

Observações Visuais do Efeito Schröter em Mercúrio

Luiz Augusto L. da Silva e Onofre D. Dalávia

1. INTRODUÇÃO

De maneira análoga com o que ocorre com Vênus, verifica-se que em Mercúrio a meia fase (dicotomia) verdadeira não coincide com a calculada, denominando-se a esta defasagem, efeito Schröter. A dicotomia ocorrerá antes da data predita nas elongações vespertinas (ou leste), e depois, nas matutinas (ou oeste).

A diferença típica é de alguns dias, e pode ser bem notada com um pequeno telescópio, em se tratando de Vênus. Medidas deste efeito neste planeta são reportadas frequentemente. Sem embargo, Mercúrio requer uma abertura maior, em virtude da pequena dimensão de seu disco.

A partir de um artigo sobre a observação do efeito Schröter em Vênus (Corrêa, 1984a), empreendemos um estudo similar com Mercúrio, aproveitando sua máxima elongação E (28°), em fins de julho de 1984, a mais favorável daquele ano, para o hemisfério sul. Westfall (1984) é de opinião de que as observações da dicotomia em Mercúrio são úteis para determinar os efeitos sobre um planeta sem atmosfera, os quais poderia, ser aplicados às observações do mesmo efeito em Vênus, reconhecidamente um astro possuidor de uma densa capa gasosa.

2. METODOLOGIA OBSERVACIONAL

O instrumento empregado para as observações foi o refrator de 190 mm de diâmetro de 2850mm de distância focal, pertencente ao antigo observatório central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, Brasil. Foi utilizada uma ocular proporcionando 190 vezes de aumento. Assim, esta configuração instrumental era bastante similar àquela usada por Mourão (1959), para suas observações visuais dos aspectos do disco mercuriano. Segundo aquele autor, aumentos de 150 a 300 vezes são recomendáveis, em um instrumento de abertura semelhante ao empregado na presente série de observações. As estimativas de fase foram feitas sempre durante o crepúsculo, enquanto o céu permanecia bastante claro, e Mercúrio era visível acima dos edifícios.

Foi notada a presença de um pouco de aberração cromática, que somada ao pequeno diâmetro aparente do planeta, dificultou, mas não comprometeu, o trabalho realizado.

A presença de uma frente fria semi-estacionária espoliou várias noites pretendidas de observação, mas

posteriormente o tempo melhorou, permitindo algumas noites de excelente transparência atmosférica. A tabela I fornece as características físicas de Mercúrio, e as circunstâncias observacionais em Porto Alegre, durante o período abrangido pelas nossas estimativas de fase. Na tabela, **DJ** é o dia juliano médio. Em a elevação de Mercúrio acima do horizonte, E_0 , a altura do Sol abaixo do horizonte, K_{teor} , a fase predita, e i , o ângulo de fase.

TABELA I

Elementos físicos de Mercúrio, e circunstâncias observacionais em julho 1984, em Porto Alegre.

ELEMENTOS FÍSICOS DE MERCÚRIO

DJ2445+	DIAM.	MAG	E_m	E_0	K_{teor}	i
906.395	6.80"	+0.4	15.0°	-10.2°	0.575	81°
908.395	6.84"	+0.5	17.0°	-8.5°	0.546	84°
910.400	7.24"	+0.5	16.6°	-10.0°	0.517	87°
911.390	7.36"	+0.6	18.9°	-7.6°	0.502	89°
912.385	7.48"	+0.6	21.0°	-5.6°	0.487	91°
913.400	7.60"	+0.6	17.6°	-9.2°	0.472	93°
915.390	7.86"	+0.7	20.9°	-5.9°	0.441	95°
916.390	8.00"	+0.8	19.4°	-7.4°	0.424	99°

A máxima elongação leste de Mercúrio ocorreu em julho 31, 1984, com o planeta em sua maior distância angular possível do Sol, ou seja, 28°. Esta elongação foi a mais favorável daquele ano para o hemisfério sul, devido não somente à digressão, mas também por causa do ângulo íngreme entre a eclíptica e o horizonte. Ainda que o brilho de Mercúrio seja muito inferior ao de Vênus, o primeiro mostra um diâmetro aparente muito menor, o que torna muito difícil a observação de seu disco e, conseqüentemente, a determinação da fração do diâmetro do planeta que está iluminada pelo Sol (k).

