, não identifica **experimento** e **medição**. A principal diferença está no tempo de atuação entre ambas: experimentos **qualitativos** povoam os desenvolvimentos iniciais de uma teoria física. **Comparações quantitativas** entre teorias e a natureza desenvolvem-se em momentos posteriores da ciência normal:

O homem que é bem-sucedido prova seus talentos, mas ele faz isso obtendo um resultado que toda a comunidade científica havia antecipado que alguém algum dia conseguiria. Seu sucesso reside apenas na demonstração explícita de um acordo implícito prévio entre a teoria e o mundo (...) Se a medição em algum momento conduz à descoberta ou à confirmação, não faz isso na mais comum de todas as suas aplicações (...) Com frequência os cientistas não conseguem obter números que se comparem bem com a teoria até saberem quais os números que deveriam fazer a natureza fornecer. Parte desse problema é simplesmente a dificuldade em encontrar técnicas e instrumentos que permitam comparar a teoria com medidas quantitativas (KUHN, 1961, p. 41).

Neste ponto, Kuhn revela que incontáveis discrepâncias entre teoria e experimento ocorrem na rotina da prática científica. Sutilmente, comenta como muitas anomalias decorrem de “erros” observacionais ou experimentais:

Durante o curso de sua carreira, todo cientista natural (...) percebe e passa por anomalias qualitativas e quantitativas que, possivelmente, poderiam, se perseguidas, resultar em descoberta fundamental (...). De qualquer forma, a experiência mostrou que, em uma proporção esmagadora, essas discrepâncias desaparecem após um exame mais minucioso. Eles podem revelar-se efeitos instrumentais, ou podem resultar de aproximações passadas inapercebidas na teoria, ou podem, simplesmente e misteriosamente, deixarem de ocorrer quando o experimento é repetido em condições ligeiramente diferentes (...) a discrepância provavelmente desaparecerá através de um ajuste de teoria ou aparelho (KUHN, 1961, p. 48).

No entanto, quando os recursos disponíveis usuais não são suficientes para ajustar as discrepâncias entre teoria e experimento, a identificação de anomalias resistentes às soluções disponíveis sai do controle do erro. A consolidação do período de crise paradigmática dá outro estatuto ao poder epistêmico das medições, cujo papel diferenciado inclui identificar e observar novos fenômenos qualitativos. Novas medições refinam essas descobertas, e tomarão parte nas mudanças paradigmáticas (KUHN, 1961, p. 50).

A ênfase no estudo dos experimentos como práticas socialmente locais, avaliadas por critérios epistemológicos plurais e discursivamente desconstruídas é recente, datando especialmente do início dos anos 1980³. Foi preciso dar vida aos cenários, aos atores que neles circulam, observar os laboratórios, os aparatos experimentais com os quais interagem e, de certa forma, “as muitas vidas” do experimento, como unidades de análise filosófica da ciência (HACKING, 1983, p. 254; GALISON, 1987, p. 1).

A filósofa norte-americana Nancy Cartwright, por exemplo, afirma que a ciência é medição (CARTWRIGHT, 2002, p. 1). A grande dificuldade, também antevista por Thomas Kuhn, é relacionar dados experimentais e teorias. Para ela, no entanto, **teorias fundamentais** falham no seu poder explanatório porque não conectam leis e natureza. As medições ocupam o papel de fornecer as orientações pelas quais **leis** de outro tipo, que ela chama de **fenomenológicas**, descreverão a realidade (CARTWRIGHT, 2002, p. 103).

Cartwright se compromete com uma visão de causalidade em que leis teóricas são mais bem utilizadas quando compõem modelos abstratos, amparados em equações e outros dispositivos matemáticos, aplicáveis a uma variedade de circunstâncias concretas. O avanço

³ A mudança da orientação filosófica conhecida como “realismo de teorias” para o “realismo de entidades do tipo utilizado em trabalhos experimentais” é comumente chamado de “virada experimental” (HACKING, 2012, p. 88-91; LATOUR, 1994, p. 11; ROUSE, 1996, p. 416).

dessa discussão levará à enunciação de leis causais que possam ser mensuradas pelos meios probabilísticos à disposição, por um lado, e pela enunciação de **capacidades** como **tendências de um ente a exibir um determinado comportamento sob tais e tais condições**. As leis causais devem ser completas o suficiente para apontar essas condições.

Isso não significa que, ao rejeitar teorias, devemos rejeitar entidades teóricas. Nesse aspecto, Cartwright se afina ao **realismo de entidades** (CARTWRIGHT, 2002, p. 99) proposto por Ian Hacking em seu livro *Representar e Intervir*, publicado em 1983. Hacking, ao tratar da medição no referido trabalho, afirma que os experimentos são utilizados para observar a interação entre entidades, e não para testar sua existência efetiva. As medições são responsáveis, e nisso Hacking concorda com Cartwright e Kuhn, pela geração de novas técnicas experimentais. Entretanto, as medições não são especialmente importantes por causa dos números precisos que geram para testar ou confirmar teorias, nem pelas inovações que proporcionaram. Mesmo os resultados de uma medição precisa servem a teorias diferentes (HACKING, 1983, p. 339). Nesse sentido, ressoa algo de **duhemiano** ao ponderar que números são ajustados convenientemente para se adequar às teorias. Hacking, assim como Cartwright (2002), e também Van Fraassen (2008), parecem repugnar a ideia de que experimentos sirvam exclusivamente para confirmar teorias. A medição é caracterizada tanto pela função quanto pela finalidade pela qual é executada (HACKING, 1983, p. 343-5).

1.5 Filosofia das Medições

A **filosofia das medições**, corrente de investigação interdisciplinar, constitui uma tendência recente em filosofia. A área examina problemas essenciais da filosofia da ciência, dedicando especial atenção ao papel desempenhado pelas medidas, tais como: (1) quais os limites do que pode ou não ser quantificado em ciência?; (2) qual é o **status** do conhecimento produzido e disseminado pelos resultados de medição? ou; (3) quão **objetivo** é o processo de medição? O filósofo israelense Eran Tal afirma que o objetivo é “caracterizar e classificar procedimentos de medição e clarificar as condições conceituais, ontológicas, epistêmicas e tecnológicas que tornam medições **possíveis e confiáveis**” (TAL, 2013, p. 1159).

A medição representa um procedimento fundamental para a obtenção de conhecimento. Posições realistas e instrumentalistas se alternam (MARI, 2014, p. 81), avaliando métodos tanto para definir quanto para operacionalizar a medição. Cartwright

(2002), por exemplo, nega o realismo de tal proposta com base em um empirismo no qual formalizações são modelos para descrever teorias, e não a natureza do real. Para isso, devemos recorrer a leis causais e a uma ontologia que admita certas propriedades chamadas de **capacidades**. Causas podem ser medidas, desde que sob certas circunstâncias controladas, de modo a permitir a ocorrência do efeito e sua medição.

Medir sob circunstâncias controladas significa depurar o experimento de maneira a eliminar ocorrências aleatórias e identificar erros sistemáticos. A metrologia, de certa forma, se erigiu como disciplina científica no final do século XIX ao propor metodologias para quantificar grandezas e calcular suas margens de erro. Hoje, fala-se tanto do erro quanto da incerteza: enquanto esta é uma componente da definição do valor de um mensurando e mede a dispersão dos valores a ele atribuídos, aquele é uma “diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência” (JCGM 200, 2012, definições 2.16 e 2.26).

O peso da noção de **incerteza** na metrologia avançou gradativamente sobre a noção de erro, uma vez que representa uma margem de dúvida sobre a caracterização de uma grandeza. O conhecimento da grandeza, em outras palavras, admite a incompletude de seus parâmetros. Isso nos permite colocar sob escrutínio a objetividade do procedimento de medição, se considerado como capaz de medir objetivamente o real. Há graus de objetividade a serem admitidos? E mais: esse conhecimento do real é, na verdade, uma aproximação?

Retornando ao que propõe Cartwright (2002), a noção de uma “verdade aproximada” é errônea, baseada na incorreta assimilação entre dois processos cognitivos distintos: a **abstração** e a **idealização**. A criação de um objeto “ideal” para figurar num modelo é diferente da subtração de características ou circunstâncias que compõem um objeto para enunciar uma lei. Conforme já comentado, para Cartwright (2002), leis e teorias não são o início de uma investigação, mas seu ponto final. A medição será capaz de manifestar uma capacidade por meio de seu comportamento observado, uma vez que perturbações que o detenham sejam afastadas. Ao final, o que resta é o procedimento de medição e as condições em que é executado. Comentaremos essa perspectiva no capítulo 3.

Como se vê, há uma agenda filosófica para a linha de pesquisa. Conferências e seminários dedicados ao tema vêm se proliferando no meio acadêmico. O aumento de interesse pela área ensejou um maior número de pesquisadores a se reunirem para tratar da metrologia, e das medições em geral, na construção de uma visão de conhecimento em que interesses econômicos, políticos, sociais, científicos e tecnológicos são equalizados mediante a estruturação internacional de instituições, vocabulários, práticas e conceitos. Vejamos alguns exemplos.

A pioneira conferência “História da Quantificação nas Ciências”, realizada em 1959 no Conselho de Pesquisa em Ciências Sociais (Social Science Research Council), nos Estados Unidos, resultou na publicação do livro *História da quantificação nas ciências naturais e sociais* em que, dentre outros trabalhos de significância para a história das medições, o físico e historiador da ciência Thomas Kuhn apresentou o artigo “A função da medida na ciência física moderna”, texto prévio à sua obra mais conhecida, *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Conforme discutido na seção 1.1, lá estão as raízes de sua teoria dos paradigmas e da incomensurabilidade, cânones de uma nova forma de se estudar a história e a filosofia das ciências.

A Universidade de Princeton promove *workshops* anuais em história da ciência e no período de 1991 e 1992 adotou o tema “Os Valores da Precisão” (*The Values of Precision*), diretamente relacionado ao papel das medições. O encontro resultou no livro homônimo, de 1995. Na obra, os textos tratam do avanço da matematização e de outras dinâmicas sociais necessárias à sofisticação das medições nas mais variadas áreas do conhecimento e dos processos industriais, além de discutir conceitos essenciais ao universo das medições, conforme inseridos em dado momento histórico.

O Centro de Pesquisa Interdisciplinar (Zentrum für Interdisziplinäre Forschung, ZIF) da Universidade de Bielefeld, na Alemanha, promoveu o Workshop “Dimensões da Medição” (*Dimensions of Measurement*), no ano de 2013, reportando-se à conferência de 1959 como um marco para a área. A realização do ZIF, de certa forma, consolidou essa nova tendência de pesquisa em história da ciência, propondo uma visão abrangente tanto das práticas quanto das abordagens filosóficas a temas afeitos à medição.

O Departamento de História e Filosofia da Ciência da Universidade de Cambridge promoveu, em julho de 2015, a conferência internacional “O Fazer da Medição” (*The Making of Measurement*). O fio condutor da conferência encorajou a proposição de que o debate sobre as medições não se situa em um campo particular do conhecimento. O espaço da filosofia das medições é de tal forma transversal que requer um tratamento **interdisciplinar**, embora sem perspectivas teóricas ou conceituais consolidadas.

A Conferência “Medições na Encruzilhada” (*Measurements at the Crossroads*) é um desdobramento das conferências de 2013 e 2015. O encontro já se firmou na agenda dos acadêmicos interessados no estudo das medidas e medições na história, filosofia e sociologia da ciência. Ela está programada para ocorrer de 27 a 29 de junho de 2018, na Universidade Paris Diderot, em Paris.

1.6 Medições e valores

1.6.1 Confiabilidade

O exame filosófico da prática experimental em diversas áreas científicas tradicionalmente pressupôs o estudo do próprio instrumento como fonte tanto de leituras confiáveis quanto de falhas, como enfatiza o historiador da ciência francês Matthias Dörries:

A desconfiança em instrumentos é tão antiga quanto os próprios instrumentos; o trabalho de cientistas experimentais envolve necessariamente o estudo de suas próprias ferramentas, o que eu gostaria de chamar de **natureza reflexiva da experiência**. Meteorologistas do século XVIII, visando medições comparáveis, dedicaram considerável atenção aos seus barômetros e termômetros. Henry Cavendish enumerou uma variedade de fatores a serem considerados para evitar erros de medição. Essas indicações, porém, diziam respeito mais à manipulação artística de instrumentos particulares na Sociedade Real Britânica do que questões teóricas gerais. Embora as ideias universalistas do século XVIII tenham promovido a causa da padronização e, portanto, da preocupação com os instrumentos, foi deixado para os cientistas do século XIX ampliar o estudo de instrumentos para outros campos da ciência e estabelecer padrões mundiais para a experimentação (DÖRRIES, 1994, p. 2, grifo do autor).

De acordo com o físico e metrologista italiano Luca Mari, modelar o processo de medição constitui a etapa mais delicada de qualquer metodologia que se queira aplicar. A função dos modelos é relacionar (1) os pressupostos teóricos e tecnológicos do funcionamento de um sistema de medição; (2) fatores de influência sistemáticos e aleatórios e; (3) parâmetros de referência decorrentes das definições das unidades de medida:

(...) nas últimas décadas a visão de modelos como mediadores para entender e interagir com o mundo tem sido muito enfatizado (...) o cenário atual, embora muito complexo, pode ser esboçado em seu traços gerais da seguinte maneira:

- Qualquer porção de interesse do mundo [metrologicamente falando, o *mensurando*, a grandeza a ser mensurada] é conceitualizada por meio de um modelo no qual os objetos pertinentes e propriedades que o caracterizam como um sistema sob consideração são identificados;
- Esse modelo é usado tanto como ferramenta teórica para interpretar nossos conceitos como ferramenta operacional para estudar a porção de mundo correspondente;
- Esse modo de conceber a relação entre modelos e porções do mundo permite-nos descartar (1) a posição segundo a qual as proposições que permitem uma interação bem sucedida com o mundo são verdadeiras em relação ao mundo e; (2) a posição segundo a qual proposições nunca são verdadeiras, mas somente mais ou menos bem sucedidas (MARI; GIORDANI, 2014, p. 83).

A aproximação entre “instrumento de medição” e “modelo de medição” contribui para entender que, em conjunto, ferramentas de diferentes suportes operacionalizam a confiabilidade do resultado da medição:

Descobertas podem ser consideradas confiáveis de diversas maneiras. Com frequência, somente a noção estatística de confiabilidade está implicada (...) entendemos confiabilidade como **confiabilidade para uma finalidade determinada**, motivo pelo qual nos referimos à confiabilidade de descobertas particulares e não à confiabilidade de um modelo, ou conjunto de modelos, *per se* (SMITH; PETERSEN, 2014, p. 137, grifos dos autores).

Não pretendemos antecipar discussão a ser realizada no capítulo 3, mas é oportuno mencionar o trabalho da filósofa norte-americana Deborah G. Mayo nesse sentido. Ao equalizar a relevância das práticas experimentais à preocupação com a interpretação da informação obtida, sua análise destaca que o entendimento de qualquer aspecto de um fenômeno depende do controle dos erros no contexto experimental. Consequentemente, há uma ambiguidade na compreensão do termo **confiabilidade** se colocado em contraponto à noção estatística frequentista de **erro** (MAYO, 2014, p. 59), uma vez que não há como evitar o erro por completo.

Do ponto de vista metrológico, a orientação metodológica é a transição da **abordagem de erro** para a **abordagem de incerteza**: resumidamente, a qualidade de um resultado de medição não se dá pelo ideal de um valor verdadeiro medido, mas na possibilidade de traçar o valor mensurado aos parâmetros definidos no sistema de unidades de medida adotado (BOUMANS; HON, 2014, p. 11). A descrição de Mayo para a relação entre confiabilidade e erro aproxima-nos ao disposto no jargão da metrologia, indicando a existência de um problema terminológico com a noção de confiabilidade.

1.6.2 Confiança

A confiabilidade de um procedimento é suficiente para estabelecer a mútua dependência entre produção, interpretação e comunicação dos dados como evidências confiáveis? Enquanto se pressupuser, tradicionalmente, que a confiabilidade está no laboratório, ignorar-se-á o papel da **confiança**, comumente associada ao âmbito não-epistêmico. Para a metrologia o encadeamento entre diferentes instâncias produtoras e disseminadoras de informação requer a padronização rigorosa de definições, processos e

formatos. Os valores tradicionais das ciências, tais como **objetividade**, **estabilidade** e **verdade**, não são suficientes para falar pelo conhecimento sem inseri-lo no contexto de sua aplicação, acessível a uma rede heterogênea e descentralizada de atores e cuja matriz de sua formulação é transdisciplinar.

Decisões em ciência, ao contrário daquelas tomadas no âmbito da política, beneficiam-se de sua pretensa impessoalidade. Contudo, as ciências não prescindem da admissão de que certas escolhas são arbitrárias. Nesses casos, muitos elementos movimentam essa dinâmica, dentre eles o espaço de atuação dos agentes no âmbito de suas coletividades.

O filósofo e historiador francês Bruno Latour afirma que “é absolutamente necessário nunca atribuir a nenhum fato e a nenhuma máquina a mágica habilidade de sair da exígua rede em que são produzidos e na qual circulam” (LATOURE, 2000, p. 420). Argumenta-se que essa perspectiva não contempla a capilaridade das redes pelas quais a metrologia se estende. Ademais, explicar a estabilidade dos padrões à força de uma construção social robusta ainda assim não a sustentaria em longo prazo, dado o caráter local de produção e disseminação de “fatos e máquinas”. A exigência de investimentos (financeiros, burocráticos, técnicos, sociais etc.) para a manutenção da estabilidade dos resultados de medição, ao final, dispenderia alto volume de recursos para resultados de curta duração. A cada novo ajuste, novo investimento seria realizado, mas subsequentes ajustes comprometeriam a confiabilidade do padrão disseminado para determinada grandeza (TAL, 2014, p. 1095).

O melhor resultado ainda seria aquele produzido diretamente a partir da coordenação em rede de instrumentos modelados matematicamente para realizar os ajustes necessários globalmente, justificando no **desempenho** e na **eficiência** (LYOTARD, 1998, p. 113) a organização criteriosa de enunciados e regras de cálculo e interação entre os diversificados componentes do sistema.

A metrologia se empenha em produzir e disseminar padrões cada vez mais estáveis. No entanto, padrões baseados em artefatos, como o quilograma, representam um entrave à robustez dos resultados de medição. A redefinição do quilograma, conforme discutiremos adiante, solucionaria o problema ao eliminar o protótipo internacional da unidade, estabelecendo parâmetros de comparabilidade, em princípio, universais. Contudo, em menor escala, padrões físicos (chamados pesos-padrão) ainda seriam utilizados. Mesmo que os valores de referência para recalibrá-los sejam estáveis, esses padrões continuariam a ter “prazo de validade”. Uma solução global pode evitar a instabilidade local do resultado de medição?

O historiador britânico Graeme Gooday, ao tratar da padronização de unidades elétricas no século XIX, destaca outro valor como preponderante na disseminação do resultado de uma medição: a **confiança**. Embora não seja assimétrica à de **confiabilidade**, põe em relevo a cultura material e social envolvida nas práticas de medição:

Ao realizar um amplo estudo da história da medição, pode-se ver porque a medição não pode ser meramente descartada como uma monótona, ainda que essencial, parte da tecnociência no passado e no presente (...) a ironia desta história é que sem o conhecimento de como as práticas de medição são caracterizadas por decisões baseadas em valores e julgamentos de confiança, nosso entendimento sobre como tais práticas de medição foram constituídas nas formas passadas da tecnociência serão, na melhor das hipóteses, “escassas e insatisfatórias”⁴. A questão da confiança em pessoas, instrumentos e materiais é, em muitos aspectos, um tópico além da medição (GOODAY, 2004, p. 272).

A conclusão de Gooday contribui para a relação aqui proposta entre **confiabilidade** e **confiança**: a análise das “fontes de confiabilidade” dos resultados de medição não atuam solitariamente na construção da confiança entre interlocutores de diferentes níveis de conhecimento, *expertise* técnica ou usos e costumes cotidianos. A confiabilidade dos dados quantitativos depende, para sua disseminação, de “tecnologias da confiança”, nas palavras do historiador da ciência norte-americano Theodore Porter:

(...) a transição do julgamento de especialistas para critérios explícitos de decisão não surgiu das tentativas de poderosos iniciados para tomar melhores decisões, mas como uma estratégia de impessoalidade à exposição a pressões externas. (...) Embora números e sistemas de quantificação possam ser muito poderosos, a tentativa de suplantiar o julgamento pessoal por regras quantitativas reflete fraqueza e vulnerabilidade. Interpreto-o como uma resposta às condições de desconfiança que assistem à ausência de uma comunidade segura e autônoma (PORTER, 1995, p. 4).

E Porter, mais adiante, comenta:

Ainda no século XX, os relatórios dos avaliadores [de artigos científicos] sugerem que os hábitos, métodos e origens dos próprios pesquisadores são julgados juntamente com seu trabalho. Parece improvável que tentativas recentes de revisão anônima tenham diminuído muito essa dependência da dimensão pessoal. Ela agora inclui conferências, colóquios e uma espécie de exogamia envolvendo estudantes de pós-graduação, professores assistentes, visitas sabáticas e, especialmente, pesquisadores de pós-doutorado. Uma cultura do “presentear” baseada no intercâmbio de amostras e técnicas entre laboratórios facilita grandemente a crença, bem como a replicação, enquanto as relações entre os laboratórios envolveram, por vezes, a mais intensa mistura de privado e profissional, como uma forma de construir a confiança (PORTER, 1995, p. 226).

⁴ Graeme Gooday refere-se ao pronunciamento de William Thomson, Lorde Kelvin, no Instituto dos Engenheiros Cívicos da Inglaterra em 1883. O trecho completo é aqui reproduzido: “Quando você pode medir isso sobre o que está falando, e expressá-lo em números, você sabe algo sobre isso; quando você não pode expressá-lo em números, seu conhecimento é de um tipo deficiente e insatisfatório; pode ser o começo do conhecimento, mas você escassamente avançou em seus pensamentos ao estágio da ciência” (KELVIN, 1889, p. 73).

A compreensão da prática científica da metrologia demanda o estudo de suas contingências filosóficas, históricas e sociais. De outra maneira, as estratégias locais e provisórias que tornam a metrologia exequível globalmente permanecem na confortável posição de “invisibilidade” (QUINN; KOVALEVSKY, 2004, p. 791; VERA, 2015, p. 176) que a resguarda de ter sua autonomia e confiança questionadas. A interação entre valores tais como **confiabilidade, confiança, coerência, sistematização, rastreabilidade, uniformidade** ou **estabilidade** é necessária para entender como orientam a coletividade dos praticantes num ambiente plural em que a autoridade dos arranjos interinstitucionais não é unívoca na determinação de toda a atividade metrológica. Através dessa ligação procuraremos oferecer novas formas de entender como redes de produção e disseminação de resultados de medições são capilarizadas entre comunidades científicas, atores políticos e sociedade.

1.7 **Medições, instituições e padronização**

1.7.1 Estrutura Metrológica Internacional

A metrologia se organiza institucionalmente por meio da **Estrutura Metrológica Internacional** (EMI). Ela foi criada no bojo das discussões que levaram à **Convenção Diplomática do Metro**, ocorrida no ano de 1875. O Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) é o organismo submetido à autoridade das **Conferências Gerais de Pesos e Medidas** (CGPM), encontros quadrienais que emitem resoluções sobre a estrutura internacional da metrologia, sobre unidades de medida, avanços e modificações nas práticas experimentais e definições das unidades de medidas, além de tratar do orçamento e da sustentação financeira do BIPM.

O Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) é o fórum anual que supervisiona o trabalho do BIPM, além de discutir os esboços de resoluções que serão levados à CGPM, apresentando os trabalhos dos **Comitês Consultivos** criados ao longo dos anos para reunir especialistas em torno dos temas técnicos e científicos da metrologia. São eles:

- Comitê Consultivo para Acústica, Ultrassom e Vibrações (1998);
- Comitê Consultivo para Eletricidade e Magnetismo (1927);

- Comitê Consultivo para Comprimento (1952);
- Comitê Consultivo para Massa e Grandezas Relacionadas (1980);
- Comitê Consultivo para Fotometria e Radiometria (1933);
- Comitê Consultivo para Quantidade de Substância – Metrologia em Química e Biologia (1993);
- Comitê Consultivo para Radiações Ionizantes (1958);
- Comitê Consultivo para Termometria (1937);
- Comitê Consultivo para Tempo e Frequência (1956);
- Comitê Consultivo para Unidades (1954).

A estrutura se ramifica até blocos regionais (Regional Metrology Organizations - RMOs) formados por Institutos Nacionais de Metrologia (INMs) geograficamente próximos, Além disso, atua em cooperação com outras entidades internacionais, tais como a Organização Internacional para Padronização (International Organization for Standardization, ISO), a União Internacional de Física Pura e Aplicada (International Union of Pure and Applied Physics, IUPAP), a União Internacional de Química Pura e Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC), a Comissão Eletrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC), a Organização Internacional de Metrologia Legal (Organisation Internationale de Métrologie Légale, OIML) e a Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios (International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC). O discurso implícito nessa rede em crescimento é o de promover o avanço da metrologia a todas as áreas em que medições são requeridas, além de reforçar a adoção do Sistema Internacional de Unidades (SI), criado em 1960 e em constante revisão.

Institutos Nacionais de Metrologia aperfeiçoam e disseminam unidades do SI por meio de calibrações e serviços de medição com base em suas competências. Organizados em blocos regionais, os INMs cooperam entre si para manter a equivalência dos padrões. Laboratórios particulares oferecem serviços de **ensaio e calibração** para a indústria e outros interessados. Diversos **organismos de acreditação** auditam laboratórios privados e verificam suas competências técnicas mediante o cumprimento de requisitos de sistemas de gestão harmonizados em normas técnicas internacionais.

A integração com outras organizações congêneres, tais como a **Organização Internacional de Metrologia Legal** (OIML), a **Confederação Internacional de Medição** (IMEKO) ou a **Cooperação Internacional para Acreditação de Laboratório** (ILAC)

sugerem a concomitância entre a sofisticação da medição e a complexidade dos arranjos sociopolíticos mundiais. Defende-se que a **metrologia científica**, como indicaremos na presente investigação, forma as bases propiciadoras de **coerência** ao sistema. Nas palavras do grupo de engenheiros autores do artigo “Organization of metrology: industrial, scientific, legal”:

Coerência (...) deve ser assegurada nos níveis nacionais e internacionais. A coerência internacional significa a existência do SI [Sistema Internacional de Unidades] lastrear-se em bases científicas sólidas e comparações dos padrões nacionais de diferentes países (ERARD *et al.*, 2006, p. 45).

Em 1999, durante reunião do CIPM, foi assinado acordo internacional (o CIPM MRA) reconhecendo a competência dos INMs para a realização de **intercomparações laboratoriais**, fortalecendo uma rede de informações sobre as realizações experimentais na definição de grandezas. Mesmo a questão da confiança, sob uma perspectiva metrológica, hoje é tratada em processos institucionais para assegurar, em sentido metrológico, a cadeia de rastreabilidade⁵.

Um interessante fator a ser considerado é que os INMs representam, na verdade, os Países-membros da referida Convenção, o que torna o BIPM **um organismo intergovernamental**, exigindo de seus aderentes que estabeleçam políticas para a metrologia em caráter nacional e internacional. A interpenetração da metrologia não se limita à esfera científica. O arranjo daí resultante é a criação de um fórum para a cooperação internacional em torno da uniformização de unidades de medida e da harmonização da linguagem para facilitar tanto a pesquisa científica e tecnológica quanto as trocas comerciais.

Nessa configuração, há uma rede internacional de organismos de normalização, acreditação e de metrologia legal e científica e industrial. Os nós da rede são os múltiplos atores que transitam nessas instâncias, como governos, institutos de pesquisa, universidades e a sociedade civil, e que dependem das informações quantitativas oferecidas pelas medições para subsidiar desde a produção e comunicação de informação entre coletividades científicas a tomadas de decisões no âmbito sociopolítico.

Juntamente com a expansão da estrutura metrológica internacional, o *corpus* técnico-científico da metrologia evoluiu continuamente para uma forma mais abrangente de expressar grandezas e seus **padrões**. A coordenação e uniformidade de definições para as grandezas

⁵ Rastreabilidade metrológica é “a propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição” (JCGM 200, 2012, definição 2.41).

constitui uma linguagem para a comunicação harmoniosa de dados científicos, decisões políticas e transações comerciais. Um marco desse esforço é a consolidação do supramencionado **Sistema Internacional de Unidades** (SI) em 1960 (BIPM, 2006, p. 59).

O SI foi formulado para relacionar sete grandezas a sete unidades básicas (**metro**, para o comprimento, **kilograma**, para a massa, **segundo** para o tempo, **ampère** para a corrente elétrica, **kelvin** para a temperatura termodinâmica, **candela** para a intensidade luminosa e **mol** para quantidade de substância). Embora mutuamente independentes, as unidades de base do SI combinam-se para mensurar grandezas realizadas em unidades de medida derivadas (como **velocidade** (símbolo v), relação entre **comprimento** e **tempo**; **força** (unidade newton, símbolo N), relação entre **massa**, **comprimento** e **tempo**; etc.).

A uniformidade dos padrões e da comunicabilidade de unidades de medida criteriosamente definidas é a premissa básica do SI desde a sua implantação, na década de 1960. Para atingir esse objetivo, as medições baseiam-se no pressuposto de que os experimentos seguem as melhores práticas e que seus resultados serão verificáveis mediante a integração a uma cadeia de comparações documentadas que, em última instância, tem as definições das unidades do SI como referência. A **rastreabilidade metrológica** (JCGM 200, 2012, definição 2.41) consiste da propriedade do resultado de medição contribuir em algum nível para a sistemática da **cadeia de rastreabilidade metrológica** (JCGM 200, 2012, definição 2.42), o sistema de referenciação entre o SI e todos os atores da rede.

A **Hierarquia do Sistema Metrológico** define o sentido da estrutura metrológica internacional. Definições tais como **exatidão**, **precisão**, **incerteza**, **reprodutibilidade**, **repetibilidade** e **confiabilidade** remetem-se aos mecanismos de **rastreabilidade**, **disseminação** e **comparabilidade**, conforme harmonizadas no Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais da Metrologia (VIM), sobre o qual trataremos na próxima seção.

Figura 1. Hierarquia do Sistema Metrológico



Fonte: Inmetro, 2012.

1.7.2 Harmonização: Padronização Terminológica

A eficiência terminológica, uma linguagem que comunique as condições de produção do conhecimento sem ambiguidades, está dentre as aspirações tradicionais das ciências. Resultados de medição são caracterizados por certas **propriedades**. O refinamento do processo de medir e a necessária comparação entre resultados de medição influenciam a composição semântica da terminologia utilizada para qualificá-los. Conseqüentemente, a polissemia de conceitos e definições segue contrariamente aos princípios orientadores da metrologia. O sistema de conceitos metrológicos é também um instrumento de propagação da cultura da metrologia.

Com o propósito de harmonizar os domínios teórico e prático da metrologia, um consórcio de entidades científicas organizadas em Grupos de Trabalho do BIPM publica **documentos de referência**, como o Vocabulário internacional de metrologia (VIM) ou o Guia de avaliação de incerteza de medição (GUM)⁶. Em 1984, um consórcio de 4 (quatro) organismos elaborou a primeira edição do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM-1).

⁶ O Comitê Conjunto de Guias em Metrologia (JCGM) é um consórcio de institutos diferentes sob a supervisão de grupos de trabalho do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM). O JCGM é responsável por dois documentos de referência: o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) e o Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (ISO-GUM). O Grupo de Trabalho 1 (JCGM-GT1) é responsável pelo GUM; o Grupo de Trabalho 2 (JCGM-GT2), pelo VIM. Os manuais e seus critérios de formulação serão discutidos ao longo desta investigação.

Outras instituições se aproximaram do projeto e novo Vocabulário foi editado em 1993 (VIM-2), com alterações conceituais e estruturais significativas para entender a evolução do estado-da-arte da metrologia e sua capilaridade. O BIPM oficializou a iniciativa em 1997 com a criação dos grupos de trabalho (Working Groups, WG) chamados de Comitês Conjuntos para Guias em Metrologia (Joint Commitees for Guides in Metrology, JCGM) ocupados da edição e revisão contínuas de documentos de referência técnicos e terminológicos. O Vocabulário corrente (VIM-3) foi publicado em 2008 e revisado em 2012. Segundo o VIM-3:

O VIM surge no contexto da metrologia mundial da segunda metade do século XX como uma resposta e uma fuga à síndrome de Babel: busca a harmonização internacional das terminologias e definições utilizadas nos campos da metrologia e da instrumentação. São desse período três importantes documentos normativos cuja ampla aceitação contribuiu sobremaneira para uma maior harmonização dos procedimentos e da expressão dos resultados no mundo da medição. São eles o próprio VIM, o GUM (Guia para a Expressão da Incerteza de Medição, de 1993) e a norma ISO Guia 25 (1978) que, revisada e ampliada, resultou na norma ISO/IEC 17025, Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração, de 2000 (JCGM 200, 2012, Prefácio da 1ª Edição da Tradução Luso-Brasileira).

O manual de Avaliação de Dados de Medição: Guia de Expressão de Incerteza de Medição (ISO-GUM), cuja versão mais recente é de 2008, harmoniza o uso do cálculo estatístico indispensável na formulação de modelos matemáticos para sistemas de medição. Com vistas à adequada produção e interpretação dos dados que compõem o resultado da medição, o ISO-GUM trata de uma componente essencial do processo de medição: a **incerteza**. A Introdução do manual explicita essa finalidade da seguinte forma:

Da mesma forma como o uso quase universal do Sistema Internacional de Unidades (SI) trouxe coerência a todas as medições científicas e tecnológicas, um consenso mundial sobre a avaliação e expressão de incerteza de medição permitiria que o significado de um vasto espectro de resultados de medições na ciência, engenharia, comércio, indústria e regulamentação fosse prontamente compreendido e apropriadamente interpretado. Nesta era de mercado global, é imperativo que o método para avaliar e expressar incerteza seja uniforme em todo o mundo, de forma tal que as medições realizadas em diferentes países possam ser facilmente comparadas (JCGM 100, 2008, Introdução).

Manuais, regulamentos técnicos, normas técnicas e documentos oficiais estão sujeitos a revisões periódicas. O interesse na harmonização terminológica no ambiente do laboratório exige o reconhecimento do efeito das novas tecnologias e conformações sociopolíticas no fazer científico. O estudo desses documentos será recorrente ao longo da Tese, inclusive no que diz respeito à composição dos Grupos de Trabalho ou conferências internacionais em que são elaborados e firmados.

1.7.3 A Lacuna Terminológica da Confiabilidade

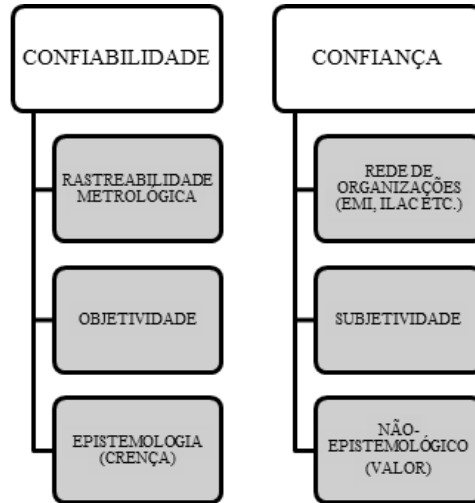
Reiterando a preocupação em evitar polissemias, sistemas conceituais são estruturados para refletir o escopo dos objetivos e do estado-da-arte do conhecimento em uma área. Nesse sentido, os termos e definições do vocabulário técnico são dispositivos de produção de conhecimento. No caso da metrologia, “uma definição pode ser entendida como um dispositivo que produz conhecimento ao **conectar conceitos**” (MARI, 2015b, R5. Grifo nosso). Cada conceito contribui individualmente para uma definição terminológica. O objetivo é estabelecer uma reciprocidade entre as definições metrológicas, de maneira que cada conceito seja **individualmente necessário** e **conjuntamente suficiente**. Como consequência, a necessidade ou dispensabilidade de um termo **implica** robustez ou fragilidade da harmonização terminológica.

A recorrência da noção de **confiabilidade** na literatura atinente ao tema das medições aponta para a necessidade de se refletir sobre o sentido em que é empregado na metrologia. Porém, os documentos oficiais de harmonização da terminologia metrológica não oferecem uma definição para esse que pode ser considerado um termo chave para adentrarmos o território mais filosófico da produção de conhecimento em metrologia. Denominamos este problema de lacuna terminológica da confiabilidade.

O tratamento da noção de **confiabilidade**, é importante ressaltar, não se restringe ao campo terminológico. É preciso analisar conceitos fundamentais como **exatidão** e **incerteza de medição**, conforme referidos nos documentos de referência da metrologia, sob a óptica da contemporânea filosofia das medições. Os comprometimentos epistemológicos substanciados pela noção de **confiabilidade** do resultado de medição ampliam o debate no que concerne à relação entre as medidas e os demais valores que permeiam a atividade metrológica.

O seguinte diagrama ilustra a mútua interdependência que ora defendemos entre confiabilidade e confiança a partir dos atributos identificados para cada uma dessas noções ao longo da pesquisa:

Figura 2. Atributos dos valores “confiabilidade” e “confiança”.



Fonte: o autor.

A abordagem filosófica se propõe a entrelaçar confiabilidade e confiança como valores, evitando separá-los em domínios isolados. Resultados de medição são justificados por atribuição a “processos confiáveis”, que são tão epistêmicos quanto não-epistêmicos. Ao destringir o conhecimento produzido e disseminado em um resultado de medição, reconhecemos que as medidas estão permeadas desses valores, com atributos preponderantes em maior ou menor grau em dado contexto.

1.8 A redefinição do quilograma e a reformulação do sistema internacional de unidades

Com base nas reflexões prelecionadas, decidimos realizar estudo de caso sobre a redefinição da unidade de medida para a grandeza massa, o **quilograma**, de maneira a elucidar a forma geral dos mecanismos sistemáticos de disseminação, controle e ajuste dos resultados de medição. Esse conjunto de fatores é revisto e atualizado periodicamente, refletindo o perfil de valores mais prementes da comunidade reunida sob a égide da estrutura metrológica internacional.

Metrologistas confiam na padronização e uniformização como mecanismos para a reprodutibilidade das grandezas e suas respectivas unidades de medida sem perda de exatidão. No entanto, preocupações com a universalidade das unidades de medida levam ao desafio

atual da metrologia: a reformulação total do SI, definindo as grandezas pelos valores de constantes físicas fundamentais. De acordo com o físico e metrologista inglês Terry Quinn:

A realização prática de qualquer unidade dessa nova versão do SI, seja de uma das presentes unidades de base ou não, ocorreria pelo emprego de um método (um método primário) definido por uma equação da física apropriada, ligando a unidade em questão a uma ou mais constantes fixadas (QUINN, 2007, p. 78).

Desde 1995, na 20ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), foi recomendado que os INMs de todo o mundo se dedicassem à redefinição do **kilograma** nesses termos. A iniciativa surge com base em novas abordagens empíricas e teóricas para as unidades SI, conforme reconhecido pelos participantes da 24ª CGPM, realizada em 2011. Uma das mudanças mais esperadas é a determinação de um valor para a constante de Planck através de certo método experimental, essencial para a redefinição do **kilograma**, a unidade de base para a grandeza massa. A definição original ainda está ligada ao protótipo de platina-irídio projetado no século XIX e mantido pelo BIPM.

A redefinição de uma das grandezas de base não é uma tarefa tão recente: a dialética entre exatidão e incerteza de medição constitui o cerne da atividade metrológica. Reformulações periódicas nas definições e realizações práticas das grandezas ocorreram ao longo do século XX. Porém, a rota que vai da hipótese de um sistema absoluto de medidas à sua efetivação é laboriosa. Redefinir, em metrologia, exige sistematização, e esta depende tanto da confiabilidade do resultado de medição quanto da confiança na solidez interinstitucional da EMI.

2 A REDEFINIÇÃO DAS INCERTEZAS

Costumo dizer que quando você pode medir isso sobre o que está falando e expressá-lo em números, você sabe algo sobre isso; Mas quando você não pode medi-lo, quando você não pode expressá-lo em números, seu conhecimento é de um tipo limitado e insatisfatório; Pode ser o começo do conhecimento, mas dificilmente avançou, em suas reflexões, ao estágio da *ciência*, qualquer que seja a questão.

William Thomson, Lorde Kelvin, Unidades Elétricas de Medida

O presente capítulo tratará da complexa mobilização da comunidade metrológica para a redefinição da unidade de medida para a grandeza massa, o kilograma. A finalidade é demonstrar que prática científica e convenções institucionais para promover a caracterização e a sistematização dos resultados de medição validam-se por critérios plurais. A partir da investigação aprofundamos conhecimento sobre os antecedentes e a evolução concomitante entre estrutura metrológica internacional e processos de produção e disseminação de conhecimento na metrologia.

O relato será exemplar para as hipóteses do trabalho, portanto não implica cisões entre fatores históricos, filosóficos, científicos, sociopolíticos, culturais, ou de outra sorte. Para estabelecer a cronologia do evento, recorreremos às resoluções do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) e respectivos Comitês Consultivos (CCs) estimando datas para cada etapa do projeto e fornecendo detalhes de cunho técnico sobre o novo SI. Os documentos constituem fontes primárias de informações sobre o tópico (BIPM, 2006; 2012).

A exposição e as conclusões apresentadas no decorrer do capítulo se basearam em: (1) pesquisa documental e bibliográfica sobre o tema; (2) período como estudante visitante na Universidade de Cambridge (Reino Unido); (3) envio de questionário para equipes das seguintes instituições metrológicas: BIPM, NPL, NRC, NIST e PTB, e; (4) pesquisa de campo no Laboratório de Metrologia de Massas (Lamas) do INM brasileiro, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Visitas diretas a outros INMs não foram realizadas por limitação de recursos financeiros. Os questionários enviados aos 04 (quatro) INMs não foram respondidos. Os representantes do BIPM, NRC (Canadá) e NIST (EUA) não retornaram o primeiro contato. O Dr. Ian Robinson do NPL (Reino Unido) propôs-se a respondê-lo, mas não obtivemos retorno. O Dr. Hosrt Bettin, do PTB (Alemanha),

embora não tenha respondido, mostrou-se interessado em ler os resultados desta investigação (APÊNDICES A e B).

O período de vivência no Lamas (Inmetro) clarificou os aspectos mais técnicos por detrás da prática metrológica, especialmente na área de metrologia de massa. O Dr. Victor Loayza e equipe foram solícitos e colaboraram sobremaneira, demonstrando calibrações, indicando documentos e participando ativamente dos debates ao longo das visitas.

2.1 **Kilogramas**

2.1.1 O Kilograma Métrico

A **Expedição do Metro** (1792-1799) ocorreu em meio às turbulências da Revolução Francesa (1789-1799). Quando a Assembleia Nacional (1789) aboliu o sistema feudal e colocou em xeque o Antigo Regime na França, também foi de encontro ao monopólio da nobreza na guarda e fiscalização dos padrões de pesos e medidas. Os padrões, no entanto, não eram descoordenados de referências: a diversidade de pesos e medidas materializava nos artefatos as condições locais do mercado e a afirmação cultural dos valores daquela comunidade (ALDER, 2002, pp. 153-161).

A necessidade de um sistema “derivado da natureza” era, dentre outras coisas, um projeto de racionalização do mercado, centrado no poder nacional e indutor de eficiência nas relações econômicas. A retórica da precisão incluía igualdade política e liberdade, engajando a Assembleia Nacional, a Academia das Ciências e atores políticos a levar adiante o ideal de um padrão uniforme, natural e invariável (ALDER, 2002, pp. 167-8). A uniformidade métrica equalizaria as distinções locais em uma unidade política e científica.

A expedição foi conduzida pelos matemáticos e astrônomos franceses Pierre-François-André Mechain (1744-1804) e Jean-Baptiste-Joseph Delambre (1749-1822). Ao longo de 07 (sete) anos, 05 (cinco) além do planejado, mensuraram a fração do meridiano entre Dunquerque e Barcelona. Cada um partiu de um dos pontos, tendo como chegada a cidade de Rodez, no meio do percurso, donde retornaram a Paris. O instrumento utilizado para a medição geodésica, o **círculo repetidor**, fora concebido pelo físico experimental francês

Jean-Charles de Borda (1733-1799) e confeccionado pelo fabricante de instrumentos francês Étienne Lenoir (1744-1822).

O metro, a unidade de comprimento, foi definido como a **décima milionésima parte do quadrante do meridiano entre o Polo Norte e o Equador**. O valor preconizado para o metro se baseava na medição geodésica de dois arcos do meridiano entre a Lapônia e o Equador, executada décadas antes por duas equipes comandadas, respectivamente, pelos exploradores franceses Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) e Charles-Marie de La Condamine (1701-1774). As medições resultaram em um novo valor para a *toesa*, unidade de comprimento já disseminada na França. A redefinição foi adotada oficialmente por decreto do monarca francês Louis XV (1710-1774), mas não se incorporou aos usos e costumes em face das resistências encontradas. Porém, foi a partir do valor dessa unidade que Delambre e Méchain calibraram seus instrumentos e realizaram os cálculos necessários para ajustar os dados obtidos (DIAS, 1998, p. 18).

A realização do quilograma foi originalmente executada pelo químico francês Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) e pelo mineralogista francês René-Just Haüy (1743-1822) no mesmo período da Expedição. Os **padrões reais de peso** à época constituíam-se de um conjunto de pesos-padrão chamados de Pile de Charlemagne, criados no século XV. O valor do quilograma foi determinado a partir da pesagem hidrostática de um cilindro de cobre de 18.636 **grãos**, adicionados pesos-padrão menores que, completados 205 **grãos**, levaram à flutuação dos padrões na água destilada, totalizando 18.841 **grãos** a aproximadamente 4° C⁷.

O ideal de coerência do sistema preceituava basear as unidades de medida à realização da unidade de comprimento. Por esse motivo o quilograma foi definido inicialmente como **1 dm³ de água destilada pesada no vácuo à sua temperatura de fusão**. Fatores como as condições de realização do experimento ou a diferença entre a densidade e a temperatura da água na calibração levaram à redefinição em 1795 para **1 dm³ de água destilada à sua máxima densidade em pressão atmosférica** (DAVIS, 2016, p. A13).

No ano de 1799, uma Conferência Internacional em Paris foi especialmente realizada para analisar os dados da Expedição e da determinação do quilograma com o objetivo de validar a criação do Sistema Métrico Decimal (SMD) como uma **obra comum para todos os povos** (ALDER, 2002, cap. 9). O matemático francês Adrien-Marie Legendre (1752-1833), o astrônomo holandês Jan Hendrick Van Swinden (1746-1823) e outros comissários revisaram

⁷ O grão é um submúltiplo da libra (livre), unidade de peso utilizado à época, baseado num processo de contagem **hexadecimal** (potências de base 16). **1 libra = 9.216 grãos** (PAUCTON, 1780, p. 755).

as triangulações geodésicas, os diários e cálculos de Mechain e Delambre ao longo da Expedição. Ao final, constataram que, **em virtude do formato assimétrico do planeta**, o comprimento do metro era 0,325 mm menor em relação à referência sobre a qual se basearam, disponibilizada a partir da expedição de Maupertuis e La Condamine (ALDER, 2002, p. 290ss).

O experimento original do quilograma foi reproduzido pelo químico francês Louis Lefèvre-Gineau (1751-1829) e pelo químico e naturalista italiano Giovanni Fabbroni (1752-1822). Os resultados acusaram uma diferença de 13,85 **grãos** entre os valores determinados. Presume-se dos relatórios de Haiüy que ele e Lavoisier, trabalhando com prazos exíguos, não dispuseram de tempo suficiente para destilar a quantidade de água suficiente para realizar a pesagem, valendo-se de água filtrada no procedimento (RIORDAN, 2015, pp. 39-40).

Ainda que houvesse discrepâncias entre os resultados encontrados pelos **savants**, Lenoir fabricou os padrões do metro e do quilograma, conformes às determinações dos comissários. O cilindro de platina chamado de **Kilograma dos Arquivos** (KA, sigla para Kilogramme des Archives) foi apresentado à Assembleia Legislativa francesa e depositado nos Arquivos Nacionais da República em 22 de junho de 1799, juntamente com a barra de platina definida para o metro. A despeito da magnitude do empreendimento, a filósofa norte-americana Sally Riordan considera que a premissa orientadora da Expedição, **padrões invariáveis e derivados da natureza**, demonstrou-se incompleta:

O sistema métrico foi originalmente concebido, no final do século XVIII, como “retirado da natureza”, “perfeito”, “de modo algum arbitrário” e “verdadeiro” (...) Por fim, a primeira tentativa de metrificação falhou no aperfeiçoamento das medidas e, ao fazê-lo, revelou a metrologia como um gradual e contínuo esforço para acompanhar o progresso científico. No final do século XIX, as medidas métricas estavam para perder seu status “natural” e o projeto de naturalização das medidas, ainda que não fosse admitido como interminável, foi entendido como incompleto (RIORDAN, 2015, pp. 39-42).

