

# OS RELÓGIOS DE EINSTEIN

O lugar do tempo



*Peter Galison*

Diferentemente da imagem tradicional de Einstein, segundo a qual ele foi antes de tudo um cientista-filósofo, tendo em vista a revisão a que procedeu no seu artigo sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento, defendendo a tese de que, ao menos no que concerne a simultaneidade, Einstein a redefiniu a partir de necessidades práticas existentes em seu tempo como, por exemplo, a sincronização dos horários de partida e chegada dos trens. Apesar de o próprio Einstein afirmar a necessidade da solidão para a realização do seu trabalho científico, uma análise mais detida das suas atividades no início do século XX nos mostra que ele estava perfeitamente inserido em seu tempo. A função de perito de patentes em Berna, durante o período em que formulou a relatividade especial, foi fundamental para que ele definisse a simultaneidade como o fez.

*Ilustração de abertura*

Lucas Colusso

<sup>1</sup> Albert Einstein, pronunciamento no Royal Albert Hall, Londres, aos 3 de outubro de 1933, em *Einstein on Peace*, editado por Otto Nathan e Heinz Norden. Nova York, 1960. p. 238. A menos quando indicado o contrário, todas as traduções são minhas. (N. A.)

Einstein, 1933: “Há certas profissões, mesmo na sociedade moderna, que impõem uma vida solitária e que não requerem um grande esforço físico ou intelectual. Nesse caso, lembramos de empregos tais como o serviço em faróis ou em navios-faróis”.<sup>1</sup> Einstein argumentava que a solidão seria perfeita para o jovem cientista ocupado com problemas filosóficos e matemáticos. Ficamos tentados a especular que a juventude do próprio Einstein pode ser pensada dessa forma: o escritório de patentes de Berna, onde ele ganhava a vida, parecia nada mais do que um navio-farol distante no meio do oceano. De acordo com essa imagem de transcendência, cultuamos Einstein como o cientista-filósofo que, indiferente ao barulho do trabalho no escritório, repensou os fundamentos de sua disciplina e fez ruir as crenças newtonianas absolutas acerca do espaço e do tempo.

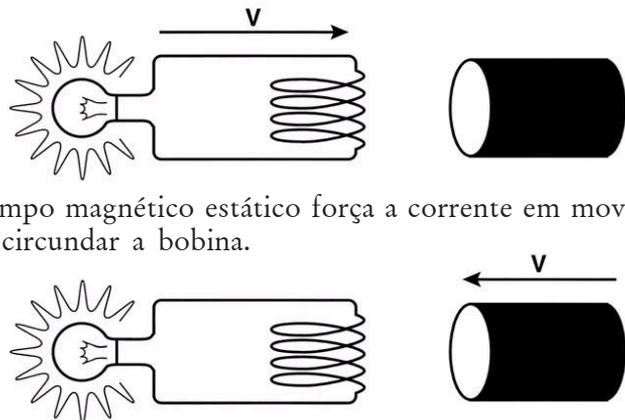
A remoção desses absolutos filosóficos por Einstein foi mais do que uma contribuição para a relatividade; tornou-se um símbolo da substituição de uma época filosófica por outra. Para físicos tais como Henri Poincaré, Hendrik Lorentz e Max Abraham, a relatividade especial de Einstein foi surpreendente, quase incompreensível, porque começou com hipóteses básicas sobre o comportamento de relógios, réguas e corpos em movimento livre de força – começou, em suma, por pressupor o que aqueles físicos mais antigos tinham esperado provar com pressuposições sobre a estrutura do elétron, a natureza das forças e a dinâmica do éter. Logo uma geração de físicos, inclusive Werner Heisenberg e Niels Bohr, padronizou sua epistemologia quântica em torno das definições quase operacionais que Einstein elaborou sobre o espaço e o tempo, em termos de réguas e relógios coordenados. Para os filósofos do Círculo de Viena, inclusive Moritz Schlick, Rudolf Carnap e Philipp Frank, o trabalho de Einstein sobre a relatividade especial foi também um divisor de águas, uma bandeira sempre desfraldada para a filosofia científica.

Por todas essas razões, o trabalho de Einstein de 1905, *On the Electrodynamics of Moving Bodies*<sup>2</sup>, tornou-se o artigo mais conhecido na física ao longo do século vinte. O argumento de Einstein, conforme é comumente interpretado, diverge tão radicalmente do antigo mundo prático da mecânica clássica que se tornou um modelo de quebra revolucionária. Em parte filosofia e em parte física, esse repensar da simultaneidade distante veio a se tornar um símbolo da quebra irreconciliável entre a física do século vinte e aquela do século dezenove. Vejamos a ordem dos argumentos. Einstein começou com a afirmação de que

<sup>2</sup> EINSTEIN, A. Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento. In: *Textos fundamentais da física moderna. O princípio da relatividade*, vol. 1. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1958. (N. T.)

havia uma assimetria na interpretação das equações de Maxwell, uma assimetria que não estava presente nos fenômenos da natureza (figura 1). O ímã que se aproxima de uma bobina produz uma corrente indistinguível daquela corrente gerada quando uma bobina se aproxima de um ímã. Na visão de Einstein, isso era o mesmo fenômeno (bobina e ímã ao se aproximarem produzem uma corrente na bobina). Mas na sua interpretação usual, as equações de Maxwell davam duas explicações diferentes para aquilo que estava acontecendo, dependendo se a bobina ou o ímã estava em movimento em relação ao éter difuso. Quando a bobina se movia, a carga dentro dela experimentava uma força devido ao campo magnético estático; quando o ímã se movia, o campo magnético em movimento alterado produzia um campo elétrico que guiava a corrente em volta da bobina em repouso. O objetivo de Einstein era produzir uma explicação simétrica, que não fizesse distinção entre a explicação dada, usando o sistema de referência da bobina, daquela explicação dada quando o sistema de referência fosse o ímã. O problema, conforme Einstein diagnosticou, era que não se prestou atenção suficiente ao fato de que a eletrodinâmica sempre dependeu da visão sobre a cinemática, isto é, sobre como os relógios e as réguas se comportavam na ausência de força.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> EINSTEIN, A. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, 17, 892, 1905, de ora em diante abreviada como “ZE”; tradução de Arthur I. Miller, sob o título de *On the Electrodynamics of Moving Bodies*, apêndice em *Albert Einstein’s Special Theory of Relativity: Emergence* (1905) e *Early Interpretation* (1905-1911). Reading, Mass., 1981, p. 393, de ora em diante abreviada como “OE”.



O campo magnético estático força a corrente em movimento a circular a bobina.

O campo magnético em transformação cria um campo elétrico; o campo elétrico leva a corrente estática a circular a bobina.

Figura 1: Bobina e ímã

Um sistema coordenado era, na visão de Einstein, um sistema de hastes de mensuração rígida que incorporavam a geometria euclidiana e que eram descritíveis com as coordenadas cartesianas comuns. Tudo certo até aí. Mas então

<sup>4</sup> Ver GALISON, Peter L. Minkowski's Space-Time: From Visual Thinking to the Absolute World. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 10, 85-121, 1979.

<sup>5</sup> Todos nós aprendemos a ler os artigos de Einstein com atenção através do extenso trabalho de HOLTON, Gerald. *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein*. Cambridge, Mass., 1973. Também considero muito útil a obra mais recente de PAIS, Abraham. *Subtle is the Lord*, traduzida para o português como *Sutil é o Senhor* e publicada em 1995 pela Editora Nova Fronteira. Menciono ainda: WARWICK, Andrew. On the Role of the Fitzgerald-Lorentz Contraction Hypothesis in the Development of Joseph Larmor's Electronic Theory of Matter. *Archive for History of Exact Sciences*, 43, n. 1, 29-91, 1991; Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell, and Einstein's Relativity, 1905-1911, Part I: The Uses of Theory. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 23, 625-56, dezembro 1992 e Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell, and Einstein's Relativity, 1905-1911, Part II: Comparing Traditions in Cambridge Physics. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 24, 1-25, março 1993; o trabalho de STALEY, Richard. On the Histories of Relativity: The Propagation and Elaboration of Relativity Theory in Participant Histories in Germany, 1905-11, *Isis*, 89, 263-99, junho 1998; e o livro de FÖLSING, Albrecht. *Albert Einstein: A Biography*, tradução de Ewald Osers. Nova York, 1997, p. 155.

surge a parte surpreendente: a nova análise do tempo que contemporâneos de Einstein, como Hermann Minkowski, viram como o centro do seu argumento.<sup>4</sup> Conforme Einstein: “Temos que levar em conta que todos os nossos julgamentos, nos quais o tempo desempenha um papel, são sempre julgamentos de *eventos simultâneos*. Se, por exemplo, eu digo ‘Aquele trem chega aqui às sete horas’, eu quero dizer algo como: ‘O fato de que o ponteiro das horas do meu relógio está apontando para o sete e o fato da chegada do trem são eventos simultâneos’” (“ZE,” p. 893; “OE”, p. 393).<sup>5</sup> Para simultaneidade em um ponto, não há qualquer problema: se um evento localizado imediatamente próximo ao meu relógio (por exemplo, o motor do trem chegando perto de mim) acontece exatamente quando o ponteiro da hora do relógio alcança o algarismo sete, então esses eventos são considerados como simultâneos. A dificuldade, Einstein insistia, surge quando temos que conectar eventos que estão distantes: o que significaria dizer que dois eventos distantes são simultâneos?

Para tratar dessa questão, Einstein elabora, aparentemente sob uma perspectiva filosófica, um experimento intelectual infinitamente distante das exigências de instrumentos e ainda mais distante das considerações diárias da vida no escritório de patente. Como, pergunta-se Einstein, devemos coordenar nossos relógios? “Poderíamos em princípio nos satisfazer em marcar o tempo de eventos usando um observador com um relógio, que se localizasse na origem do sistema que coordena a chegada do sinal de luz originado a partir do evento a ser cronometrado... com os ponteiros do seu relógio” (“ZE”, p. 893; “OE”, p. 393). Infelizmente, Einstein observa que, pelo fato de a luz viajar a uma velocidade finita, esse sistema não é independente do observador com o relógio central. Dois exemplos julgados simultaneamente com respeito a uma origem não serão simultâneos se a origem se mover. Esse espantoso epistêmico não nos dirá o tempo com precisão (figura 2).

O jovem Einstein tinha um sistema melhor: deixemos que um observador no ponto *A* envie um sinal de luz ao meio-dia para outro observador no ponto *B* a uma distância *d*. O observador *B* acerta seu relógio ao meio-dia mais o tempo que um sinal de luz leva para chegar até *B*, meio-dia +  $d/c$ , onde *c* é a velocidade da luz. Continuando dessa forma, todos os outros observadores e seus respectivos relógios estão postos em sincronia. Com esse sistema de coordenação, não há qualquer origem especial; não há qualquer relógio mestre. Aqui, conforme reza a narrativa que

criamos, reside o triunfo filosófico da crítica epistêmica neo-machiana sobre os absolutos fossilizados de um espaço e de um tempo intocáveis. Einstein, o cientista-filósofo, usou experimentos intelectuais para derrotar os dogmas escolares inquestionáveis e uma estrutura científico-técnica, excessivamente sofisticada para propor questões básicas. Mas espere.

