

Parte 2

A astronomia e o mapa *Brasilia qua parte paret Belgis*, de Jorge Marcgrave

Jorge Pimentel Cintra (EP/USP)

Levy Pereira (LHS*/UnB)

Descreve-se o mapa mural *Brasilia qua parte paret Belgis*, de Jorge Marcgrave, destacando o papel da astronomia na sua confecção. Determinou-se o seu meridiano de origem (ilhas Canárias/ilha do Ferro) e a precisão das coordenadas (latitude e longitude) que se situa em torno de $0,15^\circ$ (9'), o que representa para aquela época um novo paradigma, em termos de qualidade. Desvendou-se a maneira como esse cartógrafo e astrônomo estabeleceu a longitude do Recife, a partir do eclipse lunar de 20 de dezembro de 1638, em combinação com valores das longitudes de outros locais (Toledo, ilhas Canárias e Uraniburgo). Comprovou-se que a qualidade cartográfica do mapa mural equipara-se, em sua ordem, aos primores das gravuras de Frans Post que o ornamentam.

* Colaborador.

Introdução

Entre os mapas produzidos pelo governo holandês na época de seu domínio no nordeste brasileiro, destaca-se o *Brasilia qua parte paret Belgis*, de Jorge Marcgrave, publicado em 1647, sob os auspícios do conde Maurício de Nassau.

Esse mapa (Figura 1) é adornado com vinhetas de Frans Post (1612-1680), pintor da corte de Maurício de Nassau no Recife, com figuras de fino gosto artístico de plantas, animais, indígenas, utensílios, engenhos, plantações, atividades econômicas, cenas de batalhas e do cotidiano, armas e brasões brasileiros e neerlandeses. Esse aspecto artístico e estético tem sido muito explorado até os nossos dias. O presente estudo demonstra sua qualidade também técnica, destacando a utilização de uma longitude de partida determinada astronomicamente, que foi confirmada através de medições sobre o mapa.



Figura 1. O mapa mural *Brasilia qua parte paret Belgis*, de Jorge Marcgrave (Mapa #38, Klenke Atlas, British Library)

Analisa-se também a precisão das coordenadas geográficas desse mapa, o possível modo como foi construído, num diálogo com as obras escritas por Marcgrave, em concreto com o seu *Liber Octavus*, denominado *De ipsa Regione, & illius Incolis* da *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius,

1648), republicadas no *Tractatus Topographicus & Meteorologicus Brasiliae cum Eclipsi Solari*, por Guilherme Piso, em 1658 (Piso, 1658)¹.

Brasilia qua parte paret Belgis

Como o próprio título diz, trata-se de uma representação do território brasileiro, naquela parte que estava sob o domínio batavo (*Belgis*). Mapa mural é um mapa de grandes dimensões que se costumava expor em paredes. De fato, *Brasilia qua parte paret Belgis* é de grandes dimensões: 1,64 m x 1,02 m, na escala aproximada de 1:240.000, que abrange a costa do Brasil desde o rio Ceará Mirim, RN, ao Vaza Barris, SE, aproximadamente. Apresenta a peculiaridade de ter o norte voltado para a margem direita, caracterizando também o formato paisagem, coisa que se repetiu na grande maioria dos mapas de origem holandesa e alemã.

Uma cartela em latim inserida no mapa fornece alguns dados básicos, cuja tradução pode ser a seguinte:

Conde João Maurício de Nassau, governador por um octênio da terra e do mar do Brasil, [além] de todos anteriores, fez um novíssimo e muito preciso mapa do Brasil holandês; com especial cuidado, fê-lo delinear, no ano do Senhor de 1644; na volta à Holanda os fez gravar, ficando concluído no ano de 1646.

Geograficamente contém os distritos (prefeituras) em que se dividia o Brasil holandês: Sergipe (com Itabaiana), Pernambuco, Itamaracá, Paraíba e Rio Grande (ou Potengi). A cartela fornece também informações sobre a construção do mesmo:

Construído e delineado de acordo com as suas observações e medições próprias, fundamentadas em longas e demoradas viagens², por Jorge Marcgrave, germânico, no ano de Cristo de 1643.

¹ Vale destacar que a obra de Piso (1658), denominada *De Indiae utriusque re naturali et medica*, não fez modificações ou melhoria no texto do *Liber Octavus*. Somente nele insere as informações sobre o eclipse solar de 13 de novembro de 1640, publicadas em 1647 por Gaspar Barléu em *Rerum per Octennium in Brasilia* (Barlaeus, 1660: 197), e o denomina *Tractatus Topographicus*.

² Durante essas longas e demoradas viagens pelo interior, Marcgrave fez o levantamento de campo em algumas regiões, medindo distâncias e rumos para transferir latitudes e longitudes de um ponto para outro. Seu mérito maior está no excelente encadeamento de trechos mapeados pessoalmente e por outras equipes de delineadores, com eventuais correções, além é claro da determinação astronômica da longitude do ponto básico do mapa, a cidade Maurícia, atual Recife.

Na lateral do mapa figuram graduações de latitude e longitude em graus [°] e escrúpulos (minutos [']), sendo a divisão mínima de 10'. O meridiano de origem vem declarado nessa cartela:

Colocamos a longitude dos locais, em graus e minutos, contados a partir das ilhas Afortunadas (*Insulae Fortunatae*).

Como se sabe, esse é um referencial clássico, as ilhas Canárias, já empregado como origem por Claudio Ptolomeu³ em seu célebre mapa do ecúmeno, do século 2º EC (Ptolomeu, 2º EC). Sua importância deriva desse arquipélago ser ponto de descanso e reabastecimento de naus que demandavam a América do Sul e as Índias desde o século 15. Nos tempos modernos, esse arquipélago foi fixado como origem dos mapas franceses a partir de um decreto de Luís XIII, de 1634, que estabeleceu a ilha do Ferro (a mais ocidental delas) como referência obrigatória para os mapas desse país.

Para a escala, Marcgrave estabelece a légua holandesa, cujo comprimento resulta do módulo ser de 19 léguas por grau no círculo máximo (Equador). Esse valor pode ser comparado com um dado da sua “História Natural do Brasil” (Marcgrave, 1942), tradução de *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius, 1648), e permite concluir que esse cartógrafo adotou para o raio da terra o valor calculado por Snellius, na Holanda, através de uma triangulação geodésica (Haasbroek, 1968).

Os extremos do mapa em latitude são: -5° 28' ao norte e -11° 47' ao sul; e em longitude: 340° 50' a leste e 336° 49' a oeste, com relação às ilhas Canárias. Medições sobre esse mapa mostram que a dimensão de 1° em latitude é igual à dimensão de 1° em longitude e que meridianos e paralelos cruzam-se em ângulo reto, permitindo afirmar que o mapa encontra-se na projeção denominada Carta Plana Quadrada.

Ao longo da costa, o mapa nomeia centenas de lugares e também outro tanto no interior, geralmente ao longo de rios. No oceano Atlântico diversas rosas dos ventos assemelham-no aos antigos portulanos, indicando rumos. Diversas vinhetas proporcionam muitos dados complementares, incluindo as informações cartográficas acima apresentadas, que hoje chamaríamos de metadados.

Extensa nota, em latim, francês e neerlandês, baseada em textos de João de Laet, colocada no rodapé ou nas laterais, descreve a fauna, a flora, o clima, os habitantes e o território e a história do país. É, além disso, uma obra de arte, pela composição, pelos adereços, pelas cores, num estilo que pode ser

³ Astrônomo e geógrafo que viveu em Alexandria nos séculos 1º e 2º EC.

classificado como barroco. Diversas cenas do Brasil holandês distribuem-se no interior do continente: são gravuras de Frans Post, cuja análise foi explorada em alguns trabalhos (Whitehead and Boeseman, 1989; Boogaart, 2011). Vale dizer que existem diversas versões desse mapa, mantendo a mesma essência cartográfica e variando os detalhes na decoração. Por exemplo, uma variante encontra-se em Adonias (1993). Na Figura 2 apresentam-se algumas dessas vinhetas.



Figura 2. Algumas das vinhetas de Frans Post. De cima para baixo: cenas do cotidiano indígena, o engenho de farinha, o engenho de açúcar e animais brasileiros (detalhes do Mapa #38, *Klenke Atlas, British Library*)

Em outra vinheta (Figura 3), com o título *Maritima Brasiliae Universae* (Toda orla marítima do Brasil), encontra-se representado um grande trecho da costa brasileira, do Ceará até a baía de São Francisco, ou baía Babitonga, SC. Naturalmente, o autor serviu-se de outras fontes para representar as

regiões que estavam fora do domínio holandês. No entanto, como não traz graduação em latitude e longitude, torna-se impossível identificar o meridiano de origem desse mapa ou determinar a sua precisão. Sua função é somente situar o território mapeado num contexto geográfico maior: posicionar o detalhe no conjunto.



Figura 3. Mapa *Maritima Brasiliae Universae*, que mostra também o Brasil português. As escalas de latitude e longitude não se referem a esse encarte, mas ao *Brasilia qua parte paret Belgis* (detalhe do Mapa #38, Klenke Atlas, British Library)

Cada característica ou ângulo dessa rica peça cartográfica pode ser explorada e vem complementar as análises existentes. Para além do aspecto artístico, deve-se ressaltar que ele é uma obra técnica pioneira e de primeira grandeza: por ser um dos primeiros mapas da América que fornece graduação em longitude; e, como se mostrará, é tão preciso que estabelece novo patamar de qualidade. Cortesão (1965) aventa a hipótese de que esse mapa teria sido copiado de mapas portugueses. No entanto, as coordenadas geográficas desse mapa são originais: foram obtidas por métodos astronômicos (eclipse lunar) e medições de rumos e distâncias.