2.1.2 O Kilograma Internacional

Em 07 de abril de 1795 a Assembleia Nacional, a partir de relatórios prévios da Expedição, publicou a lei que instituiu o sistema métrico na França. Sua disseminação agora dependia do enfrentamento a toda sorte de resistências culturais, sociais e comerciais (ALDER, 2012, p. 374). O uso do sistema métrico na França estava aliado ao abandono do **Antigo Regime**, uma prerrogativa cívica e política; à fiscalização contra desvios e abusos

praticados no uso de padrões, uma questão ética; à universalização de uma plataforma científica para a troca de informações, uma afirmação da racionalidade iluminista moderna e; não menos importante, a facilitação das trocas comerciais, uma demanda econômica.

A implantação do SMD, inicialmente, foi confusa. Disseminar um novo sistema não é algo trivial: suplantando os usos e costumes associados aos antigos padrões, mesmo na França revolucionária, demandou a solidez de uma estrutura institucional. Há que se considerar que boa parte da população era analfabeta, portanto, os instrumentos de comunicação do SMD dependiam de cartilhas ilustradas, leituras comunitárias ou da imprensa. Nesse sentido, a **confiança** no interlocutor constituía um elemento de adesão ou resistência (CHARTIER, 2009, p. 29).

À apresentação dos Padrões dos Arquivos em 1799, seguiu-se sua interrupção. Motivado pelas resistências entre os cidadãos, comerciantes, ou mesmo burocratas, Napoleão Bonaparte (1769-1821)⁸ promulgou dois decretos, um em 02 de fevereiro e outro em 28 de março de 1812, permitindo a readoção da nomenclatura das unidades anteriores e a utilização informal de unidades não métricas no comércio, respectivamente.

O SMD, ensinado nas escolas, contrastava com o hábito rotineiro de calcular as frações de múltiplos e submúltiplos em base duodecimal. Os decretos somente foram revogados por lei de 04 de julho de 1837, sob a chancela do rei francês Louis Philippe I (1773-1850). Retomada a obrigatoriedade do sistema métrico decimal na França, a formulação das políticas voltadas à fiscalização, reprodução e disseminação estava sob os auspícios do Ministério da Agricultura e Comércio. Organizacionalmente, porém, não havia departamento executivo para a efetivação dessas atividades. A tarefa era executada por outra instituição, o Conservatório Imperial de Artes e Ofícios, presidido à época pelo físico e militar francês Gal. Arthur Jules Morin (1795-1880) (DIAS, 1998, p. 22; QUINN, 2012, pp. 26-7).

No cenário internacional, não havia uma regularidade na adoção do SMD. E, para cada país que o adotava voluntariamente, observaram-se as mesmas dificuldades práticas de introduzi-lo nas repartições públicas e modificar os hábitos populares por meio de cartilhas, tabelas de conversão e da inclusão do sistema métrico no currículo de ensino. As maiores resistências, no entanto, diziam respeito a tópicos delicados como a falta de marco institucional para a difusão internacional do sistema ou a disparidade entre princípios teóricos

⁸ Com o Golpe de 18 do Brumário (09 de novembro de 1799 no calendário gregoriano) ascendeu o General Napoleão Bonaparte a Primeiro Cônsul e, 05 anos depois, à condição de Imperador Francês, em coroação ocorrida no dia 02 de dezembro de 1804.

sobre qual experimento melhor realizaria um **padrão natural**. A solução, uma transformação gradual e planejada, demandava mais que tabelas comparativas que facilitassem a conversão entre o antigo e o novo: exigia empenho político e diplomático a fim de evitar o monopólio sociopolítico e científico do sistema.

Ainda que as turbulências do período tenham dificultado a adoção e disseminação do SMD, a partir da segunda metade do século XIX formava-se um consenso sobre a necessidade de um acordo internacional sobre padrões de medição (QUINN, 2012, p. 5). O movimento em direção à padronização crescia, mas também se questionaram a exatidão e o acesso ao sistema. Nesse sentido, a criação de um fórum intergovernamental para a metrologia mostrava-se capaz de nivelar interesses científicos, comerciais e políticos da comunidade internacional.

Durante a primeira edição do Congresso Internacional de Estatística em Bruxelas, no ano de 1853, a adoção de pesos, medidas e moedas uniformes despontava como elemento facilitador do estudo comparado de dados estatísticos entre países. Dois anos depois, durante a segunda edição do Congresso de Estatística, em Paris, surge a Associação Internacional para Promoção de um Sistema Internacional de Pesos, Medidas e Moedas. No mesmo ano de 1855, realizou-se a Exposição Internacional da Indústria na Cidade Luz e, conforme se abstrai do pronunciamento feito pelo comissariado da Exposição naquele ano, a cultura da uniformização e padronização parecia se disseminar com ainda mais vigor entre os pares da ciência e da indústria. O seguinte trecho, extraído da ata da reunião de 09 de maio de 1862 do Comitê de Pesos e Medidas da Câmara dos Comuns Inglesa, reproduz o pronunciamento do Júri da Exposição Internacional de Paris:

Os membros abaixo assinados do Júri Internacional da Exposição Internacional de Paris, ou Comissários enviados por seus respectivos Governos a esta Exposição, declaram ser da opinião deliberada de que um dos melhores métodos para acelerar o feliz movimento que une as nações nos caminhos da indústria seria a adoção de um sistema universal de pesos e medidas (...) conseqüentemente consideramos um dever recomendar aos respectivos Governos e indivíduos iluminados, amigos da civilização e defensores da paz e harmonia no mundo, que tomem em consideração a adoção de um sistema uniforme de pesos e medidas, computacionalmente decimal, tanto no que tangem seus múltiplos quanto divisores, e também no que diz respeito aos elementos de todas as unidades diferentes (BRITISH PARLIAMENT, 1862).

A Conferência Internacional de Geodesia de 1867, sediada em Berlim, recomendava a realização de novos protótipos a partir de estudos de uma comissão internacional. Relatório da Academia de Ciências de São Petersburgo, apresentado à Academia de Ciências francesa em 16 de agosto de 1869, endossava a orientação dos geodestas. A resposta da Academia de Ciências francesa foi atender à proposta de reunir uma comissão internacional:

encarregada de estudar os meios de fabricação de padrões destinados a vários países e escolher métodos de comparação e instrumentos para verificação que devem ser usados para obtê-los de acordo com o estado-da-arte da ciência (ACADÉMIE DES SCIENCES, 1869).

Em 02 de setembro de 1869, Napoleão III (1808-1873) deferiu a proposta de criação da Comissão Internacional do Metro (CIM), conforme publicação do Ministério do Comércio e Agricultura no diário oficial francês. As reuniões da CIM começaram em novembro do mesmo ano, reunindo delegados de 24 países. O Conservatório Imperial de Artes e Ofícios, em razão das atividades ligadas à metrologia, foi escolhido para sediar os encontros.

A **seção francesa**, composta por 9 (nove) indicados, foi presidida pelo matemático, astrônomo e engenheiro francês Claude-Louis Mathieu (1783-1875), membro da Academia de Ciências. A reunião inaugural ocorreu em 09 de novembro de 1869 e foi sucedida por mais 10 encontros entre 16 de novembro de 1869 e 23 de maio de 1870. As atividades do grupo serviram de etapas preparatórias às reuniões internacionais subsequentes. Anteciparam-se ao exame e comparação dos padrões dos Arquivos às cópias sob a guarda do Conservatório e da Academia de Ciências, discutiram quais ligas metálicas seriam mais apropriadas para a confecção de novos padrões e avaliaram projetos, desempenho, exatidão e métodos para a fabricação ou utilização de instrumentos comparadores (CIM, 1874).

A primeira reunião internacional entre os *savants* franceses e delegados estrangeiros teve curso na semana de 08 a 13 de agosto de 1870, ainda no início da Guerra Franco-Prussiana (19 de julho de 1870 a 10 de maio de 1871). O quórum não fora o esperado e os presentes optaram por estabelecer diretrizes para os trabalhos futuros. Um ponto alto foi a criação do Comitê de Pesquisa Preparatória (CPP), integrado por membros franceses e estrangeiros. O agravamento do conflito franco-prussiano impediu nova reunião internacional, contudo, não inibiu encontros da seção francesa durante o período de guerra.

As delegações somente retomaram as atividades em abril de 1872. As reuniões do CPP entre 02 e 13 de abril precederam nova conferência da CIM ainda naquele ano. Questões técnicas estiveram na ordem do dia, assim como a proposição de instituir um organismo intergovernamental com a finalidade precípua de guardar, preservar e promover a pesquisa internacional no campo das medições (QUINN, 2012, p. 46-9).

O CIM se reuniu de 24 de setembro a 12 de outubro de 1872, integrado por 51 comissários. A partir de uma lista de 23 itens elaborada pelo CPP (QUINN, 2012, p. 52), a assembleia foi convidada a definir quais temas seriam examinados e a reunir os respectivos grupos de trabalho. Compuseram a agenda especialmente os enunciados relativos aos valores

de referência do metro e do kilograma e as condições **materiais e institucionais** para fabricar, conservar, reproduzir e disseminar os protótipos.

As mudanças nos padrões se basearam, mais especificamente, na fabricação de novos protótipos. O Metro dos Arquivos (uma barra de platina) seria substituído por um padrão linear com seção transversal em X e 102 cm no plano neutro (Figura 3). Apesar da alteração na forma, a realização do padrão ainda se basearia na comparação com o Metro dos Arquivos e demais cópias em condições experimentais diferentes. O kilograma foi realizado num cilindro de 39 mm de altura e diâmetro, aplicando-se uma correção baseada na suspeita de diferença entre o valor do KA e o volume da densidade da água quando da pesagem hidrostática de Lefèvre-Gineau e Fabbroni. Acreditava-se que a diferença era da ordem de 0,3 g em 1 kg (ou 300 ppm – partes por milhão).

Para o físico alemão Julius Erasmus Hilgard (1825-1890), delegado dos Estados Unidos da América, o físico alemão Hermann Moritz Von Jacobi (1801-1874) e o físico suíço Heinrich Wild (1833-1902), membros da Academia de São Petersburgo e representantes da Rússia, determinar se o padrão de massa tinha ou não o volume de 1 dm³ de água significava estabelecer uma relação hierárquica entre a unidade de massa (e derivadas, como volume) a partir da grandeza comprimento, um princípio de coerência interna ao sistema métrico. Wilhelm Julius Foerster (1832-1921), astrônomo alemão, Henry Williams Chisholm (1809-1901), burocrata e matemático inglês, e o Gal. Morin, delegados da Alemanha, Inglaterra e França, respectivamente, argumentavam contrariamente, afirmando que a diferença entre o valor mensurado e o do padrão, tanto para fins práticos quanto científicos, seria desprezível (QUINN, 2012, p. 53; DAVIS, 2016, p. A14).

Após votação, ficou decidido que o kilograma seria a reprodução do KA. A hipótese de realizar a medição da densidade da água não fora descartada, contanto que não alterasse a definição do novo protótipo (QUINN, 2012, p. 53). A discussão sobre o kilograma fomentou a decisão sobre as condições materiais de fabricação dos protótipos:

[O material] Deve ser tão estável quanto aquele usado para o metro. (...) Rígido, elástico e maleável; Duro para que não seja facilmente riscado; elástico, de modo que, mesmo que submetido a choque ou compressão, mantenha sua forma; Maleável de modo que, mesmo que seja atingido violentamente, não se frature, levando a queda de fragmentos. Finalmente, o material deve estar o mais próximo possível do Kilograma dos Arquivos do qual se destina a ser uma cópia próxima (Commission Internationale du Mètre, 1870 *apud* QUINN, 2012, p. 55).

A Comissão realizou experimentos com cubos de platina-irídio e outro de paládio. Além de resistirem melhor à oxidação, artefatos de platina não apresentaram ganho detectável de massa quando submetidos a grandes variações de temperatura (por volta de 350° C). O

irídio agregaria dureza à maleabilidade da platina (DAVIS, 2016, p. A14). O comissariado decidiu pela fabricação dos artefatos em proporções de 90% de platina e 10% de irídio cada.

Figura 3. Padrões internacionais do quilograma e do metro.



Fonte: BIPM.

Os comissários publicaram, ao final do evento, um conjunto de 40 (quarenta) recomendações. Dentre as decisões de cunho técnico, referentes à fabricação e conservação dos novos padrões, figurava de imediato a criação de um Comitê Permanente para coordenar os trabalhos, integrado por indivíduos selecionados dentre os participantes da CIM. Um ponto controverso foi a apresentação de proposta formal direcionada aos governos ali representados para a instituição do BIPM. Assim encerraram-se os trabalhos do Comissão.

O Comitê Permanente, após breve encontro ao final da Conferência, reuniu-se de 1º a 11 de outubro do ano seguinte. Ao longo dos trabalhos, registraram pedidos dos estados por cópias dos novos padrões e definiram os procedimentos para a fundição de 250 kg de platina-iridiada, ocorrida em 13 de maio de 1874 no Conservatório. Os protótipos distribuídos entre os estados interessados foram reproduzidos a partir dessa amálgama, num labor que se estendeu até os primeiros anos do século XX. Os mais exatos dentre aqueles fabricados seriam adotados como padrões internacionais, conforme resolução XXXIV da CIM (Exposé de la Situation des Travaux, 1874, p. 151; QUINN, 2012, p. 57).

A Conferência Diplomática do Metro teve início em 1º de março de 1785. O evento recepcionou **embaixadores e enviados plenipotenciários** indicados pelos governos de 21 países. O consenso de adotar o SMD e difundi-lo como ferramenta política e científica fora debatido longamente por quase 100 anos. O documento final, a Convenção Diplomática do Metro (BIPM, 1875), assinada em 20 de maio de 1875, determinava a forma inicial da

estrutura intergovernamental da metrologia, com atribuições e contribuições financeiras à sustentação do organismo por cada Estado membro.

Originalmente, o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) seria supervisionado pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM), integrado por 18 representantes de diferentes Estados. A Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), evento realizado no BIPM com a participação de delegados dos Estados signatários da Convenção, é instância decisória dos temas de máximo interesse, recomendados pelo CIPM. O modelo da instituição ampliou-se através de adendos à Convenção ou da publicação de resoluções emanadas pela CPGMs. A estrutura foi exemplar para a criação de outras instituições e consolidou novas estratégias para dar visibilidade aos benefícios da metrologia para a ciência, indústria e governo.

2.1.3 O Kilograma Instável

O Protótipo Internacional do Kilograma (International Prototype of Kilogram, IPK), foi escolhido em 1880, a partir de três protótipos (KI, KII e KIII) comparados ao KA. De acordo com o físico e metrologista Richard Davis:

[Como] a densidade de [K]A é quase 5% menor do que os novos protótipos Pt/Ir, uma correção de flutuação de 2,7 mg foi aplicada. Por uma curiosa omissão, o volume de [K]A não foi determinado por pesagem hidrostática em qualquer ponto durante a sua fabricação. Portanto, o volume foi inferido de uma combinação de medições (...) Quando a correção para a flutuação no ar [em contraponto à pesagem no vácuo] foi aplicada, observou-se que as massas de KIII e [K]A eram idênticas. Por esta razão, KIII foi escolhido como o protótipo internacional do quilograma (DAVIS, 2003, p. 300).

A escolha do protótipo (e suas cópias de trabalho) substituiu oficialmente o KA em 1889, conforme decisão da 1ª CGPM (BIPM, 1890, p. 34). Durante o discurso de abertura da Conferência, Eugène Spuller (1835-1896), Ministro das Relações Exteriores da França, celebrou a criação do sistema métrico como um “grandioso e heróico empenho” para trazer harmonia não só para a ciência ou a indústria, mas um legado para toda a humanidade: “a ciência, portanto, tem seus heróis, mais afortunados do que os da guerra, deixando após eles obras úteis para a humanidade e não ruínas e ódio vingativo” (BIPM, 1890, p. 8). Eugène Spuller citava postumamente o Gal. Arthur Morin. Embora contrário à criação de um escritório internacional em defesa do trabalho com padrões de medição já em curso no

Conservatório, Morin participou sobremaneira dos eventos que levaram à Convenção de 1875.

Da Comissão Internacional de Pesos e Medidas (1799) até a 1ª CGPM (1899) há um intervalo de cem anos. Nesse período, a referência da unidade de massa (e não de **peso**, conforme ratificado em 1901 durante a 3ª CGPM) (BIPM, 1901, p. 70) continuou a suscitar questões entre a recém-estabelecida comunidade metrológica internacional. Desde 1890, grupos de trabalho no BIPM mensuraram a densidade da água via diferentes métodos e efetuaram tabelas de correção, conforme acordado na resolução XXXIII dos trabalhos da CIM (1874, p. 146). Os resultados foram apresentados na 5ª CGPM, em 1907 (CIM, 1874, p. 151). Dados completos constam de relatório de 1910, *Determination du volume d'un kilogramme d'eau - Travaux et Mémoires*, subscrito pelo físico suíço e diretor do BIPM à época, Charles-Edouard Guillaume (1861-1928).

Curiosamente, no mesmo período ocorreu a Primeira Verificação Nacional de Protótipos (1899-1911). Recomendada em circular de 1893 da CIPM, foi referendada pela 2ª CGPM de 1895. O objetivo era checar a estabilidade dos protótipos nacionais do quilograma distribuídos aos Estados membros e das cópias de trabalho do IPK sob a guarda do BIPM, poucos anos após o início da distribuição dos padrões. O IPK não foi diretamente utilizado, conforme relatórios das CIPMs apontam⁹. Nenhum certificado foi emitido, exceto quando a massa de um padrão nacional se desviava mais de 0,05 mg do valor certificado a partir do IPK em 1889.

O IPK passou por mais duas Verificações Periódicas. A 2ª Verificação (1946-1954) foi precedida da pesagem do IPK em relação ao KA, conforme orientação do então Presidente do BIPM, o arquiteto britânico John Edward Sears (1857-1951). Após a comparação, medições apontaram uma redução de 0,43 mg no KA ao longo dos 140 anos desde sua fabricação (BONHOURE, 1946, pp. 59-62). Outro resultado intrigante, reportado em 1966, destacou que os protótipos nacionais ganharam massa na ordem de dezenas de microgramas em relação ao IPK (BONHOURE, 1946, pp. 59-64).

Tanto no documento de 1946, quanto no relatório de 1966, o processo de limpeza e lavagem dos protótipos, desenvolvido durante a 2ª Guerra (1939-1945) e adotado até o presente, compõe o rol de possíveis influências na diferença entre os padrões. Contudo, embora o IPK e suas cópias tenham sido limpos antes da 2ª Verificação, não foi realizada uma

⁹ Atas das reuniões do CIPM entre 1880 e 1911. Todos os documentos estão disponíveis no sítio online do BIPM: < <http://www.bipm.org/en/committees/cipm/publications-cipm.html>>. Acesso em 27 jun. 2017.

comparação prévia entre um protótipo limpo e outro que não o fora. A Verificação não pode estimar quanto o processo de limpeza interferiu na ordem de grandeza reportada (SCHWITZ *et al.*, 2004, p. 883).

O BIPM emitiu certificados para cada padrão nacional. A ideia era reforçar a hierarquia estabelecida ainda no século XIX entre o IPK e suas cópias. As calibrações incluíram, além dos 40 (quarenta) artefatos fabricados a partir do lingote de 250 kg de Pt/Ir, novos padrões solicitados por outros Estados aderentes à Convenção do Metro. Novamente, observou-se que:

Quatro dos protótipos certificados em 1889 pareciam ganhar mais de 0,03 mg sem motivo aparente. O autor [BONHEURE, 1966] conclui dizendo que a forma como os padrões de massa são realizados, bem como são usados e armazenados, impedem qualquer melhor concordância entre medições realizadas em intervalos de tempo amplamente espaçados (...) por diferentes observadores. A observação destaca praticamente todas as falhas de uma unidade de massa baseada em um artefato. Nenhuma declaração de incerteza está incluída nos certificados resultantes da segunda verificação ou nos relatórios escritos deste trabalho (DAVIS, 2003, p. 302).

A 3ª Verificação Periódica ocorreu entre 1988 e 1992. Além do uso de uma balança NBS-2 capaz de obter um desvio-padrão de 1 μg (as balanças anteriores não chegavam a uma exatidão nessa ordem) (78ª CIPM, 1989, p. 5), a divisão de metrologia de massa do BIPM, coordenada pelo físico francês Georges Girard e o físico britânico Richard Davis, realizou o primeiro exame dos efeitos de longo-prazo do processo de limpeza nos padrões. Após duas lavagens do IPK, ele foi comparado a dois protótipos que não foram limpos (nº 09 e 31), além dos protótipos nacionais enviados para calibração, totalizando 52 artefatos de Pt/Ir verificados.

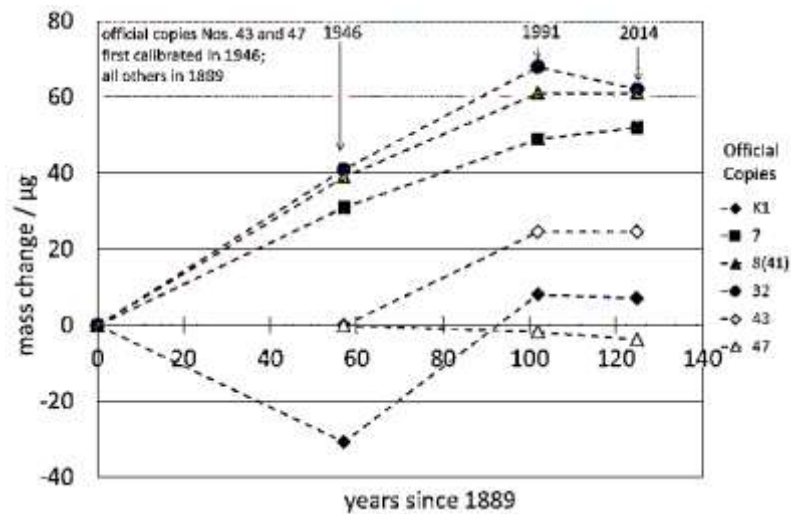
Os resultados demonstraram que o IPK perdeu em torno de 67 μg de massa, com acréscimo de 5 μg após 120 dias. A instabilidade entre o valor do IPK em relação aos protótipos nacionais variou entre 0 e 65 μg , numa média de aproximadamente 1 a 1,25 μg ao ano. Nesse sentido, o CIPM reviu a definição de 1889 do kilograma, acrescentando a recomendação de que o valor do IPK é a referência da unidade de massa **imediatamente após a limpeza e lavagem usando o método BIPM** (BIPM, 2006, p. 22).

A mudança na massa do IPK e demais protótipos alertou a comunidade metrológica sobre como a instabilidade dos padrões materiais compromete a estabilidade do sistema. A divergência é atribuída a efeitos de contaminação das superfícies dos artefatos. No entanto, a causa, até o presente, não foi esclarecida a contento, haja vista não haver previsão sobre o comportamento de cada um. A incerteza entre os protótipos nacionais e o IPK ficou ajustada para 2,3 μg (GIRARD, 1994), com aumento registrado para 6 μg em 2010 (GLÄSER *et al.*, 2010, p. 420).

A coordenação e estabilidade entre os padrões constituem valores essenciais da atividade metrológica. A deriva entre o IPK, suas cópias e os protótipos nacionais requer o ajuste progressivo na incerteza de medição entre um padrão nacional calibrado em relação ao IPK. Isso compromete a confiabilidade das calibrações documentadas:

A experiência de todos os metrologistas envolvidos nesses estudos é que, mesmo que o comportamento médio ou mediano dos protótipos seja previsível (por exemplo, taxas de descontaminação a curto e longo prazo após a limpeza e lavagem), existe uma dispersão considerável sobre a média (DAVIS, 2003, p. 305).

Figura 4. Deriva entre o IPK e algumas de suas cópias oficiais entre 1889 e 2014.



Fonte: STOCK *et al.*, 2015.

Ajustar um valor convencional a outro progressivamente alterado fere as premissas básicas da metrologia. Por esse motivo, recomendou-se durante a 81ª Reunião do CIPM realizada em 1992 que, a exemplo das demais unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI), o BIPM deveria adotar métodos baseados em constantes atômicas ou fundamentais para estabilizar a disseminação da unidade de massa (81ª CIPM, 1992, pp. 38-9).

2.1.4 O Kilograma Fundamental

O **Protótipo Internacional do Kilograma** materializa a definição da unidade de medida para a grandeza massa, Seu valor é de 1 kg, conforme definido na 3ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) em 1901 (BIPM, 2006, p. 22). Há mais de 80 protótipos

de platina-irídio realizados a partir do IPK (QUINN, 2012, p. 57) servindo de **padrão primário** para Institutos Nacionais de Metrologia (INMs) ao redor do mundo.

O ideal de uma definição absoluta é recorrente na história de cada unidade de medida. O empenho na formulação de um sistema absoluto de unidades de medida promoveu a substituição gradual dos protótipos ao longo da primeira década do século XX. Mesmo a ideia de **sistema de unidades de medidas** foi continuamente aprimorada em função de avanços científicos e tecnológicos:

Não foi até a 6ª CGPM em 1921 que se chegou a um acordo para incluir padrões elétricos [na Convenção do Metro]. Padrões fotométricos foram incluídos em 1927 e na década de 1960 foram adicionados padrões de radiação ionizante. Embora as medições de frequência tenham sido implicitamente incluídas na Convenção do Metro, (...) a responsabilidade pelos padrões [da unidade] de tempo chegou ao BIPM somente em 1987 (...) Finalmente, na 21ª Conferência Geral em 1999, os Estados Membros aceitaram uma proposta do CIPM de que a Convenção do Metro deveria ter autoridade para agir em qualquer campo da ciência para o qual havia necessidade de trabalho internacional em metrologia (QUINN; KOVALEVSKY, 2005b, p. 2313).

A 11ª CGPM realizada em 1960 instituiu o Sistema Internacional de Unidades (conhecido simplesmente como SI). O sistema é resultado de décadas de estudos das unidades de medidas e suas respectivas realizações práticas e deu forma ao delicado processo de integrar unidades definidas por artefatos ou mesmo de redefini-las a partir de constantes fundamentais, tendo como ponto de partida a primeira redefinição do metro a partir do comprimento de onda da luz (11ª CGPM, 1960, Resolução 6). O **interferômetro**, instrumento até hoje utilizado para a realização prática da unidade de comprimento, tem por princípio determinar variações do caminho geométrico (e óptico) da radiação em seu meio de propagação. O procedimento fora concebido pelo físico polonês radicado nos Estados Unidos Albert Abraham Michelson (1852-1931) e amplamente divulgado na comunidade metrológica desde o final do século XIX, como se depreende do relato de Wilhelm Foerster, presidente do CIPM à época da 3ª CGPM de 1901:

As Altas Partes Contratantes já decidiram, por duas Conferências Gerais que são seus mecanismos a este respeito, que o trabalho de comparação do metro ao comprimento das ondas de luz (...) [é um dentre] aqueles que queremos executar conjuntamente (...) Em particular, a fixação da unidade linear a partir das ondas de luz (...) foi prontamente reconhecida como uma realização (...) por assim dizer natural, auxiliar no controle e consistência das unidades convencionais (BIPM, 1901, p. 21).

O SI foi inicialmente formulado por seis grandezas de base (metro para comprimento, quilograma para massa, segundo para tempo, ampere para corrente elétrica, kelvin para temperatura termodinâmica e candela para intensidade luminosa) e derivadas (como

velocidade, pressão, volume etc.). O mol, unidade química para a quantidade de substância, foi adicionado em 1971 (BIPM, 2006, Apêndice I) e constitui a sétima unidade de base do sistema.

Os resultados da 3ª Verificação dos Protótipos Nacionais provocaram um senso de urgência na comunidade metrológica. A Resolução 5 da 20ª CGPM realizada em 1995 alertava para a necessidade de se aprofundarem investigações para monitorar a estabilidade do padrão de massa. A ideia de uma redefinição baseada em constantes fundamentais também fora expressamente mencionada (BIPM, 1996, p. 222). Em 1997 e 1999, a 21ª e a 22ª CGPMs reiteraram o comprometimento dos INMs em todo o mundo à redefinição do quilograma com base em constantes fundamentais (BIPM, 2001, p.331).

O impacto da instabilidade do IPK sobre as definições do ampere, do kelvin, da candela e do mol motivaram discussões sobre quais valores experimentais e incertezas de medição seriam apropriadas tanto para a manutenção quanto para a consistência do novo sistema (QUINN, 2012, p. 356). Essas informações distribuem-se ao longo da ata da 95ª reunião do CIPM, realizada em 2005. Ao final, o Comitê Internacional recomendou (Recomendação 1 CI-2005) um conjunto de etapas preparatórias a fim de estabelecer o calendário para as redefinições (BIPM, 2005). A Resolução 12 da 23ª CGPM de 2007 propunha que se apresentassem evidências para a reformulação já na 24ª CGPM de 2011.

Documento de 2010 do Comitê Consultivo de Massa (CCM) estabeleceu quatro metas para a redefinição:

1. Pelo menos três experimentos independentes, incluindo o trabalho a partir da balança de watt e experiências XRCD, produzam valores consistentes da constante de Planck com incertezas padrão relativas não maiores que 5 partes em 10^8 ;
2. Pelo menos um desses resultados deve ter uma incerteza padrão relativa não maior que 2 partes em 10^8 ;
3. Os protótipos do BIPM, o conjunto BIPM de padrões de massa de referência e os padrões de massa utilizados na balança de watt e nas experiências de densidade de cristal XRCD (densidade de cristal de raios X) sejam comparados o mais diretamente possível com o Protótipo Internacional do Quilograma;
4. Os procedimentos para a futura realização e divulgação do quilograma, conforme descrito na *mise en pratiques*, sejam validados de acordo com os princípios do CIPM-MRA (CCM, 2010).

A iniciativa apontou para a possibilidade de fixar os valores de quatro constantes fundamentais (a constante de Planck h ; a carga elementar e ; a constante de Boltzmann k e; a constante de Avogadro N_A) como forma de redefinir quatro unidades de base do SI (o quilograma, o ampere, o kelvin e o mol, respectivamente). A proposta acompanha mudanças em outras unidades a fim de manter a coerência interna do SI: o número de partículas contidas

na massa de um corpo (mol), a aplicação de uma força para acelerar uma partícula (ampere) ou a densidade da água em função da temperatura (kelvin) dependem de valores mais exatos para o kilograma (GLÄSER *et al.*, 2010, p. 420). Em resumo, a redefinição do kilograma ensejará a reformulação do Sistema Internacional de Unidades (SI). As definições das sete unidades básicas serão substituídas tão logo as novas definições explicitamente formuladas em termos de constantes fundamentais sejam decididas.

A comunidade metrológica apresentou o esboço do novo SI em 2011, encorajando INMs e outros institutos de pesquisa a colaborarem no projeto. Para harmonizar a disseminação de informações, a Resolução 12 da 24ª CGPM sugere que os valores divulgados sejam acessíveis a qualquer organização nacional ou internacional através do CODATA. O Comitê de Dados para Ciência e Tecnologia (Committee on Data for Science and Technology, CODATA) é o banco de dados mantido pelo Grupo de Trabalho sobre Constantes Fundamentais (TGFC), criado sob os auspícios do Conselho Internacional para a Ciência (ICSU)¹⁰.

A estratégia minuciosamente eliminará a distinção entre unidades de “base” e “derivadas”. Um método primário de padronização seria definido por uma equação que liga a unidade de medida e as constantes fundamentais, facilitando a realização prática de qualquer unidade, em vez da configuração de um padrão primário para cada uma. A uniformização da *mise en pratique* seria ainda uma responsabilidade dos Comitês Consultivos do BIPM (MILTON *et al.*, 2014, pp. R22-3), mas o uso de qualquer método escolhido pelo pesquisador, além de conferir alguma liberdade à prática de laboratório, também contribuiria para a cadeia de rastreabilidade metrológica (QUINN, 2007, p. 76-79; BRANDI, 2010).

Com a redefinição, a acepção corrente de definição metrológica para uma unidade de medida completa o ciclo de reformulação do Sistema Internacional de Unidades (SI). O ideal de unidades de medida universais, conformes ao anseio dos proponentes do Sistema Métrico Decimal (SMD), tem nas **constantes fundamentais da física** seu novo ponto de equilíbrio:

O que se chama de constantes fundamentais são os valores fixos e universais de alguns observáveis físicos (dimensionados ou não) que entram nas teorias projetadas para descrever a realidade física. Existem várias interpretações possíveis dessas constantes. Eles podem aparecer como **parâmetros** na estrutura de alguns modelos. Eles podem levar à **unificação** de domínios previamente independentes. Eles podem servir como **fatores de conversão** entre as unidades físicas. Eles também podem, e

¹⁰ O Conselho Internacional para a Ciência (ICSU) é uma organização não governamental, fundada em 1931, para promover a cooperação científica em todo o mundo (ICSU, 2017). Em 1969, o ICSU estabeleceu o Comitê de Dados para Ciência e Tecnologia (CODATA), com a missão de gerenciar e divulgar informações científicas confiáveis em todos os campos da ciência e da tecnologia (CODATA, 2017).

este é o principal papel que podem desempenhar na estruturação física, refletir alguns princípios fundamentais de **limitação. Na verdade, a interpretação muda de acordo com a evolução das teorias** (COHEN-TANNOUDJI, 2009, pp. 5-6).

2.1.4.1 Balanças e Esferas

O IPK foi utilizado pela primeira vez desde a 3ª Verificação em 2014 para uma **Campanha Extraordinária de Calibração** com a finalidade de oferecer a melhor rastreabilidade possível do IPK para os INMs envolvidos na redefinição. Todas as cópias de trabalho do IPK foram utilizadas, conforme disposto na Recomendação CCM G1 de 2010, ratificada pela 14ª reunião do CCM, em 2013. O estudo concluiu que a hipótese da perda geral de massa do quilograma não poderia ser rejeitada com base na ideia de que os padrões ganham massa por causa da contaminação, haja vista a perda de 35 µg registrada no IPK (STOCK, 2014, p. 314). Cada instituto passou a contar com uma incerteza de calibração de 3,5 µg, cujos resultados de medição são usados como ajustes para os valores das constantes fundamentais do CODATA.

O novo formato atende ao modo como valores de estabilidade e confiabilidade são entendidos na metrologia. A rede de interessados se expande em diferentes Estados, instituições, organismos e mesmo na sociedade civil. Por esse motivo, a condição 04 da Recomendação G1 do CCM 2010 sobre a redefinição do quilograma abre um interessante precedente para avaliar a confiabilidade da nova definição: a extensão da sua realização prática deve ter valores alcançáveis. Isso está implícito na premissa de que a definição, para manter a rastreabilidade metrológica à unidade SI, deve se manter comparável. É por esse motivo que o BIPM não abolirá o IPK e suas cópias de trabalho. Os valores baseados em constantes fundamentais não permitem que *stakeholders* sem recursos levem a efeito as *mise en pratiques* (realizações práticas) baseadas nos experimentos de maior nível de exatidão. Além de restringir diretamente os INMs no que diz respeito às capacidades tecnológicas para a realização da unidade de medida, também repercutiria indiretamente nas “comunidades de usuários e no público em geral (...) [e devem ser consideradas as] implicações legais, técnicas e práticas dessas redefinições”¹¹.

¹¹ Trecho dos tópicos da Resolução 1 adotada pela 24ª CGPM (BIPM, 2011, p. 8).

A existência de padrões físicos para massa não representam um perigo imediato à metrologia: protótipos nacionais e pesos-padrão não serão abolidos. Até uma quantidade expressiva de INMs adquirirem os sistemas de medição necessários à *mise en pratique* do kilograma, o BIPM emanará convenções para a padronização, limites de incerteza para o reconhecimento da competência dos INMs e demais procedimentos metrológicos relacionados à grandeza massa. À primeira vista, é mais uma questão de tempo do que de urgência.

A definição do kilograma está para ser associada à Constante de Planck, h . A ideia de associar unidades a constantes fundamentais parte do mesmo princípio das unidades “derivadas da natureza”, tão em voga entre os *savants* nos séculos XVII e XVIII. As unidades “naturais” e as “fundamentais” não prescindem um correspondente material, mas são representadas a partir de entes ou fenômenos matematicamente determinados. No artigo Sobre os Processos de Radiação Irreversíveis, publicado em 1900, o físico alemão Max Planck (1858-1947) observa que:

Não é sem interesse notar que, com a ajuda das duas constantes a e b [assim designadas, porém sem nomenclatura específica, representando os valores $4.818 \times 10^{-11} K$ e $6.885 \times 10^{-34} J s$, respectivamente] ocorrendo na expressão da entropia de radiação, existe a possibilidade de estabelecer unidades de comprimento, massa, tempo e temperatura que, independentemente de corpos ou substâncias especiais (...) podem ser descritas como “unidades de medida naturais”. (...) Os meios para fixar as quatro unidades para comprimento, massa, tempo e temperatura são dados (...) também pela magnitude da taxa de propagação da luz c no vácuo e pela constante gravitacional G . (...) Tais grandezas retêm seu significado natural enquanto as leis da gravitação, propagação da luz no vácuo e as duas leis da termodinâmica permanecerem válidas. Elas apresentarão os mesmos resultados ainda que mensuradas pelas mais diversas inteligências ou métodos (PLANCK, 1900, pp. 121-2).

A constante de Planck é utilizada para explicar diversos fenômenos da mecânica quântica, estatística e eletrônica. Em 1975, o físico e metrologista inglês Bryan Kibble (1938-2016), pesquisador no NPL, concebeu um instrumento para mensurar diretamente a unidade de corrente elétrica, o ampere. O aparato foi construído em 1978. O dispositivo, denominado **balança de watt** (ou **balança de Kibble-Watt** (ROBINSON; SCHLAMMINGER, 2016), como se vem propondo nomeá-la), forneceu valores mais exatos e contribuiu para a determinação das constantes de Josephson e Von Klitzing, adotadas desde 1990 como valores de referência para a realização das unidades de tensão e resistência elétrica, respectivamente (BIPM, 1987; 1988a; 1988b). As redefinições das unidades elétricas são baseadas na combinação entre as grandezas por meio de equações aplicáveis a experimentos

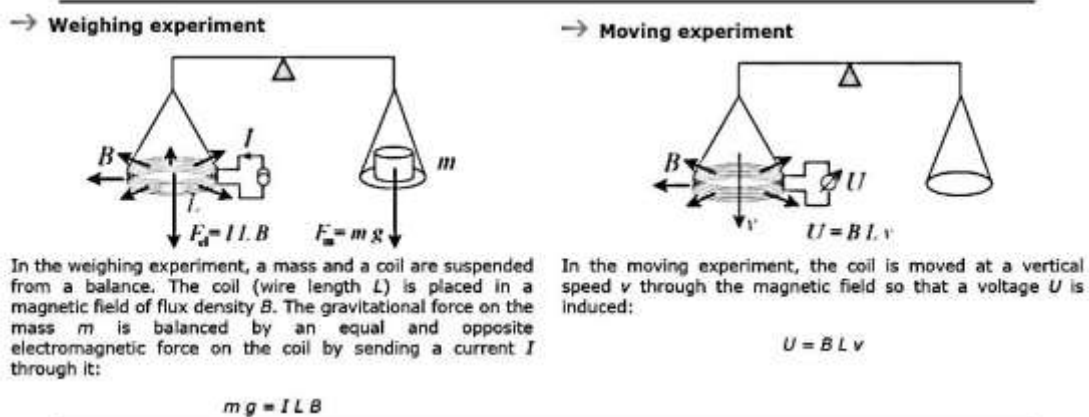
macroscópicos, isto é, pela relação entre efeitos quânticos microscópicos e efeitos físicos observáveis¹².

Inicialmente, a balança de watt não estabelecia uma relação entre massa e a constante de Planck. Em 1976, a constante de Klitzing ainda não fora determinada. Por esse motivo, não se inferia a possibilidade de comparação entre potência elétrica e mecânica no sistema. Somente anos mais tarde o experimento permitiu a formulação de uma equação em que tensão e corrente, segundo os efeitos Josephson e Efeito Hall Quântico (*Quantum-Hall Effect – QHE*), são relacionadas à aceleração da gravidade (g) e velocidade (v). Por esse motivo, a comunidade metrológica sugere a adoção do experimento como *mise en pratique* da unidade de massa após a redefinição.

O princípio por detrás do experimento, do ponto de vista teórico, é simples. Contudo, sua realização prática depende da determinação de valores mais exatos que aqueles hoje obtidos com o IPK. Operar o sistema não é fácil e exige alto investimento (QUINN, 2007, p. 348). De acordo com o físico e metrologista Richard Steiner, as dificuldades técnicas abrangem:

Fontes magnéticas, métodos para mover uma bobina de indução, meios de medir a força eletromagnética em comparação à gravitacional; força; erros de desalinhamento [na movimentação vertical da bobina] (...) Ambiente variado e às vezes extenso; controles, como antivibração, controle de temperatura, triagem de radiofrequência etc (STEINER, 2013, p. 3).

Figura 5. Princípio de funcionamento por fases da balança de Kibble.

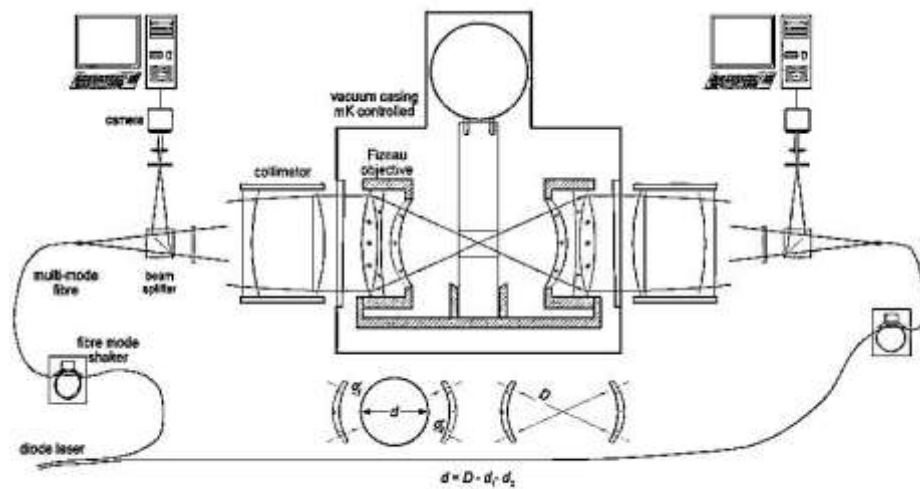


Fonte: BIPM.

¹² As constantes determinam os valores dos efeitos quânticos Josephson e Hall-Quântico (QHE), respectivamente (QUINN, 2007, p. 347).

Outro experimento oferece parâmetros para a redefinição, conforme a Recomendação G1 2010. A Coordenação Internacional de Avogadro (International Avogadro Coordination, IAC), ou, simplesmente, Projeto Avogadro, consiste na análise da densidade de uma esfera de silício (Si_{28}) através de raios-x ou interferometria óptica. O experimento (denominado XRCD) é diretamente utilizado para a determinação da constante de Avogadro (N_A), redefinindo a unidade de quantidade de substância, o mol (símbolo mol^{-1}). O valor permitiria relacionar quantidades microscópicas a quantidades macroscópicas de matéria (QUINN, 2007, p. 351).

Figura 6. Interferômetro de esfera.

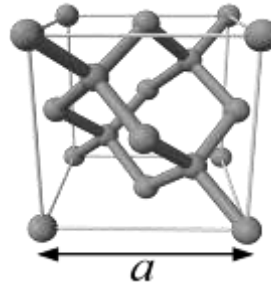


Fonte: BETTIN; BORYS; NICOLAUS, 2008.

Para a determinação da constante, uma esfera é feita a partir de um único cristal de silício com uma massa de aproximadamente 1 kg. Sua medição é realizada no interferômetro de esfera, onde é reorientada e caracterizada após o cálculo de aproximadamente 200.000 diâmetros. Após a medição da massa e do volume da esfera, o **volume da célula unitária do cristal** é determinado. Consequentemente, sabendo-se o número de átomos na célula unitária de Si, tem-se a Constante de Avogadro (GLÄSER, 2008, pp. 5-7).

A densidade da massa de um sólido é determinada pela divisão entre sua massa e seu volume, sendo a unidade de densidade o quilograma por metro cúbico (kg/m^3). Medir a densidade da esfera de silício é de considerável importância porque não somente a Constante de Avogadro pode ser determinada com baixas incertezas, mas também um valor para o quilograma como múltiplo da massa atômica do silício.

Figura 7. Célula Unitária de Silício.



Fonte: BIPM.

A realização prática via XRCd tem algumas implicações mais complexas que às apresentadas pela balança de watt: maior complexidade experimental e o elevado custo de investimento. O projeto mantém a dependência em um artefato, no caso, a esfera de silício, ainda que eles não sirvam de protótipo internacional para disseminação da unidade de massa. O custo e a complexidade de produção da esfera são variáveis que dificultam a disseminação da *mise en pratique* para economias em desenvolvimento. Além disso, as medições da célula unitária demandam exatidão em nível nanométrico (1 bilionésimo do metro, ou 10^9), exigindo capacidade metrológica instalada em mais alto nível.

Relatórios de pesquisa e demais publicações científicas apresentaram um crescimento significativo, especialmente no periódico oficial do BIPM, a revista *Metrologia*, hospedada no sítio online IOPScience. Uma pesquisa rápida sobre o tema “redefinição do quilograma” retorna, até o momento, 554 resultados distribuídos entre mais de 80 periódicos¹³. A votação pela redefinição está prevista para Novembro de 2018, durante a 26ª CGPM e entrará em vigor, se aprovada, no Dia Mundial da Metrologia, em 20 de maio de 2019.

2.2 Considerações finais

A metrologia, à sua maneira, não é uma área conservadora, mas **conservativa**. Os Comitês Consultivos discutem desde questões técnicas relativas às realizações práticas de um padrão de medição aos dados coletados através de diferentes calibrações realizadas por laboratórios ou institutos científicos. Somente depois de condensar seus pressupostos teóricos

¹³ IOPScience disponível online em <<http://iopscience.iop.org>>. Pesquisa realizada em 16 de julho de 2017.

e técnicos, eles apresentam relatórios ao CIPM e, daí, as CGPMs deliberam. Mudanças de unidades, padrões de medição ou práticas experimentais levam tempo, especialmente quando há que se disseminar e coordenar informações entre um significativo corpo de institutos trabalhando cooperativamente. As mudanças são inevitáveis, mas a instabilidade do sistema, não.

A unidade para a grandeza **tempo** ser a mais nova pedra fundamental do SI ilustra a influencia não somente do SI, mas das exigências de tráfego intenso e célere de informações que compõe as exigências de mercado, especialmente da indústria e do comércio (BRANDI, 2010, p. 357). Medições demandam confiabilidade, mas esta não existe sem **autoridade**. É um pressuposto que vincula o resultado epistemológico ao seu desdobramento ético, como justas relações de consumo, segurança e honestidade dos atores da rede são facetas da competência técnica arbitrada por um sistema hierárquico de referências documentadas e sem o qual as bases para credibilidade se perdem.

Confiança é um dos produtos negociados por medidas confiáveis. Acordos como o CIPM-MRA, a ser detalhado no capítulo 4, são evidência distinta dessa nova realidade tecnocientífica que não foi inaugurada pela metrologia, mas, certamente, tem nela um dos seus modelos, um dos seus esqueletos de determinação do que é científico e confiável. Para o filósofo e historiador da ciência alemão Wolfgang Pietsch, a metrologia materializa a ciência normal de Thomas Kuhn, mesmo em seus “revolucionários” processos de redefinição de unidades:

Embora os metrologistas possam estar inclinados a considerar as redefinições como sendo de importância revolucionária, certamente as igualarão às revoluções científicas mais familiares da história da ciência. Isso não é apenas uma questão de escala. Deve-se muito mais a um reconhecimento da arbitrariedade (...) em comparação com revoluções científicas “reais” [sic], onde a maioria dos membros da comunidade acredita que a nova teoria é de alguma forma uma melhor aproximação da verdade. Mas a verdade é apenas o critério errado para discutir mudanças na SI. Finalmente, a revisão da SI carece do caos e tumulto que geralmente acompanham revoluções políticas e científicas (PIETSCH, 2014, p. 92).