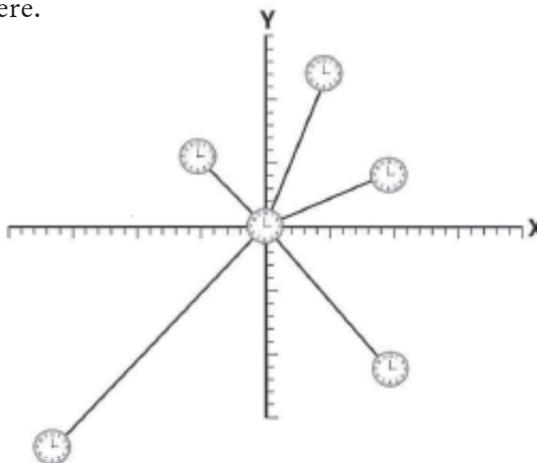


Figura 2: Coordenação pelo relógio central.

Voltemos ao trem de Einstein. Você recordará que ele deseja saber o que queremos dizer ao indicar a chegada de um trem à estação às sete horas. Por muito tempo, segui o próprio Einstein na leitura dessas anotações sobre trens e simultaneidade como um exemplo do modo como levantava questões normalmente postas apenas na “primeira infância”, uma questão que ele, peculiarmente, ainda estava se perguntando quando “já era um adulto”.<sup>6</sup> Tais charadas sobre tempo e espaço parecem ser, nessa leitura, tão elementares, tão básicas, que elas se localizam abaixo da atenção consciente da comunidade da Física. Mas será que ela realmente estava abaixo do nível do pensamento? Será que em 1904-5 não havia ninguém se perguntando o que significava para um observador distante saber que um trem estava chegando à estação às sete horas? Será que a idéia de definir simultaneidade distante era um empreendimento filosófico de tal monta?

No último verão eu estava parado numa estação de trem no norte da Europa, olhando distraidamente os relógios do final do século que se alinhavam na plataforma. Todos eles marcavam o tempo da mesma forma, com precisão de minutos. Curioso. Bons relógios. Mas então notei que, para onde olhasse, até mesmo o movimento *staccato* do

<sup>6</sup> Citado em Helle-Zeit-dunkle Zeit. In *Memoriam Albert Einstein*, organizado por Carl Seelig. Zurich, 1956, p. 71; traduzido em *The Quotable Einstein*, organizado por Alice Calaprice. Princeton, N. J., 1996, p. 182.

ponteiro dos segundos estava em sincronia. Esses relógios não estavam simplesmente andando corretamente, pensei eu, esses relógios estão coordenados. Einstein certamente viu esses relógios coordenados enquanto estava concentrado em seu trabalho de 1905, tentando entender o significado da simultaneidade distante.

Já nos anos 30 e 40, Charles Wheatstone e Alexander Bain, ambos na Inglaterra, e logo depois Mathias Hipp em Württemberg e uma miríade de outros inventores começaram a construir sistemas de distribuição elétrica para ligar relógios distantes a um relógio central chamado alternadamente de *horloge-mère*, relógio-mestre, *Primäre Normaluhr* e relógio central (figura 3).<sup>7</sup> Na Alemanha, Leipzig foi o local onde um dos primeiros desses sistemas de tempo distribuído eletronicamente existiu, seguido de Frankfurt em 1859; Hipp (então diretor de um escritório de telegrafia)

deu início ao esforço suíço no Palácio Federal em Berna, onde cem relógios começaram a funcionar simultaneamente em 1890. Genebra, Basel, Neuchâtel e Zurique imediatamente o seguiram, cada uma com seu próprio sistema de coordenação de relógios. Logo após, estradas de ferro na Suíça – para as quais a coordenação de relógios era vital – foram equipadas com o tempo coordenado.<sup>8</sup>

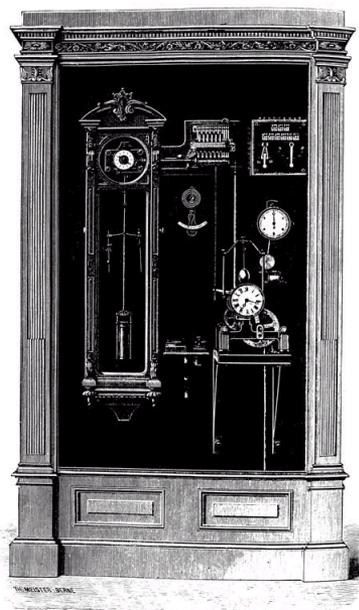


Fig. 288

Figura 3: L'Horloge-mère, Neuchâtel, De A. Favarger, *L'Électricité et ses applications à la chronométrie* (Neuchâtel, 1924). p. 414.

Sem tempos coordenados, as metrópoles, cidades e vilarejos funcionavam nos seus respectivos tempos, marcando uma individualidade que se manteve sem importância antes da estrada de ferro. Na Inglaterra, durante a década de 1830, a hora em Londres andava à frente de Reading por quatro minutos, marchava adiante de Cirencester por sete minutos e trinta segundos, e soava quatorze minutos antes de Bridgewater. Se você quisesse mostrar as horas no frontispício de um edifício central, precisaria mais do que um

<sup>7</sup> Relógios remotos foram discutidos por Charles Wheatstone e William Cooke, o relojoeiro escocês Alexander Bain, e o inventor americano Samuel F. B. Morse, entre outros. Para Wheatstone, Cooke e Morse, a coordenação de relógios surgiu do trabalho deles sobre telegrafia. Ver WELCH, Kenneth F. *Time Measurement: An Introductory History*. Newton Abbot, 1972. p. 71-72.

<sup>8</sup> Para discussões a respeito do extenso trabalho sobre coordenação de relógios antes de 1900, ver, por exemplo, a série de artigos publicados por FAVARGER, A. *L'Électricité et ses applications à la chronométrie*. *Journal suisse d'horlogerie*, 9, 153-58, set. 1884/jun. 1885; FAVARGER, A. *Les Horloges électriques*. In: CHAPUIS, Alfred. (ed.) *Histoire de la pendulerie neuchâteloise*. Paris, 1917. p. 399-420; AMBRONN, Friedrich Anton Leopold. *Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde*, 2 vols. Berlin, 1899, esp. 1: 183-87. Sobre a expansão da rede de Berna, ver Gesellschaft für elektrische Uhren in Bern, *Jahresberichte* (1890-1910), Stadtarchiv Bern.

relógio. A Torre da Ilha (Isle Tower) em Genebra exibia três: o imenso relógio no centro mostrava o tempo em Genebra (aproximadamente 10h13min), o relógio da esquerda mostrava o tempo com referência a Paris usado ao longo da via férrea da companhia de trem Paris-Lyon-Méditerranée (9h58min), e o relógio da direita exibia a hora de Berna – uns bons cinco minutos adiantado (10h 18min) (figura 4). Alguns anos mais tarde, a standardização entrou na foto (figura 5), mas avançou linha a linha – toda a companhia de trem definia o seu próprio horário e fazia isso com a maior cerimônia. Em Londres,

<sup>9</sup> BAGWELL, Philip S. *The Transport Revolution from 1770*. London, 1974. p. 125, citado em SCHIVELBUSCH, Wolfgang. *The Railway Journey: Trains and Travel in the Nineteenth Century*, traduzido por Anselm Hollo. New York, 1980. p. 48-50.

*todas as manhãs, um emissário do correio do Tribunal da Marinha portava um relógio mostrando a hora certa até a guarda na saída do correio irlandês que deixava Euston em direção a Holyhead. Na chegada em Holyhead, a hora certa era passada adiante aos oficiais do barco para Kingstown que a levavam até Dublin. Na volta do correio para Euston, o relógio era trazido de volta para o emissário do Tribunal da Marinha em Euston uma vez mais.*<sup>9</sup>



Figura 4: Torre da Ilha, Genebra, 1880. Três relógios. Centre d'iconographie genevoise. RVG N13x18 14934.

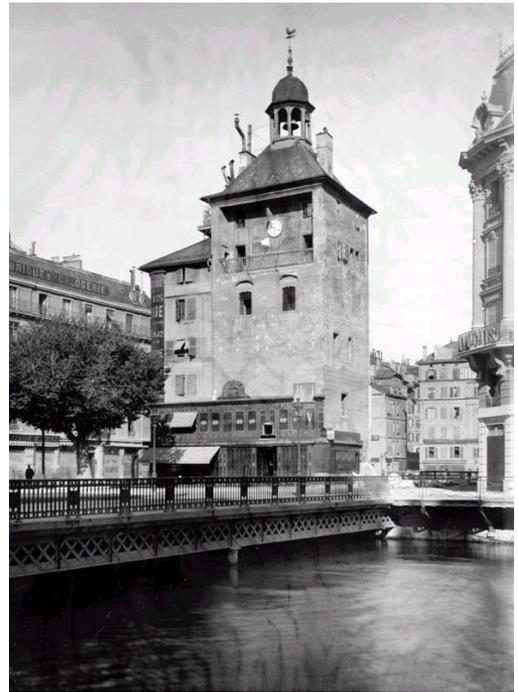


Figura 5: Torre da Ilha, Genebra, 1880. Um relógio. Centre d'iconographie genevoise. VG N13x18 1769.

A Alemanha, que pela maior parte dos relatos era a mais avançada em seus esforços de coordenar o tempo, ainda lutava com uma miscelânea de sistemas mecânicos e elétricos em 1891, quando o idoso conde Helmuth von Moltke veio falar, pela última vez, ao Parlamento Alemão Imperial, em 16 de março; ele morreu aproximadamente um mês depois disso.<sup>10</sup>

Como chefe dos oficiais prussianos (e mais tarde dos alemães), von Moltke tinha alterado dramaticamente a distribuição das tropas. Enquanto as gerações anteriores tinham enviado exércitos através de estradas pouco confiáveis, von Moltke explorou as estradas de ferro para abastecer, passar em revistas e transportar as tropas para as frentes de batalha. Os sucessos de Moltke com essa estratégia – na Guerra Franco-Prussiana – indubitavelmente chamaram a atenção da audiência quando ele se pronunciou sobre as ferrovias, o império e a força militar. Numa voz áspera, ele entoou:

*Meine Herren,... eu não os deterei por muito tempo, uma vez que estou muito rouco, e, por causa disso, tenho que pedir por sua indulgência.*

*É universalmente reconhecido que a unidade do tempo [Einheitszeit] é indispensável para a operação satisfatória das estradas de ferro e não há o que discutir. Mas, meus senhores, nós temos na Alemanha cinco unidades diferentes de tempo. Na Alemanha do Norte, inclusive na Saxônia, nós nos guiamos pelo horário de Berlim; na Bavária, por aquele de Munique; em Württemberg, pelo horário de Stuttgart; em Baden, pelo horário de Karlsruhe; e no Palatinato do Reno pelo horário de Ludwigshafen. Temos, portanto, na Alemanha, cinco fusos horários, com todos os impedimentos e desvantagens que isso acarreta. Isso em nossa própria pátria, além daqueles que infelizmente encontramos nas fronteiras francesas e russas. Devo dizer que isso é uma lástima que se tem mantido desde o tempo em que a Alemanha estava estilhaçada. Mas, agora que somos um império, deve ser eliminada apropriadamente.*

Da audiência, levantou-se o coro “pura verdade”. Von Moltke continuou dizendo que, se por um lado essa fragmentação lamentável do tempo tornava-se apenas uma inconveniência para o viajante, por outro lado era uma “dificuldade efetiva de importância vital” para os negócios da estrada de ferro e, pior ainda, para os militares. O que, perguntava ele, aconteceria no caso da mobilização das tropas? Deveria haver um padrão que se alinhasse ao décimo