Assim, o foco do presente trabalho é o estudo do meridiano de origem, a avaliação da precisão das coordenadas, numa análise em que se estabelece um diálogo entre os resultados obtidos através do mapa e as informações presentes no *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius, 1648).

A astronomia na cartografia

O trabalho cartográfico de qualidade, para a representação de grandes extensões territoriais, vem sempre precedido de significativos trabalhos de astronomia de campo. Efetivamente, os mapas que excedem o campo topográfico⁴ utilizam projeções cartográficas⁵ e devem contar necessariamente com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) determinadas astronomicamente, dos locais a serem representados. Assim tem sido desde os tempos de Ptolomeu que, em sua *Geography* (Ptolomeu, 2º EC), apresentou três tipos de projeção diferentes e tabelas com mais de 8 mil lugares com suas coordenadas geográficas. As latitudes eram calculadas a partir da **altura** da estrela polar, e as longitudes a partir de distâncias médias percorridas por viajantes, entre localidades. Como meridiano de origem adotou as ilhas Afortunadas (Canárias), sem especificar sua exata localização⁶. Com isso, as longitudes, contadas para leste, eram todas positivas.

Com as grandes navegações surgiu a necessidade de calcular e transportar coordenadas em alto-mar. O conceito de transporte de coordenadas geográficas será esclarecido adiante. Os portugueses aperfeiçoaram o astrolábio medieval e, como a estrela polar não é visível no hemisfério sul, calculavam as latitudes por visada ao Sol em sua **passagem meridiana**. Nesse horário os cálculos se simplificam: as contas são de adição e subtração. A outra parcela, além da **altura** do Sol é a **declinação** desse astro, que podia ser encontrada em uma tabela de **declinação** do Sol para cada dia do ano, como a do *Almanach Perpetuum*, de Abrão ben Samuel Zacuto (1452–1515), disponível na época dessas viagens pelo Atlântico. Moraes (1984) detalha a primeira medição de latitude feita em nosso país, descrita na conhecida carta de mestre João.

Já para o cálculo das longitudes as tarefas não eram tão simples. Adotava-se uma longitude de origem (zero por convenção) e calculava-se a diferença de longitude, desse ponto para o seguinte, através da estimativa do rumo entre as localidades⁷ e das distâncias percorridas. As distâncias multiplicadas pelo seno

⁴ O campo topográfico refere-se a áreas relativamente pequenas da superfície da Terra, que podem ser consideradas praticamente planas, ignorando a esfericidade do globo.

⁵ A projeção cartográfica possibilita transferir, através de transformações matemáticas, as coordenadas geográficas do globo terrestre para mapas planos, sem dar lugar a ambiguidades.

⁶ As reconstruições do mapa de Ptolomeu desenham quatro ilhas formando o arquipélago das ilhas Afortunadas. Essa escolha (genérica das Canárias) justifica-se em razão de evitar coordenadas negativas. Alguns autores indicam que esse cartógrafo teria escolhido como origem específica o meridiano da ilha do Ferro. Mas essa seria uma opção de hoje. Nada se encontra nesse sentido na obra de Ptolomeu.

⁷ O rumo era quantificado pelo ângulo entre a direção do deslocamento e a direção N-S.

e cosseno do rumo forneciam as distâncias segundo as direções L-O e N-S, respectivamente. Para a conversão das mesmas para grau [°] e fração, esses resultados deviam ser divididos pelo raio da terra (para a diferença de latitude) e pelo raio do paralelo (para a diferença de longitude).

O processo é recursivo, pois a partir do segundo ponto pode-se calcular da mesma forma as coordenadas do terceiro ponto, e assim por diante. Nisso consiste o transporte de coordenadas. De tempos em tempos pode-se determinar a latitude de determinado ponto para eliminar os erros acumulados. Mas para a longitude não há esse tipo de controle, o que faz com que o erro só se acumule. Isso se refletiu historicamente no transporte das longitudes da Europa para a América, com erros de 8 ou até 10° entre Lisboa e o Cabo de Santo Agostinho (Pernambuco) para as medições portuguesas, e entre Toledo ou Madri e Cartagena de Índias (Venezuela) para as medições espanholas.

A imprecisão dessa operação deve-se ao fato de os pilotos trabalharem com rumos magnéticos⁸ e principalmente aos erros na estimativa das distâncias percorridas em alto-mar, coisa que se avaliava pelo sentimento do piloto, baseado na força e direção do vento⁹. As correntes marítimas também influenciavam, e assim a precisão deixava muito a desejar.

Para minimizar as medições nas viagens do Atlântico, foram escolhidas certas ilhas que ficassem na rota da viagem para iniciar a contagem a partir daí. Foram assim estabelecidas as latitudes e longitudes das ilhas de Cabo Verde (Santo Antão), Canárias (Ferro) e outras. A partir dessas ilhas calculavam-se as diferenças de longitude para o próximo ponto de contato que, na América, em geral era o cabo de Santo Agostinho ou Cartagena de Índias. A partir desses pontos na costa, era necessário transportar as coordenadas para outros pontos, utilizando método de caminhamento, semelhante ao de navegação acima descrito, permitindo situar cartograficamente cidades (Lima, Quito, Cusco) e outras feições geográficas.

No entanto, para fixar com maior precisão a posição da América com relação à Europa, era necessário empregar outros métodos. Como se sabe, a dife-

⁸ Ainda que nessa época os rumos magnéticos, no Atlântico Sul, estivessem muito próximos dos rumos verdadeiros ou geográficos, isto é, as **declinações magnéticas** eram próximas de zero.

⁹ O “Regimento das Léguas” — documento em uso a partir do século 15, que indicava como calcular as distâncias percorridas na prática da navegação — fornecia: para 24 horas, com vento tenso em popa, de 36 a 38 léguas; com vento, quando a nau governa pela bolina, 8 léguas. Como a nau andava em zigzag, era necessário efetuar as reduções através de regras práticas fornecidas por esse “Regimento”. Maiores detalhes podem ser vistos em Marques (1994).

rença de longitude entre dois locais nada mais é que a diferença horária entre eles multiplicada por 15° ($= 360^\circ/24$ horas). Para isso é necessário conhecer simultaneamente a hora local nos dois lugares, e essa simultaneidade pode ser obtida através de um fenômeno observado ao mesmo tempo. Isso remeteu inicialmente (séculos 16 e 17) para o aproveitamento de eclipses lunares e, mais tarde, para a ocultação dos satélites de Júpiter (fim do século 17). Foi só no fim do século 18 que se pôde contar com relógios precisos (o **cronômetro** de John Harrison, 1693-1776) para o transporte da hora de um local para outro.

No Recife, a partir de 19/9/1639, quando a construção do observatório astronômico foi concluída, Marcgrave pôde contar com um **quadrante** que podia apreciar o minuto de arco na medição dos ângulos verticais, um telescópio para observar os astros e um pêndulo (equipamento ainda não aperfeiçoado), para contar oscilações e determinar o instante de ocorrência dos fenômenos celestes, como os eclipses através dos quais calculou diferenças de longitudes. Neste caso, os erros na determinação de longitude derivariam daqueles cometidos na observação do eclipse e no cálculo das previsões para um meridiano de referência.

Munido desses instrumentos no Recife, ou só de outros portáteis — portanto menos precisos — quando fazia trabalhos de campo em expedições, Marcgrave observou cinco eclipses lunares (Matsuura, 2011: 122-123): um no forte Ceulen (ou dos Reis Magos, Natal, RN) e os demais na ilha de Antonio Vaz, hoje o bairro de Santo Antônio, no Recife (ver “Um observatório de ponta no Novo Mundo” neste Capítulo). Assim, em princípio, poderia dispor da longitude de dois locais do Brasil holandês, determinados independentemente, para a elaboração de seu mapa, mas essa não seria boa opção, pois um erro em um dos locais introduziria erros em todo o mapa¹⁰, o que de fato não ocorreu.

Como se verá, Marcgrave serviu-se somente de um eclipse lunar para fazer a determinação da longitude do Recife, combinando os dados da sua observação com os previstos para Uraniburgo, o célebre observatório de Tycho Brahe¹¹. O uso exclusivo da longitude do Recife está de certa maneira confirmado pelo fato de sua longitude ter sido a única indicada expressamente no *História Natural do Brasil* (Marcgrave, 1942) e *Tractatus* (Piso, 1658: 260), como sendo $340,50^\circ$, valor que coincide com aquele extraído do mapa, e que coincide também com o valor calculado para o eclipse que ocorreu de 20 para 21 de dezem-

¹⁰ Isso foi o que aconteceu com Charles Marie de La Condamine (1701-1774) em 1743. Um erro superior a 3° na foz do rio Napo, afluente do Amazonas, propagou-se por todo o mapa, dos Andes até o Atlântico, como se mostra em Cintra e Freitas (2011).

¹¹ Esse observatório estava situado na ilha de Hven, no estreito de Öresund, entre a Dinamarca e a Suécia.

bro de 1638¹². Ou seja, utilizou somente este e não fez uso dos dados de eclipses posteriores, provavelmente por ainda não dispor deles.

De posse dessa longitude inicial e com as medições de distâncias e rumos que realizou, Marcgrave transportou essas coordenadas para todo o Brasil holandês, tendo percorrido boa parte de sua extensão. Uma confirmação indireta disso encontra-se nas considerações sobre a medição de distâncias que se fazem no cartucho principal do mapa:

As distâncias em linha reta entre dois locais, em léguas¹³ e as suas frações, devem com certeza ser aqui utilizadas. Para obter as distâncias dos trajetos, indicamos por meio de pontinhos as curvas dos caminhos entre dois lugares quaisquer, e por meio desta particular mensuração se evidenciará a extensão do trajeto.

Por outro lado, entre os instrumentos de Marcgrave encontrava-se o martelo polonês, capaz de possibilitar a medição de ângulos horizontais.