A limitação do argumento de Pietsch é o internalismo com que julga as mudanças na metrologia. Ao contrário do que afirma, a arbitrariedade não se resume ao espectro científico. Redefinições não silenciam a diversidade de acordos e convenções, nem as noções de “racionalidade” e “progresso” que unidades de medida incorporam. O filósofo e historiador da ciência sul-coreano radicado nos Estados Unidos Hasok Chang afirma que é preciso romper com o dogmatismo presente na ciência (CHANG, 2007, p. 237) em razão do realismo monista de teorias. O intento é dar voz ao pluralismo como prática (CHANG, 2007, p. 214), e não

como levante revolucionário num momento de crise que esconde o receio de esfarelamento da autonomia das instituições científicas.

A autoridade da metrologia produz a confiança nas medidas, e não o contrário. Entretanto, a confiança só se justifica na confiabilidade da atividade metrológica. Essa relação é **fundamental** – e, portanto, deve ser **constante** – elemento de coesão entre valores e objetivos. Medidas hoje correspondem, direta ou indiretamente, a 80% das exigências do comércio internacional (WALLARD, 2007, p. 2; QUINN; KOVALEVSKY, 2005b, pp. 2324-5). A EMI se reconhece como ator, se justifica como mediadora e age amplamente nas mais variadas frentes de interesse sociopolítico e econômico.

A redefinição do quilograma dá materialidade ao modelo de hierarquia característico da metrologia. O sistema de medição local se define em função do topo da hierarquia, e este só referenda aquele porque delimita sua dinâmica de caracterização e sistematização, conforme discutiremos nos próximos capítulos.

3 LABORATÓRIOS DA CONFIABILIDADE

Hipóteses científicas devem ser testadas, e os testes devem ser confiáveis. Devem ser poderosos o suficiente para oferecerem respostas de uma maneira ou de outra. As respostas só serão tão seguras quanto as pressuposições que fundamentaram o teste. Mas é crucial que a incerteza seja epistemológica e não resida no próprio teste. É por esse motivo que (...) enfatizo a ideia de medição. (...) Se o instrumento de medição opera pelos princípios que nós pensamos que funciona, e se ele está funcionando corretamente, e se a nossa leitura de seu *output* é correta, então sabemos o que nos propusemos a aprender.

Nancy Cartwright, *Nature's Capacities and their Measurements*, 1989

O presente capítulo investigará a noção de **confiabilidade** em dois enquadramentos: o primeiro, mais estrito, atentará para os sentidos em que a confiabilidade é admitida na atividade metrológica. Ao exame sucederá uma interpretação mais ampla do entendimento da confiabilidade como valor nas ciências contemporâneas.

Depreendem-se da **cultura metrológica** os valores e métodos empregados para levar a efeito uma cultura mais ampla que reúne **precisão** e **padronização** (WISE, 1995, p. 226-8). Interseccionando redes variadas, informações **estabilizadas** e **uniformizadas** trafegam espacial e temporalmente dotadas da “marca social da confiança e confiabilidade” (MARI, 2015a, p. 69) em contextos variados. Entender essa dinâmica é recusar dicotomias recorrentes na filosofia da ciência e analisar os contextos nos quais medições são comumente aplicadas.

A confiabilidade dos resultados de medição se constitui nas etapas de **caracterização** e **sistematização** da informação como módulos do intrincado conceito de **medição**. Propõe-se **caracterização** como a série de elementos concorrentes na produção de resultados de medição. **Sistematização**, por sua vez, coordena resultados de medição e processos de disseminação. São operações **mútuas** e **recíprocas**: mútuas, porque não ocorrem distintamente; recíprocas, porque as propriedades do resultado baseiam-se nas referências da hierarquia do sistema metrológico e contribuem para ela.

As definições do parágrafo anterior são significativas porque não tencionam limitar a reconhecida complexidade da medição à mecânica atribuição sistemática de valores a **grandezas** ou **categorias** (estas, no caso, aplicáveis às ciências sociais aplicadas) (CARTWRIGHT; BRADBURN, 2011, p. 53). Para a metrologia, ocupar-se da materialidade do conhecimento produzido e disseminado por medições é parte da tangibilidade de sua atividade (O'CONNEL, 1993, p. 160).

A hipótese estrita sobre a confiabilidade diz respeito à sua interação direta com a definição de **rastreabilidade metrológica**. As definições serão pormenorizadas na seção 3.2 deste capítulo, mas, antecipando o argumento ulterior, a metrologia distingue rastreabilidade metrológica em duas acepções: como **propriedade** (JCGM 200, 2012, definição 2.41) do resultado de medição e como **ferramenta sistematizadora** (JCGM 200, 2012, definição 2.42) dos resultados em relação a uma referência. Caso a noção de confiabilidade se relacione a de rastreabilidade metrológica, também será entendida numa dupla acepção: como **valor e propriedade**.

A composição das definições metrológicas será revista no intuito de indicar em quais contextos a noção de **confiabilidade** se afigura com mais destaque¹⁴. A seção 3.1 tratará dos pormenores filosóficos subjacentes às definições das unidades para as grandezas. Em seguida, nos itens 3.2 e 3.3, examinaremos o conceito proposto para **medição** a partir do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM-3) e do Guia de Expressão de Incerteza de Medição (GUM) com vistas ao problema da **lacuna terminológica da confiabilidade**. Na seção 3.3.1 comentaremos a relação entre as noções de confiabilidade, erro e incerteza e sua preponderância para a ampliação do escopo da presente investigação. Na seção 3.4 avaliaremos se os argumentos apresentados ao longo do capítulo são suficientes para balizar a relação entre **confiabilidade** e **rastreabilidade metrológica**. A etapa seguinte será propor uma resposta suficiente para explicar por que a noção de confiabilidade não consta do léxico metrológico e, nas considerações finais, expor quais serão as consequências da **lacuna terminológica da confiabilidade**.

A decomposição do conceito de confiabilidade fornecerá indicações para apurar se há ambiguidade no emprego dos termos **confiabilidade** e **confiança** pela comunidade metrológica. Por extensão, a análise do sentido de **confiabilidade** na metrologia dimensionará sua amplitude na produção e disseminação do conhecimento em outras áreas científicas. O tratamento será breve, mas indicará rotas para aprofundamento em investigações futuras.

À guisa de esclarecimento, o capítulo é intitulado “laboratórios da confiabilidade” provocativamente. A bancada do laboratório é um dos espaços de construção da identidade de uma área científica e se constitui na ação direta ou indireta de elementos **epistêmicos** e **não-epistêmicos** ao longo de todas as etapas da produção e disseminação do conhecimento

¹⁴ Os manuais metrológicos VIM e GUM são distribuídos gratuitamente no sítio online do BIPM: <<http://www.bipm.org/>>. O VIM é publicado tradicionalmente em edições bilíngues nas línguas francesa e inglesa. O GUM é distribuído nos dois idiomas, porém em edições separadas. A leitura dos guias foi realizada nos idiomas originais comparativamente às suas respectivas versões traduzidas para a língua portuguesa.

(LACEY, 1999, pp. 5-8). Valores, entretanto, não têm uma cisão nítida entre si e devem ser avaliados em termos de seus papéis na consecução dos objetivos determinados em uma prática científica. Nas palavras da filósofa norte-americana Heather Douglas, “é mais proveitoso pensar sobre valores como espalhados em uma paisagem, onde cada parte do panorama foca em diferentes objetivos, que segregados em campos” (DOUGLAS, 2009, p. 91. Tradução nossa).

É pertinente esclarecer, antes de iniciarmos o exame, a notação utilizada para nos referirmos aos termos metrológicos conforme os guias oficiais. Os conceitos se referem à 3ª edição do VIM (VIM-3) ou à revisão de 2008 do GUM, exceto onde indicado. Os conceitos explicitados serão colocados em negrito e, entre parênteses, seu correspondente manual e número de referência, como no exemplo abaixo:

Medição (VIM-3, 2.1)

Utilizamos notação próxima à dos manuais para facilitar a conferência, quando necessário.

3.1 **Confiabilidade e múltipla realizabilidade das grandezas**

O estudo da “confiabilidade” e da “confiança” no fazer metrológico ensejou uma reaproximação ao tema da **terminologia científica**. A discussão nos permitirá visualizar como o léxico metrológico reflete e orienta a prática da metrologia e nos remete a uma preocupação tradicional com o vocabulário das ciências, em especial às definições de conceitos científicos. Nas palavras do filósofo alemão Moritz Schlick (1882-1936):

Com efeito, cada palavra tem um determinado sentido ou significação somente dentro de um contexto definido no qual foi inserida e ao qual foi adaptada; em qualquer outro contexto carecerá inteiramente de significação, a não ser que formulemos novas normas para o emprego da palavra no mesmo caso; ora, isto pode ser feito, ao menos em princípio, de maneira muito **arbitrária** (...) Enunciar o sentido de uma frase equivale a estabelecer as normas segundo as quais a frase deve ser empregada (SCHLICK, 1936 [1975], pp. 90-1. Grifo nosso).

Schlick e demais adeptos do empirismo lógico compartilhavam do ideário de uma linguagem universal para as ciências naturais, axiomatizada de maneira a neutralizar equívocos. A construção dos conceitos seria relacionada à experiência, e conseqüentemente à

natureza, por meio da “designação” ou “coordenação” entre definições e respectivas interpretações por meio de medições (VAN FRAASSEN, 2008, p. 141). Não somente Schlick e os empiristas lógicos se referem ao trabalho do filósofo austríaco Ludwig Wittgenstein (1889-1951), para quem as regras de uso de uma definição unem “significado” e “possibilidade de verificação” (SCHILIK, 1936, p. 91), como recorrem a versão forte de outra tese, o **operacionalismo**, sobre a qual discutiremos adiante.

O filósofo alemão Martin Kusch relaciona, no artigo “Um ramo da história natural humana: reflexões de Wittgenstein sobre metrologia”, as metáforas metrológicas de Wittgenstein ao longo de sua obra. De seu ponto de vista, “a mais importante analogia é, de um lado, aquela entre unidade de medida e regra gramatical e, do outro, entre resultado de medição e proposição empírica” (KUSCH, 2015, p. 12). Ainda segundo Wittgenstein, explica Kusch, regras gramaticais são tão arbitrárias quanto a escolha de unidades de medida. Padrões são, em última análise, ferramentas que tornam a comunicação possível, inclusive no que diz respeito à harmonização social da linguagem: ela deixa de ser *experimento* e passa ao *status* de modelo ou referência (KUSCH, 2015, p. 13).

O **operacionalismo**, corrente filosófica decorrente da obra seminal *A Lógica da Física Moderna*, publicada em 1946 pelo físico inglês Percy Williams Bridgman (1882-1961), ilustra com muita acuidade a recorrente preocupação com o rigor dos conceitos científicos. Embora não tenha cunhado, especificamente, uma corrente filosófica como tal, a tese central de Bridgman é a unidade entre a definição de uma grandeza e seu respectivo procedimento de medição. A clássica sentença que cunhou o “caráter operacional dos conceitos” é a que segue:

Em geral, entendemos por qualquer conceito nada mais do que um conjunto de operações; o conceito é sinônimo do conjunto correspondente de operações (...) devemos exigir que o conjunto de operações equivalente a qualquer conceito seja um conjunto único, pois, de outra forma, existem possibilidades de ambiguidade em aplicações práticas que não podemos admitir (BRIDGMAN, 1927 [1946], pp. 5-6).

A **tese operacionalista** foi criticada pelo próprio Bridgman, que procurou separar o “caráter operacional dos conceitos” do “operacionalismo” como tese autônoma (CHANG, 2009). Para tanto, retraiu as limitações da análise operacional presentes na própria obra. Ainda no *Lógica da Física Moderna*, reconhece que a complexidade da natureza não nos permite conhecê-la com perfeição. Medições sempre estarão na “nebulosa fronteira da incerteza” e somente melhorando a exatidão da medição é que podemos explorar novas regiões do conhecimento (CHANG, 2009). No livro *A Natureza da Teoria Física*, publicado em 1936, afirma que restringir o número de operações “permitíveis” tinha por objetivo reduzir inconsistências ou incongruências no uso dos conceitos. Definir conceitos da física em termos

de operações físicas é adotar uma convenção para seus usos (BRIDGMAN, 1936 [1942], p. 9).

Já o operacionalismo como tese autônoma, embora tenha gozado de boa receptividade, inclusive entre os empiristas lógicos, propõe sua maior limitação: se cada operação define um conceito, é temerário esperar que sistemas de medição diferentes concordem entre si. A convergência numérica é a “justificativa prática para preservar o mesmo nome” (BRIDGMAN, 1927 [1946], p. 16): três conjuntos de operações diferentes aplicados a um mesmo domínio refletem aquela grandeza porque seus resultados seriam mutuamente consistentes (BRIDGMAN, 1927 [1946], p. 23). No entanto, como validar que o conceito seja extensivo a cada uma dessas operações se elas pressupõem uma cisão de âmbito teórico entre si?

Em resumo, Bridgman reconhecia que a tese da “redução do significado ao procedimento” é muito restritiva porque não descreve as situações reais em que procedimentos de medição são executados. De certa maneira, sua proposta identifica-se mais ao comentado por Kusch sobre Wittgenstein: o significado de um termo é definido pelas condições em que é utilizado, pelas suas “regras de aplicação” em dado contexto específico.

O engenheiro David J. Hand considera o operacionalismo uma posição pragmática extrema (HAND, 2004, p. 53). O atributo não tem uma existência “real” fora da operação que o define. Uma das críticas mais contundentes ao operacionalismo afirma que ele confunde “o que” está sendo medido com “como” está sendo medido. Para Hand, tanto a medição incorpora aspectos representacionais quanto operacionais: a representação serve para modelar, de certa maneira, o que se entende como real, enquanto o operacional lida com o procedimento de atribuir números aos atributos medidos. A medição será arbitrária no sentido em que outros procedimentos de medição adotarão limites pragmáticos alternativos. Nesses termos, o procedimento estará envolvido com a **predição**, enquanto que a representação lida com o **entendimento** do domínio de investigação.

Para o estudo da terminologia metrológica, definições operacionais baseadas em operações específicas ou contextos de uso são **limitantes**. A definição das unidades de medida para uma dada grandeza são descrições regulatórias das **condições ideais e sem**

perturbações (TAL, 2013, p. 126; CARTWRIGHT, 2002, p. 191) que caracterizam o que é **esperado** de um procedimento de medição intentado a realizá-la¹⁵:

É importante se fazer a distinção entre a definição de uma unidade e a realização prática dessa definição. A definição de cada unidade de base do SI é redigida cuidadosamente, de maneira que ela seja **única e que forneça um fundamento teórico sólido que permita realizar medições mais exatas e mais reprodutivas**. A realização da definição de uma unidade é o procedimento segundo o qual a definição da unidade pode ser utilizada a fim de estabelecer o valor e a incerteza associada de uma grandeza de mesmo tipo que a unidade (BIPM, 2006, p. 22).

É possível reconhecer essa limitação no escopo da redefinição do quilograma. O valor do IPK é 1 kg. Preservar a estabilidade, coordenação e disseminação entre padrões requer rastreabilidade à definição da unidade. Por esse motivo, arbitra-se o valor do IPK e valores convencionados para incerteza de modo a não desestabilizar a rastreabilidade metrológica em função da deriva entre o protótipo e suas cópias. Ajustes locais e menores recorrentes mantêm a confiabilidade das medições em curto prazo, enquanto uma nova definição, ainda mais idealizada, substituirá o protótipo. A relação se inverte: padroniza-se um conceito teórico para “regular” sua aplicação a particulares.

A partir da leitura estrita do operacionalismo, “massa”, como qualquer outro conceito, não é uma definição homogênea. A comparação extraordinária entre o IPK e suas cópias, a balança de watt Mark II e a mensuração por interferometria de raios-X da esfera de monocristal de Silício-28 realizam a mesma grandeza, massa? A redefinição prevista para o quilograma, assim como a de outras unidades de medida, não é uma **operação física específica**. Diversamente, ela consolida uma equação fundamental para a obtenção da constante de Planck; em princípio, algo **não-dimensional** (i.e. não envolve diretamente uma medida física). Sob condições especificadas, qualquer experimento que aplique a equação e suas correções realizarão a grandeza massa. Esse é o **caráter multiplamente realizável** (TAL, 2012, pp. 33-7) das definições metrológicas para a unidade que realiza uma grandeza.

O conceito é bastante comum entre os praticantes da corrente filosófica **funcionalista**. O filósofo Eran Tal aplicou-o no estudo da metrologia para evidenciar a pluralidade da relação entre **definição e realização** de uma grandeza. Sucintamente destacamos os seguintes corolários do caráter multiplamente realizável das definições metrológicas: (1) diferentes arranjos experimentais obtêm informação sobre a grandeza desde que satisfaçam a definição;

¹⁵ “Realização” é o termo técnico para descrever, em sentido estrito, as condições para a “realização física” (isto é, experimental) da definição convencional para uma grandeza e sua respectiva unidade de medida (JCGM 200, 2012, Definição 5.1, Nota 3).

(2) não há método livre de ajustes e correções¹⁶ e; (3) isso não compromete a **objetividade** do conhecimento produzido e disseminado por medições.

3.2 A confiabilidade como critério

Medições estão intimamente ligadas às comunidades que as produziram (PORTER, 1995, Prefácio; WISE, 1995, p. 6). Priorizar requisitos para validar a gama de práticas entre localidades produtoras e disseminadoras de resultados de medição é parte do refinamento do processo de medir. Publicações de manuais e normas técnicas por organismos internacionais integram o conjunto dos instrumentos de ordenação e propagação da cultura metrológica e, como tal, são recursos fecundos de investigação sobre o *ethos* dessa comunidade.

O VIM-3 define **medição** (VIM-3, 2.1) como “processo de obtenção experimental de um ou mais **valores** que podem ser razoavelmente atribuídos a uma grandeza”. A definição é complementada pelas seguintes notas:

NOTA 1 A medição não se aplica a **propriedades qualitativas**.

NOTA 2 A medição implica a comparação de grandezas ou a contagem de entidades.

NOTA 3 A medição pressupõe uma descrição da grandeza que seja compatível com o uso pretendido dum **resultado de medição**, segundo um **procedimento de medição** e com um **sistema de medição** calibrado que opera de acordo com o procedimento de medição especificado, incluindo as condições de medição (VIM-3, 2.1).

Da perspectiva metrológica, **medição** é um processo empírico de **quantificação** baseado na conjugação de elementos teóricos e matemáticos, protocolos técnicos e sofisticada capacidade tecnológica¹⁷. A Nota 3 pormenoriza esses componentes intercalando as definições de **resultado** (VIM-3, 2.9), **procedimento** (VIM-3, 2.6) e **sistema** (VIM-3, 3.2) de medição.

¹⁶ “No contexto da escolha entre padrões de medição, aceitar a pluralidade significa aceitar a imprecisão”. (CHANG, 2007, p. 158).

¹⁷ A relação entre **ciência**, **tecnologia** e **sociedade** é significativa para a metrologia. A distinção entre elementos da medição é localizada e visa à designação do recurso prevalente no momento de sua realização, conforme apresentados no VIM. Ver também: QUINN; KOVALEVSKY, 2004, pp. 791-797.

O **procedimento de medição** detalha os elementos metodológicos demandados para a realização de uma medição. A documentação do procedimento deve informar:

- 1) O fenômeno físico, químico ou biológico por detrás do método selecionado. Por exemplo, a pesagem de um peso-padrão de aço para determinar a massa do artefato em condições atmosféricas controladas no ambiente do laboratório. O método é direto (usa-se o instrumento para medir a massa do artefato). O princípio envolvido diz respeito à interação de forças entre o artefato e o campo gravitacional da Terra;
- 2) Os recursos materiais empregados (o **sistema de medição**): a balança analítica, o artefato (peso-padrão), cronômetros para medir o tempo necessário para a balança fornecer um valor (a **indicação**: VIM-3, 4.1), termômetros e outros instrumentos para informar as condições controladas do laboratório etc.;
- 3) A **modelagem estatística** do procedimento: funções matemáticas utilizadas para integrar a diversidade de componentes do procedimento, como o número de ciclos determinado, os valores obtidos a cada ciclo, correções necessárias para a interação das variáveis de influência (conhecidas ou desconhecidas) e outros fatores que contribuam para a produção do **resultado mais exato e preciso**.

Presumivelmente, o resultado da medição será bem-sucedido se apresentar o melhor valor medido para o atributo do corpo ou fenômeno submetido ao procedimento de medição, o **mensurando** (VIM-3, 2.3). O **valor medido** (VIM-3, 2.10) compõe o resultado do procedimento de medição. É o valor (ou conjunto de valores) que representa a informação coligida em estreita relação com o **valor verdadeiro da grandeza** (VIM-3, 2.11). O grau de concordância entre o valor medido e o valor verdadeiro determina a **exatidão da medição** (VIM-3, 2.13). No caso de procedimentos de medição repetidos, a **precisão de medição** (VIM-3, 2.15) declara o grau de concordância entre indicações ou valores medidos obtidos em medições repetidas.

De maneira distinta, a **exatidão** e a **precisão de medição** (VIM-3, 2.15) expressam condições metodológicas, técnicas, espaciais, temporais ou quaisquer outras especificadas para a **repetibilidade** (VIM-3, 2.15) e a **reprodutibilidade** (VIM-3, 2.25) da medição¹⁸.

¹⁸ **Repetibilidade** diz respeito a uma medição realizada em condições similares (operador, sistema de medição, laboratório etc.) num curto intervalo de tempo. **Reprodutibilidade**, por sua vez, diz respeito a medições realizadas em condições diferentes (operador diferentes, laboratório diferente, sistemas de medição diferentes etc.). As condições são especificadas, via de regra, na hora da avaliação do resultado e da incerteza da medição.

Logo, a manutenção da **uniformidade** e **comunicabilidade** do mensurando depende tanto da exatidão quanto da precisão do resultado (JCGM 100, 2008, Capítulo 3, Seção 3.3.2; Ver também: Norma Técnica ABNT NBR ISO/IEC 17025, Capítulo 5, Seção 5.2, pp. 12-3).

A **calibração** (VIM-3, 2.39) é o experimento metrológico por excelência. O cerne da técnica é a comparação entre uma referência (o padrão, cujas informações são previamente conhecidas e fixadas) e o mensurando. Traçar a sequência no sentido inverso, isto é, do procedimento em execução à fonte de suas referências não seria possível se a metrologia não agregasse a **sistematização** à **caracterização** efetivada no resultado. A **hierarquia de calibração** (VIM-3, 2.40) encadeia da referência ao sistema de medição no momento de sua realização. É por informar as incertezas atribuídas que a localidade da produção do conhecimento incorpora o processo de disseminação.

Em princípio, calibrar é executar um procedimento recursivo: as informações da referência são previamente fixadas por meio de testes ou calibrações anteriores, e assim sucessivamente. O problema da **circularidade** (ou **regresso infinito** – o padrão utilizado para calibrar o padrão em uso estava calibrado? E o padrão utilizado para calibrar o padrão em uso? – e assim sucessivamente) é interrompido na **definição da unidade de medida**: o nível mais completo de descrição para caracterização da grandeza ocupa o topo da hierarquia com valores **convencionados** (VIM-3, 2.12) para atender aos propósitos da realização da grandeza nos demais níveis. A realização física da unidade de medida (ou *mise en pratique*) é o procedimento para concretizá-la experimentalmente¹⁹. As definições das grandezas e suas respectivas *mise en pratiques* são indispensáveis na regulação do significado entre variados sistemas de medição distribuídos globalmente.

A **caracterização** do mensurando depende da comparação de certos parâmetros do resultado com aqueles informados pela referência, especialmente o **erro de medição** (VIM-3, 2.16) e a **incerteza de medição** (VIM-3, 2.26). O **erro** é o valor corrigido do resultado em relação ao **valor verdadeiro** que melhor satisfaz a definição completa do mensurando. A incerteza tem por finalidade informar o melhor **intervalo de valores razoáveis e consistentes** para dado mensurando. Há um conflito sutil entre essas definições, haja vista um dos aspectos do resultado de medição ser declarar quantitativamente a impossibilidade de um procedimento

¹⁹ O Apêndice 2 da brochura do Sistema Internacional de Unidades, editada pelo BIPM, descreve as unidades do SI e suas respectivas realizações. Disponível no sítio online do BIPM: <<http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>>. Acesso em 15 jun. 2017.

de medição fornecer informações completas sobre o mensurando. Logo, as noções de “valor verdadeiro” e de “valor razoável” não reportam o mesmo estado de coisas.

3.3 A confiabilidade da dúvida

O estudo das probabilidades é conhecido desde o século XVI, tendo como expoentes os polímatas Girolamo Cardano (1501-1576), Blaise Pascal (1623-1662) e Pierre de Fermat (1601-1665). Em resumo, o cálculo probabilístico tem por finalidade inferir resultados matemáticos a partir de situações não determinísticas (HACKING, 2001, p. 32). O desenvolvimento inicial da estatística esteve ligado à quantificação de variáveis de interesse para a administração burocrática do Estado, como censo populacional ou tributação (HACKING, 2006, p. 102; RUSNOCK, 1995, p. 17). A aplicação da estatística em outras áreas decorre do avanço teórico dos processos de inferência e dos conceitos matemáticos envolvidos no cálculo das probabilidades. Nesse sentido, as contribuições dos matemáticos Simon Laplace (1749-1827), Adrien-Marie Legendre (1752-1833) e do matemático alemão Karl-Friedrich Gauss (1777-1855) foram seminais, especialmente no que diz respeito à utilização do cálculo de probabilidades na avaliação da consistência interna de dados obtidos experimentalmente a partir da estimativa do “erro”:

Na ciência matemática, como na construção e na engenharia, os requisitos e a compreensão de exatidão sempre foram dependentes do contexto. Os limites da exatidão alcançável em qualquer momento histórico determinado dependem dos padrões existentes, da tecnologia instrumental, da teoria predominante e da capacidade corrente de extrair a informação mais precisa possível dos dados disponíveis. Sempre houve uma consciência da exatidão e do erro na ciência exata. (...) Os avanços na teoria estatística e da probabilidade eram necessários antes que os erros de medição pudessem ser tratados matematicamente (ROCHE, 1998, p. 57).

O tratamento do erro, em resumo, dividia-os em dois tipos: **sistemáticos** e **aleatórios** (ou, relativamente justapostos ao proposto por Gauss, **constantes** e **acidentais**, respectivamente) (OLESKO, 1995, p. 108). Erros sistemáticos se baseiam em fatores conhecidos que interferem no procedimento experimental. Os erros aleatórios, por sua vez, decorrem de variações cujas causas são imprevisíveis. Ambos os componentes influem de maneira diferente na interpretação do resultado, mas permitem ao experimentador atingir o mais alto grau de confiabilidade pela “conquista do desconhecido e do incerto: erro é a medida da verdade” (OLESKO, 1995, p. 109).

Segundo o filósofo e historiador da ciência holandês Bart Karstens, não há uma conceptualização satisfatória para o conceito de erro na história da ciência. Conquanto, em princípio, a ideia soe temerosa, um de seus argumentos mais contundentes diz respeito ao caráter **fenomênico** do erro: uma teoria epistemológica satisfatória para a noção não se resume exclusivamente à análise matemática das causas sistemáticas ou aleatórias do erro no processo experimental ou às ocorrências e manifestações do erro na justificação de uma crença teórica (KARSTENS, 2014, p. 13). Identificar e avaliar algo como “erro” incorpora, dentre muitos atributos, o reconhecimento da temporalidade do fenômeno. Por isso Karstens separa-os em erros como “obstáculos” ou “falhas”. **Grosso modo**, as noções dizem respeito ao ideal de racionalidade ou de progresso histórico da ciência, respectivamente (KARSTENS, 2014, p. 15).

As principais abordagens ao tema feitas pela filosofia da ciência atual destacaram o aspecto metodológico da noção de erro, o que Karstens denomina “erros como obstáculos”. Destacamos dois trabalhos para guiar a presente discussão: os livros *As Capacidades da Natureza e suas Medições*, da filósofa norte-americana Nancy Cartwright, publicado em 1989, e *Erro e o Avanço do Conhecimento Experimental*, da filósofa também norte-americana Deborah G. Mayo, publicado em 1996. Em linhas gerais, o que Cartwright e Mayo propõem é que o erro exerce papel relevante na inferência estatística, portanto, tem uma correlação mútua com as variáveis definidas em um modelo (CARTWRIGHT, 1989, pp. 22-5; MAYO, 1996, pp. 442-3). Para Cartwright, declaradamente empirista, probabilidades, no contexto da modelagem estatística, podem reportar as causas de um evento para o qual não há teoria disponível ou experimento exequível, desde que as premissas do modelo sejam *suficientes*, ainda que não sejam **necessárias** (CARTWRIGHT, 1989, pp. 11-3). Nas palavras de Cartwright:

o método não exige literalmente que se conheçam todas as outras causas [de um determinado efeito]. Em vez disso, o que você deve saber são alguns fatos sobre quais são as probabilidades em populações que são homogêneas em relação a todas essas outras causas, e que às vezes você pode descobrir sem ter que saber o que todas essas causas são (CARTWRIGHT, 1989, pp. 62).

Deborah Mayo defende que, embora a tradição reconheça a noção de erro como central, especialmente a partir da epistemologia desenvolvida pelo filósofo austríaco Karl Popper (1902-1994), pouco se explorou quais são as informações obtidas a partir da detecção do erro. O **criticismo construtivo** de Mayo se propõe a superar o foco nas inconsistências lógicas entre teoria e experimento para identificar as fontes dos erros e, por fim, controlar maximamente suas ocorrências. As soluções propostas incluem a análise temporal do erro

(preditiva ou retrospectiva), o inventário de erros cometidos e seus efeitos ou mesmo a verificação do quanto certas informações que confrontam premissas e recomendações de um modelo não “viciam”, mas fortalecem a inferência (MAYO, 1996, pp. 4-6).

O filósofo canadense Ian Hacking afirma que há, fundamentalmente, duas interpretações gerais para as probabilidades: as frequentistas ou de propensão e as baseadas em graus de crença ou Bayesianas²⁰. Cada uma representa um conjunto de pressupostos orientadores do processo de construção do modelo matemático e posterior inferência sobre os resultados. Tanto Nancy Cartwright quanto Deborah Mayo se baseiam em uma orientação **frequentista** sobre o papel das probabilidades no fazer científico. Nos dizeres das autoras, “probabilidades são frequências que passam por testes de estabilidade” e “[essas] **distribuições experimentais**, modelam processos experimentais reais”, respectivamente (CARTWRIGHT, 1989, p. 59; MAYO, 1996, p. 10, grifo da autora). Uma consequência da ênfase no estudo estatístico do erro é a recorrente limitação da noção de confiabilidade à estimativa do erro. Se modelos e experimentos são entendidos como adequados à finalidade pelos quais são elaborados em razão de sua localidade e contextualidade, probabilidades **frequentistas** (objetivas) ou **baseadas em graus de crença** (subjetivas) combinam-se quando necessário, e isso vai de encontro ao entendimento frequentista, conforme defendido por Cartwright e Mayo.

Nesse quadro conceitual, a emergência de teorias ou de procedimentos de teste experimental é observada com pouca atenção. A análise histórica fica prejudicada porque exclui a heterogeneidade de elementos cruciais ao estabelecimento da atividade científica. Em certo sentido, as motivações por detrás da produção do conhecimento aduzem valores ao entendimento da ciência num plano mais geral (VIDEIRA, 2005, p. 77). O intento é evitar que se percam de vista as dinâmicas de “mudanças e estabilizações da prática científica” (STUMP, 1996, p. 446) ao enfatizar unicamente seu *status* epistemológico.

O problema, identificado pelos físicos e filósofos da ciência Leonard Smith e Arthur Petersen, diz respeito ao modo como **modelos** constituíram uma forma dominante de se descrever fenômenos na ciência. Para eles, há limitações nas capacidades cognitivas e científicas para predizer e entender determinados fenômenos em vista de fatores tais como a natureza do fenômeno, os diferentes alcances de cada modelo ou a impossibilidade de se

²⁰ A título de esclarecimento, as probabilidades baseadas em graus de crença são chamadas de Bayesianas em razão da **regra de Bayes**, segundo a qual a **crença** na probabilidade de um evento ocorrer se altera conforme novas evidências são introduzidas (HACKING, 2001, pp. 140-1).

justificar a atribuição de significado a resultados em referência ao “mundo real” (SMITH; PETERSEN, 2014, p. 141).

Smith e Petersen salientam que diferentes tipos de pressuposições epistêmicas ou não-epistêmicas influenciam a construção do modelo e do experimento. Conseqüentemente, diversificadas orientações teóricas expressam a noção de confiabilidade, um conceito com três dimensões diferentes: **estatística (confiabilidade₁)**, **metodológica (confiabilidade₂)** e **pública (confiabilidade₃)**. A difícil articulação entre as noções de erro e incerteza à de confiabilidade pode ser sintetizada pela seguinte questão: qual ferramenta é mais adequada para expressar a confiabilidade dos enunciados científicos, especialmente quando certas proposições são colocadas em dúvida não somente pelo método ou pela ferramenta de medição, mas também pela confiança nos atores envolvidos na atividade científica?

Karstens categoriza a terceira dimensão do conceito de erro proposto por Smith e Petersen em “erros como falha”. O erro decorre de negociações frágeis ou falhas em contextos sociais. Nos termos de Karstens, erros como falha são “o resultado de decisão social [e] uma decisão nunca é puramente baseada em conteúdo epistemológico, não importa o *status* desse conteúdo” (KARSTENS, 2014, p. 27). A perspectiva se baseia explicitamente no Programa Forte do sociólogo inglês David Bloor e na Teoria Ator-Rede do historiador e antropólogo francês Bruno Latour. Bloor, no livro **Conhecimento e Imaginário Social**, cuja primeira edição é de 1971, afirma que:

o conhecimento é tudo aquilo que as pessoas consideram conhecimento. Ele consiste naquelas crenças que as pessoas sustentam com confiança (...) O sociólogo está interessado em particular pelas crenças que são assumidas como certas, institucionalizadas ou, ainda, investidas de autoridade por grupos de pessoas. O conhecimento, é claro, deve ser distinguido de mera crença – algo que pode ser feito ao se reservar a palavra “conhecimento” para aquilo que é endossado coletivamente, deixando valer como mera crença o idiossincrático e o individual (BLOOR, 2009, p. 18).

A ideia de *lobby anti-científico* (ORESQUES; CONWAY, 2010, p. 4), desenvolvida especialmente pelos historiadores da ciência norte-americanos Naomi Oreskes e Erik Conway, ilustra como o erro é utilizado para colocar em dúvida a confiabilidade dos enunciados científicos por meio da quebra de confiança nos atores da prática científica. Em resumo, organizações com interesses direcionados financiam pesquisas e equipes interdisciplinares de cientistas com o propósito de “desenvolver um extenso corpo de dados científicos sólidos, útil na defesa da indústria [do tabaco, por exemplo] contra ataques” (ORESQUES; CONWAY, 2010, p. 13). Processos direcionados de contrainformação subsidiam

a dúvida ou desviam o foco dos problemas com informações dotadas da chancela de “ciência”.

A partir da leitura de Oreskes e Conway é possível identificar a necessidade apontada por Karstens de conceptualizar **erro** sem incorrer na dicotomia entre “falhas” e “obstáculos”, provocando uma ruptura entre epistêmico e não-epistêmico. Os casos apontados pelos autores ao longo do livro *Os Mercadores da Dúvida*, de 2010, evidenciam tanto a dimensão epistêmica quanto a não-epistêmica dos termos “erro” e “incerteza” e da confiabilidade e confiança na ciência.

O abreviado comentário da presente seção tem o propósito de localizar em que ponto nos aproximamos do argumento de Karstens e em que divergimos. Amplamente, sua publicação foi elucidativa para identificarmos um entrave para discutir a noção de confiabilidade: faltava-nos um quadro conceitual mais detalhado sobre o histórico das noções de erro e incerteza como contraponto. Nesse ponto, ele deixa uma lacuna, haja vista obstáculos e falhas dizerem respeito aos conceitos de “erro” e “real”, seja em virtude de fatores epistemológicos ou sociocontextuais da produção do conhecimento. A noção de incerteza de medição, por sua vez, ainda careceria de uma análise qualitativa.

O metrologista Luca Mari afirma que a principal dificuldade para articular os conceitos de **erro** e de **incerteza** reside no fato de que a medida “atua como ponte entre reinos que inevitavelmente dependem de pré-compreensões sobre a natureza do mundo empírico e o conhecimento dele” (MARI, 2015, R3). Em outras palavras, o resultado de medição está na tênue fronteira entre a ontologia e a epistemologia, respectivamente.

3.3.1 Medidas do erro, resultados da incerteza

A abordagem de erro foi importante para o desenvolvimento da metrologia como área científica por considerar a tendência de uma medição produzir determinado resultado com base no arranjo experimental e na frequência com que valores similares são observados ao longo de um ciclo de repetições. O resultado de medição trata do grau de concordância entre o **valor medido** e o **valor verdadeiro da grandeza**, uma vez subtraída a estimativa dos erros:

As probabilidades não caracterizam um resultado de medição em si, mas a medição como um processo físico de geração de dados experimentais (...) Um candidato natural para a declaração de probabilidade é a distribuição estatística de erros gerados em determinado protocolo experimental. A ideia subjacente à análise de

erro do processo de medição consiste em separar o que é devido ao fenômeno ideal em exame (abrangido pelo verdadeiro valor da grandeza) do que é causado pelas contingências materiais e teóricas do procedimento experimental necessariamente imperfeito (o erro de medição) (...) A análise frequentista do erro mostra como o valor verdadeiro atua no maquinário estatístico como um ideal regulador [um parâmetro fixo, ainda que desconhecido] que governa como os valores medidos são eventualmente atribuídos ao mensurando (GRÉGIS, 2015, p. 83).

Embora a abordagem pela teoria do erro tenha padronizado a avaliação de resultados, uma de suas particularidades é que erros sistemáticos são corrigidos a cada observação, de maneira que seu valor seja zero. Para isso, o tratamento probabilístico não é requerido: em princípio, a perícia do experimentador seria suficiente para eliminar as fontes sistemáticas de erro e estabelecer limites de exatidão da medição. Ao final, a margem de erro persistente seria de origem aleatória. Posto que são inevitáveis, não seriam compensados, mas **diluídos**, conforme se aumenta o número de repetições do procedimento até que o valor estimado do erro aproxime-se de zero (JCGM 100, 2008, item 3.2).

A inserção da noção de **incerteza** mostrou-se necessária, especialmente a partir da segunda metade do século XX. Segundo o filósofo e historiador holandês Marcel Boumans e o filósofo e historiador israelense Giora Hon, a teoria do erro mostrou-se insuficiente, uma vez que, após a avaliação dos componentes conhecidos e suspeitos de um erro, ainda resta uma **dúvida** sobre “o quão bem o resultado representa o ‘valor’ da grandeza mensurada. A expressão ‘valor verdadeiro’ não é mais utilizada no procedimento, já que o valor verdadeiro de uma medição pode nunca ser conhecido” (BOUMANS; HON, 2014, pp. 7-8).

A ideia de **valor verdadeiro da grandeza** é central para entendermos a sutil diferença entre erro e incerteza, porque se o resultado de uma medição é próximo ao valor verdadeiro, então o erro é pouco significativo. Contrariamente, a expressão de incerteza não aproxima, nem afasta o resultado do “real”, mas quantifica a informação obtida pelas correções de erro em termos probabilísticos. Por conseguinte, adequa o valor do resultado à melhor exatidão requerida para dada finalidade. A incerteza de medição depende do grau de crença naquele resultado, e não na certeza de sua correção.

A diferença entre as **metodologias de abordagem de erro e abordagem de incerteza** revela uma tensão filosófica sobre a interpretação do resultado da medição (MARI, 2014; HON; PETERSEN, 2014, pp. 79-84). O JCGM-2 declara textualmente que o “desenvolvimento [da] 3ª edição internacional do VIM levantou algumas questões fundamentais sobre diferentes filosofias e descrições de medição atuais (...)” (JCGM 200, 2012, Introdução), sem privilegiar nenhum sistema ou corrente filosófica específica. A

ressalva diz respeito à difícil articulação entre as noções metrológicas de **valor verdadeiro, erro e incerteza:**

A mudança no tratamento da incerteza de medição de uma Abordagem de Erro (...) a uma Abordagem de Incerteza levou à **reconsideração de alguns dos conceitos relacionados** que apareciam na 2ª edição do VIM. O objetivo da medição na Abordagem de Erro é determinar uma estimativa do valor verdadeiro que esteja tão próxima quanto possível deste **valor verdadeiro único** (...) O objetivo da medição na Abordagem de Incerteza não é determinar um valor verdadeiro tão melhor quanto possível. Preferencialmente, supõe-se que a informação oriunda da medição permite apenas atribuir ao mensurando um **intervalo de valores razoáveis** (...) mesmo a medição mais refinada não pode reduzir o intervalo a um único valor, devido à **quantidade finita** de detalhes na definição de um mensurando (JCGM 200, 2012, Introdução. Grifos nossos).

De acordo com o Anexo D do GUM, há um número infinito de informações que contribuem para a descrição do mensurando. Restando incompleta, a margem de interpretação do resultado se baseia na articulação entre correção dos erros, expressão da incerteza e, principalmente, no consenso de que o **valor verdadeiro** é um conceito idealizado (JCGM 100, 2008, Anexo D, item D.3.5). Por esse motivo, as duas abordagens são aplicadas, restando ao metrologista decidir qual interpretação é aplicável para caracterizar o mensurando e avaliar a qualidade do resultado. A Introdução do GUM ilustra esse grau de liberdade a partir da articulação das noções de **resultado, padrão e confiabilidade:**

Quando se relata o resultado de medição de uma grandeza física deve-se sempre dar alguma indicação quantitativa da qualidade do resultado, de forma que aqueles que o utilizam possam avaliar sua **confiabilidade**. Sem essa indicação, resultados de medição não podem ser comparados, seja entre eles mesmos ou com valores de referência fornecidos numa especificação ou numa norma. É, portanto, necessário que exista um procedimento que seja de pronta aplicação, fácil compreensão e ampla aceitação para caracterizar a qualidade de um resultado de uma medição, isto é, para avaliar e expressar sua incerteza (JCGM 100, 2008, Introdução).

O termo **confiabilidade** aparece como uma propriedade qualitativa representada numericamente pela incerteza. Sem a expressão da incerteza, resultados de medição não são **comparáveis**. A **comparabilidade metrológica** é o princípio segundo o qual “resultados de medição (...) são rastreáveis metrologicamente à mesma referência” (VIM-3, 2.46). A **comparabilidade** articula **confiabilidade** indiretamente à definição de **rastreabilidade metrológica** (VIM-3, 2.41). Entretanto, de que modo elas dão sentido uma a outra? É o que examinaremos mais atentamente na próxima sessão.

3.4 Confiabilidade e rastreabilidade metrológica

A revisão conceitual precedente destaca a confiabilidade como propriedade atribuída aos resultados de medição em estreita relação à necessidade de comparabilidade. A solução adotada pela metrologia é estabelecer padrões de medição para caracterizar o mensurando e sistematizar os procedimentos e resultados. O diferencial é a oferta de um sistema **universal** e **coerente** (RIORDAN, 2015, p. 42; MOHR; PHILIPS, 2015, p. 40) de referências. Quantificar uma grandeza, definir uma unidade de medida, uniformizar a enunciação dos resultados e fixar condições de exequibilidade institui o diálogo entre diferentes atores.

A sistematização das referências localiza o resultado de uma medição no escopo de uma hierarquia de padrões e calibrações chamada de **cadeia de rastreabilidade metrológica** (VIM-3, 2.42). A **rastreabilidade metrológica** é a propriedade pela qual indicamos a posição do resultado de medição em relação à referência. Nesse sentido a rastreabilidade tem um duplo aspecto, como **propriedade** e **ferramenta de sistematização**: a contiguidade entre localidade e procedência dos padrões é crucial para a circulação do resultado da medição e da credibilidade do disseminador.

O entendimento proposto para a noção de rastreabilidade metrológica, conforme referenciado na definição do VIM-3, tem por conceito primitivo a noção de **medição**. É importante salientar que nas edições anteriores (VIM-1 e VIM-2), o termo estava ligado ao conceito primitivo de **padrão**. Os diversos avanços nos processos de caracterização e sistematização de grandezas levaram o conceito de **padrão** a uma definição menos **operacional**, o que impactou na noção de rastreabilidade metrológica. As Tabelas 1 e 2 apresentam as redefinições.

Tabela 1. Definições de “padrão” nas edições do VIM

TERMO	NOTAÇÃO	EDIÇÃO	DEFINIÇÃO
	6.1	VIM-1 (1984) Tradução Brasileira de 1989	Medida materializada, instrumento de medição, referência material ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou vários valores conhecidos de uma grandeza a fim de transmiti-los, por comparação, a outros instrumentos de medição.
PADRÃO	6.1	VIM-2 (1993) Tradução Brasileira de 1995	Medida materializada, instrumento de medição, referência material ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou vários valores de uma grandeza, utilizados como referência.
	5.1	VIM-3 (2012) Tradução Luso- Brasileira de 2012	Realização da definição duma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associada, utilizada como referência.

Fontes: INMETRO, 1984; INMETRO, 1995; INMETRO, 2012.

Tabela 2. Definições de “rastreadabilidade metrológica” nas edições do VIM

TERMO	NOTAÇÃO	EDIÇÃO	DEFINIÇÃO
RASTREABILIDADE METROLÓGICA	6.12	VIM-1 (1984) Tradução Brasileira de 1989	Propriedade de um resultado de medição que consiste em poder referenciar-se a padrões apropriados geralmente internacionais ou nacionais por meio de uma cadeia de comparações, segundo uma hierarquia metrológica.
	6.10	VIM-2 (1993) Tradução Brasileira de 1995	Propriedade de um resultado de medição ou o valor de um padrão pelo qual pode ser relacionado a referências declaradas, normalmente padrões nacionais ou internacionais, através duma cadeia ininterrupta de comparações, todas com incertezas declaradas.
	2.41	VIM-3 (2012) Tradução Luso-Brasileira de 2012	Propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.

Fontes: INMETRO, 1984; INMETRO, 1995; INMETRO, 2012.

A primeira mudança perceptível diz respeito ao papel do padrão na disseminação da referência para a unidade de medida de uma grandeza. Podemos inferir, tendo como pano de fundo a adoção de padrões baseados em constantes fundamentais, o abandono gradual das definições estritamente ligadas a referências materiais. A ideia tem seus antecedentes no século XIX, mas tomou corporeidade com a primeira redefinição do metro (símbolo m), a unidade para a grandeza comprimento, quando da instituição do Sistema Internacional de Unidades (CREASE, 2013, p. 209). Experimentos de maior exatidão e a possibilidade de novas redefinições afetaram as ideias de padronização e disseminação, além de promoverem valores como **estabilidade** e **universalidade**. Discutimos esse ponto extensivamente no capítulo anterior ao tratarmos da redefinição do quilograma.

Prosseguindo, a noção de rastreabilidade metrológica nas edições do VIM-1 e VIM-2, não separavam **rastreabilidade** de **cadeia de rastreabilidade metrológica**. Em ambas, a propriedade atua como o atributo que permite a um resultado ser comparável a outros resultados de medição, além de identificá-lo numa dada **hierarquia metrológica**. Contudo, se a primeira definição restringe a rastreabilidade do resultado ao âmbito institucional da metrologia, a segunda admite que a comparação entre resultados ou padrões não tem por referência direta os padrões, mas a documentação das calibrações realizadas, podendo-se retrair sua origem a padrões nacionais ou internacionais a partir da **incerteza de medição**. O conceito de **cadeia de rastreabilidade metrológica** aparece no VIM-2 como uma nota explicativa²¹, mas é definido no VIM-3 como “sequência de padrões e calibrações utilizada para relacionar um resultado de medição a uma referência” (JCGM 200, 2012, definição 2.42). Por que o JCGM considerou necessária uma definição específica para **cadeia de rastreabilidade metrológica**?

A estabilização da cadeia de rastreabilidade metrológica depende da existência da **hierarquia de calibrações** (VIM-3, 2.40). Elas são interdependentes. A prerrogativa é coordenar cadeias ininterruptas de referências, reforçando quais procedimentos empíricos medem adequadamente uma determinada grandeza. A **coordenação** entre a caracterização da grandeza e a realização prática correspondente pressupõe a coordenação entre os resultados de medição de modo a permitir que diferentes mensurandos comuniquem informações em diferentes ordens de grandeza da mesma referência. Resultados obtidos através de medições de um mesmo mensurando não serão avaliados segundo uma regra de comparabilidade, mas de **compatibilidade metrológica** (VIM-3, 2.47):

[A compatibilidade metrológica] representa o critério de decisão se dois resultados de medição referem-se, ou não, a um mesmo mensurando. Num conjunto de medições de um mensurando considerado constante, se um resultado de medição não é compatível com os demais, é porque a medição não está correta (por exemplo, a sua incerteza de medição avaliada é pequena demais) ou porque a grandeza medida variou entre as medições (JCGM 200:2012, definição 2.47, NOTA 1).

