

O Serviço da Hora do Observatório Nacional

Jair Barroso Junior (ON/MCTI)

Selma Junqueira (DSHO/ON/MCTI)

Duas fases de natureza distinta marcaram universalmente o conceito do tempo/hora *lato sensu*: a astronômica e a metrológica. Na primeira, que ocupou ainda o Brasil império e atingiu o meio do século 20, usavam-se pêndulas como relógios atrelados à observação meridiana de estrelas de catálogo. Chegou-se à segunda por conta das irregularidades de nosso padrão de rotação — a Terra — e, já em meados do século 20, era definido um tempo independente desse último parâmetro, de natureza que será admitida como essencialmente metrológica — o atômico. Na história narrada a seguir tomamos como referência o Serviço da Hora Legal no Brasil, o qual participa da geração do Tempo Universal Coordenado, UTC, sigla adotada internacionalmente.

Introdução

Qualquer levantamento histórico sobre a hora, de origens ligadas à rotação da Terra, passa inevitavelmente pela questão da longitude. O foco de nossa história está em grande parte vinculado à evolução do binômio longitude-hora, onde alguns personagens — pela importância do que acrescentaram teórica ou tecnologicamente ao seu desenvolvimento — certamente merecem justo reconhecimento. Nossas referências bibliográficas se prendem basicamente a uma obra, conhecida como relatório Henrique Morize (1860-1930). Tal obra (Morize, 1987) mostra, com abundância de dados, a trajetória dos 100 primeiros anos de existência do Observatório Astronômico — de Imperial (Imperial Observatório do Rio de Janeiro, IORJ) a Nacional (Observatório Nacional, ON) — carregando consigo o embrião do Serviço da Hora (SH), motivo principal deste trabalho.

O citado relatório é fonte segura e ampla de um número significativo de citações sobre aquele período da história de nossa astronomia, particularmente as relacionadas às questões da hora, ali fortemente consideradas. Recorreremos a esse pesquisador, diretor do Observatório entre 1908 e 1929 é quase obrigatório, como o é estabelecer a evolução do SH, apresentada aqui em sua primeira fase de forma um tanto pontual, a fim de servir mais de balizamento de seu avanço desde a origem.

A literatura, de referências limitadas e dispersas em relação ao século 19, torna-se de presença frequente e de mais fácil acesso nos períodos mais recentes, além de ser beneficiada pela diversidade crescente dos meios de comunicação. Uma parte relativa à organização/descrição do instrumental, inclusive o utilizado para a determinação da hora no período do Morro do Castelo, foi examinada em Liais (1882: 0001, 12, 5). Ela esclarece pontos importantes relativos ao desenvolvimento, uso e montagens combinadas daquele instrumental (o que não é trivial), um dos bons momentos da instituição no passado.

Algo que é acrescentado como original em outros segmentos do texto se refere, particularmente, à experiência pessoal de pesquisadores em épocas distintas da existência do SH. O primeiro autor deste Capítulo, JBJr, ainda na fase das **lunetas meridianas**, mas já na era dos quartzos, entre outras participações, resgatou observações completas de seus arquivos pessoais (1956-1971), acrescidas de grande número de observações similares, incidentalmente a ele repassadas por Roberto Vieira Martins, também pesquisador do ON. Reduções¹ comparadas de observações com **lunetas meridianas** e com o **astrolábio (de Danjon)**, estas excepcionalmente para hora, com amostragem extraída dos

¹ Tratamentos numéricos preliminares dos registros de observações.

dados então disponíveis, permitiram um *insight* sobre a estatística dessas observações no ON, antes não relacionadas entre si.

Outro pesquisador (o segundo autor deste Capítulo, SJ), na fase atual, porém noutra área, organizou o Fundo da Hora Legal Brasileira (FHLB) e, além do mais, envolveu-se com o problema da transferência de tempo, participando com o Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (Inmetro) em pesquisa metrológica de tempo e frequência (Garcia e Junqueira, 2012).

A presente abordagem se refere, principalmente em termos do SH, a pontos que vão, na prática, do meio do século 19 até o fim do 20 e, daí, aos dias de hoje, mostrando inclusive sua interação com os órgãos nacionais e internacionais (Silva, 1995: 36) afins ou dependentes desse tipo de atividade/serviço, essencial em vários aspectos para as sociedades organizadas do mundo. Sua crescente complexidade atende à demanda cada vez mais ampla e exigente em termos de precisão com que se determina, conserva e dissemina a hora.

Hora e longitude, relação histórica

Ligada à questão da longitude esteve sempre a da hora (Oliveira, 2010: I).

As necessidades práticas relativas à passagem do tempo, como o cotidiano do uso da hora e as questões de Estado, entre elas a determinação de limites geopolíticos relacionados, levaram os países a investirem nos meios que favorecessem o conhecimento da hora e o desenvolvimento de instrumentos capazes de conservá-la e disseminá-la quando preciso, sendo um dado essencial para as determinações das longitudes, particularmente no mar.

Certamente a questão das longitudes foi o ponto crucial para o aumento do interesse das nações no desenvolvimento daqueles meios, marcadamente no início da era das grandes navegações oceânicas, quando longe estava a escolha de um meridiano zero. A busca de uma solução para esse problema constituiu-se num dos mais envolventes projetos de longa duração assumidos por técnicos e cientistas no mundo e que perdura de certo modo até hoje, pois se prende aos movimentos dos polos da Terra e à deriva continental (ver **Teoria da deriva continental**).

Entre as ideias apresentadas para se determinar a longitude de um local está a proposta por Galileu (primeiro quarto do século 17) de usar fenômenos tabelados para uma dada longitude envolvendo satélites de Júpiter (Io, particularmente).

Muitos e muitos atores se empenharam na determinação das longitudes fora do âmbito europeu, entre eles Jorge Marcgrave no Recife de Nassau, cer-

ca de 1640 (ver o Capítulo “Brasil holandês” neste Volume). Nessa ocasião foi montado o primeiro observatório astronômico no Brasil havendo relatos escritos nos quais ficaram evidenciadas as dificuldades na determinação dos instantes e intervalos correspondentes de fenômenos usados nas observações para obtenção das longitudes. Clepsidras e pêndulos rudimentares eram as ferramentas disponíveis, seus “relógios” calibrados inevitavelmente com bastante limitação usando sempre que possível, além do relógio da igreja, referências no céu (catálogos e mapas de estrelas, possivelmente os de Bayer). Tem-se hoje uma ideia das incertezas dos resultados obtidos por Marcgrave, bem como por outros observadores da época (cujo maior mérito foi justamente observar), avaliados agora retroativamente pela descrição e datas das observações, através do uso do programa de computador *SkyMap Pro11* (Matsuura, 2011: 122). No século 17 **cronômetros** ainda eram pouco desenvolvidos e só vieram a se tornar utilizáveis e confiáveis, particularmente no mar, em meados do século 18, com o famoso e premiado Harrison IV (O’Donnel, 2002). Parte do problema da determinação da longitude com bons **cronômetros** transportáveis (em condições nem sempre favoráveis) se relacionava com o comportamento de sua marcha, variação do **estado** em 24 horas. A determinação dos **estados** dependia naturalmente da observação de estrelas de catálogo (geralmente em sua **passagem meridiana**) tão sistematicamente quanto possível, em terra. Ocorre que catálogos de estrelas (com boas ascensões retas e **declinações**), como se sabe, ainda eram peças raras naquelas datas (Thurmond, 2003), bem como os próprios instrumentos meridianos com os quais deveriam ser realizadas as observações tomando como referência a rotação terrestre (ainda de regularidade aceitável à precisão atingível na época). O avanço tecnológico da relojoaria no século 19 e dos instrumentos meridianos e a elaboração de melhores catálogos estelares, aliada ao cálculo matemático, permitiram a determinação dos meridianos com erro da ordem de poucos metros somente na virada para o século 20.

Paralelamente aos relógios mais precisos, tipo **cronômetros** de marinha, usados tanto no mar como em terra, as **pêndulas** rivalizavam em precisão com os **cronômetros**, acabando por tornarem-se referência de tempo nos observatórios astronômicos fixos, seu uso chegando mesmo a ultrapassar a metade do século 20 graças aos sofisticados avanços tecnológicos que lhes foram agregados. **Pêndulas mestras** em câmaras de vácuo — Riefler, surgida em 1889 (Britten, 1922) e Shortt, em 1921 (Bosschieter, 2000) — garantiam então marchas bem comportadas com incertezas inferiores a 0,01 s/dia. A precisão das Shortt de última geração (1930), permitiu que fossem confirmadas irregularidades previstas na rotação da Terra.

Daí em diante, inclusive com a introdução efetiva dos relógios de quartzo na década de 1940, os recursos tecnológicos ultrapassaram o inimaginável na cronometria eletrônica, chegando-se ao que se pode chamar, na atualidade, de domínio metrológico do tempo. A idealização desse tempo metrológico teve início com a reconhecida falência da Terra como relógio; sua materialização prática ocorreu na 13ª Conferência Geral de Pesos e Medidas de 1967, quando se adotou a nova definição para o segundo (Audoin and Guinot, 2001: 51). Além disso, outras ideias e modelos merecem citação, pois, no momento em que os meios de comunicação revisitam um tema como “uma hora única para todo o globo” (Hanke and Henry, 1997) ou que anunciam uma “hora *internet* única” (Smits, 2012), independentemente de fusos horários, parece soar estranho valorizar a história de um sistema horário que teve parte de sua evolução vinculada a um parâmetro geométrico tão simples como um plano meridiano (definido adiante no texto), mas cuja persistência se mantém, em muitas aplicações, quase inalterada até os dias de hoje.