Corrêa (1984b) sugeriu, levando em conta a pequena dimensão do raio mercuriano, que se aplicasse o “método das probabilidades”, de Binder. Um exemplo da aplicação deste procedimento, para Vênus, pode ser visto em um artigo de Cruikshank (1965). Basicamente, o método consiste em estimar as probabilidades (entre zero e um) de o terminador estar côncavo, reto ou convexo, em cada observação, de maneira tal que a soma destas probabilidades seja sempre igual a um. Graficando-se as curvas destas três probabilidades como função das

datas, o instante correspondente à intersecção das curvas côncava e convexa é tomado como o correspondente ao da dicotomia.

Existe, ainda, um outro método visual, que consiste em desenhar, em discos de diâmetro uniforme, a forma observada do terminador ao telescópio. Com a sobreposição posterior de um disco de diâmetro graduado, mede-se diretamente a fração iluminada. Reunindo as medidas de fase em um gráfico, e empregando o método dos mínimos quadrados, pode-se achar a data da dicotomia verdadeira. Obviamente, este é um processo mais fácil de aplicar quando o planeta assume um grande diâmetro aparente.

Nossa idéia inicial era aplicar ambos os métodos acima, e comparar os resultados. Sem embargo, os desacordos entre os observadores foram tão grandes, que resultaram na impossibilidade prática de empregar-se o método de Binder. Parece-nos que este método vale-se de aspectos muito subjetivos, que podem causar erros maiores que o processo simples de desenhar a fase. No presente caso, apesar das dificuldades na observação de Mercúrio, o método do desenho revelou-se, aparentemente, de surpreendente precisão, como se pode ver na tabela II. Cada observador realizava suas estimativas independentemente um do outro. Apesar disto, a concordância é muito boa. Para as observações, foi utilizado um gabarito circular com diâmetro de 40 mm.

TABELA II

Medições visuais da fração iluminada do diâmetro de Mercúrio.

OBSERVAÇÕES DA FASE DE MERCÚRIO

L.A.L. da Silva		O.D. Dalávia		
DJ2445+	k	DJ2445+	k	k
906.39	0.43	906.40	0.44	0.435
908.39	0.42	908.40	0.45	0.435
910.40	0.41	910.40	0.40	0.405
911.39	0.38	911.39	0.37	0.375
912.38	0.33	912.39	0.34	0.335
913.40	0.31	913.40	0.30	0.305
915.39	0.27	915.39	0.27	0.270
916.39	0.22	916.39	0.25	0.235

3. DISCUSSÃO

Com os dados da tabela II se elaboraram as figuras 1 e 2, que mostram a mudança da fase do planeta com o tempo, segundo os dados de cada observador.

Ainda que a evolução temporal da fase não seja linear, se pode considerá-la como tal, para fins de simplificação, obtendo uma precisão razoável, quando se tomam curtos períodos (alguns dias).

Verifica-se que ambos os grupos de pontos conduzem a retas muito semelhantes. Seus coeficientes estão dados na tabela III.

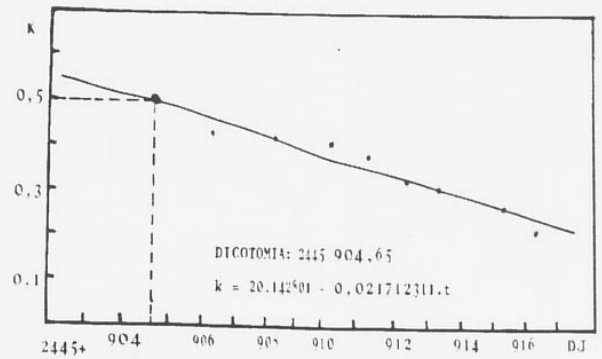


Figura 1 - Medidas da fase minguante de Mercúrio próximo à dicotomia, segundo as observações do primeiro autor (L. A. L. da Silva).