<sup>10</sup> O estabelecimento do tempo uniforme é discutido nos trabalhos de KERN, Stephen. *The Culture of Time and Space, 1880-1918*. Cambridge, Mass., 1983. p. 11-14; e de HOWSE, Derek. *Greenwich Time and the Discovery of Longitude*. Oxford, 1980. p. 119-20. Simon Schaffer usa a máquina do tempo de H. G. Wells como um guia através da intersecção na virada do século, do trabalho do escritório mecanizado e o envolvimento literário e científico com o tempo, no texto “Máquinas do Tempo” (manuscrito inédito da Universidade de Cambridge).

quinto meridiano (cerca de cinqüenta milhas a leste do portão de Brandenburg), que seria o ponto de referência. A hora local dentro da Alemanha diferiria, mas apenas por meia hora ou algo em torno disso, em qualquer um dos extremos do império. “*Meine Herren*, a unidade de tempo meramente para a linha de ferro não elimina todas as desvantagens que eu mencionei brevemente; isso será possível apenas quando chegarmos a um cálculo para a unidade de tempo para toda a Alemanha, isto é, quando toda hora local for eliminada”<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> MOLTKE, Helmuth von. Dritte Berathung des Reichshaushaltsetats: Reichseisenbahnamt Einheitszeit. *Gesammelte Schriften und Denkwürdigkeiten des General-Feldmarschalls Grafen Helmuth von Moltke*, 8 vols. Berlin, 1891-93, 7:38-39, 39, 40; traduzido por Sandford Fleming, sob o título General von Moltke on Time Reform. In: *Documents Relating to the Fixing of a Standard of Time and the Legalization Thereof*, Canada Parliament Session, 1891, n. 8, p. 25 e 26.

<sup>12</sup> MOLTKE, Helmuth von. Dritte Berathung des Reichshaushaltsetats: Reichseisenbahnamt Einheitszeit. *Op. cit.*, p. 40; Sandford Fleming. (tradutor). General von Moltke on Time Reform, *Op. cit.*, p. 26.

<sup>13</sup> Para detalhes biográficos sobre Mathias Hipp, ver: MES-TRAL, Aymon de. *Mathias Hipp, 1813-1893*; Jean-Jacques Kobler, *1860-1930*; Eugène Failletaz, *1873-1943*; Jean Landry, *1875-1940*. Zurich, 1960, pp. 9-34. O trabalho de LANDES, David S. *Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World*. Cambridge, Mass., 1983. p. 237-337, é excelente ao tratar da indústria suíça de relógios, embora não focalize aqui as redes, mas sim a produção de relógios.

Von Moltke entendia que o público pudesse discordar – equivocadamente. Mas depois de algumas “considerações cuidadosas”, os homens de ciência dos observatórios veriam as coisas claramente e emprestariam “sua autoridade para combater o espírito de oposição”. “*Meine Herren*, a ciência deseja muito mais do que nós desejamos. Ela não está contente com a uniformidade do tempo na Alemanha, ou na Europa central, e deseja obter um tempo mundial, baseado no meridiano de Greenwich, certamente com plenos direitos sobre ele e para aqueles fins que tem traçados.”<sup>12</sup> Os trabalhadores das fazendas e das fábricas podem acertar seu relógio de ponto a seu bel-prazer. Se o dono de uma fábrica deseja que seus trabalhadores comecem ao amanhecer, então deixemos que ele abra os portões às 6h 29min, em março. Deixemos que os fazendeiros sigam o sol, que as escolas e cortes dêem conta de seus horários sempre flexíveis. A Alemanha tomou a decisão de estender seus domínios de tempo, e uma grande parte da Europa a seguiu.

Na Suíça, Hipp, o relojoeiro mundialmente famoso (apesar de ter sido preso por se relacionar com anarquistas) deu continuidade a seu desenvolvimento do pêndulo mantido eletricamente até chegar ao desenvolvimento prático de um sistema de distribuição de tempo, usando circuitos de baixa tensão. Fundada como uma pequena fábrica de aparatos telegráficos e elétricos em Neuchâtel, a companhia de Hipp evoluiu do estabelecimento da primeira rede de relógios elétricos públicos em Genebra em 1861 para um patamar de grande proeminência; em 1889, ela se tornou A. de Peyer, A. Favarger & Cia. De 1889 a 1908, essa preocupação ampliou o alcance do relógio-mestre para além do âmbito das ferrovias até os relógios das torres das igrejas e, mais além, até chegar aos relógios despertadores dentro dos hotéis.<sup>13</sup> Com as horas sendo marcadas em cada rua, havia a necessidade de métodos para ampliar indefinidamente o número de unidades que poderiam andar juntas – um fluxo de patentes que se seguiu aperfeiçoou os amplificadores de

<sup>14</sup> Ver FAVARGER, A. *L'Électricité et ses applications à la chronométrie*. 3. ed. Neuchâtel, 1924. p. 408-9.

<sup>15</sup> ROSSUM, Gerhard Dohrn-van. *History of the Hour: Clocks and Modern Temporal Orders*, traduzido por Thomas Dunlap. Chicago, 1996. p. 350. Ver também MERLE, Ulla. Tempo! Tempo! Die Industrialisierung der Zeit im 19. Jahrhundert. In: JENZEN, Igor A. (org.) *Uhrzeiten: Die Geschichte der Uhr und ihres Gebrauchs*. Frankfurt am Main, 1989. p. 166-78.

<sup>16</sup> Centenas de patentes estão listadas no *Journal suisse d'horlogerie* durante os anos relevantes (1902-1905). Infelizmente, o escritório de patentes suíço destruiu, conforme esperado, todos os documentos oficiais processados por Einstein dezoito anos depois da criação deles; esse era um procedimento padrão nas opiniões de patentes, e mesmo a fama de Einstein não permitiu que houvesse exceção. Ver FÖLSING, Albrecht. *Albert Einstein, Op. cit.*, p. 104.

<sup>17</sup> A mais detalhada relação entre o trabalho de patentes de Einstein e seu trabalho científico é sobre os compassos giromagnéticos e a produção de Einstein do efeito Einstein-de Haas. Ver GALISON, Peter. *How Experiments End*. Chicago, 1987, cap. 2; além disso, ver HUGHES, Thomas. Einstein. *Inventors and Invention. Science in Context*, 6, 25-42, Spring 1993 e PYENSON, Lewis. *The Young Einstein: The Advent of Relativity*. Bristol, 1985. Sobre o trabalho de Einstein para avaliar as patentes da eletricidade, ver FLÜCKIGER, Max. *Albert Einstein in Bern: Das Ringen um ein neues Weltbild: Eine dokumentarische Darstellung über den Aufstieg eines Genies*. Berna, 1974, p. 62.

sinal e relés. A rede de tempo urbana de Berna foi inaugurada em 1890; melhorias, expansões e novas redes surgiram por toda a Suíça. Afinal, o tempo coordenado e preciso não apenas era importante aos passageiros das estradas de ferro européias e ao exército prussiano, mas também era igualmente crucial à dispersa indústria relojoeira suíça, que desesperadamente precisava meios de calibragem consistente.<sup>14</sup> Mas isso foi sempre uma necessidade prática, mais do que prática, uma necessidade material econômica urgente e um imaginário cultural. O professor Wilhelm Förster do Observatório de Berlim, observatório esse que mantinha uma vigilância sacrossanta sobre o relógio mestre de Berlim, desdenhava qualquer relógio urbano que não garantisse o tempo com precisão de minutos, classificando-o de uma máquina que “simplesmente desconsiderava as pessoas”.<sup>15</sup>

A tecnologia que brotava produziu patentes em cada setor da rede: patentes de geradores de baixa voltagem, patentes de receptores eletromagnéticos, com todos os seus escapamentos e armaduras, patentes de interruptores de contato. Razoavelmente típico dessa classe de trabalhos electrocronométricos, que surgiu nos anos depois de 1900, foi o inusitado receptor de David Perret, que detectava e usava um sinal cronométrico de corrente direta para guiar uma armadura oscilante que recebeu a patente suíça de número 30351, às 17 horas do dia 12 de março de 1904. Ou então, tome-se o receptor do próprio Favarger que fazia exatamente o oposto, tomava uma corrente alternada de um relógio-mestre e a transformava no movimento unidirecional de uma roda dentada. Essa patente usada amplamente foi submetida a análise no dia 25 de novembro de 1902 e oficializada no dia 2 de maio de 1905. Havia patentes de alarmes remotos, regulação remota de pêndulos, transmissão de tempo por telefone – mesmo sem fio; outras patentes chegavam propondo relógios para as saídas e chegadas das estações de trem, além de patentes para relógios que indicavam a hora em outras zonas de tempo.

Todas essas patentes cronométricas – juntamente com um grande número de outras relacionadas a elas – passaram pelo escritório suíço de patentes em Berna, e indubitavelmente muitas delas passaram pela mesa de trabalho de Einstein.<sup>16</sup> Einstein começou a trabalhar no escritório de patentes de Berna no dia 16 de junho de 1902 como um técnico especializado, terceira classe, onde era principalmente encarregado de avaliar patentes eletromagnéticas.<sup>17</sup> De pé, em seu podium de madeira, ele, do mesmo modo que cerca de outros doze técnicos especializados no escritório

<sup>18</sup> Ver FLÜCKIGER, Max. *Albert Einstein in Bern, Op. cit.*, p. 66.

<sup>19</sup> Ver J. Einstein & Cia. e Sebastian Kornprobst. *Vorrichtung zur Umwandlung der ungleichmässigen Zeigerausschläge von Elektrizitäts-Messern in eine gleichmässige, gradlinige Bewegung*, Kaiserliches Patentamt n. 53.546, 26 de fevereiro de 1890; *Neuerung an elektrischen Mess- und Anzeigervorrichtungen*, Kaiserliches Patentamt n. 53.846, 21 de novembro de 1889; *Federndes Reibrad*, Kaiserliches Patentamt n. 60.361, 23 de fevereiro de 1890; e *Elektrizitätszähler der Firma J. Einstein & Cia., München (System Kornprobst)*, *Offizielle Zeitung der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung*, n. 28, 949, outubro de 1891. Ver também FRENKEL, Viktor Yakovlevitch & YAVELOV, Boris Efimovitch. *Einstein: Izobreteniia i eksperiment (Einstein: invention e experiment)*. Moscow, 1990, p. 75-79 e PYENSON, Lewis. *The Young Einstein, Op. cit.*, p. 39-53.