Padrões de medição “reificam’ diferenças sociais e culturais abstratas em itens concretos (...) tais como controles experimentais, protocolos textuais ou treinamento de recursos humanos” (KU; KLAESSIG, 2015, p. 203). O êxito da cultura da padronização se reflete na constituição de um ambiente **heterogêneo exequível** onde, em vez da preocupação

²¹ “A cadeia ininterrupta de calibrações é chamada de **cadeia de rastreabilidade**” (JCGM 200, 1993, definição 6.10, Nota 2).

com resultados **verdadeiros**, medições ofereçam valores **negociáveis**, i.e., com espectro de ajustes que não comprometam a confiabilidade do resultado em cada **contexto de aplicação**:

O conhecimento sempre é produzido sob um aspecto de **negociação contínua** e não será produzido a menos que e até que os interesses dos vários atores sejam incluídos. Tal é o **contexto de aplicação**. A aplicação, neste sentido, não é o desenvolvimento de produtos desenvolvidos para a indústria (...) **os processos ou mercados que operam para determinar o conhecimento produzido são muito mais amplos** do que normalmente é implícito quando se fala sobre levar ideias para o mercado (...) é o resultado de um processo em que se pode dizer que fatores de oferta e demanda operam, mas as fontes de abastecimento são cada vez mais diversas, assim como as demandas de **formas diferenciadas de conhecimento especializado**. Tais processos ou mercados especificam o que queremos dizer sobre contexto da aplicação. Porque **eles incluem muito mais do que considerações comerciais** (GIBBONS *et al.*, 1994, p. 4. Grifos nossos).

De maneira resumida, a premissa é enfatizar a importância tanto da incerteza de medição quanto da melhor exatidão requerida em dado contexto, “de modo que, para todos os fins práticos associados com a medição, seu valor seja único” (JCGM 100, 2008, item 3.1.3). Conjuguar **finalidade** e **aplicação** não significa tomá-los como sinônimo, mas componentes da confiabilidade. Para que cada sistema de medição fale pela confiabilidade do resultado, a estrutura interinstitucional da metrologia estará disseminando e encadeando resultados de calibrações realizadas em diferentes locais, mesmo quando os resultados de dois procedimentos de medição distintos não são diretamente comparados. Quando a referência estiver em questão, recorre-se à cadeia de rastreabilidade metrológica para responder o quão estável o sistema é (ou precisa ser) naquele dado contexto.

3.5 A confiabilidade desarmonizada

Do ponto de vista metrológico, a robustez epistêmica de um resultado de medição se baseia na eficiência com que produz e dissemina informações sobre um mensurando. Um sistema de medição é projetado para evitar interferências das mais diversas ordens e aplicar correções e ajustes apropriados ao resultado de medição. A padronização das grandezas incorpora as fontes de incerteza como parâmetros, viabilizando a comparabilidade e a compatibilidade entre resultados de medição em diferentes condições.

Tendo em vista que medidas são executadas em diversos ramos científicos, o uso de conceitos básicos e gerais concorre para o alcance interdisciplinar da prática metrológica²². Logo, a desarmonia terminológica foge aos propósitos da metrologia, mas também de outras organizações interessadas, como a OIML ou a ISO. A busca pela consistência entre os manuais elaborados pelos JCGMs implica revisões periódicas a cada edição. Exemplificando, o GUM, de 1993, e seus suplementos (GUM-S1 de 2008 e GUM-S2 de 2011), precisam de articulação com o VIM-3, publicado em 2008 e revisado em 2012 (BICH *et al.*, 2012, p. 704). A página online do JCGM-WG1 (responsável pelo GUM) informa que o Suplemento 3 está em fase de preparação. Segundo o último informe do comitê, disponibilizado em novembro de 2015²³, ainda não há previsão de publicação.

A **harmonização** notacional e terminológica obedece a operações de **caracterização e sistematização**, próprias à cultura da padronização. O objetivo é estabelecer uma lógica para as definições metrológicas, de maneira que cada conceito seja **individualmente necessário e conjuntamente suficiente**. Nesse sentido, os termos e definições do vocabulário técnico são dispositivos de produção de conhecimento (MARI, 2015b, R5). Consequentemente, a necessidade ou dispensabilidade de um termo **implica** robustez ou fragilidade da harmonização terminológica, consideradas tanto as regras para fixar sua definição quanto a finalidade de sua oferta.

Os JCGMs adotam uma série de princípios metodológicos na composição semântica dos termos dos guias com o intuito de relacionar *entes*, *termos* e *conceitos*. Estabelecer um sistema conceitual estruturado reflete o escopo dos objetivos da metrologia em tal ordem que mudanças terminológicas pressupõem alterações conceituais profundas na acepção de conhecimento presente na cultura metrológica. Primeiro, porque mudanças no léxico podem desestabilizar a comunicação e desrespeitar o critério do **consenso**²⁴ entre as partes envolvidas na elaboração do manual:

É um acordo geral, caracterizado pela **ausência de oposição fundamentada** a aspectos significativos para qualquer parte importante dos interesses envolvidos, através de um processo que busca levar em conta as posições de todas as partes interessadas e a **conciliação das opiniões conflitantes**. Esse processo tem a finalidade atender aos interesses e às necessidades da coletividade, em seu próprio benefício. **Não é uma votação, mas um compromisso de interesse mútuo, não**

²² Prefácio à segunda edição do VIM. (JCGM 200, 1993).

²³ Disponível no sítio online do BIPM: < http://www.bipm.org/utis/en/pdf/news_jcgm-wg1.pdf>. Acesso em 17 jun. 2017.

²⁴ Mesmo a adoção do termo **consenso** é disciplinada por uma Norma Técnica, o Guia ISO/IEC 2:2004 – Standardization and Related Activities. A norma foi revisada em 2016.

devendo, portanto, ser confundido com unanimidade (ABNT; SEBRAE, 2012, p. 53. Grifos nossos).

Segundo, porque as definições não devem se contradizer ou mostrar incoerência no uso, mantendo a **consistência interna e externa** dos conceitos, respectivamente. Terceiro, em razão da especificidade dos conceitos metrológicos, seus significados estão definidos no próprio léxico. Quarto, pela pressuposição de que as definições não assumem, tanto quanto possível, uma posição filosófica determinada (JCGM Charter, 2009, item 7.2.1; MARI, 2015b, p. R4).

As estratégias para a formulação das definições são baseadas em **lógicas de mútua referenciação**²⁵: com o fito de evitar a interferência de referências externas aos termos do manual, termos mais específicos definem conceitos mais genéricos (*bottom-up*) e estes são considerados **primitivos** (*top-down*) a fim de conjugarem definições subsidiárias específicas (MARI, 2015b, R6-7). De acordo com essa série de técnicas, a elaboração do manual segue uma estrutura intuitiva em que conceitos são delimitados por suas características, apresentadas em sequência ordinal.

De acordo com as **Regras de Terminologia** da **Introdução** do VIM “é possível substituir, em qualquer definição, um termo que se refere a um conceito definido em outra parte do VIM pela definição correspondente àquele termo, sem gerar contradição ou circularidade” (JCGM 200, 2012, Regras de Terminologia). Assim como a definição da unidade de medida no SI ocupa o topo da hierarquia do sistema metrológico, os conceitos primitivos são a referência para definições específicas, evitando a circularidade.

O estudo da estrutura dos manuais oficiais esboça a consonância entre os conceitos de **rastreabilidade metrológica** e **confiabilidade** de maneira sutil, interseccionados pela noção de **comparabilidade metrológica**. O conceito primitivo de **medição** aduz rastreabilidade e comparabilidade como elementos de caracterização e sistematização do **resultado de medição**, cujo parâmetro quantitativo é a incerteza de medição. Somente em virtude de menções explícitas no GUM, **confiabilidade** se converte de valor tácito, presente na cultura metrológica, para propriedade qualitativa do resultado de medição.

No sentido estrito das regras terminológicas do JCGM, **confiabilidade** seria uma propriedade subordinada ao conceito primitivo de **medição**, haja vista **medição** configurar um termo primitivo no VIM. Ainda no escopo dos manuais, os termos **confiança** e

²⁵ Adotamos o uso do termo “lógica” para resumir a ideia de “regras de coerência e coesão”. Trataremos dessa escolha mais detalhadamente na Conclusão.

confiabilidade não se confundem: **intervalo** e **nível de confiança** são definições estatísticas de uso não recomendado para o cálculo de expressão de incerteza²⁶. E as versões em língua inglesa do VIM e do GUM adotam o uso de *coverage interval* e *level of confidence*.

Porém, o GUM oferece indícios para avaliar a pertinência da lacuna terminológica da confiabilidade. A referência ao termo no guia indica uma avaliação sobre a incerteza de um método ou resultado mediante informações disponíveis (JCGM 100, 2008, Anexo F, itens F.2.3 e F.2.5). Uma vez que a descrição completa do mensurando não é possível, o modelo de medição varia conforme a escolha dos parâmetros admitidos, impactando na interpretação do resultado. A expressão estatística da incerteza e o rigor metodológico ampliam ou limitam a esfera de conhecimento sobre o resultado da medição. A *expertise* do metrologista, em última análise, arbitrará a avaliação do resultado.

Declarar a confiabilidade como um **enunciado qualitativo** sobre a coerência dos elementos teóricos, conceituais e práticos da metrologia (TAL, 2013, p. 1168) concilia a integridade entre o operador e o sistema de medição. A confiabilidade do resultado informa o impacto de novas informações sobre as fontes de erro e incerteza na caracterização e sistematização do mensurando.

O resultado de medição não responde pela própria confiabilidade. O uso de uma balança analítica ou da balança de Kibble-Watt para realizar uma medição de massa reportam resultados com diferentes níveis de exatidão e incerteza, mas em formatos intercomunicáveis. A propriedade responsável pela localização do conjunto das informações sobre uma determinada medição é a rastreabilidade metrológica.

A cadeia de rastreabilidade metrológica está embutida na noção de confiabilidade (QUINN; KOVALEVSKY, 2005, pp. 791-2), coordenando, nivelando e estabilizando o sistema conceitual e social da metrologia. Uma definição estrita para confiabilidade só harmoniza a terminologia metrológica se não induzir o vocabulário à circularidade entre confiabilidade, comparabilidade e rastreabilidade metrológica. Sua necessidade ou dispensabilidade ainda requer um exame direcionado do tratamento da noção de confiabilidade na filosofia das medições.

²⁶ As definições estatísticas de **intervalo de confiança** e **nível de confiança** tratam da frequência com que um parâmetro é observado em medições repetidas. O VIM3 e o GUM, nas versões em língua portuguesa, recomendam o uso das definições **intervalo de abrangência** (definição 2.36) e **probabilidade de abrangência** (definição 2.37) por se basearem na identificação dos valores razoáveis para um mensurando a partir do nível de informação disponível.

3.6 Considerações finais

Laboratórios não documentados na cadeia de rastreabilidade metrológica podem gerar resultados de medição confiáveis? A resposta sobre a pertinência ou impertinência de uma definição estrita para confiabilidade repousa na questão precedente. Em princípio, esses laboratórios são “imperceptíveis no radar” (APÊNDICE C)²⁷.

Os INMs provêm rastreabilidade metrológica a diferentes redes de atores como elemento de confiabilidade às suas medições. A reputação da metrologia tem por valor a crença na “cultura material e moral da precisão” (WISE, 1995, p. 226) e na efetividade dos processos de quantificação (PORTER, 1995) para comunicar de maneira os limites interpostos pela rastreabilidade metrológica, a exatidão dada pela incerteza e a confiabilidade como **qualidade**. O trabalho metrológico é **performativo e descritivo**, como um **guia para a ação**.

Parte da confiabilidade é presumida do aperfeiçoamento dos procedimentos de medição ou mesmo das progressivas redefinições das unidades de medida através de uma lógica de construção gradual e criativa. Hasok Chang emprega a expressão “iteração epistêmica” para caracterizar “sucessivos estágios do conhecimento, cada um construído sobre o precedente (...) criados para aprimorar a realização de certos objetivos epistêmicos” (CHANG, 2007, pp. 44-8). O filósofo israelense Eran Tal acrescenta uma nova camada sobre a ideia de que a confiabilidade resulta do aperfeiçoamento dos procedimentos quando destaca o papel do **modelo de medição** (VIM-3, definição 2.48) na prática metrológica. Segundo argumenta, modelos são **iterativamente** modificados em face dos dados empíricos, com vistas a maximizar a estabilidade com que instrumentos concretos são representados.

O modelo relaciona matematicamente as grandezas envolvidas na medição, isto é, ele mapeia a complexidade do processo e depende do máximo de informação disponível para descrever o mensurando, suas possíveis interferências e, assim, prover dados suficientes para avaliar a exatidão da medição a partir dos parâmetros de incerteza e erro de medição. Como uma grandeza pode ser **realizada** de diversas maneiras (como no caso das diferentes balanças existentes em instituições de pesquisa, indústria ou comércio), o papel do modelo é **intermediar** (TAL, 2011, p. 1089-90) as condições ideais especificadas na definição da

²⁷ Ver transcrição da entrevista realizada no Laboratório de Metrologia de Massa (Lamas) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) (APÊNDICE III).

unidade de medida até o nível de **exatidão** requerido pelo contexto de aplicação (TAL, 2011, p. 1084-5).

A conceituação da grandeza é responsabilidade da área do conhecimento que investiga sua natureza; à metrologia cabe definir a unidade que melhor realiza a grandeza e padronizá-la, de modo a sistematizar a cadeia de referências adotadas para sua medição em quaisquer âmbitos. Uma das consequências do aperfeiçoamento das medições é a redefinição das unidades de medida (CREASE, 2011, pp. 208-9; QUINN, 2012, p. 341). Para todos os propósitos práticos, as definições dão conta das abordagens estatísticas necessárias para expressar o rigor com que os valores numéricos foram adequadamente produzidos e padronizados.

O aprimoramento do estudo dos instrumentos contribui para a expansão (ou mesmo substituição) de um modelo validado e em uso, da mesma forma que, sem o modelo, os dados aduzidos experimentalmente estão isolados entre si. A filósofa norte-americana Deborah G. Mayo comenta a ligação entre produção e interpretação dos dados da seguinte maneira:

O termo “confiável” é notoriamente ambíguo. Vou colocá-lo de lado, por agora, exceto para notar que não basta que o experimento seja bem sucedido no longo prazo, com alta probabilidade, assintoticamente, ou similares. Um experimento confiável tem de ser capaz de **controlar interpretações erradas** no caso em questão, ou pelo menos no tempo típico de uma investigação, esforço de pesquisa ou relatório. O objetivo não é a prevenção de erros, mas o **controle de erros**, que pode ser obtido deliberadamente capitalizando maneiras que sabemos poder estar errados (MAYO, 2014, p. 59. Grifos nossos).

O reconhecimento da confiabilidade da metrologia como atividade não pode prescindir da robustez da estrutura metrológica internacional. Ela é histórica e estratégica (ALDER, 2002), preservando a integridade de seu espaço de atuação, e não o pano de fundo de uma narrativa centrada na relação epistêmica entre uma proposição teórica e o conjunto de valores medidos que lhe servem de evidência (WOODWARD, 2000, p. S166).

Reconhecer a institucionalidade da metrologia não deprecia o mérito do empenho científico, mas reitera que compromissos epistêmicos não atuam isoladamente. Para cada preceito epistêmico enunciado haverá um correspondente social, ético, cultural etc., assim como a rastreabilidade metrológica não é uma propriedade mensurável, mas um fator de reconhecimento e validação do ator em uma rede complexa de atores.

Por fim, há uma ligação entre **confiabilidade** e **confiança** na produção e disseminação de resultados de medição. Os parâmetros para colocar em prática a definição de uma unidade de medida são divulgados e quaisquer laboratórios podem implantá-los, desde que atendam aos requisitos da *mise en pratique*. A referência passa a ser a existente no local de realização,

com um valor e uma incerteza para esse valor determinado. A questão residual é se o padrão realizado tem confiabilidade e se a disseminação daquele padrão será **reconhecida**.

A capilaridade da rede metrológica exige a documentação da medição. A estratégia é cruzar os limites disciplinares e institucionais a partir da prerrogativa de que valores **rastreáveis** e **comparáveis** (BOUMANS; HON; PETERSEN, 2014, p. 10) validam o entendimento e produzem conhecimento. Estar fora da cadeia de rastreabilidade metrológica pode contribuir para o desconhecimento de informações sobre uma grandeza ou mensurando que, conseqüentemente, colocará em xeque a qualidade do resultado de medição. A melhor estratégia para validar a dúvida é quantificá-la sob rígidos protocolos e convenções.

A **autoridade** para prover rastreabilidade metrológica e a **autorização** para fazê-lo em diferentes níveis configuram as duas faces da **metrologia**: a **confiança** na sua competência técnica é retroalimentada pela **confiabilidade** em seus resultados. O estatuto do conhecimento oriundo das medidas reflete a retórica da precisão. Nenhuma heterogeneidade é exequível sem uma linguagem comum para uma multiplicidade de contextos.

4 TECNOLOGIAS DA CONFIANÇA

A moral de medição pode ser vista em pelo menos quatro formas: nos **pressupostos** de uma medição; O que era justo assumir sobre a integridade de mensuradores anteriores no campo?; No **desempenho** de uma medição: sua conduta instanciou práticas confiáveis e apropriadas virtudes experimentais?; No **relatório** de uma medida: o detalhamento escrito (publicado) narra um resumo honesto e imparcial da performance? E; nas **ramificações** de uma medição; quais benefícios - se houver - pode a informação quantitativa gerada trazer para outros?

Grame Gooday, A Moral da Medição, 2004.

O filósofo e historiador da ciência inglês Simon Schaffer considera de vital importância a necessidade de posicionar a distribuição geográfica dos atores científicos. Segundo argumenta, a imagem de universalidade da ciência diz mais sobre suas estratégias de organização e comunicação, em contraponto à concepção tradicional de empreendimento epistemológico “cumulativo e inevitável”. Mapear as instituições científicas é compreender o tipo de **laço** que permite a replicação do “fato científico”, efetivando técnicas em condições de reprodutibilidade que aproximam características locais e universais da produção e disseminação do conhecimento (SCHAFFER, 1999, p. 415).

Ao longo da investigação, analisamos como a estabilidade da metrologia depende do encadeamento entre resultados de medição obtidos em localidades produtoras e disseminadoras distribuídas espacial e temporalmente. A partir dessa análise, concluímos que a confiabilidade do resultado de medição não decorre somente de credenciais científicas, mas também do papel que as instituições metrológicas exercem na representação de certos interesses em fóruns diversificados.

Contudo, ao definirmos que a estabilidade da metrologia necessita do tráfego documentado de informações numa ampla rede transversal, corremos o risco de limitá-la a uma construção **estritamente** social. A despeito da inescapável urgência na promoção de consensos, a produção do resultado de medição demanda alto nível de *expertise* e de recursos tecnológicos para retroalimentar os dispositivos institucionais aplicados na propagação sólida dessa rede. Em outras palavras, a confiança na autoridade da estrutura metrológica depende da confiabilidade dos resultados de medição e **vice versa**.

Este capítulo é intitulado “tecnologias da confiança” em referência ao trabalho do historiador da ciência norte-americano Theodore Porter. Em seu livro *Confiança nos Números: A Busca da Objetividade na Ciência e na Vida Pública* (1995), argumenta em favor

de uma noção de **objetividade** ligada à **impessoalidade** do conhecimento. No entanto, reconhece no esforço para excluir a **subjetividade** do fazer científico tanto um ideal regulativo epistêmico quanto um valor moral, e ambos presumem que a máxima isenção do especialista se baseia no conjunto de estratégias para uniformizar o conhecimento e não num tipo específico de comportamento, perícia ou protocolo (PORTER, 1995, p. ix). Nesse sentido, a objetividade resulta de um arranjo **disciplinar** (ou, defenderemos adiante, **transdisciplinar**), que não provoca ruptura entre valores, mas agrega-os segundo a necessidade de preservar a **autoridade** e a **credibilidade** da ciência em seus espaços de atuação.

Porter afirma que o estilo de raciocínio quantitativo não está livre de polêmica. Dessa forma, mesmo em virtude de seu rigor, o “poder da ciência depende, acima de tudo, de sua habilidade em organizar recursos humanos qualificados para se apoderar do mundo” (PORTER, 1995, p. 89). A noção de **poder** conjugada à de **autoridade** trazem à luz a finalidade de formalizar recursos propagadores: “tecnologias” que resguardem a legitimidade dos atores sem baseá-la na admissão exclusiva da confiança interpessoal.

Por isso, aplicamos a expressão a esta investigação. A expansão de uma estrutura metrológica internacional (ou de seu “apoderamento do mundo”) depende de resoluções tomadas no espírito de **equilibrar forças**, como é o caso do Acordo de Mútuo Reconhecimento firmado no âmbito da metrologia internacional, o CIPM-MRA, de 1999. O instrumento promove “um fundamento técnico sólido a outros acordos mais amplos relacionados ao comércio internacional, ao negócio e às atividades de regulamentação” (CIPM-MRA, 1999, p. 6).

O vigor com que **confiabilidade** e **confiança** são disseminados como termos intercambiáveis reflete a autoridade da estrutura metrológica internacional: ela regula o **disciplinamento** de recursos humanos, materiais e políticos para a produção e circulação das medidas como algo **confiável**, **objetivo** e **universal**. Metodologicamente, essas trocas de papel refletem como o filósofo e historiador francês Michel Foucault (1926-1984) compreendeu o exercício da noção de **poder**. Resultados de medição, à exemplo das relações de poder, “atravessam, caracterizam e constituem o corpo social e (...) não podem se dissociar, se estabelecer, nem funcionar sem uma produção, uma acumulação, uma circulação e um funcionamento do discurso” (FOUCAULT, 1979, p. 179)²⁸.

É de nosso interesse destacar as relações de poder atuando na metrologia, porém, sem

²⁸ Curso ministrado no Collège de France em 14 de janeiro de 1976.

reduzir a atividade metrológica à arbitrariedade de um construto social. Ao final, propomos que a **confiança** é um produto da aplicação de **tecnologias da confiança** como conjunto de **elementos de transversalidade**: procedimentos técnico-científicos, acordos e negociações, documentos e guias oficiais. A sustentação dessas tecnologias promove desde a autoridade de suas instituições à demarcação de seus espaços de atuação, correspondendo à **feição** de solidez da metrologia. Porém, isso não invalida o fato de que a metrologia não é uma **comunidade disciplinar**, mas uma **coletividade transdisciplinar**, conforme argumentaremos.

4.1 Acordos e negociações

A globalização dos mercados exerce pressão especialmente sobre economias em desenvolvimento ou transição. Como iniciativa para assegurar a qualidade dos produtos e serviços circulando em seus mercados, países ou blocos econômicos baseiam transações comerciais em requisitos ligados à segurança do trabalho, saúde e segurança do consumidor, justas relações de troca, preservação do meio ambiente, dentre outras exigências. A Organização Mundial do Comércio (World Trade Organization, WTO) recomenda a **harmonização** entre normas, regulamentos e procedimentos técnicos, no intuito de superar barreiras técnicas entre os países signatários de tratados internacionais de comércio (WTO, 1995, p. 118). Relatório da Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) destaca que padrões “são uma marca de confiança, e a confiança ajuda a reduzir os custos das transações [comerciais]” (SWANN, 2010, p. 5).

A estratégia adotada pelos países é a implantação e o fortalecimento de uma **infraestrutura da qualidade** que ofereça serviços ligados à **metrologia, regulamentação técnica/normalização, avaliação da conformidade e acreditação**²⁹. Cada uma dessas modalidades de **padronização** visa ao atendimento a requisitos técnicos ou à demonstração de competência técnica para validar a integridade dos produtos, serviços ou sistemas de

²⁹ Padronização de instrumentos, padrões e resultados de medição; adoção de normas técnicas internacionais; cumprimento de requisitos técnicos obrigatórios e avaliação externa da competência técnica de laboratórios e organismos de inspeção, respectivamente (SOUZA; GONÇALVES, 2013, p. 141).

gestão no âmbito do setor produtivo. Documentos oficiais e publicações acadêmicas tratam normas técnicas (*written standards*), regulamentos técnicos (*technical regulations*) ou padrões de medição (*measurement standards*) como elementos indutores de controvérsia:

Como uma ampla generalização, os economistas de desenvolvimento e agricultura estão em melhor posição para ver o lado ruim dos padrões. Eles podem ver as barreiras ao comércio criadas, principalmente, por países ricos que restringem as importações de países pobres, acidental ou propositalmente. Em contrapartida, os economistas industriais e os economistas da inovação estão mais bem posicionados para ver o lado bom dos padrões. Eles podem ver como esses padrões podem abrir oportunidades para as empresas em países pobres exportarem para os países mais ricos (SWANN, 2010, p. 42).

As vantagens econômicas da padronização são debatidas especialmente no que diz respeito à sua correlação entre financiamento público e o consequente aumento, por exemplo, no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). No caso da metrologia, argumenta-se que os efeitos diretos do investimento privado na aquisição de instrumentos de medição apresentam melhores resultados que o investimento público no orçamento dos INMs (POPOSKI; MAJCEN; TAYLOR, 2009, p. 362). Contrariamente, afirma-se que o método de cálculo se equivoca na escolha de variáveis, uma vez que a variação do PIB per capita de um país pode limitar a infraestrutura metrológica instalada e, conseqüentemente, haverá decréscimo na oferta de serviços metrológicos pelo respectivo INM (KLENOVSKY, 2009, p. 701).

O financiamento da pesquisa em metrologia depende também da soberania de um Estado na posse e guarda de padrões nacionais rastreáveis aos padrões internacionais. As relações são desiguais, uma vez que, conforme exposto no parágrafo anterior, países com recursos limitados para implantar uma infraestrutura da qualidade dependem de países com autonomia tecnológica e metrológica. A equivalência internacional entre padrões nacionais é uma das iniciativas divisadas no âmbito da Estrutura Metrológica Internacional para estimular os investimentos estatais em sistemas nacionais de metrologia. Acordos de cooperação internacional concorrem para o desenvolvimento sustentável dos países e reforçam a atuação da metrologia no provimento de uma bem documentada cadeia de rastreabilidade metrológica (BRANDI; SOUZA, 2009, p. 568). Um exemplo desse esforço é o CIPM-MRA.

Tratar de cada uma das atividades que integram essa infraestrutura seria por demais extenso, porém, é de especial importância pôr em relevo uma tensão sutil existente na interação entre esses atores: a avaliação de suas competências técnicas. Diferentes entes privados e organismos internacionais foram criados com o objetivo de preencher lacunas onde os INMs não atuam diretamente: a oferta de serviços laboratoriais de calibrações e ensaios ou de inspeção. Prestadores de serviço privados realizam a calibração de instrumentos e padrões

de medição de produtores e fornecedores que não possuem laboratórios metrológicos em sua própria estrutura organizacional. Laboratórios de ensaios testam, por exemplo, índices de toxicidade de produtos, material biológico ou alimentos, como é o caso de laboratórios de análises clínicas. Organismos de inspeção avaliam se uma empresa cumpre, em seus processos produtivos ou de gestão, requisitos gerais ou especificados pelas autoridades locais ou nacionais. Ao final, emitem certificados detalhando as competências técnicas dos laboratórios e seus resultados.

4.1.1 Acordos

A disseminação de uma referência não é homogênea, nem pressupõe os mesmos ritos ou finalidades. Cada unidade de medida é mensurada e padronizada de maneira própria à sua definição e natureza, além de ser caracterizada e sistematizada por diferentes níveis de exatidão e incerteza requeridos (BRANDI; SOUZA, 2010, p. 357). Os INMs empenham recursos para disseminar referências estáveis e confiáveis, subsidiando todas as atividades no espectro da cadeia da qualidade. A acreditação, por sua vez, baseia-se na avaliação externa das competências técnicas de um ente privado mediante a conformidade a normas técnicas internacionais. Organismos de acreditação reúnem equipes multidisciplinares qualificadas para verificar se a empresa solicitando acreditação implantou um sistema de gestão da qualidade, espécie de protocolo de conduta para a realização de suas práticas. A Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios (International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC)³⁰ reúne organismos de acreditação do mundo inteiro. Em 2000, foi assinado um acordo de mútuo reconhecimento, o ILAC MRA, de maneira a “promover a confiança e aceitação internacional de dados gerados por laboratórios acreditados ou organismos de inspeção” (ILAC, 2015, p. 2).

A institucionalização, de iniciativa próxima, mas não sinônima, à da metrologia, resulta de uma tensão entre escopos de autoridade. O convívio entre BIPM e ILAC é harmonioso porque, antes de se reconhecer o potencial benefício da integração entre suas atividades, foram estabelecidas fronteiras de atuação e avaliação.

³⁰ Informações disponíveis no sítio online do ILAC: <<http://ilac.org/about-ilac>>. Último acesso em 29 de julho de 2017.

4.1.1.1 CIPM-MRA

O documento Reconhecimento Mútuo dos Padrões Nacionais de Medição e de Certificados de Calibração e Medição emitido por Institutos Nacionais de Metrologia (CIPM-MRA), assinado em 14 de outubro de 1999, resulta de décadas de colaboração entre INMs. De acordo com o físico e metrologista inglês Terry Quinn, diretor emérito do BIPM, alguns institutos europeus começaram a se reunir informalmente, desde 1973, para estreitar conversas no sentido de possíveis colaborações. Em segundo plano, os diretores temiam a perda da autonomia de seus institutos com a criação de um órgão central para a metrologia na Europa.

Segundo Quinn, “a melhor defesa contra tal eventualidade seria criar uma cooperação estreita e eficiente entre os institutos nacionais de metrologia existentes” (QUINN, 2012, p. 332). As reuniões informais se tornaram cooperações regionais formalmente articuladas. Em 1988, os INMs assinaram um **Memorando de Entendimento** criando a Colaboração Europeia em Padrões de Medição (European Collaboration in Measurement Standards, EUROMET). A iniciativa foi reforçada em 2007 com a instituição da Associação Europeia de Institutos Nacionais de Metrologia (European Association of National Metrology Institutes, EURAMET), criando uma entidade legalmente reconhecida com a finalidade de coordenar a metrologia no bloco europeu.

Mais de uma década antes do EUROMET, diante das necessidades de consolidação de um sistema de metrologia científica e industrial no continente americano, fora criado o Sistema Interamericano de Metrologia e Qualidade (Sistema Inter-americano de Metrología y Calidad, SIMYC), hoje Sistema Interamericano de Metrologia (SIM), que reúne cinco blocos regionais distribuídos pelo continente³¹. Atualmente há seis Organizações Regionais de Metrologia (Regional Metrology Organization, RMO) em operação no mundo³².

O esforço transnacional de cooperação foi essencial para que comparações internacionais contribuíssem para a coordenação entre os padrões nacionais e, conseqüentemente, provesses rastreabilidade metrológica aos seus resultados de medição. O

³¹ Os blocos englobam países da América do Norte (NORIMET), Caribe (CARIMET), América Central (CAMET), Países Andinos (ANDIMET) e demais estados da América do Sul (SURAMET). Informações obtidas no sítio online do SIM: <<http://www.sim-metrologia.org.br>>. Último acesso em 29 de julho de 2017.

³² Informação disponível no sítio online do BIPM: <<http://www.bipm.org/en/worldwide-metrology/regional/>>. Último Acesso em 29 de julho de 2017.

reconhecimento das competências técnicas dos INMs foi alavancado a uma nova esfera quando, em 1995, a 20ª CGPM recomendou a ampliação da colaboração entre INMs, RMOs e o BIPM. A iniciativa da CGPM foi, em grande parte, resposta a uma nova pressão exercida sobre os institutos de metrologia: a avaliação externa por organismos de acreditação e a demonstração de conformidade a normas técnicas de gestão laboratorial. Caso o BIPM não assumisse a responsabilidade de promover a equivalência entre os padrões nacionais, reconhecia-se o risco de que organismos de acreditação o fizessem, ainda que, para a organização central da metrologia mundial, tais agências não tivessem competência para essa avaliação (QUINN, 2012, pp. 333-4).

O receio de que o avanço de outros organismos diminuísse o escopo de atuação do BIPM e a autonomia dos INMs engajou as partes interessadas em intensa atividade. O resultado foi a elaboração de planos estratégicos de médio prazo para a metrologia internacional e a criação do Comitê Conjunto de Organizações Regionais de Metrologia e o BIPM (Joint Committee of the RMOs and the BIPM, JCRB). O Comitê foi responsável pelo delineamento das ações de demonstração de competência internacional e o desenvolvimento de instrumentos para esse reconhecimento, pactuados no texto do CIPM-MRA.

Os INMs signatários do Acordo podem declarar competência técnica na padronização de certas grandezas, desde que se comprometam a participar de comparações chave internacionais (*key comparisons*), comparações suplementares e do estabelecimento de sistemas de qualidade em seus laboratórios. O objetivo é resguardar a atuação dos INMs e facilitar a cooperação internacional na área da metrologia sem, em princípio, a necessidade de avaliação por terceira parte. Os resultados das medições são informados por meio de Certificados de Calibração e Medição (Calibration and Measurement Certificates, CMCs) e reunidos no Banco de Dados de Comparações Chave (Key Comparisons Database, KCBD).

As comparações chave são de dois tipos:

- As comparações chave do CIPM, de âmbito internacional, são realizadas por aqueles que possuem o mais alto nível de habilidades na medição envolvida e estão restritos aos laboratórios dos Estados Membros. As comparações chave CIPM fornecem “o valor de referência” para a grandeza chave escolhida;
- As comparações chave de RMO, de âmbito regional, são organizadas na escala de uma região (embora possam incluir participantes adicionais de outras regiões) e estão abertas aos laboratórios dos Associados e dos Estados Membros. Essas comparações chave fornecem informações complementares sem alterar o valor de referência.³³

³³ Disponível no sítio on-line do BIPM: <<http://www.bipm.org/en/cipm-mra/>>. Acesso em 05 ago. 2017.

O atendimento a esses quesitos, até o presente, é condição *sine qua non* para “demonstrar às instituições participantes o grau em que cada um pode ter confiança nos resultados relatados por outros, e assim promover a reciprocidade as partes” (CIPM-MRA, 1999, p. 9). O CIPM-MRA informa aos organismos de regulação, comércio e à comunidade dos entes de acreditação que, mais importante que a rastreabilidade aos padrões nacionais disseminados por um INM, é a rastreabilidade às definições do SI. Em termos práticos, o Acordo reitera a esfera de competência da EMI.

A estabilidade da rede depende da confiabilidade de um sistema estável em longo prazo, cuja manutenção não dependa da irrealizável comparação entre cada um dos padrões existentes e documentados (WALLARD, 2007, p. 3). Para tanto, os instrumentos afeitos à atividade metrológica são divisados, inclusive, para a autodeclaração de competência técnica, desde que o INM se submeta a **revisão por pares** ou à acreditação, quando for o caso de pequenos institutos ainda em formação. A adoção de sistema de gestão laboratorial, como é o caso da norma ISO/IEC 17025 (ou Guia ISO 34, para laboratórios de medições químicas), articulam a ideia de controle de ambiente, pessoal e procedimentos ao contínuo desempenho técnico dos laboratórios.

4.1.1.2 ILAC MRA

A recusa a dados de ensaios de laboratório e resultados de certificação através de fronteiras nacionais é identificada como um obstáculo significativo ao comércio (ILAC-13, 1996). Tanto nos processos de exportação quanto de importação, os custos de testagem e avaliação da conformidade de produtos ou serviços podem ser duplicados quando a infraestrutura da qualidade de uma economia é precária (QUINN; KOVALEVSKY, 2004, p. 792). As vantagens econômicas da acreditação são equivalentes às metrológicas: a diferença são os padrões utilizados para validar a competência técnica de certificados emitidos por laboratórios ou organismos de inspeção.

A **acreditação** é um delicado processo de reconhecimento de competências por meio de avaliadores externos. O procedimento atesta que há um sistema de gestão da qualidade implantado no laboratório, com um protocolo de controle de conduta da equipe e rastreabilidade metrológica aos padrões de medição nacionais. Geralmente, a acreditação se baseia na verificação do cumprimento de requisitos dispostos em normas técnicas

internacionais de gestão da qualidade nos laboratórios avaliados. Em casos específicos, os avaliadores podem solicitar que o laboratório realize um procedimento técnico para demonstrar sua competência, chamado de **ensaio de proficiência**.

As principais entidades de acreditação reúnem-se no Fórum Internacional de Acreditação (International Accreditation Forum, IAF) e na Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios (International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC). Suas atividades visam à aceitação internacional dos resultados apresentados por organismos de acreditação e laboratórios acreditados de países diferentes. A assinatura do ILAC-MRA, em 2000, é apresentada da seguinte maneira:

O ILAC MRA é um acordo de reconhecimento mútuo internacional e multilateral para os órgãos de credenciamento. Os organismos de acreditação participantes concordam em promover a aceitação da equivalência de relatórios de calibração, ensaio e inspeção produzidos por instalações credenciadas. Cada organismo de acreditação passa por avaliação por pares de acordo com as regras e procedimentos da ILAC antes de se tornar um signatário do Arranjo da ILAC (ILAC, 2013, p. 2).

É importante ressaltar que um organismo acreditador não é, necessariamente, um ente público, portanto, o ILAC MRA não é uma instância intergovernamental de decisão nos moldes do BIPM. Entretanto, ao delegar autorização para Organismos Regionais de Cooperação Reconhecida (Recognised Region Cooperation Bodies, RRCB) avaliarem seus integrantes, os organismos estatais signatários aceitam os mesmos termos acordados com os entes privados.

Organismos acreditadores reúnem atores na formação de outra rede de equivalência, baseada em valores como **equanimidade e inclusividade**. A capilaridade dessa rede se estende desde um microcosmo formado por pequenos laboratórios de ensaios de produtos às grandes prestadoras de serviço para a indústria. O potencial econômico da confiança **como produto** é tal que mesmo aquelas empresas com infraestrutura metrológica própria, como uma fabricante de balanças, podem requerer **acreditação** como forma de agregar confiança à sua marca.

4.1.2 Negociações

A 21ª CGPM de 1999, por exemplo, criou a figura dos **Estados Associados** ou **Economias** de maneira a não gerar uma barreira técnica ao comércio para aqueles países que

não dispõem de recursos para tornarem-se signatários da Convenção do Metro e, conseqüentemente, não acessarem os benefícios do CIPM-MRA (21ª CGPM, 1999, p. 327-8). Um ente privado não acreditado pode oferecer serviços de calibrações e ensaios, porém, seus resultados não terão a chancela da confiabilidade para trafegar além da localidade do resultado produzido e disseminado. Isso afeta diretamente a confiança do prestador de serviço. Confiabilidade e confiança são valores inter-relacionados ou, valendo-nos de uma expressão coloquial, “duas faces da mesma moeda”.

O Comitê Conjunto de Coordenação de Assistência a Países em Desenvolvimento, Metrologia, Acreditação e Normalização (JCDCMAS) foi criado por nove organizações internacionais de padronização interessadas na implantação de infraestrutura robusta em metrologia, normalização, avaliação de conformidade e acreditação (GUJADHUR, 2005, p. 2). O BIPM referendou sua participação no Comitê durante a 22ª CGPM de 2003 com a seguinte ressalva:

[A 22ª Conferência Geral] Saúda e apoia a participação da Convenção do Metro na obra do JCDCMAS com o mandato específico para ajudar na implementação técnica coerente de metrologia, acreditação e padronização nos países em desenvolvimento e economias de tal maneira a evitar qualquer conflito com as políticas independentes e as atividades dos institutos nacionais de metrologia dos Estados-Membros da Convenção do Metro (Resolução 3 da 22ª CGPM de 2003).

Acordos de mútuo reconhecimento não formam comunidades homogêneas, mas coletividades organizadas. Acordos credenciam atores a uma rede de equivalência. Sem CMCs ou certificados de acreditação, um ente somente poderá responder pela sua competência técnica mediante contestação e, conseqüentemente, avaliação externa. A confiabilidade dos resultados, isoladamente, não fala pelo laboratório: como pessoa jurídica, ele deve se comunicar no mesmo espaço de seus parceiros.

Tanto a análise do CIPM-MRA quanto do papel do ILAC e de instituições congêneres no incentivo à **padronização** tiveram por finalidade retratar como certas tensões contribuem para que as **tecnologias da confiança** não se reduzam ao domínio exclusivo dos “fatos, poder ou discurso” (LATOURE, 1994, p. 12). A elaboração de tecnologias da confiança não é tarefa privativa da metrologia, porque a cultura da padronização não se resume à cultura metrológica.

4.2 Tecnologias da confiança e seus elementos de transversalidade

4.2.1 Poder e Discurso

Projetar tecnologias exige orientações **descritivas** e **prescritivas**. Essa diferença é sutil, e pode ser exemplificada na diferença entre **especificações técnicas** e **regras de operação** constantes do manual de instruções de um dispositivo. O que estas prescrevem com o máximo detalhamento possível, aquelas caracterizam operacionalmente como curso de ação. O filósofo alemão Alfred Nordmann, nesse sentido, afirma que:

As tecnologias fornecem esta garantia [assegurar simultaneamente a unidade do mundo objetivo e a intersubjetividade do contexto da vida], juntamente com regras e regulamentos, códigos de construção e normas industriais, protocolos e rotinas e, em geral, a necessidade de se adaptar a modalidades técnicas que fazem o nosso mundo funcionar: um mundo objetivo tecnologicamente unificado exige conformidade com ele. É claro que uma grande quantidade de conhecimento científico e técnico entrou nesta construção física do nosso contexto intersubjetivo da vida, e alguns desses conhecimentos podem ter sido gerados principalmente para dar sentido a um mundo de aparências, de outra forma incongruente. Mas (...) a filosofia começa com o envolvimento humano no mundo e, portanto, com uma coordenação prática entre os seres humanos e seus ambientes – coordenações que na maioria das vezes não são precedidas por representações teóricas precisas. Desta forma, os filósofos da tecnologia procuram compreender como a experiência humana é condicionada pela tecnologia e pelo mundo da vida tecnológico ou contexto da vida (NORDMANN, 2012, p. 40).

Argumentamos que a ampliação do conceito de **tecnologias da confiança** permite discernir os variados elementos concorrentes para a formação da ideia de **confiança**. Porter sugere que tecnologias carregam uma dimensão ética e política essencial à defesa da **objetividade** do conhecimento:

O que ajuda na compreensão de eventos com frequência também contribuirá para sua manipulação confiável. Ainda assim, é hora de abandonar a identificação do conhecimento científico com rigorosa teoria formalizada. (...) Quantificação projeta poder sobre amplos territórios e uma diversidade de objetos (...) uma ética da exatidão ajudou a formar as identidades dos pesquisadores (...) [entretanto] em variados graus, [algumas profissões] abandonaram sua confiança aberta no julgamento de especialistas em nome de padrões públicos e regras objetivas (PORTER, 1995, p. 89).

O escopo dessa objetividade resulta da integração dos especialistas a uma cultura disciplinar (PORTER, 1995, p. 214). Tecnologias da confiança, de início, incorporam formas específicas de poder e autoridade. Ressoando o diálogo explícito com Foucault, Porter afirma que “números criam e podem ser comparados a normas, que estão entre as formas mais gentis,

porém invasivas de poder nas democracias modernas” (PORTER, 1995, p. 77). Nesse espírito, o poder visa à determinação da ação dos agentes por meio de regras impessoais, atribuindo sua responsabilidade ética à afirmação de correção moral da comunidade disciplinar. Ressalte-se que podemos entender “disciplinar” tanto no sentido de “área científica” quanto de “controle”. É por esse motivo que instrumentos como os MRAs “não amarra[m] as forças para reduzi-las; procura[m] ligá-las para multiplicá-las e utilizá-las num todo” (FOUCAULT, 2001, p. 143).

Depreende-se que o CIPM-MRA e o ILAC MRA, por exemplo, são instâncias delimitadoras de espaços de atuação. Elas ramificam ações globais e regionais, não se definindo estritamente pela noção de hierarquia, mas da confiança interinstitucional. Em diálogo próximo à imagem de “apoderamento do mundo” de Porter, Foucault substancia que o poder se dissemina em:

Práticas reais e efetivas (...) onde se implanta e produz efeitos reais (...) como algo que só funciona em cadeia (...). Nas suas malhas os indivíduos não só circulam, mas estão sempre em posição de exercer este poder e de sofrer sua ação; nunca são o alvo inerte ou consentido do poder, são sempre centros de transmissão (FOUCAULT, 1979, p. 182).

Ressoando essa ideia, Porter afirma que “o problema da confiança nunca pode ser eliminado nem totalmente apartado de hierarquias e instituições” (PORTER, 1995, p. 86). Consequentemente, a confiança é um reflexo da autoridade, mas somente porque as instituições operam elementos à sua disposição para caracterizar e disciplinar processos e entendimentos, hábitos e costumes. A criação dos MRAs ilustra a afirmação de Porter sobre a impossibilidade de acordo sem juízo ou negociação e, para tal, a aplicação de ferramentas epistêmicas como a quantificação nivela o diálogo entre os atores.

A retórica da precisão justapõe **confiabilidade** e **objetividade** para justificar o ideal de ciência isenta de intervenções subjetivas ou sociopolíticas, ainda que a ordem política e social costumeiramente substitua **evidência** por **valor** (DOUGLAS, 2009, p. 87). O poder das medidas estaria no registro do que é válido sem arbitrariedades, ainda que seus manuais declarem textualmente o **arbítrio** e a **convenção** como etapas de decisão sobre a ordenação dos dados obtidos experimentalmente (QUINN; KOVALEVSKY, 2004).

Os fatos, relações de poder e discursos que constituem a metrologia se coletivizam para estabilizar suas redes sem, necessariamente, separarem processos **verticais** e **hierárquicos** (obtenção de rastreabilidade metrológica a partir da modelagem das definições do SI) de ações transversais e **heterárquicas** (como a relação entre INMs e outros organismos integrantes da infraestrutura da qualidade de um país) (GIBBONS *et al.*, 1994, p. 3). Contudo,

estabelecer **consenso** não significa atuar estritamente segundo as regras de quantificação e padronização, ainda que o termo seja harmonizado em norma técnica. A definição do peso de fala entre as partes é um dos primeiros tópicos em debate.

A noção de objetividade proposta em Porter inclui, dentre outras particularidades, a tensão entre o juízo treinado do especialista e a autoridade de quem produz e dissemina conhecimento (PORTER, 1995, p. 218). A dificuldade não está na rotina dos laboratórios da confiabilidade, mas nas rotas pelas quais resultados de medição trafegam, como forma de conhecimento sancionado por uma comunidade. O esforço pela **confiança**, contudo, não transita do epistêmico para o não-epistêmico, nem pela via inversa. Laboratórios da confiabilidade e tecnologias da confiança são interdependentes.

4.2.2 Confiança e objetividade

Um problema tradicional da filosofia ganha contornos em face da ideia de objetividade como resultado de uma cultura disciplinar: o ideal de objetividade mecanicista, de isenção de subjetividade na produção do conhecimento, é suficiente para substituir o juízo treinado de um especialista? A *expertise* está atrelada à confiança no ator e incorpora valores fundamentais de uma comunidade de especialistas (PORTER, 1995, p. 215).

Tratar da objetividade do conhecimento deve refletir, nas palavras de Heather Douglas, “seu importante papel na linguagem, a complexidade dos nossos usos do termo e a responsabilidade moral dos cientistas” (DOUGLAS, 2009, p. 115). Utilizamos o termo “objetividade” para nos referirmos a uma miríade de usos (conhecimento objetivo, métodos objetivos de investigação científica, pessoas objetivas, critérios objetivos para a tomada de decisões etc.) relacionados à noção de “confiança”. O efeito dessa ligação é de tal ordem que compartilhamos dessa confiança como uma obrigação comum:

A confiança não é somente pessoal; o indivíduo também pensa que outros deveriam confiar na entidade objetiva (...) Comum a todos os usos de objetividade é o senso de forte confiança e aval persuasivo (...) É essa **comunalidade** que subjaz ao uso de objetividade em suas várias facetas (...) A atribuição de objetividade é um atalho para dizer aos outros que uma afirmação provavelmente é digna de confiança dados os processos que a produziram (DOUGLAS, 2009, p. 116-7. Grifos nossos).

Uma vez identificados os vários usos da noção de objetividade, argumenta, podemos identificar quais razões são suficientemente confiáveis (*reliable*) para que essa noção de

confiança seja comum. Objetividade não representa uma propriedade ou garantia, mas **processos** não excludentes de “organização e métodos”, para usar de uma metáfora da administração clássica, em que diferentes meios são implementados na produção ou aperfeiçoamento de um resultado. Isso pressupõe interações humanas com o mundo, processos cognitivos individuais e processos sociais³⁴.