TABELA III

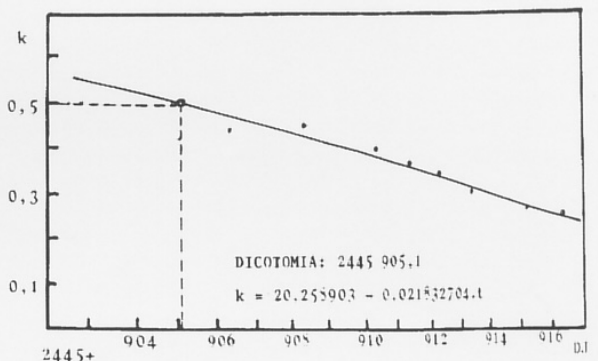


Figura 2 - Medidas da fase minguante de Mercúrio próximo à dicotomia, segundo as observações do segundo autor (O. D. Dalávia).

Os coeficientes das retas de ajuste.

O termo constante é a_0 . A declividade é negativa porque o planeta se encontrava minguante.

REGRESSÃO LINEAR PARA AS FASES DE MERCÚRIO

Observador	a_0	a_1
L.A.L.da Silva	20.142801	-0.021712311
O.D. Dalávia	20.258903	-0.021832704

Lamentavelmente, a dicotomia verdadeira ocorreu um pouco antes do início possível das observações, prejudicadas pelo mau tempo, tendo sido necessário fazer uma extrapolação, ao invés de interpolação. De cada gráfico, determinou-se as datas correspondentes a $k=0.50$, que estão fornecidas na tabela IV.

TABELA IV

Datas observadas da dicotomia mercuriana.
Delta Δ é definido como a data observada menos a data predita pelos anuários.

DICOTOMIA OBSERVADA DE MERCÚRIO

Observador	DJ _{dicotomia}	Δ
L.A.L.da Silva	2445904.65	-6.85 d
O.D. Dalávia	2445905.10	-6.40 d

As tabelas III e IV fornecem, quiçá, uma indicação da precisão obtível com o método utilizado. Combinando-se os dados dos dois observadores, deduz-se que a dicotomia ocorreu em DJ 2445904.875 \pm 0.318, fornecendo $\Delta = -6.625$ dias, cerca de uma semana antes da predição do anuário, que era DJ 2445911.5. O módulo da diferença entre as estimativas de cada autor é de somente 0.45 dias. A tabela V dá os valores O-C para k, e também os valores O-C para o ângulo de fase i (ângulo entre o Sol e a Terra, visto desde o planeta). Os valores de i podem ser calculados através da relação:

$$i = \arccos(2k-1) \quad (1)$$

TABELA V

Valores de (O-C) para k e i.

DJ 2445+	(O-C)k	i(calculado)	(O-C)i
906.395	-0.140	98°	17°
908.395	-0.111	98	14
910.400	-0.112	101	14
911.390	-0.127	105	16
912.385	-0.152	109	18
913.400	-0.167	113	20
915.390	-0.171	117	22
916.390	-0.189	122	23

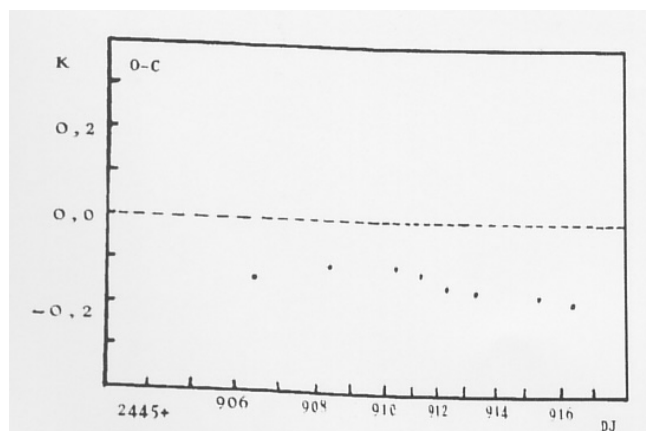


Figura 3 - Valores de (O-C) para a fase do planeta, conforme as observações efetuadas.