A partir da alocação precisa de lugares (cidades, pontos na costa, etc.), o editor do mapa desenhou todas as feições geográficas e completou com legendas, ilustrações e outras informações.

Longitude do meridiano de origem e precisão do mapa

Antes de recorrer aos textos do *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius, 1648), optou-se por uma metodologia centrada inicialmente no próprio mapa mural, para extrair, através de medições, dados e informações de maneira independente e, depois, à luz dos resultados, interpretar os textos.

Seguindo a metodologia proposta por Cintra (2012), e utilizando um programa de cartografia digital (*MapInfo*, da *Pitney Bowes Software*), o mapa foi georeferenciado pelas coordenadas dos 4 cantos. Em razão de análises prévias foi utilizada a já citada projeção Carta Plana Quadrada. Na sequência foram extraídas as coordenadas geográficas de 21 pontos, distribuídos mais ou menos uniformemente ao longo da região litorânea. A Tabela 1 resume os dados e os cálculos realizados para a determinação do meridiano de origem e da precisão do mapa.

¹² Sendo anterior a 15/9/39, ele ainda não contava com os instrumentos mais precisos do observatório.

¹³ Estabelecemos a correspondência dessa légua a 1/19 de 1° no círculo máximo (Equador).

	Local	Mapa mural		Mapa atual			Diferenças	
		λ^*	φ^*	λ	φ	λ_o	$\Delta\lambda$	$\Delta\varphi$
1	Caeteel Keulen/Forte dos Reis Magos, Natal, RN	340,21	-5,66	-35,18	-5,79	-15,39	-0,12	0,13
2	Tareirí/antiga Barra do Rio Trairí, RN	340,26	-5,98	-35,09	-6,18	-15,35	-0,07	0,20
3	Curemataí/Barra do Cunhaú, RN	340,30	-6,26	-35,03	-6,32	-15,33	-0,05	0,06
4	Tebiracajutiba ou Baya de treição/Baia da Traição, PB	340,37	-6,67	-34,95	-6,78	-15,32	-0,05	0,11
5	F. Marguerita/Forte de Santa Catarina, Cabedelo, PB	340,47	-7,04	-34,83	-6,97	-15,29	-0,01	-0,07
6	Frederica/João Pessoa, PB	340,40	-7,17	-34,85	-6,96	-15,25	0,03	-0,21
7	Cabo blanco/Cabo Branco, PB	340,52	-7,20	-34,78	-7,14	-15,31	-0,03	-0,06
8	Abiaí/Barra do Abiaí-Pitimbu, PB	340,52	-7,45	-34,82	-7,48	-15,34	-0,06	0,03
9	Goiana/Goiana, PE	340,51	-7,54	-34,82	-7,55	-15,33	-0,05	0,01
10	N S. d Conceição/Vila Velha, ilha de Itamaracá, PE	340,48	-7,84	-34,85	-7,80	-15,34	-0,06	-0,04
11	Olinda, PE	340,50	-8,08	-34,86	-8,02	-15,36	-0,08	-0,06
12	Çidade Mauritia, v. Mauritis Stadt/ilha de Antônio Vaz, Recife, PE	340,50	-8,10	-34,87	-8,08	-15,37	-0,09	-0,02
13	Cabo d S. Agostinho/Cabo de Santo Agostinho, PE	340,41	-8,43	-34,94	-8,34	-15,35	-0,07	-0,09
14	Mombucába/Tamandaré, PE	340,34	-8,58	-35,10	-8,75	-15,44	-0,16	0,17
15	Mongaguaba/Barra do rio Manguaba, Porto Calvo, AL	340,07	-9,06	-35,29	-9,17	-15,36	-0,08	0,11

16	Guaraigüaçû ou R. d S. Ant. Grande/Barra do rio Santo Antonio Grande, AL	339,69	-9,46	-35,50	-9,41	-15,19	0,08	-0,05
17	Barra das Lagoas/ Maceió, AL	339,32	-9,78	-35,78	-9,71	-15,10	0,18	-0,07
18	Cururuí/Barra do rio Coruripe, AL	338,82	-10,30	-36,16	-10,18	-14,98	0,30	-0,12
19	Parapitinga ou rio de S. Francisco/Barra do rio São Francisco, AL-SE	338,45	-10,72	-36,40	-10,50	-14,86	0,42	-0,21
20	Çiriji/barra do rio Sergipe, Aracajú, SE	337,95	-11,11	-37,36	-10,97	-15,31	-0,03	-0,14
21	Potilipeba ou rio de Vasarbarries/Barra do rio Vaza Barris, SE	337,50	-11,68	-37,14	-11,15	-14,64	0,64	-0,54
				H1	Média	-15,25	0,00	-0,04
					Desvio	0,20	0,20	0,16
				H2	Média	-15,28	0,00	-0,02
					Desvio	0,14	0,14	0,12

Tabela 1. Cálculo do meridiano de origem e da precisão do mapa de Marcgrave

Nessa Tabela são indicados nas duas primeiras colunas o número serial e o nome de cada localidade (obedecendo à grafia do mapa e colocando a seguir o nome atual): em cada uma delas foram coletadas as coordenadas geográficas. Assim, as duas colunas seguintes apresentam os valores de longitude e latitude (λ^* , φ^*) extraídos do mapa mural em questão, e as duas próximas, as coordenadas (λ , φ) dos mesmos pontos, extraídas de um mapa atual (*Google Earth*, referenciado a Greenwich). A coluna seguinte fornece λ_o , o valor da longitude do meridiano de origem com relação a Greenwich, que é calculado através da equação:

$$\lambda_o = (360^\circ - \lambda^*) + \lambda_G + \varepsilon$$

onde $(360^\circ - \lambda^*)$ é a longitude do ponto no mapa, contada de oeste para leste; λ_G , a longitude do mesmo ponto, com origem em Greenwich, contada para

oeste e ϵ , o erro na determinação do meridiano de origem que, num primeiro momento, pode-se supor igual a zero, para ser analisado posteriormente.

Caso os pontos fossem suficientemente precisos (ϵ próximo de zero), bastaria um deles para definir o meridiano de origem. O fato de se tomar a média de 21 pontos ajuda a estabelecer esse valor com maior segurança, através da média.

As duas últimas colunas correspondem à diferença entre as coordenadas do mapa (com as longitudes referidas a Greenwich) e as coordenadas atuais.

Nesse esquema de cálculo, a média dos valores indica a existência de um erro sistemático, para todo o mapa. Esse erro sistemático ou absoluto nada mais é do que a longitude do meridiano de origem com relação a Greenwich.

Por sua vez, o desvio-padrão é uma medida da dispersão dos valores em torno da média. Ele indica a precisão das coordenadas como um todo, a dispersão relativa. Ele não se modifica se a média assumir outro valor, ou seja, se o mapa for transladado sem mudar a posição relativa dos pontos. Ou seja, um erro (astronômico) na determinação do meridiano de origem não afeta a precisão do mapa como um todo (provoca uma translação). A precisão mede assim, o erro (cartográfico) no transporte de coordenadas (mais concretamente a longitude) entre os pontos do mapa, partindo do ponto origem e propagando-se ao longo do mapa.

As colunas $\Delta\lambda$ e $\Delta\varphi$ correspondem aos afastamentos de cada valor, com relação à média e a análise dos mesmos pode detectar algum ponto muito discrepante do conjunto. Teoricamente, a média em latitude deveria ser zero, pois a origem das medições é o equador. Já com relação à longitude, o valor médio deve situar-se próximo do valor da longitude do meridiano de origem. Na Tabela acima, o valor é exatamente zero por construção, isto é, de cada valor foi subtraído o valor médio ($15,25^\circ/15,28^\circ$).

Passando aos resultados concretos, e analisando os resultados finais dessa Tabela, observa-se que a média de λ_o é $-15,25^\circ$, na condição H1 (hipótese sem eliminar nenhum resultado), e $-15,28^\circ$, na condição H2, hipótese eliminando o valor obtido na foz do Vaza Barris, na última linha da Tabela 1, que apresenta um desvio ($0,64^\circ$) muito acima do desvio médio ($0,14^\circ$), podendo ser considerado um erro grosseiro, do ponto de vista estatístico. A média, como se disse, corresponde a um erro sistemático, como se houvesse um erro devido a não se tomar Greenwich como meridiano de referência; a correção a ser feita é o valor da média, que corresponde à longitude média do meridiano de origem com relação a Greenwich.

Já em latitude, o erro sistemático é bastante pequeno ($-0,04^\circ$ em H1 e $-0,02^\circ$ em H2), e pode ser explicado simplesmente pelo erro que se comete ao extrair as coordenadas do mapa. Os erros individuais, no entanto, têm certa magni-

tude (na faixa que vai de $+0,20^\circ$ a $-0,54^\circ$), obedecendo a um comportamento aleatório, em razão da precisão das medidas. Comportamento semelhante pode ser notado na outra coordenada.

Pode-se, de imediato, avaliar a qualidade desse mapa através do desvio-padrão em longitude e latitude, $0,14^\circ$ e $0,12^\circ$, respectivamente, precisão que não se encontra em nenhum mapa anterior e que só seria alcançada 80 anos depois pelos mapas de Diogo Soares (1684-1748), um dos padres matemáticos, e só ultrapassada nos fins do século 19 com a utilização de **cronômetros** para a determinação de longitudes de maneira independente em diversos pontos de um mapa (ver os Capítulos “Expedições europeias para o Brasil” e “Expedições astronômicas” neste Volume). Só isso coloca esse mapa em um lugar de destaque na cartografia do Brasil.

Vale lembrar que esse desvio-padrão, pequeno, mede somente a coerência das medições entre si, a precisão do mapa, e não a precisão do meridiano de origem, que será analisada mais adiante.