A objetividade é um conceito prático sobre a diversidade de critérios empregados na atribuição de **confiança**. Ela não pressupõe a exclusão da subjetividade, mas uma função para ela. O filósofo canadense Alan Megill, na introdução do livro *Repensando a Objetividade*, publicado em 1994, afirma que a tradição filosófica consagrou a subjetividade como contraparte da objetividade em quatro sentidos diferentes, sendo que, em duas delas, a “despersonalização” da ciência ocupa um lugar central, ainda que dependa da adequação a um estilo específico de subjetividade (MEGILL, 1994, p. 14).

O comentário de Megill ressoa os historiadores da ciência norte-americanos Lorraine Daston e Peter Galison, cuja dedicação ao tema culmina no clássico livro *Objetividade*, publicado em 2010. A obra narra, a partir do estudo da produção de imagens na ciência, a historicidade do conceito de objetividade a partir do ideal científico em vigor em determinada época. Consequentemente, um modelo de “subjetividade” emergiria desses contextos como uma relação ética e epistêmica de “ciência” e “cientista”.

Recapitulando a discussão sobre a transição entre “erro” e “incerteza”, ela expressa uma mudança paradigmática nas bases metafísicas da metrologia. A noção mais tradicional para “medição” definia-a como uma interação imediata entre o sistema de medição e a grandeza, cujo resultado era o valor real, pré-existente à medição. Nesse sentido, o resultado da medição seria, *per se*, uma **entidade empírica** (MARI, 2003, p. 25). Reconhece-se hoje que medições reportam informações decorrentes da interação entre o sistema de medição e a grandeza que se pretende medir, e que esta precisa ser definida com máximo detalhamento, enfatizando a necessidade da *expertise* do metrologista na definição do mensurando, na operação do sistema de medição e na etapa de avaliação da qualidade do resultado (MARI, 2003, p. 25).

Medidas decorrem de operações reconhecidas como adequadas para a deliberada finalidade de obter informações sobre a propriedade de um objeto. A modelagem do

³⁴ A descrição de Heather Douglas reúne sete processos sob três categorias para tratar do tema. A descrição é extensa e foge ao escopo do trabalho, embora ofereça oportunidades de aprofundamento em pesquisas futuras (DOUGLAS, 2009, p. 117ss).

procedimento de medição visa à inclusão de todas as entidades que aparecem na expressão do resultado de medição, tais como a grandeza que se pretende medir no objeto, condições ambientais, o padrão adotado etc. A informação só tem sentido no contexto do modelo de medição, porque ele agrega o “nível informacional das proposições ao nível ontológico do mundo” (MARI, 2014, pp. 79-80). Ao fim e ao cabo, a **interpretação** do resultado é uma posição dependente das informações de entrada e de saída do modelo em atuação com o sistema de medição (JGCM 100, 2008, Anexo D.; TAL, 2012).

A *expertise* do metrologista é fundamental no detalhamento do modelo de medição. Espera-se que ele – o metrologista – incorpore uma **personae científica imparcial e neutra, disciplinada e controlada** por normas técnicas de gestão da qualidade no laboratório. Nessas condições, a interferência de componentes **subjetivos** é idealmente minimizada – ou padronizada, em termos práticos. Os componentes **objetivos** da produção e disseminação do resultado de medição pressupõem a **padronização** do espaço de decisão do metrologista.

Lorraine Daston e Peter Galison afirmam que tradições intelectuais ao longo da história associaram objetividade a distanciamento emocional ou mecanização de procedimentos não por uma total rejeição da subjetividade do filósofo natural ou cientista, mas pela rejeição de algumas **características** consideradas indesejáveis em determinado contexto de técnicas. Os autores descrevem com acuidade a necessidade de se entender a objetividade como um **processo de organização e método**:

Podemos também verificar quais formas de quantificação se cruzam com objetividade e quais não: modelos matemáticos são tão idealizáveis quanto imagens de um atlas do século XVIII; medições de precisão com frequência invocam juízo treinado para separar sinal de ruído. Somente quando a quantificação é invocada para suprimir algum aspecto do sujeito, por exemplo, seus julgamentos por meio de inferências estatísticas – o recurso aos números se torna um chamado à objetividade. (...) Há uma coerência para o conceito de objetividade, afinal, mas é uma coerência que só pode ser detectada no contexto de sua história. Similarmente, não há uma ligação direta entre procedimentos mecânicos e o escape da perspectiva, exceto que cada um busca neutralizar um aspecto da subjetividade, embora não o mesmo. (...) [a] objetividade científica nunca se comprometeu a apagar o sujeito (...) Na verdade (...) cultivou certos aspectos do sujeito às expensas de outros (...) A objetividade é ao mesmo tempo a inimiga do arbitrário e a mais alta expressão do *liberum voluntatis arbitrium*, a livre escolha da vontade (DASTON; GALISON, 2010, p. 381).

O ideal de uma objetividade quantificadora, mecanicista e impessoal é forte na cultura da padronização. Porém, outros elementos respondem pela **heterogeneidade exequível** da metrologia. Embora a estabilidade de uma rede de padrões necessite de instituições consolidadas, suas práticas e interações não partem de uma estrutura solidamente disciplinar, mas **transdisciplinar**. O enevoado limite entre estruturas disciplinares se atenua na “constituição de uma agenda intelectual, no modo como recursos são empregados e nas

maneiras pelas quais a pesquisa é organizada, os resultados comunicados e os desdobramentos avaliados” (GIBBONS *et al.*, 1994, p. 27).

Heather Douglas afirma que a ideia de confiança no conhecimento é o aspecto central da noção de objetividade e, como tal, varia conforme as diferentes aplicações do conceito. Seu livro *Ciência, Políticas e o Ideal de Liberdade de Valores*, publicado em 2009, discute com Porter e outros autores sobre quais entendimentos para objetividade são de interesse para a ciência. O principal argumento de Douglas diz respeito ao caráter **processual** da objetividade: uma proposição científica é avaliada pelo esforço empenhado na consecução de um objetivo. Logo, a confiança não se depreende de uma garantia total de sucesso ou acesso epistemológico ou metafísico à verdade, mas na prerrogativa de reunir elementos humanos, cognitivos e sociais em graus (DOUGLAS, 2009, p. 129). Em outros termos, objetividade e confiança dependem tanto do objeto quanto dos processos que o sujeito emprega, sendo, portanto, uma questão de **gradações**, e não algo **determinado**.

A propagação da confiança redimensiona práticas e valores atinentes à transversalidade do resultado de medição, assim como a objetividade das medidas ocorre no entrelaçamento entre práticas e agendas, entre dinâmicas de confiança. O que acontece nos laboratórios da confiabilidade não deve permanecer nos laboratórios da confiabilidade. A **reprodutibilidade** e a **uniformidade** são consequências do alto investimento na estabilidade em longo prazo de padrões de medição mais **exatos** e **precisos**, com definições baseadas em constantes fundamentais e parâmetros de comparabilidade mais confiáveis. Definições baseadas em elementos instáveis, como o IPK, reforçam a arbitrariedade e inconstância em um sistema que se pretende **universal** (GLAVIEUX, 2015, pp. 64-6). Por isso a tarefa de “levar medições (...) a outra casa decimal”³⁵ se aplica à metrologia especialmente para dar aspecto a outros valores, como **controle, qualidade, transversalidade, comunicabilidade e consenso** (WISE, 1995, pp. 3-12).

4.3 Considerações finais

³⁵ A referência à sentença do físico escocês James Clerk Maxwell tem grande alcance entre os metrologistas, embora, pessoalmente, Maxwell considerasse que reduzir a ciência ao seu caráter mais operacional não seria suficiente para fomentar o seu progresso (MAXWELL, 1871).

Argumentamos em favor da hipótese de que confiabilidade e confiança não são termos assimétricos, mas, no âmbito geral, aplicados ambigualmente. A relação entre confiabilidade e rastreabilidade metrológica é interdependente àquela entre confiança e cadeia de rastreabilidade metrológica, mas não se equivalem de todo. Ambos dependem da sistemática de hierarquização a partir de critérios que não se resumem às competências técnico-científicas.

A fonte de ambiguidade entre confiabilidade e confiança reside na urgência adaptativa do resultado de medição. A confiabilidade é a chancela de que o conhecimento é transversal à localidade e à comunidade em que fora produzido e a partir das quais foi disseminado. Conseqüentemente, a confiança vincula-se ao ator, pelo reconhecimento de sua legitimidade técnica para prestar aquela informação. Nesse sentido, a estabilidade em longo prazo e a coordenação internacional entre padrões não prescindem de um discurso que interligue rigor técnico à integridade ética.

Conforme depreendido do estudo sobre a redefinição do quilograma, arbitrar diretrizes para disseminar os resultados de medição em todos os seus níveis de exatidão demanda estratégias para embasar tomadas de decisão em polêmicas entre diferentes atores. Acordos de equivalência são instrumentos tanto técnicos quanto arbitrários: interpõem-se como mediações para legitimar credenciais sociais e políticas das instituições metrológicas em estreita relação com a confiabilidade das medições.

A rastreabilidade metrológica é a representação metrológica da confiabilidade, uma vez que proporciona controle sobre disseminação e comparabilidade de dados entre diferentes contextos de aplicação. A confiança decorre da crença na capacidade técnica do ator. Sua **legitimidade** para a consecução dos processos de produção e disseminação de resultados de medição é institucionalizada. A legitimidade, no entanto, não está centrada em uma única rede ou ator: ela também é distribuída.

A institucionalização da ciência é estratégica, preservando a integridade de seu espaço de atuação. Reconhecer a necessidade de salvaguarda da comunidade de especialistas na consecução de seus objetivos não diminui a objetividade do empenho científico e reitera que valores não atuam isoladamente, mas como processos interligados. Nas palavras do físico e filósofo australiano John Ziman (1925-2005):

Embora [os princípios regulativos da ciência] sejam habitualmente considerados conceitos filosóficos independentes, eles podem ser diretamente vinculados a aspectos sociológicos do ethos acadêmico (...) Assim como suas contrapartes sociológicas, estabelecem padrões ideais amplamente aceitos, embora raramente alcançados (...) Isso não significa que a ciência é governada por alguma doutrina

filosófica imutável que a justifica absolutamente, a despeito do cenário humano (...) [os princípios regulatórios da ciência] são essencialmente preceitos em vez de regras precisas (...) [e] mudam com o tempo (ZIMAN, 2000, pp. 56-7).

Transformações na complexidade dos arranjos institucionais, na indistinguibilidade entre ciência e tecnologia, nos critérios de avaliação, produção e disseminação do conhecimento científico, na orientação a demandas econômicas ou sociais, na composição transdisciplinar de áreas de pesquisa (bioengenharia, nanotecnologia etc.) dentre outros fatores, promoveram transformações nos atributos que configuram a atividade científica contemporânea. A ciência tradicionalmente descrita não se conforma às diferentes feições da metrologia. É prudente questionar, a partir da presente investigação, como a metrologia e suas tecnologias da confiança contribuíram para padronizar as dinâmicas de atuação e o significado da atividade científica contemporânea. No intuito de responder aos desafios interpostos pela interação entre ciência e sociedade, mesmo a ciência deve ser padronizável.

CONCLUSÃO

As medições de precisão são a confiança empacotada. E a confiança que elas carregam é uma realização social. Nós nunca calibramos nossos próprios instrumentos diretamente no mundo externo (...) Obter precisão (...) requer um controle rigoroso da uniformidade e estabilidade dos materiais, do processo de fabricação e de todos os aspectos do manuseio, bem como a calibração de toda a escala. Ninguém é capaz de fazer tudo isso por conta própria.

M. Norton Wise, Os Valores da Precisão

A conclusão deste trabalho apresentará desdobramentos das considerações reportadas ao final de cada capítulo da investigação. O intuito é apresentar as intuições que orientaram o exame das noções de “confiabilidade” e “confiança” na metrologia. A principal consequência foi reconhecer na interpolação entre “confiabilidade” e “confiança” a complementaridade entre diferentes noções de “objetividade”.

A conclusão terá o seguinte curso: primeiro detalharemos o exame da classificação do que chamamos de valores **sociocognitivos** como ferramenta de análise da prática metrológica. Essa proposta resulta da investigação desenvolvida, como explicaremos na próxima seção. Em seguida trataremos indiretamente da constituição do *status* de **objetividade** das medidas, a partir tanto da análise terminológica iniciada no capítulo 3, quanto das relações dialógicas entre confiança e o conceito de objetividade iniciada no capítulo 4.

Ao enfatizar o caráter normativo e terminológico da metrologia, procuramos esboçar as orientações filosóficas que impelem transformações epistêmicas e institucionais de sua atividade. O léxico metrológico não assume um ponto de vista filosófico definitivo – embora se pretenda livre de conclusões radicalmente relativistas ou construtivistas – sobre questões especializadas, particulares a cada área de aplicação (MARI, 2015a, pp. 74-5). Cabe a nós agora detalhar essas frentes com vistas a propor temas para futuras investigações no campo da nova filosofia das medições.

O termo “valores” refere-se às normas ou preceitos **implícitos, não codificados**, porém admitidos como **gabaritos (ou padrões) de aceitação** (DOUGLAS, 2009, p. 95; ZIMAN, 2000, p. 57) de determinada prática ou conteúdo científico. Via de regra, não constam de um manual, vocabulário ou norma técnica como definições **fixas** ou **explícitas**, embora debates recorrentes na literatura filosófica, histórica e sociológica da ciência suscitem categorizações para o estudo da atuação dos valores na atividade científica.

O texto *A Estrutura Normativa da Ciência*, publicado em 1942 pelo sociólogo norte-americano Robert K. Merton (1910-2003) repercute notável influência até o presente no que concerne aos estudos sobre os princípios normativos (ou *ethos*) da comunidade científica. Em resumo, Merton afirma que a ciência se organiza institucionalmente de maneira a potencializar a consecução de seus **objetivos epistêmicos** (o que Merton chamou de “normas internas”) (MERTON, 1973, p. 268-9). O **ethos científico**, em última instância, evidencia as finalidades da prática científica e a maneira pela qual a comunidade científica apresenta a si e sua produção ao mundo.

Robert Merton, contudo, não cindiu o *ethos* da ciência do contexto social amplo em que está inserido. O ideal de uma atividade científica livre de valores, conforme interpretações posteriores da obra mertoniana sugerem, é incoerente (LACEY, 1999, p. 8). Nas palavras da filósofa Heather Douglas:

Merton percebeu tal aderência [somente a normas internas] em termos mais complexos, assinalando que qualquer *ethos* da ciência precisa estar sincronizado com o contexto social amplo, e que cientistas devem assumir responsabilidade pelas implicações sociais de seus trabalhos ou arriscar a perda de apoio para pesquisa científica (DOUGLAS, 2009, p. 47).

Ainda que Merton tenha entendido essa relação em bases disciplinares, o estudo da contextualização da metrologia como **prática transdisciplinar** prescinde de uma cisão entre ciência e cenário social e **vice-versa**. As questões emergentes dessa inter-relação favoreceram a adoção da metrologia como unidade de análise, especialmente no que tange a declarada abrangência científica e sociopolítica da Estrutura Metrológica Internacional. O necessário entrelaçamento entre ciência, tecnologia e sociedade demonstra a permeabilidade entre valores epistêmicos e aqueles de “outras esferas” na produção e disseminação de resultados de medição. Enfraquecer essa dicotomia foi elemento chave para a presente investigação.

A distinção entre valores cognitivos e não-cognitivos, conforme descritos por Hugh Lacey no livro *A Ciência é Livre de Valores?*, publicado em 1999, ofereceu-nos alguns pontos de reflexão inicial. Valores não existem sem pessoas para emitir juízos neles baseados. Lacey admite que instituições, em certo sentido, expressam valores em virtude da comunidade que os integra. Consequentemente, também podem ser limitadas em seus resultados, dependendo da natureza de sua atividade, relações com outras instituições etc.:

a possibilidade de manter valores genuínos depende não apenas da natureza humana, mas também dos valores que são incorporados nas instituições sociais reais e nas relações de poder (autoridade) que estruturam essas instituições. As relações de poder predominantes podem efetivamente impedir que certas possibilidades permitidas pela natureza humana sejam realizadas, especialmente nos casos em que

sua realização reside em condições sociais incompatíveis com as condições prevalentes (LACEY, 1999, p. 42).

Valores cognitivos constituem-se numa expressão das nossas **atitudes cognitivas**: baseiam-se numa rede coerente de crenças que servem de evidência para sustentar outras crenças, por exemplo, critérios sobre o poder preditivo ou explanatório de uma teoria científica (LACEY, 1999, p. 48). São considerados exclusivamente se forem “imparciais”, “neutros” e “objetivos”:

Tanto a neutralidade quanto a imparcialidade dizem respeito ao conteúdo do que está posto em teorias científicas: **neutralidade**, suas implicações e consequências; **imparcialidade**, os motivos para aceitá-lo. Um deriva da “objetividade”, que representa fielmente o objeto da indagação; o outro da “intersubjetividade” como condição para a investigação empírica. Na prática, as duas idéias tendem a se fundir (LACEY, 1999, p. 5. Grifos originais).

Valores sem a indicação “cognitivo” pressupõem juízos pessoais, morais, sociais ou de outras ordens. A metrologia, argumentamos ao longo da investigação, não se justifica somente em virtude de sua credencial científica. Valores sociais e cognitivos se articulam em maior ou menor evidência não em razão de sua precedência explicativa, mas de sua finalidade (*goal*) em cada contexto de aplicação:

Em exames recentes sobre os valores na ciência, as divisões se tornaram mais complexas e, após exame mais detalhado, distinções simples não são defensáveis. Se não pudermos confiar em categorias de valores definitivamente demarcadas, torna-se tanto mais importante que mantenhamos claro o papel dos valores em nosso raciocínio empírico, certificando-nos de que estão restritos a papéis legítimos (...) uma topografia de valores, com continuidades entre categorias em vez de categorias claramente demarcadas, podem ajudar a organizar os tipos de valores envolvidos [em qualquer juízo científico] (DOUGLAS, 2009, p. 89).

Reunimos valores epistêmicos e cognitivos, assim como reunimos valores éticos, sociais, culturais ou institucionais, sob um mesmo tipo, denominado **sociocognitivo**. Uma possível dicotomia se esvazia tanto em razão da abrangência dessa composição quanto da ênfase na interpolação entre valores, uma vez orientados a uma mesma **finalidade**. Embora Douglas se posicione contrariamente a dicotomias entre tipos de valores, seguimos com a nomenclatura em razão de seu seguinte argumento:

há diferentes tipos de escolhas a serem feitas conforme cientistas se movem através do processo [de produção do conhecimento científico], e em diferentes pontos, diferentes papéis para valores serão normativamente aceitáveis. (...) É o **papel** dos valores em decisões particulares que é crucial (DOUGLAS, 2009, p. 94).

A categorização, no escopo do presente trabalho, é viável porque, a despeito da irreduzibilidade entre “confiabilidade” e “confiança”, reiteramos que a tipificação atende, por fim, ao caráter tecnocientífico³⁶ da metrologia: (1) a prática metrológica estabiliza e coordena entes e fenômenos sob formatos dissemináveis e comparáveis, desde que rastreáveis a procedimentos de alto rigor tecnológico e teórico; (2) depende de uma estrutura robusta para atender tanto à agenda sociopolítica dos INMs quanto à heterogeneidade de locais produtores e disseminadores de resultados de medição; (3) organiza-se segundo um modelo de P,D&I (Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação); (4) promove a **cultura metrológica** como recurso a uma necessidade de primeira ordem do cenário global, qual seja, a **padronização**.

O contato com o trabalho da filósofa Heather Douglas ofereceu-nos a base para propor o que chamamos de valores **sociocognitivos**. O exame da harmonização terminológica da metrologia colaborou para a nomenclatura ora defendida. No capítulo 3, ao adotarmos o uso do termo “lógica” para resumir a ideia de “regras de coerência e coesão”, não aprofundamos as discussões pertinentes à filosofia ou a linguística. Recusamos, a partir da leitura dos linguistas cognitivistas George Lakoff e Mark Johnson, **língua e linguagem** como domínios autônomos e distintos de sistemas de regras e faculdades biológicas, respectivamente. A partir desse pressuposto, o estudo do léxico da metrologia revela uma ligação **sociocognitiva** entre terminologia e prática científica:

toda experiência ocorre em um vasto contexto de pressupostos culturais. Pode ser enganador, portanto, falar de experiência física direta, como se houvesse algum núcleo de experiência imediata que então “interpretamos” em termos de nosso sistema conceitual. Suposições, valores e atitudes culturais não são uma sobreposição conceitual que podemos ou não colocar sobre a experiência como escolhemos. Seria mais correto dizer que toda experiência é cultural por inteiro, que experimentamos nosso “mundo” de tal forma que nossa cultura já está presente na própria experiência (LAKOFF, 2004, p. 57-8).

A proposta visa à moderação do debate entre a naturalização da ciência e sua constituição sociotécnica, presente na tensão entre metodologias reunidas sob a alcunha dos *Science Studies* e a nova filosofia das medições de cunho epistemológico (TAL, 2012, p. 123). A composição do termo, por fim, procura denotar que valores sociocognitivos atuam conjuntamente, com maior ou menor predominância de características epistêmicas ou não-

³⁶ Nesta investigação utilizamos o conceito de tecnociência para caracterizar o cenário de uma nova organização epistemológica e sociopolítica da ciência. A tecnociência não invalida, em absoluto, a permanência dos valores e práticas tradicionais da ciência básica e aplicada. Porém, reforça uma tensão entre os estudiosos sobre o caráter performativo e instrumental da ciência contemporânea. Lidar com valores e critérios tradicionais não é suficiente para tratar da lógica de avaliação, explicação e legitimação do conhecimento num cenário tecnocientífico (SEBBAH, 2010, p. 169-70).

epistêmicas observadas caso a caso. Nesse sentido corroboramos uma das hipóteses iniciais, a saber, a de que a categorização ora defendida para tratarmos da questão dos valores é viável. As especificidades tecnocientíficas da metrologia padronizam prática e discurso por intermédio de uma retórica da precisão, presente na ampla cultura da padronização. A afirmação de que “medir é conhecer” é vigorosamente explícita nos dizeres de William Thomson, disseminado nas coletividades metrológicas tanto como método quanto finalidade das ciências.

A significância da metrologia como área **transversal** não dispensa de todo os valores propostos pela epistemologia tradicional, mas revalida-os, dada a necessidade de um sistema conceitual harmonizado. A necessidade de refletir sobre a finalidade pragmática da metrologia – a padronização – e seus aspectos teóricos mais abstratos – a definição de uma grandeza – evidenciam a heterogeneidade da cultura metrológica.

Conforme observamos no capítulo 3, em vista das aspirações à integridade e credibilidade da metrologia, alguns valores exercem o papel de propriedade do resultado da medição. Essa transição se dá pela necessidade de uniformidade do conhecimento em um amplo cenário de localidades distintas. Nos termos do sociólogo norte americano Joseph O’Connell:

A universalidade da tecnociência – sua capacidade de trazer facetas do mundo para interior do laboratório e de mover os resultados alcançados no laboratório para o mundo – é atingida por práticas metrológicas caras e intensivas em mão-de-obra (...) [Este artigo procura mostrar exatamente] como a aparência da universalidade é alcançada, o que resiste a essa conquista, como essa resistência é superada e como a autoridade é estabelecida para os representativos materiais particulares que simbolizam entidades científicas universais e abstratas em contextos locais (O’CONNELL, 1993, p. 129).

A robustez epistêmica de um resultado de medição se baseia na eficiência com que caracteriza e dissemina (CARTWRIGHT; RUNHARDT, 2014, p. 282) quantitativamente um mensurando. Um sistema de medição é projetado para evitar interferências das mais diversas ordens e aplicar correções e ajustes apropriados ao resultado de medição. A padronização das grandezas incorpora as fontes de incerteza como parâmetros numéricos, viabilizando a comparabilidade entre medições repetidas sob as mesmas circunstâncias locais ou reproduzidas em contextos espacial e temporalmente distribuídas. O duplo aspecto da noção de rastreabilidade metrológica, qual seja, a de propriedade e formato de sistematização do resultado de medição, dá conta da apresentação dos resultados de medição como confiáveis pela promoção da figura de uma **heterogeneidade exequível**.

A disseminação já está conformada à produção dos dados (vide formulários, certificados, bancos de dados, modelos, relatórios, manuais de harmonização, acordos de cooperação etc.), haja vista o que foi discutido no capítulo 4. Atividades como quantificação ou padronização atuam com a mesma equivalência que mecanismos de transparência institucional, iniciativas de responsabilidade social ou controle da qualidade. O metrologista, ao conduzir uma calibração, está espelhado no pertencimento a uma coletividade tecnocientífica. Ele é, concomitantemente, produtor e disseminador, pesquisador e gestor, padronizador e padronizado.

Mapear as instituições, como sugere Simon Schaffer (1999, p. 415), não é somente localizá-las no espaço e no tempo, mas também dar-lhes feições, como sujeitos do processo de produção e disseminação do conhecimento. Um caso ilustrativo pode ser brevemente narrado a título de encerramento. Desde 1996, o Inmetro realiza pesquisas de opinião pública para “identificar a percepção dos clientes diretos e da sociedade”, alegando que também “contribuem para o aperfeiçoamento dos processos e permite a criação de novos indicadores de gestão” (INMETRO, 2008, p. 4). Em artigo publicado sobre os resultados da pesquisa de 2011 no jornal Estadão:

O levantamento, encomendado pelo Inmetro à Associação Cândido Mendes de Ensino e Pesquisa, ouviu 2.667 pessoas em 10 Estados. A pesquisa visa conhecer o hábito de compras da população e direcionar as ações do órgão para o segundo semestre de 2011 e para os próximos anos. Entre outros índices, o nível de confiança do Inmetro atingiu 88% dos entrevistados, que afirmaram conhecer ou já terem ouvido falar do instituto, contra 85%, na medição do ano anterior (MOREIRA, 2011).

As pesquisas de opinião ocorreram com periodicidade. Infelizmente não tivemos acesso ao relatório, mas as reportagens publicadas respectivamente no periódico de circulação interna do Instituto (Na Medida) e no jornal Estadão relacionam a categoria “confiança” a hábitos de consumo em que instrumentos de medição (como balanças em restaurantes, bombas de combustível etc.) ou produtos certificados estão presentes. Essa percepção é importante porque valida o reconhecimento do papel social do INM, configurando uma tecnologia da confiança. Como vimos no capítulo 4, o setor produtivo depende de uma robusta infraestrutura da qualidade. No Brasil, o Inmetro é responsável pelas atividades de metrologia científica, metrologia legal, acreditação e avaliação da conformidade, e aquilatar sua percepção pública como confiável reforça sua autonomia e influência em políticas públicas.

Um fato interessante, no entanto, traz outra reflexão sobre o fator “confiança”. Determinado restaurante no Rio de Janeiro, que não identificaremos por não termos

autorização, serve refeições no sistema *self-service*: após preencher o prato, o cliente se dirige ao local onde está uma balança, operada por funcionário do estabelecimento comercial. Na parede há uma placa com o logotipo do Inmetro e a indicação de duas **Portarias**³⁷.

O texto de uma das Portarias regulamenta o uso de balanças nesse serviço comercial; a outra é um regulamento técnico chamado de “aprovação de modelo”³⁸, informando que aquele modelo de balanças produzido por determinada indústria está aprovada para o uso nas transações comerciais. Nenhuma delas “certifica” a balança localizada no restaurante. O único indicativo de que a balança alegadamente opera regularmente é o selo de fiscalização afixado ao instrumento. É razoável questionar se a balança está medindo com exatidão, especulando-se que o restaurante, em esquina movimentada, serve número expressivo de refeições diariamente? O selo de fiscalização, o instrumento normativo, o cartaz informando que a balança desconsidera o peso do prato (**a tara**) são tecnologias da confiança. Elas concorrem para a crença na confiabilidade do instrumento de medição. No caso, naquela balança específica. Caso não houvesse selo do INM, a balança seria menos confiável?

As portarias sugerem ao cliente que o estabelecimento comercial está em consonância com a regulamentação emanada pelo ente administrativo autorizado para tal, no caso, o Inmetro. A relação de confiança, conforme nos apresenta Heather Douglas, é uma espécie de “chancela” para que aquele que confia propague a ideia de que os demais também devem fazê-lo. Isso, no entanto, não faz da confiança uma relação de **identidade** ou **transitiva**. Em caso de contestação legal, o que ensejaria a realização de perícia técnica, as portarias não são prova de que as medições realizadas no restaurante têm **confiabilidade**. Em caso de fraude, seja ela por ação (adulteração intencional do instrumento de medição) ou omissão (a balança não foi recalibrada em período sugerido pelas instruções de uso), quem perde confiança junto ao consumidor é o estabelecimento comercial, assim como a confiabilidade dos resultados de medição foi comprometida por condições imprevistas ou não recomendadas para a operação do instrumento. A integridade do INM permanece.

O corpo de conhecimentos envolvido na metrologia é distribuído por tecnologias da confiança. Elas são ferramentas de expansão da rede e dependem de um estatuto de

³⁷ A Portaria é ato administrativo normativo que visa à correta aplicação da lei, devendo o edital observância tanto à lei, quanto aos atos que expressam em minúcia o mandamento abstrato da lei, e o fazem com a mesma normatividade da regra legislativa, embora sejam manifestações tipicamente administrativas (MEIRELLES, 2016).

³⁸ “É a decisão reconhecendo que o modelo de um instrumento de medição ou medida materializada satisfaz as exigências regulamentares”. Disponível no sítio online do Inmetro. <<http://www.inmetro.gov.br/metlegal/aprovModelo.asp>> Acesso em 10 set. 2017.

confiabilidade. Porém, sua nitidez depende do contexto de aplicação em que forem materializadas:

Na sociedade moderna existe uma vasta, **com frequência invisível**, infraestrutura de serviços, suprimentos, transporte e redes de comunicação. Sua existência é usualmente dada por certa, mas sua presença e operação são essenciais para a vida cotidiana. Parte dessa infraestrutura oculta é a metrologia, a ciência das medições (QUINN; KOVALEVSKY, 2004, p. 791. Grifo nosso).

Modificações nesse *corpus* são pouco nítidas no plano geral. A confiança opera em outro nível, com outras tecnologias, como é o caso da redefinição do quilograma. É esse atributo de **invisibilidade** da metrologia que fortalece sua autonomia. Ela é alçada ao *status* de modelo para a prática científica e concorre para a padronização do amplo cenário social em que está operando:

Quando uma organização científica decide fazer uma alteração ou redefinição nas unidades de medida em seu campo, geralmente provoca longas e apaixonadas discussões entre seus membros. Esses debates frequentemente revelam valores, convenções, tradições, interesses e convicções dos participantes. Como esses debates são resolvidos podem determinar por um tempo a direção das disputas futuras nas comunidades de especialistas (...) se expandimos o ponto de vista para ver além dos muros de laboratórios e universidades, descobriremos que, na sua maioria, os leigos nem sequer ouviram sobre o que acontece com as unidades de medida definidas e revisadas pelos cientistas. Isto é assim porque os especialistas são forçados a trabalhar dentro de limites muito estreitos para manter essas unidades de medida amplamente utilizadas em uma sociedade maior, como uma **infraestrutura invisível** (VERA, 2015, p. 176).

Concordamos em parte com o proposto pelo sociólogo mexicano Hector Vera na citação. Discordamos, no entanto, de que “é quase impossível alcançar mudanças verdadeiramente radicais em um sistema de medição mundialmente utilizado” (VERA, 2015, p. 176). As noções de **confiabilidade** e **confiança**, como defendidas ao longo desta investigação, representam uma forma de validação da prática científica que não cinde “ciência como empreendimento progressivo e autocorretivo” (CHANG, 2007) de “construção social estabilizadora” (LATOUR, 2000). Valores **sociocognitivos** movimentam o resultado de medição porque ele depende tanto de uma objetividade funcional quanto de redes que padronizem as controvérsias de suas próprias caixas pretas, e isso pode, em alguns casos, requerer mudanças radicais em larga escala.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Guia de termos e expressões utilizados na normalização** [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro: ABNT; SEBRAE, 2012.

ACADÉMIE DES SCIENCES. **Comptes-rendus Hebdomadaire des séances de L'Académie des Sciences**, Tome 69. 1869. Paris: Gauthiers-Villars et Fils. Disponível no sítio online da Bibliothèque Nationale de France: <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k30260?rk=21459;2>>. Acesso em 15 abr. 2017.

ALDER, Ken. **A Medida de Todas as Coisas: A Odisseia de Sete Anos e o Erro Encoberto que Transformaram o Mundo**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2003.

ALDER, Ken. **The Measure of All Things: A Seven Year Odissey that Transformed the World**. London: Little Brown, 2002.

ASHWORTH, William J. Metrology and the State: Science, Revenue, and Commerce. **Science**, n. 19, v. 306, ed. 5700. Nov-2004, pp. 1314-1317.

BERRIMAN, A.E. **Historical Metrology: A New Analysis of the Archaeological and the Historical Evidence Relating to Weights and Measures**. London: J. M. Dent & Sons, 1953.

BETTIN, Horst; BORYS, Michael; NICOLAUS, R. Arnold. Density: From the measuring of a Silicon sphere to Archimede's Principle. **PTB**. Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Mitteilungen Special Issue, v. 118, n. 2 and n. 3, 2008, pp. 16-22.

BICH, Walter et al. Revision of the 'Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. **Metrologia**, n. 49, 2012, pp. 702-705.

BIPM. Bureau International des Poids et Mesures. **Documents Diplomatiques de la Conférence du Mètre**. 1875. Disponível em: <<https://www.bipm.org/utis/common/documents/official/Diplomatic-Conference-Metre.pdf>> Acesso em 27 jun. 2017.

_____. **Comptes Rendus de la Première Conférence Générale des Poids et Mesures**, 1890, p. 34. Disponível em: <<http://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM/CGPM1.pdf>>. Acesso em 27 jun. 2017.

_____. **Comptes Rendus des Séances de la Troisième Conférence Générale des Poids et Mesures**, 1901, p. 70. Disponível em: <<http://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM/CGPM3.pdf>>. Acesso em 27 jun. 2017.

BIPM. Bureau International des Poids et Mesures. **Resolutions**. 2012. Disponível em: <<https://www.bipm.org/en/publications/>> Acesso em: 15 de janeiro de 2017.

_____. **Le Système International d'unités/The International System of Unities – SI** Brochure. 8. ed. Paris: 2006.

_____. **Le Système International d'unités/The International System of Unities – SI** Brochure. 8. ed. Paris: 2006.

_____. **CIPM 1988: Recommendation 2.** Representation of the ohm by means of the quantum Hall effect. 1988a. Disponível em:
<<https://www.bipm.org/jsp/en/ViewCIPMRecommendation.jsp?YEAR=1988&REC=2>>
Acesso em 27 jun 2017.

_____. **CIPM, 1988: Recommendation 1.** Représentation du volt au moyen de l'effet Josephson. 1988b. Disponível em: < <https://www.bipm.org/fr/CIPM/db/1988/1/>> Acesso em 27 jun 2017.

_____. **Comptes Rendus de la 18e réunion de la Conférence générale des poids et mesures.** 1987. Disponível em:
<<https://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM/CGPM18.pdf>> Acesso em: 27 jun 2017.

_____. **Comptes Rendus de la 20e réunion de la Conférence générale des poids et mesures** (1995), 1996, p. 221. Disponível em:
<<https://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM/CGPM20.pdf>> Acesso em 27 de junho de 2017.

_____. **Comptes rendus de la 21e réunion de la Conférence générale des poids et mesures** (octobre 1999), 2001, p. 331. Disponível em:
<<https://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM/CGPM21.pdf>> Acesso em 27 jun. 2017.

_____. **Comptes Rendus de la 22^e CGPM** (2003). Sèvres, Paris: BIPM, 2005.

_____. **Comptes rendus des séances de la Première Conférence Générale des Poids et Mesures Réunie à Paris en 1889.** Paris: Gauthiers-Villars et Fils. 1889. Disponível no sítio online do BIPM: <<http://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM/CGPM1.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

_____. **Comptes Rendus de la 18e CGPM** (1987). Sèvres, Paris: BIPM, 1987. Disponível no sítio online do BIPM: <<https://www.bipm.org/utis/common/pdf/CGPM/CGPM18.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

_____. **Official and Explanatory Texts.** 2007. Disponível em:
<<http://www.bipm.org/en/worldwide-metrology/metre-convention/official-texts/>>. Acesso em 09 jul. 2017.

BIPM. Bureau International des Poids et Mesures. **Recommendation 1 (CI-2005):** Preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants. 2005. Disponível em:

<<https://www.bipm.org/utis/en/pdf/CIPMOutcomes/CI-2005-Recommendation-1.pdf>>
Acesso em: 27 jun 2017.

BLOOR, DAVID. **Conhecimento e Imaginário Social**. Trad. de Marcelo do Amaral Penna-Forte. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

BONHOURE, Albert. **Kilogrammes Prototypes, Comparaisons du Prototype International et ses Témoins; 1re et 2e Vérifications Périodiques des Prototypes Nationaux – Travaux et Mémoires du BIPM 22, 1966**, pp. C1–82.

_____. Note sur L'efficacité de Quelques procédés de Nettoyage des Poids en Platine Iridié. In: **Procès-Verbaux du CIPM 20, 1946**, pp. 171–8.

BOUMANS, Marcel; HON, Giora Hon; PETERSEN, Arthur. **Error and Uncertainty in Scientific Practice**. London: Pickering & Chatto, 2014.

BOUMANS, Marcel; HON, Giora. Introduction. In: BOUMANS, Marcel; HON, Giora; PETERSEN, Arthur. **Error and Uncertainty in Scientific Practice**. London: Pickering & Chatto, 2014, pp. 1-12.

BRANDI, Humberto S.; SOUZA, Taynah L. Metrologia: Pilar da Inovação. **Parcerias Estratégicas**, Ed. Esp., v. 15, n. 31, 2010, pp. 355-378.

_____. Metrology Infrastructure for Sustainable Development of the Americas: The Role of SIM. **Accreditation and Quality Assurance**, n. 14, 2009, pp. 567-573.

BRIDGMAN, Percy Williams. **The Logic of Modern Physics (1927)**. New York: The Macmillan Company, 1946.

_____. **The Nature of Physical Theory (1936)**. New York: Dove Publications, 1942.

BRITISH PARLIAMENT. **Report** from the Select Committee on Weights and Measures Together with the Proceedings of the Committee, Minutes of Evidence, Appendix and Index. United Kingdom: Parlamento Britânico, 1862.

CARTWRIGHT, Nancy. **How the Laws of Physics Lie**. Oxford: Clarendon Press, 1983.

_____. **Nature's Capacities and Their Measurement**. Oxford: Clarendon Press, 1994.

_____. **The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

CARTWRIGHT, Nancy; BRADBURN, Norman. A Theory of Measurement. In: **The Importance of Common Metrics for Advancing Social Science Theory and Research: Proceedings of the National Research Council Committee on Common Metrics, 2011**, pp. 53-70.

CARTWRIGHT, Nancy; CHANG, Hasok. Measurement. In: **The Routledge Companion to Philosophy and Science**. PSILLOS, S.; CURD, M. (Eds.) New York: Routledge, 2008, pp. 367-375.

CARTWRIGHT, Nancy; RUNHARDT, Rosa. Measurement. In: CARTWRIGHT, Nancy; MONTUSCHI, Helena. **Philosophy of Social Sciences: A New Introduction**. Oxford: Oxford University Press, 2014, pp. 265-287.

CCM. Consultative Committee for Mass and Related Quantities. **Report of the 12th Meeting** (26th March 2010) to the International Committee on Weights and Measures. Sèvres, Paris: BIPM, 2010. Disponível no sítio online do BIPM: <<https://www.bipm.org/utis/common/pdf/CC/CCM/CCM12.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017. <<https://www.bipm.org/utis/common/pdf/CC/CCM/CCM12.pdf>>

CHANG, Hasok. Circularity and reliability in measurement. **Perspectives on Science** n. 3, 1995, pp. 153–172.

_____. **Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress**. New York: Oxford University Press, 2007.

_____. **Is Water H₂O? Evidence, Realism and Pluralism**. New York: Oxford University Press, 2012.

_____. Operationalism In: ZALTA, Edward N. (Ed.) **Stanford Encyclopedia of Philosophy Online**. 2009. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/operationalism>>. Acesso em 07 de setembro de 2017.

CHARTIER, Roger. **Origens Culturais da Revolução Francesa**. Trad. de George Schlesinger. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

CIM. Commission Internationale du Mètre. Section Française de la Commission Internationale du Mètre. **Procès-verbaux des Séances de 1869 et 1870**. Paris: Librairie Polytechnique de J. Baudry, 1871.

_____. Section Française de la Commission Internationale du Mètre. **Exposé de la Situation des Travaux** (1874). Paris: Imprimerie Nationale, 1874. Disponível no sítio online da Bibliothèque Nationale de France: <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9225373.r=expos%C3%A9%20de%20la%20situation%20des%20travaux%20m%C3%A8tre?rk=21459;2>>. Acesso em 15 abr. 2017.

CIM. Commission Internationale du Mètre. **Procès-verbaux des Séances de 1869 et 1870**. Paris: Librairie Polytechnique de J. Baudry, 1871. Disponível no sítio online da Bibliothèque Nationale de France: <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9374526?rk=107296;4>>. Acesso em 15 abr. 2017.

CIPM. Comité International des Poids et Mesures. **Procès-Verbaux de la 94e Session (2005)**. Sèvres, Paris: BIPM, 2005. Disponível no sítio online do BIPM: <<https://www.bipm.org/utills/fr/pdf/CIPM/CIPM2005-FR.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

_____. **Procès-Verbaux de Séances de 1880** (1881). Paris: Gauthiers-Villars et Fils. Disponível no sítio online do BIPM: <<https://www.bipm.org/utills/common/pdf/CIPM-PV-OCR/CIPM1880.pdf>>. Acesso em 27 jun. 2017.

_____. **Procès-Verbaux de la 77e Session** (1988). Sèvres, Paris: BIPM, 1988. Disponível no sítio online do BIPM: <<https://www.bipm.org/utills/common/pdf/CIPM-PV-OCR/CIPM1988.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

CODATA Committee on Data of the International Council of Science. **What we do** Disponível em: <<http://www.codata.org>> Acesso em 15 jul. 2017.

COHEN-TANNOUDJI, G. Universal Constants, Standard Models and Fundamental Metrology. **European Physical Journal**, Special Topics, n. 172, 2009, pp. 5–24.

CREASE, Robert P. **A Medida do Mundo: A Busca por um Sistema Universal de Pesos e Medidas**. Trad. de George Schlesinger. Rev. Tec. de Diego Vaz Bevilacqua. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

CROSBY, Alfred W. **A Mensuração da Realidade: A Quantificação e a Sociedade Ocidental, 1250-1600**. Trad. de Vera Ribeiro. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

DASTON, Lorraine; GALISON, Peter. **Objectivity**. New York: Zone Books, 2010.

DAVIS, Richard. The SI Unit of Mass. **Metrologia**, n. 40, 2003, pp. 299–305.

DAVIS, Richard et al. A brief history of the unit of mass: continuity of successive definitions of the kilogram. **Metrologia**, n. 53, 2016, pp. A12–A18.

DIAS, José Luciano de Mattos. **Medida, Normalização e Qualidade: Aspectos da História da Metrologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Ilustrações, 1998.

DÍEZ, José A. A Hundred Years of Numbers. An Historical Introduction to Measurement Theory 1887-1990. Part I: The Formation Period. **Studies in History and Philosophy of Science**. v. 28, n. 1, p. 167-185, 1997a.

DÍEZ, José A. A Hundred Years of Numbers. An Historical Introduction to Measurement Theory 1887-1990. Part II: Suppes and the Mature Theory **Studies in History and Philosophy of Science**. v. 28, n. 2, p. 237-265, 1997b.

DÖRRIES, Matthias. Balances, Spectroscopes, and the Reflexive Nature of Experiment **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 25, n. 1, 1994, pp. 1-36.

DOUGLAS, Heather E. **Science, Policy and the Value-Free Ideal**. Pittsburgh: University Press, 2009.

ERARD, Luc et al. Organization of Metrology: Industrial, Scientific, Legal. In: FRENCH COLLEGE OF METROLOGY (Org.) **Metrology in Industry: The Key for Quality**. London: ISTE, 2006, p. 43-78.

FERRIS, Timothy. A New Definition of Measurement **Measurement**, n. 36, 2004, pp. 101–109.

FINKELSTEIN, Ludwik. Theory and Philosophy of Measurement In: SYDENHAM, Peter H. (Org.) **Handbook of Measurement Science**, v. 1. London: John Wiley, 1982.

FINKELSTEIN, Ludwik. Widely, Strongly and Weakly Defined Measurement. **Measurement**. n. 34, p. 39-48, 2003.

_____. Widely-Defined Measurement – An Analysis of Change. **Measurement**, n. 42, p. 1270-1277, 2009.

FOUCAULT, Michel. **Microfísica do Poder**. Organização e Tradução de Roberto Machado. 13 ed., Rio de Janeiro: Graal, 1998.

_____. **Vigiar e Punir**. 33 ed., Petrópolis: Ed. Vozes, 2001.

GALISON, Peter. **How Experiments End**. Chicago: The University of Chicago Press, 1987.

GIBBONS, Michael et al. **The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies**. London: SAGE Publication, 1994.

GIRARD, G. The third periodic verification of national prototypes of the kilogram (1988-1992). **Metrologia** n. 31, 1994, pp. 317-336.

_____. **The washing and cleaning of kilogram prototypes at the BIPM**. SÈvres: BIPM, 1990.

GLÄSER, Michael et al. Redefinition of the Kilogram and the Impact on its Future Dissemination. **Metrologia**, n. 47, 2010, pp. 419–428.

GLÄSER, Michael et al. Redefinition of the Kilogram. **PTB Mitteilungen**, v. 118, n. 2 e n.3, 2008, pp. 05-09.

GLAVIEUX, Vincent. Unités de mesure cherchent étalon. **La Recherche**, França, n. 499, p. 62-67, mai. 2015.

GONÇALVES, José; LOPES, Taynah Souza. Standardization by Cooperation: A Case-Study of the German Collaboration for the Brazilian Metrology. In: JAKOBS, Kai et al.

Proceedings – 18th EURAS Annual Standardisation Conference “Boosting European Competitiveness”. Auflage: The EURAS Board Series, 2013, pp. 141-154.

GOODAY, Graeme J.N. **The Morals of Measurement** – Accuracy, Irony, and Trust in Late Victorian Electrical Practice Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

HACKING, Ian. **An Introduction to Probability and Inductive Logic**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

_____. **Representar e Intervir: Tópicos Introdutórios de Filosofia da Ciência Natural**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

_____. **The Emergence of Probability: A Philosophical Study of Early Ideas about Probability, Induction and Statistical Inference**. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 2006.

HAND, David J. **Measurement Theory and Practice** – The World through Quantification. London: Wiley & Sons, 2004.

HUBER, Laura. Measuring by which Standard? How Plurality Challenges the Ideal of Epistemic Singularity In: SCHLAUDT, Oliver; HUBER, Laura. **Standardization in Measurement: Philosophical, Historical and Sociological Issues**. New York: Taylor & Francis, 2015, p. 207-215.

ICSU. International Council of Science. **About us** Disponível em: <<http://www.icsu.org>> Acesso em 15 jul. 2017.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Avaliação de Dados de Medição: Guia para a Expressão de Incerteza de Medição (GUM 2008)**. Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012

_____. **Estrutura Hierárquica de Rastreabilidade**. 2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/estrutura.asp>> Acesso em: 13 de Janeiro de 2017.

_____. **Sistema Internacional de Unidades: SI**. Tradução de: Le Système International d’Unités. Duque de Caxias, RJ, 2012.

JCGM. Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM 200:2012). **International vocabulary of metrology** – basic and general concepts and associated terms (VIM). 3 ed. (2008 with minor corrections), 2012.

_____. (JCGM 100:2008). **ISO/IEC guide of expression of uncertainty**, 2008.

KELLY, Patrick. **Metrology: or, An Exposition on Weights and Measures**, 1816. Disponível Online em Google Books. Acesso em 29 out. 2017.

KIND, Dieter; LÜBBIG, Heinz. Metrology – The Present Meaning of a Historical Term. **Metrologia**, n. 40, 2003, p. 255-257.

KLEIN, Herbert Arthur. **The Science of Measurement: A Historical Survey**. New York: Dover Publications, 1988.

KLENOVSKY, Pavel. Comment on ‘Assessing Publically Financed Metrology Expenditure against Economic Parameters. **Accreditation and Quality Assurance**, n. 14, 2009, p. 701.

KUSCH, Martin. A Branch of Human Natural History: Wittgenstein’s Reflections on Metrology In: SCHLAUDT, Oliver; HUBER, Laura. **Standardization in Measurement: Philosophical, Historical and Sociological Issues**. New York: Taylor & Francis, 2015, pp. 11-24.