<sup>20</sup> Na “pequena máquina” (*Machinchen*), ver STACHEL, John et al.. *Einstein’s ‘Machinchen’ for the Measurement of Small Quantities of Electricity*, nota editorial em *The Swiss Years: Correspondence, 1902-1914*, vol. 5 in STACHEL et al. (ed.) *The Collected Papers of Albert Einstein*, tradução Anna Beck, Princeton, N. J., 1995, p. 51-55; sobre o efeito Einstein-de Haas, ver GALISON, Peter, *How Experiments End, Op. cit.*, cap. 2; e FRENKEL, Viktor & YAVELOV, Boris. *Einstein, Op. cit.*, cap. 4.

de patentes, examinava metodicamente cada solicitação de patente procurando seus princípios centrais.<sup>18</sup> O conhecimento de Einstein sobre mecanismos eletromecânicos vinha em parte do negócio de família. Na verdade, o pai de Einstein, Hermann, e seu tio Jakob, construíram seu negócio a partir das patentes do tio sobre sensíveis mecanismos elétricos semelhantes a relógios, para medir o uso de eletricidade. Um dos mecanismos de mensuração elétrica de J. Einstein & Cia., criada por Jakob Einstein e Sebastian Kornprobst, foi mencionado com ênfase no relatório da feira eletrotécnica de Frankfurt de 1891. Algumas páginas anteriores mostram um mecanismo típico daquela época para montar um relógio-mestre substituto para assegurar a operação contínua de um sistema de relógios elétricos. Os sistemas de mensuração elétrica e as tecnologias relojoeiras eram tão próximos que ao menos uma das patentes de Jakob Einstein e Sebastian Kornprobst explicitamente registrava sua aplicação a mecanismos relojoeiros de maneira mais geral (figura 6).<sup>19</sup>

O trabalho técnico posterior do próprio Einstein (que, aliás, tinha um grande número de patentes) e que ele chamava de sua *Machinchen* (um dispositivo para multiplicar e mensurar correntes elétricas muito pequenas), bem como

seus estudos sobre o efeito Einstein-de Haas (que levou a sua teoria atômica de átomos ferromagnéticos), foram apenas dois outros exemplos posteriores de seu interesse especial por sensíveis dispositivos eletromecânicos. As patentes de coordenação de relógios eletromagnéticos estavam dentro da seara de Einstein, uma vez que elas se centravam sobre meios de transformar correntes elétricas pequenas em movimentos rotatórios de alta precisão.<sup>20</sup>



Figura 6: Jakob Einstein & Cie. Elektrotechnische Fabrik. Elektrizität. *Offizielle Zeitung der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung, Frankfurt am Main, 1891*, organizado por H. Massenbach e Max Quarck, 20 de outubro de 1891. p. 949.

Quem chefiava o escritório de patentes durante a carreira de Einstein era Friedrich Haller, que supervisionava com severidade seus subordinados. No início ele chamou a atenção de Einstein: “Como físico você não entende nada de desenho. Você precisa aprender a compreender desenhos e especificações técnicas antes que eu possa lhe dar um posto permanente.”<sup>21</sup> Em setembro de 1903, Einstein recebeu o aviso de que seu emprego provisório tinha se tornado permanente, embora Haller não estivesse disposto a promovê-lo, comentando que Einstein “deveria esperar até que tivesse controle completo sobre a tecnologia das máquinas; afinal, ele estudava física.” O conhecimento veio à medida que Einstein mergulhou na avaliação crítica do mar de patentes que se abria diante dele. Por abril de 1906, Einstein parece ter persuadido as autoridades de que, apesar da física, ele tinha de fato compreendido a tecnologia e foi promovido a técnico especialista de segunda classe. Haller agora julgava que Einstein “podia ser reconhecido como um dos *experts* mais estimados no escritório”<sup>22</sup>.

A janela que se abriu para Einstein, no mundo eletrocronométrico, veio em uma época crucial. Apesar do apoio expressivo de von Moltke e do entusiasmo incansável dos defensores de um horário único mundial, Albert Favarger, um dos principais engenheiros da companhia Hipp e o homem que de fato sucedeu Hipp na chefia daquela companhia, não estava de maneira nenhuma satisfeito. Na exposição mundial de 1900, o Congresso Internacional de Cronometria se reuniu para discutir o *status*, entre outras coisas, dos esforços de coordenação dos relógios.<sup>23</sup> No início de sua fala ao Congresso, Favarger se levantou para perguntar como era possível que a distribuição do tempo eletrônico estava ficando tão preocupantemente atrás das tecnologias equivalentes em telegrafia ou telefonia. Em primeiro lugar, ele sugeria que havia dificuldades técnicas; relógios coordenados remotamente não podiam se basear num amigo compreensivo (“*ami complaisant*”) para supervisioná-lo e corrigir as menores dificuldades enquanto que o engenho a vapor, o dínamo ou o telégrafo, todos pareciam funcionar com uma companhia humana constante. Em segundo lugar, havia falta de técnicos: os melhores técnicos estavam ocupados trabalhando com dispositivos de energia e de comunicação, e não com máquinas de tempo. E finalmente, lamentava que o público não estava financiando a distribuição de tempo como deveria. Tal falta de entusiasmo frustrava Favarger:

*Será possível que nós não tenhamos experimentado a necessidade absoluta, imperativa, e eu diria ainda coletiva,*

<sup>21</sup> Citado em FLÜCKIGER, Max. *Albert Einstein in Bern*, *Op. cit.*, p. 58.

<sup>22</sup> Citado em PAIS, A. *Subtle Is the Lord*, *Op. cit.*, p. 47-48.

<sup>23</sup> Ver FAVARGER, A. Sur la distribution de l'heure civile. In: FICHOT, E. & VANSAY, P. de (ed.) *Congrès International de Chronométrie, Comptes rendus des travaux, procès-verbaux, rapports, et mémoires*. Paris, 1902, p. 198-203; daqui em diante abreviada como “SD”.

*de tempo distribuído de forma exata, uniforme e regular?... Eis aqui uma questão que chega às raias da impertinência quando dirigida a um público do final do século dezenove, bombardeado por negócios e sempre premido pelo tempo, um público que cunhou o famoso adágio: Tempo é dinheiro (“SD”, p. 199).*

No ponto de vista de Favarger, o deplorável estado da distribuição do tempo estava desproporcional às exigências da vida moderna. Ele insistia que os seres humanos necessitavam de um sistema de exatidão e universalidade que estivesse correto até o milésimo de segundo. Nenhum sistema mecânico, hidráulico ou pneumático antigo serviria – eletricidade era a chave do futuro, um futuro que só se realizaria apropriadamente se a humanidade rompesse com o seu passado de relógios mecânicos alquebrado pela anarquia, incoerência e pela rotina. Em seu lugar, um mundo de relógios eletrocoordenados deveria se basear em uma abordagem racional e metódica. Conforme ele mesmo coloca,

*Você não precisa sair em longas jornadas por Paris para notar inúmeros relógios, tanto públicos como privados, que discordam entre si – qual deles é o maior mentiroso? Na verdade, se apenas um deles está mentindo, suspeita-se da sinceridade de todos eles. O público ganhará segurança apenas quando cada um dos relógios indicar unanimidade ao mesmo tempo e no mesmo instante. (SD”, p. 200).*

E como poderia ser diferente? Trens costumeiramente atravessavam em alta velocidade os campos, indo em direções opostas no mesmo trilho. Um erro de tempo na troca de desvios poderia, e de fato levava, a uma calamidade. A regulação remota de tempo que reunisse observatórios, estradas de ferro e telégrafos era tudo que se interpunha entre uma viagem tranqüila e uma tragédia. O tempo estava à venda, e os astrônomos, os telegrafistas e fabricantes de relógio, todos ganharam à medida que se adotava o tempo coordenado ao longo da ferrovia. As primeiras zonas de fuso horário foram esses territórios longos e estreitos estabelecidos pelos trilhos de trem.<sup>24</sup>

Favarger lembrou ao público presente, reunido na exposição, que a velocidade dos trens que corriam pela Europa estava aumentando – 100, 150 e até mesmo 200 Km/h. As pessoas que dirigiam os trens e dirigiam os seus movimentos – sem contar os passageiros que entregavam suas vidas aos transportes velozes – tinham que corrigir os horários. A 55 m/s cada movimento do relógio contava, e os sistemas mecânicos vigentes, mas obsoletos, de coordenação

<sup>24</sup> Ver STEPHENS, Carlene. The Most Reliable Time: William Bond, the New England Railroads, and Time Awareness in Nineteenth-Century America. *Technology and Culture*, 30,1-24, jan. 1989 and Before Standard Time: Distributing Time in Nineteenth-Century America. *Vistas in Astronomy*, 28, 114-15, partes 1-2, 1985.

nação estavam fadados a serem inferiores. Apenas o sistema elétrico automático era verdadeiramente apropriado: “o sistema não-automático, mais primitivo, mas ainda o mais usado, é a causa direta da anarquia do tempo da qual devemos fugir” (“SD”, p. 201).

Anarquia do tempo. Não há dúvida que a referência de Favarger era, em parte, ao anarquismo, que tinha se tornado uma poderosa influência entre os fabricantes de relógio da região do Jura<sup>25</sup>, conforme Pyotr Kropotkin testemunhou em suas *Memórias de um Revolucionário*. Com certeza, Kropotkin lembrou que as questões teóricas, levantadas por Bakunin e outros, contra o despotismo econômico, eram importantes,

*mas as relações igualitárias que eu encontro nas Montanhas do Jura, a independência de pensamento e expressão que eu vi se desenvolver nos trabalhadores, e sua devoção ilimitada à causa me emocionaram ainda mais intensamente; e quando eu voltei das montanhas, depois da estadia de uma semana com os fabricantes de relógio, minhas perspectivas sobre socialismo estavam estabelecidas. Eu era um anarquista.*<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Montanhas entre a França e a Suíça (N. T.)

<sup>26</sup> KROPOTKIN, Peter. *Memoirs of a Revolutionist*. Montreal, 1989. p. 267.

O próprio Hipp havia sido preso, mas Favarger estava evidentemente preocupado com outras coisas, com a desintegração mais ampla da regularidade pessoal e social. Apenas a distribuição elétrica da simultaneidade poderia fornecer a “expansão indefinida da zona de tempo unificada” (“SD”, p. 202). O apoio de Favarger à simultaneidade distante foi, ao mesmo tempo, político, econômico e pragmático.

Se conseguíssemos escapar deste infeliz “anarco-relogismo”, teríamos uma chance de preencher uma grande lacuna no nosso conhecimento do mundo. Uma vez que, conforme Favarger insistia, mesmo que o Bureau Internacional de Pesos e Medidas tivesse começado a conquistar as duas primeiras quantidades fundamentais – espaço e massa –, o tempo, a última fronteira, ainda se mantinha inexplorado (ver “SD”, p. 203). E a maneira de conquistar o tempo era criar e até mesmo ampliar a rede elétrica, amarrá-la a um relógio-mestre, conectado a um observatório que dirigiria os relés que multiplicariam os sinais e enviariam as correções automáticas aos relógios dos hotéis, das esquinas das ruas, das torres das igrejas, pelos continentes. Associada em parte a Favarger, estava uma companhia que tinha por objetivo sincronizar a rede de Berna. Quando, em 1º de agosto de 1890, Berna acertou os ponteiros dos seus relógios de maneira coordenada, a imprensa saudou o fato como uma “revolução dos relógios”.<sup>27</sup> Não devemos esquecer

<sup>27</sup> Citado em MESSERLI, Jakob. *Gleichmässig pünktlich schnell: Zeiteinteilung und Zeitgebrauch in der Schweiz im 19. Jahrhundert*. Zurich, 1995. p. 126.

que, de vários lugares em Berna, enxergava-se claramente vários relógios públicos imensos; quando, naquele agosto, todos eles começaram a funcionar coordenadamente, a ordem do tempo se tornou visível.