IORJ: porquês de sua criação e a presença do tema hora

Com a chegada da corte portuguesa ao Brasil em 1808, alguns aspectos relacionados à rápida evolução sociopolítico-econômica de nosso país foram de consequências potencialmente positivas para a ciência. “Para suprir as carências oriundas do longo período colonial foram [...] criados diversos cursos de nível superior: na Academia Real da Marinha (1808), Academia Real Militar, ARM (1810) [...]” (Nascimento, 2006). Ver o Capítulo “Ensino superior de astronomia” neste Volume.

Um observatório se encaixava bem na conjuntura e nas projeções que antecederiam a formação propriamente dita do Império, inclusive para poder acompanhar o que se realizava nos países mais avançados na astronomia, científica e tecnicamente. Pressões havia: “[...] e da Marinha, certamente, partiam as solicitações mais prementes aos serviços do Observatório Astronômico” (Morize, 1987: 9).

Em 15 de outubro de 1827, por decreto de d. Pedro I, era criado o IORJ, contendo o embrião (latente) do SH que, no entanto, por questões de indefinições políticas, administrativas e financeiras só existiria por longos anos apenas no papel. Em 17 de abril de 1828, por ocasião da elaboração do projeto geral do IORJ, porém sem ainda estar definido o local de sua instalação,

foram encontrados os termos que justificavam objetivamente a necessidade de sua criação, termos contidos na definição das atividades que se esperava fossem nele desenvolvidas. Eis abaixo segmentos do parecer emitido pelos membros da Academia Real Militar, Cândido Batista de Oliveira e Eustáquio Adolfo de Melo Matos:

Os trabalhos ordinários do Observatório podem ser distribuídos em duas classes, a saber: as observações astronômicas e meteorológicas de prática ordinária em tais estabelecimentos [...] dados necessários nos usos da navegação e geodésia em relação à posição geográfica do Observatório [...] (Morize, 1987: 42).

A preocupação com a hora encontra-se bem caracterizada no que segue: “[...] ao menos para conhecimento da marcha da **Pêndula** e dos **Cronômetros** tão necessário em um porto de extensa navegação [...]” e, adiante, “No mesmo Observatório se tomará conta e conhecimento da marcha dos **cronômetros** da Armada Imperial [...]” (Morize, 1987: 44).

Em 22 de julho de 1846, portanto, quase duas décadas passadas, o Decreto 457 (verdadeiramente contendo o Regulamento do IORJ) lhe daria realmente condições de existência prática, tal significando um passo importante para o início de suas operações, mesmo que mais orientadas para a formação militar “Conformando-se com o parecer da Seção de Marinha e Guerra do Conselho de Estado [...]” (Morize, 1987: 51).

Morro do Castelo, primeiro sítio observacional

O Morro do Castelo viria a ser o primeiro sítio efetivo onde se instalaria o Observatório, vinculado inicialmente à Escola Militar. Examinando as circunstâncias que antecederam sua criação viu-se que era bem coerente o vínculo do observatório com uma instituição militar, ao menos em seus primórdios, como se pode depreender do que segue, reforçando colocação anterior: “[...] as ciências que aqui começaram a dar os primeiros passos fundavam-se [...] nas matemáticas. Como as matemáticas constituíam a base do ensino naval e militar [...]” (Morize, 1987: 9), nada mais natural, portanto, que o Observatório Astronômico se desenvolvesse à sombra daquelas instituições.

A adaptação da área disponível para a instalação do IORJ foi certamente verdadeiro quebra-cabeças, pois media [...] *70 mètres de longueur et 27,30m*

*de largeur, dont le grand côté est orienté suivant la ligne méridienne*² (Liais, 1882: 0001, 1, 1). Destinado inicialmente e, na prática, mais às aplicações de ensino militar, seu desenvolvimento levaria a um permanente e inevitável conflito em vista daquele reduzido espaço, mormente com as ideias que viriam adiante para equipará-lo aos melhores observatórios do mundo. Encontramos em 1881 nas anotações de Emmanuel Liais (1826-1900): *Mais, depuis cette époque, jusqu'à 1871, son but a été spécialement de servir d'observatoire d'instructions et ceci explique le choix primitif d'un local aussi exigü*³ (Liais, 1882: 0001, 4, 3).

Somente com a desvinculação do Observatório em relação a organizações militares, ocorrida em 1871, ano da posse de Liais como diretor, ele pôde assumir plenamente as funções para as quais havia sido designado, tendo exigido *a priori* aquela condição. A preocupação com a questão básica das longitudes em sua gestão se traduziu logo em ação: “Art. 1º: Fica instituída no Imperial Observatório do Rio de Janeiro uma Comissão científica sob a denominação de Comissão das Longitudes” (Morize, 1987: 66).

O SH, mesmo limitado inicialmente apenas ao controle dos **cronômetros** e das **pêndulas**, cumpria sua função essencial de gerar, manter e disseminar a hora.

O balão da hora, mais propriamente um tambor (*drum*), era dispositivo colocado em uma torre elevada, e situava-se no lado nordeste do terraço do Observatório no Morro do Castelo. A Figura 1 mostra a torre compartilhada pela estação meteorológica do IORJ e o “balão”, este em sua posição de repouso, oculto em parte pela balastrada e proteções da torre. A função do “balão”, como a de outros já instalados anteriormente no mundo, era fornecer a hora média (**Hora solar média**), esta oriunda de relógios (confiáveis) do Observatório. A queda do “balão”, acionada manualmente, em princípio, às 8 horas, era vista do porto do Rio e de suas proximidades; porém, no início da gestão Liais, foi alterada para 12 horas médias.

² 70 m de comprimento por 27,30 m de largura, cujo lado maior está orientado segundo a linha meridiana.

³ Porém, depois dessa época, até 1871, seu objetivo foi especialmente o de servir como observatório de instruções e isto explica a escolha inicial de um local tão acanhado.



Figura 1. A torre com “balão” da hora e aparelhos meteorológicos.
(Biblioteca do ON)

Registro de bordo extraído dos Arquivos do Museu Marítimo Nacional de Londres (Figura 2) refere-se a uma observação da hora feita de um navio baseado no porto do Rio de Janeiro em 1880. Ver também “O Observatório da

UFRGS: patrimônio histórico nacional” no Capítulo “Acervo instrumental e arquitetônico” neste Volume.

30 XV. – SOUTH AMERICA				31 SOUTH AMERICA		
Signal Station Latitude and Longitude.	Place.	Signal adopted.	Situation of Time Signal.	Time of signal being made.		Additional Details.
				Greenwich Mean Time.	Local Mean Time.	
22° 54' 24" S. 43° 10' 21" W.	Rio de Janeiro	Red Drum (3 feet high) (8 feet broad).	Staff at Observatory on Mount Castello. 226 feet above high water. (Drop 26 feet.)	h. m. s. 2 52 40.5	h. m. s. 11 59 59	Drum hoisted close up 5 minutes before signal. Drum dropped at one second before noon, Rio de Janeiro mean time.

Figura 2. Transcrição do original do Registro de bordo do “balão” do Castelo feito c. 1880. (Arquivo do Museu Marítimo Nacional de Londres)

Uma segunda versão do “balão”, um sinalizador equipado com 24 lâmpadas de alta potência (Figura 3), operou no Castelo na torre que seria mais tarde replicada, com o sinal luminoso, então às 21 horas, na futura sede do Observatório no Morro de São Januário (Mattos, 1929: 83). Em rigor, a literatura é escassa, informal e até mesmo controversa quanto à história da torre.

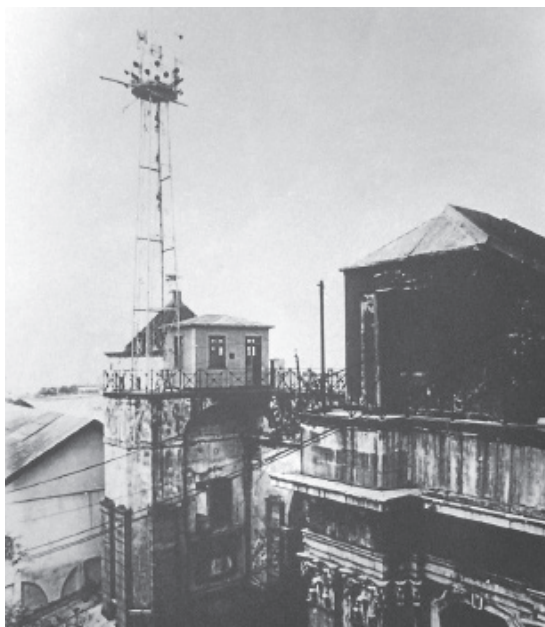


Figura 3. Versão do sinalizador da hora com 24 lâmpadas. (Biblioteca do ON)

A tecnologia favoreceu a transmissão da hora por telegrafia elétrica, mesmo antes do fim do século 19 a órgãos essenciais para sua difusão, fora sua apresentação visual, como a Repartição Geral dos Telégrafos e a Estrada de Ferro Central do Brasil, que aí processavam e distribuíam a informação recebida, disparada inicialmente por contatos elétricos na queda do “balão”. A disseminação da hora, seja por meio visual direto ou via transmissão elétrica, operou praticamente do meio do século 19 até o fim da primeira década do século 20 no Castelo, estendendo-se à década de 1920, já no Morro de São Januário.

A hora, que dependia essencialmente do bom funcionamento de **cronômetros** e **pêndulas**, das **lunetas meridianas** e de catálogos, além da habilidade dos observadores, era alvo permanente das preocupações do diretor. Em 1873 “[...] procurou melhorar os diferentes ramos do serviço [...] retificando, com mais exatidão, o plano dos instrumentos meridianos e providenciando a colocação de miras e colimadores, exibição da hora exata” (Morize, 1987: 69). Tal esforço renderia por volta de 1880 importante montagem combinada de instrumentos meridianos e azimutais, fixos em planos verticais previamente definidos: a 30°, 45° e 60° de **azimute**, com miras e colimadores, de tal forma que se poderiam casar observações a fim de se obter a hora com maior precisão. Era um sistema único na ocasião e ao menos teoricamente produziria o resultado desejado; sua operação, no entanto, exigia um número de observadores que aparentemente o Observatório não possuía.