Cortesão (1965: 17-26) aventa a hipótese de Marcgrave ter copiado ou se inspirado em mapas portugueses para compor essa peça cartográfica, ainda que admita a possibilidade contrária, isto é, de João Teixeira Albernaz, em seu Atlas de 1666, ter copiado Marcgrave. Esta última deve ser a alternativa correta, já que a constatação de uma precisão, superior a qualquer mapa da época, indica que o cartógrafo alemão não copiava; pelo contrário, mostra que esse mapa foi elaborado autonomamente, por métodos mais precisos. Por outro lado, ainda que todos os entes geográficos dos mapas portugueses e franceses estejam delineados no *Brasília qua parte paret Belgis*, este vai além e consigna cerca de 900 novos topônimos, inéditos até então (Pereira, 2012).

Quanto à toponímia, diga-se de passagem, que Marcgrave aproveita, como qualquer cartógrafo, os nomes presentes em mapas anteriores, espelhos da denominação a eles dada pela população local, predominantemente na língua tupi, e muitas vezes com o enriquecimento de denominações bilingues, portuguesa-tupi, neerlandesa-tupi e portuguesa-neerlandesa. A diferença, especialmente nos topônimos tupis, fica por conta da sua redação, com acentuação especial e rigor, dentro do possível, que segue as normas da Gramática do padre José de Anchieta, conforme nota explicativa desse mapa:

Indicamos os nomes próprios das coisas na verdadeira ortografia da língua brasílica (indígena), rejeitando a que costuma ser escrita e pronunciada mutiladamente por pessoas totalmente ignorantes desse idioma.

O local do meridiano de origem

Para identificar o local de origem das longitudes através da média de λ_o , basta entrar em um mapa atual e verificar o acidente geográfico que se encontra nessa longitude ($-15,28^\circ$). Encontram-se aí as ilhas Canárias, como se pode ver na Figura 4, constatação que coincide com a informação contida no cartucho principal do mapa, como apontado anteriormente.



Figura 4. A posição do meridiano $-15,28^\circ$ no arquipélago das Canárias (ilhas Afortunadas)

Tendo em conta que se trata de arquipélago com certa extensão em longitude, fica a pergunta: por qual ilha passava o meridiano de origem de Marcgrave? Para essa análise montou-se a Tabela 2, levando-se agora em consideração o erro ε na determinação do meridiano de origem.

Local	Longitude	ε
Ilha do Ferro (ponta ocidental)	$-18,16$	$-2,88$
Teide (vulcão, ilha de Tenerife)	$-16,58$	$-1,30$
Santa Cruz de Tenerife (cidade, ilha de Tenerife)	$-16,22$	$-0,94$
Las Palmas de Gran Canária (cidade)	$-15,42$	$-0,14$
Ilha Lazarote (ponta oriental)	$-13,27$	$2,01$
Valor médio de λ_o	$-15,28$	$0,00$

Tabela 2. Possíveis localizações do meridiano de origem no arquipélago das Canárias

Nessa Tabela indicam-se alguns pontos possíveis de serem escolhidos para o meridiano de origem. A coluna longitude indica o valor referido a Greenwich e a coluna ε o erro sistemático resultante para cada escolha. Por esses valores vê-se que a faixa de amplitude desse arquipélago é de quase 5° ($2,88^\circ + 2,01^\circ$).

Não existe, nem no mapa nem nos demais documentos disponíveis, qualquer indício que permita saber qual foi o ponto de origem escolhida (fala-se genericamente de ilhas Afortunadas). Qualquer que seja o ponto escolhido, o erro está dentro daquilo que se esperava na época, em razão da tecnologia. Ou seja, nenhuma hipótese pode ser descartada.

Embora o erro seja maior, a ponta mais ocidental da ilha do Ferro era na época a opção mais prática do ponto de vista da navegação: para obter longitudes mediam-se léguas percorridas a partir de certa ilha que deveria estar na rota dos navios e, quanto mais próxima da América, melhor, pois assim ficava minimizado o trecho a medir. E estabelecia-se para essa ilha um valor de longitude que não precisava ser medido novamente em cada viagem; os franceses determinaram e adotaram para a ponta ocidental dessa ilha o valor de exatos 20° a oeste de Paris¹⁴ e tornaram obrigatório, como se apontou, o uso dessa longitude.

Admitindo a hipótese da ilha do Ferro, pode-se estimar qual seria, para Marcgrave, a longitude do Recife com relação a Greenwich. O cálculo é feito através da soma de $18,16^\circ$ (ilha do Ferro-Greenwich) com $19,5^\circ$ (Recife-ilha do Ferro, contado para oeste), resultando em $37,66^\circ$. Isso representa um erro de $2,79^\circ$ com relação ao valor real ($34,87^\circ$): Tabela 1, linha 12.

Erros dessa magnitude não assustam: na época não se dispunha nem de pêndulos precisos, nem do **cronômetro** (que seriam desenvolvidos por Christiaan Huygens (1629-1695) em 1673 e por Harrison em 1735, respectivamente), nem mesmo das tabelas das ocultações dos satélites de Júpiter, que seriam elaboradas por Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) em 1668, e aperfeiçoadas por ele mesmo em 1690.

Longitude do Recife em relação às Canárias

Neste momento surge uma questão interessante: saber como foi calculado o valor de $340,5^\circ$ (contando para leste) ou $-19,5^\circ$ (contando para oeste) para a longitude do Recife em relação às ilhas Afortunadas.

¹⁴ Na realidade não são 20° mas $20,53^\circ$. Esse erro de $0,53^\circ$ reflete-se em todos os mapas franceses, e situaria a ilha do Ferro a $-17,67^\circ$ com relação a Greenwich. Nesses cálculos leva-se em conta que Paris está a $2,33^\circ$ a leste de Greenwich. O erro de Marcgrave no transporte também seria diminuído de $0,53^\circ$, situando-se na casa de $2,35^\circ$.

Para isso será examinado o cartucho principal e o trecho correspondente da obra escrita de Marcgrave. Deve-se fazer a ressalva inicial de que esse texto não é claro em muitos pontos, e até mesmo incongruente, pelo fato de ter sido editado e publicado por Laet e Piso, provavelmente a partir de rascunhos, num momento em que Marcgrave já havia falecido. Assim, a presente seção consiste num trabalho de dedução.

Ajuda também a compreender as discussões que se seguem ter em mente o possível esquema que Marcgrave deve ter seguido. Em primeiro lugar, a longitude do Recife deveria ser necessariamente referida a Uraniburgo, pois esse era o único observatório da época para o qual se dispunha de tabelas de previsões astronômicas; como isso foi feito é tratado em outra seção, mais adiante.

O cartucho principal do mapa informa que a origem das longitudes são as ilhas Afortunadas “situadas a 36.⁴⁵ [36° 45’] de longitude dinamarquesa de Uraniburgo”. Essa origem coincide com o que se demonstrou pela análise cartográfica anterior, mas o estabelecimento desse valor é feito de forma indireta, como se explica a seguir.

Como se apontou, a referência a Uraniburgo era esperada. Em 1643 ainda não existiam os observatórios de Greenwich (1675), nem o de Paris (1666). Assim, para o cálculo preciso da longitude só se podia contar com as previsões astronômicas baseadas nas observações feitas em Uraniburgo. Para obter as diferenças horárias entre Uraniburgo e Recife era necessário contar com tabelas de previsão de eclipses que, no caso, foram as efemérides das Tabelas Rudolfinas, elaboradas por Kepler em 1625/1627 (Kepler, 1627) e as das Tabelas de Lorentz Eichstadt, que Marcgrave ajudara a compor (Moraes, 1984)¹⁵.

Por outro lado, pode-se recorrer a um breve texto do capítulo I do Livro VIII da *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius, 1648)¹⁶ para esclarecer a origem desse valor de 36°45’ para a longitude das Canárias e procurar entender a marcha dos cálculos feitos por Marcgrave. A citação é dividida em parágrafos e são acrescentados comentários entre colchetes:

- a) “Tomando a posição conhecida de Lima, Capital do Peru, que os Espanhóis situam a oitenta e dois graus a ocidente de Toledo;
- b) e Toledo, por sua vez, está a dezenove graus e cinco escrúpulos [19°05’] a ocidente de Uraniburgo),

¹⁵ Como se verá, ele fez os cálculos usando as duas efemérides e adotou a última.

¹⁶ Foi feita a tradução direta do latim em razão de pequenos erros na tradução brasileira “História Natural do Brasil”(Marcgrave, 1942) e aproveitou-se para corrigir erros do original, conforme apontado na análise a seguir.

- c) de tal maneira que a longitude de Lima é duzentos e noventa e cinco graus e quarenta segundos [deve-se completar: com relação às ilhas Afortunadas]
- d) e tomando, da mesma maneira, a longitude da cidade Maurícia (...) que eu mesmo muitas vezes observei pelos eclipses e achei de trezentos e quarenta graus e meio com relação a Uraniburgo [deve-se corrigir para: com relação às ilhas Afortunadas, e como se verá, esse valor é o resultado de um particular eclipse e não de vários, como se dá a entender]
- e) e estimando a diferença de quarenta e quatro graus e cinquenta minutos.” [deve-se acrescentar que essa diferença é entre o meridiano do Recife e o de Lima].