Os jornais suíços não estavam sozinhos nessa sua visão da coordenação do tempo como uma questão de ampla importância cultural. Para o entusiasta do tempo norte-americano, Sandford Fleming, e seus aliados na década de 1890, o estabelecimento de um tempo “universal” ou “cósmico” era prático e mais do que prático – uma benção à comunicação e ao transporte, mas também uma “revolução silenciosa” que traria progresso a todas as esferas da vida cultural e pessoal.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> FLEMING, Sandford. *Time-Reckoning for the Twentieth Century*. Washington, D. C., 1889. p. 357. Ver BARTKY, Ian R. The Adoption of Standard Time. *Technology and Culture*, 30, 41, jan. 1989 para ligações entre Sandford Fleming e Cleveland Abbe e outros meteorologistas.

Durante a década de 1890, Einstein ainda não tinha a menor preocupação com os relógios; mas, como um jovem de dezesseis anos em 1895, ele já estava muito preocupado com a natureza da radiação eletromagnética. Mesmo para sua imaginação pouco elaborada, alguma coisa estava errada com a concepção costumeira de radiação como uma onda no éter substancial e estático. Imagine, ele pensava consigo mesmo, que uma pessoa pudesse alcançar uma onda de luz – como a física clássica poderia inferir. Então, como um surfista surfando um trem de ondas do mar, ele poderia ver o campo eletromagnético se abrir a sua frente oscilando no espaço, mas praticamente não se transformando no tempo. No entanto, isso não correspondia a qualquer coisa jamais observada.<sup>29</sup> Quatro anos mais tarde, Einstein ainda estava agonizando sobre a natureza dos corpos em movimento e sobre a eletrodinâmica. Para a sua amada, Mileva Maric, ele reiterava sua impressão de que as teorias ingênuas sobre o éter simplesmente tinham que desaparecer.

<sup>29</sup> Ver EINSTEIN, A. Autobiographical Notes. In: SCHILPP, Paul Arthur (ed.). *Albert Einstein. Philosopher-Scientist*. 3. ed. La Salle, 1970. p. 53.

*Querida Dollie,*

<sup>30</sup> Einstein a Mileva Maric, talvez 10(?) de agosto de 1899, em Einstein e Maric. *The Love Letters*, traduzido por Shawn Smith, organizado por Jürgen Renn e Robert Shulmann. Princeton, N. J., 1992. p. 10. Sobre o conhecimento específico de Einstein com respeito aos aspectos da eletrodinâmica, ver HOLTON, Gerald. *Influences on Einstein's Early Work, Thematic Origins of Scientific Thought*, Op. cit., e MILLER, Arthur. *Albert Einstein's Special Theory of Relativity*, Op. cit.

*Devolvi o livro de Helmholtz e agora estou relendo a propagação da força elétrica de Hertz com grande interesse, porque não entendi o tratado de Helmholtz sobre o princípio da ação mínima na eletrodinâmica. Estou cada vez mais convencido de que a eletrodinâmica dos corpos em movimento, conforme apresentada hoje, não corresponde à realidade, e que será possível apresentá-la de uma forma mais simples. A introdução do termo éter nas teorias da eletricidade levou à concepção de um meio cujo movimento pode ser descrito, acredito eu, sem que se lhe atribua um significado físico.*<sup>30</sup>

A eletricidade e o magnetismo, concluiu Einstein, poderiam ser definidos como o movimento de massas elétricas “verdadeiras” com realidade física através do espaço

vazio. Ou as teorias físicas centrais do século dezanove estariam acabadas. Então, antes que Einstein entrasse no escritório de patentes, pedaços cruciais do quebra-cabeça da relatividade se encaixaram em seus lugares: ele conhecia as equações de Maxwell, estava decidido a construir uma imagem realista das cargas elétricas em movimento e tinha excluído o éter. Mas nenhuma dessas considerações tinha relação direta com o problema de como tratar o tempo.

Enquanto isso, alguns dos maiores físicos do século dezanove estavam começando, de maneira desesperada, a fazer experimentos com variações matemáticas no modo como a variável de tempo  $t$  mudava em sistemas referenciais diferentes. Mas todos eles – Poincaré, Lorentz, Abraham – se mantiveram fiéis à noção de uma estrutura estática do verdadeiro éter. E eles não concordaram entre si sobre a relevância desses horários locais e o tempo físico verdadeiro (absoluto) do sistema de repouso do éter. Poincaré, Lorentz e Abraham queriam começar com pressuposições especiais sobre as forças básicas da natureza, as forças que mantinham juntos os blocos atômicos dos braços do interferômetro, as forças que impediam os elétrons de explodir por causa de sua alta repulsão eletrostática. A partir de teorias construídas e construtivas da matéria, como essas, eles buscavam deduzir a cinemática – o comportamento da matéria na ausência de força. Einstein não queria nada disso; ele tinha por objetivo construir uma teoria que iniciaria com princípios físicos simples, do mesmo modo que a termodinâmica começou com a conservação da energia e com o crescimento da entropia. Poincaré, Lorentz e Abraham estavam dispostos a elaborar pressupostos especiais sobre como uma noção de tempo artificial, e útil ao cálculo, variaria de um sistema para outro sistema de referência. Nenhum deles deu origem a uma física detalhada, com um conjunto de pressuposições físicas acerca do espaço medido e do tempo coordenado.

Esse era o estado de coisas nos anos que se seguiram à chegada de Einstein ao escritório de patentes em 1902.<sup>31</sup> Nesse escritório, de acordo com as instruções dadas por Haller, ele tinha a obrigação de ser crítico em todos os estágios: “Quando você pegar um pedido, pense que tudo que o inventor diz está errado.” Seria flertar com o desastre seguir “o modo de raciocínio do inventor, e isto prejudicará você. É preciso ficar extremamente alerta.”<sup>32</sup> Esse era um conselho para o trabalho oficial de patente, mas se aplicava também a qualquer campo etéreo da física. Pois, na eletrodinâmica dos corpos em movimento, Einstein tinha um

<sup>31</sup> Aqui não é o lugar para oferecer uma reconstrução de todos os aspectos do caminho que Einstein seguiu até a relatividade especial. O leitor pode se reportar a uma excelente síntese em STACHEL, John *et al.* Einstein on the Special Theory of Relativity, nota editorial no *The Swiss Years: Writings, 1900-1909*, vol. 2. In: STACHEL, John *et al.* (ed.) *The Collected Papers of Albert Einstein*. Princeton, N. J., 1989, pp. 253-74, esp. p. 264-65. Os autores argumentam que a difícil seqüência do trabalho de Einstein foi: 1) convicção de que apenas o movimento relativo de corpos ponderáveis era significativo; 2) abandono da teoria de Lorentz sobre o significado físico do movimento absoluto; 3) exploração de uma eletrodinâmica alternativa que justificaria a hipótese de missão de luz relativa à fonte; 4) abandono dessa eletrodinâmica alternativa uma vez que Einstein assumisse uma velocidade da luz independente da velocidade da fonte; 5) crítica da concepção usual de intervalos temporais e espaciais, e especialmente a simultaneidade distante; e 6) definição física de simultaneidade e construção de uma teoria cinemática nova. O meu foco aqui é em (5), a introdução de uma noção convencional de simultaneidade distante.

<sup>32</sup> Citado em FLÜCKIGER, Max. *Albert Einstein in Bern*, *Op. cit.*, p. 58.

problema que o havia intrigado muitas vezes ao longo de sete anos; um problema que, cada vez mais, intrigava os físicos mais importantes da época. Enquanto isso, em volta de Einstein, literalmente, crescia a fascinação com o tempo eletrocoordenado. Todos os dias, Einstein fazia uma pequena caminhada a partir de sua casa, dobrando à esquerda na Kramgasse, até o escritório de patentes; todos os dias ele

deve ter visto as grandes torres do relógio que se erguiam acima de Berna com seus relógios coordenados, e a miríade de relógios nas ruas que se guiavam orgulhosamente pelo escritório central dos telégrafos. Afinal, ele tinha que passar debaixo de um dos mais famosos deles, o Zeitglockenturm, e também por muitos outros (figura 7). Em algum momento, em meados de maio de 1905 – e notamos que Einstein se mudou para o limite da zona

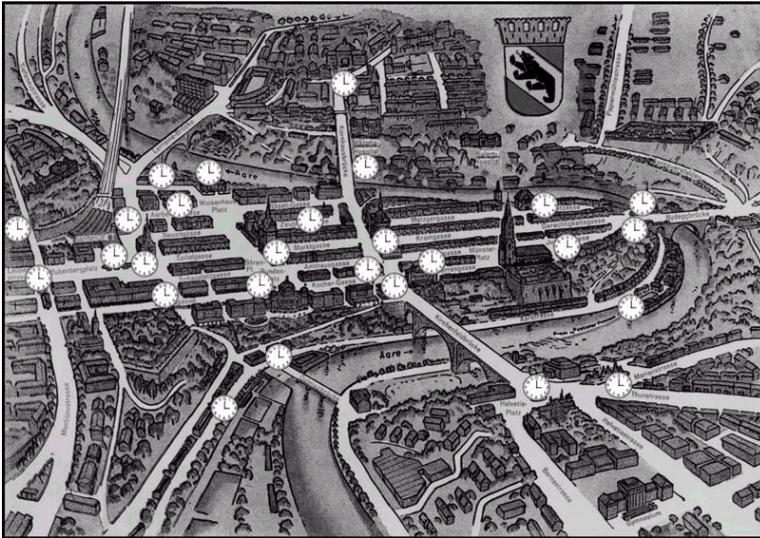


Figura 7: Mapa da rede de relógios elétricos em Berna. Coleção de Mapas de Harvard, com base nos dados de Jakob Messerli, *Gleichmässig pünktlich schnell*.

de tempo unificado de Berna em 15 de maio – ele e seu amigo mais chegado, Michel Besso, cercaram o problema do eletromagnetismo por todos os lados. “Então”, recorda Einstein, “de repente entendi onde estava a chave do problema.” Ele nem saudou Besso no dia seguinte e já foi dizendo: “Pode me dar os parabéns; resolvi completamente o problema”. Uma análise do conceito de tempo foi minha solução. O tempo não pode ser definido em termos absolutos e há uma relação inseparável entre tempo e velocidade sinalizada<sup>33</sup>. Apontando para o relógio da torre de Berna – um dos famosos relógios sincronizados da cidade – e depois para um relógio numa torre em Muri (que ainda não estava ligado ao relógio-mestre de Berna), Einstein descreveu sua sincronização dos relógios (figuras 8 e 9).<sup>34</sup>

Dentro de poucos dias, Einstein enviou uma carta ao seu amigo Conrad Habicht, implorando que lhe mandasse uma cópia de sua dissertação e prometendo a ele quatro novos artigos em retribuição. “O quarto artigo é ainda um rascunho grosseiro nesse ponto. É uma eletrodinâmica dos corpos em movimento que emprega uma modificação da teoria do espaço e do tempo. A parte puramente cinemática

<sup>33</sup> EINSTEIN, A. *How I Created the Theory of Relativity*, palestra proferida em Kyoto, 14 de dezembro de 1922, tradução de Yoshimasa A. Ono. *Physics Today*, 35, 46, agosto de 1982.

<sup>34</sup> Ver SAUTER, Josef. Comment j’ai appris à connaître Einstein. In: FLÜCKIGER, Max. *Albert Einstein in Bern*, *Op. cit.*, p. 156 e FÖLSING, Albrecht. *Albert Einstein*, *Op. cit.*, p. 155.

<sup>35</sup> Einstein para Conrad Habich, Berna, [18 ou 25 de maio de 1905], *The Swiss Years: Correspondence, 1902-1914*, p. 20.

desse trabalho [começando com novas definições de sincronização de tempo] certamente lhe interessará<sup>35</sup>. Dez anos de pensamento tinham sido dedicados a esse problema, mas a sincronização do tempo era o passo final que coroaria o desenvolvimento da relatividade especial.