Na fase de remodelação do IORJ, no curso de 1875, as ações com foco nas longitudes e hora continuavam: “Quanto aos aparelhos cronográficos para o registro das observações meridianas⁴ e de longitudes pela eletricidade, submeteu-os o Dr. Liais a grandes aperfeiçoamentos [...]” (Morize, 1987: 72).

Excerto extraído de (Liais, 1882: 0002, XXIV), mostra segmento de um formulário de anotação de dados de uma observação meridiana típica desse período (1881), com alguma redução já realizada (Figura 4), onde se pode notar que os registros dos instantes da observação são referidos aos 5 fios fixos dos micrômetros clássicos, cuja média representava o instante de passagem da estrela pelo meridiano instrumental. O décimo de segundo anotado, relativo à passagem da estrela em cada um dos fios do retículo, era obtido usualmente interpolando entre os sons das oscilações do balancim do **cronômetro** (5 batidas/s), o que exigia excepcionais sensibilidade e habilidade do observador. Tal método era chamado de observação olho-ouvido — um olho na estrela e o ouvido nas batidas do **cronômetro**. Alternativamente, e é o caso dessa observação, os instantes relativos à passagem da estrela em cada fio já eram registrados cronograficamente, isto é, feitos através de

⁴ Observações feitas na **passagem meridiana** do astro.

um **cronógrafo**. Vê-se também pelas designações das estrelas listadas nessa Figura que entre os catálogos utilizados constavam os de Lalande e Stone, comumente adotados na época.

xxxiv

ANNALES DE L'OBSERVATOIRE IMPÉRIAL

Observations faites à la lunette méridienne en 1882 par J. O. LACAILLE															
N ^o d'étoile	Date du Mois	Désignation de l'étoile	ÉTOILE		FILS					Réf. au fil m corr. de l'aberr. diurne		PENDULE		Ascension droite apparente observée	
			Kantzo	Grénat	I	II	III	IV	V	CORRECTION					
										obs.	calc.				
1	3 Mars.	* = 22° ...	229	6.0	40.0	51.6	3.0	14.5	26.0	m. s.	22	3.07	s.	— 1.75	7 23 1.32
2		* = 22° 54', 9	223	9.0	34.5	46.1	57.4	9.0	20.2	23	57.49	— 1.75	7 23 55.74		
3		* = 22° 47', 1	224	6.0	31.7	43.0	14.3	6.0	17.2	24	54.49	— 1.74	7 24 32.75		
4		* = 23° 1', 6	198	7.5	34.0	45.9	57.0	8.6	20.0	34	57.15	— 1.72	7 34 55.43		
5		* = 22° 56', 0	199	8.5	52.2	3.7	15.0	20.7	38.0	38	15.17	— 1.71	7 38 13.46		
6		* = 22° ...	230	6.5	43.0	54.5	6.0	17.4	29.0	41	59.85	— 1.70	7 41 58.15		
7		Lalande 15450	226	7.5	18.0	29.4	40.8	52.2	3.8	48	40.89	— 1.68	7 48 39.21		
8		Stone 4021	170	5.5	43.0	54.4	6.0	17.5	29.1	54	6.05	— 1.67	7 54 4.38		
9		Lalande 15683	202	8.0	49.1	52.0	3.5	15.0	26.2	55	3.41	— 1.66	7 55 1.75		
10		* = 22° 54', 1	231	9.5	43.2	55.1	6.2	18.0	29.1	0	6.37	— 1.66	8 0 4.71		
11		* = 22° 50', 5	204	9.0	41.5	53.0	4.3	16.0	27.1	1	4.43	— 1.65	8 1 2.78		
12		* = 22° 51', 2	232	9.5	41.0	52.3	3.6	15.2	26.5	4	3.77	— 1.64	8 4 2.13		

Figura 4. Segmento de observação meridiana realizada no IORJ em 1882. (Biblioteca do ON)

Paralelamente às observações meridianas para a hora foi desenvolvido programa destinado à composição de catálogo de ascensões retas de estrelas na faixa zenital do Rio de Janeiro referidas ao equinócio de 1880,0 (Liais, 1882: 0002, LXIII). Tais estrelas estão representadas pelo símbolo ☆ na Figura 4.

A passagem de Vênus pelo disco solar, fenômeno de grande importância para a determinação da **paralaxe** do Sol, da qual se deduz sua distância à Terra, foi observada em Punta Arenas em 1882 e dependia de grande precisão cronométrica. O **cronômetro** sidereal John Poole n° 2977, pertencente hoje ao acervo do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) e usado nessa expedição, chefiada por Luiz Cruls (1848-1908), assim como o **sextante** de pedestal C. Plath n° 6553, usado nas determinações de coordenadas do local da observação, estão preservados no MAST (ver “Patrimônio científico da astronomia no Brasil” no Capítulo “Acervo instrumental e arquitetônico” neste Volume).

Citações frequentes de Morize nos trabalhos do Observatório se referem às determinações de coordenadas geográficas, inclusive com fins demarcatórios, caso da Comissão Exploradora do Planalto Central de 1892 (“quadrilátero Cruls”) e chefiada também por esse notável astrônomo, sucessor de Liais. Definições de fronteiras, além do conhecimento das posições geográficas das principais cidades da costa, faziam parte dessas atribuições (ver o Capítulo “Expedições astronômicas” neste Volume). Em todas a tônica operacional envolvia o transporte da hora em **cronômetros** de marinha, “zerados” no Observatório por ocasião da partida e aferidos no retorno das expedições (Morize, 1987: 75) e a utilização de instrumentos portáteis — **lunetas meridianas** e/ou **círculos meridianos** — para obter basicamente os **estados** dos **cronômetros** (hora corrigida) a fim de determinar as coordenadas locais. Os trabalhos de Cruls se estendiam, na virada dos séculos 19 para o 20, à região norte do Brasil. Suas operações demarcatórias, utilizavam repetidas vezes e marcadamente o uso daqueles instrumentos, conforme encontramos na citação:

A longitude foi calculada por meio deste instrumento através da comparação da hora do primeiro meridiano em relação a um meridiano de origem, como o de Greenwich. Para que tal cálculo fosse correto, era preciso que o **cronômetro** tivesse uma marcha uniforme. Mas as condições da viagem impediram o perfeito andamento do instrumento. Assim, foi preciso fazer constantes observações astronômicas com lunetas e **sextantes** para regulagem dos **cronômetros** (Vergara, 2010).

Em 2003, com participação de diversas entidades — Fundo de Apoio à Cultura do DF, Correios, UnB (Universidade de Brasília), UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), Fiat — foi constituída comissão de pesquisadores e técnicos que efetuaram uma réplica da expedição de 1892 (Castro, 2003).

Uma das fases da vida do país durante a qual mais se estimulou o avanço aplicado da hora, notadamente a partir da segunda metade do século 19, foi a da ampliação das ferrovias. Um problema prático devido à não uniformização da hora, tomada inicialmente como **hora solar verdadeira** (local) em quase todas as estações, nem sempre convertida à **hora solar média** (local), transformou-se num grande complicador na montagem das grades de horários das ferrovias, de configuração por vezes anárquica (Oliveira, 2010: II).

Como em outros países que já tinham passado pelo problema, a primeira tentativa de solução foi transportar a hora das capitais para as redes regionais através de **cronômetros** confiáveis. A segunda atitude, mais adiante, foi utilizar o telégrafo elétrico, através de linhas físicas quilométricas, para efetuar o trans-

porte remoto da hora, um projeto de fôlego encampado no fim do século 19 pelo general Rondon (1865-1958), que o levou bem além do início do século 20.

A radiotelegrafia só surgiria na prática no começo do próprio século 20 e mudaria radicalmente o quadro anterior, causando inclusive obsolescência incômoda, além de polêmica, em relação à telegrafia elétrica, com linhas por vezes de complicada e custosa manutenção, cujos projetos em curso tiveram que ser revistos e muitos descontinuados (Domingues, 2010).

O persistente problema longitude/hora no globo, que vinha tendo soluções apenas regionais, acabou resultando, por premência de uma solução global, na Conferência de Washington (1884), onde era esperado encontrar-se, com a escolha de um meridiano zero, uma solução definitiva para a questão. Não foi bem assim, no entanto, e muitos anos se passaram até que todos os países aceitassem como referência o meridiano de Greenwich. O Brasil só o fez em 1913, através de decreto, o 2.784 de 18 de junho (Oliveira, 2010: II), que definiu nossa divisão geográfica em 4 fusos horários, com o fuso de origem internacional centrado em Greenwich e estabeleceu como sistema de hora legal, a **hora solar média** (civil) do meridiano central de cada fuso de 15° (ou 1 hora), mas que se tornou vigente somente a partir de 1° de janeiro de 1914. A Lei 11.662 de 2008 alteraria a distribuição de fusos horários no país, limitando-os a três (DSHO, 1998a).

Na segunda metade do século 19, havia no centro do Rio um “serviço da hora” informal por conta de relojoeiros da firma Norris, que se baseava, no entanto, no sinal gerado pelo “balão” da hora. Esses relojoeiros respondiam também pela manutenção de **cronômetros** e **pêndulas** do Observatório entre o último quarto do século 19 e o primeiro do século 20.