LACEY, Hugh. **Is science value free? Values and Scientific Understanding**. London: Routledge, 1999.

LAKOFF, George. **Metaphors we live by**. Chicago: The University of Chicago Press, 2004.

LATOURE, Bruno. **Ciência em Ação: Como seguir Cientistas e Engenheiros Sociedade Afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

_____. **Jamais Fomos Modernos: Um Ensaio de Antropologia Simétrica**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

LYOTARD, Jean-François. **A Condição Pós-Moderna**. Trad. Ricardo Corrêa Barbosa; Posfácio: Silviano Santiago. Rio de Janeiro: José Olympio, 5 ed., 1998.

MACHADO, Cristina de Amorim. Laudan, a sociologia da ciência e a questão da demarcação entre ciência e pseudociência. In: VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Org.). **Perspectivas Contemporâneas em Filosofia da Ciência**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012, pp. 89-129.

MARI, Luca. An Overview of the current status of Measurement Science: From the Standpoint of the International Vocabulary of Metrology. In: SCHLAUDT, Oliver; HUBER, Laura. **Standardization in Measurement: Philosophical, Historical and Sociological Issues**. New York: Taylor & Francis, 2015a, pp. 69-80.

MARI, Luca. Evolution of 30 years of the International Vocabulary of Metrology (VIM). **Metrologia**, n. 52, pp. R1-R10, 2015b.

MARI, Luca; GIORDANI, Alessandro. Epistemology of Measurement. **Measurement**, n. 34, 2003, pp. 17-30.

_____. Modelling Measurement: Error and Uncertainty. In: BOUMANS, Marcel; HON, Giora; PETERSEN, Arthur. **Error and Uncertainty in Scientific Practice**. London: Pickering & Chatto, 2014, pp. 79-96.

MAXWELL, James Clerk. **Textos Seleccionados**. VIDEIRA, A.A.P.; PUIG, C.F. (Orgs) Rio de Janeiro: EdUERJ, 2017.

MAYO, Deborah G. **Error and the growing of experimental knowledge**. Chicago: University Press, 1996.

_____. Learning from error: how experiment gets a life (of its own). In: BOUMANS, Marcel; HON, Giora; PETERSEN, Arthur. **Error and Uncertainty in scientific practice**. London: Pickering & Chatto, 2014, pp. 57-77.

MEGILL, Alan. **Rethinking objectivity**. Durham, N.C.: Duke University Press, 1994.

MEIRELLES, Hely Lopes Meirelles. **Direito administrativo brasileiro**. 42. ed. / atual. até a Emenda Constitucional 90, de 15.9.2015. São Paulo: Malheiros, 2016.

MENDONÇA, André Luís de Oliveira. Filosofia da ciência e Science Studies: a guerra pela paz. In: VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Org.). **Perspectivas Contemporâneas em Filosofia da Ciência**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012, pp. 165-184.

MERTON, Robert K. The normative structure of science In: STORER, Norman W. (Ed.) **The sociology of science: theoretical and empirical investigations**. Chicago: University Press, 1973, pp. 261-280.

MILTON, Martin T.J. et al. Towards a new SI: a review of progress made since 2011. **Metrologia**, n. 51, 2014, p. R21-R30.

MOHR, Peter J.; PHILLIPS, William D. Dimensionless units in the SI. **Metrologia**, n. 52, pp. 40-47.

MOREIRA, Marcelo. Inmetro: Selo decide 33% de compras. **Estadão**, São Paulo, 16 jul. 2011.

MORRISON, Margaret. Experiment. **Routledge Encyclopedia of Philosophy CD-ROM**, 1998.

NORDMANN, Alfred. Another parting of the ways: intersubjectivity and the objectivity of science. **Studies in history and philosophy of science**, n. 43, 2012, pp. 38-46.

O'CONNELL, Joseph. Metrology: the creation of universality by the circulation of particulars. **Social studies of science**, v. 23, n. 1, 1993, pp. 129-173.

ORESQUES, Naomi; CONWAY, Erik. **The merchants of doubt** – how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming. New York: Bloomsbury Press, 2010.

PAUCTON, Alexis. **Métrologie**: ou traité des mesures, poids et monnaies des anciens peuples et des modernes, 1780. Disponível online em Google Books. Acesso em 29 out. 2017.

PETERSEN, Leonard A.; SMITH, Arthur C. Variations on reliability: connecting climate predictions to climate policy. In: BOUMANS, Marcel; HON, Giora; PETERSEN, Arthur. **Error and uncertainty in scientific practice**. London: Pickering & Chatto, 2014, pp. 137-156.

PIETSCH, Wolfgang. A revolution without tooth and claw – redefining the physical base units. **Studies in History and Philosophy of Science**, n. 46, 2014, pp. 85–93.

PLANCK, Max. Ueber irreversible Strahlungsvorgänge. **Annalen der Physik**, v. 306, Issue 1, 1900, pp. 69–122.

POPOSKI, Nikola; MAJCEN, Nineta; TAYLOR, Philip. Assessing publically financed metrology expenditure against economic parameters. **Accreditation and Quality Assurance**, n. 14, 2009, pp. 359-368.

PORTER, Theodore M. **Trust in numbers**: the pursuit of objectivity in science and public life. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

QUINN, Terry. **From artefacts to atoms**: the BIPM and the search for ultimate measurement standards. New York: Oxford University Press, 2012.

_____. Physical quantities. In: HÄNSCH, T.W. et al. (Eds) **Proceedings** of the International School of Physics “Enrico Fermi”, COURSE CLXVI, Metrology and Fundamental Constants. Società Italiana de Fisica-Bologna and IOS Press, 2007.

QUINN, Terry. et al. Redefinition of the kilogram: a decision whose time has Come. **Metrologia**, n. 42, 2005, pp. 71–80.

QUINN, Terry; KOVALEVSKY, Jean. Metrology and society. **Comptes Rendus Physique**, n. 5, 2004, pp. 791-797.

_____. The development of modern metrology and its role today. **Philosophical Transactions of The Royal Society A**, n. 363, 2005, p. 2307-2327.

RICHARD, Phillipe et al. Foundation for the redefinition of the kilogram. **Metrologia**, n. 53, 2016, pp. A6–A11.

RIORDAN, Sally. The objectivity of scientific measures. **Studies in History and Philosophy of Science** n. 50, 2015, pp. 38-47.

ROBINSON, Ian A.; SCHLAMMINGER, Stephan. The watt or Kibble balance: a technique for implementing the new SI definition of the unit of mass. **Metrologia**, n. 53, 2016, pp. A46–A74.

RUSNOCK, Andrea. Quantification, precision and accuracy: determinations of population in the ancien régime. In: WISE, Norton (Ed.) **The values of precision**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

SCARRE, C.J. (Ed.) **The origins of metrology**: collected papers of Dr. Daniel McLean McDonald. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

SCHAFFER, Simon. As instituições científicas: a geografia histórica dos laboratórios. In: GIL, Fernando. **A ciência tal qual se faz**. Lisboa: Edições João Sá da Costa, 1999.

SCHILIK, Moritz. **Sentido e verificação** (1936). Trad. de Luís João Baraúnas e Pablo Rúben Mariconda. São Paulo: Editora Abril Cultural, v. XLIV, 1. ed., pp. 89-116, 1975 (Coleção Os Pensadores).

SCHLAUDT, Oliver; HUBER, Laura. **Standardization in measurement**: philosophical, historical and sociological issues. London: Pickering & Chatto, 2015.

SCHWITZ, Wolfgang et al. Towards a new kilogram definition based on a fundamental constant. **C. R. Physique**, n. 5, 2004, pp. 881–892.

SEBBAH, François David. **Qu'est-ce que la "technoscience"?** Une thèse épistémologique ou la fille du Diable?: Enquête sur les usages de la notion de "technoscience" dans l'espace de la pensée française contemporaine. Paris: Édition Les Belles Lettres, 2010.

STEINER, Richard. History and progress on accurate measurements of the Planck Constant. **Rep. Prog. Phys.**, n. 76, 2013, pp. 01-46.

STIGLER, Stephen M. **The history of statistics** - the measurement of uncertainty before 1900. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1986.

STOCK, M. et al. Calibration campaign against the international prototype of the kilogram in anticipation of the redefinition of the kilogram part I: comparison of the international prototype with its official copies. **Metrologia**, Vol. 52, N. 2; 2015 BIPM & IOP Publishing Ltd.

STOCK, Michael et al. Calibration campaign against the International Prototype of the Kilogram in anticipation of the redefinition of the kilogram Part I: comparison of the International Prototype with its official copies. **Metrologia**, n. 52, 2014, pp. 538–51.

STUMP, David J. Afterword. In: GALISON, Peter; STUMP, David J. (Orgs.) **The disunity of science**: boundaries, context and power. Stanford: Stanford University Press, 1996, p. 443-450.

SWANN, G. P. International standards and trade: a review of the empirical literature. **OECD Trade Policy Working Papers**, n. 97, OECD Publishing, 2010.

TAL, Eran. How accurate is the standard second? **Philosophy of Science**, Vol. 78, n. 5. Chicago: University Press, 2011, pp. 1082-1096.

_____. Making time: a study in the epistemology of measurement. **British Journal for the Philosophy of Science**, vol. 67, n. 1, 2014. doi:10.1093/bjps/axu037

_____. Old and new problems in philosophy of measurement. **Philosophy Compass**. v. 8, n. 12. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013, p. 1159-1173.

_____. **The epistemology of measurement: A model-based account**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Departamento de Filosofia, Universidade de Toronto, Canadá. 2012.

TAVERNOR, Robert. **Smoot's ear** – the measure of humanity. New Haven: Yale University Press, 2007.

VAN FRAASSEN, Bas. **Scientific representation: paradoxes of perspective**. Oxford: Oxford University Press, 2008.

VERA, Hector. The social construction of units of measurement: institutionalization, legitimation and maintenance in metrology. In: SCHLAUDT, Oliver; HUBER, Laura. **Standardization in measurement: philosophical, historical and sociological issues**. New York: Taylor & Francis, 2015, pp. 173-187.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Org.). **Perspectivas contemporâneas em filosofia da ciência**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

_____. A filosofia da ciência sob o signo dos Science Studies. **Abstracta** v. 2. Niterói-RJ, 2005, pp. 70-83.

WALLARD, A. J. Metrology and society. In: HÄNSCH, T.W. et al. (Eds) **Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi"**, COURSE CLXVI, Metrology and Fundamental Constants. Società Italiana de Fisica-Bologna and IOS Press, 2007, pp. 01-10.

WISE, Norton (Ed.) **The values of precision**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

WOODWARD, Jim. Data, phenomena, and reliability. **Philosophy of Science**, Vol. 67, supplement. Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. Part II: Symposia Papers, 2000, pp. S163-S179.

WTO. World Trade Organization. **Agreement on technical barriers to trade**. 1995. Disponível em: < https://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/17-tbt_e.htm>. Acesso em 04 ago. 2017.

ZIMAN, John. **Real science: what it is and what it means**. Cambridge: University Press, 2000.

APÊNDICE A

Dear Dr. [NAME],

The survey was designed to collect qualitative data to a case study on the Redefinition of the Kilogram, the reformulation of the International System of Units (SI) and its consequences on scientific and sociopolitical scenarios. They will serve as leverage to assess an epistemological hypothesis concerning the liaison between metrology and the progress of science.

After the assessment and treatment of the data, the gathered information will be reported in the surveyor's PhD thesis. Every statement will be respectfully acknowledged to its author and will express the specialist's opinions. Any additional statement on the subject will be addressed as full responsibility of the surveyor. Before the thesis defense or any further scientific publication, the respondent's acquiescence will be requested, after his examination of the draft. The whole survey and consequent scientific work have non-profitable ends.

By finishing the completion of the survey, please send it back to rovaz@inmetro.gov.br.

Thank you in advance for your help and solicitude.

Rafael de Oliveira Vaz

Researcher in History of Science and Technology – National Institute of Metrology, Quality and Technology (Inmetro)

PhD Candidate - State University of Rio de Janeiro (UERJ) – Brazil

Case Study Survey – Redefinition of the Kilogram	
1. Personal Details	
1.1. Surname:	
2.1. Name:	
1.3. Institutional Affiliation:	
1.4. Position:	
2. Questionnaire:	
2.1. What counts as a “reliable” measurement?	
2.2. Is there a difference between the physical concept of mass and the metrological definition of the unit for the quantity of mass, the kilogram?	
2.2.1. Please, briefly comment your answer:	
2.3. Is it possible to explain the concept of mass theoretically without making reference to a measurement procedure?	

--	--

2.3.1. Please, briefly comment your answer:

--

2.4. Will the redefinition of the kilogram modify the theoretical background of the concept of mass?

--	--

2.4.1. Please, briefly comment your answer:

--

2.5. The CODATA Values for Fundamental Constants will be significantly altered after the reformulation of the SI. Will the New SI pave the way to estipulate the “true value of a quantity”, a disputed definition amongst metrologists, and redefine such concepts as *accuracy*, *precision*, *uncertainty or reliability*?

2.6. Are you aware of any other experimental method that could attain good accuracies on the determination of Planck's Constant or the Avogadro's Number besides the Watt Balance and the Avogadro Project, respectively?	
2.6.1. Please, briefly comment your answer:	
2.6.2. In the affirmative case, would you please describe how would it work and why isn't it accepted as a valid procedure or model to the redefinitions in course?	
2.7. Is it correct to claim the reformulation of the SI as a conjunction of scientific, technical and sociopolitical values?	

2.7.1. Please, briefly comment your answer:	
2.7.2. Can you highlight any conventional decision or agreement about the redefinition of the kilogram, determination of the Avogadro's Number and, hence, the New SI?	
2.7.2.1. Please, briefly comment your answer:	
2.8. Would you please comment, in your opinion, what were the most significant historical events that led to the current redefinition in course?	



APÊNDICE B

29/10/2017

Redefinition of the Kilogram Case Study

Redefinition of the Kilogram Case Study

Rafael O Vaz

Enviado: quarta-feira, 15 de junho de 2016 13:44

Para: ian.robinson@npl.co.uk

Dear Dr. Ian Robinson,

Allow me to introduce myself: my name is Rafael Vaz and work at Inmetro, the Brazilian NMI since 2010. Due to my position. I enrolled in a PhD Program in Philosophy at State University of Rio de Janeiro (UERJ) to conduct a research on the production of knowledge in metrology and the dialectics of reliability and metrological traceability. Last year I was awarded a Visiting Student Position at the History and Philosophy of Science Department (HPS) of the University of Cambridge, hosted by Prof. Hasok Chang. He gladly shared with me his experience at NPL with the thermometry staff and the inestimable contributions to his research during the visit.

Unfortunately, I don't have the necessary resources to visit NPL in person. for that reason I'm writing this e-mail in the attempt to establish a fairly interchange of ideas with the NPL staff engaged on the redefinition of the kilogram. I selected this major event as my case study due to its significance to metrological aims and values. I'm aware you're busy and I don't mean to be such a nuisance, so I'd humbly like to ask if you (or any researcher with whom I could talk about my inquiry) could help me filling a short survey I've prepared to gather qualitative data for my case study.

In the affirmative case, I'll immediately write to the designated researcher attaching the form to be filled. It wouldn't take more than 10 minutes. Otherwise, I frankly thank you in advance for your attention and solicitude.

Yours sincerely,

Rafael de Oliveira Vaz, M.Sc.

Researcher - History of Science and Technology

National Institute of Metrology, Quality and Technology - Inmetro

Scientific Metrology Division

+55 (21) 2679-9351

rovaz@inmetro.gov.br

<http://www.inmetro.gov.br>

28/10/2017

RE: Redefinition of the Kilogram Case Study

RE: Redefinition of the Kilogram Case Study

Ian Robinson [ian.robinson@npl.co.uk]

Enviado: quarta-feira, 15 de junho de 2016 13:47

Para: Rafael O Vaz

Dear Rafael

It is probably best if I fill in the survey. I could then advise you if there are others at NPL who could add to the information that you seek.

Yours

Ian

From: Rafael O Vaz [mailto:rovaz@inmetro.gov.br]
Sent: 15 June 2016 17:45**To:** Ian Robinson <ian.robinson@npl.co.uk>**Subject:** Redefinition of the Kilogram Case Study

Dear Dr. Ian Robinson,

Allow me to introduce myself: my name is Rafael Vaz and work at Inmetro, the Brazilian NMI since 2010. Due to my position, I enrolled in a PhD Program in Philosophy at State University of Rio de Janeiro (UERJ) to conduct a research on the production of knowledge in metrology and the dialectics of reliability and metrological traceability. Last year I was awarded a Visiting Student Position at the History and Philosophy of Science Department (HPS) of the University of Cambridge, hosted by Prof. Hasok Chang. He gladly shared with me his experience at NPL with the thermometry staff and the inestimable contributions to his research during the visit.

Unfortunately, I don't have the necessary resources to visit NPL in person, for that reason I'm writing this e-mail in the attempt to establish a fairly interchange of ideas with the NPL staff engaged on the redefinition of the kilogram. I selected this major event as my case study due to its significance to metrological aims and values. I'm aware you're busy and I don't mean to be such a nuisance, so I'd humbly like to ask if you (or any researcher with whom I could talk about my inquiry) could help me filling a short survey I've prepared to gather qualitative data for my case study.

In the affirmative case, I'll immediately write to the designated researcher attaching the form to be filled. It wouldn't take more than 10 minutes. Otherwise, I frankly thank you in advance for your attention and solicitude.

Yours sincerely,

Rafael de Oliveira Vaz, M.Sc.

Researcher – History of Science and Technology

National Institute of Metrology, Quality and Technology - Inmetro

Scientific Metrology Division

+55 (21) 2679-9351

rovaz@inmetro.gov.br<http://www.inmetro.gov.br>

Esta mensagem pode conter informação confidencial e/ou classificada como segredos ou reservada. Se você não for o destinatário ou a pessoa autorizada a receber esta mensagem, não pode usar, copiar ou divulgar as informações nela contidas ou tomar qualquer ação baseada nessas informações. Se você recebeu esta mensagem por engano, por favor avise imediatamente o remetente, respondendo o e-mail e em seguida apague-o.

This message may contain confidential and / or privileged information. If you're not the recipient or the person authorized to receive this message, you can not use, copy or disclose the information contained therein or take any action based on this information. If you have received this message in error, please notify the sender immediately by reply e-mail and then delete it.

[Keep in touch by signing up for an email newsletter](#)


<https://webmail.inmetro.gov.br/owa/?ae=Item&t=IPM.Note&id=RgAAAAB1wMHzaZsRRLlIqVsWj1boBwDvbRU%2bE85pQ8nRg8OQu50qADBToI...> 1/2

29/10/2017

RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

Rafael O Vaz

Enviado: segunda-feira, 20 de junho de 2016 14:51

Para: Ian Robinson [ian.robinson@npl.co.uk]

Anexos: Redefinition of the Kilogram~1.docx (47 KB)

Dear Dr. Prof. Ian Robinson,

Firstly, I'd like to apologize for the slow response.

You'll find here attached the survey. I'm very grateful to count on your help. Your answers will certainly invigorate my thesis with precious and detailed information about the Reformulation of the SI.

Yours sincerely,

Rafael de Oliveira Vaz, M.Sc.

Researcher - History of Science and Technology

National Institute of Metrology, Quality and Technology - Inmetro

Scientific Metrology Division

+55 (21) 2679-9351

rovaz@inmetro.gov.br<http://www.inmetro.gov.br>

29/10/2017

WG: Redefinition of the Kilogram Case Study

WG: Redefinition of the Kilogram Case Study

Horst.Bettin@ptb.de

Enviado: segunda-feira, 20 de junho de 2016 12:04

Para: Rafael O Vaz

Dear Rafael de Oliveira Vaz,

Prof. Haertig forwarded you mail to me since I am the head of the PTB Avogadro Working Group. Please feel free to send you survey to me. If it really takes only 10 minutes to fill it, I can try.

With best regards,
Horst Bettin

Dr. Horst Bettin
PTB, Head of Department 1.8 "Mass - Realization of the Unit",
Working Group 1.82 "Solid State Density", and
Working Group 1.83 "Avogadro Constant"
Bundesallee 100
38116 Braunschweig
Germany
Tel.: +49 531 592-1800
Fax: +49 531 592-1805
E-mail: Horst.Bettin@PTB.DE

----- Weitergeleitet von Frank Haertig/PTB am 16.06.2016 09:28 -----

Von: Rafael O Vaz <rovaz@inmetro.gov.br>
An: "frank.haertig@ptb.de" <frank.haertig@ptb.de>
Datum: 15.06.2016 18:52
Betreff: Redefinition of the Kilogram Case Study

Dear Prof. Dr. Frank Haertig,

Allow me to introduce myself: my name is Rafael Vaz and work at Inmetro, the Brazilian NMI since 2010. Due to my position, I enrolled in a PhD Program in Philosophy at State University of Rio de Janeiro (UERJ) to conduct a research on the production of knowledge in metrology and the dialectics of reliability and metrological traceability. Last year I was awarded a Visiting Student Position at Max-Planck Institute für Wissenschaftsgeschichte, which I sadly had to decline due to funding issues. I was also awarded a Visiting Student Position at the History and Philosophy of Science Department (HPS) of the University of Cambridge, hosted by Prof. Hasok Chang. He gladly shared with me his experience at NPL with the thermometry staff and the inestimable contributions to his research during the visit.

Unfortunately, I don't have the necessary resources to visit PTB in person, for that reason I'm writing this e-mail as an attempt to establish a fairly interchange of ideas with the PTB staff engaged on the redefinition of the kilogram through the Avogadro Project. I selected this major event as my case study due to its significance to metrological aims and values. I'm aware you're busy and I don't mean to be such a nuisance, so I'd humbly like to ask if you (or any researcher with whom I could talk about my inquiry) could help me filling a short survey I've prepared to gather qualitative data for my case study.

In the affirmative case, I'll immediately write to the designated researcher attaching the form to be filled. It wouldn't take more than 10 minutes. Otherwise, I frankly thank you in advance for your attention and solicitude.

<https://webmail.inmetro.gov.br/owa/?ae=Item&t=IPM.Note&id=RgAAAAB1wMHzaZsRRLlqVsWj1boBwDvbRU%2bE85pQ6nRg8OQu50oADBTo...> 1/2

29/10/2017

Re: RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

Re: RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

Horst.Bettin@ptb.de

Enviado: quarta-feira, 29 de junho de 2016 9:41

Para: Rafael O Vaz

Dear Rafael de Oliveira Vaz,

Thank you very much for the interesting questionnaire.

Unfortunately, I am not able to answer your questions within 10 minutes. I think it will take many days to give good answers.

The questions are really worth a thesis and it will be very interesting to read your thesis.

Sorry that I am not able to help you, but I wish you good luck.

With best regards,
Horst Bettin

Von: Rafael O Vaz <rovaz@inmetro.gov.br>
 An: "Horst.Bettin@ptb.de" <Horst.Bettin@ptb.de>
 Datum: 20.06.2016 19:48
 Betreff: RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

Dear Dr. Horst Bettin,

I'd like to apologize in advance for the simplicity of the questionnaire, but I'm also grateful to count on your help. Your answers will certainly invigorate my thesis with precious and detailed information about the Reformulation of the SI.

Yours sincerely,

Rafael de Oliveira Vaz, M.Sc.
 Researcher – History of Science and Technology
 National Institute of Metrology, Quality and Technology - Inmetro
 Scientific Metrology Division
 +55 (21) 2679-9351
rovaz@inmetro.gov.br
<http://www.inmetro.gov.br>

Esta mensagem pode conter informação confidencial e/ou classificada como secreta ou reservada. Se você não for o destinatário ou a pessoa autorizada a receber esta mensagem, não pode usar, copiar ou divulgar as informações nela contidas ou tomar qualquer ação baseada nessas informações. Se você recebeu esta mensagem por engano, por favor avise imediatamente o remetente, respondendo o e-mail e em seguida apague-o.

This message may contain confidential and / or privileged information. If you're not the recipient or the person authorized to receive this message, you can not use, copy or disclose the information contained therein or take any action based on this information. If you have received this message in error, please notify the sender immediately by reply e-mail and then delete it. [Anhang "Redefinition of the Kilogram Survey - Horst Bettin.docx" gelöscht von Horst Bettin/PTB]

28/10/2017

RES: RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

RES: RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

Rafael O Vaz

Enviado: quarta-feira, 29 de junho de 2016 9:49

Para: Horst.Bettin@ptb.de

Dear Dr. Horst Bettin,

I'm really glad to hear from you.

I agree that I miscalculated the needed time to answer the questionnaire, but, if it's not a nuisance for you, please feel free to answer it in your own rhythm. Otherwise, I'm already truly happy to hear your opinion and apologize to take much of your time.

I'll be pleased to send you my drafts and count on your suggestions and comments.

If I can be helpful in any way, feel free to contact me.

Thanks again for your kind response and solicitude to help me.

Best regards,

Rafael de Oliveira Vaz

Diretoria de Metrologia Científica e Tecnologia – Dimci

+55 (21) 2679-9351

rovaz@inmetro.gov.br<http://www.inmetro.gov.br>

Ouvidoria 0800 285 1818

De: Horst.Bettin@ptb.de [mailto:Horst.Bettin@ptb.de]

Enviada em: quarta-feira, 29 de junho de 2016 09:42

Para: Rafael O Vaz

Assunto: Re: RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

Dear Rafael de Oliveira Vaz,

Thank you very much for the interesting questionnaire.

Unfortunately, I am not able to answer your questions within 10 minutes. I think it will take many days to give good answers.

The questions are really worth a thesis and it will be very interesting to read your thesis.

Sorry that I am not able to help you, but I wish you good luck.

With best regards,

Horst Bettin

Von: Rafael O Vaz <rovaz@inmetro.gov.br>An: "Horst.Bettin@ptb.de" <Horst.Bettin@ptb.de>

Datum: 20.06.2016 19:48

Betreff: RES: Redefinition of the Kilogram Case Study

Dear Dr. Horst Bettin,

<https://webmail.inmetro.gov.br/owa/?ae=Item&t=IPM.Note&id=RgAAAAB1wMHzaZsRRLLlgVsWj1boBwB9Uc%2fUvYVOT6hvJU77XD9SAAAA71...> 1/2

APÊNDICE C

Estudo de Caso [22.11.2016]

Rafael de Oliveira Lattanzi Vaz – 170223

Legenda:

Rafael – Entrevistador

R(n) – Entrevistado

[Inaudível 0:00:00] – Partes incompreensíveis

Anderson – Eu pensei... Porque estou preocupado de que, pô... Eu já estava no terceiro aqui com ele.

Rafael – Sim.

Victor – Bom não sei, podemos até discutir. Como você faz as perguntas...

Anderson – Então, vamos lá. Eu falei dos processos de calibração mais comuns, eu falei que eram os processos de calibração de balança. Depois foi peso padrão, quer dizer, balanças eletrônicas, não tem mais que mencionar isso, e peso padrão com eleição de um miligrama a dois miligramas, que é o mais comum. Mais comum, não quer dizer que a gente faça isso, não é? Mais comum.

Victor – Isso que eu ia falar, peso padrão e balança. São os dois mais comuns.

Arlindo – Isso... sim, mas é... Eu só especifiquei que é balança eletrônica e... Onde são definidos; ele estava falando agora que a pergunta é sobre o tipo de medição, o ciclo.

Victor – Você tinha entendido o quê?

Arlindo – Não, eu tinha entendido que era definir o processo, achei que era o cliente, não é? Que definia o processo, mas ele quer saber sobre o ciclo, que é ABBA... que, no caso...

Rafael – No caso, o cliente define o processo de...?

Arlindo – Não, ele pede. Ele pede, por exemplo, se ele quer o valor de massa e uma incerteza, e a gente é que define o ciclo.

Rafael – Ah, entendi.

Arlindo – Mas é [inaudível 00:01:03].

Victor – Então, vamos dizer assim: onde eles são definidos? O quê? Os processos de calibração do padrão de balança. Então, o padrão na R111, e balança na EURAMET/1018.

Anderson – Ah, sim, definir o processo. É que eu vi de outra forma.

Victor – Então, são os documentos de referência para eles. A R111 com o padrão...

Arlindo – Então, você pode até anotar aí porque você vai usar em algum lugar.

Victor – É a Recomendação OIML 111 para peso padrão e o Guia EURAMET/1018 para calibração de balança.

Outro – Só que o método também é especificado no processo por cliente. No processo tem um campinho lá: “método”, qual o método que a gente utiliza na calibração.

Arlindo – É que ele está definindo o processo de onde calibrar, não é? E não... Porque eu também pensei assim, que não era nem a gente que definia... Mas é o processo, a forma de calibrar também que é mais próximo do que ele está pedindo.

Anderson – Victor, fabricante de balança na atualidade, de precisão, é no Brasil ou no mundo?

Rafael – Em geral, no Brasil e no mundo, o que puderem falar.

Anderson – E aí, Victor? Você fala?

Victor – Eu coloquei aqui nada, porque eu não endosso nenhum fabricante.

Rafael – Não...

Victor – Eu não endosso nenhum fabricante.

Rafael – Não, isso eu preciso só para a tese, não é endossar.

Victor – Mas os...

Anderson – Os principais, ele não está falando os melhores.

Victor – Sim, os principais, que seja, estou achando em exatidão. Aqueles que trabalham com... Que os profissionais de metrologia utilizam para calibrar.

Rafael – Sim.

Victor – Mettler-Toledo e Sartorius

Anderson – E aquela... Aquela polonesa, como é?

Arlindo – RADWAG.

Victor – Eles também têm comparadores, poderia até para alguns, uma outra marca polonesa, RADWAG. Radwag.

Rafael – Radwag, é polonesa?

Victor – É polonesa.

Anderson – Aqui...

Victor – Agora tem... Estava vendo agora, por acaso, a linha de produtos tem crescido tremendamente, tem comparadoras automática e tudo, mas não chegam na resolução da Mettler e da Sartorius para o kilograma.

Anderson – Veja bem o que ele está falando: as de alta...

Rafael – Alta precisão.

Victor – Exatamente.

Anderson – São essas. Agora, aqui no Brasil tem outros fabricantes.

Rafael – Ah, sim.

Victor – Agora, essas...

Anderson – São de precisão, mas não quer dizer que são de alta...

Victor – Esses fabricantes fabricam comparadores de massa, que são específicos para calibrar peso padrão. E...

Anderson – E balanças de precisão também, não é?

Victor – Exatamente, e no mais alto nível, mas se você está pensando em balança de precisão que se utiliza em laboratório, que também são de alta exatidão, mas o propósito não é calibrar padrões, mas fazer pesagens de alta exatidão, na indústria, na pesquisa, aí tem um monte de fabricantes.

Rafael – Pode citar alguns?

Victor – Shimatzu.

Rafael – Nacionais ou internacionais? Que aí são referentes à pesquisa científica e tudo mais.

Victor – A própria Sartorius e a Mettler têm linha para laboratórios.

Anderson – Pode falar das balanças...

Victor – Então, isso se mantém. Agora, outra, como eu falei, Shimatsu é uma linha de balanças de laboratório.

Davi – Tem a Rivage aqui.

Arlindo – GEHAKA.

Victor – GEHAKA, que também é nacional.

Anderson – GEHAKA se escreve G, E, H, A, K, A.

Rafael – Está bem.

Arlindo – Tem aquelas Bioprecisa também agora.

Victor – Então, são fabricantes para laboratórios.

Anderson – O Arlindo é representante dessas aí. [risos] Ele pode vender algumas aí se você quiser.

Anderson – Sim, aqui tem perguntas não entendidas aqui, se você quiser.

Rafael – Ótimo.

Anderson – O que são considerados modelos na determinação de massa? Eu não entendi a pergunta.

Arlindo – Eu também não.

Victor – Bom, como é que eu entendi e redigi uma resposta aqui. Modelos de resultado de uma medição é uma função matemática que representa os fenômenos físicos envolvidos na medição de uma grandeza. Relaciona a grandeza na saída, que é o mensurando, a parâmetros de entrada, que são as grandezas de influência. Na calibração de massa, o mensurando é a massa, ou a massa convencional; do padrão de massa, ou o peso padrão, porque o peso padrão e massa convencional e padrão de massa têm massa, por isso coloquei entre parêntesis aqui. E na calibração de balanças o mensurando é a indicação do instrumento, da balança. Então, tem todo o escopo de modelos. Dentre as grandezas de influência para ambos os casos estão: temperatura, pressão atmosférica, umidade, volume dos padrões, etc. E associada a essa característica estão os instrumentos de sensibilidade, repetibilidade, não-linearidade etc. nos medidores. Então, o modelo, o que relaciona, é isso, os parâmetros de influência com o resultado que vai sair. Na calibração de balança é o erro de indicação, na calibração de padrão é a massa do padrão. Não sei se era isso o que você estava...

Rafael – Sim, sim. Existe algum parâmetro nessa função que trata, por exemplo, do instrumento? Ou alguma coisa específica do instrumento? Por exemplo, se o instrumento tem melhor exatidão, menor exatidão? Tem algum desvio?

Arlindo – Não, na realidade, os desvios são todos características do equipamento, não?

Victor – Sim, a exatidão, na determinação do mensurando vai depender da incerteza que quer ser obtida no final. E se quer ser obtida uma incerteza baixinha, é um monte de parâmetros adicionais. Então, o que define é qual a incerteza que eu quero no final. Em balanças, por

exemplo, um grama, então as... Um grama em, não sei, duzentos gramas, bom, toda a influência de empuxo do ar, temperatura, praticamente nem aparecem. Agora, um decigrama e minha incerteza é um micrograma, aí é outra história, tem que considerar outros parâmetros e tudo. Nesse sentido é que muda a modelagem. Então, quantos parâmetros de influência você vai considerar porque o mensurando é sensível a esses parâmetros. Se não é sensível, você desconsidera, tipo balanças grosseiras.

Rafael – Então, só para... Eu sei que vou extrapolar um pouco a pergunta, já não sei se vai estar dentro do nosso roteiro, mas, no caso, falando da redefinição do quilograma, que é o estudo de caso que estou querendo desenvolver, esses parâmetros mudam por que o método é diferente, por que o instrumento é diferente? Esses parâmetros que entram na função, eles se alteram?

Arlindo – Mudam todos.

Victor – São todos.

Rafael – Vocês sabem dizer mais ou menos quais são?

Anderson – Talvez as equações de alguns podem continuar as mesmas, vai mudar a forma de aplicação, não é?

Victor – Sim, na balança de Watt...

Anderson – Não tem umidade do ar, por exemplo.

Victor – Não, eles eliminam alguns...

Anderson – Isso foi...

Victor – Mas isso gera outros fenômenos, outros problemas.

Arlindo – Basicamente, não vai ter nada igual.

Victor – Porque você tem a massa que está sendo medida dentro da balança no vácuo, mas na hora que você tira a massa do vácuo, porque em algum momento vai passar de vácuo para condições normais, aí a superfície vai sofrer os efeitos da umidade e vai mudar a massa que tinha sido acabada de determinar. Então, sempre vai acontecer um ou outro... Mesmo que seja mantido no vácuo, saiu... está conservado no vácuo, mas quando esse padrão for utilizado para um outro

padrão, mesmo que seja no vácuo, aquele cliente que enviou, ele vai receber em condições ambientais normais, e aí vai acontecer o fenômeno...

Rafael – Essas...

Anderson – As medições são diferentes. Na balança de Watt tem uma fase em que você mede em movimento. Você nunca mede em movimento.

Victor – Sim, exatamente.

Anderson – São ordem de grandeza.

Victor – Exatamente, são outras grandezas de influência naquela experiência.

Davi – É uma outra experiência.

Victor – Então, o mensurando vai ser massa. Uma vez que a definição é feita, agora, o mensurando é a constante de Planck, que é o que está sendo definido, uma hora que é definida, pronto. É definida a constante de Planck, daí para frente é disseminação, realização da unidade e disseminação. Então, por exemplo, nós poderíamos ter aqui uma balança de Watt. Não participamos na redefinição, nada, mas daqui a uns dois, três anos construímos uma balança de Watt para aplicar o princípio, de acordo com os parâmetros de realização de unidade do BIPM e, então, nós aí podemos determinar a massa de um objeto.

Rafael – Desculpe interromper, esses parâmetros para a realização primária, eles são aqueles que estão disponíveis inclusive no site do BIPM? Abertos? Ou eles têm uma norma como essas dos responsáveis pelos processos, que vocês comentaram que são... Perdão... Pelos... Sim, os documentos de referência? Ela tem um documento de referência específico, a realização primária?

Victor – Você diz depois da redefinição?

Rafael – Sim.

Victor – O BIPM está trabalhando nisso, porque naquele roteiro, você diz lá que eles disseram que acabam 2018 com a redefinição e estabelecem atividades prévias, condições prévias para poder dizer, pronto, está redefinido. Você redefine, tem que realizar e tem que ter um método para disseminar. Isso tem que estar estabelecido previamente. Então, tudo isso está sendo estudado pelo BIPM e existem publicações disponíveis...

Anderson – Está tudo aberto, sim.

Victor – Abertas para a as pessoas interessadas conhecerem como está, mas ainda não estão definidos os procedimentos. Mas com isso, eu te falo, o BIPM definiu uma constante, perfeito, agora tem que especificar como disseminar esse procedimento básico, que é genérico, porque não pode amarrar... O básico é definido pelo BIPM. Então, qualquer laboratório que aplique esse procedimento, com o *set-up* que tiver, pode realizar a unidade.

Anderson – A diferença é que a gente vai partir daí de uma máquina dessas, não é? Quer dizer...

Victor – Então...

Arlindo – Mas qual vai ser o método? Acho que essa a pergunta...

Anderson – Não é mais balança de Watt agora, é balança de Kybble.

Davi – A questão da validação do método, porque o BIPM descreve a metodologia e o processo para fazer. Mas depois que você faz, ele quer saber como você garante que você fez correto.

Anderson – Comparação.

Arlindo – Aí é em...

Victor – Sim, você fez uma, só que aí voltado para uma indústria, não para um laboratório nacional, você fez para uma indústria, que tenha a capacidade para a realização primária de uma grandeza, que na verdade não se realiza primária uma grandeza, se realiza a unidade.

Rafael – A unidade.

Victor – A unidade.

Anderson – A unidade.

Rafael – Perdão.

Victor – A unidade. Então, precisa da autoridade da estrutura metrológica internacional para validar o seu resultado?

Anderson – Essa pergunta é meio capciosa...

Victor – É como tenho dito, precisa.

Anderson – E eu entendi que não.

Victor – Sim, então, como eu entendi e que está na minha coisa; se for no mais alto nível de exatidão, precisa do BIPM. É o BIPM que estabelece o conjunto de instruções que permite que essa

definição seja realizada. Esse é o mais alto nível. Então, o *mise-en-pratique* é dado pelo BIPM, então, é assim que se faz.

Arlindo – Mas eu entendi que ele está falando em validar.

Anderson – Então, o que é validar? Essa é a minha pergunta.

Victor – Então...

Anderson – Porque na verdade os resultados...

Victor – Sim, sim, mas, então, mas a primeira coisa, você tem que seguir esse procedimento do BIPM, agora... Em todos os casos, em todos os casos, seja nesse mais alto nível, ou em outro nível, para validar os seus resultados, é necessário participar de uma comparação inter-laboratorial, que é o que você estava... oficial. Apropriada ao nível de incerteza alcançado. Então, o que valida realmente é uma comparação inter-laboratorial.

Anderson – Mas qual é a necessidade que ele tem de validar? Se ele realiza uma unidade, ele não precisa validar. É isso que eu estou querendo saber a que ponto que ele fez a pergunta.

Arlindo – Por que não precisa? Para mim, ele precisaria.

Anderson – Não, se eu quiser fazer para a minha indústria saber que as minhas balanças estão medindo corretamente e eu tenho o padrão primário de massa, e vamos supor que ele tem, ele não precisa validar.

Arlindo – Mas então, como...

Victor – Como ter certeza que efeturam...

Anderson – Não, se eu acredito no meu processo, que está tudo correto...

Victor – Mas, olha, isso não é monocrático, por isso eu digo, precisa, você precisa da estrutura do BIPM...

Anderson – Não, não. Não, Victor, se a minha indústria, toda vez que vem o Inmetro lá verificar e está tudo funcionando, e eu tenho o meu padrão e eu sei fazer, e eu estou atendendo. Se eu sei que estou atendendo, eu não preciso, porque eu não preciso ser acreditado, isso é tudo voluntário.

Arlindo – Ah, na sua.

Anderson – Na minha indústria, na minha, eu lá na minha casa.

Davi – Realmente, você não vai validar o método primário. Quer dizer, vai validar o resultado obtido...

Anderson – Não, eu não preciso... Você quer fazer arroz e quer ter 500 gramas de arroz na sua panela, na sua casa, você precisa validar a sua balança?

Victor – Isso faz parte da outra pergunta que ele fez.

Anderson – Mas eu só quero saber qual é o escopo que ele está pensando na pergunta. Se você está pensando do ponto de vista legal, ou seja, vai precisar... É o equivalente à acreditação. Aí tem que fazer tudo [inaudível 0:14:23]

Victor – Não, mas se você falou no Inmetro e vê que está tudo certo, então, não precisa validar? Não. Você precisa... O Inmetro vai cobrar que você tenha a rastreabilidade daquela unidade.

Anderson – Agora, não é?

Victor – Daquela *mise-en-pratique*. Agora, não, sempre. Sempre, porque se você segue e eles disserem que sim, você está obrigado a mostrar que essa...

Anderson – Eu faço chapa de aço de carro e eu tenho lá um medidor elétrico que mede a espessura. Eu meço... não precisa nem saber que eu meço com... Ele vai lá e diz assim, “Olha, essa espessura não está correta.”

Victor – Bom...

Anderson – Vai avisar lá no fim. Por isso que estou dizendo, depende da indústria que a gente vai... Mas a questão que estou falando é exatamente essa, depende de qual; a tua pergunta ficou muito genérica. “Ah, ele precisa validar?” Tipo assim, se ele vai vender material que tem que ser... Como é aqueles que tem...? Norma compulsória, atestado de [atender 0:15:11] ele vai ter que validar. Se ele quer vender para algum país que exige que a medida seja formal, reconhecida, ele vai ter que validar.

Victor – Exatamente.

Anderson – Agora, para outras coisas que ele queira fazer, não interessa.

Victor – A sua pergunta é...

Anderson – Só que qual é a questão? Ninguém compra um sistema de padronização primária para não ser reconhecido, não é? Então, obviamente eles vão recorrer ao organismo, então, é quase condição *sine qua non*, não é?

Victor – Não tem como não se dar; você tem uma indústria e essa indústria tem um monte de balanças, o processo não interessa que tenha...

Davi – E ele tem um padrão do quilograma lá e ele mesmo usa lá e...

Victor – Mas não é uma necessidade como você está falando.

Anderson – Mas é que a pergunta, eu queria saber...

Rafael – Sim, só com esse intuito.

Anderson – Agora, aquela que tem o padrão... ele vai...

Victor – Então, para fundamentar aquilo que eu estava falando, a 17025 diz, no item 5.6.2.1, “nota 3: no laboratório de calibração que mantenha os seus próprios padrões primários”, porque essa era a condição.

Anderson – Esse é o laboratório de calibração.

Victor – Para a indústria... É, mas a indústria está realizando o seu próprio valor primário.

Anderson – Isso.

Victor – Ela não é um laboratório de calibração, mas se uma indústria está realizando o seu próprio padrão primário, então pode se enquadrar dentro dessa... do requisito da 17025. Por quê? Se você tem um padrão primário utilizado para dar rastreabilidade, e é o que os laboratórios de calibração fazem, então faz sentido esse processo.

Anderson – Vou só dar um exemplo, só para... Se você fabrica celular, provavelmente vai ter mais regulamentação em relação a massa... a... sei lá o quê. E você tem lá dentro do seu laboratório padrões de eletricidade disso, daquilo, para fazer o melhor celular possível. Você não precisa de autoridade internacional nenhuma. Entendeu onde eu quis explicar assim?

Victor – Sim.

Anderson – Agora, obviamente, se o celular for medido a quilo, a sua balança vai ter que estar dentro do sistema, não é?

Victor – Continuando com essa nota 3 desse item; está aqui: “Os laboratórios de calibração que mantenham os seus próprios padrões primários, ou representação das unidades de SI, baseadas em constantes físicas fundamentais, podem declarar estas unidades de Sistema SI, somente após

comparação direta ou indireta desses padrões com outros padrões similares do Instituto Nacional de Metrologia.”

Anderson – É a declaração rastreando ao SI.

Victor – Então, nesse sentido, complementando, sim, precisa.

Rafael – Se não, de um modo bem chulo, bem grosseiro, está fora da cadeia.

Victor – Sim.

Anderson – Sim, cadeia de rastreabilidade.

Rafael – De rastreabilidade, do sistema, da cadeia de rastreabilidade.

Anderson – A rastreabilidade sempre vai envolver uma unidade aceita internacionalmente pelo BIPM, não é?

Rafael – Sim. É, porque a gente tem a propriedade e a gente tem o sistema, que tem a cadeia de rastreabilidade e tem rastreabilidade, são duas definições que...

Anderson – Sim, mas uma indústria que tenha capacidade para realização primária de uma grandeza precisa da autoridade do sistema internacional para validar o seu resultado? Ela não precisa validar o seu resultado. Agora, em casos que precise validar, ela precisa recorrer à...

Rafael – Sim, foi o caso que vocês citaram uma vez, por exemplo, tem empresas grandes que tem uma capacidade de...

Anderson – Às vezes melhor que a...

Rafael – Às vezes melhor que do que muitos institutos nacionais de metrologia...

Anderson – Sim.

Rafael – E eles desenvolvem o instrumento de medição e, suponhamos, vendem para esses institutos nacionais de metrologia.

Anderson – Ainda tem isso.

Rafael – Entendeu? Então, se eles têm capacidade de fazer um instrumento que faz, por exemplo, a realização primária...

Anderson – Esse é como a Mettler, por exemplo, a Mettler precisa estar rastreada?

Arlindo – Precisa estar rastreada.

Victor – Não, claro, a Mettler com catálogos de...

Anderson – Não, o padrão, sim, Victor, mas o equipamento? Se ela fabricasse só balanças?

Victor – O quê?

Anderson – Ela precisaria ter rastreabilidade?

Victor – Claro, porque tem os padrões embutidos lá de ajuste interno, provavelmente.

Anderson – Mas isso não é... Não é...

Victor – Não, mas tem valores nominais que estão rastreados à...

Anderson – Tem certeza?

Victor – Por isso que você ajusta, senão: se não estivesse próximo do valor nominal...

Rafael – É que aí é um caso específico de metrologia legal, não seria?

Anderson – Não, não.

Rafael – Porque são eles que...

Anderson – Não, não.

Victor – Na verdade, é como se esse instrumento tivesse embutido a realização primária da unidade.

Por quê? A realização primária de unidade hoje é protótipo, um objeto físico, um cilindro metálico, não é?

Rafael – Sim.

Victor – E essas balanças têm cilindros metálicos lá, com uma massa determinada, que é utilizada para ajustar o valor da balança, então é como se você colocasse o padrão de referência e ele ajusta a balança para essa indicação. Então, é como se estivesse embutido o padrão primário.

Anderson – Essa pessoa podia ter comprado o padrão, não é?

Victor – Sim.

Anderson – Eles fazem a balança com a tecnologia e compram o padrão.

Victor – Então, para eles utilizarem esse cilindro, que são em formatos especiais para balança, mas têm a massa que eles precisam. Obviamente, essa massa tem rastreabilidade à unidade que eles têm. Essa massa interna de ajuste, não precisa ser da máxima exatidão, porque é só para ajustar a faixa de calibração da massa, porque daí você tem as diferenças que são muito exatas – o ponto de partida não é ponto crítico, por isso que não precisam ser de alta exatidão, mas obviamente tem que estar muito próximo do valor nominal, por exemplo, um kilograma,

quinhentos gramas, o que for. Mas, então, realmente, a Mettler, com o catálogo de serviços deles, mostra que tem aí vários protótipos, calibrados por diferentes instituições, [inaudível 0:20:45] então, tem uma fonte de rastreabilidade aí muito boa, mas ele não é considerado internacional.

Rafael – Sim.

Victor – Mas como um protótipo que é praticamente idêntico ao protótipo internacional, do próprio BIPM, ele tem um padrão equivalente a outros padrões internacionais, e isso o próprio BIPM.

Rafael – Então, ele entra na cadeia porque, mesmo fazendo... sendo capazes de reproduzir esse padrão, eles precisam logicamente comparar.

Victor – Eles devem ter recebido esse padrão pelo próprio BIPM.

Anderson – É que massa não é um bom exemplo, porque massa todo mundo é obrigado a estar rastreado com o BIPM.

Victor – Exatamente.

Rafael – Justamente isso, então, por isso estou querendo...