Nessa perspectiva, o trabalho de Einstein, completado ao final de junho de 1905, pode ser agora lido de um modo totalmente diferente. Além do puro “Einstein cientista-filósofo”, ganhando a vida num mero escritório de patentes, podemos vê-lo também como um “Einstein cientista-oficial-de-patentes”, refratando a metafísica subjacente à sua teoria da relatividade através da maioria dos mecanismos simbolizados da modernidade. O trem chega à estação às sete horas, como antes, mas agora não é apenas Einstein que se preocupa com o que significa em termos de simultaneidade distante. Evidentemente que não. Determinar o horário de chegada dos trens usando os relógios coordenados por meio eletromagnético era *precisamente* a questão tecnológica que vinha torturando a Europa. Choviam patentes em todo o sistema, melhorando os pêndulos elétricos, alterando os receptores, introduzindo novos relés e expandido a capacidade do sistema. A coordenação de tempo na Europa central, de 1902 a

1905, não era um assunto misterioso; mas algo de primeira ordem para a indústria de relógios, para a indústria militar, e para a ferrovia. Era também um símbolo da modernidade de um mundo interconectado e veloz.

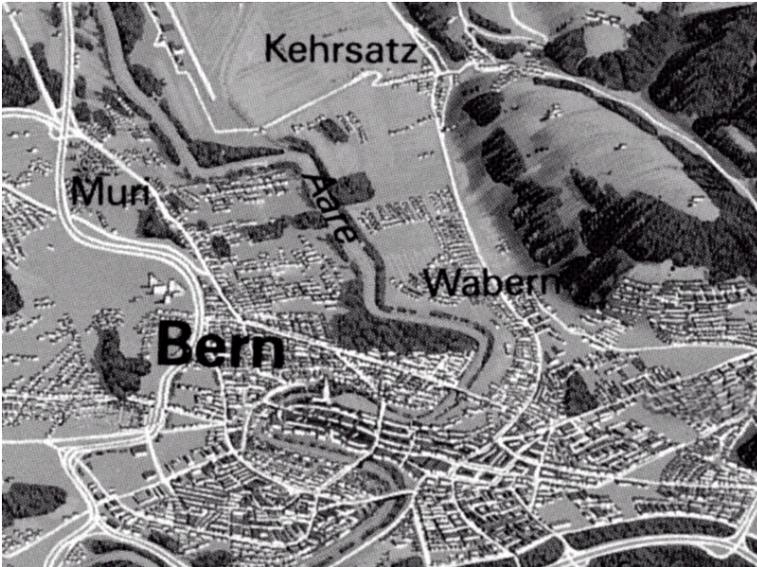


Figura 8: Mapa Berna-Muri. Skorpion-Verlag.



Figura 9: Torre do relógio de Muri, por volta de 1900. Gemeindeschreiberei Muri bei Bern.

Ao se deter sobre o problema da simultaneidade distante, Einstein estava elaborando uma nova tecnologia poderosa e amplamente reconhecida que convencionasse simultaneidade, primeiro para sincronizar as linhas de trem e estabelecer longitudes, e depois para fixar fusos horários. Foi nesse mundo que Einstein elaborou uma base convencional para sua visão de uma física de princípios. Vestígios de um sistema de coordenação de tempo existente são perceptíveis no próprio trabalho de 1905. Reconsideremos o esquema de coordenação que Einstein explicitamente recusou em aceitar: um observador equipado com um relógio no centro do sistema de coordenação. O relógio-mestre acionado para a posição espacial (0, 0, 0) determina simultaneidade quando os sinais eletromagnéticos de pontos distantes chegam lá no mesmo horário local. Mas, agora esse sistema centrado padrão não mais aparecia como uma preocupação abstrata. Essa estrutura coordenada de relógio radial, e que se espalha em braços, visível em cabos, geradores e relógios, mostrada em livro após livro sobre a mensuração do tempo, *era precisamente aquela do sistema europeu do relógio-mestre, bem como seus dependentes secundários e terciários*. Quando os sinais enviados a partir do centro chegavam aos pontos distantes, estivessem eles na sala ao lado ou a 100 km de distância, eram *definidos* como simultâneos; e com base nisso os trens viajavam, as tropas eram movidas e as mensagens de telégrafo eram enviadas. Também é nessa época que preparações estavam sendo feitas para enviar o sinal de coordenação do tempo por ondas de rádio. Em 1904, havia uma intensa atividade em torno de sistemas de coordenação por rádio como esses, tanto na Suíça quanto na França, e trabalhadores testavam, desenvolviam e começavam a demonstrar o novo sistema de tempo por rádio. O próprio diretor da *La Nature* empunhou sua caneta para registrar novos desenvolvimentos na distribuição do tempo por métodos sem fio. Ao reportar experimentos conduzidos no Observatório de Paris, ele apontou que, com o auxílio de um cronógrafo, a sincronização distante parecia ser possível até o limite de dois ou três centésimos de segundo – e as tecnologias sem fio prometiam determinar o horário em todos os lugares de Paris e subúrbios em volta. Os objetivos científicos, tais como a determinação da longitude, não apenas seriam alcançados, como estariam livres das limitações da materialidade de um fio, portanto o tempo poderia ser transmitido a partir de navios no mar e mesmo nos lares comuns.<sup>36</sup> Por volta de 1905, a marinha americana estava usando relógios controlados por rádio e,

<sup>36</sup> Ver PARVILLE, Henri de. Distribution de l'heure par télégraphie sans fil, *La Nature*, 30 de julho de 1904. p. 129-30. Experimentos foram conduzidos por G. Bigourdan, astrônomo do Observatório de Paris, e apresentados à Academia das Ciências em 27 de junho de 1904; esses resultados foram impressos no *Comptes rendus de l'Académie* e citados na íntegra (junto com o trabalho de outros, inclusive do diretor do Observatório de Neuchâtel) em *La Télégraphie sans fil et la distribution de l'heure. Journal suisse d'horlogerie*, 29, 81-83, setembro de 1904.

em 1910, aproximadamente, a estação da Torre Eiffel controlava os ponteiros dos relógios em toda a Europa (figura 10). De acordo com um dos principais trabalhadores do ramo de controle de horário por rádio em 1911, o planejamento da simultaneidade por rádio começou com o próprio rádio, presumivelmente em algum momento por volta de 1901.<sup>37</sup> Mas fosse por linha telegráfica ou sem fio, o controle centralizado do horário era a glória físico-temporal do império alemão unificado que von Moltke desejava e à qual deu corpo por meio da grande *Primäre Normaluhr*, na estação de trem Silesischer Bahnhof em Berlim, ou no elegante relógio-mestre barroco de Neuchâtel.

<sup>37</sup> Sobre o estabelecimento do controle de tempo sem fio, ver, por exemplo, ROUSSEL, Joseph. *Le premier livre de l'amateur de T. S. F.* Paris, 1922. esp. p. 150-52. De acordo com BOULANGER, Julien Auguste & FERRIÉ, Gustave Auguste. *La Télégraphie sans fil et les ondes électriques*, 7<sup>a</sup> ed. Paris, 1909, a estação de rádio da torre Eiffel data de 1903. FERRIÉ, G. Sur quelques nouvelles applications de la télégraphie sans fil, *Journal de Physique*, 5<sup>o</sup> ser., 1, 178-89, 1911, esp. p. 178, indica que o planejamento para a coordenação de tempo sem fio começou no início do trabalho sobre mecanismo sem fio; ROTHÉ, Edmond. *Les Applications de la télégraphie sans fil: Traité pratique pour la réception des signaux horaires*. Paris, 1913, discute os detalhes do procedimento de coordenação do tempo por comunicação a rádio.



Figura 10: Estação de rádio da Torre Eiffel. De Julien Auguste Boulanger e Gustave Auguste Ferrié, *La Télégraphie sans fil et les ondes électriques*. 7. ed. Paris, 1909, p. 429.

Para os técnicos dos telégrafos, geodésicos e astrônomos, o novo esquema de coordenação de tempo de Einstein poderia ser claramente compreendido em termos dos métodos de coordenação de relógios já existentes na época. Na École Professionnelle Supérieure des Postes et Télégraphes, em 19 de novembro de 1921, quando Léon Bloch procurou explicar o significado do tempo, chamou a atenção de sua audiência para a tecnologia real e amplamente divulgada que já conheceriam como a palma da mão:

*O que chamamos de tempo na superfície da terra? Tomemos um relógio que mostra o tempo astronômico – o pêndulo-mãe do Observatório de Paris – e transmitamos esse tempo por mecanismos sem fio para locais distantes. Em que consiste essa transmissão? Consiste em nada além de duas estações que necessitam de sincronização, a passagem de um sinal luminoso ou hertziano comum.*<sup>38</sup>

<sup>38</sup> BLOCH, Léon. *Le Principe de la relativité et la théorie d'Einstein*. Paris, 1922, p. 15-16. Dominique Pestre caracteriza Bloch (e seu irmão) como físicos incomuns para o seu tempo na França, por escreverem livros didáticos que olhavam positivamente a nova física do início do século vinte, e que caracteristicamente escreviam usando uma série de generalizações progressivas que iam do concreto ao abstrato (sem dúvida para chamar a atenção dos seus colegas mais interessados em experimentação). Ver PESTRE, Dominique. *Physique et physiciens en France, 1918-1940*. Paris, 1984. p. 18, 56, 117.

<sup>39</sup> Ver Bureau des Longitudes. *Réception des signaux horaires: Renseignements météorologiques, sismologiques, etc., transmis par les postes de télégraphie sans fil de la tour Eiffel, Lyon, Bordeaux, etc.* Paris, 1924. p. 83-84.

<sup>40</sup> Ver LEBON, Ernest. *Henri Poincaré: Biographie, bibliographie analytique des écrits*. Paris, 1909. p. 16-17.

Pelo menos, nos Postes et Télégraphes, a relatividade era entendida por meio de sua eficaz infra-estrutura de relógios coordenados. Mas, ainda assim, a relatividade vai além da mera necessidade de sincronia entre relógios. Por volta de 1924 e, muito provavelmente, algum tempo antes disso, os coordenadores de relógios haviam começado (a exemplo de Einstein) a observar a velocidade finita das ondas de rádio. A máquina de tempo universal de Einstein, em pouco tempo, surgiu do mundo tecnológico, reformatou o mundo físico-metafísico e agora começava a reconfigurar as máquinas.<sup>39</sup>

De fato, devido ao impacto físico – e cultural – da coordenação de relógios, e sua aplicação numa variedade de contextos, cabe perguntar se, antes de 1905, alguém, além de Einstein, havia se preocupado com a definição do tempo por meio de uma rigorosa sincronização que levasse em conta a velocidade finita da luz. Surpreendentemente havia uma outra pessoa, alguém que – e, até certo ponto, isso era esperado – havia sido membro do Escritório Francês de Longitudes (French Bureau of Longitudes) desde 4 de janeiro de 1893, assumindo a presidência em 1899 (e em 1909), sendo que a determinação da longitude havia sido por séculos o território no qual a coordenação de relógios havia sido crítica. Ademais, essa pessoa tornara-se professor na École Professionnelle Supérieure des Postes et Télégraphes em 4 de julho de 1902. Quando os relógios eletrocoordenados surgiram, foram os Postes et Télégraphes que assumiram o controle. Essa outra pessoa era, sem dúvida, Poincaré.<sup>40</sup> Ele – assim como Einstein – introduziu relógios que eram coordenados por meio da troca de sinais luminosos.