Em 1889, voltando às longitudes (e, claro, implicitamente às latitudes), na determinação das coordenadas geográficas de locais servidos pelas redes ferroviárias irradiadas das principais capitais, escreve ainda Morize: “Prosseguia a determinação de outros pontos, cumprindo assinalar que os erros prováveis dessas determinações não excediam meio segundo de grau, isto é, cerca de quinze metros no terreno, o que constituía resultado mui satisfatório.” (Morize, 1987: 113)

Com a República (1889) o IORJ mudou de nome passando a Observatório do Rio de Janeiro (ORJ) na esfera do Ministério da Guerra até 1909, quando foi então renomeado como Observatório Nacional (ON), porém no Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio (Morize, 1987: 137). O Observatório esteve em risco de desaparecer no início da República porque, na opinião de alguns políticos do novo governo, sua atividade científica/resultados não fazia jus aos investimentos já aplicados. Luiz Cruls, no entanto, diretor em curso em 1889,

contou com a visão (positivista⁵) de Benjamin Constant (Ministro da Guerra) relativa à importância da ciência; além do mais, a confiança que o ministro depositava no trabalho de Cruls à frente da instituição contribuiu certamente para o bom desfecho da questão. A conveniência política em benefício do Observatório levou-o a aceitar situação tida como limitadora no passado — o retorno à esfera militar, ao Ministério da Guerra.

Em 1906 prosseguiram as observações consideradas regulares:

As observações meridianas, necessárias à retificação das **pêndulas** e **cronômetros**, também foram pontualmente realizadas, permitindo obter com precisão a hora local, cujo sinal era dado pelo balão da hora ao meio-dia e transmitido à Repartição Geral dos Telégrafos e à Estrada de Ferro Central do Brasil (Morize, 1987: 134).

Em 1909 eram fixadas as funções formais atribuídas aos astrônomos, o que lhes exigia: “Regular os **cronômetros** dos serviços públicos bem como fornecer a hora mediante o sinal convencionado.” (Morize, 1987: 137)

Os relatórios oficiais dos anos seguintes têm o mesmo e repetitivo padrão de anos anteriores relativo aos problemas gerais, porém conseguindo manter no mínimo satisfatória a questão da conservação e disseminação da hora. O Decreto 2.784 de 1913 reforçou o caráter de legalidade que tais operações possuíam, bem definindo sua força jurídica, a qual seria útil décadas depois.

A caminho do novo endereço

O processo que levou à escolha do Morro de São Januário como nova sede do Observatório, com um número significativo de retardos e indefinições desde sua instalação original em local improvisado (o Castelo), encontra-se descrito em Morize (1987), ocupando recorrentemente páginas diversas do relatório (145 e 146, p. ex.), onde se pode examinar a quantificação dos parâmetros considerados importantes para a escolha do local. Convém lembrar que naquela época a instalação de um observatório (nacional) de porte numa capital (federal) significava *status*, pois isso projetava cultural e internacionalmente o país, equiparando-o a outros tantos que já os possuíam nessa situação. Quanto ao mérito da escolha do sítio onde seria instalado o observatório, certos aspectos logísticos foram priorizados, como facilidade de acesso, de manutenção em vista dos recursos de uma capital em termos de seu parque industrial e

⁵ Ver o Capítulo “Positivismo e utilidade da astronomia” neste Volume.

de comunicação. O fator orçamento poderia, no entanto, ter representado obstáculo a maiores aspirações em termos de um sítio de melhor qualidade.

Em 1910 foi, afinal, formalizada a transferência do Observatório para o Morro de São Januário através de dois providenciais decretos, o 2.315 e o 8.462, de 27 de dezembro, que aprovavam o orçamento para a esperada mudança de local do Observatório. Mantinha-se, no entanto, no Castelo, por volta de 1915, portanto em plena I Guerra Mundial, agravada a situação pelo estado crítico das instalações, sua destinação de origem como prestador de serviços — o fornecimento da hora. Restringia-se, no entanto, à falta de maiores estímulos e recursos, apenas (mais uma vez) a conservá-la e disseminá-la sem interrupção.

Numa sala exígua, denominada das meridianas, abrigavam-se, entre outros instrumentos, **pêndulas** e **cronômetros** e uma **luneta meridiana** complementada por mira e colimador, estes últimos situados na área externa. Deste ponto eram obtidos, através de observações meridianas, os **estados da pêndula** de referência que gerava a hora do Observatório, a do meio-dia sinalizada pelo “balão”, ainda utilizada para atendimento do público passante em geral, do pessoal do porto e dos navios, de relojoeiros da cidade e de repartições públicas, como já vimos.

Ainda em 1915 notícia animadora para a época era transmitida pelo próprio diretor: “As duas coberturas meridianas móveis e a outra cúpula foram por mim, com autorização desse Ministério, encomendadas da Europa e já chegaram.” (Morize, 1987: 149)

Conforme veremos adiante, em plena fase de transição — logística, de novos recursos instrumentais e organizacionais —, o Observatório já se preparava para engajar-se num significativo passo de modernidade. A transmissão geograficamente ampla do sinal da hora, antecipando-se às demais construções no Morro de São Januário, levou à instalação da estação-base de transmissão por radiofrequência de sinais horários.

A desejada e esperada mudança. Sinais horários em radiofrequência

Em vista do atraso no programa de construção do complexo de edificações do ON no Morro de São Januário, foi antecipada a construção de pavilhão, em 1916, Luiz Cruls, existente até os dias atuais no campus do ON (Figura 5).



Figura 5. Pavilhão Luiz Cruls existente até os dias atuais (Acervo do FHLB)

Escolhi para isto que o aludido pavilhão fosse um abrigo especial destinado, no andar térreo, a um escritório, para o cálculo das observações horárias, com os competentes aparelhos telegráficos, clássicos e de T.S.F.⁶; enquanto que o subterrâneo era acomodado, ao abrigo de variações de temperatura a receber as **pêndulas** e os **cronógrafos** (Morize, 1987: 150).

O limiar da nova era tecnológica em termos práticos de comunicação ocorreu na passagem dos séculos 19 para o 20 com o domínio da transmissão/recepção de sinais eletromagnéticos a distância por meio de radiofrequências. Tal favoreceu particularmente o envio de sinais horários relativos à hora dos relógios do Observatório corrigida pelas observações astronômicas.

O cruzamento de informações oriundas dos sinais recebidos de observatórios de outros países, corrigidos os tempos de propagação, permitiria um meio mútuo de correção entre todos os sinais dos relógios envolvidos, comparando-os com valores médios obtidos, além de, potencialmente, poderem gerar uma hora média universal, como se tivéssemos apenas um relógio representando o

⁶ T.S.F.: Telégrafo Sem Fio.

conjunto. Em 1912, contando com a presença de representantes de 16 países, aí incluído o do Brasil, foi criado o *Bureau International de l'Heure* (BIH), resultante da Conferência Internacional da Hora ocorrida em Paris no ano anterior. O BIH teria a finalidade de coordenar as ações e analisar os registros dos sinais horários recebidos dos observatórios do mundo que fizessem parte da rede, ficando responsável pela disseminação, em âmbito internacional, dos resultados desse processo (Guinot, 2000). Em 1919 o BIH passou a fazer parte da *International Astronomical Union* (IAU) ou União Astronômica Internacional, recém-criada, dela participando na Comissão da Hora.

Em 1º de junho de 1918 o ON efetuava a 1ª transmissão de seus sinais horários a partir do Pavilhão Luiz Cruls na frequência de 500 kHz, com potência de saída de 500 W, capaz de alcançar 2 mil km, cobrindo, pois, boa parte do território nacional. Tanto os transmissores de alta potência quanto os receptores do SH da época eram valvulados, e assim continuariam por décadas, porém já operando em parte com componentes de estado sólido a partir do meio do século passado. O Brasil comprometeu-se a participar da ação do BIH em 1922, porém, seus sinais horários só foram efetivamente introduzidos na média internacional em 1933, conforme consta dos registros publicados e constantes dos boletins emitidos pelo BIH. Esse atraso ocorreu devido a problemas relacionados principalmente com o alcance ainda não universal dos transmissores do SH na ocasião, fato já reconhecido anteriormente, agravado pela dificuldade de conseguir-se boas recepções das estações estrangeiras, de acordo com Morize (1987: 165).

Um século do par pêndula-meridiana

O plano meridiano local, plano vertical que contém o Norte e o Sul do horizonte e o zênite, é um plano de simetria dos movimentos estelares entre os lados leste e oeste, em primeira aproximação. Observar um astro (estrela) de coordenadas conhecidas cruzando esse plano (**passagem meridiana**) permite, após decorridas 24 horas siderais (período de rotação da Terra), acertar diretamente o andamento de uma **pêndula** sideral, por exemplo. Normalmente observavam-se muitas estrelas de catálogo numa mesma noite e se obtinha então a média das horas de **passagem** de todas as observações, o que permitia conhecer com razoável precisão a diferença entre a hora admitida certa (pela observação das estrelas) e a da **pêndula** utilizada, o chamado **estado da pêndula**.

O par **pêndula-luneta meridiana**, dedicado à determinação da hora, fez história no Observatório ultrapassando os cem anos de existência comum, dos primei-

ros tempos do Castelo (pouco depois de 1850) à chegada dos osciladores de quartzo (pouco depois de 1950) em São Januário, estes descritos na seção seguinte. Uma **luneta meridiana** Dollon de 1,60 m de distância focal, com 8,5 cm de abertura (diâmetro da objetiva), foi instalada no Castelo em 1852, ao tempo em que círculos murais ainda eram lá utilizados em observações astronômicas relacionadas às determinações de **declinações** dos astros e de latitude. Nesse mesmo ano (1852) foi também instalada uma **pêndula** sideral Roskell que operou conjugada com a meridiana já citada para obterem-se as primeiras determinações de hora no IORJ. Tais dados encontram-se na introdução das Efemérides do ano de 1853, em “Notícias do Observatório”, anotações do então diretor do IORJ Antonio Manuel de Melo.

Todo o período que decorreu entre o começo das atividades astronômicas no Castelo e o início da utilização dos osciladores de quartzo no ON está pontado de observações que combinaram **lunetas meridianas** e **pêndulas** visando à determinação da hora.

