

PUBLICAÇÃO ESPECIAL

Nº 21
1987

ANÁLISE DOS RESÍDUOS NAS COORDENADAS
DE URANO E NETUNO - ESTUDO DA HIPÓTESE
DO PLANETA X

Rodney da Silva Gomes

Tese de Doutorado
Rio de Janeiro, Julho/87

ANÁLISE DOS RESÍDUOS NAS COORDENADAS DE URANO E NETUNO
ESTUDO DA HIPÓTESE DO PLANETA X

RODNEY DA SILVA GOMES

TESE DE DOUTORADO

DEPARTAMENTO DE ASTRONOMIA

OBSERVATÓRIO NACIONAL

1987

Agradecimentos

O autor é grato ao Dr. S. Ferraz-Mello pela sua forma excelente de conduzir a orientação, deixando o autor livre para desenvolver sua capacidade de pesquisa e, ao mesmo tempo, dedicando especial e imprescindível atenção para com o autor, apesar das muitas solicitações impostas ao orientador como pesquisador de renome internacional.

O autor agradece, ainda, ao Dr. R. Vieira-Martins, com quem teve oportunidade de trocar idéias inúmeras vezes, o que contribuiu, sem dúvida, em um grande estímulo para o desenvolvimento e conclusão desse trabalho.

Não podemos deixar de agradecer, também, ao Dr. P.K. Seidelmann do Observatório Naval dos Estados Unidos, que forneceu o conjunto de observações usadas neste trabalho, bem como aos Drs. P. Bretagnon, J. Chapront e M.G. Francou do Bureau des Longitudes, que forneceram as efemérides de Urano e Netuno.

*A minha esposa
Sueli*

Resumo

Neste trabalho, são estudados os resíduos entre coordenadas (longitude e latitude) observadas e calculadas, encontrados para Urano e Netuno. Primeiramente, são determinados conjuntos de resíduos médios por oposição para cada planeta e desvios-padrões associados aos resíduos. A seguir é feita uma análise kepleriana que indicará correções a serem feitas nas constantes orbitais. Empreende-se, ainda, uma análise espectral que determina várias periodicidades não explicáveis por ruído branco. Por fim, é estudada a hipótese do Planeta X, sob o ponto de vista de suas perturbações sobre Urano e Netuno, a partir dos conjuntos de resíduos corrigidos do efeito da correção das constantes orbitais.

Abstract

Uranus and Neptune's observations are compared with theory, by calculating the residues in longitude and latitude for both planets. A set of mean residues is determined for each planet through a weighty average determined from all the residues belonging to the same opposition. A standard deviation and weight are associated to each mean residue. A keplerian analysis is undertaken, leading to small corrections to the orbital constants. A spectral analysis is also accomplished, appointing to some periodicities not explained by white noise. Finally, Planet X hypothesis is investigated according to a method by which one calculates Planet X's effect on Uranus and Neptune's coordinates and compares it to the residues corrected by the effect of the orbital constants' corrections. The most probable Planet X is the one which best fits the residues.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Os Dados	5
2.1 Resíduos Brutos	5
2.2 Resíduos Heliocêntricos	8
2.3 Um Conjunto Simplificado de Resíduos	12
3. Análise dos Resíduos	17
3.1 Correção às Constantes de Integração	17
3.1.1 Método Utilizado	19
3.1.2 Resultados para Urano	22
3.1.3 Resultados para Netuno	24
3.1.4 Validade Local das Correções às Constantes	25
3.2 Análise Espectral dos Resíduos	27
3.2.1 Resultados para Urano antes da Correção às Constantes	30
3.2.2 Resultados para Netuno antes da Correção às Constantes	35
3.2.3 Resultados para Urano após a Correção às Constantes	37
3.2.4 Resultados para Netuno após a Correção às Constantes	43
4. Estudo da Hipótese do Planeta X	45
4.1 Método Utilizado	47
4.2 Resultados para Urano	55
4.3 Resultados para Netuno	60
4.4 Inteseção de Resultados	62
4.5 Efeito da Excentricidade	71
4.6 Efeito da Inclinação	78
4.7 Comentários Finais	82

4.7.1 Localização do Planeta X	82
4.7.2 Magnitude do Planeta X	83
4.7.3 Comparação com outros resultados	84
4.7.4 Análise espectral Final	85
5. Conclusões	86
Apêndice 1	89
Apêndice 2	130
Referências Bibliográficas	131

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata da comparação das observações de Urano e Netuno à teoria VSOP82 de P. Bretagnon (1982). Essa é uma teoria semi-analítica de grande precisão que veio a substituir a teoria de Leverrier nos cálculos de efemérides do Bureau des Longitudes. O ajuste final dessa teoria foi feito de modo a equipará-la à integração numérica DE200 (Standish, 1982), usada nas efemérides do USNO.

A primeira motivação do presente trabalho é, sem dúvida, uma verificação de como a teoria VSOP82 se compara às observações, já que uma comparação direta ainda não havia sido feita. Há que se notar que, indiretamente, a teoria em apreço está ligada às observações pois a integração numérica DE200 está ajustada às observações. No entanto, uma comparação direta não é de forma alguma dispensável. Deve-se acrescentar, ainda, que, para as considerações feitas nesse trabalho, a teoria VSOP82 é suposta isenta de erros.

Uma segunda motivação para o desenvolvimento desse trabalho tem sua origem, sem dúvida, na descoberta do satélite Caronte de Plutão, que permitiu que se determinasse, com boa precisão, a sua massa. Descobriu-se, assim, que ela era bem menor do que anteriormente determinada através da estimação das perturbações que Plutão exercia sobre os outros planetas, principalmente Urano e Netuno. Na verdade, vários valores de massa foram determinados para Plutão desde sua descoberta até hoje (Duncombe and Seidelmann, 1980). Algumas dessas determinações (Duncombe et al., 1968) foram feitas através da Mecânica Celeste, ou seja, determinava-se a massa que fazia com que o somatório dos

quadrados dos resíduos (observado - calculado) nas coordenadas dos planetas perturbados considerados fosse mínimo. Uma vez descoberta a insignificância da massa de Plutão, ele já não entra nos cálculos das perturbações sobre os outros planetas, uma vez que não contribue (dentro dos erros de observação atuais) para um efeito perturbador detectável. Os resíduos encontrados para Urano e Netuno, no entanto, desviam-se de ruído branco consideravelmente. Isso tem sido notado desde o início do século até hoje e, sem Plutão, reabre-se a questão da existência de um eventual outro planeta perturbador desconhecido de massa não desprezível.

Muito se tem escrito sobre o Planeta X, como costuma ser chamado esse planeta hipotético, desde antes da descoberta de Plutão. Através dos resíduos encontrados para Urano e Netuno, Pickering (1928) e Lowell (1915) fizeram previsões sobre o Planeta X. Plutão, na verdade, foi encontrado não muito longe de uma das previsões de Lowell, e acreditava-se, até pouco tempo atrás, que essa descoberta devia-se a 'previsões' da Mecânica Celeste. Atualmente, credita-se a descoberta de Plutão a um trabalho infatigável de Tombaugh (Seidemann e Duncombe, 1982). Ainda depois da descoberta de Plutão, persistiram investigações sobre o Planeta X, já que, mesmo atribuindo-lhe uma massa não desprezível, Plutão não conseguia explicar totalmente as discrepâncias nos resíduos dos planetas exteriores (principalmente Urano e Netuno). Baseado em investigações sobre a órbita do cometa Halley, Brady (1972) determinou um possível Planeta X. Suas conclusões foram refutadas por Seidemann et al. (1972) e por Klemola e Haplan (1972). Mais recentemente, Matese e Whitmire (1986) determinaram parâmetros orbitais para o Planeta X. Suas conclusões são baseadas na hipótese de uma órbita bastante inclinada

(45°) e excêntrica (0.3), cujo periélio teria um movimento que o levaria a atravessar o plano médio do sistema solar no qual estaria situado um disco primordial de cometas. A comparação dessa periodicidade com periodicidades de crateramentos sobre a Terra levou a determinação dos parâmetros da órbita do Planeta X. A hipótese de 'Nemesis', companheira do sol, também vem sendo estudada (Muller, 1985). Em termos de dinâmica orbital, isso equivaleria a um Planeta X de semi-eixo muito grande e de massa enorme, comparada à dos planetas..

Apesar da grande motivação que é a possibilidade da existência de um planeta ainda não descoberto, não se pode creditar os desvios nos resíduos encontrados para Urano e Netuno unicamente a essa hipótese. Uma melhor determinação das constantes orbitais é, sem dúvida, uma possível e, talvez, mais realística explicação para as discrepâncias observadas. Isso é estudado particularmente no capítulo 3 desse trabalho. O capítulo 2 trata da formação dos conjuntos de dados (resíduos) com os quais vai-se trabalhar durante a sequência da tese. No capítulo 3 introduz-se, ainda, uma análise de frequências para a série formada pelos resíduos ao longo do tempo, através da qual descobrem-se algumas periodicidades importantes. Não existe preocupação em se explicar detalhadamente cada periodicidade encontrada. É importante, por outro lado, se ter claro que essas periodicidades são determinadas com probabilidades muito grandes para serem associadas a ruído branco. Finalmente, no capítulo 4, tenta-se associar os resíduos finais (depois da análise do capítulo 3) a perturbações de possíveis Planetas X. Essa é uma análise baseada unicamente em perturbações sobre Urano e Netuno. É original na medida em que não se tem feito ultimamente nenhuma

análise mais profunda sobre o Planeta X, baseada unicamente nas perturbações sobre os planetas exteriores. Tem-se dado preferência a análise de órbitas de cometas, periodicidade de chuva de meteoros, etc. O objetivo desse capítulo não é (necessariamente) encontrar um Planeta X, nem mesmo mostrar que, para achá-lo, esse seria o melhor método. Mais realisticamente, o objetivo dessa análise é o de se desenvolver, da maneira mais completa possível, o método descrito no capítulo 4 e compará-lo com outros resultados a fim de se averiguar possíveis concordâncias e, ainda, verificar o que se pode afirmar sobre o Planeta X, baseado estritamente em sua possível perturbação sobre Urano e Netuno.

2. OS DADOS

2.1. Resíduos Brutos

Os dados utilizados neste trabalho são conjuntos de resíduos (observado - calculado) em longitude e latitude para Urano e Netuno.

As observações foram fornecidas por P.K.Seidelmann do Observatório Naval dos Estados Unidos. Elas formam um conjunto de cerca de 5940 coordenadas geocêntricas aparentes observadas para Netuno e cerca de 4100 para Urano. Essas observações estão na forma de ascensão reta e declinação e provêm de vários observatórios que sistematicamente observaram os planetas aqui considerados durante uma certa época desde suas descobertas até 1982. Algumas observações pré-descoberta estão aí incluídas mas não serão utilizadas nas análises feitas a partir do capítulo 3. As observações estão reduzidas ao sistema do FK5, ou seja, ao equador e equinócio J2000.

A teoria utilizada para comparação com as observações é a teoria VSOP82 de P.Bretagnon (1982). Ela veio a substituir, junto com a teoria TOP82 (Simon, 1983), as teorias de Leverrier no cálculo das efemérides do Sol e planetas que são publicadas desde 1984 pelo Bureau des Longitudes. A VSOP82 é uma teoria semi-analítica desenvolvida até a 3ª ordem nas massas de todos os planetas. Perturbações até 6ª ordem, obtidas por um método iterativo completam a teoria dos quatro planetas exteriores. São ainda incluídos termos relativísticos. As constantes de integração são determinadas por ajuste à integração numérica DE200 do JPL (Standish, 1982).

As efemérides fundamentais na teoria VSOP82 são construídas

usando um sistema de cálculo automático de efemérides, denominado EPHAUT (Francou et al., 1983). Nesse sistema estão incluídas novas teorias (como a VSOP82 para os planetas), como também as novas resoluções adotadas pela IAU, a partir de sua assembléia geral em 1976. Essas resoluções incluem um novo sistema de constantes e parâmetros astronômicos, uma nova época e um novo equinócio (J2000), um novo sistema fundamental de referência, uma nova teoria de nutação e recomendações sobre como fazer as correções de precessão e aberração. Os cálculos das efemérides é feito através da representação de Tchebichev e está disponível em fitas magnéticas do Bureau des Longitudes.