Essas informações possuem algumas pequenas incongruências formais, já apontadas por Pereira (2013), especialmente dos meridianos de origem para a longitude, que são examinadas e solucionadas a seguir:

- 1) A informação do item c) não decorre das anteriores, como se dá a entender com a expressão “de tal maneira”, pois a longitude de Lima, pelos valores fornecidos, seria $82^\circ + 19^\circ 5' = 101^\circ 5'$, com relação a Uraniburgo. O valor $295^\circ 40'$ (ou $64^\circ 20'$, contando para oeste) está correto, mas se refere às Canárias;
- 2) A informação do item d), de $340,5^\circ$ ($340^\circ 30'$), ou $19^\circ 30'$ (contando para oeste), está correta, mas com relação às ilhas Canárias, e não Uraniburgo. Ou seja, há um equívoco no texto, semelhante ao anterior, na indicação do meridiano de origem;
- 3) A informação do item d) não é o resultado direto da determinação da diferença de longitudes entre Recife e Uraniburgo, como se dá a entender, mas o resultado de um cálculo, como será esclarecido mais adiante;
- 4) A informação do item e) está incompleta, pois não menciona os extremos que fornecem essa diferença. Através de cálculos pode-se mostrar que se trata da diferença Recife-Lima.

Devido à maneira como os dados acabaram sendo publicados, Pereira e Cintra (2013) montaram um gráfico que ajuda a entender a situação (Figura 5). Nessa Figura as letras *a*, *b*, *c*, *d*, *e* correspondem aos valores apresentados, extraídos da citação de Marcgrave acima transcrita e corrigida dos equívocos. As localidades foram representadas de acordo com as longitudes, de oeste para leste. Os dados fornecidos nesse diagrama permitem calcular as seguintes relações, a partir dos dados fornecidos:

$$1) \text{ Canárias-Toledo: } f = a - c = 82^\circ - 64^\circ 20' = 17^\circ 40'$$

- 2) Canárias-Uraniburgo: $g = f + b = 17^{\circ} 40' + 19^{\circ} 05' = 36^{\circ} 45'$. Como confirmação, esse é exatamente o valor informado no *Brasilia qua parte paret Belgis*: “estabelecendo para Uraniburgo na Dinamarca a longitude de 36.45 [36° 45’]”. Ou seja, ele está calculando a longitude de Uraniburgo com relação às Canárias.
- 3) Lima-Recife, deduzido por Marcgrave: $e = c - d = 64^{\circ} 20' - 19^{\circ} 30' = 44^{\circ} 50'$.

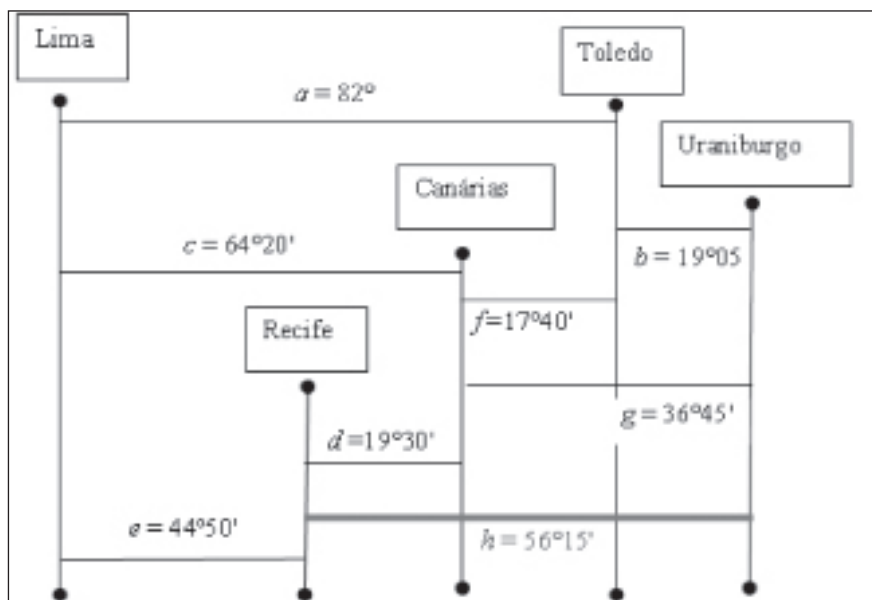


Figura 5. Diagrama da relação entre a longitude dos diversos locais mencionados em *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius, 1648) e no mapa mural *Brasilia qua parte paret Belgis*

Apesar de tudo, a ordem de fornecimento dos dados no texto editado por Laet é pouco didática e não esclarece a origem desses dados nem os cálculos, e mistura propósitos. Como se disse, talvez isso seja devido à forma como a obra foi composta: Marcgrave deixou um manuscrito, sem revisão e relativamente desorganizado, com trechos cifrados, que foi interpretado e publicado por João de Laet.

Nesses dados estão implícitos dois propósitos: 1) estabelecer a longitude do Recife com relação às ilhas Canárias (valor d no diagrama da Figura 5) e 2) determinar a extensão da América e do Brasil. Fixando a atenção no primeiro objetivo, pode-se começar apontando que o dado original de Marcgrave é a longitude do Recife com relação a Uraniburgo, que ele ob-

servou através de método astronômico, obtendo o valor de $56^{\circ}15'$ ¹⁷, valor que foi acrescentado em azul no diagrama acima, para efeito de verificação. A seguir, através de tabelas de longitude de cidades, disponíveis na época, ele obteve as diferenças de longitude entre Canárias e Toledo ($f = 17^{\circ} 40'$) e entre Toledo e Uraniburgo ($b = 19^{\circ} 05'$). Desses dados decorre a longitude de Uraniburgo com relação a Canárias ($g = f + b = 36^{\circ} 45'$)¹⁸. Por fim, a soma $g + d = 36^{\circ}45' + 19^{\circ}30' = 56^{\circ}15'$ que é igual h (traço grosso no diagrama), longitude determinada astronomicamente.

Então, em rigor, o raciocínio poderia ser bem mais simples: partir de h (longitude observada de Recife com relação a Uraniburgo) e subtrair g (longitude de Canárias com relação a Uraniburgo, adotando o valor de Tycho Brahe, conforme a Tabela 3, abaixo), obtendo o valor de $d = 19^{\circ}30'$ ($340^{\circ} 30'$, dependendo do sentido de contagem), longitude procurada, do Recife com relação às ilhas Canárias. De qualquer maneira, fica desvendada a relação entre as grandezas apontadas no *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* e uma possível, mas mais complicada, marcha de cálculos para estabelecer a longitude procurada.

Longitudes de Uraniburgo, Toledo e Lima

Embora o diagrama da Figura 5 seja formado por medidas coerentes entre si, esses valores não são corretos, comparados com os atuais. Para entender a origem e precisão desses dados é preciso ter em conta que eles foram tomados de certas tabelas de latitudes e longitudes de diversos locais. Essas tabelas para o mundo antigo já existiam no tempo de Ptolomeu. Sua já citada *Geography* foi o material básico para o desenho de mapas: dada uma projeção cartográfica (por exemplo, a cônica de Ptolomeu), pode-se desenhar as quadrículas ou redes de meridianos e paralelos e a seguir demarcar os pontos dessas tabelas e uni-los adequadamente para formar as feições lineares (rios, caminhos, contorno de países etc.), e demarcar as feições pontuais (cidades, fortes etc.).

A partir do renascimento da cartografia matemática foram produzidas novas tabelas de coordenadas denominadas *Catalogus civitatum* ou *Catalogus locorum* (Catálogo dos lugares, ou seja, de suas coordenadas geográficas).

¹⁷ Esse valor $56^{\circ}15'$, obtido astronomicamente, contrasta com o valor real, que é $47^{\circ}34'$, resultando num erro de $8^{\circ}41'$, para mais. Como se verá, houve uma compensação de erros.

¹⁸ Esse dado confere com a separação de meridianos entre as Canárias e Uraniburgo, estabelecido por Tycho Brahe, como consta da Tabela 3.

cas). Por exemplo, no período em estudo, as de Tycho Brahe (Brahe, 1600), Johannes Kepler (Kepler, 1627) e Lorentz Eichstadt (Eichstadius, 1639). Todas essas coordenadas figuravam em relações anexas às tabelas de efemérides (com a previsão da data e hora de eclipses com relação a um meridiano de origem) e procuravam melhorar os valores presentes na obra de Ptolomeu, ainda que algumas vezes piorassem os resultados. Além disso, esses valores permitiam calcular a diferença de longitude entre quaisquer dois lugares da tabela e, assim, transferir a longitude para outros meridianos de origem, além daquele para o qual foram previstas as efemérides. Foi o que fez Marcgrave nos cálculos comentados acima.

Na Tabela 3 apresentam-se os valores disponíveis no tempo de Marcgrave, comparados com o valor atual.

LOCAL	Fonte dos valores das longitudes				
	Ptolomeu	Tycho Brahe	Kepler	Eichstadt	Valor atual
Ilhas Afortunadas (Canárias)	0°	0°	–	0°	0°
Toledo	10° 00'	17° 40'	–16° 00'	17° 40'	14° 08'
Uraniburgo	41° 00'	36° 45'	0°	36° 45'	30° 52'

Tabela 3. Valor das longitudes das localidades-chave para os cálculos de Marcgrave

Nessa Tabela, para cada autor, o meridiano de origem corresponde ao local com valor 0°. Para o valor atual, as contas foram feitas trasladando a origem de Greenwich para a ilha do Ferro (Canárias). Em Ptolomeu, o valor de Uraniburgo foi aproximado, adotando-se o valor da longitude do estreito entre a Dinamarca e a Suécia atuais¹⁹.

Também se pode ver que Marcgrave utilizou os valores de Eichstadt, com quem trabalhou na montagem das efemérides, como se pode conferir em Eichstadius (1634: 74 e 75) e este, por sua vez, copiou os valores de Tycho Brahe. Com isso fica esclarecida a fonte dos dados de Marcgrave indicados por *b*, *f* e *g* no diagrama da Figura 5. O dado restante, a separação entre Lima e Toledo ($a = 82^\circ$), conforme informação do próprio Marcgrave, é de origem espanhola. Ele está composto de duas parcelas: a separação Toledo-Canárias (17° 40', como apontado acima) e a separação Canárias-Lima, parcelas ou valores que necessariamente advinha de medições de léguas percorridas por mar e terra pelos espanhóis.