A primeira **luneta meridiana** (n° de série 3407) instalada no novo sítio do Observatório em São Januário (1922), da fábrica alemã Heyde, veio do Castelo. Tinha 1,50 m de distância focal e 11 cm de abertura da objetiva e era do tipo acotovelado, isto é, permitia através do desvio de 90° do feixe de luz proveniente da estrela, uma observação cômoda tanto na posição leste quanto na oeste. Cumpre lembrar que as primitivas **lunetas meridianas** não permitiam acesso em geral às regiões zenitais (as mais altas) do céu.

Em realidade, **pêndulas** constituíram, com apoio dos **cronômetros** de marinha, as bases de tempo do ON até pouco além da década de 1940. O trabalho de manutenção de **pêndulas** e **cronômetros**, apesar das condições gerais precárias existentes ainda no Morro do Castelo, às vésperas da mudança, encontra-se anotado no livro, formato A3, que contém o Inventário e histórico dos **cronômetros** e **pêndulas** do Observatório, datado de 1913/14 (Figura 6) e que se encontra arquivado no FHLB.

Em geral o intercâmbio de **cronômetros** e até de **pêndulas** do ON, mais por empréstimo a outros órgãos do que o inverso, encontra-se ali bem documentado. O que se deduz examinando o conteúdo dos registros é a existência de aparente bom acompanhamento na manutenção e movimentação dos instrumentos, além do controle e ajustes de marchas (detalhe na Figura 6) realizados com relativa frequência. Comparando as entradas do livro acima citado com as fichas de instrumentos do acervo existente no MAST, conseguimos identificar inicialmente seis **cronômetros**, entre Nardin e Poole (n°s 482, 15/7108, 525, 526, 2977 e 5691), comuns às duas listas e cinco **pêndulas** de fabricantes diversos (n°s 1058, 101, 3510, 1123 e 550), o que significa ter-se fisicamente à mão esses instrumentos que operaram ainda no tempo do Castelo.

Pêndula
Chronometro de Tempo Sideral N° 3510
Autor *Mouilleron*
Anno de *1913* Obleos de *Abril de 1913* Pertenente ao *Ministerio da Observatorio*

2.º Dez	Da	RAZÃO MÉDIA	Temperatura	2.º Dez	Da	RAZÃO MÉDIA	Temperatura	Observações
Maio	20	Ad - 0.35 25.0						Enviada a casa Azevedo em 2.º I. 1913, afim de fazer limpar a pendula de oleo.
	30	" - 0.39 22.7						
Junho	10	Ad - 0.26 27.0						Regras em 16. V. 1913. Toda a noite pendula em 30. VI. 1913. Locos de movimento em 26. IX. 1913. Esta pendula foi de novo dada em 14. XI. 1913 afim de ser collocada na sala das pendulas.
	20	" - 0.32 24.6						
	30	" - 0.94 19.6						
Julho	10	Ad - 0.04 20.8						Esta pendula foi de novo dada em 14. XI. 1913 afim de ser collocada na sala das pendulas.
	19	Alt + 0.29 22.6						
	29	" + 0.38 23.3						
Agosto	8	Alt + 0.48 22.7						Esta pendula foi de novo dada em 14. XI. 1913 afim de ser collocada na sala das pendulas.
	18	" + 0.02 24.8						
	28	" + 0.03 22.7						
Setembro	6	Ad - 0.10 21.4						Esta pendula foi de novo dada em 14. XI. 1913 afim de ser collocada na sala das pendulas.
	16	Ad + 0.24 22.3						
	26	" + 0.39 22.8						
Outubro	6	Alt + 0.26 22.9						Esta pendula foi de novo dada em 14. XI. 1913 afim de ser collocada na sala das pendulas.
	16	" + 0.39 23.4						
	25	" + 0.18 21.7						
Novembro	4	Alt + 0.49 23.5						Esta pendula foi de novo dada em 14. XI. 1913 afim de ser collocada na sala das pendulas.
	14	" + 0.19 22.6						

Figura 6. Fragmento da página do histórico da **pêndula** Mouilleron n° 3510. (Acervo do FHLB)

Para manterem o comprimento útil da haste do pêndulo com o mínimo de variação foram introduzidos compensadores térmicos e usados novos materiais então disponíveis (*invar*). A fim de reduzir o atrito no sistema de suspensão e escapamento da **pêndula** foram elaborados refinamentos não convencionais para a época em termos de projeto e construção. A isto, no caso do ON, acrescentou-se um ambiente isolado (subsolo do Pavilhão Luiz Cruls), com a montagem das diversas **pêndulas** (algumas em câmaras de baixa pressão), apoiadas em pilares com base na rocha, assim criando as máquinas ideais para a época capazes de gerar, conservar e fornecer informação (através de pulsos elétricos) para a disseminação da hora em montagem fixa. A performance das **pêndulas** do ON (existe uma mestra Shortt, quase completa, e quatro escravas no MAST) atingiu, como mencionado antes, incertezas na variação diária da marcha não superiores a 0,01 s. Tais valores teriam permitido ao ON compor, com outros observatórios, as primeiras detecções das irregularidades previstas do movimento de rotação da

Terra, através de observações meridianas feitas nas décadas de 1920, 1930 e início da de 1940 (Stoyko, 1956).

No curso da década de 1930 os resultados oriundos do SH do ON já refletiam relativo destaque no BIH. No entanto, apenas uma única observação meridiana completa antecedendo um pouco esse período (1927), feita pelo astrônomo Adalberto Faria dos Santos, foi localizada no ON. O período que antecedeu a era dos quartzos, fim dos anos 1940 e pouco além, examinados os resíduos comparados nos boletins do BIH (diferença entre a hora média calculada pelo BIH e a hora enviada pelo SH do ON), não nos favoreceu, no entanto, em qualidade.

Atualização do equipamento eletrônico. Osciladores de quartzo

No início da década de 1950, graças à ação de Lélío Gama (1892-1981) com o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), órgão então recém-criado (1951) e que marcaria profunda e positivamente a história do ON, inclusive a do SH, foram importados diversos equipamentos de nova geração. Entre eles relógios de quartzo, que o SH passou a utilizar como base de tempo, capazes de performances muitas vezes superiores em estabilidade e precisão que as melhores **pêndulas** a baixa pressão. Os modelos franceses de transmissão e recepção de ondas de rádio moduladas pelos sinais horários, adotados por diversos observatórios em meados do século passado, foram os utilizados na nova versão de intercomunicação do SH na era dos quartzos.

A compra efetuada foi orientada por Nicolas Stoyko, diretor do BIH, cuja longa experiência na questão da hora bastaria como credencial. Cartas originais trocadas entre Lélío Gama e Stoyko (Gama, 1951) foram localizadas na Coordenação de Documentação e Arquivo (CDA) do MAST, sendo que as referências a Carlos Lacombe (1896-1977), engenheiro e coordenador técnico do SH durante décadas, estão anotadas num pedido de Lélío Gama para seu estágio na fábrica de equipamentos Belin na França, ainda em 1951 (Gama, 1951).

O emissor Belin (Figura 7), que programava os pulsos provenientes do padrão de quartzo para o transmissor de potência (5 kW) da estação de sinais horários por radiofrequência de prefixo PPE do ON, encontra-se em exposição permanente no saguão da atual Divisão Serviço da Hora (DSHO), bem como o componente de saída de potência da estação transmissora, uma válvula Eimac 750 TL. Os primitivos **cronógrafos** do começo do século 20 cederam lugar ao modelo de tambor (o de tamanho maior) da Belin, que permitia resolução

temporal de 0,001 s, ultrapassando os modelos anteriores do SH capazes de registros com erros da ordem de 0,01 s. À conta de serviços na área de competições esportivas o ON apoiava as “corridas de baratinhas” (equivalentes à atual Fórmula 1) no Rio de Janeiro, na virada 1940/1950, cedendo e mesmo operando os antigos **cronógrafos** na Gávea e na Quinta da Boa Vista.

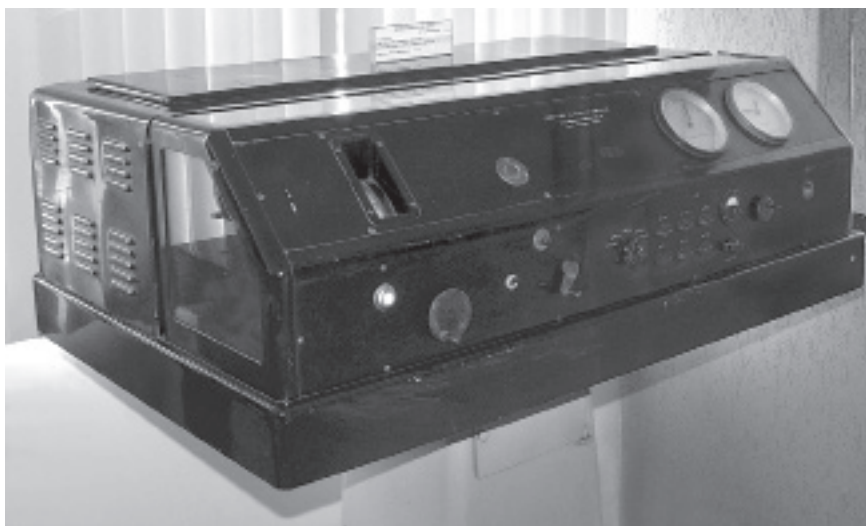


Figura 7. Programador eletrônico dos pulsos do relógio de quartzo.
(Foto: Luci Meri Guimarães. Acervo da DSHO)

Observações meridianas na era dos quartzos (1953 a 1972)

A preparação de uma estrutura que permitiria a recuperação da posição do SH do ON com a comunidade internacional através do BIH, não muito lisonjeira diante dos resultados das observações meridianas nas proximidades da década de 1950, deu outra configuração ao SH. O autor JBJr da presente contribuição ingressou em 1956 no ON, com 19 anos, porém, inicialmente como “satélite” (uma espécie de estagiário não remunerado) e, em vista da escassez de observadores meridianos resultante de problemas administrativos internos no ON, foi até prematuramente apresentado à antiga luneta Bamberg, tendo nela trabalhado e ganho ao longo de pelo menos uma dezena de anos significativa experiência observacional. Um dos projetos que lhe foram propostos nessa fase inicial, por volta de 1958, pelo próprio Lélío Gama, foi a determinação de

diversos parâmetros da nova **luneta meridiana** Askania (Figura 8), a fim de se conhecer melhor os efeitos dos erros instrumentais sobre os resultados das observações, gerando a publicação relacionada em Barroso (1961).