Para uma melhor análise dos resíduos, são consideradas coordenadas eclípticas ao invés de equatoriais. Assim sendo, as ascensões retas e declinações aparentes geocêntricas observadas são transformadas em longitude e latitude aparentes geocêntricas observadas. Essas transformações são clássicas e, para efetuá-las, são utilizadas subrotinas do Bureau des Longitudes— sistema EPHAUT— fisicamente incluídas na mesma fita magnética que contém os coeficientes de Tchebichev. Nesse processo alguns dados são perdidos já que existem várias observações só em ascensão reta ou só em declinação, sendo, neste caso, impossível calcular as longitudes e latitudes resultantes. Finalmente, através de subrotinas do sistema EPHAUT e dos coeficientes de Tchebychev acima mencionados, calculam-se as longitudes e latitudes referidas ao equador e equinócio J2000, para as datas correspondentes às observações. Subtraem-nas, então, das longitudes e latitudes observadas, já previamente reduzidas ao mesmo sistema. São, desta forma, estabelecidos quatro conjuntos de

resíduos brutos, quais sejam, resíduos em longitude para Urano, resíduos em latitude para Urano, resíduos em longitude para Netuno e resíduos em latitude para Netuno.

2.2. Resíduos Heliocêntricos

A figura 1 mostra a evolução dos resíduos heliocêntricos ao longo do tempo, tanto para Urano quanto para Netuno. Até aqui, os resíduos calculados eram geocêntricos, porém, nas análises a serem feitas nos capítulos seguintes, devem ser considerados resíduos em coordenadas heliocêntricas ao invés de geocêntricas. A passagem de resíduos geocêntricos para resíduos heliocêntricos é aproximada e se deduz a seguir.

Na figura 2 temos:

S → Sol

P → Planeta (Urano ou Netuno)

T → Terra

P' → projeção de P na eclíptica (STP' define o plano da eclíptica)

r_p → raio vetor do planeta

ρ → projeção de r_p na eclíptica

D → TP'

$$\alpha = L_p - L_T \left\{ \begin{array}{l} L_p \rightarrow \text{longitude heliocêntrica do planeta} \\ L_T \rightarrow \text{longitude heliocêntrica da Terra} \end{array} \right.$$

$$\lambda = 180^\circ - (l_s - l) \left\{ \begin{array}{l} l \rightarrow \text{longitude geocêntrica do Planeta} \\ l_s \rightarrow \text{longitude geocêntrica do Sol} \end{array} \right.$$

b → latitude geocêntrica do Planeta

B → latitude heliocêntrica do Planeta

Do triângulo SP'T, temos:

$$\text{sen}(\gamma) = \frac{\text{sen}(\lambda)}{\rho}, \text{ onde } \rho \text{ é medido em UA} \quad (1)$$

Diferenciando (1), vem:

$$\cos(\gamma) d\gamma = \frac{\cos(\lambda)}{\rho} d\lambda - \frac{\text{sen}(\lambda)}{\rho^2} d\rho$$

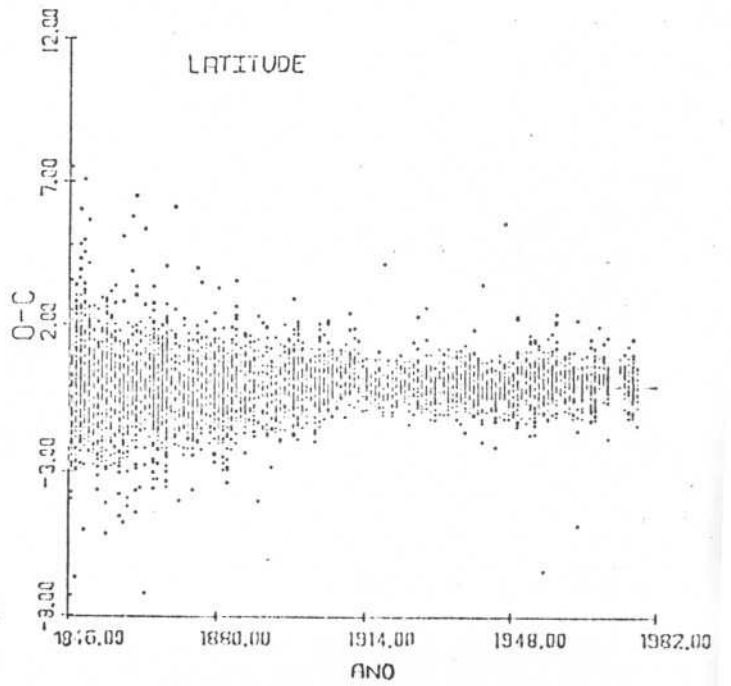
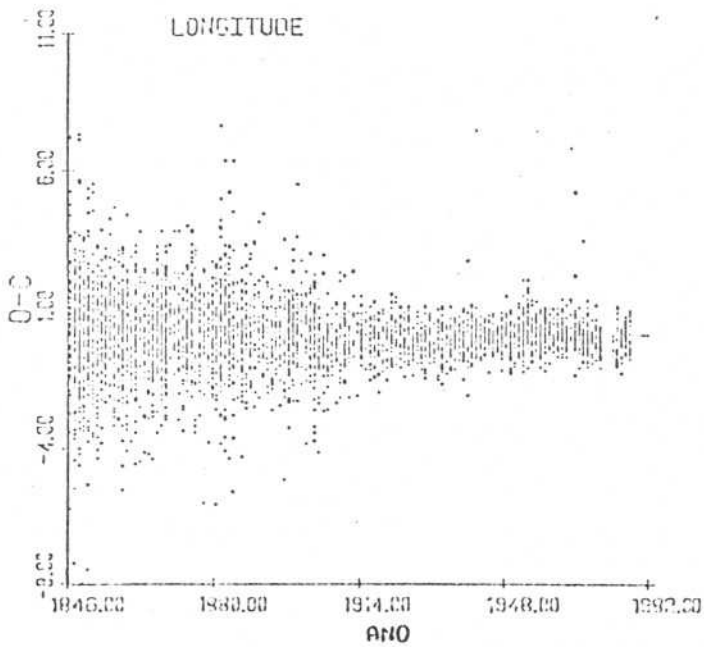
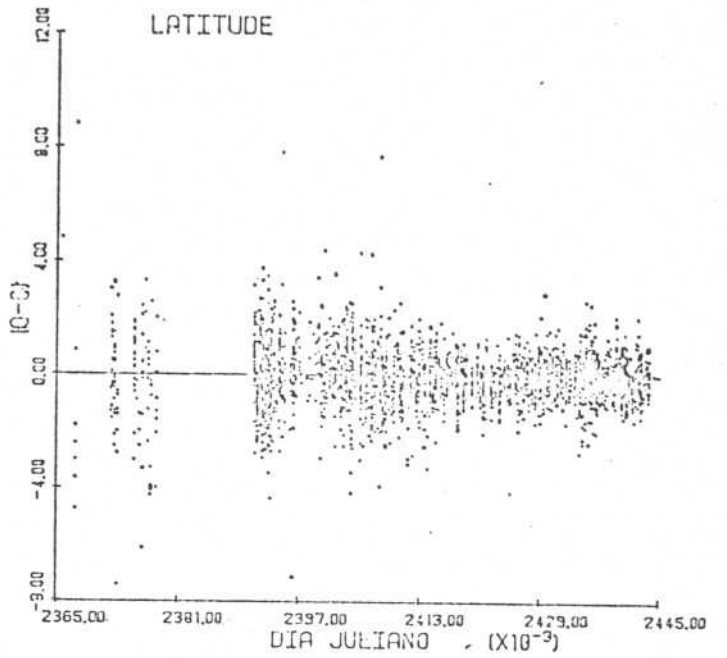
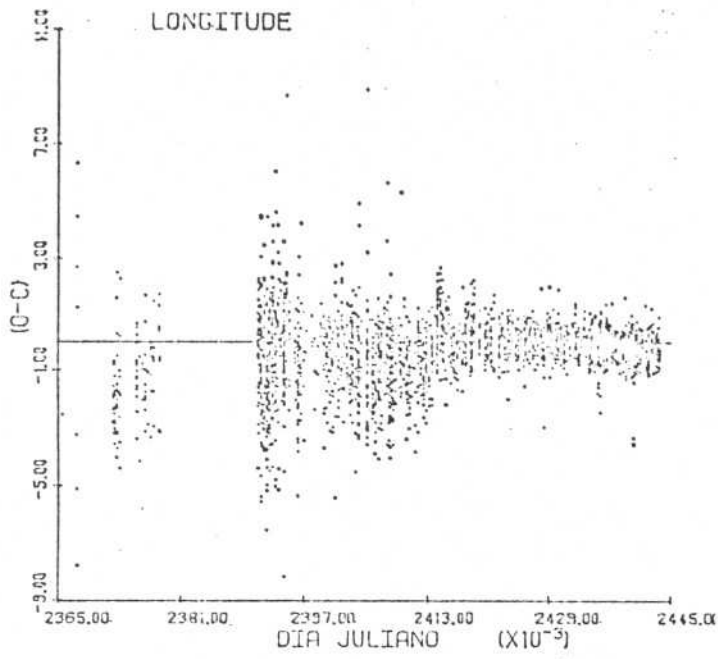


FIGURA 1: resíduos (observado - calculado) para Urano e Netuno.

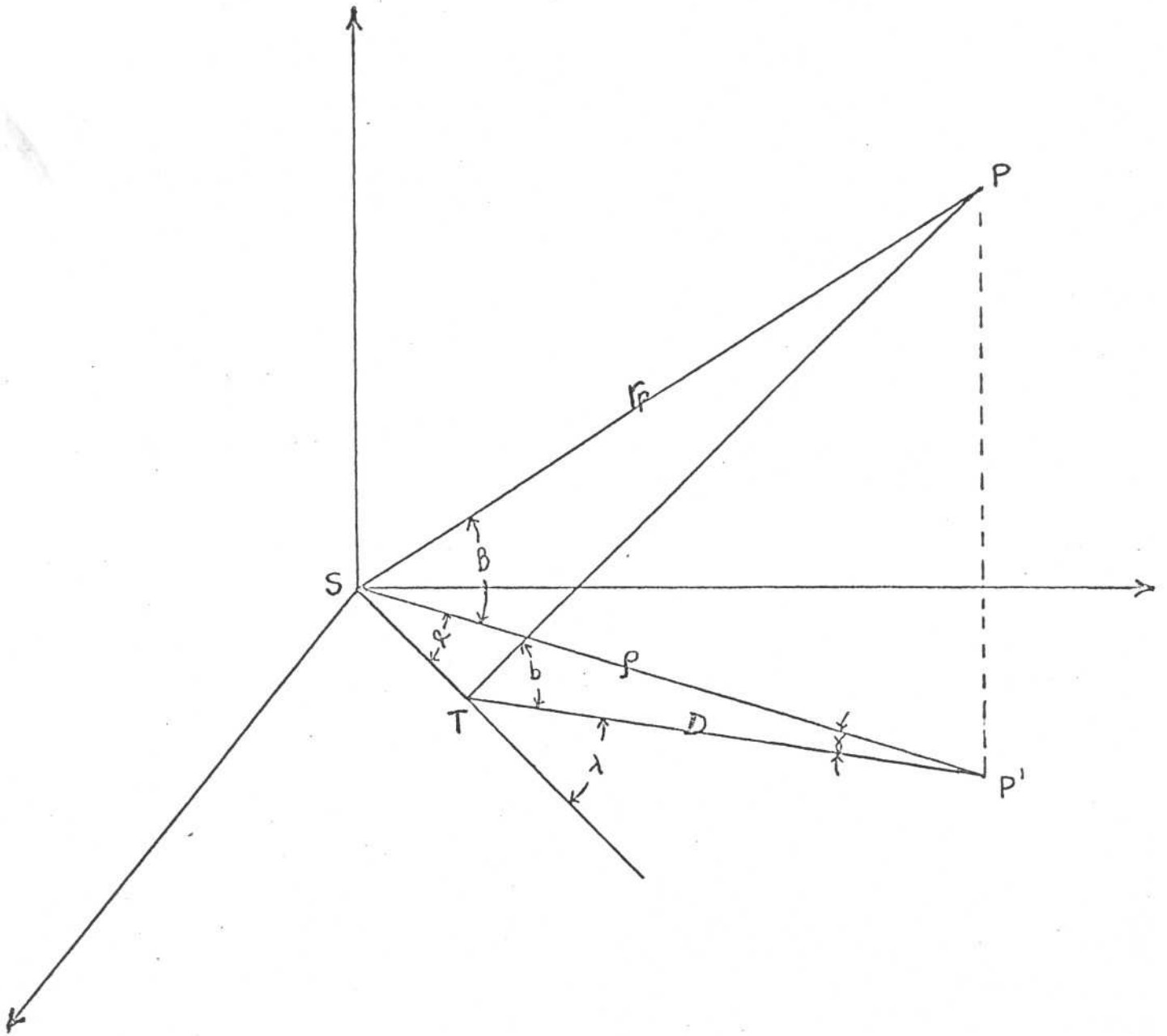


FIGURA 2: transformação de resíduos geocêntricos em resíduos heliocêntricos.