Anderson – Não, massa é o pior exemplo para isso, porque realmente, qualquer coisa que falar, ‘rastreabilidade de massa’, a unidade de massa está no BIPM, então, é de lá que vai...

Victor – É fornecido por... E pelo próprio Inmetro, isso é o que eles têm.

Anderson – Então, massa não é um bom exemplo, agora, por exemplo, para temperatura, já tem célula de ponto triplo, não precisa ter uma específica.

Victor – E, na verdade, Sartorius e Mettler acabam desenvolvendo essas comparadoras de maior exatidão interagindo diretamente com o próprio BIPM.

Anderson – Aliás, o BIPM deve ter uma lá que foi feita por um deles, provavelmente, não sei quem é.

Victor – Então, interagem e acabam desenvolvendo. A Sartorius... O BIPM tem uma dessas balanças que tem a marca Sartorius, e que foi desenvolvida junto com ele. Ou tem essa comparadora Metter-Toledo, e que também foi desenvolvida com a participação do próprio BIPM. Então, eles tentam atender ao que o BIPM precisa, na maior exatidão que eles... com a tecnologia que eles têm e dominam, podem chegar lá.

Anderson – Agora, a outra questão achei interessante. Na verdade, rastreabilidade e acreditação; para ser acreditado tem que estar rastreado, não é? Com certeza, mas você não precisa estar acreditado para ser rastreado.

Victor – Eu vou ler aqui...

Arlindo – Nós não somos acreditados. O padrão do Inmetro é acreditado por *default*, não é? Por...
Reconhecimento internacional.

Victor – A acreditação é em termos de uma norma.

Arlindo – Isso, sim.

Rafael – Então...

Arlindo – Norma internacional.

Rafael – Mas aí, o CIPM MRA que...

Arlindo – Isso.

Anderson – Tudo bem, mas eu estou dizendo que a gente não sofre.

Victor – Autodeclara que está dentro da norma.

Anderson – Isso, entendeu?

Victor – Então, não pede para um órgão de acreditação que faça uma avaliação. Mas autodeclara que atende os requisitos da norma, que é a 17025. Então, mas não basta a palavra, por isso tem que mostrar resultados de comparações laboratoriais e tem que ter um perito de outro laboratório que faz uma avaliação e dê uma opinião se realmente o laboratório tem compatibilidade...

Arlindo – Acreditar, a gente é diferente...

Victor – (...) como resultado de comparações, então... Os resultados, que são bem objetivos, atendem ou não atendem, está comparativo ou não; e ainda tem a opinião de um *expert* na área e que diga se realmente atende aos requisitos da norma. Isso evita que um laboratório chame outro para acreditação. Diz, “está, sou acreditado pela...”

Anderson – Tem muitos que não vêm à Cgcre, não entram aqui para ver.

Victor – Mas tem outros laboratórios nacionais que chamam a acreditação para mostrar: “Olha, está aqui o nosso certificado de acreditação e com isso já podemos entrar no MRA.” Mas no caso do Inmetro é autodeclaração, porque o MRA permite isso.

Davi – Realmente, é o caso daquele instituto de Moçambique. Quando veio aqui, o Inoc, era acreditado pelo órgão do... Reino Unido? Mas era acreditado.

Rafael – Mas, nesses casos, não é justamente porque esses laboratórios são novos e têm menor capacidade metrológica?

Victor – Sim, provavelmente seja isso.

Anderson – Não, eles não...

Rafael – Eles não teriam condições de entrar numa comparação interlaboratorial, pelo menos não de início?

Victor – Eles teriam, mas para eles significa, significa chamar um ente de acreditação, porque ele vai fazer toda a verificação e não tem que se preocupar em fazer... Participar por conta própria, chamar e tudo, que é o que...

Anderson – Mas é um parâmetro estranho você querer ter a independência do seu país em metrologia e chamar outro país para te ajudar.

Victor – Eu entendo, quando se fala em soberania em metrologia, eu acho absurdo, porque a metrologia por definição é universal...

Anderson – É operativa.

Victor – Não, é universal, então você pretende a universalização, então você não pode dizer “Ah, eu sou soberano aqui.” Por quê? Se eu não tenho a definição da unidade aqui, peço do outro país, do vizinho.

Anderson – Sim, mas se você monta um laboratório nacional, não há sentido em você investir em toda uma estrutura e você pegar a rastreabilidade ou acreditação com outro país, se você pode pegar vertical.

Victor – Ah, se tiver, sim, mas...

Anderson – Mas, por exemplo, se o Inoc está montando, eles devem ter feito porque é mais fácil agora, neste momento, mas...

Davi – Porque dar espaço deve ser muito mais barato.

Anderson – Mas daqui para frente, em algum momento, ele vai querer pegar vertical.

Arlindo – Sim, porque se não a estrutura que eles montaram não tem necessidade de...

Anderson – Não, tem países que não tem Instituto Nacional de Metrologia, aí é opção deles.

Arlindo – É o primeiro passo, mas isso que estou dizendo...

Anderson – Mas isso é o que vamos discutir, que é a questão é que se você monta; assim, se não houvesse aqui o Lamas do Inmetro o país ia recorrer a outra forma.

Rafael – Você disse que pode pegar rastreabilidade, no caso, verticalmente.

Arlindo – Sim, se você tem um laboratório nacional, vai para quem? Acima do laboratório nacional?

Rafael – Ou é... O BIPM.

Arlindo – O BIPM, sim.

Rafael – Porque as regionais ainda estão horizontais.

Victor – Sim, por exemplo, nós podemos, se tivéssemos um problema com o BIPM...

Anderson – O problema é que o vertical em rastreabilidade é a unidade, mas eu posso ir direto lá onde está a unidade, ou posso pegar pela unidade de massa do outro. Quando ele vai pegar a rastreabilidade de um PTB, você está indo pegar com a unidade de massa de lá, que já pegou...

Davi – Se não me engano, a questão é que lá no... Em Moçambique...

Anderson – Ainda não tem.

Arlindo – Eles não tinham... Eles eram acreditados para a calibração E-2, e eles não estavam nem mais em alto nível.

Rafael – Calibração?

Arlindo – Por exemplo...

Rafael – E-2, você falou?

Davi – E-2, mas não é... Para peso é E-1. Então, eles não estavam no mais alto nível.

Anderson – E-1 é melhor que E-2.

Davi – É muito mais difícil ele conseguir uma... Essa questão vertical... É mais fácil ele conseguir a...

Rafael – Desculpe, você falou E-1, E-2, são quantos níveis isso?

Davi – Ai, desculpa...

Anderson – E-1, E-2, F-1, F-2...

Davi – Comercialmente, o E-1 é mais alto, comercialmente, o E-1 é mais alto.

Anderson – São nove níveis.

Davi – Sim.

Rafael – São nove níveis? E esses nove níveis têm diferenças de...

Anderson – Incerteza e exatidão da classe.

Rafael – Incerteza e exatidão da classe, mas...

Anderson – Quanto desvio de massa aceita em cada padrão e qual a incerteza associada a esse padrão.

Rafael – Independente do formato do padrão especificamente?

Davi – É que a forma... Tem a norma R111, que diz como se faz o [inaudível 0:27:46] mas...

Victor – Tem uma forma recomendada.

Arlindo – Sim, recomendada, mas não é obrigatória.

Anderson - Aí tem o E-0, tira. Esquece.

Arlindo – (...) valores nominais.

Anderson – Esquece o E-0 dessa aí, que não tem.

Arlindo – Número máximo admissível para cada classe, dependendo do valor nominal. E a incerteza admitida é um terço no máximo, para cada classe. O número máximo para cada classe é maior...

Anderson – Só... Não existe esta aqui em azul, sim? Então você conta aqui, olha, um, dois, três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove.

Rafael – Certo.

Anderson – Essa E-0 é o fabricante que está dizendo que faz melhor.

Victor – Essa é da R 111, do OIML-111.

Rafael – Tabela da OIML...

Victor – 111, recomendação que ela emite sobre calibração para pesos padrão.

Rafael – Recomendação 111.

Victor –A que era mencionada na primeira pergunta.

Anderson – É uma recomendação da metrologia legal ainda. Então, a gente aqui não estaria subordinado à metrologia legal, mas toda a metrologia legal se baseia, então a gente... tenta seguir ela, mas não é obrigado que o padrão tenha o mesmo formato.

Rafael – Certo.

Davi – Então, como ele não é capaz de realizar calibrações do peso no mais alto nível, aí ele tem acreditação, que é um passo muito mais simples do que ele pegar a rastreabilidade de E (?), porque eles não têm nem protótipo. Um país que não tem protótipo não tem condições. Eu nem sei, Victor, um país que não tem protótipo pode calibrar pesos de aço no BIPM?

Victor – Sim, claro. Desde que seja membro da comissão do metro, membro oficial, então ele...

Davi – Ah, sim, mas em geral, ele não calibraria um peso, sei lá...

Anderson – Não, vale a pena...

Victor – Por exemplo, a Argentina não tem protótipo para definir de platina-irídio, então, a referência deles, o padrão, vai ser nós. Que calibra, regularmente, lá no BIPM. E toda a estabilidade é a partir desse padrão de aço inox, que é o padrão nacional da Argentina.

Anderson – Eu estou para ver o dia em que a Argentina venha calibrar com a gente.

Arlindo – Vai avacalhar tudo de sacanagem.

Anderson – De sacanagem, olha que é de confiança, olha que está gravando o que você falou.

Arlindo – Ah, é mesmo.

Rafael – Calma que tudo agora vai ser transcrito com calma e a gente está gravando no melhor...

Anderson – Quem falou aquilo foi o [inaudível 0:30:01] Júnior. É bom deixar claro. E o Anderson não vai vir para a reunião hoje?

Rafael – O nosso padrão... O padrão que nós temos aqui e que está no cofre é o número...?

Anderson – 66.

Rafael – 66 e ele é de que material?

Victor – Platina e irídio.

Rafael – Platina e irídio mesmo, é uma reprodução do IPK?

Anderson – Platina e irídio, 90% platina e 10% irídio.

Rafael – 10% irídio.

Anderson – Isso.

Victor – Você não chegou a ver?

Rafael – Eu lembro, mas é só para registrar.

Arlindo – É deste tamanho. Aí está o tamanho, é só o tamanho.

Rafael – É só para poder registrar. E ele é de que ano? Sabe dizer, professor?

Victor – Anos 80.

Arlindo – Ele é antigo.

Victor – Não, mas ele não é da primeira fornada dos quarenta primeiros do final do século 19. Ele foi fabricado, se não me engano, nos anos 1980.

Anderson – Nos anos 1980?

Victor – Sim, nos anos 1980.

Anderson – Só mudaram o princípio de usinagem, eu acho, não? A liga continua a mesma.

Victor – Sim. Nunca foi outra liga.

Rafael – Antes não houve nenhum padrão desses no Brasil? Porque o Brasil não ratificou a criação do BIPM...

Anderson – Então não ganhou um padrão inicial.

Rafael – Então eles não ganharam um padrão inicial, mas eu lembro que quando eles, acho que na década de 1930, eles retornaram, entraram... Retomaram a sua parte na convenção, pagaram os atrasados inclusive, aquela coisa toda, e entraram na estrutura novamente, internacional, e aí dizem que ganharam padrões, mas os padrões foram roubados, ou perdidos.

Victor – Não, acho que não ganharam outro padrão, simplesmente regularizaram e pronto, está regular.

David – Mas para eles fabricaram...

Arlindo – Eles usaram de outros países.

Victor – Porque nesse ano não tinha infraestrutura metrológica aqui no Brasil para utilizá-lo, então não adiantava receber, “Você agora pagou, está aqui.” Não. É pedido, então, quando você tem uma estrutura, bom, “Agora você precisa, então, vou lá.” E eles fornecem para o Inmetro.

Rafael – Ah, sim, claro, então não foi, eu simplifiquei, ganhei, não, pedem para fabricar, aquela coisa toda.

Victor – Nessa época não tinha tecnologia e estrutura para utilizá-los. E só teve estrutura agora, esta é a primeira vez que está sendo utilizado o protótipo.

Anderson – E eles não fazem individual, não é, Victor? É em lote que eles fazem, não é?

Victor – Acho que eles fazem em lote e têm reserva, se alguém pede e está pronto, entregam...

Anderson – Mas você tem que pedir e tem um... vão fazer um para você, já está feito lá.

Victor – E se não tiver, tem que esperar até fazer um lote, alguma coisa assim. Mas o que não conheço bem da história deste, é porque ele chegou nos anos 1980, então significa que o Brasil pediu e ganhou, então deve ter demonstrado no mínimo um interesse para utilizá-lo e acho que foi isso. Porque se não me engano, o primeiro chefe do laboratório que teve aqui, antes do Paraguaçu, ele foi para a Itália, para fazer um treinamento sobre a disseminação a partir do protótipo, apoiado pelo PTB, pelo PTB. E o... Bom, então nessa época chegou o protótipo aqui, então a ideia provavelmente lá era realmente montar a estrutura para utilizá-lo.

Rafael – Isso foi durante o projeto Criptônio, essas coisas?

Victor – Como?

Rafael – Sabe dizer se foi durante o projeto Criptônio? Que foi quando mandou o pessoal aqui do Brasil na década de 1970, 1960, 1970 para lá para o PTB, para poder trazer metrologia, aspas, montar o...

Victor – Sim, mas nos anos 1960, 1970, não, porque aí não existia Inmetro, era o INPM, não.

Rafael – Sim, era o INPM, mas... O Inmetro é de 1973, e eu me lembro que o Projeto Criptônio é um pouco depois, que foi para treinar o pessoal da metrologia, para trazer metrologia científica para o Brasil, trazer entre aspas.

Victor – Não tenho ideia se... Eu não, mas...

Rafael – Tudo bem.

Victor – O que me chamou atenção foi que faz uns dois anos teve uma comemoração da cooperação do PTB com o Brasil, que era mais de 30 anos, alguma coisa assim. E eles disseram “Foram projetos que o PTB tinha apresentado para o Inmetro.” E eles tinham na relação, que eles tinham fornecido um padrão ao Brasil, de um kilograma. Então, eu deduzi que esse protótipo foi obtido aqui pelo Inmetro por intermédio do PTB, por meio desse projeto, onde o próprio chefe do laboratório tinha ido lá à Itália para treinar e todo um procedimento. Então, acredito que essa foi a razão para ter um protótipo aqui. Mas, passados alguns anos, não foi utilizado, chegou 1993,

que foi a segunda... De 1988 a 1993, alguma coisa assim, a segunda verificação periódica dos protótipos, que foi enviado um protótipo, passou pela segunda verificação e foi devolvido.

Rafael – O Brasil... Segunda verificação periódica... Geral, o Brasil participou...

Victor – Participou, sim.

Rafael – Pela primeira vez na segunda?

Victor – Pela primeira vez na segunda, porque aí já tinha o protótipo, então foi lá. E, bom, em 1995, quando eu cheguei aqui no Inmetro, estava num pacote, empacotado ainda como tinha sido recebido de volta da segunda verificação.

Anderson – Que bom, não é?

Victor – Da segunda verificação. Eu, Paraguaçu, abrimos o pacote e tudo. Por quê? Aí já tínhamos o comparador.

Anderson – Se cai no chão rolando.

Victor – Já tínhamos o comparador de peso, então, reparem, o padrão que estava há mais de dez anos aqui, mas não tinha condição de ser usado. Mas quando tivemos essa comparadora, já tínhamos condições de laboratório e tudo, então já dava para... Tanto que foi Paraguaçu quem bolou o projeto para utilizar o protótipo como padrão de referência nacional. A aquisição dessas comparadoras, de monitoração ambiental, tudo foi pesquisado por ele.

Anderson – A última questão é o Victor quem responde, eu nem abro a boca.

Victor – Então, aqui diz, “A porta de entrada para a cadeia de rastreabilidade é a acreditação?” No caso...

Rafael – No caso...

Victor – No caso dos laboratórios de calibração, a pergunta, “E a indústria supracitada, como ela entraria na cadeia se não passar pelo processo de acreditação?” São duas perguntas para... Então, aí, eu coloquei um texto que está na página do Inmetro sobre credenciamento, diz aí, mas é sobre acreditação. “A acreditação é o reconhecimento formal por um organismo de acreditação, que é um organismo de avaliação de conformidade - OAC (laboratório, organismo de certificação ou organismo de inspeção) atende a requisitos previamente definidos e demonstra ser competente para realizar suas atividades com confiança.” Então, isso diz esse

texto do Inmetro que não sei de onde é, mas está lá no Inmetro. “Acreditação é o reconhecimento formal por um organismo de acreditação que diz que um laboratório atende a requisitos previamente definidos e demonstra ser competente para realizar suas atividades de confiança.” Está aí um link. Outra citação. “Acreditação é de natureza voluntária, sendo concedida para qualquer laboratório que realize serviços de calibração e/ou ensaio em atendimento à própria demanda interna ou de terceiros, independente ou vinculado a outra organização, de entidade governamental ou privada, nacional ou estrangeiro, independente do suporte ou área de atuação.”

Então, aí no caso dos laboratórios de calibração, que podem ser de uma indústria, os requisitos pré-definidos são os da norma 17025. E o item 5.6, sobre rastreabilidade, estabelece requisitos de as medições serem rastreáveis. Então, de novo, a 17025, [inaudível 0:37:45] A rastreabilidade em medição fica evidenciada por meio de certificado de calibração dos padrões. Então, a porta de entrada para a cadeia de rastreabilidade é a acreditação? No caso de laboratórios de calibração, não.

Anderson – Finalmente, concordamos nisso.

Victor – Sim, exatamente, no caso de laboratórios acreditados sob a 17025, o fato de atenderem aos requisitos da mesma, garante que as suas medições fazem parte da cadeia de rastreabilidade. Se atende ou não – se está acreditado, já atende. Porém, como a acreditação é concedida para qualquer laboratório que realize serviços de calibração... Repare o que estava escrito no primeiro parágrafo, “acreditação é o reconhecimento formal por um organismo de acreditação de que um laboratório atende aos requisitos previamente definidos e mostra competência...” sei lá. Então, o laboratório já faz.

Anderson – Sim.

Victor – Então, e ele acha que faz direito...

Anderson – Rastreabilidade vem primeiro.

Victor – Então, pede um reconhecimento. Então...

Anderson – Victor, só uma coisa, laboratórios de análises clínicas em geral não são rastreados, não são acreditados mais, mas eles têm rastreabilidade nas medições deles, para te dar [inaudível 0:39:05]

Victor – Então, como a acreditação é concedida para qualquer laboratório que realize serviços de calibração, está implícito que um laboratório, antes da acreditação, já realiza calibrações, e atende aos requisitos da 17025, só não tem reconhecimento. E se continuasse nessa condição, seria um laboratório que faz parte da cadeia de rastreabilidade e, no entanto, não é acreditado.

Rafael – Então...

Victor – Então, você tem um laboratório que atende aos requisitos, garante a rastreabilidade, e outros princípios, e não faz parte da cadeia.

Rafael – Em tese...

Victor – Faz parte da cadeia porque faz serviços para clientes, mas não está acreditado, não necessariamente está acreditado. Não há necessariamente acreditação aí.

Rafael – Certo.

Anderson – Os padrões dele são calibrados ao Inmetro ou a um outro acreditado, mas ele mesmo não é. Mas você vai pegar o certificado dele, ele vai ter lá que o padrão dele foi calibrado por alguma entidade, por um...

Victor – Pode ser nacional ou de fora.

Arlindo – A acreditação não diz que o teu resultado é melhor que o outro. Diz que você atende a critérios. Assim, você sabe o que está fazendo, não é? Mas não quer dizer que está fazendo direito.

Rafael – Então, no caso, esse laboratório, para ele adquirir o padrão, o padrão já vem, entre aspas...

Arlindo – Rastreado.

Rafael – Rastreado, com [inaudível 0:40:25].

Victor – Aquele laboratório de calibração por um ente reconhecido internacionalmente.

Arlindo – Isso.

Rafael – Então, deixa ver se entendi. Monto um laboratório...

Victor – Ou a indústria.

Rafael – Ou a indústria, adquiero os padrões...

Anderson – Equipamentos, padrões, pessoal técnico, tudo.

Rafael – Equipamentos, padrões, que vêm e uma indústria, que vêm de um processo de treinamento e tudo mais. Lógico, não estou nem entrando na rastreabilidade dos metrologistas, mas...

Arlindo – Sim, a rastreabilidade dos padrões.

Victor – Está faltando só um item que é o que significa o sistema de medição, que dá estabilidade.

Anderson – Você pode dar um certificado, inclusive, para essas medições, porque você tem rastreabilidade.

Rafael – Então, em tese, ele entra na rastreabilidade, não porque ele realizou uma calibração, mas porque o material dele já veio rastreado e, a partir do momento em que ele começa a realizar...

Victor – Serviços...

Rafael – Os serviços...

Victor – Aí ele faz parte da cadeia.

Rafael – Aí ele começa a fornecer para a cadeia.

Anderson – Sim, mas, de qualquer forma, assim: você não é obrigado a ser acreditado.

Rafael – Certo.

Anderson – Aí é o que eu digo; você vai para um laboratório que vai te dar um resultado, você prefere ir no acreditado ou no não acreditado?

Rafael – Entendi.

Anderson – Dependendo do que você quer.

Arlindo – Quando você, no caso, você está montando um laboratório, você vai comprar os seus padrões, seus padrões de massa, vamos dizer. Ele vai vir com certificado, sei lá, de um laboratório acreditado ou do Inmetro. Beleza, você entrou na cadeia de rastreabilidade e, a partir... Ele, com seus padrões, vai emitir outro certificado para outro padrão, ele também vai entrar na cadeia de rastreabilidade.

Victor – Faz parte dessa cadeia.

Rafael – Então, a formalização da cadeia é através de calibrações...

Arlindo – De calibrações sucessivas.

Rafael – E, desculpa se eu estou sendo super [inaudível 0:42:16].

Arlindo – [inaudível 0:42:16]

Rafael – De papelada.

Arlindo – De certificados.

Rafael – De formulários, lógico, esses formulários não são só um monte de coisa preenchida, passaram por todo um procedimento, e tal, mas o que, entre aspas, liga essa sequência, são, no caso da massa, a documentação do serviço.

Victor – É a documentação.

Arlindo – Está na definição, não é? “A cadeia ininterrupta documentada...”

Anderson – Com resultados...

Rafael – Sim, a sequência e documentada [inaudível 0:42:42] e documentada.

Victor – E qual a constância que tem isso para o certificado de acreditação, que é um documento à parte.

Arlindo – Mas, como eu já disse aquela vez; não basta ter o papel para garantir [inaudível 0:42:55]

Anderson – Os resultados, o que não adianta eu ter um certificado e não usar aquelas correções para eu fazer uma medição...

Victor – Está focando só um item, que é a estabilidade, na verdade, o sistema de medição... O resultado de medição está dentro de um sistema. Este é, de cinco, um dos aspectos. Um deles é a rastreabilidade, que é o que estamos focando, por conta da definição e tudo.

Anderson – Se me dissesse que no item sobre a eficácia da rastreabilidade, você pode ter sem elas.

Arlindo – Mas eu tenho esse ponto de vista, não adianta ter, se ele não aplica a correção, ele quebrou a cadeia, por mais documentado que pareça.

Victor – Sim, tem que fazer direito.

Arlindo – Ele faz a medição não estar rastreada.

Rafael – E, em tese, não se tem como verificar isso, a não ser que algum organismo vá lá...

Anderson – Não, o organismo...

Arlindo – Ele faz...

Vitor – Se...

Rafael – Uma entidade, vou tirar o termo...

Anderson – Não, ele não vai fazer medição lá. Ninguém vai falar: “Quem disse que o teu resultado está certo?”

Arlindo – Não, mas eles vão verificar se você está aplicando as correções.

Anderson – Não, mas eles vão fazer o que o Victor estava falando antes, eles vão avaliar se você segue todos aqueles requisitos. O que te atesta que você está tendo os resultados tudo direitinho são as comparações.

Victor – O resultado das comparações. Que também é um documento, o relatório da comparação.

Anderson – A Cgre nunca vai olhar o valor da tua medição, lá, nunca.

Victor – Aí, o...

Rafael – Essas comparações, desculpa interromper, essas comparações, no caso dos laboratórios, dos institutos nacionais, são feitas entre institutos nacionais.

Anderson – Nacional também, dentro do país.

Rafael – Dentro do país.

Anderson – Os laboratórios podem fazer uma comparação entre laboratórios.

Arlindo – E o próprio Inmetro gerencia comparações através da [inaudível 0:44:41]

Anderson – Pode gerenciar, não é?

Arlindo – Gerencia uns ensaios por eles, sim. Eles têm um histórico guardado com a gente aqui, e eles realizam inter-comparação. Eles pegam um padrão...

Rafael – Eles quem? Desculpa.

Arlindo – A [Diclo 0:44:53] aqui.

Rafael – Diclo é um setor da [inaudível 0:44:54].

Arlindo – [inaudível 0:44:54] Setor de Confiabilidade [inaudível], ou seja, eles tem os padrões guardados com a gente aqui, e os padrões módulo [inaudível 0:45:03] e são preparados os resultados.

Anderson – A gente dá a caracterização para eles, e eles...

Victor – É, eu nem sei se eles fazem as preparações, vocês usam os padrões para... Como ensaio de proficiência. Então, é para um laboratório só.

Arlindo – Ok, eles fazem também, eu acho.

Victor – Em massa, que eu saiba, não tem nenhum que é feito, não sei, pode ser.

Anderson – Não tem feito...

Victor – Não sei, pode ser, não tenho certeza, não tenho certeza.

Arlindo – É, não tem feito atualmente. Eles [inaudível 0:45:26]

Rafael – Sim, mas existe essa possibilidade, então?

Victor – Sim, mas, de novo, é 17025 que pede. A 17025 não significa a estabilidade, ele falou, tem que demonstrar que faz [inaudível 0:45:38]. Então, o meio de demonstrar essa confiabilidade, através de comparações inter-laboratoriais, ensaios de proficiência, etc. Então, é a 17025 que fecha todo o sistema, não deixa em aberto isso.

Anderson – Certo, imagina se você vai visitar lá um laboratório, você está levando um padrão e o seu padrão está descalibrado. Você, como avaliador, “vou botar aqui, você está fora.” Não, tem que haver uma comparação entre laboratórios, você tem que ter uma argumentação forte para quem faz medição. Então, se você tem um resultado que outros cinco laboratórios obtiveram, é porque você está fazendo direito, não é? Ou está todo mundo errado.

Arlindo – Entrou um rapaz aqui da Bahia que fez um curso com a gente, lembra o que ele falou? Que teve um amigo lá do Ibametro que foi fazer uma verificação numa balança e ele viu... Ele deu uma multa, parece que estava fora, a balança, e, na verdade, o que estava fora era o peso dele. O cara tinha um peso calibrado e verificou que a balança dele estava dentro. Então, o cara foi através de outro método comprovar que estava certa a dele. E, no final das contas, foi comprovado que o calibre do Ipem estava errado. Quem contou essa experiência foi um [inaudível 0:46:50]

Anderson – O peso, se o rapaz chega lá e botar um peso e dizer assim, olha, “destino ao laboratório”, não é?

Rafael – Então, no caso, em tese, o Ipem estava rastreado, mas estava errado.

Arlindo – Sim, mas isso acontece. Tem muito disso, tem muita gente que não respeita a periodicidade.

Anderson – Aí que entra...

Rafael – Mas a questão da confiabilidade... Aí, entra não só a 17025, mas a minha pergunta é sobre a confiabilidade.

Anderson – Não, entra a 17025, porque, assim, olha, a gente comprou um padrão aqui. Se eu sigo a norma, deixei, por exemplo, uma criança entrar no laboratório. Ela foi lá e passou... lambeu o padrão. Eu não vi, porque eu deixei, claro, aí, quando for usar aquele padrão, ele está fora. Para você ter uma ideia, pela norma, 17025, se nós, aqui, deixarmos um padrão desses fora do nosso laboratório, ele perdeu a acreditação. Perde a confiabilidade na hora. Se você pegar ele aqui, por exemplo, levar para outra sala e trazer amanhã, a gente vai ter que recalibrá-lo, porque ficou fora do controle do nosso laboratório, [inaudível 0:47:52]

Rafael – No caso, esse padrão vai ser comparado a outro.

Anderson – De novo.

Rafael – De novo.

Arlindo – Isso, exatamente. Porque eu não sei o que aconteceu com ele. Eu não sabendo, eu tenho que presumir o quê? Que ele perdeu. Normalmente esse do Ipem, aconteceu isso, ele saiu do controle de algum técnico do laboratório, alguém fez alguma coisa, deixou cair no chão, abriu, pegou na mão...

Victor – Isso significa o quê? Que não temos sistema de qualidade implantado.

Anderson – Implantado.

Victor – Porque se tivéssemos sistema de qualidade implantado, não aconteceria isso, estaria sob controle. Esse é um problema que existe com o [inaudível 0:48:21] não implantaram o sistema de qualidade que o Inmetro...

Rafael – Perfeito.

Victor – Eles nem mencionaram...

Anderson – Grava isso...

Victor – É a base...

Arlindo – Eu acho que...

Rafael – Certos casos são mencionados *en passant*, certos coisas não entram.

Arlindo – A vantagem de dar acreditação, um laboratório acreditado, é justamente isso que o Victor falou, não é só a estabilidade, são todas essas questões...

Vitor – Isso.

Arlindo – O sistema da qualidade, de controle dos processos, tudo isso, que atende a todos esses requisitos. É você garantir... Garantir, não, agora, atesta que...

Anderson – Mas, agora, eu volto...

Arlindo – (...) que estão dentro do controle.

Anderson – Eu posso montar um laboratório melhor do que qualquer laboratório acreditado no Brasil.

Só que, assim, qual é a ideia? Se eu...

Arlindo – Esse laboratório...

Anderson – Tenho esse laboratório *show*, não é mais fácil acreditar que eu consigo vender para os governos e tal? Por isso que já é óbvio que...

Arlindo – Eu, por exemplo, não tenho competência para atestar que ele faz, mas eu posso...

Anderson – É isso que eu estou dizendo, mas não impede.

Arlindo – Nem ele tem como... entendeu?

Anderson – Não impede que seja isso. Não vai acontecer normalmente.

Victor – Mas isso seria o ideal. Isso do concurso dos laboratórios, podem “Não, agora não vou acreditar.” E existe sub-sistema, por exemplo, ali no [Votorantim] de São Paulo, tem um sistema de homologação de laboratórios de calibração, que ele próprio avalia, talvez com algumas partes da 17025, não toda, e isso satisfaz para ele. Então, um laboratório que atende a essa balança deles, e faz parte, pode fazer negócio com eles e tudo. E não necessariamente está acreditado à EBC.

Rafael – Ele pode não estar acreditado à EBC.

Victor – E fazer calibrações...

Rafael – Mas ele, de alguma forma, está rastreado.

Victor – Sim, sempre vai estar.

Rafael – Eles montaram um laboratório com padrão de estabilidade...

Victor – Exatamente, mas deve ser...

Rafael – Eu gosto de justamente separar só para...

Victor – Mas quem avalia é a própria indústria, ou confederação de indústrias automotivas, tem um critério e atende esse critério, pronto, é suficiente, não precisa acreditar [inaudível 0:50:22] do Inmetro. Já isso é suficiente para que ele... Mas, obviamente, passa por uma avaliação. Provavelmente é uma avaliação parcial do requisito da 17025. E resulta mais barato para o laboratório e já atende o mercado que ele quer atender.

Rafael – Eu não sei se... Essa é uma provocação, na verdade, que eu tinha... Enquanto estou redigindo, acabou surgindo. Eu lembro que uma vez eu estava assistindo a uma palestra aqui no auditório e, por conta da metrologia científica, tiveram uma preocupação em dizer, “metrologia não tem só uma função cartorial”, ou seja, um cartório em que você vai lá, leva o seu padrão, ou o seu resultado de medição e alguém vai e legitima dizendo, “não, está autorizado, está legitimado, está valendo.”

Victor – Sim.

Rafael – Usa sistemas.

Victor – Sim.

Rafael – Mas, quando a gente fala, por exemplo, dessa sequência da rastreabilidade ser documentada, no caso, por exemplo, dos padrões de massa, ela não parece justamente um procedimento cartorial? Em que você tem um documento que vai dando uma determinada...

Anderson – O cara fala que não é...

Rafael – Determinado aço, entre aspas...

Anderson – (...) cartorial.

Arlindo – Porque, em princípio, em parte é, sim, cartorial.

Victor – Se você vê na superfície, também tem um papel, depois será outro papel, só que se você passar do nível, tem toda essa técnica embaixo que viabiliza passar um nível, não é 100% cartorial.

Arlindo – Deixe-me explicar isso, porque ele falou isso para essa pessoa. Porque vender selos de qualidade é uma coisa que dá dinheiro. Tem o selo do café da Abic...

Anderson – [inaudível 0:52:16]

Rafael – Pode deixar, relaxa.

Anderson – Ruim. Mas tem o celular – então, às vezes passa a imagem para quem está de fora, como você falou, tem os papéis passando, que são relações justamente cartoriais. Ou seja, eu sou o cara que te carimbo e te autorizo. E em muitos casos, você vai ver em outros países, ou aqui no Brasil, em outros selos, e coisa e tal, é estrela de hotel, você já foi em hotel de cinco estrelas no Brasil. Porque há dez anos não tinha como não ir a um hotel de cinco estrelas. O barraco da vila sem telhado era cinco estrelas, por quê? Era um negócio que você vendia.

Rafael – Em tese, não tinha como padronizar.

Anderson – Exatamente, você comprava as estrelas do seu hotel. Agora o Inmetro acho que entrou para padronizar isso, não é? Para... Por quê? Aí, você deixa de ser cartorial. Cartorial é justamente isso, você só dá o significado só no papel, está vendendo direito. Agora, não, o pessoal do hotel quer fazer isso: ser com alguma verdade. Para nós, já não é assim, por exemplo, a parte... Não é cartorial em massa. Ela é realmente verídica, você precisa de processos, tem toda...

Victor – Tem toda a metodologia.

Anderson – Pois é, tem toda a metodologia do Inmetro.

Victor – Da [inaudível 0:53:32]

Anderson – Sim, da [inaudível 0:53:33]

Arlindo – Tem muita gente, é o que o David falou, tem muita gente que faz calibração simplesmente para atender requisitos de qualidade, não usa os resultados do certificado. Não usa os resultados da calibração. Então, para essa pessoa, eu, pelo menos, vejo isso. “Ah, está vencendo meu certificado.” O cara vai lá e calibra. E pega o certificado, coloca na gaveta e acabou. Então realmente...

Anderson – Mas não é o espírito, não seria esse.

Victor – Mas quem é da cadeia de rastreabilidade, porque esse, com certeza, não é o laboratório de calibração de padrões, é simplesmente um usuário. Um usuário fim da cadeia. É o último, não faz uso da cadeia, pronto, a informação chegou até ele, e aí a cadeia não continua, porque ele não cria padrões.

Arlindo – Mas e o produto?

Victor – Mas...

Arlindo – E o produto que ele esteja fabricando?

Victor – Não, mas a cadeia de rastreabilidade é de padrões. Então, você garante a cadeia de rastreabilidade entre laboratórios de calibração, porque o laboratório de cadeia de padrões, sim, são membros. É um negócio de laboratórios e é um negócio da cadeia de padrões, não é laboratórios de usuários. Então, o usuário é o fim da cadeia. Agora, um laboratório de calibração de padrões que não use o certificado de calibração dos padrões que utiliza para calibrar a outros, aí sim ele quebraria a cadeia de rastreabilidade.

Arlindo – Mas, por exemplo...

Victor – Mas é, justamente o que a 17025 previne, porque vai e avalia periodicamente.

Arlindo – Você está com um... Por exemplo, eu sou um laboratório de fármacos, que estou com minha balança calibrada e não aplico as minhas correções. Estou produzindo remédios sem aplicar as correções, então estou aplicando as concentrações erradas...

Anderson – Sim, está errado.

Arlindo – Meu laboratório está comprometido.

Anderson – Isso, até a Anvisa verificar isso e você...

Victor – Isso não tem nada a ver com a cadeia de rastreabilidade, porque a cadeia de rastreabilidade. Vai checar o teu instrumento. Você está com outro valor que não é o meu padrão. Agora, se você vai calibrar um padrão...

Arlindo – Mas não chegou ao meu instrumento, porque eu não apliquei...

Victor – Não, chegou, porque o teu instrumento foi calibrado.

Anderson – Você que não [inaudível 0:55:32]

[falam ao mesmo tempo]

Rafael – Posso... Posso perguntar, então? Essa medição está rastreada, mas não é confiável?

Anderson – Não, ela não está rastreada.

Arlindo – Não, mas ela está rastreada, porque eu tenho o certificado.

Anderson – Não, teu equipamento está rastreado.

Arlindo – Então.

Rafael – O equipamento está rastreado, os padrões estão rastreados.

Arlindo – Mas a medição...

Rafael – Mas a medição não é confiável.

Arlindo – Você pode até mentir que ela está rastreada. Você pode confiar?

Anderson – Você pode até descrever que ela está rastreada, mas ali ela já perdeu, só que você não sabe.

Rafael – Então, a confiabilidade seria, na verdade, uma propriedade da medição?

Anderson – Sim.

Arlindo – A rastreabilidade também é da medição...

Rafael – Mas a rastreabilidade pode tanto ser uma propriedade quanto um sistema. Tanto que são duas definições diferentes no [VIM 0:59:16]. Rastreabilidade metrológica como propriedade de uma medição e cadeia de rastreabilidade metrológica, como sistema que hierarquiza e documenta.

Anderson – Sim.

Arlindo – Sim.

Victor – No caso...

Rafael – Entendeu a minha dúvida, e a diferença que eu estou o tempo todo batendo nessa tecla infelizmente? Porque eu preciso identificar se a confiabilidade está atrelada à rastreabilidade, ou se está atrelada ao resultado de medição. Porque se ela estiver atrelada somente ao resultado de medição, ela vai ter uma relação diferente com a rastreabilidade do que teria se estivesse atrelada à cadeia de rastreabilidade. Entendeu? Porque a rastreabilidade sendo uma propriedade, ela vai ter uma relação com o resultado. A cadeia de rastreabilidade vai ter outra relação com o resultado. São duas... Uma não elimina a

outra, mas as duas vão ter uma convergência naquele ponto, e aí... Por isso falei que preciso diferenciar, até para saber...

Arlindo – Mas agora ficou confuso.

Rafael – Não é só confuso, porque, por exemplo, no momento...

Arlindo – Pois é, eu não diria “confuso”, quando você começa a comentar isso...

Rafael – Porque, então, você define rastreabilidade, mas você não define confiabilidade.

Anderson – Confiabilidade ninguém define.

Rafael – Pois é.

Victor – Mas confiabilidade... Existe o conceito de confiabilidade.

Anderson – Qual é?

Rafael – Qual seria, professor?

[risos]

Victor – Um resultado, ou um objeto – o que é uma coisa confiável, aquilo que em que você confia.

Anderson – Espera só um pouquinho, vamos ver no Oxford, o que é confiabilidade?

Rafael – É o que estou tentando descobrir para a minha tese.

Anderson – Não, porque, se vai resumir...

Rafael – Estou tentando juntar argumentos.

Victor – Fala-se em confiabilidade e é um termo que não está definido no VIM. Por quê? O VIM não precisa definir tudo. Tem algum...

Anderson – Alguns conceitos.

Victor – Alguns conceitos, são conceitos que já são de uso geral, então, não têm que ser redefinidos, e esse é um. Você disse, uma pessoa é confiável, porque você confia nela. Alguma amostra deve ter dado para você realmente confiar nela.

Arlindo – Confiável e confiabilidade, não é?

Rafael – No caso seria confiabilidade.

Victor – Não, confiável é o que tem a propriedade de confiabilidade.

Anderson – Sim.

Victor – Então, alguma mostra deve ter dado, porque você... Para ver que uma pessoa é confiável, ou seja, uma pessoa que conheça agora, você não pode garantir se é confiável ou não, mas depois de conhecê-la, você pode dizer que sim, que é. E assim, esse conceito pode ser transferido para medições. Mas ser confiável significaria que aquilo que está indicando tem uma propriedade de verdade dentro da especificação do...

Anderson – Você já procurou o conceito de confiabilidade em inglês?

Rafael – *Reliability*?

Anderson – Sim, mas já procurou o que está escrito? Está igual ao português?

Rafael – Como assim, igual ao português?

Victor – Inglês e português não podem ser, não vão ser iguais.

Rafael – Porque... Não, não, sim, como assim? Porque confiabilidade e *reliability*, lógico, são dois idiomas diferentes, e o sentido das duas palavras é um pouco diferente, mas uma dificuldade: quando você fala “*reliability*” ou “confiabilidade” ou “*reliable*” e “confiável”, por exemplo, no ISO-GUM... Aliás, não me lembro de ter visto no ISO-GUM nem confiabilidade. Lembro de ter visto “confiança”, mas aí é um termo estatístico.

Arlindo – Nível de confiança.

Rafael – Nível de confiança, grau de confiança, que estava relacionado a um conceito estatístico.

Arlindo – Essa é a questão: eu já vi muitas pessoas discutirem a questão da confiabilidade como um conceito realmente... Todo mundo tem meio que inerente, mas não adianta, teria que ter um conceito bem formal, bem estabelecido.

Victor – Você vai ao dicionário e vê o conceito, e isso se aplica.

Rafael – Esse conceito que temos no dicionário seria aplicável à metrologia?

Victor – Eu acredito que sim. Porque se precisasse ser definido especificamente para a área, teria sido definido e não é definido.

Rafael – Ele entraria como termo primitivo, no caso, e não como um termo desenvolvido.

Anderson – Exatamente.

Rafael – Assim, como, por exemplo...

Victor – E no VIM tem exatamente esses diagramas...

Rafael – Tem.

Victor – De [causalidade 1:00:40] e tudo mais.

Rafael – Sim, então, em tese...

Victor – Eu entendo assim. Porque você usa, eu uso, todo mundo usa, não é um termo metrológico.

Rafael – Ele é um termo disseminado.

Arlindo – Eu vou estudar um pouco mais sobre confiabilidade para depois poder falar.

Victor – O que diz na missão do Inmetro? Tem aí.

Anderson – “Missão. Prover confiança à sociedade brasileira.” Confiança é uma coisa.

Rafael – Mas aí é que está, a missão do Inmetro, então, o Inmetro provê confiança, as pessoas vão confiar no Inmetro.

Victor – Sim, porque isso é missão do Inmetro, e não das medições que ele faz.

Rafael – Pois é.

Victor – Mas estou dando para entender o conceito – o que o Inmetro coloca lá.

Rafael – Por exemplo, eles falam de harmonização das relações de consumo, que é uma coisa.

Quando a gente fala em harmonização, hoje em dia, a gente fala de um vocabulário que esteja harmonizado, um vocabulário que seja, por exemplo...

Arlindo – Eu não acredito em nada que venha assim, em tela de computador.

Rafael – Porque uma das coisas que está inclusive na introdução dos VIMs, é justamente essa, harmonizam-se os termos para que eles sejam disseminados. Dissemina-se confiabilidade, mas ele não parece harmonizado.

Anderson – Eu acho que está harmonizado.

Victor – Por que não está harmonizado?

Arlindo – Por que a gente não sabe o que é confiabilidade? Você não sabe o que é um resultado confiável? Não.

Victor – Por que está perguntando? Você não sabe reconhecer um resultado confiável?

Arlindo – Não sei.

Victor – Eu sei. Eu saberia. Mostre-me um resultado e eu vou dizer, “esse resultado é confiável e esse não.”

Arlindo – Você vai ter uma probabilidade de achar que é confiável.

Victor – Não, eu vou achar, pode não ser, mas eu vou achar. Achar, por quê? Porque o conceito de confiabilidade eu conheço. Claro, se me mostra coisas falsas, vou achar que é confiável e não é.

Anderson – Por isso que digo que não estou fechado sobre isso. Eu acho muito vago o conceito de confiabilidade.

Victor – Justamente isso que acabei de falar é o que acontece com a metrologia, porque você acredita num laboratório, você diz, “Tem um sistema que monitora”, porque não é uma questão estática. O laboratório hoje pode estar fazendo direito, mas daqui a um tempo não. Por isso tem verificações periódicas e tudo. Com isso, você confia. Mas apesar de tudo isso, você pode ter um laboratório não mostrando resultados confiáveis, mas você acredita nele, você acha que são confiáveis, porque são do Inmetro, e podem não ser.

Rafael – Então, a lacuna que temos no termo confiabilidade é justamente porque não teríamos como avaliar isso.

Anderson – Ele é qualitativo.

Rafael – Ele é qualitativo.

Victor – Sim...

Arlindo – Quando tem grau de confiabilidade...

Victor – E fica difícil, até onde eu vejo, em todos os casos em que se utiliza a palavra ‘confiável’ é assim.

Anderson – Mas aí é que está, Victor, como é qualitativo, cada um tem uma... uma... Um nível de confiabilidade. Eu posso achar o mesmo... Se você pegar a mesma situação...

Victor – Nível de confiabilidade já deixa de ser qualitativo e é quantitativo.

Anderson – Mas é o que estou dizendo, cada pessoa teria um nível, se você pegar dez pessoas e mandar avaliar a situação e dizer se é confiável ou não, elas podem não chegar ao mesmo resultado.

Victor – Então, porque, bom, qualitativo, quantitativo, se você bota quantitativo, que é o que o GUM pretende, porque é um grau de confiabilidade no resultado de medição, em que há incerteza, mas a incerteza tem que estar propriamente determinada, porque se não, você está dando um

resultado falso, você está dizendo, “95% de certeza, tanto.” “Ah, então, perfeito, 95% é suficiente para mim, está dentro da faixa.” Vamos dizer que está errado no cálculo, não é aquilo.

Rafael – Ele estaria errado no cálculo, ele teria errado, vamos dizer assim, dentro da confiança estatística. Confiabilidade estatística.

Victor – Desde que seja... Desde que seja...

Rafael – Da confiabilidade estatística.

Victor – Desde que seja calculado dentro dos parâmetros estatísticos que são a premissa. Se você não atende à premissa dos parâmetros estatísticos, você vai chegar a um resultado errado, achando que está certo.

Rafael – Premissas, no caso, seria a metodologia aplicada?

Victor – A metodologia, por exemplo, se você calcula, no modelo matemático, calcula grandezas de influência, todas devem ter uma característica. Se você falha em alguma dessas características que são previstas para o modelo, então você vai chegar a um resultado errado. Ou uma dessas componentes não atende, então o resultado já está alterado.

Rafael – Mas essas premissas...

Arlindo – Mas há uma presunção – quando você faz o teste, você presume que é uma situação normal, você está presumindo.

Victor – Não, mas aí...

Rafael – Essas premissas...

Anderson – Não, você está presumindo...

Victor – Mas é aquilo que você demonstrou lá no curso, você...

Arlindo – Elas têm que estar definidas. Não tudo bem, mas estou dizendo, você presume, o ideal seria que toda vez demonstrasse que é normal.

Victor – Mas não precisa mostrar, você precisa mostrar que tem os dados todos... Não, você sabe que é normal, mas você faz testes e atribui que é normal. Mas você está longe de ter a curva do... Mas então essas premissas estão corretas. Mas, existem outras que... E uma das críticas ao ISO-GUM, é justamente que é uma mistura de coisas, não é 100% estatístico. Tanto assim... que eles chamam, em inglês, “*level of confidence*”, e não utilizam, propositalmente, o termo...

Rafael – “Belief”.

Victor – Não, o termo “*confidence level*”. Então, reparem, significa a mesma coisa, “*confidence level*” ou “*level of confidence*”. Eles omitiram o termo “*confidence level*” e adotaram “*level of confidence*”, mas por quê? Porque o termo “*confidence level*” é um termo estatisticamente bem definido e que um estatístico que lê esse critério assume todas as premissas para esse termo, e que não se cumprem no caso do ISO-GUM. Porque é uma mistura, então, eles decidiram, “não vamos usar esse termo que está consagrado para a estatística, “*confidence level*”, como nosso modelo não atende a todas essas características ou premissas de estatística para “*confidence level*”, vou chamá-lo de “*level of confidence*”, que não é um termo usado em estatística. E é um termo meio-termo.

Rafael – Então isso tem gerado uma controvérsia...

Victor – Isso é uma das... E deu problema na tradução ao português. Como você define isso que está escrito em inglês para português?

Rafael – Então, no caso, a gente tira a confiabilidade relacionada à estatística e a gente entra numa questão de confiabilidade relacionada à metrologia?

Victor – Não, não. Está...

Rafael – Porque, por exemplo, tem a terminologia, que faz parte da metodologia.

Victor – Na verdade, é uma questão de estatística [pré- inaudível 1:07:35]

Rafael – E bayesiana.

Victor – E bayesiana. Então essa mistura é que dá... As duas são estatísticas, mas são uma mistura que não é padrão.