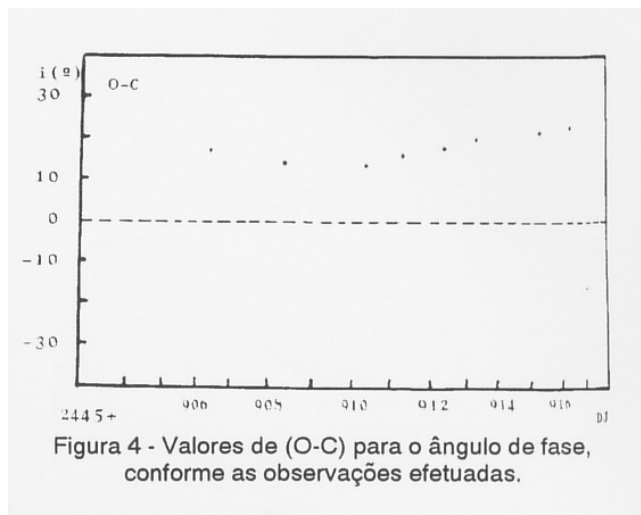
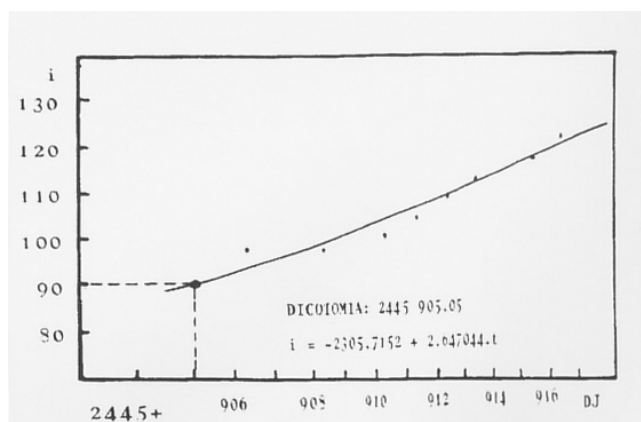


Figura 4 - Valores de (O-C) para o ângulo de fase, conforme as observações efetuadas.

É fácil ver que o efeito Schröter pode ser, alternativamente, medido através do ângulo de fase, o qual também não coincide com os valores teóricos. Quando $k = 0.50$, de (1) $i = 90^\circ$, assim um gráfico de i contra o tempo proporcionaria uma estimativa da fase da dicotomia, através do emprego de um procedimento essencialmente similar a aquele usado para k. Isto está demonstrado na figura 5. A data da dicotomia deduzida deste gráfico é DJ 2445905.05, muito próxima do valor encontrado através de k (DJ 2445904.875). A diferença entre elas é de apenas 0.175 dias.

Na figura 5, novamente uma reta é satisfatória. É interessante notar que, agora, o coeficiente do tempo é positivo, pois o ângulo de fase cresce na fase minguante, e decresce durante a fase crescente. Na verdade, i alcança seu valor máximo quando $k=0$, diminuindo depois com o incremento da fase. O ângulo de fase será nulo quando o planeta estiver 100% iluminado ($k=1$), o que acontece na conjunção superior. Sem embargo, contrariamente a k, i não pode ser medido diretamente nas observações pois, para fazê-lo, o observador deveria situar-se em Mercúrio!



4. CONCLUSÃO

O efeito Schröter em Mercúrio pode ser medido visualmente com alguma confiabilidade, por aficionados que disponham de instrumentos com 150 a 200mm de abertura. Sendo o planeta de mais curto período orbital, ocorrem várias elongações vespertinas e matutinas a cada ano, o que permitiria a observadores sistemáticos obter uma quantidade considerável de dados em pouco tempo. Ademais, mercúrio não pode ser bem observado desde as latitudes temperadas, o que coloca os observadores das latitudes tropicais em vantagem.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus agradecimentos ao Dr. Horácio Dottori, do Departamento de Astronomia do Instituto de Física da UFRGS, pela sua permissão para empregar o telescópio mencionado no texto, e também a Odilon Simões Corrêa, e ao Dr. John Westfall, da Association of Lunar and Planetary Observers, pelos comentários úteis durante a elaboração deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS.

- Corrêa, O.S., (1984a). Inf. Astr. UBA, 4, 1976;
- Corrêa, O.S., (1984b). Comunicação particular;
- Cruikshank, D.P., (1965). Journ. ALPO, 18, 228;
- Westfall, J.E., (1984). Comunicação particular.