Considerando $d\gamma = d\lambda - d\alpha = dl - dl$, e as aproximações $\cos(\gamma) \sim 1$

e $\rho \sim r_p$, chegamos a:

$$\Delta L = \left[1 + d \cdot \cos(l_s - l) + O(d^2) \right] \Delta l + d^2 \cdot \sin(l_s - l) \cdot \Delta r_p + O(d^3) \Delta r_p$$

$$\text{onde } d = \frac{1}{r_p} \sim \begin{cases} \frac{1}{20} & \text{para Urano} \\ \frac{1}{30} & \text{para Netuno} \end{cases}$$

Δr_p seria o resíduo em raio vetor. Como este não é medido, Δr_p é desconhecido. No entanto, assume-se que $d^2 \cdot \Delta r_p$ é pequeno e considera-se apenas:

$$\Delta L = \Delta l \cdot \left[1 + d \cdot \cos(l_s - l) \right] \quad (2)$$

Para latitude, deduz-se a seguinte expressão, da figura 2:

$$\frac{\text{tg}(B)}{\text{tg}(b)} = \frac{D}{\rho}$$

Como b e B são pequenos, podemos escrever:

$$B = \frac{D}{\rho} \cdot b$$

Do triângulo STP', temos:

$$D^2 = 1 + \rho^2 - 2 \cdot \rho \cdot \cos(\alpha)$$

$$\text{ou } \frac{D}{\rho} = \sqrt{1 - \frac{2}{\rho} \cdot \cos(\alpha) + \frac{1}{\rho^2}}$$

ou, aproximadamente:

$$\frac{D}{\rho} = 1 - d \cdot \cos(L - L_T)$$

Finalmente:

$$\Delta B = \Delta b \cdot \left[1 - d \cdot \cos(L - L_T) \right] \quad (3)$$

Com as relações (2) e (3) transformamos resíduos geocêntricos Δl e Δb em resíduos heliocêntricos ΔL e ΔB .

2.3 Um Conjunto simplificado de Resíduos

No apêndice 1 pode ser visto um resumo dos resíduos apresentados na figura 1. Nesse apêndice, são apresentados, para cada oposição de Urano e Netuno e cada observatório, um dia juliano médio referente à oposição, um resíduo médio, seu desvio-padrão, o número de observações que geraram o resíduo médio, o desvio-padrão de uma observação isolada e o mês e ano correspondentes ao dia juliano médio. A tabela 1 dá uma visão mais simplificada do que é apresentado no apêndice 1. Aí, as observações são separadas por observatórios e épocas e, para cada conjunto observatório/época são apresentados o número de observações e o desvio-padrão de uma observação isolada (σ_1) para o início e o fim de cada época. Como pode ser notado, a qualidade das observações melhora para épocas mais recentes, como esperado. Na verdade os σ_1 iniciais e finais são determinados através de um ajuste de reta à série formada pelos desvios-padrões σ_1 , calculados para cada oposição do planeta em apreço. Assim sendo, em uma oposição, se as observações estiverem concentradas em torno do centro da oposição, o desvio-padrão resultante tenderá a ser menor. Conclui-se daí que a associação de desvios-padrões pequenos a boas observações não deve ser tomado como indicador absoluto de qualidade das observações feitas.

A massa de dados representados na figura 1 não será utilizada nas análises feitas a partir do capítulo seguinte. No seu lugar, serão calculados conjuntos de dados mais simplificados em que apenas um resíduo médio responderá por cada oposição de cada

ΤΑΒΕΛΑ 1
URANU

OBSERVAT.			LONGITUDE			LATITUDE		
N.URS	ΕΠΟΥΑ	SIGF.	N.URS	ΕΠΟΥΑ	SIGF.	N.URS	ΕΠΟΥΑ	SIGF.
1	53	0.61	1928.75-1934.92	0.33	1	53	1928.75-1934.92	0.78
2	100	0.43	1909.58-1922.83	0.57	2	100	1909.58-1922.83	0.56
3	70	1.04	1884.17-1892.17	0.57	3	70	1884.17-1892.17	0.81
4	33	0.50	1864.00-1865.92	1.14	4	33	1864.00-1865.92	0.65
5	115	1.28	1782.00-1876.17	1.39	5	118	1782.00-1876.17	1.75
6	742	0.50	1899.42-1969.17	0.21	6	741	1899.42-1969.17	0.69
7	135	1.06	1890.33-1910.67	0.52	7	135	1890.33-1910.67	0.51
8	286	1.02	1866.08-1887.33	0.75	8	289	1866.08-1887.33	0.95
10	368	1.33	1844.58-1881.25	1.21	10	367	1844.58-1881.25	1.07
11	319	0.30	1951.08-1976.25	0.53	11	317	1951.08-1976.25	0.60
12	412	0.79	1895.33-1943.83	0.31	12	412	1895.33-1943.83	0.51
13	139	1.80	1836.67-1844.67	1.56	13	139	1836.67-1844.67	1.49
14	325	0.44	1935.92-1958.17	0.54	14	325	1935.92-1958.17	0.55
15	390	1.70	1833.67-1869.00	0.90	15	391	1833.67-1869.00	1.09
16	127	0.83	1889.25-1955.17	0.31	16	126	1889.25-1955.17	0.82
20	175	0.39	1955.33-1974.33	0.32	20	177	1966.33-1974.33	0.31

ΝΕΤΙΩΝΟ

OBSERVAT.			LONGITUDE			LATITUDE		
N.URS	ΕΠΟΥΑ	SIGF.	N.URS	ΕΠΟΥΑ	SIGF.	N.URS	ΕΠΟΥΑ	SIGF.
3	132	1.63	1846.83-1865.75	1.26	3	133	1846.83-1865.75	1.34
4	415	2.28	1846.83-1888.92	0.54	4	426	1846.83-1888.92	1.88
5	537	0.83	1895.00-1944.25	0.21	5	539	1895.00-1944.25	0.48
6	759	0.39	1899.92-1976.33	0.32	6	758	1899.92-1976.33	0.53
7	337	1.45	1846.83-1868.75	1.07	7	337	1846.83-1868.75	1.21
8	521	0.37	1935.33-1958.25	0.56	8	311	1935.33-1958.25	0.33
9	2008	1.31	1946.75-1953.33	0.49	9	2003	1946.75-1953.33	1.17
10	988	1.64	1846.75-1933.25	0.77	10	1004	1846.75-1933.25	1.27
11	81	0.71	1940.33-1976.33	0.40	11	105	1940.33-1976.33	0.35
14	16	0.31	1954.33-1956.33	0.41	14	16	1954.33-1956.33	0.82
20	84	0.33	1966.42-1974.42	0.47	20	84	1966.42-1974.42	0.39

ΟΔΩΤΩΝ ΤΩΝ ΟΒΣΕΡΒΑΤΩΡΙΩΝ

- | | | | |
|---|-------------------|----|--------------|
| 1 | UCLE | 10 | PARIS |
| 2 | TRULOUSE | 11 | TOKIO |
| 3 | STRASBOURG | 12 | 9-INCH USNO |
| 4 | MARAL CIRCLE USNO | 13 | FUJINURUJUCH |
| 5 | MADCLIFFE | 14 | CAPE |
| 6 | 9-INCH USNO | 15 | CAMBRIDGE |
| 7 | NIJF | 16 | HELSENGEN |
| 8 | 8-INCH USNO | 20 | BORDEAUX |
| 9 | GREFENWICH | | |

planeta. Associado a esse resíduo haverá um desvio-padrão médio. Esses conjuntos de resíduos e desvios-padrões são calculados segundo a seguinte rotina (para cada planeta/ tipo de coordenada):

i) para cada observatório e oposição é calculado um resíduo r_m médio (média aritmética simples). Associa-se a esse resíduo médio um desvio-padrão (da média) dado por $s = \sqrt{\frac{\sum (r_i - r_m)^2}{(n-1).n}}$, em que os r_i são os resíduos da figura 1 e n é o número de resíduos do conjunto observatório-oposição considerado.

ii) rejeitam-se os resíduos que possam estar associados a observações com erros grosseiros. Para tanto estabelece-se um limite ($=3s$), segundo o qual se $|r_i - r_m| \geq 3s$, r_i é rejeitado. Após a eliminação desses resíduos excessivamente grandes, o processo (i) é repetido, seguido de (ii) tantas vezes quantas necessárias até não haver mais resíduos a serem rejeitados.

iii) o passo (ii) tende a baixar os desvios-padrões altos devido a erros grosseiros. Porém, um conjunto observatório-oposição pode apresentar um desvio-padrão alto para a época considerada, sem que haja, necessariamente, resíduos associados a erros grosseiros. O 3º passo é, então, rejeitar esses conjuntos observatório-oposição, se o desvio-padrão a ele associado difere do desvio-padrão médio da época de um certo valor limite. Para a determinação do desvio-padrão médio da época, ajusta-se uma curva (2º grau) aos desvios-padrões de todos os conjuntos observatório-oposição ao longo do tempo (cada s estará associado a uma data média obtida por média aritmética simples). O desvio-padrão médio para cada época, base para a rejeição acima referida, é determinado através da

ordenada dessa curva.

iv) calcula-se, finalmente, um resíduo médio por oposição. Isso é feito através de uma média ponderada dos resíduos médios dos observatórios na oposição considerada. O peso será dado pelo inverso da variância que é o quadrado do desvio-padrão ($p = \frac{1}{s^2}$). Associa-se a cada resíduo médio por oposição um desvio-padrão resultante s_f dado por: $\frac{1}{s_f^2} = \sum \frac{1}{s_i^2}$.

O conjunto de dados assim obtido inclui um resíduo médio e um desvio-padrão por oposição. Os quatro conjuntos assim obtidos (Urano e Netuno, longitude e latitude) estão representados na figura 3.

A principal vantagem desses novos conjuntos de dados em relação aos representados na figura 1 é a sua simplificação. De fato, as análises feitas a partir do capítulo seguinte ficam bastante simplificadas (em termos de tempo de computador) quando se usa um único resíduo médio por oposição. Particularmente, os cálculos feitos no capítulo 4 seriam impraticáveis com um conjunto não tratado como os da figura 1. Por outro lado, pouca coisa ou nada se perde com as simplificações. Realmente, nas análises a serem feitas, o que interessa é a evolução dos resíduos ao longo de um tempo razoável, e não a sua variação dentro de uma oposição.