¹⁹ O observatório de Tycho Brahe, denominado Uraniburgo, foi construído após 1575.

Com relação à precisão desses dados, como se pode ver pela Tabela 3, Ptolomeu estimava a longitude de Toledo uns 4° a menos que o valor real e Tycho Brahe/Eichstadt/Marcgrave estimavam $3,5^\circ$ a mais. Por outro lado, Ptolomeu estimava a diferença Toledo-Uraniburgo como sendo 31° ($41^\circ - 10^\circ$), ou seja, uns 14° para mais²⁰, pois o real são uns 17° ($30^\circ 52' - 14^\circ 8' = 16^\circ 44'$), enquanto Tycho Brahe e os que dependeram dele estimavam essa diferença em cerca de 19° ($36^\circ 45' - 17^\circ 40' = 19^\circ 05'$), valor que Kepler corrigiu para 16° , valor bem mais próximo do real.

Todavia, o erro de Marcgrave de quase 6° a mais ($36^\circ 45'^{21} - 30^\circ 52' = 5^\circ 53'$) na longitude adotada para as ilhas Afortunadas, vem a compensar o erro cometido na determinação da longitude do Recife com relação a Uraniburgo, $8^\circ 41'$, também a mais ($56^\circ 15' - 47^\circ 34' = 8^\circ 41'$), resultando no final um erro de cerca de $2^\circ 48'$ ($2,88^\circ$), que coincide com os $2,88^\circ$ da primeira linha da Tabela 2, a menos dos arredondamentos. Essa compensação de erros fez com que a longitude do Recife com relação a Canárias ficasse relativamente próxima do real (erro de $2,88^\circ$). Pode-se ressaltar que Marcgrave trabalhou com o que dispunha, tanto em termos de instrumentos, quanto de efemérides e tábuas de longitudes defeituosas.

Extensão L-O do Brasil

No diagrama da Figura 5, ficou por explicar o porquê da introdução da longitude de Lima e o cálculo da diferença de longitude entre Recife e Lima. Como se nota na *História Natural do Brasil* (Marcgrave, 1942) e *Tractatvs Topographicus* (Piso, 1658: 260), Marcgrave calculou a extensão do Brasil de leste a oeste²², ou seja, a diferença de longitude entre os pontos mais extremos a leste, que ele identifica com Recife, para efeitos práticos, e a oeste, que ele identifica com Cusco, que ele considera o limite do Brasil com a América espanhola.

²⁰ Fato conhecido: as distâncias e o mapa de Ptolomeu estavam superestimados; o Mediterrâneo, por exemplo, estava dilatado de uns 20° . A revisão das 8 mil coordenadas de Ptolomeu começou com Tycho Brahe, prosseguiu com Kepler, mas ainda teria que esperar por Delisle (1720), que contou com um bom conjunto de longitudes observadas com precisão e pôde realizar ampla reforma da cartografia.

²¹ Valor de Eichstadt na Tabela 3.

²² Calcular uma extensão é uma expressão imprecisa, pois deve-se informar em que latitude isso é feito e pode ocorrer, como de fato ocorre, que os pontos extremos não estejam na mesma latitude. Adota-se então, como Marcgrave fez, a latitude média. Mais simples é trabalhar com longitudes extremas e sua diferença.

O cálculo feito por Marcgrave, numa ordem mais didática, pode ser acompanhado nesse mesmo esquema da Figura 5. Ele partiu de um dado de origem espanhola, o segmento a , que corresponde à diferença de longitude entre Lima e Toledo. A seguir, subtraindo f obteve o valor c (longitude de Lima com relação a Canárias), para finalmente obter a diferença Recife-Lima ($e = c - d = 44^\circ 50'$).

A esse valor, Marcgrave descontou a diferença entre Lima e Cusco, que avaliava em 100 léguas, o que equivale a $5,26^\circ$ no equador, ou $5,20^\circ$ ($5^\circ 12'$) na latitude do Recife. Ou seja, a extensão L-O do Brasil seria $44^\circ 50' - 5^\circ 12' = 39^\circ 38'$. Comparado com o valor real ($37^\circ 6'$ entre Recife e Cusco), isso representa um bom cálculo, com erro de apenas 6%²³. Outros cartógrafos fizeram cálculos desse estilo para melhorar seus mapas, como Pagan e Sanson, por volta de 1655, como se pode ver em Cintra e Oliveira (2014). Esse cálculo final pode ser visualizado na Figura 6.

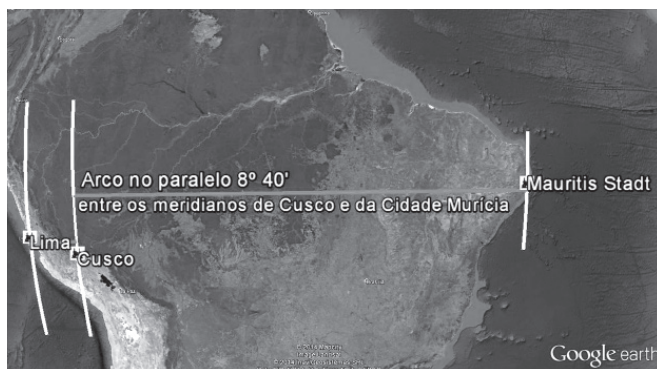


Figura 6. Esquema do cálculo da extensão L-O do Brasil feito por Marcgrave: diferença de longitude entre Recife e Lima, menos a diferença Lima-Cusco

Esse dado, a extensão do Brasil ou da América do Sul, é uma informação bastante útil para o desenho de mapas. Isso porque os viajantes estimavam as distâncias em léguas entre as localidades e mediam latitudes. A partir disso os cartógrafos resolviam triângulos esféricos e calculavam as diferenças de longitude. Mas a precisão dos cálculos ficava na dependência da estimativa das distâncias percorridas, que eram sempre superestimadas numa “tradição” que vinha de Ptolomeu (o viajante cansado estima que andou mais do que o fez na realidade). Assim, os cartógrafos aplicavam um fator de correção que era obtido através da somatória das diferenças de longitude dividida por uma estimativa da diferença de longitude total. E com isso corrigiam o mapa.

²³ Os valores da grandeza do Brasil aqui citados estão coerentes com Pereira (2013:14) e com a Nota Técnica do mapa *Brasilia qua parte paret Belgis*.

Determinação astronômica da longitude do Recife

O próximo passo é explicar a origem do valor obtido por Marcgrave para a longitude do Recife com relação a Uraniburgo, que ele no capítulo I do Livro VIII da *História Natural do Brasil* (Marcgrave, 1942) afirma ser baseado em suas observações de eclipses, ou seja, explicar o valor de $56^{\circ} 15'$, que é a separação de meridianos entre esses locais e que, como se sabe, contém um erro de $8^{\circ} 41' 24''$ a mais, pois a separação real é de $47^{\circ} 34'$.

Vendo os cálculos das observações de eclipses feitas por Marcgrave, identifica-se que ele utilizou o resultado da observação do eclipse da Lua na noite de 20/21 de dezembro de 1638, ou seja, feita em uma época em que ele ainda não havia montado seu observatório no telhado, conforme Matsuura (2011).

Para a comprovação desse fato, a Figura 7 reproduz duas folhas dos documentos de Marcgrave depositados no *Erfgoed Leiden en Omstreken* (ELO), antes *Regionaal Archief Leiden*, com anotações consideradas como sendo do próprio punho de Marcgrave. Essas folhas permitem acompanhar os cálculos da determinação da longitude da ilha de Antonio Vaz, onde se situava a Cidade Maurícia. Na realidade foram dois cálculos, com diferentes efemérides.

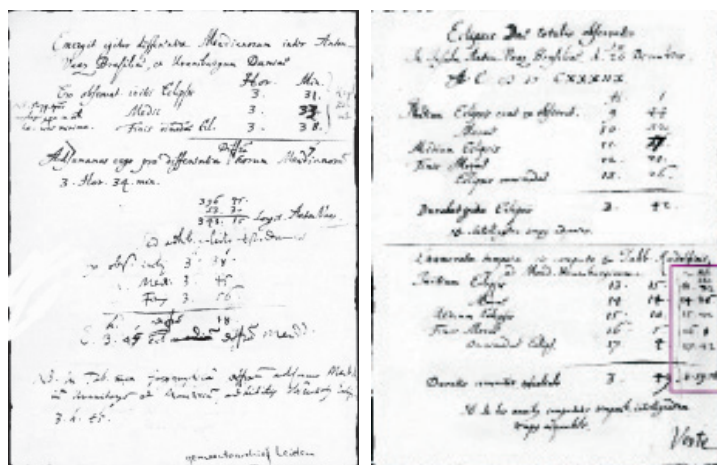


Figura 7. Duas folhas com anotações de Marcgrave dos dados da observação do eclipse total da Lua na noite de 20/21 de dezembro de 1638 e o cálculo da longitude de Antonio Vaz (Recife). Fonte: ELO

²⁴ Como visto, foi um valor impreciso, mas que acabou compensado por outros. O cálculo e a adoção de um valor inicial eram necessários para o transporte de longitude para outros locais.

As anotações na primeira folha registram, em latim, entre outras coisas, o tipo do eclipse, lunar total, local da observação, data, horários de início, meio, fim e duração. Na metade de baixo da folha, separado por um traço, figuram essas mesmas efemérides para o meridiano de Uraniburgo e a indicação explícita de terem sido utilizadas as Tabelas Rudolfinas (Kepler, 1627). Numa segunda coluna, destacada com um retângulo, com a mesma letra de Marcgrave, há anotações de horários ligeiramente mais tardios, obtidos de outra fonte, possivelmente as efemérides de Eichstadt.