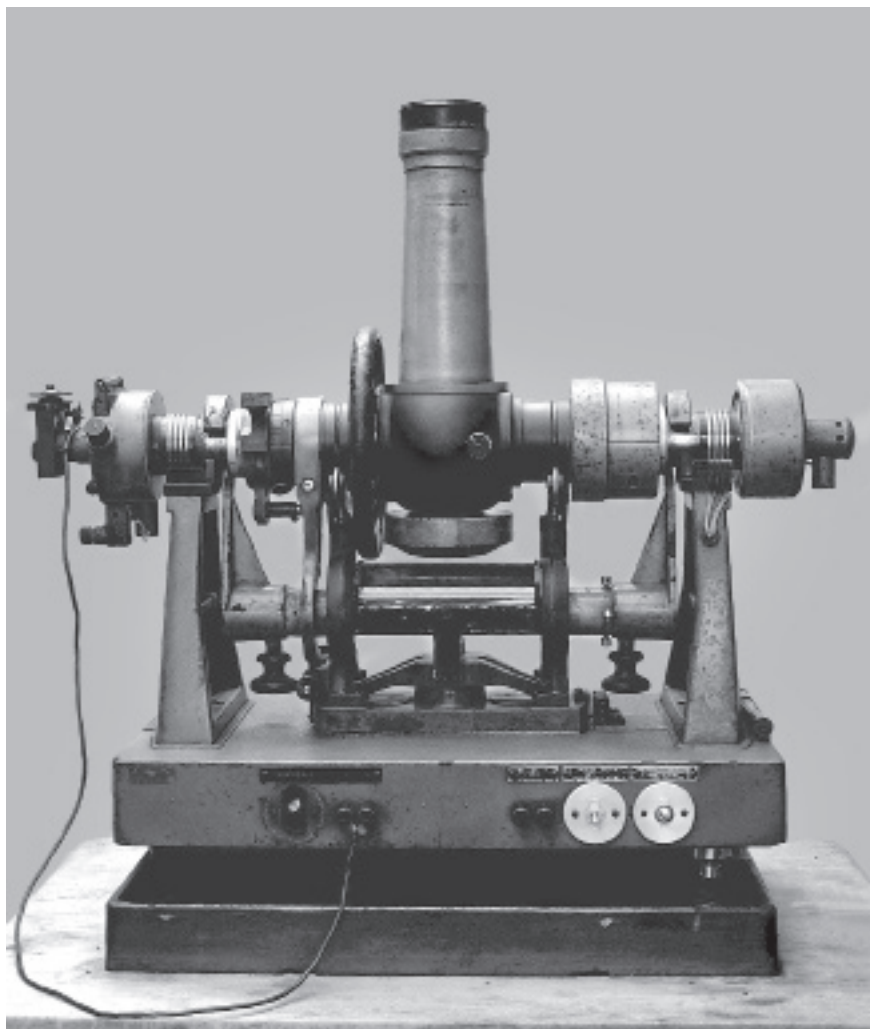


Figura 8. Luneta meridiana Askania do ON
(Foto: Luci Meri Guimarães. Acervo MAST)

Independentemente do projeto principal, irregularidades nos eixos (munhões) da luneta foram indiretamente determinadas pelos desvios do nível de caivete apoiado sobre os munhões a cada grau de distância zenital, no começo

da década de 1960 e, mais tarde, repetidas em 1970, tendo sido utilizadas como refinamento em diversas observações de menor erro estatístico.

O cálculo/redução das observações meridianas na era dos quartzos manteve basicamente a formulação desde Liais (1867: 156) a Gama (1953), passando por Mattos (1929: 8), sendo que as clássicas fórmulas de Mayer e de Bessel foram as mais utilizadas no cálculo das correções instrumentais.

A redução ao dia, que envolvia a conversão das coordenadas médias dos catálogos às aparentes na data da observação, foi apenas aprimorada ao longo dos anos pelo avanço da teoria e dos métodos de cálculo. Os micrômetros de ambas as **lunetas meridianas**, mesmo antecedendo a fase dos quartzos, já eram do tipo (dito) impessoal (Figura 9), possuindo um fio móvel no retículo que permitia o acompanhamento da estrela no campo de visão. Na prática, no entanto, sem o uso de um dispositivo criado para se determinar uma eventual **equação pessoal** de cada observador, caía-se em geral nas incertezas causadas por irregularidades aleatórias no acompanhamento das estrelas. Tendências de acompanhamento sistematicamente adiantado ou atrasado de determinado observador só podiam ser detectadas *a posteriori*. O exame dos desvios dos resultados daquele observador em relação ao comportamento médio das observações, algumas vezes levava a uma **equação pessoal**, sem garantia, no entanto, de ser constante.

A manutenção dos retículos, quando necessária, era feita utilizando-se fios extraídos de aranhas denominadas *Nephylengis cruentata*, criadas na torre do prédio do ON durante décadas.

Engajado no esquema observacional do SH, além de organizar e orientar os iniciantes em todo o processo de observação e redução envolvendo as **lunetas meridianas**, Luiz Muniz Barreto (1925-2006), diretor em dois períodos da história do ON, marcou notável presença pela abrangência de conhecimentos e participação nas diversas áreas/atividades do Observatório. Documentação cedida pelo próprio Muniz Barreto à biblioteca do ON e, mais tarde, por sua família, foi útil na complementação de dados.

Raras cartas, encomendas de aparelhagem, catálogos de instrumentos, instruções para observações e reduções de observações meridianas completas (originais) foram localizados, ocasião em que passaram a ser arquivados adequadamente no FHLB e na CDA do MAST. Cadernetas de recepção/transmissão de sinais horários (originais) e boletins do BIH foram da mesma forma transferidos, a maior parte ainda íntegra, para o FHLB. Outros registros, predominantemente material relativo às observações meridianas, que se encontravam arquivados com Jair Barroso, inclusive as únicas fitas cronográficas originais dessas observações, em papel, de que se tem conhe-

cimento, bem como as observações meridianas (todo o ano de 1967), que estavam bem guardadas com o pesquisador Roberto Vieira Martins do ON, foram repassados ao Fundo.

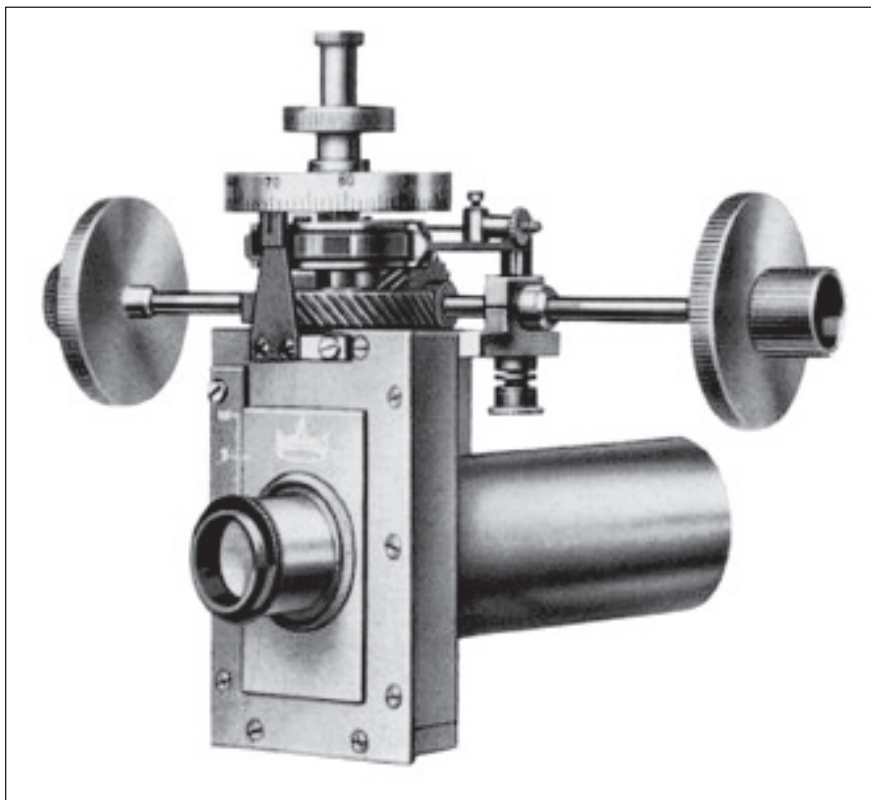


Figura 9. Micrômetro impessoal da luneta meridiana Askania
(Catálogo do Acervo Museológico do MAST)

A procura de instrumentos originais dessa fase ou de seus componentes teve, no entanto, razoável sucesso, havendo sido localizados alguns deles ainda bem conservados, relativos principalmente ao período dos quartzos, em exposição permanente no saguão do prédio da atual DSHO, pavilhão Carlos Lacombe. O destaque fica por conta do sistema de transmissão de hora falada Assmann, de fabricação alemã, ainda funcionando.

O trabalho do autor SJ no projeto do FHLB resultou, entre inúmeros outros itens, na montagem de um conjunto de registros de observações tanto meridianas (incluídas, a maior parte, na forma de contribuições não pertencentes aos ar-

quívos disponibilizados pela DSHO), quanto de transmissão/recepção de sinais horários. Mesmo na ausência das análises dos registros, feitas durante décadas por Carlos Lacombe, esses dados não perderam valor, tendo sido recompostos, inclusive, uma parte dos gráficos de **estados** das observações meridianas combinados com resultados tomados dos boletins de recepção de sinais horários.