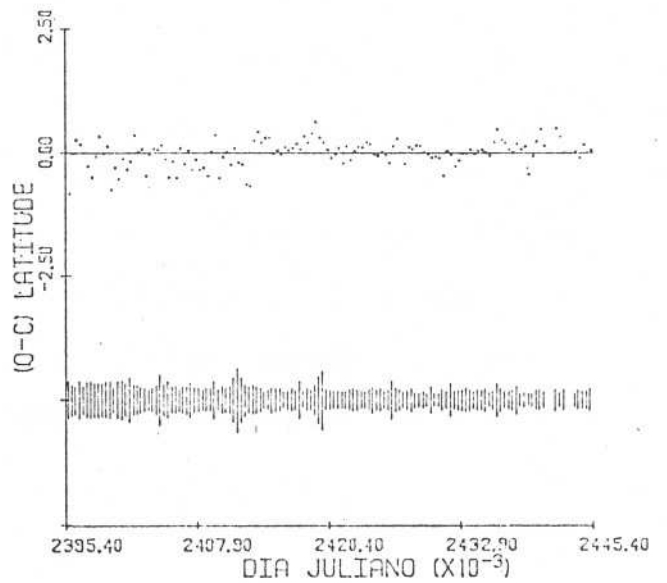
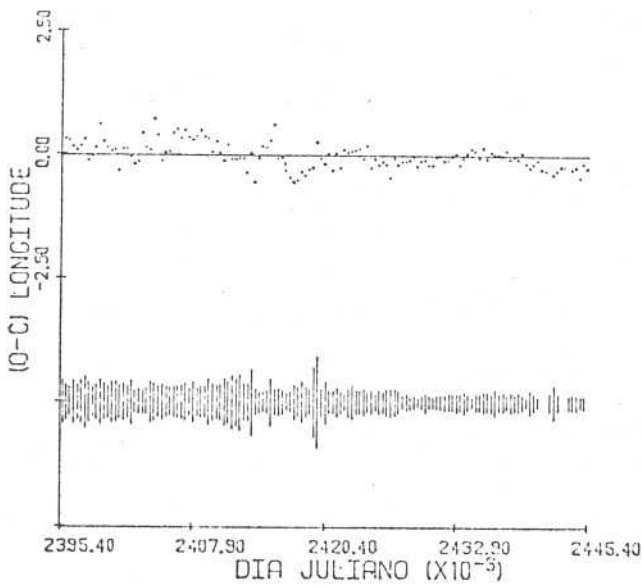
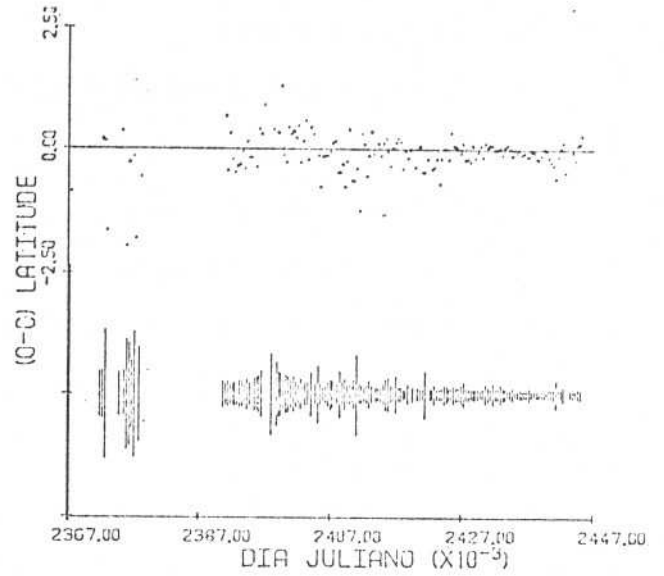
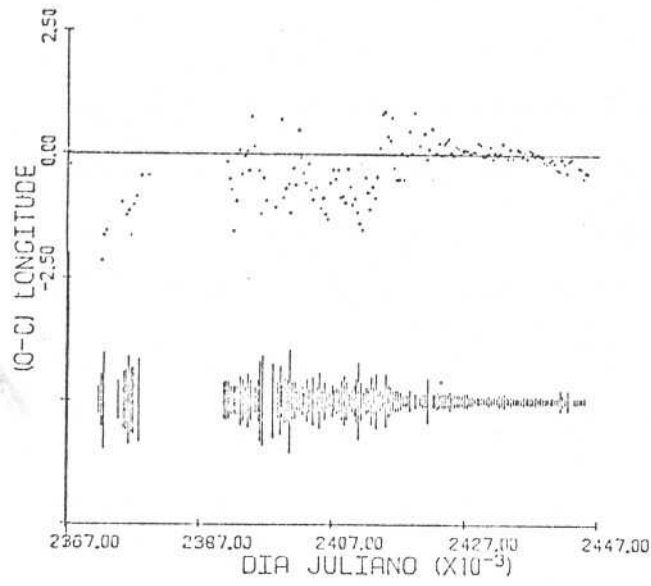


FIGURA 3: resíduos médios por oposição e seus respectivos desvios padrões (representados pelas barras), para Urano (acima) e Netuno.

3. ANÁLISE DOS RESÍDUOS

3.1 Correção das constantes de integração

Em uma teoria planetária, as constantes de integração são determinadas quando se faz o ajuste da mesma às observações. No caso da teoria considerada nesse trabalho (VSOP82), esse ajuste não foi feito diretamente às observações, mas sim à integração numérica DE200. Isso posto, torna-se evidente a utilidade de um processo de correção das constantes orbitais determinadas pela teoria VSOP82, a fim de melhor ajustá-las às observações.

Há que se notar que a determinação de constantes de integração para uma teoria é um processo local, no sentido de que, uma vez obtidas observações mais recentes, um novo ajuste (incluindo as novas observações) faz-se necessário. Esse novo ajuste determinará novas constantes de integração mais ou menos semelhantes às anteriores. Serão mais semelhantes na medida em que menos local for a teoria, ou seja, quanto melhor for a teoria para calcular as coordenadas dos planetas não só dentro do intervalo que abrange as observações, como também fora desse intervalo, ou ainda, em outras palavras, quanto melhor for a teoria como preditora do movimento do planeta. Se os valores das constantes de integração mudam razoavelmente quando são acrescentadas novas observações, pode-se sugerir a seguinte causa:

- As novas observações são de precisão bem maior do que as anteriores (principalmente as mais antigas) que faziam com que a teoria (no que concerne o efeito das constantes de integração) estivesse pouco precisa em função de observações pouco precisas. Neste caso, a tendência, com o acúmulo de novas

observações precisas, será a de haver uma convergência das constantes determinadas para valores fixos que seriam os teoricamente corretos.

3.1.1 MÉTODO UTILIZADO

É aplicado o método dos mínimos quadrados para a correção das constantes orbitais. Examinaremos, primeiramente, o caso da longitude.

A longitude verdadeira (ϑ) é definida em função dos elementos orbitais através de:

$$\vartheta = \lambda + 2.e.\text{sen}(\lambda - \varpi) + \frac{5}{4}.e^2.\text{sen}2(\lambda - \varpi) + O(e^3) \quad (4)$$

onde $\lambda = \varepsilon + n.t$ é a longitude média

e é a excentricidade

ϖ é a longitude do periastro

Correções aos elementos orbitais, vistos como constantes, introduzirão uma correção à longitude verdadeira dada por:

$$\Delta\vartheta = \Delta\varepsilon + \Delta n.t + 2.\Delta e.\text{sen}(\lambda - \varpi) - 2.e.\Delta\varpi.\text{cos}(\lambda - \varpi) + \frac{5}{2}.e.\Delta e.\text{sen}2(\lambda - \varpi) - \frac{5}{2}.e^2.\Delta\varpi.\text{cos}(\lambda - \varpi) + O(e^3) \quad (5)$$

Num caso mais geral, os elementos orbitais não são constantes, mas são funções de constantes relativas aos planetas perturbados e perturbadores. Assim sendo, se σ é qualquer um desses elementos, temos:

$$\sigma = \sigma(\varepsilon_i, n_i, e_i, \omega_i)$$

para i correspondendo a cada planeta considerado. Dessa forma, uma variação em σ é dada por:

$$\Delta\sigma = \sum_i \frac{d\sigma}{d\varepsilon_i} \Delta\varepsilon_i + \frac{d\sigma}{dn_i} \Delta n_i + \frac{d\sigma}{de_i} \Delta e_i + \frac{d\sigma}{d\omega_i} \Delta\omega_i$$

As derivadas $d\sigma/d\sigma_i$ em primeira ordem das massas podem ser encontradas em Simon e Bretagnou (1975b). A análise dos mínimos quadrados, considerando esse modelo perturbado até 1ª ordem mostrou, no entanto, não trazer resultados melhores (mais significativos do ponto de vista estatístico) do que com a utilização de um modelo simplesmente kepleriano. Assim sendo,

considera-se a equação (5) para correção dos elementos ε, n, e e ω . Essas correções são feitas de tal forma que $\sum_i (\Delta\vartheta_i - l_i)^2 p_i$ seja mínimo. Aí, l_i são os resíduos médios em longitude apresentados na figura 3 e calculados segundo a rotina do capítulo 2, seção 3. O peso p_i é o quadrado do inverso do desvio-padrão associado a l_i ; $\Delta\vartheta_i$ é o $\Delta\vartheta$ da equação (5) calculado para o argumento t_i associado a l_i . O resultado da aplicação do método em apreço fornecerá as correções a $\varepsilon, n, "e"$ e ω , associados às quais serão calculados, ainda, os respectivos desvios-padrões. Define-se, também, um parâmetro R para a medição da qualidade do ajuste através de $R = 1 - (\sum_i v_i^2 p_i) / (\sum_i l_i^2 p_i)$, onde os v_i são novos resíduos resultantes da aplicação do modelo de correção dos mínimos quadrados. Há que se considerar, ainda, que $\Delta\vartheta_i$ e l_i diferem, em suas definições, pelo fato de l_i ser medido em relação ao plano da eclíptica e ϑ_i ser referido ao plano orbital de Urano ou Netuno. A diferença relativa teórica entre as duas quantidades será da ordem do quadrado da inclinação orbital do planeta considerado. No caso de Urano, essa inclinação (média) é da ordem de 45' e, para Netuno, 1° 45'. Em ambos os casos, a diferença entre $\Delta\vartheta_i$ e l_i pode ser desprezada.

Para o caso da latitude, consideramos a sua relação com os elementos orbitais:

$$\text{sen}(B) = \text{sen}(I) \cdot \text{sen}(\vartheta - \Omega) \quad (6)$$

onde B é a latitude heliocêntrica

I é a inclinação da órbita

ϑ é a longitude verdadeira já definida

e Ω é a longitude do nodo ascendente

Em forma de diferenças, (6) se escreve:

$$\cos(B).\Delta B = \cos(l).\text{sen}(\vartheta-\Omega).\Delta l - \text{sen}(l).\cos(\vartheta-\Omega).\Delta(\vartheta-\Omega) \quad (7)$$

Aplicamos o método dos mínimos quadrados que calculará Δl , $\Delta\Omega$ e $\Delta\vartheta(\Delta\varepsilon, \Delta n, \Delta e, \Delta\omega)$ (dado por (5)) que fazem mínimo o somatório $\sum(\Delta B_i - a_i)^2 \cdot p_i$, onde a_i são os resíduos em latitude e p_i seus pesos associados, de acordo com o calculado pela rotina da seção 2.3.

3.1.2 RESULTADO DA ANÁLISE KEPLERIANA PARA URANO

Segundo o exposto em 3.1.1, calculam-se as correções das constantes orbitais para Urano, seus desvios-padrões associados e o parâmetro R . Isso pode ser visto na tabela 2. As correções são pequenas, em geral, sendo as relativas aos elementos planos mais significativas do que as obtidas para os elementos espaciais. Esse fato é corroborado pelos valores do parâmetro R que, no caso da latitude, é muito baixo (0.02), indicando, assim, que pouca diferença faz a correção a I e Ω . As correções aos elementos planos que poderiam ser calculadas pela análise kepleriana para latitude, segundo a equação (7), não foram consideradas, pois apresentavam desvios-padrões maiores que as próprias correções e entravam em conflito (eram bem diferentes) com as correções obtidas com a análise kepleriana para longitude.