A primeira exploração da simultaneidade por Poincaré veio em 1898, quando argumentou que a simultaneidade não era um conceito absoluto, insistindo que não temos uma intuição direta acerca de tal noção. O que de fato temos são certas regras, regras que devemos invocar para fazermos o trabalho técnico bastante concreto de, por exemplo, determinar a longitude. “Quando marinheiros ou geógrafos determinam uma longitude, eles precisam resolver exatamente o mesmo problema acerca do qual temos tratado aqui. Apesar de não estarem em Paris, precisam determinar a hora em Paris. E como fazem isso?” Eles poderiam mover um relógio (com todos os problemas advindos de um esforço dessa natureza), ambos poderiam se reportar a um evento astronômico ou, finalmente, “eles poderiam se utilizar do telégrafo. Em primeiro lugar, é claro que a recepção de um sinal em Berlim, por exemplo, é posterior ao envio desse mesmo sinal de Paris.”<sup>41</sup> Esse não é um exemplo puramente hipotético. Autores têm freqüentemente tratado a referência de Poincaré à telegrafia como se fosse um problema imaginário, um exemplo de ruminância filosófica abstrata. Não era. Por volta de 1898, um sistema efetivo de coordenação de relógios existia para a determinação de longitudes. Com efeito, à necessidade meteorológica e geodésica de tempo coordenado (para determinar a longitude), acresceram-se as exigências de economia e segurança da ferrovia para lançar o projeto de fusos horários.<sup>42</sup>

Poincaré, conforme mencionado, era um membro sênior do Escritório de Longitudes em 1898, e sua alusão não era à telegrafia como um exemplo abstrato de propagação de sinal finito, mas sim, explicitamente, como um meio de funcionamento de longitude coordenada por relógio:

*Em geral, a duração da transmissão (de Paris a Berlim) é negligenciada e os dois eventos são considerados como simultâneos. Mas, para ser rigoroso, uma pequena correção ainda teria de ser feita por meio de um cálculo complicado. Na prática, uma correção como essa não é feita porque seria menor do que erros observáveis, porém, no nosso ponto de vista, sua necessidade teórica não diminui, qual seja, aquela de fornecer uma definição rigorosa (de simultaneidade). (“M”, p. 12; “MT”, p. 35.)*

“Teoricamente necessário” era reconhecer que simultaneidade era *sempre* convencional. E, ao menos nesse caso, o convencionalismo de Poincaré ficava associado, mais do que por simples homonímia, ao abjeto mundo das convenções reais que estavam, exatamente naquele contexto, estabelecendo a simultaneidade de fusos horários, a simultaneidade da estrada de ferro e a unificação do horário nacional.

<sup>41</sup> POINCARÉ, Henri. La Mesure du temps. *Revue de métaphysique et de morale*, 6, 11-12, 1898 de ora em diante abreviado como “M”; conforme POINCARÉ, H. *La Valeur de la science* (1905). Paris, 1970, p. 53; traduzido por George Bruce Halsted, sob o título *The Measure of Time, The Value of Science*. New York, 1907, p. 35, de ora em diante abreviado como “MT”.

<sup>42</sup> Ver BARTKY, Ian. The Adoption of Standard Time. *Op. cit.*, p. 25-56.

<sup>43</sup> “A obra *Science and Hypothesis* de Poincaré... nos monopolizou e manteve encantados por semanas” (SOLOVINE, Maurice. Introdução à obra *Letters to Solovine* de Einstein, traduzida por Wade Baskin. New York, 1987, p. 9). Ver, por exemplo, *La Mécanique classique*, cap. 6 da obra de POINCARÉ, H. *La Science et l’hypothèse*. Paris, 1902, especialmente a página 111: “Não apenas não temos uma intuição direta acerca da igualdade de duas durações, como nem mesmo temos uma intuição acerca da simultaneidade de dois eventos diferentes que ocorrem em dois locais diferentes; isso é o que expliquei em um artigo intitulado ‘The Measure of Time.’”

<sup>44</sup> Entre 1900 e 1904, Poincaré manteve suas declarações programáticas sobre simultaneidade em grande parte separada de suas explorações acerca dos detalhes da eletrodinâmica. Entretanto, mesmo quando Poincaré finalmente introduziu, em sua eletrodinâmica, a noção de hora local, para frisar a convencionalidade dos julgamentos acerca da simultaneidade, ele não usou, diferentemente de Einstein, a coordenação luz-sinal para reorganizar a mecânica e a eletrodinâmica, de tal modo que a análise livre de força de espaço e tempo claramente começa antes de qualquer consideração sobre deformação de elétrons e forças moleculares. Para Einstein, a questão era exatamente que a cinemática, a interação entre medidas temporais e espaciais, deveria vir antes da dinâmica. Mas aqui não é o lugar para debater as contribuições relativas desses dois físicos. Compare o texto *Relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique* de Henri Poincaré in GUILLAUME, Ch.-Éd. & POINCARÉ, L. (ed.) *Rapports présentés au*

Alguns meses depois da primavera de 1902, Einstein talvez tenha lido “The Measure of Time” de Poincaré. Sabemos, pelo amigo de Einstein, Maurice Solovine, que seu pequeno grupo de discussão (chamado grandiosamente de Academia Olímpica) de fato leu um trabalho posterior de Poincaré, *Science and Hypothesis*, que citava o trabalho de 1898.<sup>43</sup> Embora criticasse qualquer tentativa de fingir que as convenções de coordenação do tempo fossem absolutos intuitivos, na prática, conforme sugere no comentário acima, ele não defendia o abandono da cinemática newtoniana. As regras comuns de simultaneidade, “fruto de um oportunismo inconsciente”, não eram “impostas a nós e talvez possamos nos divertir, inventando outras tantas; mas elas não poderiam ser ignoradas, sem complicar tremendamente a enunciação das leis da física, da mecânica e da astronomia” (“M”, p. 13; “MT”, p. 36). Poincaré acreditava que as correções ao mundo Newtoniano seriam pequenas e complicadas, portanto a “necessidade teórica” teria de ser abandonada em favor da demanda por simplicidade. Einstein encarava a simultaneidade distante quase do mesmo modo que Poincaré. Mas onde Poincaré via a nova sincronização entre sinal-luz como um passo em direção a uma complexidade inevitável, Einstein a via como um presságio de uma física imensamente *mais simples*.<sup>44</sup>

O mundo euro-americano da virada do século era um entrecruzamento de redes de coordenação sobrepostas: a malha ferroviária, as linhas telegráficas, as redes meteorológicas, os levantamentos longitudinais sob o zeloso (e cada vez mais universal) sistema de relógios. Nesse contexto, o sistema de coordenação de relógios introduzido por Einstein era, num sentido não-trivial, uma máquina mundial, uma vasta (e, a princípio, apenas imaginada) rede de relógios. Apesar de parecer contraditório, havia a impressão de que a teoria da relatividade era uma máquina, uma máquina imaginativa, com certeza. Todavia, uma máquina construída em uma confusão de cabos que sincronizavam máquinas de tempo por meio da troca de sinais eletromagnéticos.

Tal leitura *tecnológica* de um trabalho tão técnico sugere uma observação final. Há muito tempo, os pesquisadores deram-se conta de que o estilo do texto “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” nem mesmo se assemelha àquele de um artigo de física comum. Quase não há notas de rodapé. Há poucas citações, nenhuma menção a novos resultados experimentais e muita zombaria dos processos físicos simples que parecem estar fora dos limites da

*Congrès International de Physique*. 4 vol. Paris, 1900. v. 1:1-29, e o texto L'État actuel et l'avenir de la physique mathématique. *Bulletin des sciences mathématiques*, 28, 302-24, 1904 também de sua autoria. Para uma comparação entre a compreensão de Einstein e aquela de Poincaré sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento, ver de MILLER, Arthur *Albert Einstein's Special Theory of Relativity*. *Op. cit.* e PAIS, Abraham *Special Theory of Relativity*. *Op. cit.*

<sup>45</sup> Isso já foi apontado muitas vezes por INFELD, Leopold. em *Albert Einstein: His Work and Its Influence on Our Times*. New York, 1950, p. 23; por HOLTON, Gerald. no texto *Influences on Einstein's Early Work*, em *Thematic Origins of Scientific Thought*; por MILLER, Arthur. em *Albert Einstein's Special Theory of Relativity* e também no texto *The Special Relativity Theory: Einstein's Response to the Physics of 1905*; e por HOLTON, Gerald & ELKANA, Yehuda (Ed.) em *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives*. Princeton, N. J., 1982, p. 3-26.

<sup>46</sup> MYERS, Greg. *From Discovery to Invention: The Writing and Rewriting of Two Patents*. *Social Studies of Science*, 25, 77, fev., 1995.

<sup>47</sup> EINSTEIN, A. *The World as I See It*. SEELIG, Carl. (Ed.) *Ideas and Opinions*, traduzido por Sonja Bargmann. New York, 1954. p. 10.

ciência.<sup>45</sup> Se tomarmos um típico artigo dos *Annalen der Physik*, uma forma muito diferente aparecerá, assim como em quase todos os artigos restantes: eles começam tipicamente com um problema experimental, uma correção de cálculo e estão cheios de referências a outros artigos. Mas se lermos o artigo de Einstein com olhos do mundo das patentes, repentinamente ele se torna menos estranho – ao menos no estilo. Conforme um autor comentou, patentes são *exatamente* caracterizadas pela sua recusa em alojar-se entre outras patentes, por meio de notas de rodapé – isso comprometeria a vantagem empreendedora que o autor busca. A zombaria simplista não é incomum. Patentes são de fato escritas para uma “pessoa educada na arte” (como era o linguajar de patentes na época) e não leitores especialistas.<sup>46</sup> É a história narrada pelo autor tenta descrever um procedimento ao invés de apontar a direção em uma longa série de trabalhos.

Ao considerarmos o encaixe dessa intervenção científico-tecnológica no mundo mais amplo da coordenação do tempo, outro enigma surge. De certo modo, Einstein – o mesmo Einstein que, aos dezesseis anos, abandonou sua nacionalidade germânica e que, durante toda vida, desancou a “vida de rebanho” do “sistema militar” – ironicamente, completou, aos vinte e seis anos, o projeto de von Moltke.<sup>47</sup> Tempo foi identificado como controle do horário, e *Einheitszeit* tornou-se o ponto final tecnopolítico para o estabelecimento, procedimental, da simultaneidade distante em um domínio sempre em expansão. O sistema de sincronização de relógios de Einstein, como seus predecessores, reduziu o tempo à sincronia procedimental, conectando relógios por sinais eletromagnéticos. E, no esquema de Einstein, a unidade de relógios se estendia para além da cidade, do país e do império, além do continente, de fato, além do mundo, ao universo infinito, agora pseudo-cartesiano, como um todo.