Rafael – São duas terminologias.

Victor – “*Confidence level*” é da pré- [inaudível 1:07:47]

Rafael – Sim.

Victor – E no ISO-GUM se usa uma mistura das duas, então, não é para ser utilizado, porque não é propriamente o termo. Mudaram somente o termo como falar. Então, isso é só para resumir como existem todos esses nuances na modelagem e que, no final, vai refletir na confiabilidade do resultado.

Arlindo – Victor, eu vou lá para a sala, a última questão é o Victor quem responde. É o chefe.

Anderson – É o chefe, cabeça do laboratório, é ele quem sabe se a gente gosta ou não.

Rafael – Assim, não é nada... Não é nem uma questão só de gostar ou não gostar, mas mais ou menos como oficialmente...

Arlindo – Ele é o de nós que mais estudou a redefinição do quilograma, que tem mais base para te responder.

Victor – “Qual o posicionamento oficial do Lamas sobre a redefinição do quilograma, a ser feita por poucos...?” O Lamas não tem posicionamento oficial. O Lamas é só um instrumento do Inmetro. O Lamas não tem... O Inmetro tem que ter, mas não o Lamas.

Rafael – Certo, mas, com relação ao Lamas, tirando essa parte com relação a poucos institutos de metrologia no mundo, como o Lamas vê essa redefinição? Como o Lamas pode participar dela, ou receber informações sobre ela?

Victor – Como falei, não é o Lamas...

Rafael – Seria o Inmetro.

Victor – É o [inaudível 1:09:12] ou... Eu posso responder pessoalmente. O que vejo? Não vejo nenhuma perspectiva do Inmetro seguir nessa linha. Principalmente pela falta de recursos. Mas mesmo sem ter essa restrição que nós temos de recursos, nunca mostrou um interesse de seguir nessa linha. Sempre foi um interesse pessoal, meu. Inclusive, hoje, vejo uma perspectiva de desenvolvimento que é muito mais barata do que se esperava para isso, porque os próprios idealizadores da balança de Watt já publicaram um método simplificado, mecanicamente simplificado que reduz drasticamente o custo e aumenta a flexibilidade de construção de equipamentos, de balança de Watt, para disseminação, não para definição, mas para disseminação. Um instrumento com o qual você pode medir a massa. Depois é a redefinição. Então, isso, faz o custo cair tremendamente, então, tenho ideia até de como construir uma balança de Watt que é absolutamente pessoal.

Rafael – Essa balança mais simplificada, posso dizer assim? Ela teria maior incerteza?

Victor – Não, segundo os próprios idealizadores, que são os próprios idealizadores do produto original da balança de Watt, [inaudível 1:10:31] se não me engano. [Robins] Eles sinalizaram, “Esse

mecanismo tem o mesmo potencial de atingir as mesmas incertezas que aqueles instrumentos grandões que estão...” Então, eles avaliaram o potencial e falaram, “É possível.” Mas eles não construíram. Quem está construindo é o próprio LPL na Inglaterra. Eles estão construindo já um protótipo com base naquilo.

Rafael – Certo. Parece que vai ser estabelecido, para 2018, uma incerteza mínima de 10 a 8, não é isso? Para as medições mais exatas do kilograma? Não tem uma questão de estabelecerem uma incerteza mínima, que deve ser atingida para...?

Victor – Sim, mas para a constante de Planck.

Rafael – Para a constante de Planck. Então, significa que alguém pode medir e achar outras incertezas, digamos assim, menores?

Victor – Sim, então, a evolução das experiências converge, deve convergir, pelo menos, teoricamente, para chegar a um valor da constante de Planck cada vez com menores incertezas. Então, o que eles definiram foi um mínimo de incertezas a partir do qual foi definido o kilograma.

Rafael – Certo.

Victor – Mas nada impede que, no futuro, continue evoluindo e a própria constante de Planck seja em valores menores. Mas uma vez que foi determinada e redefinido, o valor da constante de Planck foi fixado.

Rafael – Certo.

Victor – Esse valor, sem incerteza, acabou.

Rafael – E, então, se um laboratório, digamos assim, que tenha condições de ter uma balança dessa, vai ter um valor exato, por assim dizer, de uma calibração de massa, se atingir esse valor com essa incerteza, ou medido com qual incerteza ela achou e aí compara.

Victor – Eu não diria um valor exato, mas um valor dentro da incerteza que foi atribuída – obtida – no cálculo da constante de Planck.

Rafael – Certo, acima dessa incerteza, aí já entram outros parâmetros.

Victor – Como assim?

Rafael – Por exemplo, a constante de Planck, o próprio nome diz, é uma constante, ela vai ter um valor fixo e, no finalzinho lá no codata tem um x. Ou seja, você pode achar mais casas

decimais e diminuir essa incerteza. Você mira para medir e não acerta naquela incerteza que foi definida e achada como necessária para aquele valor da constante de Planck. A medição foi executada de maneira errada? Equivocada? Se você tiver os equipamentos necessários para tal? Claro, é uma curva, mas...

Victor – Como eu entendo: você define a constante de Planck, a partir das experiências de três laboratórios, cada um com uma incerteza mínima, sei lá, até precipitar. O valor da constante de Planck é tal, fixo, incerteza zero. Apesar de que ele poderia seguir evoluindo no futuro, mas foi fixado agora, com a velocidade da luz, está bom, é isso. Essa incerteza que você tinha para determinar a constante de Planck é que vai ser atribuída ao kilograma, quando você realize a calibração do padrão de massa. Então, o que antes... Se você recalibra um protótipo internacional, o protótipo internacional vai passar a ter uma incerteza, que antigamente não tinha, porque é da própria definição. E vai ganhar incerteza na redefinição da determinação da constante de Planck. Então, é esse o mecanismo e, a partir daí, qualquer... Quer dizer, você pode recalibrar o protótipo, mas repare que ele foi utilizado para determinar a própria constante de Planck, então é circular e, teoricamente, você deveria chegar ao valor do kilograma quando você calibra o protótipo. Porque você utilizou ele para determinar a constante de Planck. Se você depois que fixou e determinou a constante de Planck vai determinar a massa como se fosse um objeto x do protótipo, vai chegar ao kilograma. Só que com a incerteza da constante de Planck.

Rafael – Certo.

Victor – E aí você pode calibrar todos os outros padrões. N padrões e todos a partir da constante de Planck já fixada, e todos com a incerteza que é relativamente larga. Relativamente larga por quê? Porque é da ordem de 50, na melhor das hipóteses 20 partes por bilhão. E hoje o certificado que o BIPM dá para os protótipos é de 6 partes por bilhão. Então é quase três vezes maior, isso na melhor das hipóteses, porque qual é a condição da redefinição da constante de Planck? Pelo menos três laboratórios trabalhando independentemente. Dois deles obterem incertezas da ordem de 50 partes por bilhão. E um pelo menos com 20 partes por bilhão. Então, 50 é largo, comparando com 6 que é a incerteza que o BIPM dá hoje para os padrões dos protótipos como o nosso. Então, a incerteza... A unidade de massa é a partir de uma definição

com incerteza mais larga do que tem hoje, mas é essa que está por lá. E para você perceber variações da ordem de 20 microgramas, são 50 microgramas, que aconteceram supostamente, numa estimativa, em um século, para ter variações dessa ordem, você vai ter que esperar outro século, para poder ser percebidas com o sistema novo.

Rafael – O senhor comentou que tem um artigo que menciona isso, não foi? De como essa deriva, que chamam? De 20 a 50?

Victor – A deriva do padrão, sim.

Rafael – E como ela não foi detectada nesse período? Teria que esperar mais um período para isso?

Victor – Exatamente, se 50 microgramas foi detectado em um pouco mais de um século e se esse foi o nível de incerteza que a redefinição via constante de Planck atribui às massas, então, teoricamente, uma variação dessa mesma ordem você teria que esperar outro século para poder perceber. Porque se não estaria dentro dos 50 microgramas. Mas, na verdade, não é 50, porque tem duas experiências que têm pelo menos 50 e uma pelo menos 20, então o valor vai ser um pouquinho abaixo de 50. Então, é um pouco abaixo de um século, não sei. Tem essas nuances lá que eu também não entendo 100%, mas...

Rafael – Mas o senhor comentou que tem um artigo que fala sobre isso.

Victor – Tem vários artigos e, aliás, não sei se você entrou agora no último número da Metrologia, que está dedicado...

Rafael – Eu procurei...

Victor – (...) exclusivamente para a redefinição. Tem artigos de todas as fases, desde a programação do [inaudível 1:17:40], de como vai ser disseminado, como está definido a [inaudível 1:17:47], como vai ser fisicamente, tem todos os aspectos.

Rafael – A Metrologia...

Victor – Um número dedicado à redefinição. Então, você vai encontrar todos as informações lá.

Rafael – Você diz a Metrologia ou o Caderno do BIPM, que está disponível no site?

Victor – Não, Metrologia.

Rafael – Sim, a oficial, do BIPM?

Victor – Sim, a oficial do BIPM, o último número, dedicado somente a isso em todos os aspectos.

Rafael – Dá para acessar pela internet, sem ter que depender de periódicos Capes.

Victor – Tem muitos artigos lá, é muita coisa para ler.

Rafael – Ótimo. Bom, professor, acho que essas eram as dúvidas maiores que eu precisava bater de novo para poder continuar.

Victor – Não, só para mostrar para você como estão...

Rafael – Posso ficar com esta?

Victor – Pode.

Rafael – Obrigado.

Victor – Tem aí as citações e tudo.

Rafael – Ótimo. Os certificados... Eu posso... Vocês têm imagem deles, alguma coisa assim? Por exemplo, vocês emitem certificados do Inmetro?

Victor – Sim.

Rafael – Também provavelmente receberam certificados. Aliás, é outra dúvida que me esqueci de colocar aqui. Bom, basta ir ao CIPM [Merriá] para ver como funciona a questão das comparações inter-laboratoriais, não?

Arlindo – No site.

Victor – Sim, lá estão os relatórios das comparações que já concluíram. Então, comparação X de tal grandeza, [inaudível 1:19:31] com todos os países participantes, se está em andamento, ou já foi concluído esse relatório.

Rafael – Isso é uma planilha que eles disponibilizam no próprio site do BIPM, não é isso?

Victor – Então, não, tem as CNCs, que usam umas capacidades, um banco de dados, então para isso, grandeza, chega lá e vê – são as capacidades de medição. Mas tem outro banco de dados que são as comparações, o resultado das comparações, relatórios finais, ou então comparações em andamento, ainda não tem o relatório, mas estão em andamento, diz qual são os países que estão participando, qual a grandeza, valores e tudo.

Rafael – Elas estão disponíveis também no BIPM ou tem que ter senha para acessar?

Victor – Não, estão disponíveis. Estão disponíveis. As comparações quanto...

Arlindo – O que você queria do certificado, você queria uma...

Rafael – A imagem que eu pudesse, lógico, borrar uma informação ou outra, se for nome de empresa ou coisa parecida, porque se eu vou citar é bom ter a imagem. Aquela tabela, por exemplo, de valores nominais sugeridos pela IML, deve ter na norma.

Victor – Sim.

Rafael – Então eu tiro dali direto e já coloco como fonte. O certificado, eu coloco como fonte o próprio laboratório, só que dando um *blur* nas informações que talvez não devam sair.

Arlindo – Aí é com o Victor, não? A questão do certificado.

Victor – Ah, sim.

Rafael – Esse é um projeto que o senhor me mostrou outra vez?

Victor – Isso é o que o NPL está fazendo.

Rafael – Certo.

Victor – Eles publicaram um artigo do sistema simplificado. Que decidem que... Viram que um cilindro era parecido ao utilizado em sismógrafos e que só tem um grau de liberdade, então eliminava o sistema de controle de alinhamentos, sei lá, e tudo. Isso foi publicado no artigo deles, no único artigo, que foi em 2014, não, agora, 2016. Então, mostra que eles estão trabalhando em CAGE, esse é um sistema CAGE, é uma imagem do artigo. Eles não dão nenhuma dimensão, não dão nada, simplesmente colocam essas fotos. Em um artigo anterior, analisaram a cinemática do dispositivo, indicando justamente quais são as faixas, os deslocamentos, os graus de liberdade, e a partir disso estimaram que realmente podem exigir incertezas compatíveis com os sistemas maiores.

Rafael – Sim.

Victor – Mas isso está no artigo. Então, a partir daqui eu interpretei e fiz uma avaliação, um projeto em cima dessa foto. Mas aí você não pode fotografar.

Rafael – Não tem problema. Eu lembro que o senhor me mostrou o cilindro, que tinha aqui.

Victor – Esse aqui?

Rafael – Sim, aquele ali.

Victor – Ah, sim, então eu mostrei. Mas o... Aqui não está essa última avaliação que eu fiz em casa.

Rafael – Você andou mexendo no projeto desde a última vez em que estive aqui.

Victor – Está vendo, esta é a minha interpretação daquilo. É uma montagem daquilo – a outra estava separada com as peças. Aqui está tudo montado, mas tem as mesmas peças que tem no outro.

Claro, falta a parte da esferinha que tem a massa e tudo.

Rafael – Sim.

Victor – Uma das vantagens que os próprios autores falam é que você não precisa trabalhar com uma massa de um quilograma, você pode fazer uma coisa reduzida. Então, 100 gramas, o que for. Pode fazer numa escala menor. Isso possibilita a redefinição de forma constante. Você coloca qualquer massa e ela vai ser medida a partir da constante e dos parâmetros elétricos. Você não vai determinar a massa em comparação com outra massa, mas a partir do valor da constante e de parâmetros elétricos.

Rafael – Por isso o modelo é diferente, então, da balança de Watt original, que tem aquele braço...

Victor – Sim, tem várias abordagens lá, mas como contempla uma fase que é o deslocamento linear em curto espaço – e se for uma linha pendurada com um imã, a bobina, que tem que se deslocar nesse... Então, não admite variações, ondulações, não há. Então, um sistema de controle para que ela seja completamente vertical e as oscilações dentro dos limites extremamente altos, quase que nulos, porque se não interfeririam na tensão induzida, então o sistema de controle disso, velocidade e tudo, é muito complicado. Mas, por quê? Porque é uma linha pendurada e tem todos os graus de liberdade, não pode ir para lá para cá, então você tem que controlar. Mas se você tem um mecanismo que só pode se deslocar verticalmente.

Rafael – No esquema eles colocaram uma espécie de molas, não é isso?

Victor – São molas, mas as molas são lâminas. Estas são as molas, estas lâminas. Duas molas circulares. Bom, estão apertadas aqui, você tem isso tudo em cinza [inaudível 1:25:33] no meio, então esse tubo você desloca em relação ao outro no meio dessas molas circulares. Tem esses três braços que faz com que se desloque um pouquinho. Então, só tem um grau de liberdade, só pode se deslocar nesse tubo interior. Não pode se deslocar para lá, nem para cá, só verticalmente. E é o que um alto-falante faz.

Rafael – Sim.

Victor – Um alto-falante tem um ímã, tem uma bobina, e ele só se desloca verticalmente, para cima e para baixo, não se desloca para lá, nem lá, não tem outro grau de liberdade. Então, praticamente esse sistema do qual estou falando... É que tem um sistema aqui e outro sistema lá. Um deles é acionador, então você vai induzir uma corrente na bobina – e tem um ímã, campo magnético, então você vai fazer com que esse tubinho oscile. Quando ele oscila, essa bobina que está dentro desse campo magnético embaixo vai induzir uma tensão naquela bobina, e essa é a parte dinâmica do... E por outro lado na parte de equilíbrio, você coloca a massa que vai calibrar e, na bobina de baixo, você alimenta com uma corrente elétrica desse campo magnético e vai gerar uma força contrária, quando você equilibra a bolinha, então você registra os parâmetros elétricos. Então, essas duas fases. As duas fases vão ser feitas com esse mecanismo. Então, estou pensando que uma balança dessas poderia ser deste tamanho. E a massa que se ia calibrar poderia ser 50 gramas, 100 gramas. Então, essa poderia ser a balança de Watt do futuro.

Rafael – O David [inaudível 1:27:27] escreveu artigo falando sobre isso, justamente sobre a redução inclusive de tamanho da balança de Watt para facilitar. Ele provavelmente estava se baseando nesse outro artigo.

Victor – Não, tem outras abordagens também que consideram a possibilidade de reduzir, mas nesse sistema. Por quê? Como eu falei, a referência vai ser a constante de Planck, não uma massa. Hoje, é o quilograma, então todas as comparações começam com uma comparação entre kilogramas. Você não pode comparar 500 gramas com 1 quilograma, sempre com kilogramas. E, na redefinição, você trabalha com a massa do protótipo que é a referência para a constante. Então, tem obrigação de ter uma estrutura grande para trabalhar com massa de quilograma, mas uma vez que a constante de Planck foi definida, agora utiliza-se como referência para massa. Mas por que massa? Então, teoricamente, você, no futuro, poderia ter uma balança analítica e determinar as pesagens, sei lá, por componentes químicos, o que for uma comparação aí que tenha no laboratório. Só que, em vez de calibrar a balança em peso padrão, que é o que fazemos hoje, não? Calibramos a balança... Não, ele pode ter embutida a constante de Planck lá, como um parâmetro na memória, coloca alguns parâmetros elétricos adicionais e calibra a balança.

Então, tem a referência primária. Então, em qualquer escala, pode ser uma balança de tonelada, uma balança de laboratório de 200 gramas, qualquer... Não precisa mais de uma massa de referência para calibrar, são parâmetros elétricos. Então, aí, o campo está aberto, completamente.

Rafael – Perfeito, acho que não tenho mais perguntas.

Victor – E você precisa ter um instrumento que permita determinar a massa dos objetos, não? Dos padrões, que é a balança de Watt, porque a outra experiência de redefinição do quilograma é essa de silício, que foi construída para determinar a constante de Avogadro e existe um parâmetro de equivalência para determinar a constante de Planck através do número de Avogadro. Então, essas duas vias devem convergir para determinar o valor da constante de Planck. Mas construir uma esfera de silício como referência é como ter outro protótipo, outro objeto físico sujeito a todas as desvantagens de ter um objeto físico. Mas quem quiser pode, porque é equivalente: é isso que eu penso. Como está definido o quilograma em decímetro cúbico, perfeito, em decímetro cúbico, você quer um quilograma? Constrói uma caixinha de um decímetro cúbico, decímetro, decímetro, enche d'água e essa é a massa do quilograma. É equivalente a fazer uma esfera de silício, porque você tem a rede atômica bem regular do monocristal, arruma, primeiro, um monocristal com essa pureza...

Rafael – Pois é.

Victor – Constrói a esfera, superesférica, não precisa ser uma medida – uma medida qualquer – qualquer medida próxima de, sei lá, 10 centímetros, mas superesférica. Então, com esses parâmetros da rede do silício, você pode determinar a massa dessa esfera. Pode não ser um quilograma, pode ser um quilograma e cem, um quilograma dez, alguma coisa.

Rafael – Dez centímetros de raio, diâmetro?

Victor – Dez centímetros de diâmetro. Então, você tem uma esfera, super, tem as características físicas de uma esfera utilizada na redefinição, então você pode aplicar os parâmetros e tal, e você diz, “Esta esfera tem uma massa de 1.051 kilogramas, foram determinadas. Não comparou com nenhum... por pesagem, simplesmente a partir da medição de diâmetro, da esfericidade, da verificação da pureza do cristal, construiu e pronto. Tem a massa dele sem ter pesado. Então, é

teu padrão de referência, você aplicou a definição e tudo. Agora, utiliza ela como padrão para calibrar outros. Tem uma diferença de volume muito maior, porque a esfera é grandona, comparando, muito maior do que existem de platina e do aço. Também tem que ser no vácuo, então...

Rafael – Não é funcional.

Victor – Não é funcional, mas quem quiser construir e pode, pode fazer e vai ter uma referência de massa aplicando a definição da... Realiza a massa a partir da constante de Planck.

Rafael – Esse modelo mais simplificado que você me mostrou, então, não é à vácuo? Ou ele é no vácuo, a pesagem?

Victor – Não, pode funcionar no ar. Pode funcionar, também pode ser no vácuo, mas a princípio, se não me engano, as estimativas de incerteza que eles fizeram, acho que não é no vácuo, é no ar.

Rafael – O termo é esse, ‘no ar’ mesmo?

Victor – Não tenho certeza, agora você me deixou em dúvida, mas...

Rafael – Pode ser, não sei, ‘no ambiente’.

Victor – Então, não sei exatamente, teria que verificar.

Rafael – Condições ambientais.

Victor – Porque, na verdade, tudo isso poderia estar dentro de uma câmara de vácuo, e ainda trabalhar no vácuo e apresentar os problemas que o vácuo precisa. Pode até ser, não sei, não tenho certeza, mas vou...

Arlindo – Ele perguntou do termo.

Rafael – Não, não, mas... tem isso e tem o termo, qual seria o termo mais correto, seria “no ar”, “no ambiente”.

Victor – No ar.

Rafael – No ar. Então seria pesagem, o termo é esse?

Victor – ‘Pesagem no ar’.

Rafael – Pesagem no ar e pesagem no vácuo.

Victor – Isso, pesagem no vácuo, pesagem no ar.

Rafael – Uma dúvida boba, mas que para mim é importante. Qual a diferença entre balança de precisão e balança comparadora?

Victor – É...

Rafael – Vocês comentaram no início sobre balanças... Sim, foi isso. Onde está...? Sim, balanças de precisão e comparadoras.

Victor – Existe uma nomenclatura informal, mas aplicada inicialmente, sobre a resolução das balanças. Existem balanças de precisão, analíticas e, dentro das analíticas, semi-micro, micro e ultra-micro, tem a ver com a resolução. Então, balança de precisão tem a ver com balança que tem uma resolução de um miligrama. Balança analítica já é a partir de um décimo de miligrama, então, uma casa a mais, um décimo de miligrama. As que são ainda mais finas, ainda também são analíticas, mas têm o próprio nome, então, depois de um décimo de miligrama viria a que tem um centésimo de miligrama. Essas são semi-micro. As seguintes seriam um milésimo de miligrama, ou um micrograma, que são as balanças micro.

Rafael – Como aquela que vocês demonstraram.

Victor – Não, essa é décimo de micrograma, então essa é seria ultra-micro, porque tem uma resolução menor que micrograma. Então seria de precisão, analítica, semi-micro, micro e ultra-micro. Mas a partir de décimo de miligrama são todas consideradas analíticas. E a de miligrama é de precisão. Então, isso, em geral, é a classificação das balanças.

Arlindo – Ou, semi-analítica.

Victor – Ou semi-analítica.

Arlindo – Sim, de um miligrama.

Victor – De um miligrama. Agora, uma balança comparadora... Todas elas podem ser usadas como comparadoras, porque basta colocar um padrão de referência e a indicação, colocar a outra e ver a diferença e está sendo utilizado como comparador de massa. Mas uma comparadora, em geral, é uma balança de alta resolução. Uma pessoa tem uma pequena faixa de indicação em relação ao valor nominal do padrão que você coloca. Então, por exemplo, uma balança dessas, um quilograma é o valor nominal que você coloca. Mas você não tem uma indicação todo quilograma. Se eu coloco lá nessa balança um peso de cem gramas, não me indica nada, duzentos gramas,

nada. A faixa de indicação é 11 gramas. Então, se a diferença for maior de 11 gramas entre um padrão e outro, que você está comparando, ora pesa em um, se a diferença for menor de 11 gramas, vai aparecer no display. Mas se a diferença for maior de 11 gramas, não aparece nada, porque está fora da faixa. Então... Assume que os valores que você está comparando estão muito próximos entre si, até 11 gramas. Mas na verdade, nós trabalhamos com frações de miligramas. Mas até 11 gramas você tem uma indicação. Essa faixa de 11 gramas, que é a faixa útil, ela detém uma ultra-alta-resolução. Em nosso caso 11 gramas está dividido em... Para ser micrograma, é um milhão de divisões. Então, essa faixa de indicação é de alta resolução, mas fora da faixa não indica nada. Então, por isso são comparadoras, porque assumem uma pequena diferença entre dois padrões. A balança não indica o valor de massa, simplesmente a diferença, funciona como um sensor de força do peso de um padrão com o peso do outro. Então, dá a diferença entre as forças resultantes dos dois.

Arlindo – Essa balança principal é de um kilograma, ela sempre vai pesar um kilograma. Quando a gente faz uma comparação de 500 gramas, a gente coloca uma tara de 500 no prato e os pesos vão completar os outros 500, então ela sempre vai pesar um kilograma. Quando a gente vai fazer 20, aí tem que colocar...

Victor – 980.

Arlindo – 980. Então ele sempre está pesando um kilograma, que é aquela faixinha, 11 gramas em torno de um kilograma.

Rafael – Então, você vai calcular em cima do valor que você colocou, e não do que completou, por assim dizer?

Arlindo – Sim, porque a tara vai estar para os dois.

Rafael – Certo.

Arlindo – Na balança lá, tem aquele... Você vai colocar... Tem um pininho em cima, então você vai colocar a tara, sei lá, 500, depois tem o carrossel, que você vai pesar o primeiro padrão, de 500, então, 500 mais a tara, que já tem em cima, um kilograma, depois vai tirar e vai colocar o outro, 500 com as mesmas taras que já estão no prato de pesagem.

Victor – A mesma. Então, por quê? As balanças são sensíveis à carga. Então, se está mais próximo à carga máxima, têm uma resposta, se está numa carga pequena para a capacidade, tem outra resposta. Então, isso se reflete na sensibilidade da balança. Mas como as comparadoras são utilizadas para calibrar os padrões, que é a maior exatidão que se requer numa medida por pesagem, então quer se eliminar esse efeito da carga da comparadora, então todas as pesagens são feitas na carga máxima, para que todas as comparações sejam sempre nessa mesma condição. A condição das balanças comparadoras é a de que a pesagem é sempre na carga máxima da comparadora. Então, se essa balança é de um kilograma, então todas as pesagens de comparação são feitas com um kilograma de carga. Se ela é a carga do próprio padrão, ou seja, um kilograma, ou a fração de um padrão, mais uma fração de taras, de maneira que o somatório sempre é mil gramas. A outra balança é de 64 kilogramas, sempre está com 64 kilogramas aplicado. Se você vai colocar um padrão...

Arlindo – Essa daqui é dez...

Victor – Essa daqui é dez, se você vai colocar um padrão 50, então remove 50 de taras e fica com 14, de maneira que com 14 e mais um padrão de 50 se mantém com 64 quilos. Então, todas as comparações são sempre na mesma condição, por conta da aplicação da balança, porque justamente é a maior exatidão na calibração de padrões. A partir dos padrões você dissemina para as aplicações do usuário.

Rafael – Perfeito.

Arlindo – É até complicado, se você estiver com um objeto qualquer, tem de zero a dez, se você quiser colocar ali, você não vai conseguir, porque a faixa dela é pequena. Você vai conseguir medir se estiver exatamente dez, entendeu? Então a gente não consegue saber a massa, é até estranho. Você chega... “Não sei quanto tem.” Também não sei, então, como vou saber?

Rafael – Ou ajusta a tara ou coloca em outra balança.

Arlindo – Não, mas se eu ajustar as taras também não vou saber quanto tem de tara.

Rafael – Também não vai saber, claro, porque ele vai medir só em determinada faixa. Tem que colocar em outra balança.

Arlindo – Exatamente, aí a gente tem uma balança ali.

Victor – Para ter uma ideia do calibre.

Rafael – Certo, muito bem, gente, mais uma vez muito obrigado. Desculpem tirar vocês do seu trabalho, prometo que é a última, agora é só revisar o material que tenho escrito e mandar para vocês lerem e meterem a caneta vermelha.

Arlindo – Esta daqui de braços iguais também é comparadora. Porque você nunca vai... Se você tiver um objeto, você nunca vai saber quanto é.

Rafael – Ah, sim, é uma boa tirar uma foto dessa.

Victor – Então, todas as balanças de braços iguais são comparadoras.

Arlindo – São comparadoras. Só vai pegar uma faixa ali de 500 com 500 ou de 1 com 1. Você nunca vai saber.

Rafael – Ótimo.

Victor – E a faixa de indicação também é pequena.

Arlindo – É pequena.

Victor – Lá no... Aqui no indicador, então, quando estão muito próximas, é que aparece o valor aqui no indicador, agora está desligado. Então, se está muito diferente, um prato vai estar... Lá no fundo, não é? Não indica nada, não entra em balança. Então, quando coloco o padrão aqui, não muda nada até que comece a balançar. Ah, quando começa a balançar é que já está na faixa de indicação, então vai indicar pequenas diferenças entre os dois. Você assume que são praticamente... E essa é a mesma ordem de grandeza dos dois lados, e a pequena diferença ela me dá na escala. Aqui também mostra por que este braço é assim uma chapa vertical. É por conta da sensibilidade que muda com as cargas. Se essa capacidade é de 50 kilogramas, então, se você tem 50 kilogramas, está carregando o braço o máximo. Mesmo que não seja visível, se reflete minimamente com essa carga. Agora, se você coloca 5 kilogramas, que é um décimo da carga, é muito menos do que a carga que está recebendo, então praticamente a deflexão é menor, mas tem uma pequena deflexão e isso se reflete na sensibilidade da balança. Então, para evitar esse efeito, colocaram o braço com isso, porque é mais rígido. É como se você tivesse uma régua de plástico, por exemplo, se está plano, ela é flexível, mas se você coloca na vertical,

você não consegue flexionar ela, porque é mais resistente. Por isso está nesse... para evitar essa deflexão, que é a deflexão que influencia a sensibilidade da balança.

Rafael – Entendi. É muita informação. É bastante informação.

Arlindo – Volta só para a questão da sensibilidade.

Rafael – Chega.

Victor – Mais uma vez...

Rafael – É porque em algum... Assim, quando for fazer a descrição do estudo de caso, primeiro eu tenho que pelo menos comentar mais ou menos como funciona o laboratório de padronização de massa. Quais são os principais tipos de balança, onde estão os procedimentos, mesmo que eu não descreva exatamente qual é o procedimento, ABBA, ou coisa parecida, eu tenho que dizer, “Olha, tem uma norma tal, que determina quais são os procedimentos, mas como o utilizado para tal procedimento que nós vimos no estudo de caso foi este aqui.” Enfim, vou ter que dar uma descrição bastante detalhada para depois falar o que vai alterar com isso. Daqui talvez não altere, mas lá em cima vai alterar, até chegar aqui tem um longo caminho e a ideia é justamente essa.

Victor – O ponto chave do teu trabalho é a confiabilidade...

Arlindo – É a confiabilidade, aí entra no ar. Entra no ar, não fechou.

Rafael – Não, ainda não, esse eu ainda estou escrevendo.

Victor – Teve aquele curso lá em São Paulo, confiabilidade era a resposta.

Rafael – Eu queria ter feito esse curso, mas infelizmente eu não tinha “tempo” e o Inmetro também está sem “tempo”.

Victor – Mas vê como esse termo, confiabilidade, está em todo lugar relacionado com metrologia. É um *default*, é um *default*. Todo mundo supostamente entende o que é.

Rafael – Foi daí que justamente que surgiu a minha dificuldade, foi justamente quando surgiu o meu problema, pois é um termo que está disseminado, mas não está harmonizado. Então, muita gente está partindo, às vezes, de que ele é um termo primitivo, e ele pode não ser. Se é um termo qualitativo, é mais difícil de definir. Mas não significa que não tenha um impacto grande na estrutura como um todo, porque nós estávamos conversando aqui e

vocês estavam falando, “Olha, você pode buscar a rastreabilidade vertical, você pode buscar dentro de outra rede”. A gente tem aquela pirâmide do sistema, mas a cada nível da pirâmide é uma rede de nós ali dentro, e naquela rede, todas elas vão ter certificados e esses certificados estão trazendo aquele laboratório para dentro da cadeia de rastreabilidade e aí foi a pergunta que eu levantei, a gente está dentro da cadeia de rastreabilidade, mas pode não ter uma medição confiável. E ele está, entre aspas, vendendo confiabilidade. Quer dizer, ele está vendendo confiança, porque ele diz que as medições dele têm confiabilidade.

Victor – Por isso que o...

Rafael – Que é outra divisão que faço, entre a confiança e a confiabilidade.

Victor – É o que eu falo para quem visita o laboratório, explico basicamente, é um sistema de medição, tudo isso, laboratório, padrões técnicos, procedimentos, é um sistema de medição. O resultado é a determinação da massa dos padrões, mas não é por você ter um sistema sofisticado de medição que significa que os seus resultados são confiáveis. A prova de fogo é a comparação inter-laboratorial. Por quê? Porque se os seus resultados estão compatíveis estatisticamente com os outros padrões dos outros laboratórios até de mais alto nível, se o seu resultado está compatível, significa que todo o seu sistema de medição está sob controle, todo; rastreabilidade, procedimentos, tudo.

Rafael – Em compensação, se um laboratório de alto nível errou e não se deu conta... está todo mundo errado também sem saber.

Victor – Não, porque...

Rafael – Essa é uma suposição, uma hipótese...

Victor – Não, porque ele aparece separado dos outros. E isso já aconteceu numa comparação na qual participamos. O BIPM e o PTB estão fora, justamente o BIPM e o PTB estão fora da relação dos outros países.

Arlindo – Ou seja, não estava harmonizado.

Rafael – Eles estavam fora da relação mais exatas ou menos exatas?

Victor – Não, como todos os protótipos são do mesmo nível, não pode ser que os países estavam errados, pode ser que o BIPM também estava errado e PTB. Então, é possível ver isso.

Rafael – Isso é um caso documentado?

Victor – Documentado, você pode ver nos resultados de uma das comparações da qual participamos, o padrão, se não me engano, de 50 kilogramas.

Arlindo – Não estava o do BIPM.

Victor – CCMK6, não CCMK6 entra lá no site do...

Rafael – CCMK6 foi... quando ocorreu?

Victor – O código da comparação, agora em 2012, ou 2011.

Rafael – Então, vocês estavam...

Victor – Mais próximos da maioria. O PTB e o... com diferenças pequenas, mas fora do valor da comparação.

Rafael – Sim, e eles estavam fora, então. E eram os laboratórios mais alto nível, estavam fora.

Victor – Você pode ter até um laboratório com uma incerteza maior, afastado também da média, mas com a incerteza, pega o valor de referência. Mas no caso do PTB e o... PTB e o BIPM, se não me engano, eram dois, mas não lembro qual. Com incerteza pequena, mas não pega o valor de referência. Os intervalos não pegam o valor, está fora.

Rafael – Interessante. Então, o que determinou que eles estavam fora não foram nem... Digamos assim, foram as comparações entre os outros laboratórios que mostraram... que chegaram nessa faixa, que atingiram essa faixa e eles, no caso, não atingiram.

Victor – Não atingiram.

Rafael – Só estou detalhando para poder...

Victor – Então, mas cada comparação define o valor da referência. O valor da referência não está pré-definido. Então, pode ser a média dos participantes, a média do resultado dos participantes, faz uma média ponderada, ponderada com incerteza, dos participantes, pode ser a mediana, tem vários critérios, e os participantes concordam ou não com o valor.

Rafael – Desculpa, esses critérios são estabelecidos no momento em que se negocia essa...

Victor – Não, depois, depois de ter os resultados. Aí o laboratório piloto, encarregado de fazer o relatório, propõe, “Meu critério é esse e esse, pelas razões x.” “Concordam ou não?” Aí falam, “Não, acho que não, sei lá” têm uma discussão e ao final, pronto, definem.

Rafael – Então, é *a posteriori*?

Victor – É *a posteriori*. Uma vez está definido, então vêm os resultados e quem ficou dentro ou fora.

Rafael – Eu imagino que seja *a posteriori* para, digamos assim, não influenciar resultados, seria por isso?

Victor – Não, porque às vezes...

Rafael – Não digo os resultados da medição especificamente.

Victor – Não, ao contrário, às vezes se define... Imagina que um laboratório ficou muito fora.

Arlindo – Se ele ficar muito fora a média vai ficar tendenciosa, é quando às vezes é melhor a mediana.

Victor – Para esse laboratório não influenciar muito, então se utiliza a média ponderada.

Rafael – E essas comparações inter-laboratoriais em geral medem o quê?

Victor – Como o que circula é um padrão que, teoricamente, tem massa invariável, porque você toma todos os cuidados em passar de um país para outro sem alterar a massa, então você mede a massa desses padrões. Então você mede a massa e a incerteza que você calcula.

Rafael – Isso é pré-definido, então, antes de ocorrer a comparação?

Victor – Não, fica pré-definido...

Rafael – Vai se definir...

Victor – Ah, sim, o padrão que vai circular, as características...

Rafael – O padrão que vai circular, quem vai participar.

Victor – Quem vai participar e você vai calcular a incerteza com o método que vai ser utilizado.

Rafael – Qualquer que seja o método e, depois, no final vai ser visto se atingiram a referência.

Que vai ser baseada numa média ponderada...

Victor – Na hora que você manda os resultados, manda, “Eu calculei as incertezas com estes parâmetros.” Você indica, para que não fique no ar, assim, “Ah, eu calculei.” Não. Calculei assim. Perfeito. Deixe-me ver se tenho o relatório lá para mostrar.

Arlindo – Esse tem aquele...

Rafael – O relatório é interessante, mas eu fiquei curioso em saber como isso é pré-definido, porque você tem os resultados.

Arlindo – É uma comparação que é bilateral. Está vendo?

Rafael – Espere, deixe-me pegar a câmera aqui. Pronto. Esta do RMC?

Arlindo – Esta acho que tem bastante tempo que foi. Foi 2000. Está vendo, foi bilateral, e os valores e tal, incerteza. Aqui, está vendo? Ele normalizado está tudo batendo. Tem um relatório, o Victor tem o relatório, o relatório fala tudo, fala qual foi o padrão, qual foi a metodologia. A metodologia é bem parecida, assim, porque massa já está... Já está tudo praticamente definido, então...

Rafael – Aqui tem a data, foi 2002, e aqui tem... Essa notícia é relacionada a isto?

Arlindo – Não.

Rafael – Porque aqui diz “key comparison”.

Arlindo – Sim, pode ser. Pode ser, deixe-me ver.

Rafael – Comparação chave, não é? Mas isso é a geral, não?

Arlindo – Essa já foi uma com várias.

Rafael – A equiparação chave é aquela que é feita entre os... Todos os padrões, não é?

Arlindo – Sim... É uma comparação chave, é uma inter-comparação. Deixe-me ver se é essa. [1:53:34 Lê o documento em murmúrio]. Dez pesos... Dois? Pode ser essa daí.

Rafael – Já são quatro, vou finalizar aqui, porque sei que vocês têm... Ah, sim, isso é interessante.

Arlindo – Ah, sim, a tabela.

Rafael – A tabela.

Arlindo – Talvez, eu não sei, se você pegar do site é melhor. Mas é bom você ter.

Rafael – Não, porque tem a referência. Eu anotei, está gravado, mas sempre é bom ter mais material. Estudo de caso dá um trabalho, você sabe disso. Está certo, eu acho que o professor...

Arlindo – Ele deve estar procurando o...

Rafael – Então, vou esperar.

Arlindo – Eu acho que é [inaudível 1:54:46] quem é o...

Rafael – Quem foi o árbitro foi o NMI, o Japão.

Arlindo – Sim. Deve estar lá no site. Não, e também, em nível nacional tem as... Os chamados ensaios de proficiência. Por exemplo, uma balança poderia ser feito o ensaio de proficiência. Que também é basicamente isso, vários laboratórios fazem a medição, a calibração, os resultados são comparados.

Rafael – Esses são os...

Arlindo – Victor, eu falei para ele que também tem os ensaios de proficiência.

Victor – Sim, normalmente quando um laboratório está entrando em acreditação, a gente diz, “Vamos checar essa medida.” Então, dá um padrão para ele medir e dar o resultado. Então, só direto com ele, e não é uma comparação com outros.

Arlindo – Mas aí também tem em conjunto, não?

Victor – Também tem comparações. Mas, em geral, um ensaio de proficiência é só isso.

Rafael – Nós estávamos lendo a notícia sobre a comparação que foi feita com o NRC, que está ali no mural.

Victor – Essa foi bem antiga, foi a primeira, isso foi em 2002, se não me engano.

Rafael – Foi aquela que o senhor citou aqui?

Victor – Isso foi quando estávamos começando. Agora, esta já é a partir do protótipo e tudo.

Rafael – É o relatório final.

Victor – 50 kilogramas, sim. Então, participaram NIS, Senal no México, PTB Alemanha, NPL Inglaterra, NRC Canadá, Coreia, Inmetro, Itália e Espanha. Está a descrição, as comparadoras que cada laboratório utilizou, os padrões, como foram embalados, como o laboratório tem que tirá-las de lá e montar. Características físicas dos padrões, massa específica, massa, são dois padrões, uma vai para um grupo de laboratórios e outro vai para outro grupo de laboratórios, porque são os [Peda Dam, Petra Um e Petra Dois 1:57:26] estamos aqui. Resumo dos resultados que os próprios laboratórios indicaram, não? Aqui está o valor de incerteza, que é o erro, o desvio em relação ao valor nominal, não? Então era 50 kilogramas com 40 miligramas, com essa incerteza. Então está aí; esses são os resultados como enviados. O Senal, que é o

laboratório piloto calibrou aqui e depois de passar por esses dois, calibrou aqui de novo, calibrou aqui, e por aí vai. Então vermelhinhos são do laboratório piloto, do Senal. Então, aparentemente o padrão não derivou desde o início até o final, se manteve mais ou menos constante. E tem laboratório com incerteza maior, de incertezas menores. NPL, Inglaterra, Nice, e acho que outra, está o PTB, o PTB, com certeza é pequena, NPL, Inri, Itália, são as duas pétalas. Então, vê lá no final. Aí descreve o valor referência para a comparação, etc.

Rafael – E esse relatório está disponível no site?

Victor – Está disponível no site do BIPM. Mas se você tiver um pendrive, pode levar.

Rafael – Infelizmente não tenho aqui, se não...

Victor – Então, aqui, já é considerando o valor de referência.

Rafael – Dá seis. Deixe-me fotografar, só para pegar a referência.

Victor – Então, deixe-me colocar o primeiro.

Rafael – Está ótimo, obrigado. Assim, já baixo direto do site.

Victor – KCDB, *Key Comparison DataBase*. Na primeira página do BIPM tem utilidade, e tal, KCDB.

Então... Aqui o zero é o valor de referência. Então, quem ficou fora da faixa? PTB. Cris, Coreia, deu um valor mais ou menos afastado a mesma coisa que o PTB, só que com incerteza maior, está dentro, é compatível. O MPL bateu na mosca. O NIS também, com incerteza um pouquinho maior. Nós estivemos aqui.

Rafael – No limite.

Victor – Com incerteza um pouquinho... Sim, um pouquinho maior do que essas, mas mais próximo do valor de referência do que o próprio Cris, do que o próprio PTB, que o Inri, da Itália, Itália também ficou fora, não? Toda a faixa está fora. Senal do México, Espanha. Então, essa é a fotografia da comparação. Você vê como dois laboratórios, depois de definir, ficaram fora. Então, só para você ter uma ideia de como é feito. Mas essa é a prova de fogo. Então, se você tem resultados compatíveis estatisticamente com outros para o padrão que está nas mesmas condições e tudo, então você mostra confiabilidade, porque é o resultado de todo o sistema, como falei, envolve rastreabilidade, envolve conhecimento e condições ambientais. Porque se você tem condições ambientais que não são apropriadas, você é obrigado a aumentar a

incerteza, e por aí vai. É a fotografia do teu sistema completo. Sistema. E uma vez que você tem esse resultado, você diz, “os resultados, por ter controle do sistema, meus resultados têm confiabilidade”. Nesse sentido, e é um papel, porque você mostra com isso lá que é...

Rafael – Não, claro, a parte documental...

Victor – Exatamente, mas por trás disso está toda a parte técnica e científica. Esse é o nível mais alto de comparações de resultados de medições de padrões. É uma comparação chave do próprio BIPM.

Rafael – A hipótese que eu estou trabalhando, professor, só para você ter uma ideia, é justamente que a noção de confiabilidade está ligada à noção de rastreabilidade enquanto propriedade. E que o sistema já parte para outro âmbito, que é o âmbito que chamamos de confiança. Porque esse sistema, apesar de ter todo um arcabouço técnico-científico por trás, é ele que dissemina a informação para fora, inclusive para quem tem acesso a essas informações. Os laboratórios de metrologia têm interesse nessa informação. Mas um laboratório de uma rede de informação pode não ter interesse nisso aqui? É uma questão a se colocar. De qualquer maneira, o laboratório de calibração, como o de uma indústria mesmo, vai se basear nisso daqui para trabalhar o seu sistema, o seu próprio sistema. Então, essa informação trafega, entre aspas, para fora da rede.

Victor – Eu acho que embora uma indústria não esteja trabalhando nesse nível, como ela tem rastreabilidade a um laboratório da RBC, tipicamente, então, pode-se dizer, “Será que o Inmetro está fazendo direito?” “Quero ver como o Inmetro faz.” E aí pode entrar e ver, “Realmente, comparando com outros está aí.”

Rafael – Exato.

Victor – Então isso dá confiança, independentemente dele não estar trabalhando aqui nesse nível, mas é uma garantia. Funciona nesse nível.

Rafael – É onde estou justamente pontuando. A única questão que para mim fica é que eu sei que tem a rastreabilidade, eu sei que a confiabilidade está, digamos assim, são duas faces de uma mesma moeda. Por isso eu disse, que eu tenho a hipótese de que você precisa de uma terminologia para confiabilidade. Porque só a propriedade “rastreabilidade” não fala

totalmente sobre o que seria confiabilidade e aí estou tentando ver se ela é ou não qualitativa e se, mesmo que seja qualitativa, qual seria a importância de ter uma terminologia para ela. Para, no final, diferenciar confiança. Porque aí sim a confiança entra no aspecto da autoridade institucional, da autoridade do metrologista, da confiança interpessoal, da confiança que esse laboratório ou essa indústria busca ao buscar um documento como esse, de uma comparação chave. Porque aí ele não está confiando apenas no aspecto técnico, ele também está confiando na informação que é passada entre entidades, não só entre laboratórios, não só entre sistemas de... Porque o rapaz não vem aqui na bancada. Ele raramente virá aqui conhecer a bancada deste laboratório. Ele terá esta informação e ele confia nesta informação.

Victor – Sim, porque é o resultado de tudo, não?

Rafael – Exato, ele vê o resultado. E quanto mais você descreve no relatório, obviamente mais dados técnicos ele vai ter, mas, por exemplo, com todos esses dados técnicos, ele poderia reproduzir isso fora do laboratório? Fora desse conjunto de laboratórios que realizou este experimento?

Victor – Se ele tivesse o objeto que é o padrão viajante, então ele poderia.

Rafael – Ele poderia, por exemplo, estabelecer ele mesmo, “vamos reunir esse conjunto de laboratórios aqui de quatro indústrias diferentes e vamos estabelecer um procedimento parecido, nós determinamos um padrão, nós vamos seguir todas as indicações e vamos determinar o nosso.” Mas aí está fora, digamos assim, da rede dos institutos nacionais.

Victor – Sim, para fazer compatível, teria que participar um laboratório, que tenha participado nisso, lá naquele grupo.

Rafael – Ele seria o árbitro?

Victor – Não, não seria o árbitro, seria... Poderia ser o laboratório piloto, inclusive, porque provavelmente está numa hierarquia superior, mas o fato dele participar dessa outra rede, então ele transfere o valor de referência do outro nível para esse nível. Que é justamente o que se faz, quando há uma comparação do nível do BIPM, participam os principais laboratórios. Mas se faz uma comparação regional, por exemplo, no SIM, e aí participam América do Sul, todos os

países, mas para ter o elo e a relação com isso, um desses laboratórios tem que participar nessa comparação.

Rafael – No caso, o elo com?

Victor – Com o resultado dessa comparação aqui.

Rafael – O resultado dessa comparação.

Victor – Exatamente.

Rafael – Que é um nível superior.

Victor – Que é um nível superior. Porque isso é o que vincula o resultado das duas redes, e você vai fazer no outro nível. É impossível trabalhar aqui com 50 laboratórios. Então, você trabalha com 10 ou 12 e um outro nível sub-regional, do SIM, ou América do Sul, ou algum, [inaudível 2:06:23] cinco ou seis laboratórios.

Arlindo – São quatro e quinze, tem que ver o horário do ônibus.

Victor – Sim.

Rafael – Então, de certa forma, um instituto nacional de metrologia sempre vai ter que participar como piloto ou como árbitro, por assim dizer?

Victor – Não como piloto nem árbitro, pode participar simplesmente como um participante a mais, não necessariamente como piloto ou árbitro, não necessariamente, mas tem que participar para poderem comparar com os outros.

Rafael – Entendi, está certo, professor, muito obrigado.

[Fim da gravação]