TABELA 2

ELEMENTO	URANO		NETUNO	
	CORREÇÃO	DESVIO-PADRÃO	CORREÇÃO	DESVIO-PADRÃO
LONG. INICIAL	0.18"	0.05	-0.25"	0.03
MOV. MEDIO	0.0036"/ANO	0.0007	-0.0028"/ANO	0.0005
EXCENTRICIDADE	-0.24E-6	0.07E-6	-	-
LONG. PERT.	2.43"	0.35	-	-
INCLINACAO	-0.04"	0.03	0.05"	0.03
LONG. NODO	-2.32"	2.17	-1.52"	0.95

PARÂMETRO R	URANO		NETUNO	
	URANO	NETUNO	URANO	NETUNO
LONGITUDE	38%	32%	38%	32%
LATITUDE	2%	5%	2%	5%

3.1.3 RESULTADO DA ANÁLISE KEPLERIANA PARA NETUNO

A tabela 2 dá, ainda, os resultados para Netuno. As correções para excentricidade e longitude do periélio não são apresentadas porque não eram estatisticamente significativas (significância estatística, aqui, é considerada quando o desvio-padrão é menor do que o módulo da correção a que ele está associado). As correções para ε e "n" são significativas e da ordem de grandeza daquelas obtidas para Urano. Há que se notar que é aplicado o MMQ uma vez considerando-se os 4 elementos planos. Uma vez verificada a insignificância estatística das correções a "e" e ω , essas variáveis são deixadas de lado numa nova aplicação do método, considerando-se apenas ε e "n" para serem corrigidos. São os resultados dessa segunda aplicação do método que são apresentados na tabela 2. As correções a I e Ω são pouco significativas (desvio-padrão pouco menor que o módulo da correção) porém mais do que no caso de Urano. O valor de R para latitude confirma esse fato. A mesma observação, feita para Urano, quanto às correções aos elementos planos, partindo-se da análise para latitude, é válida no caso de Netuno.

3.1.4 COMENTÁRIOS SOBRE A VALIDADE LOCAL DAS CORREÇÕES AS CONSTANTES ORBITAIS

Conforme assinalado no começo da seção 3.1, as correções das constantes de integração é um processo local. A fim de se verificar até que ponto essa afirmação é correta, aplicou-se o MMQ para correção das constantes orbitais planas de Urano, considerando-se as séries de resíduos original, subtraídas dos N últimos pontos, para $N=0$ até $N=9$. O resultado desse teste é apresentado na tabela 3. Por aí, verifica-se que as correções apresentadas na tabela 2 são válidas para a exata série de resíduos considerada. A exclusão dos 5 últimos pontos muda razoavelmente as correções, principalmente a excentricidade que troca de sinal e torna-se, na verdade, estatisticamente insignificante. Se mais 5 pontos são tirados, Δe chega quase ao limite de significância, porém, ainda, com sinal negativo. As outras correções são mais estáveis; no entanto, ainda confirmam a hipótese da validade local da análise kepleriana.

TABELA 3

N ÚLTIMOS PUNTOS TIRADOS	LONG. INICIAL		MOV. MÉDIO		EXCENTRICIDADE		LONG. PERI.	
	COR. "	SIGMA	COR. "/DIA*10E-5	SIGMA	CUR. *10E-7	SIGMA	CUR. "	SIGMA
9	0.39	0.05	1.62	0.20	0.79	0.80	2.90	0.32
8	0.39	0.05	1.62	0.20	0.77	0.79	2.90	0.32
7	0.38	0.05	1.58	0.20	0.56	0.79	2.90	0.32
6	0.36	0.05	1.54	0.19	0.32	0.77	2.88	0.32
5	0.36	0.05	1.54	0.19	0.30	0.76	2.88	0.32
4	0.32	0.05	1.43	0.19	-0.31	0.74	2.80	0.32
3	0.29	0.05	1.33	0.19	-0.86	0.73	2.71	0.33
2	0.23	0.05	1.18	0.20	-1.68	0.73	2.58	0.34
1	0.21	0.05	1.10	0.20	-2.11	0.72	2.50	0.35
0	0.18	0.05	1.04	0.20	-2.42	0.71	2.43	0.35

3.2 Análise espectral dos resíduos médios por oposição

Se os erros de observação se limitam a erros acidentais, como é suposto, e se a teoria utilizada é suficientemente precisa para descrever o movimento dos planetas, os resíduos entre observação e cálculo deverão ser pontos que seguem uma distribuição de Gauss de média zero e desvio-padrão variável conforme a época. Assim sendo, qualquer desvio dos resíduos de um processo gaussiano, que denomina-se ruído branco, será creditado a deficiências na teoria. Aqui, "teoria" não significa o particular método desenvolvido por Bretagnon, mas o conjunto das constantes de integração utilizadas por Bretagnon, como também o modelo de forças perturbadoras adotado e as massas adotadas para os planetas. Uma inexatidão na determinação das constantes orbitais ou nas massas dos planetas perturbadores acarretará uma imprecisão na teoria, vista como instrumento de cálculo preciso das coordenadas dos planetas. Incorreção no modelo de forças perturbadoras pode significar, por exemplo, a não consideração de uma "massa" desconhecida (Planeta X) suficientemente grande para causar desvios orbitais mensuráveis.

Um dos objetivos da análise espectral dos resíduos é, justamente, verificar se eles comportam-se como ruído branco ou não. Essa análise testa se a série temporal (no nosso caso, os resíduos ao longo do tempo) se ajusta bem a alguma função periódica de frequência ω .

Há vários métodos de análise espectral, que podem ser encontrados na literatura científica. O mais simples é a transformada de Fourier finita, à qual se associa um estimador F

dado por:

$$F(\omega) = \sum_{j} f(t_j) \cdot \exp(2\pi i \omega t_j)$$

Esse método, ainda que simples, não se aplica bem às séries em que os dados temporais não são igualmente espaçados, bem como nos casos em que se consideram pesos associados aos resíduos (ver Ferraz Mello, 1980). No caso em pauta, a diferença Δt entre duas abscissas consecutivas é aproximadamente constante igual a 1 período sinódico do planeta considerado, havendo pequenas variações em Δt (t_i não é tomado exatamente na oposição do planeta, mas numa data que é a média dos instantes de observação). Essas pequenas flutuações não inviabilizariam o uso dos métodos clássicos, mas, além disso, devemos considerar que existem alguns buracos nas séries, ou seja, oposições sem resíduos associados, e, principalmente, o fato da análise ser feita ponderadamente. Como consequência, deixaram-se de lado os métodos mais simples, adotando-se um método mais genérico, que funciona bem para observações desigualmente espaçadas elaborado por Ferraz Mello (1980). Esse é o método utilizado nas análises de frequência empreendidas nesse trabalho. Esse método define um estimador $S(\omega)$, que varia entre 0 e 1. Quanto maior for $S(\omega)$, melhor a frequência ω se ajustará aos dados, ou seja, haverá uma função do tipo $a+b \cdot \cos(\omega t) + c \cdot \sin(\omega t)$ que se ajusta bem aos resíduos. O método é aplicado aos 4 conjuntos de resíduos definidos na seção 2.3 e os modificados em função das correções das constantes orbitais. Deve-se lembrar, aqui, que o método é aplicado levando-se em conta o peso (igual ao inverso da variância) associado a cada resíduo. As figuras 4 e 6 mostram a variação de S para esses conjuntos de resíduos.

Para abscissa escolheu-se o período ao invés da frequência. Este é considerado a partir de 6 anos. Como Δt é aproximadamente 1 ano, é inútil se pesquisar periodicidades menores ou pouco maiores que o Δt incluso nas séries.

3.2.1 RESULTADO DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA PARA URANO ANTES DA CORREÇÃO DAS CONSTANTES ORBITAIS

Na figura 4 podemos ver a variação de S para a longitude de Urano. Os resultados associados a essa figura podem ser verificados na tabela 4. Estão aí incluídos, para cada série, os períodos relativos aos maiores picos de S , os valores de S e uma confiabilidade associada ao valor de S . O significado dessa confiabilidade pode ser encontrado em Quast et al. (1983) e Ferraz-Mello e Quast(1987). Ela é calculada a partir de uma fórmula deduzida de experimentos simulados com dados aleatórios. Quando se gera uma série temporal com dados aleatórios e aplica-se a análise de frequência a essa série, teremos como resultado uma função $S(\omega)$. Os picos dessa função, no entanto, tenderão a ser menores do que para uma série não restrita a ruído branco. As confiabilidades apresentadas na tabela 4 são, justamente, os complementares para 100% das probabilidades de se ter um pico tão alto quanto o encontrado, se a série fosse limitada a ruído branco. Daí, verificamos que, para a longitude de Urano, existem 2 picos para S que dificilmente seriam obtidos só com ruído branco. Conclui-se daí que a série em apreço não se restringe a um processo gaussiano. O significado de cada período obtido não pode ser esclarecido facilmente. Eles podem ser resultados de combinações de vários períodos, camuflados, ainda, pelo ruído branco. Sobre o período de 262 anos, pode-se afirmar que não é um período bem definido, uma vez que é maior que o intervalo de tempo total da série longitude-Urano (~ 200 anos). Pode significar uma tendência não linear, porém não necessariamente periódica. Se a considerarmos como

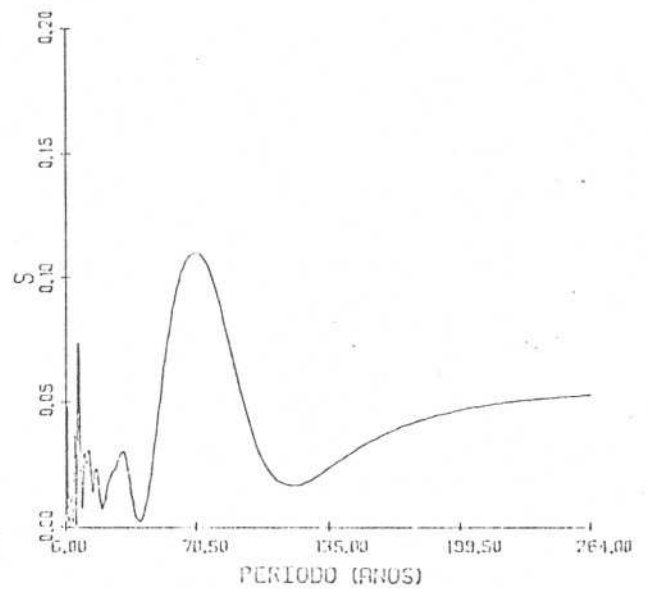
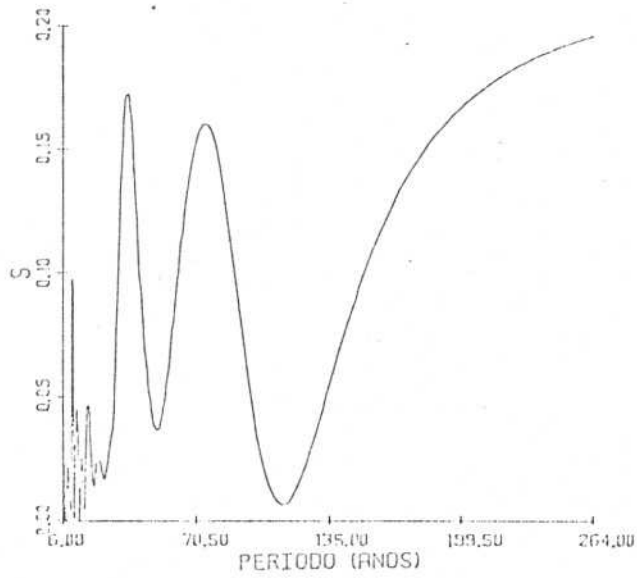
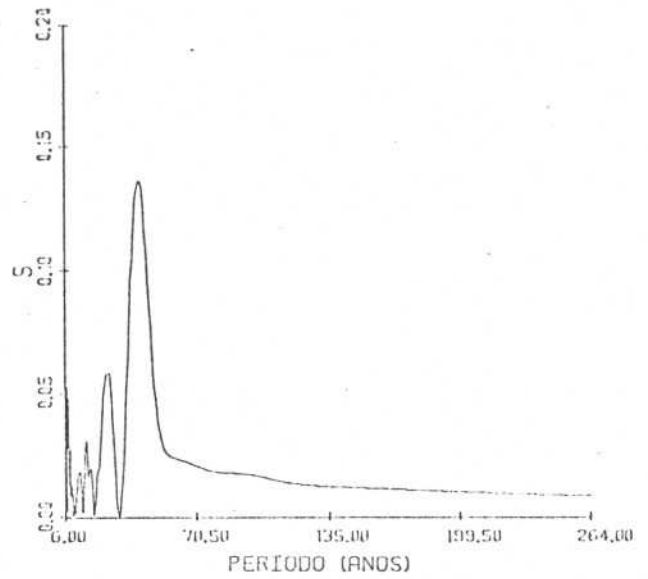
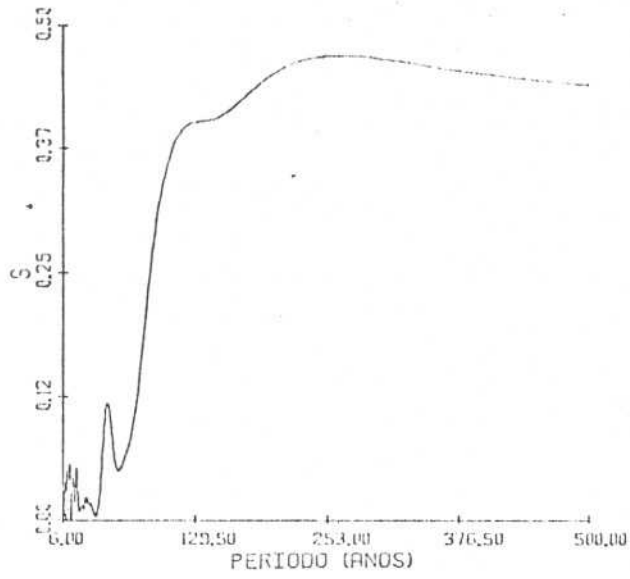


FIGURA 4: análise espectral dos resíduos médios por oposição para Urano (acima) e Netuno em longitude (esquerda) e latitude. Resultado obtido antes da correção das constantes orbitais.