Além do mais, uma pequena avaliação estatística foi realizada permitindo comparar inicialmente erros internos entre **estados** obtidos através das observações meridianas (1967) e os obtidos através de observações realizadas fora de um programa regular para determinação da hora (1977), com o **astrolábio de Danjon**. Esses últimos dados foram fornecidos gentilmente por Jucira Penna e Alexandre Andrei, pesquisadores do ON (Andrei *et al.*, 1982). Encontramos nas amostragens utilizadas dispersões médias nominais equivalentes, da ordem de 10 ms, tomando 416 estrelas observadas de um conjunto de 49 noites nas **lunetas meridianas** Askania e Bamberg e 598 estrelas, usando dois grupos arbitrariamente escolhidos em 26 noites de observação com o **astrolábio**. Tais dados de observações com o **astrolábio**, por serem os únicos documentados de que dispomos, poderão ser no futuro objeto de análises mais detalhadas. Os últimos anos das observações meridianas no ON (atingindo a década de 1970) mostraram em geral progressivo declínio em sua qualidade devido a problemas, principalmente de degradação instrumental por ação prolongada da poluição atmosférica, aliada à dificuldade de manutenção continuada das lunetas. Acresce ainda o fato de que os programas de sobreposição de tecnologias — meridianas/pêndulas e meridianas/quartzos — já haviam sido encerrados na maioria dos países, desestimulando assim os observadores.

O advento dos padrões atômicos. Tempo metrológico

As tentativas de definição de um tempo que se aproximasse do tempo uniforme da mecânica newtoniana, após detectadas as irregularidades de rotação da Terra, passaram pelo tempo das efemérides — baseado inicialmente na translação da Terra e implementado na prática por observações lunares — durante aproximadamente uma dezena de anos (1956-1967), até o advento prático dos relógios atômicos — baseados na frequência de radiações preferenciais de átomos de Césio 133. Passava-se a uma nova definição do segundo no Sistema Internacional de Unidades (SI), que independia (em princípio) da rotação da Terra, e entrava-se no âmbito do Tempo Atômico Internacional (TAI), metrológico, porém sem abandonar-se para alguns fins o tempo dependente da

rotação da Terra — TU2, TU1 na prática — sobre o qual se sobrepunham conveniente e ciclicamente segmentos do TAI, gerando o UTC (DSHO, 1998b).

Na era metrológica as duas escalas de tempo acima definidas: TAI e UTC diferem apenas pelo acréscimo dos denominados segundos intercalados (*leap seconds*) ao TAI, produzindo assim o UTC (Figura 10). Pode-se dizer que o TAI é o tempo-máquina e que o UTC é uma grandeza que representa o tempo natural. Convém alertar, no entanto, para o fato de que a diminuição de velocidade de rotação da Terra, representada no gráfico, dependerá da definição do segundo usado como referência (Jones, 2000: 112), visto que o TAI é admitido como “o tempo uniforme”.

A DSHO colocou em operação seu primeiro relógio atômico comercial de céσιο (1970), HP mod. 5061 A, dando início a uma nova e complexa fase de atividades, aplicações e desdobramentos, que se estenderia aos dias atuais. O HP 5061 A, substituído por relógios mais avançados, inclusive em vista de seu natural envelhecimento (*aging*), encontra-se hoje em exposição no saguão da DSHO.

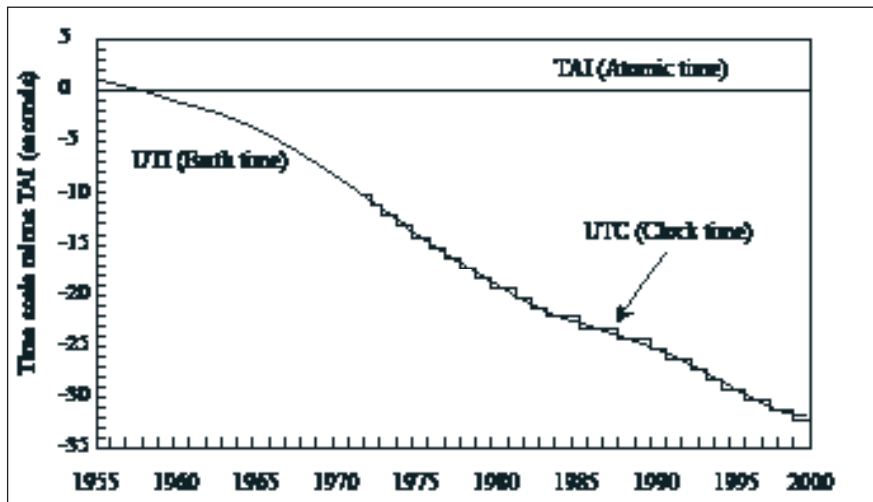


Figura 10. Segundos intercalados aplicados ao TAI gerando o UTC. (apud Jones, 2000, reprodução autorizada)

Duas etapas de divulgação das atividades da DSHO dessa fase predominantemente metrológica merecem destaque: a de divulgação impressa, mais na forma de fascículos, até meados da década de 1990, e a essencialmente eletrônica, via *internet*, a partir daí. Na divulgação impressa, o destaque fica por conta dos serviços que vem prestando a DSHO ao conjunto de instituições e empresas brasileiras, relativamente à calibração de padrões de tempo

e frequência, rastreados à referência nacional mantida pelo ON. Por sua vez os padrões do ON são rastreados ao *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM), completando a cadeia metrológica (Silva, 1995: 36). O BIPM passou a ter existência formal a partir de 1987, em vista da dissolução do BIH, a qual foi complementada pelo então recém-criado *International Earth Rotation and Reference Systems Service* (IERS). Este serviço avalia as irregularidades na rotação da Terra determinando a necessidade ou não da introdução de um segundo intercalado no cálculo do UTC.

A parte mais recente relativa à divulgação das atividades da DSHO, veiculada via *internet*, descreve seus trabalhos dos últimos anos, inclusive investimentos na área instrumental de metrologia em tempo e frequência (DSHO, 1998c).

Coordenação da hora e disseminação do tempo e frequência

Nessa nova configuração tecnológica da DSHO, a função primordial de coordenar a escala de tempo UTC(ONRJ) dos relógios do SH do ON (8 padrões de césio e 2 padrões maser de hidrogênio, situação em 2012), capazes de responder combinadamente pela hora legal brasileira, exige em princípio um elaborado controle de comportamento dos relógios como um todo.

A participação de outros órgãos governamentais ou não num esquema local amplo seria certamente avanço no estabelecimento de uma hora de alta confiabilidade (Silva, 1995: 14), como ocorre em diversos países. Embora uma combinação remota de relógios ainda não exista, por iniciativa do Inmetro em setembro de 2012, o país passou a contar com mais outra referência de tempo, denominada UTC(INXE), gerada e mantida por aquele instituto (BIPM, 2012). No entanto, permanece com a DSHO a responsabilidade pela correta disseminação da hora legal, através da Lei 2.784 de 18 de junho de 1913 (DSHO, 1998a).

Como registro histórico cabe mencionar que, ainda no período do Império, teria havido tentativa de se criar um serviço da hora, que não o imperial, em outro observatório (Morize, 1987: 80). Em 1972 o Brasil possuiu realmente duas horas legais (Observatório do Valongo, 2008: 72), em rigor, por curto período de tempo.

A disseminação da hora falada por sistema automático, através do equipamento Assmann (a partir de 1975), caracterizou um avanço em relação ao importante serviço prestado de longa data ao público em geral, inicialmente por telefone e mais tarde por diversas emissoras de rádio associadas, especialmente

a ZYJ 465 — a Rádio Relógio Federal. Mais recentemente (2007) o sistema de hora falada foi totalmente digitalizado substituindo o equipamento Assmann.

Desde sua instalação no início dos anos 70 o sinal oriundo do céσιο alimentava sincronicamente os diversos transmissores da DSHO em suas várias faixas de frequências, inclusive o da estação PPE, responsável pelo envio dos sinais da hora científica. Nessa época o transporte físico de padrões atômicos levados a outros órgãos e laboratórios (operação feita inicialmente com os quartzos) foi realizado pela DSHO com vistas ao rastreamento dos padrões nacionais (Silva, 1995: 13 a 16). Um dos recursos alternativos utilizados para a comparação do **estado** de nossos relógios, inclusive calibrações, foi operar com segmento “emprestado” da Linha 10 do sincronismo horizontal das TVs comerciais⁷, expediente já usado com sucesso em outros observatórios no mundo (Howe, 1972). Desde 1984, a DSHO é designada pelo Inmetro, criado no fim da década de 1970, como Laboratório Primário de Tempo e Frequência (LPTF), sendo então reconhecida por este Instituto como referência nacional dessas grandezas em apoio à missão do Inmetro (Observatório Nacional, 2012).

Em Silva (1995) mostra-se como evoluiu àquela altura o complexo sistema de geração, conservação e disseminação da hora, envolvendo necessariamente o parâmetro frequência. Na DSHO os diversos tipos de serviços colocados à disposição da sociedade, surpreendentes pela quantidade e diversificação, têm mantido os níveis de precisão exigidos em suas aplicações. É enfatizada a importância das calibrações e a rastreabilidade de padrões a fim de se conhecer a margem de confiabilidade deles. Entre as frequências padrão programadas para serem disponibilizadas pela DSHO ao público encontra-se a famosa frequência de 440 Hz, o lá fundamental, que consta dos diapasões clássicos dos músicos.