Para a compreensão desses manuscritos, podem-se destacar ainda alguns pontos. A data é apresentada na forma 10/20 de dezembro, sendo que o primeiro número corresponde ao dia no calendário antigo e o segundo número ao dia no calendário atual²⁵. O ano, em algarismos romanos, utiliza a regra de subtração também para outros dígitos (8 = IIX). A hora, como em muitos casos em astronomia, começa a ser contada a partir do meio-dia²⁶ e, por isso, o eclipse no Recife começa às 9h44, o que corresponde às 21h44; e termina às 12h21, ou seja, depois da meia-noite, já no dia seguinte, 21 de dezembro.

A segunda folha contém os cálculos da diferença meridiana entre Antonio Vaz e Uraniburgo. A primeira parte explicita as diferenças horárias de cada fase do eclipse calculadas a partir das Tabelas Rudolfinas, coisa que se deduz pela referência a Kepler, como se pode ver na Figura 8, que é uma ampliação desse trecho.

Emergit quibus differentia Meridianorum inter Anton-			
Vaz Brasiliam, et Uraniburgum Daniam			
		Hor.	Min.
Ex observat. inter Eclipse		3.	31.
Medie		3.	32.
Finis totius El.		3.	38.

Adsumamus ergo pro differentia horaria Meridianorum
3. Hor. 34. min.

(Circled section on the right):
Kepl.
Ecl.
inter

Figura 8. Detalhe da Figura 7 à direita, com as diferenças de longitude (em horas) para cada fase do eclipse lunar e a referência a Kepler e, portanto, às previsões das Tabelas Rudolfinas. Fonte: ELO

²⁵ O calendário gregoriano, em 1638 ainda considerado novo, foi promulgado em 15 de outubro de 1582 por bula pontifícia do papa Gregório XIII, substituindo o calendário juliano, do qual suprimia 10 dias.

²⁶ Horário *post meridiem*, PM.

Para cada uma das três fases do eclipse é feito um cálculo da diferença de horários e, ao fim, da diferença máxima entre eles (7 min) e o cálculo da média (3 h 34 min), que ele estabelece para a diferença horária entre os meridianos. A diferença horária de 3 h 34 min equivale a 53° 30' de diferença entre os meridianos de Antonio Vaz e Uraniburgo. A seguir (detalhe ampliado na Figura 9) é calculada a longitude com relação às ilhas Canárias, através da conta: 360° + 36° 45' (valor da Tabela 3) = 396° 45', do qual subtrai 53° 30', chegando a 343° 15', ou 16° 45' contando para leste. Esse foi o primeiro valor calculado por Marcgrave.

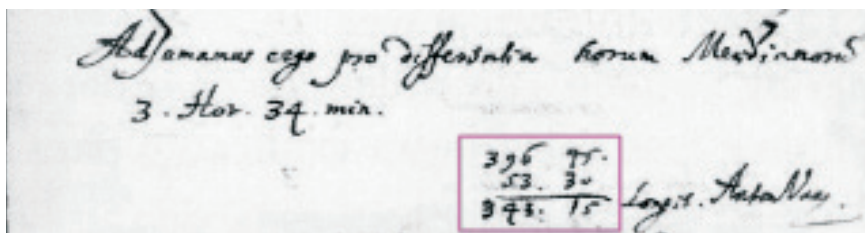


Figura 9. Outro detalhe da Figura 7 à direita, com o cálculo da longitude de Antonio Vaz em relação às ilhas Afortunadas com as efemérides das Tabelas Rudolfinas. Fonte: ELO

Efetivamente, os cálculos continuam na Figura 7, podendo-se ver com maior detalhe na Figura 10. As anotações correspondem às diferenças entre os valores observados e os valores previstos para os três instantes de início, meio e fim do mesmo eclipse, mas com outras efemérides, muito provavelmente as de Eichstadt que, como se disse, ele mesmo ajudou a calcular²⁷.

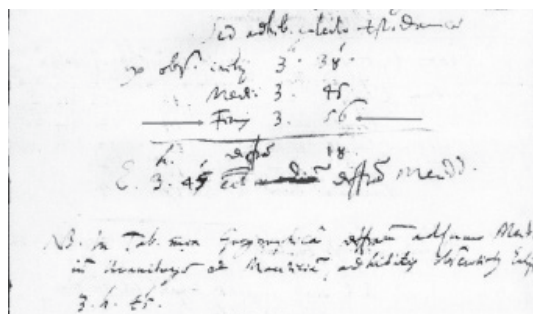


Figura 10. Mais um detalhe da Figura 7 à direita, com as diferenças horárias entre os eventos do eclipse lunar de 20–21/12/1638 e os dados das outras efemérides (possivelmente Eichstadt). Fonte: ELO

²⁷ A Tabela de Eichstadt (Eichstadius, 1634: 194) prevê os seguintes instantes para início, meio e fim: 13h 21m 16s; 15h 22m 19s; 17h 23m 22s. Como se vê, valores muito próximos, diferindo de menos de 1 min dos valores anotados por Marcgrave. Isso pode ser devido a um ajuste, que seria longo detalhar.

A diferença máxima (início e fim) foi de 18 min (4,5°), o que é um valor alto. E a média resulta em 46,3', que Marcgrave arredondou para 45', possivelmente para facilitar as contas. Na nota final (NB) ele confirma e estabelece formalmente a longitude da cidade Maurícia em 3h 45' em relação a Uraniburgo, o que equivale a 56° 15', que leva à longitude de 340° 30' (ou 19° 30') em relação às ilhas Canárias.

Esses resultados demonstram que Marcgrave utilizou somente os dados do eclipse total da Lua ocorrido na noite de 20/21 de dezembro de 1638 para determinar a longitude de Antonio Vaz, usando as efemérides da segunda coluna da folha da esquerda da Figura 7 que, muito provavelmente, são devidas a Eichstadt.

Delisle e as observações de Marcgrave

Os documentos com os registros dos dados das observações astronômicas de Marcgrave têm uma história interessante e em boa parte desconhecida. Por um lado estão os chamados Manuscritos de Leiden, os documentos arquivados no ELO, acima comentados, e que permitiram a determinação da longitude de Antonio Vaz. Por outro, estão os Manuscritos de Paris, documentos arquivados na biblioteca do Observatório de Paris, e cujos originais estiveram em Cadix, tendo passado pelas mãos de d. Antonio de Ulloa, astrônomo espanhol que trabalhou na medição do arco de meridiano no Peru e foram utilizados por Joseph-Nicolas Delisle (Moraes, 1984), e por seu irmão Guillaume Delisle. Este último em dissertação lida perante a Academia de Ciências de Paris (Delisle, 1720), menciona que utilizou os dados de Marcgrave e, em concreto, que as observações dos “eclipses da Lua de 21 de dezembro de 1638 e de 14 de abril de 1642, comparadas com aquelas que foram feitas ao mesmo tempo em Paris, nos fornecem a longitude desse cabo [cabo de Santo Agostinho, identificado com Recife] como sendo de 343 graus e 40 minutos, a oeste de Paris”.

Ou seja, a partir dos dados de Marcgrave e de tempos observados (e não de previsões de efemérides), Delisle refez os cálculos. Note-se, de qualquer forma, que essa longitude não se refere a Paris (levaria a erro superior a 23°), mas sim à ilha do Ferro²⁸ e, nesse caso, pode-se calcular a longitude do Recife em relação a Greenwich, somando a longitude do Recife nesse referencial (-16,23°

²⁸ Ou seja, parece que por distração Delisle trocou a referência padrão dos mapas, as ilhas Afortunadas, por Paris.

= $343,67^\circ - 360^\circ$) com a longitude do Ferro ($-18,16^\circ$), resultando em $-34,39^\circ$, muito próximo do valor real $-34,87^\circ$; ou seja, com um erro de $0,48^\circ$, ou simplificando, menor que $0,5^\circ$.

Por outro lado, o valor mencionado por Delisle, $343^\circ 40'$, corresponde muito aproximadamente ao valor calculado por Marcgrave com o auxílio das Tabelas Rudolfinas: $343^\circ 15'$. Seria interessante averiguar a precisão dessas tabelas, bem como as de Eichstadt.

Em todo caso, vale lembrar que Delisle contou unicamente com mais um dado de longitude na América (golfo de Santa Marta, na Colômbia) e assim, o dado do Recife foi fundamental para fixar a extensão da América do Sul e dessa forma promover a reforma da cartografia desse continente.

Cortesão (1965), por outro lado, em suas análises fala de um erro de cerca de $40'$, o que está próximo da realidade e corresponde bem à qualidade astronômica e cartográfica dos dados de Marcgrave, contando com o auxílio de erros que se compensaram.

Conclusões

No presente trabalho foi determinado e longamente discutido o meridiano de origem do mapa *Brasilia qua parte paret Belgis*, de Jorge Marcgrave. A ubiquação do mesmo nas ilhas Canárias está fora de dúvida, sendo a ilha do Ferro a hipótese mais provável. Foram discutidas e solucionadas algumas questões quanto à forma como essa longitude foi estabelecida, corrigindo-se algum equívoco quanto a essa origem e à forma como foi calculada.

Estabeleceu-se, também, um diálogo de correlação entre o mapa e as obras *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius, 1648) e *Tractatus Topographicus* (Piso, 1658), editadas de documentos do próprio Marcgrave, reafirmando as conclusões de Pereira e Cintra (2013) de que o meridiano de origem citado nessas obras, Uraniburgo, está incorreto, devendo ser entendido como o das ilhas Afortunadas (arquipélago das Canárias).