TABELA 4

PRINCIPAIS PICOS DO ESPECTRO (ANTES DAS CORREÇÕES DAS CONSTANTES ORBITAIS)

PLANETA	ESPECTRO	PERÍODO(ANOS)	S	CONFIABILIDADE
URANO	LONGITUDE	262.	0.470	>99%
		47.5	0.119	96%
NETUNO	LATITUDE	42.5	0.137	99%
	LONGITUDE	74.	0.160	>99%
NETUNO		37.	0.173	>99%
		10.6	0.097	69%
	LATITUDE	70.	0.111	87%
		12.2	0.074	15%

TABELA 5

PLANETA(S)	PERÍODO(ANOS)	PERÍODOS ORBITAIS E SINÓDICOS	PLANETA(S)	PERÍODO(ANOS)
URANO	84.48		NETUNO	164.88
URANO-NETUNO	171.56		NETUNO-URANO	171.56
URANO-SATURNO	45.39		NETUNO-SATURNO	35.89
URANO-JUPITER	13.82		NETUNO-JUPITER	12.79

periódica, o período de 262 anos é o sinódico de Urano com um planeta situado a 41 UA do Sol. Isso seria um indicador, embora pouco preciso, de um planeta X nessa região. Esse ponto será abordado, de maneira mais profunda no capítulo 4.

É útil, ainda, comparar os períodos obtidos por análise espectral com os períodos sinódicos dos planetas aqui considerados em relação aos demais (só os 4 grandes). A tabela 5 mostra os principais períodos sinódicos e os períodos orbitais para Urano e Netuno. Nota-se pela comparação das tabelas 4 e 5 que o período de 47.5 anos não fica muito distante de 45.4 anos, período sinódico Urano-Saturno. Uma imprecisão na massa de Saturno geraria uma tendência a essa periodicidade para os resíduos. Isso sugere uma possível correção da massa de Saturno. Esse tema será retomado mais adiante.

Para latitude, verificamos apenas um pico importante para 42.5 anos, que também é próximo ao período sinódico Urano-Saturno.

Pode-se creditar, em parte, essas periodicidades encontradas à necessidade de correção das constantes de integração feita na seção 3.1.

A figura 5 apresenta os gráficos das funções periódicas provenientes da análise espectral, correspondentes à frequência que dá S máximo.

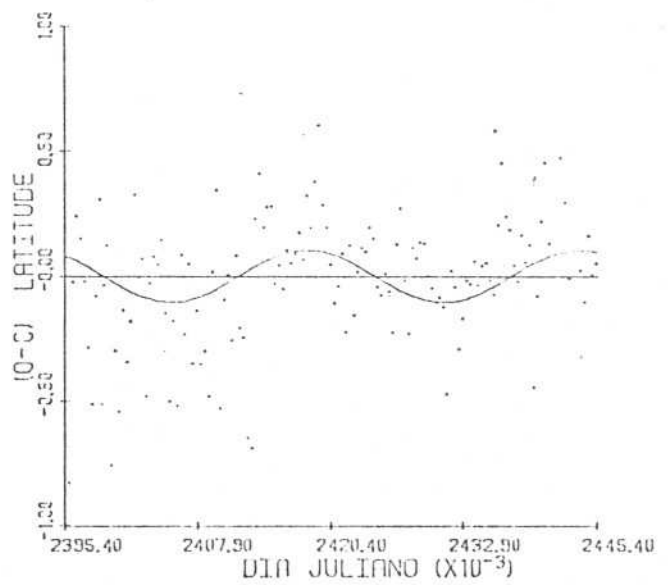
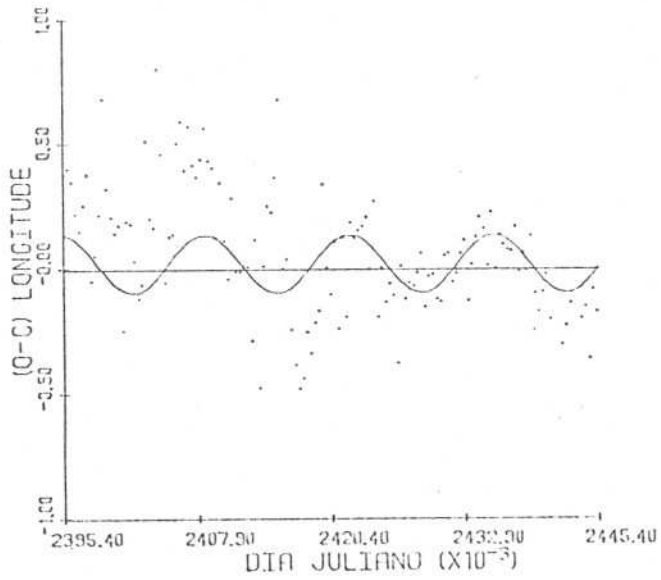
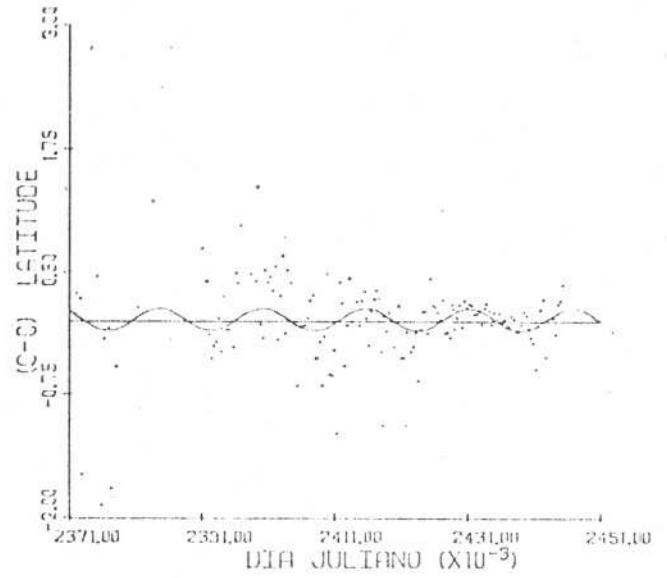
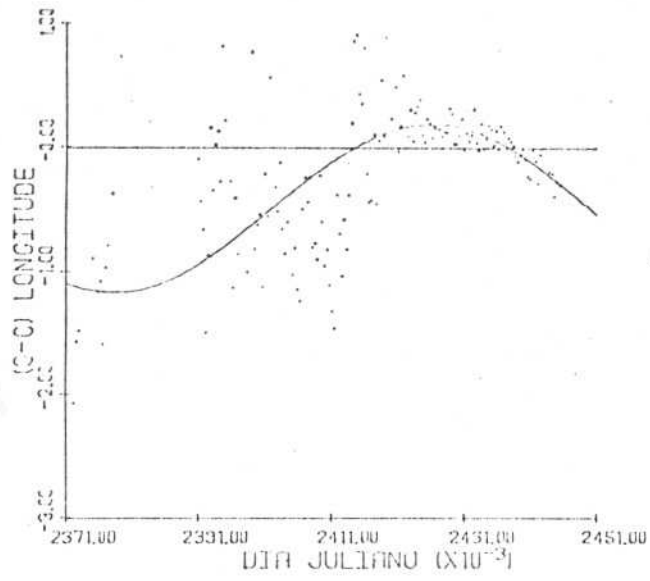


FIGURA 5: senóides mais bem ajustadas aos resíduos, de acordo com a análise espectral mostrada na figura 4. Acima os resultados para Urano, abaixo Netuno.

3.2.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA PARA NETUNO ANTES DA CORREÇÃO DAS CONSTANTES ORBITAIS

A figura 4 e a tabela 4 mostram, ainda, os resultados da análise espectral para Netuno.

Para longitude, existem 3 períodos que podem ser considerados como estatisticamente significantes. O menos importante é o de 10.6 anos, ao qual está associada uma confiabilidade de 69%. Os outros dois (37. e 74. anos), aos quais estão associadas confiabilidades bem altas (>99%) parecem, na verdade, ter origem comum, uma vez que um é o dobro do outro. Se consultarmos a tabela 5, verificamos que 74 anos não é muito diferente de 84 anos que é o período orbital de Netuno. Chama a atenção, ainda, o período de 37. anos que é próximo do período sinódico Netuno-Saturno igual a 35.9 anos. Como para o caso de Urano, podemos imaginar que uma correção a ser feita na massa de Saturno poderia causar essa configuração. Assim sendo, podemos tentar associar as curvas de período igual aos períodos sinódicos de Urano e Netuno (com Saturno) com o principal termo de perturbação entre os mesmos planetas perturbados aqui considerados e Saturno. Antes de mais nada, é necessário verificar a fase correspondente a cada curva encontrada pela análise espectral. Assim sendo, abaixo indicamos as fases (para 1950.0) encontradas pela análise de frequência e a fase dada por $\varepsilon_s - \varepsilon_p$, onde ε_s é a longitude média de Saturno para 1950.0 e ε_p , o mesmo para Urano ou Netuno (tirado de Simon e Bretagnon, 1975a)

FASE(GRAUS)

	ANAL. ESPECTRAL	DADOS REAIS
URANO	80 OU 260	323.9
NETUNO	280 OU 100	59.2

A fase obtida pela análise espectral é dada a menos de 180° , já que faz parte do argumento de um seno e, portanto, basta trocar o sinal da amplitude para se ter a mesma função. Vemos, pela tabela acima, que, para o melhor dos casos, para Urano, a diferença entre as fases é de 64° e, para Netuno, de 40° . Poder-se-ia calcular, a partir da amplitude do seno determinada pela análise espectral, a correção da massa de Saturno. Porém, como as fases são bem diferentes, adiaremos esse cálculo para as próximas seções, em que as fases coincidirão melhor, após nova análise de frequência, uma vez corrigidas as constantes de integração.

Para latitude, apenas o período de 70 anos é confiável. Sobre este período o único comentário digno de nota é que é próximo de 74 anos, período encontrado para a análise em longitude.

3.2.3 RESULTADOS PARA URANO APÓS CORREÇÃO DAS CONTANTES DE INTEGRAÇÃO

Nova análise de frequência é feita, após a correção das contantes de integração levada a cabo na seção 3.1. As novas séries, às quais será aplicada a análise, são calculadas das originais, subtraindo-se de cada resíduo a correção $\Delta\vartheta_i$ ou ΔB_i definidos na seção 3.1. As novas séries de resíduos terão somatórios quadrados ponderados reduzidos de uma porcentagem R dada na tabela 2.