Presente e futuro

As linhas dominantes da atuação mais recente da DSHO se prendem à geração e disseminação do tempo e de frequências a ele associadas; à calibração dos relógios, internamente, tendo entre suas atribuições realizar a calibração de padrões atômicos e de instrumentos menores, tais como **cronômetros** e tacômetros, e externamente em relação ao BIPM; ao desenvolvimento de projetos e experimentos em termos de engenharia eletrônica em geral (*hardware* e *software*), investindo também em pesquisas compartilhadas

⁷ Linha 10 é a linha da varredura horizontal das TVs que foi usada (décadas de 1960 e 1970) para servir de “portadora” do sinal proveniente dos padrões de quartzo do SH do ON.

com outros órgãos (Fittipaldi, 2009). As maiores aplicações dos sinais produzidos pela DSHO estão relacionadas com a disseminação da hora: através de linhas telefônicas e *internet*, não apenas para residências, como também para emissoras de rádio e TV; no sincronismo de painéis públicos; no sincronismo de tempo certificado de computadores de grandes empresas e no sincronismo certificado do carimbo do tempo em operações específicas na área documental (DSHO, 1998d), todas decorrentes naturalmente do estabelecimento das condições físicas que permitem o funcionamento correto de seus próprios padrões.

Quando se fala atualmente de novas tecnologias de transferência de tempo e rastreabilidade, estamos nos referindo ao uso de constelações de posicionamento por satélites, tipo GPS, em relação aos padrões em geral baseados em terra — comparações quase-contínuas e de elevada precisão entre relógios atômicos localizados em diferentes pontos do globo. Outros procedimentos, como o uso de comparações que exijam o transporte físico de padrões ao laboratório de referência, são pouco práticos e de risco, e o uso de técnicas do tipo Loran⁸ ou Linha 10, menos precisas. Tais técnicas caíram em desuso, apesar da reativação/modernização de alguns aspectos positivos do sistema na forma eLoran (*enhanced Loran*), ou Loran mais avançado (Jewel, 2009).

O avanço altamente acelerado das hipertecnologias metrológicas atuais como osciladores tipo chafariz, iônicos e sintetizadores de frequências **ópticas** (à precisão de femtosegundo, 10^{-15} s), desenvolvidas pelos países mais adiantados nessa área, leva a uma permanente corrida em busca de maior estabilidade e melhor precisão dos padrões de tempo e frequência.

Certamente, ao tentar contar a longa e complexa história do órgão responsável pelo fornecimento de informação tão necessária — a hora — e muitas vezes vital, foram deixados de lado eventualmente detalhes relevantes, porém subtraídos de conteúdo que se mostrou denso e do qual se preferiu extrair as linhas e aspectos mais destacados.

⁸ Loran é a sigla de *LOng RAnge Navigation*, um sistema criado durante a II Guerra Mundial, em 1942, utilizado por diversos países e que operava em baixa radiofrequência, destinado à transmissão/recepção de sinais horários e determinações de posição. Foi utilizado pelo SH do ON nas décadas de 1960 e 1970.

Agradecimentos

A Oscar Matsuura pela lembrança de nossos nomes para a elaboração deste Capítulo e pelo enriquecimento trazido em contatos sugeridos (especialmente a Steve Hutcheon), a Moema Vergara pela revisão crítica e ao pessoal de apoio da CDA e da Coordenação de Museologia do MAST, do FHLB e da Biblioteca do ON. A Rory McEvoi e Roger Kinns pela ajuda documental sobre o “balão” do Castelo.

Referências

Andrei, A. H.; d’Ávila, V. A.; Penna, J. L. and Queiroz, M. (1982), Astrolabe observations at Rio de Janeiro: time and latitude, *AASS*, 48, 491-501.

Audoin, A. and Guinot, B. (2001), *The Measurements of Time*, Cambridge University Press.

Barroso Jr., J. (1961), “Instalação, retificação e determinação de constantes da luneta Askania Ap 70 do Observatório Nacional”, *Publ. Serv. Astron. do Observatório Nacional*, nº 15.

BIPM (2012), FTP Server/Publications/*Circular T 297*, <ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/cirt.297>, acesso em 20/3/13.

Bosschieter, J. E. (2000), *A history of the evolution of electric clocks*, www.electric-clocks.nl/clocks/en/index.htm, acesso em 14/11/12.

Britten, J. F. (1922), *Old Clocks and Watches and Their Makers*, E.& F. N. Spon Limited, <http://library.brown.edu/cds/clocks/renderclock.php?xmlfile=riefler.xml>, acesso em 1/12/12.

Castro, P. J. de, Coord. (2003), “Missão Cruls. Uma trajetória para o futuro”, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Cartográfica, UERJ, www.missaocruls.uerj.br, acesso em 14/10/12.

Domingues, C. M. (2010), “A Comissão de Linhas Telegráficas do Mato Grosso ao Amazonas”, *XIV Encontro Regional da ANPUH*, Rio de Janeiro, http://www.encontro2010.rj.anpuh.org/resources/anais/8/1273879829_ARQUIVO_RondonANPUHCesarMachado.pdf, acesso em 10/12/12.

DSHO (1998a), *Legislação/Decretos, Portarias e Leis*, www.horalegalbrasil.mct.on.br, acesso em 24/11/12.

DSHO (1998b), *Informações de TF/Segundo Intercalado*, www.horalegalbrasil.mct.on.br, acesso em 24/11/12.

DSHO (1998c), *Conheça a DSHO/Organograma*, www.horalegalbrasil.mct.on.br, acesso em 15/11/12.

DSHO (1998d), *Serviços/Rede de Carimbo de Tempo*, www.horalegalbrasil.mct.on.br, acesso em 22/3/13.

Fittipaldi, M. N. (2009), *Validação Metrológica da Rede de Carimbo de Tempo*, www.ceptro.br/pub/CEPTRO/menuCEPTROEventotutorialNTP/tutorial-ntp-1.pdf, acesso em 14/10/12.

Gama, L. I. (1951), “Correspondência original Lélío Gama/Nicolas Stoyko sobre a aquisição dos equipamentos para o SH do ON”, *CDA/MAST*, Arquivo LGD 12/147, documentos 621, 622 e 624.

Gama, L. I. (1953), “Normas para redução de observações meridianas”, publicação avulsa do Serviço da Hora do Observatório Nacional, *CDA/MAST*, Arquivo LGD 12/147, documento 737.

Garcia, G. e Junqueira, S. (2012), “A estação de referência de tempo e frequência do INMETRO”, *Proceedings Metrologia 2011*, Natal: Imeko-TC4/IX SEMETRO.

Guinot, B. (2000), History of the Bureau International de l’Heure, *Polar Motion: Historical and Scientific Problems*, S. Dick, D. Mc Carty and B. Luzum (Eds.), Conference Series 208, San Francisco: ASP.

Hanke, S. H. and Henry, R. C. (1997), Changing Times, *Vistas in Astronomy*, 41, 4, 463.

Howe, D. A. (1972), Nationwide Precise Time and Frequency Distribution Utilizing an Active Code within Network Television Broadcasts, *Instrum. and Measurements*, IEEE Trans., 21, 3, 263.

Jewel, D. (2009), *Loran: What the President Meant to Say Was...*, <http://www.gpsworld.com/defense/loran-what-president-meant-say-was-9127>, acesso em 14/10/12.

Jones, Tony (2000), *Splitting the second: the story of atomic time-keeping*, Bristol, UK and Philadelphia: Institute of Physics Publ.

Liais, E. (1867), *Traité d’Astronomie appliquée a la Géographie et a la Navegation suivi de la Géodesie pratique*, Garnier Frères Libraires-Editeur.

Liais, E. (1882), *Annales de l’Observatoire Impérial de Rio de Janeiro*: 0001 Emmanuel Liais (Ed.) e 0002 Luiz Cruls (Ed.) adsabs.harvard.edu/historical.html, acesso em 27/2/13.

Matsuura, O. T. (2011), *O Observatório no telhado*, Recife: Companhia Editora de Pernambuco.

Mattos, A. H. de (1929), “O problema moderno da hora”, *Tese de docência à cátedra de Astronomia e Geodésia*, Escola Politécnica do Rio de Janeiro, arquivada na CDA do MAST como AM I 0008.

Morize, H. C. (1987), *Observatório Astronômico. Um século de história (1827-1927)*, Coleção Documentos de História da Ciência do MAST I, Rio de Janeiro: MAST e Salamandra.

Nascimento, M. I. M. (2006), “O império e as primeiras tentativas de organização nacional”, HISTEDBR 1986-2006, *Navegando na História da Educação Brasileira*, Faculdade de Educação, Unicamp, http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/periodo_imperial_intro.html, acesso em 14/10/12.

Observatório do Valongo (2008), *Observatório do Valongo, 50 anos. Criação do Curso de Astronomia*, <http://www.ufrj.br/sgcoms/docs/Memorabilia-OBSERVATORIO-DO-VALONGO.pdf>, acesso em 21/3/13.

Observatório Nacional (2012), *Anuário do ON*, Seção H.

O'Donnel, J. (2012), *John Harrison and the longitude problem (H4 timekeeper)*, <http://www.rmg.co.uk/harrison>, acesso em 14/10/12.

Oliveira, F. C. de (2010), *O Brasil na Conferência de Washington e as questões do meridiano zero e dos fusos horários: I e II*, www.relogiosereologios.com.br/noticias_site.asp?idNoticia=1158, acesso em 14/10/12 e www.relogiosereologios.com.br/noticias_site.asp?idNoticia=1170, acesso em 14/10/12.

Silva, P. M. (1995), “A disseminação de tempo e frequência no Brasil”, *Publ. da DSHO/HLB*, I, 3, 155.

Smits, M. (2012), *Time beats*, Internet time beats articles, <http://www.marcel-smits.com/article/internet-time-beats>, acesso em 15/11/12.

Stoyko, A. (1956), Sur la rotation de la Terre, *L'Astronomie*, 70, 147.

Thurmond, R. (2003), *A history of star catalogues*, www.rickthurmond.com/HistoryOfStarCatalogs.pdf, acesso em 7/2/13.

Vergara, M. R. (2010), “Ciências, fronteiras e nação: comissões brasileiras na demarcação dos limites territoriais entre Brasil e Bolívia. 1895 – 1901”, *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.*, 5, 2, 345-361.