Foi calculada a precisão das coordenadas (longitude e latitude) do mapa, podendo-se afirmar que não há mapa português até essa data que se iguale a ele, e foi necessário esperar pelos mapas do jesuíta Diogo Soares para encontrar um que se equiparasse em qualidade cartográfica. Por essa precisão inigualável, pode-se também descartar a hipótese colocada por Jaime Cortesão, de que seja uma cópia de mapas portugueses. Como todo bom mapa, coincide com a cartografia portuguesa, apresentando todos os topônimos desta e também da cartografia francesa, mas contém, além disso, cerca de

1.800 entes geográficos inéditos, além de uma rede de caminhos ausente na cartografia anterior.

A explanação de como Marcgrave obteve a longitude da ilha de Antonio Vaz, baseada no estudo de duas folhas dos documentos de Marcgrave preservados no ELO, na Holanda, com anotações e cálculos presumivelmente do seu próprio punho e relacionados com o eclipse lunar total na noite de 20/21 de dezembro de 1638, permitiu a conclusão de que somente os dados desse eclipse foram utilizados, e não, como até então alguns estudiosos acreditavam, dados de outra fonte ou a média de duas ou mais das cinco observações de eclipses lunares que ele realizou no Brasil.

Para tal, como constatado, Marcgrave utilizou efemérides de duas fontes, as das Tabelas Rudolfinas, de Kepler, e as das *Ephemerides Novarum*, de Eichstadt, de 1634, das quais ele próprio cooperou na elaboração e do qual foi aluno durante os dois anos em que ele estudou em Stettin, na Pomerânia Ocidental, hoje Polônia.

O processo e o *modus operandi* para o estabelecimento da longitude de Antonio Vaz por Marcgrave, foram objeto de conjecturas durante muito tempo e, para esclarecê-los, foi preciso associar o texto no cartucho do mapa, onde estava citado o meridiano de origem, as ilhas Afortunadas e a sua longitude em relação a Uraniburgo, 36°45', com o texto do *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae* (Marcgravius, 1648) e *Tractatus Topographicus* (Piso, 1658), e interpretar esses dados com a ajuda do método de identificação do meridiano de origem do mapa proposto por Cintra (2012), expurgando desse texto os deslizamentos de seu editor, João de Laet.

As discussões permitiram também avançar algumas hipóteses sobre como os dados foram levantados e calculados e como o mapa foi desenhado. E, além disso, vem confirmar a boa impressão qualitativa do barão do Rio Branco, na citação endossada por Taunay (1942: 34):

Tinha Rio Branco na mais alta conta o saber geográfico e a proficiência cartográfica de Marcgrave. Assim em suas Efemérides Brasileiras (31 de julho) observa: “Os preciosos documentos geográficos, vulgarmente chamados de Barlaeus são devidos a George Marcgrafe e não passam de fragmentos incompletos de uma magnífica carta, hoje raríssima, ornada de cartuchos, brasões, troféus e paisagens” (...) Comenta [ainda] o insigne Paranhos: “Triste é dizê-lo: ainda hoje quem quer estudar a zona marítima desde o Rio Grande do Norte até Sergipe, encontra no mapa do ilustre Marcgraff valiosas indicações geográficas, que de balde procuraria nas cartas brasileiras mesmo as mais recentes, todas levantadas em muito menor escala”.

A excelência técnica imposta pela meticulosidade de Marcgrave, nas observações de campo e na elaboração do mapa, equivale à renomada qualidade artística das gravuras de Frans Post, fazendo jus a ser considerado o melhor mapa histórico do Brasil em sua área de abrangência, até o primeiro quartel do século 18, pelo menos.

Referências

Adonias, Isa (1993), *Mapa: Imagens da Formação Territorial Brasileira*, Rio de Janeiro: Fundação Emílio Odebrecht.

Barlaeus, Caspar (1660), *Rerum per octennium in Brasilia*, Editio secunda, Clivis ex Officina Tobiae Gilberling, disponível em <http://archive.org/stream/RerumPerOctenniumInBrasilia/CasparisBarlaeiRerumperoctenniumin#page/n10/mode/1up>, acesso em 3/7/13.

Boogaart, Ernst van den (2011), A well-governed colony: Frans Post's illustrations in Caspar Barlaeus's History of Dutch Brazil, *The Rijksmuseum Bulletin*, 59, 3.

Brahe, Tycho (1600), *Catalogus civitatum pro differentia meridianorum seu longitudo-nes et latitudines insignium locorum in Europa a Tychone Brahae et aliis partim propria observatione, partim itineraria distantia et correctis mappis emendata*. Disponível em <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5711841z/f3.image>, acesso em 15/12/13.

Cintra, Jorge Pimentel (2012), Digital Cartography and Historical Maps: techniques, applications and peculiarities, *Revista Brasileira de Cartografia*, 64, 6, 901-918. Disponível em <http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/578>, acesso em 10/9/13.

Cintra, Jorge Pimentel e Freitas, Janaina Carla de (2011), Sailing down the Amazon River: La Condamine's Map, *Survey Review*, 43, 550-566. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1179/003962611X13117748892119>, acesso em 15/12/13.

Cintra, Jorge Pimentel e Oliveira, Rafael Henrique (2014), Nicolas Sanson and his Map: The Course of the Amazon River, *Acta Amazonica*, no prelo.

Cortês, Jaime (1965), *História do Brasil nos velhos mapas. Tomo 2*, Rio de Janeiro: Ministério das Relações Exteriores, Instituto Rio Branco. Pode-se consultar também a nova edição (2009), Imprensa Nacional, Casa da Moeda.

Delisle, Guillaume (1720), Determination géographique de la situation et de l'étendue des différentes parties de la Terre, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 365-684, Paris: Académie Royale des Sciences, disponível em <http://books.google.com>, acesso em 10/9/13.

Eichstadius, Laurentius (1634), *Ephemeridum novarum et motuum coelestium quinquennalis, ... in luminarium motibus [et] eclipsibus ex tabulis Danicis Christ. J. Longomontani Pars 1 (Ephemerides) ab a. 1636-1640*, Stetini Davidis Rehtii. Disponível em <http://books.google.nl/books>, acesso em 15/12/13.

Eichstadius, Laurentius (1639), *Catalogus civitatum, Ephemeridum Novarum*, Stetini Retius. Disponível em <http://books.google.nl/books>, acesso em 15/12/13.

Haasbroek, N. D. (1968) *Gemma Frisius, Tycho Brahe and Snellius and their triangulations*, Delft: W. D. Meinema, disponível em <http://www.ncgeo.nl/phocadownload/14Haasbroek.pdf>, acesso em 10/9/13.

Kepler, Iohannes (1627), *Tabulae Rudolphinae*, Jonae Saurii, Ulmae. Disponível em <http://dibiki.ub.uni-kiel.de/viewer/resolver?urn=urn:nbn:de:gbv:8:2-1636200>, acesso em 15/12/13.

Marcgrave, Jorge (1942), *História natural do Brasil*, Mons. Dr. José Procópio de Magalhães (Trad.), São Paulo: Museu Paulista, Imprensa Oficial do Estado.

Marcgravius, Georgius (1648), *Historiae Rerum Naturalium Brasiliae Libri Octo in Historia Naturalis Brasiliae*, Jan de Laet (Ed.), Lugdunus Batavorum: Lud. Elzevirius. Disponível em <http://ia600308.us.archive.org/attachpdf.php?file=%2F13%2Fitems%2Fhistorianaturali12piso%2Fhistorianaturali12piso.pdf>, acesso em 5/12/14.

Marques, A. P. (1994), “Regimento das Léguas” in Luís de Albuquerque (Dir.), *Dicionário de História dos Descobrimentos*, Vol. II, Lisboa: Círculo de Leitores.

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

Moraes, Abrahão de (1984), *A Astronomia no Brasil*, capítulo reimpresso separadamente, São Paulo: IAG/USP.

Pereira, Levy (2012), *Inventário de entes georreferenciados do mapa Brasilia Qua Parte Paret Belgis de Georg Marcgrave*, BiblioAtlas — Biblioteca de Referências do Atlas Digital da América Lusa, disponível em http://lhs.unb.br/biblioatlas/Invent%C3%A1rio_de_entes_georreferenciados_do_mapa_Brasilia_Qua_Parte_Paret_Belgis_de_Georg_Marcgrave, acesso em 10/9/13.

Pereira, Levy (2013), *A nota técnica do mapa Brasilia qua parte paret Belgis — Transcrição, tradução e comentários*, BiblioAtlas — Biblioteca de Referências do Atlas Digital da América Lusa, disponível em http://lhs.unb.br/wiki_files/NotaTecnica.pdf, acesso em 10/9/13.

Pereira, Levy e Cintra, Jorge Pimentel (2013), “A precisão e a longitude de origem do mapa *Brasilia qua parte paret Belgis*, de Georg Marcgrave”, *Anais do V Simpósio Luso Brasileiro de Cartografia Histórica*. Disponível em <http://www.cartografia.org.br/vslbch/trabalhos/73/88/>, acesso em 12/12/13.

Piso, Gulielmus (1658), *De Indiae utriusque re naturali et medica*, Amstelaedamus: Lud. et Dan. Elsevirius.

Ptolomeu, Claudio (2º EC), *Geography*, disponível em http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Gazetteer/Periods/roman/_Texts/Ptolemy/home.html, acesso em 15/12/13.

Taunay, Affonso de Escragnolle (1942), “Jorge Marcgrave de Liebstad (1610-1644) — Escorço biográfico”, Comentários, I-XXXVI in Jorge Marcgrave, *História natural do Brasil*, Mons. Dr. José Procópio de Magalhães (Trad.), São Paulo: Museu Paulista.

Whitehead, Peter James Palmer and Boeseman, Martin (1989), *Um retrato do Brasil holandês do século XVII*, Edmond Jorge (Trad.), Rio de Janeiro: Livraria Kosmos Editora.