Para longitude, os resultados da nova análise de frequência mudam substancialmente em relação aos resultados anteriores. Isso pode ser verificado através da comparação das tabelas 4 e 6 e das figuras 4 e 6, e é compatível com o valor relativamente alto de $R(=0.38)$ apresentado na tabela 2. A mudança fundamental no gráfico de S, visto na figura 6, tem sua origem no mínimo da função para um período $P \sim 84$ anos, que é o período orbital de Urano. Na verdade, o ajuste de mínimos quadrados feito na seção 3.1 equivalia a um ajuste de uma reta $(\varepsilon + nt)$ mais uma função quase-periódica cujo período principal era o período orbital de Urano que aparecia no argumento das séries periódicas (ver equação 5). Esse mínimo modifica completamente o máximo anteriormente obtido para 262 anos. Na verdade, o valor de S para $P=500$ anos (maior valor de P considerado) é igual a 0.144 com derivada dS/SP levemente superior a zero. O pico para $P=47.5$ se deslocou para 50.5, com S associado maior. Esse pico não foi muito influenciado pela análise kepleriana, talvez sugerindo uma causa ainda não explorada. Como vimos, esse período é próximo ao sinódico

TABFLA 6

PRINCIPAIS PICOS DO ESPECTRO (APÓS CORREÇÃO DAS CONSTANTES ORBITAIS)

PLANETA	ESPECTRO	PERÍODO (ANOS)	S	CONFIABILIDADE
URANO	LONGITUDE	50.5	0.212	>99%
	LATITUDE	41.5	0.111	91%
NETUNO	LONGITUDE	78.	0.216	>99%
		37.5	0.194	>99%
		10.6	0.089	52%
LATITUDE	68.	0.128	96%	
	12.2	0.081	31%	

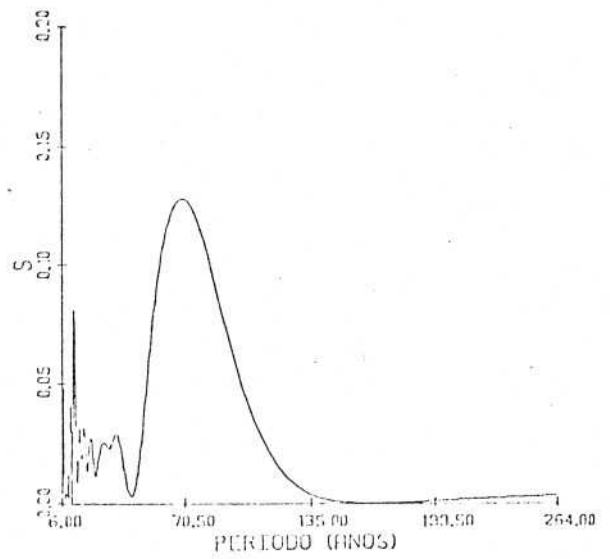
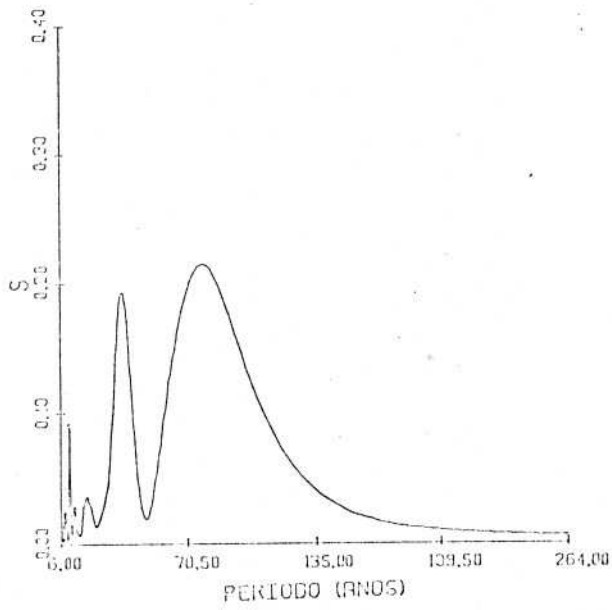
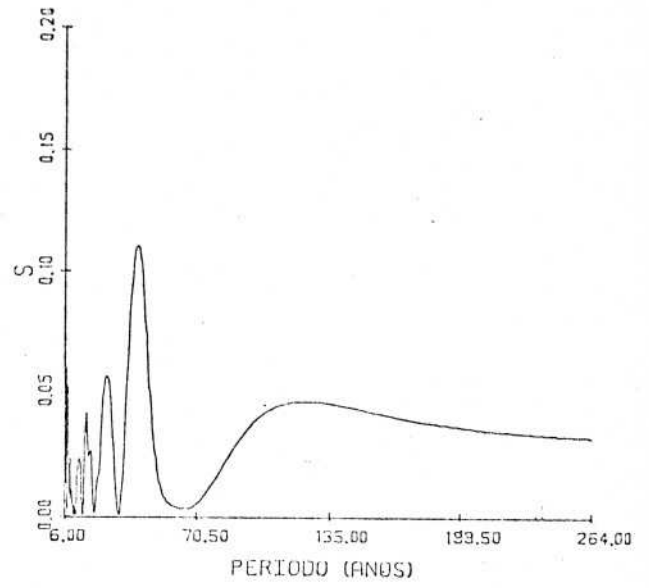
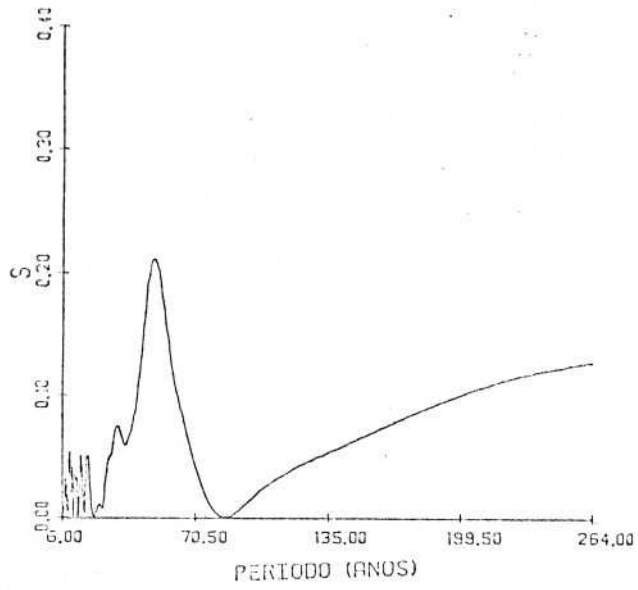


FIGURA 6: resultados da análise espectral após correção das constantes orbitais para Urano (acima) e Netuno, em longitude (esquerda) e latitude

Urano-Saturno. Os cálculos de fase feitos na seção 3.2.2 são agora refeitos. A fase dessa vez encontrada para 1950.0 é igual a $132^{\circ}.4$ ou $312^{\circ}.4$ ($132.4+180$), esse último valor diferindo de apenas $11^{\circ}.5$ do valor dado por Simon e Bretagnon(1975a) (ver tabela na seção 3.2.2). Dentro dessa aproximação, justifica-se uma consideração de equivalência das duas curvas (a calculada pela análise de frequência e a dada pela teoria - principal termo de perturbação em longitude verdadeira), e, daí, calcula-se a correção da massa de Saturno que equivaleria a amplitude da curva encontrada. Esse valor é igual a 0.57 massas da Terra, o que equivale a 6/1000 da massa do próprio Saturno. Embora o valor da massa de Saturno incluído na teoria VSOP82 (igual ao adotado pela IAU) seja um pouco menor que valores posteriormente determinados (ver Null,1981; Sinclair,1984; e American Ephemeris,1987), o acréscimo aí encontrado é de, no máximo 4/10000 da massa de Saturno, o que é, pelo menos, 10 vezes menor do aqui determinado. Certamente o método aqui aplicado não é específico para a determinação de uma correção da massa de Saturno, razão porque essa correção não deve ser considerada com rigor. No entanto, o período determinado pela análise de frequência próximo do período sinódico Urano-Saturno não deve ser coincidência. Esse ponto será averiguado, ainda, na próxima seção e no capítulo 4.

Para latitude, o único pico significativo aparece para $P=41.5$ anos, não muito diferente de 42.5 anos para antes da correção as constantes orbitais. Essa pequena mudança nos resultados para latitude é confirmada pelo pequeno valor de R ($\approx 2\%$), encontrado na seção 3.1 (tabela 2). O valor de S é levemente modificado

(0.137→0.111). Esse período (~ 42 anos) é próximo ao período sinódico Urano-Saturno, como também é a metade do período orbital de Urano (~ 84 anos).

A figura 7 mostra as principais curvas periódicas, relativas aos maiores picos encontrados na figura 6, ajustadas aos resíduos, em longitude e latitude para Urano e Netuno.

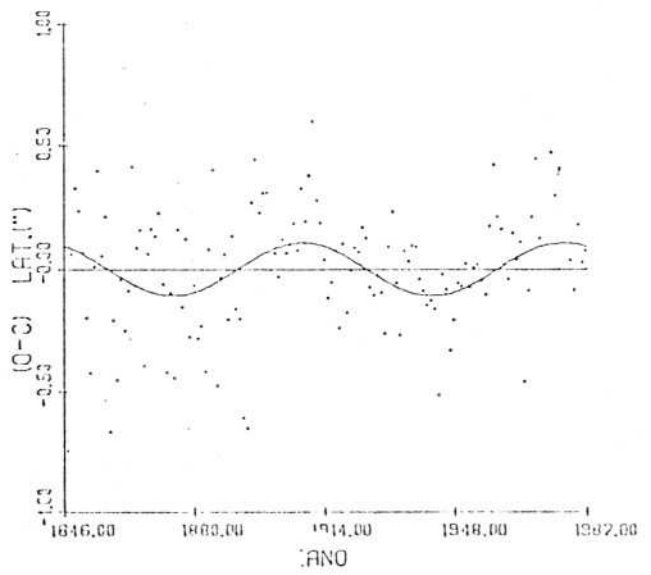
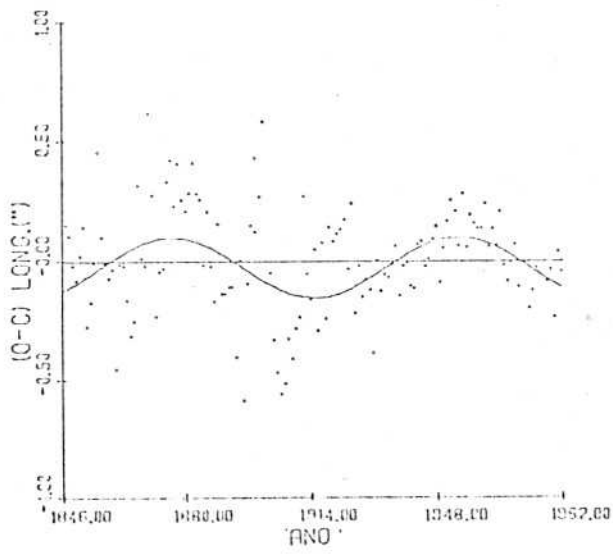
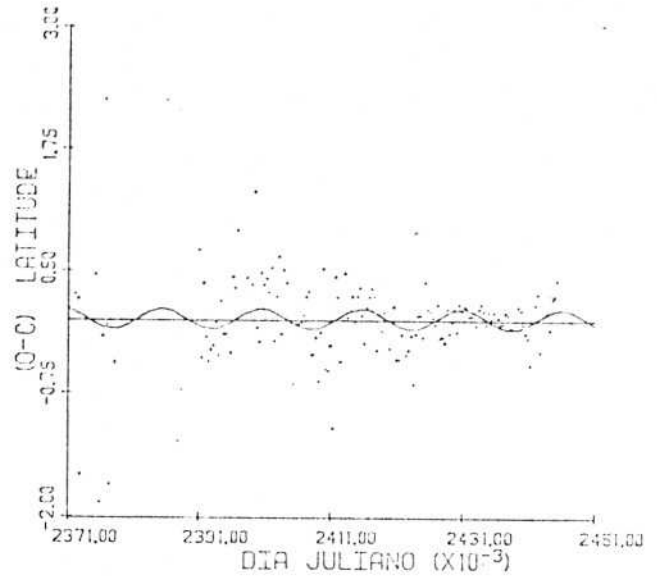
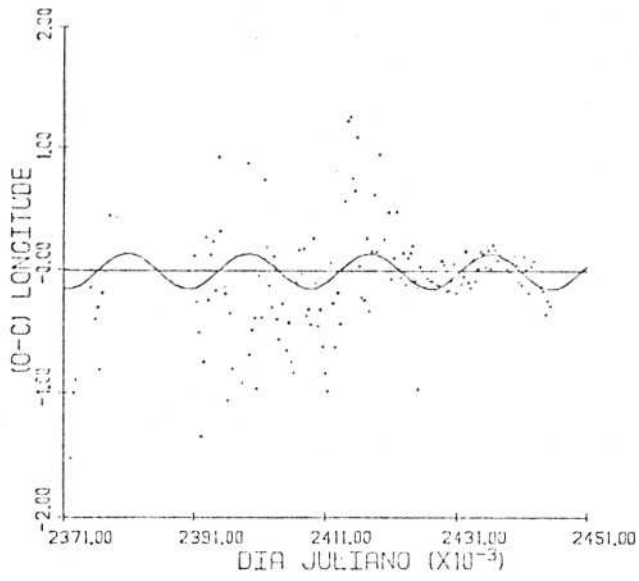