Mas a ironia se inverte. Afinal, enquanto que seu procedimento para coordenação de relógios se baseava em pelo menos quinze anos de esforços intensos para chegar à unificação eletromagnética do tempo, Einstein havia removido, devastadoramente, um elemento crucial da visão de von Moltke. Na máquina de tempo infinita de Einstein, não havia *Primäre Normaluhr, horloge-mère*, relógio-mestre. O seu era um sistema coordenado de uma extensão espaço-temporal infinita, mas sua infinidade não tinha um centro – não havia *Silesischer Bahnhof* (estação de trem) ligada, para cima, pelo observatório de Berlim, aos céus, e, para baixo,

às fronteiras do império. Ao estender infinitamente uma unidade de tempo, que tinha sido originalmente associada aos imperativos da unidade nacional germânica, Einstein havia, ao mesmo tempo, completado e subvertido o projeto. Ele havia aberto a zona de unificação, e havia, ao longo do processo, não apenas removido Berlim do posto de *Zeit-zentrum*, mas também concebido uma máquina que tinha posto de pé a própria categoria de centralidade metafísica. Uma vez definida a coordenação do tempo, Einstein agora poderia finalizar sua descrição da teoria eletromagnética dos corpos em movimento, sem qualquer referência espacial ou temporal a um sistema em repouso de um éter especialmente escolhido. Ele tinha uma teoria da relatividade na qual a assimetria entre sistemas de referência havia sido eliminada.

Os tempos mudam. Einstein deixou o escritório de patentes em Berna em 1909 e se transferiu para a Universidade de Zurique, depois foi para Praga e, finalmente, em 1914, assumiu seu posto na Universidade de Berlim. Depois da Segunda Guerra Mundial, Favarger, aquele avatar de unidade cronométrica suíça, publicou a terceira edição técnica de 550 páginas do seu tratado sobre o controle elétrico do tempo, enquadrando-o, mais uma vez, em termos amplamente culturais. A Primeira Grande Guerra, argumentava ele, contribuiu com desenvolvimentos técnicos poderosos, mas também destruiu uma grande parte da riqueza humana que a paz permanente havia criado. O mundo que restou era, por contraste, “um monte de ruínas, de misérias e de sofrimento”<sup>48</sup>. Para escapar a esse desastre, ao menos materialmente, o trabalho salvaria a humanidade e o trabalho, como nos ensina a mecânica, é um produto do tempo e da força. O tempo, continua ele, “não pode ser definido em substância. Em termos metafísicos, é tão misterioso quanto a matéria e o espaço.” (Mesmo obstinados relojoeiros suíços eram atraídos pelo tempo para a metafísica.) Todas as atividades do homem, sejam elas evidentes ou inconscientes – dormir, comer, meditar ou brincar – ocorrem no tempo; sem ordem, sem planejamentos específicos, corremos o risco de cair na anarquia – na “miséria física, intelectual e moral.” A solução: a mensuração e a determinação precisas do tempo com o rigor de um observatório astronômico. Mas o tempo medido não pode permanecer no reduto do astrônomo; o rigor temporal deve chegar eletricamente a todos aqueles que o desejam ou que dele necessitam: “devemos, em resumo, popularizá-lo, devemos *democratizar* o horário” para que as pessoas vivam e prosperem. Devemos transformar cada homem no “*maître du temps*, mestre não

<sup>48</sup> FAVARGER, A. *L'Électricité et ses applications à la chronométrie*. Op. cit., p. 10.

<sup>49</sup> FAVARGER, A. *L'Électricité et ses applications à la chronométrie*. Op. cit., p. 11.

apenas das horas, mas também dos minutos, do segundo e mesmo, em casos especiais, do décimo, do centésimo, do milésimo, do milionésimo de segundo”<sup>49</sup>. Tempo distribuído, coordenado, valia mais do que dinheiro para Favarger; significava o acesso de cada pessoa a um mundo, interior e exterior, ordenado. Ao longo do século dezenove e início do século vinte, relógios coordenados nunca eram apenas engrenagens e ímãs.

<sup>50</sup> Ver GALISON, Peter. *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. Chicago, 1997.

Minha esperança, ao explorar a cultura material da coordenação de relógios, é estabelecer o lugar de Einstein em um universo de significados que atravessasse mecanismos e metafísicas. De maneira mais geral, minha esperança aqui – e em outros trabalhos<sup>50</sup> – para os estudos sobre a cultura material da ciência é de evitar duas posições igualmente problemáticas na relação entre as coisas e os pensamentos. De um lado, temos uma longa tradição de um incorrigível materialismo ou empirismo, uma visão de que as idéias surgem de modo casual e univalente da disposição dos objetos e da impressão que causam em nós. Na história da física, o empirismo, de um tipo positivista especificamente lógico, moldou direta e inequivocamente uma narrativa indutiva do desenvolvimento científico, centrada na observação, codificada nas *Harvard Case Histories in Experimental Science*, mas presente ao longo das décadas de 50 e 60. Nesse quadro, a teoria (e a filosofia com a qual estava associada), era um acréscimo sempre provisório, não o baluarte da ciência. Einstein aparece aqui como tendo dado o inexorável passo à frente em um processo indutivo que gradualmente tirou de cena o éter: o éter não poderia ser medido na razão da velocidade para a velocidade da luz ( $v/c$ ), também não poderia ser medido por  $c/v$  e, portanto (ao menos, esse era o argumento), Einstein concluiu que o éter era supérfluo.<sup>51</sup> Não há dúvida de que há muito a ser dito em favor desse Einstein orientado para a experimentação – sua fascinação pela condução detalhada dos experimentos com elétrons e seu trabalho com um girocompasso na *Physikalisch-Technische Reichsanstadt* revelam um teórico com claro senso dos procedimentos laboratoriais e da operação de máquinas. As coisas estruturavam os pensamentos.

<sup>51</sup> Há uma abundância de representações da relatividade de Einstein como o ápice das cada vez mais acuradas mensurações “sem éter”. Talvez a tentativa mais acadêmica de localizar a formulação de Einstein como mera variante das antigas teorias éter-elétron encontra-se em WITTAKER, Edmund. *A History of the Theories of Aether and Electricity*. London, 1953, cujo capítulo *The Relativity Theory of Poincaré and Lorentz* inclui o seguinte comentário: “Einstein publicou um artigo (em 1905) que expõe a teoria da relatividade de Poincaré e Lorentz com algumas ampliações, o qual atraiu muita atenção. Ele defendeu, como um princípio fundamental, a constância da velocidade da luz... que, na época, era amplamente aceita, mas que foi seriamente criticada por autores mais recentes” (p. 40). Ver HOLTON, G. *Thematic Origins of Scientific Thought*. Op. cit. especialmente o capítulo 5, e MILLER, Arthur. *Albert Einstein's Special Theory of Relativity*. Op. cit.

Por outro lado, e característico do projeto inverso, havia o movimento anti-positivista das décadas de 60 e 70 que, de modo geral, tinha o objetivo de reverter a ordem epistêmica da geração anterior: programas, paradigmas e esquemas conceituais tinham prioridade, e isso reformulou experimentos e instrumentos de alto a baixo. Agora os pensamentos estruturavam inteiramente as coisas. No panorama

anti-positivista, Einstein aparece como o filósofo inovador que se desobrigava totalmente com o mundo material em uma busca permanente por simetria, princípios e definições operacionais. Desse lado, também se encontram muitas verdades; com a reação anti-positivista aprendemos a ser sensíveis àqueles momentos em que Einstein se mostrava cauteloso com os resultados experimentais, desconfiado, por exemplo, das supostas refutações da relatividade especial, elaboradas nos laboratórios, e das astronômicas contradições com a teoria geral.

Reconhecendo o valor de ambas as tradições historiográficas, não proponho resolver a diferença entre elas e certamente não estou defendendo um reducionismo tecnológico. Ao invés disso, parece-me que temos uma saída para essa oscilação binária entre uma historiografia de um idealismo implícito ou a de um materialismo implícito, na forma de uma cultura material historicizada e filosoficamente informada. A pesquisa sobre telégrafos, máquinas a vapor, instrumentos científicos e observação astronômica, ao longo dos últimos anos, estabeleceu questões que recusam a oposição indefensável entre “isso ou aquilo”, entre coisas e pensamentos.<sup>52</sup> Em cada instância, podemos explorar as questões filosóficas associadas a valores e símbolos historicamente específicos.

Quando Einstein veio para o escritório de patentes de Berna em 1902, penetrou em um mundo no qual o triunfo do elétrico sobre o mecânico já estava simbolicamente ligado a sonhos de modernidade. Ele encontrou um mundo no qual a coordenação de relógios era um problema de ordem prática (trens, tropas e telégrafos) que demandava soluções viáveis e patenteáveis exatamente na área em que ele tinha maior interesse e mais atividade profissional: instrumentação eletromecânica de precisão. O escritório de patentes era tudo, menos um navio-farol de alto mar. Não, o escritório era uma tribuna de honra para o grande desfile das modernas tecnologias. E, à medida que os relógios coordenados iam passando, não avançavam sós; a rede de coordenação elétrica significava, ao mesmo tempo, unidade política, cultural e técnica. Einstein tomou em suas mãos essa nova máquina de simultaneidade convencional e a instalou no nascedouro dos princípios de sua nova física. De certo modo, ele havia completado o grande projeto de coordenação do tempo do século dezenove, mas, ao eliminar o relógio mestre e alçar a hora certa convencional ao patamar de um princípio da física, ele deu início a uma física da relatividade claramente moderna e associada ao século vinte.

<sup>52</sup> Ver SCHAFFER, S. Late Victorian Metrology and Its Instrumentation: A Manufactory of Ohms. In: BUD, Robert & COZZENS, Susan. (org.) *Invisible Connections: Instruments, Institutions, and Science*. Washington: Bellinngham, 1992. p. 23-59; WISE, M. N. Mediating Machines. *Science in Context*, 2, 77-114, Spring, 1988; e GALISON, Peter. *Image and Logic*. Op. cit.

Hipersimbolizada – com esse termo me refiro ao fato de que existiam muitas interpretações paralelas – a coordenação controlada do *Einheitszeit* significava, por outro lado, poder imperial, democracia, cidadania mundial e antianarquismo. O que eles tinham em comum era um senso de que cada relógio significava o indivíduo e que a coordenação dos relógios veio para asseverar uma lógica de ligação entre as pessoas e entre os povos. Como tal, o projeto para controle nacional ou mundial fez surgir condições específicas para possíveis ações tecnoculturais – isto é, ações que teriam significação tanto tecnológica quanto cultural.

Tornou-se lugar comum, nos últimos trinta anos, contrapor explicações indutivas e dedutivas. Nenhuma, por si, é a solução. Se tomássemos emprestado um antigo ditado medieval que busca capturar as conexões entre alquimia e astronomia, poderíamos dizer da seguinte maneira: Ao olharmos para baixo – para a rede de relógios controlados eletromagneticamente – miramos acima – as imagens de impérios, a metafísica e a sociedade civil. Ao olharmos para cima – para a metafísica da simultaneidade distante operacionalizada de Einstein, para a cultura em transformação do espaço, tempo e movimento – miramos abaixo – os cabos, as engrenagens e os pulsos passando pelo escritório de patentes de Berna. Encontramos metafísica em máquinas e máquinas na metafísica.

Peter Galison é professor da Cátedra de História da Ciência e da Física na Universidade de Harvard, Estados Unidos. É autor de *How experiments end* (1987) e *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* (1997) e co-editou *Picturing Science, Producing Art* (1998), com Caroline Jones, e *The Architecture of Science* (1999), com Emily Thompson.  
[galison@harvard.edu](mailto:galison@harvard.edu)

Artigo publicado originalmente na revista *Critical Inquiry*, 26, Winter 2000. p. 355-389.

Texto traduzido por Désirée Motta-Roth.