FIGURA 7. senóides de períodos associados aos maiores valores de S , mostrados na figura 6., para Urano (acima) e Netuno

3.2.4 RESULTADOS PARA NETUNO APÓS A CORREÇÃO DAS CONSTANTES ORBITAIS

Os resultados de Netuno não modificaram muito após a correção das constantes orbitais (comparar tabelas 6 e 4). Os períodos que dão S máximo são aproximadamente os mesmos e os valores de S associados também não mudaram muito. A maior diferença que pode ser notada pela comparação das figuras 4 e 6 é o comportamento de $S(P)$ para períodos grandes. De fato, para $P=500$ anos, os primeiros resultados davam $S=0.216$ com derivada positiva, ao passo que os últimos resultados apresentaram $S=0.003$ com derivada negativa. A influência da correção das constantes orbitais foi, nitidamente, a de corrigir a tendência linear apresentada na figura 4.

O período de 37.5 anos pode ser aqui estudado, tal como feito para Urano, como sendo comparável ao período sinódico Netuno-Saturno ($=35.9$ anos). Agora, a fase encontrada para a curva determinada pela análise espectral (com período igual a 37.5 anos) é de $274^{\circ}.7$ ou $94^{\circ}.7$ ($274.7-180$) para 1950.0. Comparando com a tabela da seção 3.2.2, vemos que há uma diferença, ainda, de 35° entre as fases. Mesmo assim, calculamos, conforme feito para Urano, a correção devida à massa de Saturno se admitirmos que a curva encontrada pela análise de frequência corresponde ao termo em $\text{sen}(\lambda_N - \lambda_S)$ da perturbação de Netuno por Saturno. Encontrou-se, para essa correção, o valor de aproximadamente 0.55 massas da Terra, bem próximo à correção encontrada na análise para Urano. Valem, aqui, os mesmos comentários feitos a esse respeito na seção 3.2.3.

Para latitude, os resultados pouco mudam após a correção das constantes de integração, como pode ser verificado pela comparação das tabelas 6 e 4.

4. ESTUDO DA HIPÓTESE DO PLANETA X

Em vista dos resultados do capítulo 3, em que, após as correções das constantes orbitais, as séries de resíduos, submetidas à análise espectral, apresentaram, ainda, uma distribuição não restrita a ruído branco, passa-se a averiguar, neste capítulo, outra possível causa do desvio dos resíduos de ruído branco puro, que é a hipótese da existência de um corpo perturbador de massa não desprezível, aqui denominado Planeta X.

Existem várias formas de se "procurar" um planeta X, dentre as quais, pode-se destacar as seguintes:

i) uma pesquisa sistemática de pares de placas fotográficas de uma mesma região do céu, separadas de um intervalo de tempo suficiente para o hipotético Planeta X se mover entre uma placa e outra. Na verdade não foi por outro processo que Tombaugh descobriu Plutão, embora, a princípio, se imaginasse que os cálculos de P. Lowell apontassem para Plutão. Na verdade, o fato de Tombaugh ter realizado uma pesquisa sistemática de boa parte do céu, a procura de planetas desconhecidos, até certo ponto desencorajaria novas pesquisas de placas fotográficas com esse objetivo, a menos que o Planeta X estivesse suficientemente deslocado para o hemisfério sul, de forma a ficar fora da região investigada por Tombaugh. Por outro lado, a magnitude de um tal planeta é função de seu albedo, cujo valor, além de desconhecido, inclui um alto grau de incerteza. Se o planeta for constituído de um material muito "escuro", terá um albedo muito baixo e pode, assim, ter passado despercebido pela investigação de Tombaugh.

ii) um outro método teria sua origem na particular configuração do sistema de Netuno com seus satélites e Plutão

(ver Lawton, 1979). Sem dúvida, o fato de um dos satélites de Netuno ter uma órbita muito elíptica ao passo que o outro tem uma órbita retrógrada, associado, ainda, ao fato da órbita de Plutão interseparar a órbita de Netuno, levam a se especular se isso não teria sua origem em algum fenômeno catastrófico em que resta, ainda, um quarto corpo participante, que seria o Planeta X ainda não descoberto.

iii) um terceiro método seria a utilização de corpos celestes que se movem nos confins do sistema solar como sensores. A base desse método consiste em se arbitrar as constantes orbitais do planeta X e comparar os efeitos calculados do Planeta X sobre os corpos estudados com as eventuais anomalias não explicadas no movimento desses corpos. Uma forma de se fazer isso é por integração numérica das equações do movimento do corpo de prova. Um método analítico, como aquele aqui empregado, subentende algumas aproximações que o tornam aplicável do ponto de vista de tempo de cálculo e, ao mesmo tempo, suficientemente preciso em comparação aos erros de observação.

Neste ponto, poder-se-ia chamar a atenção sobre o resultado encontrado na seção 3.1 que mostrava ser a determinação de constantes orbitais um processo local. De fato, a existência de um corpo perturbador desconhecido não considerado na teoria terá uma influência significativa na determinação das melhores constantes orbitais, quais sejam, as que impliquem num menor somatório dos quadrados dos resíduos. Essa influência será tanto mais marcante quanto menor for a fração do período do planeta observada. Esse ponto será melhor estudado a partir da próxima seção que descreve o método aqui empregado na "procura" do Planeta X.

4.1 O método utilizado

Basicamente, o método consiste em se arbitrar um conjunto de parâmetros para o Planeta X, calcular o seu efeito perturbador sobre Urano e Netuno e comparar com os resíduos (principalmente em longitude) dos mesmos planetas.

Os parâmetros considerados para o Planeta X são o seu semi-eixo (a_X) e sua longitude inicial (ε_X), que é considerada, por razões práticas, referida a 1987.5. Isso implica em que se está adotando para a órbita do Planeta X um modelo plano-circular. Se o Planeta X segue, aproximadamente, a configuração dos demais planetas, essa pode ser considerada uma boa aproximação. Ainda que sua excentricidade e/ou inclinação fossem maiores que a dos restantes planetas, a hipótese plano-circular pode ser considerada como uma primeira aproximação razoável. A utilização de 6 parâmetros arbitrários, que definiriam completamente a órbita do Planeta X, seria impraticável pois elevaria demasiadamente o tempo de cálculo. De qualquer forma, a excentricidade e inclinação não foram completamente deixadas de lado. Foram estudadas, arbitrando-as (uma de cada vez) para certos a_X e ε_X fixos, em particular os que se apresentaram como os melhores candidatos indicados pela análise plano-circular. Isso será visto em duas seções no final deste capítulo.

O efeito perturbador do Planeta X sobre Urano e Netuno é calculado através das equações clássicas da Mecânica Celeste, em primeira ordem das massas e, naturalmente, ordem 0 nas excentricidades e inclinações. O efeito em longitude verdadeira ($\Delta\theta$) pode ser encontrado em Ferraz-Mello (1975), página 61, e resume-se em um somatório do tipo

$$\Delta\theta = \sum B(k) \cdot \text{sen}(\lambda_p - \lambda_x) \cdot K \quad (8)$$

em que $B(k)$ é um coeficiente que depende de a_x e m_x (massa do Planeta X) e dos parâmetros do planeta perturbado.

$\lambda_p = \varepsilon_p + n_p \cdot t$ é a longitude média (não perturbada) de Urano ou Netuno.

$\lambda_x = \varepsilon_x + n_x \cdot t$ é a longitude média do Planeta X.

Uma vez calculado o efeito perturbador do Planeta X (em longitude verdadeira), resta compará-lo com os resíduos. Essa comparação, entretanto, não pode ser feita diretamente. Na seção 3.1, foi visto que a correção das constantes de integração é um processo local e esse fato pode estar associado à existência de um corpo perturbador desconhecido. De fato, em existindo tal corpo, e não se levando em conta o seu efeito no cálculo da teoria do movimento dos planetas, uma parte dessa influência ficará escondida nas constantes de integração que foram determinadas minimizando-se o somatório dos quadrados dos resíduos. Matematicamente, os resíduos deverão seguir uma lei de variação dada por $\Delta\theta - \Delta\vartheta$, em que $\Delta\theta$ é dado pela equação 8 e $\Delta\vartheta$ é dado pela equação 5. As correções das constantes que definem $\Delta\vartheta$ (ver equação 5) são determinadas como indicado a seguir, que é o método usado na análise da hipótese do Planeta X.

i) Arbitram-se ε_x e a_x .

Na prática, para cada a_x dado, divide-se a circunferência em 100 partes de forma a haver uma diferença de $3^{\circ}.6$ entre dois ε_x consecutivos. Os valores de a_x são arbitrados de tal forma que quanto mais próximo do planeta perturbado, menor a diferença entre dois a_x consecutivos arbitrados.

ii) Calcula-se, através da equação (8), o efeito do Planeta X na longitude verdadeira. Nesse ponto, há que se arbitrar uma massa

para o Planeta X que é tomada inicialmente igual à massa da Terra.

iii) Ajusta-se uma função do tipo dado pela equação (5) à $\Delta\theta$ calculada em ii). Nessa análise a equação (5) é considerada somente até 1ª ordem na excentricidade. Esse ajuste é feito de modo discreto, ou seja, apenas para certos pontos, ajustando-se a função pelos mínimos quadrados.

iv) Calcula-se a diferença $\Delta(t) = \Delta\theta - \Delta\vartheta$. Deve-se notar que $\Delta(t)$ estará definida a menos de uma constante multiplicativa já que foi arbitrada a massa m_X do Planeta X.

v) Ajusta-se $C(m_X)\Delta$ aos resíduos, em que $C(m_X)$ é um parâmetro linear em m_X . Nesse ajuste, a variável é m_X que fica, assim, determinada. Nessa fase é calculado um parâmetro S dado por

$$S = 1 - \frac{(\sum_i v_i^2 \cdot p_i)}{(\sum_i l_i^2 \cdot p_i)}$$

em que v_i são os resíduos referidos à curva Δ , l_i são os resíduos originais, após correção das constantes orbitais, e p_i são os pesos associados aos resíduos.

Esse parâmetro tem definição idêntica ao parâmetro R do capítulo 3, que media a perfeição do ajuste das constantes orbitais. Assemelha-se, ainda, ao parâmetro S da análise de frequência. Aqui, também, S varia de 0 a 1 e será tanto maior quanto mais perfeito for o ajuste de $C\Delta$ aos resíduos. Pode-se, ainda, dizer que S será tanto maior quanto mais provável for o Planeta X associado ao par (a_X, ε_X) .

As figuras 8 e 9 ilustram os passos de i) a v). Na figura 8 é mostrado, para o caso de Urano e Netuno, a função $\Delta\theta$ calculada para $a_X=50UA$ e ε_X correspondentes a S máximo. Pode-se observar, também, ajustada à mesma, a função corretiva

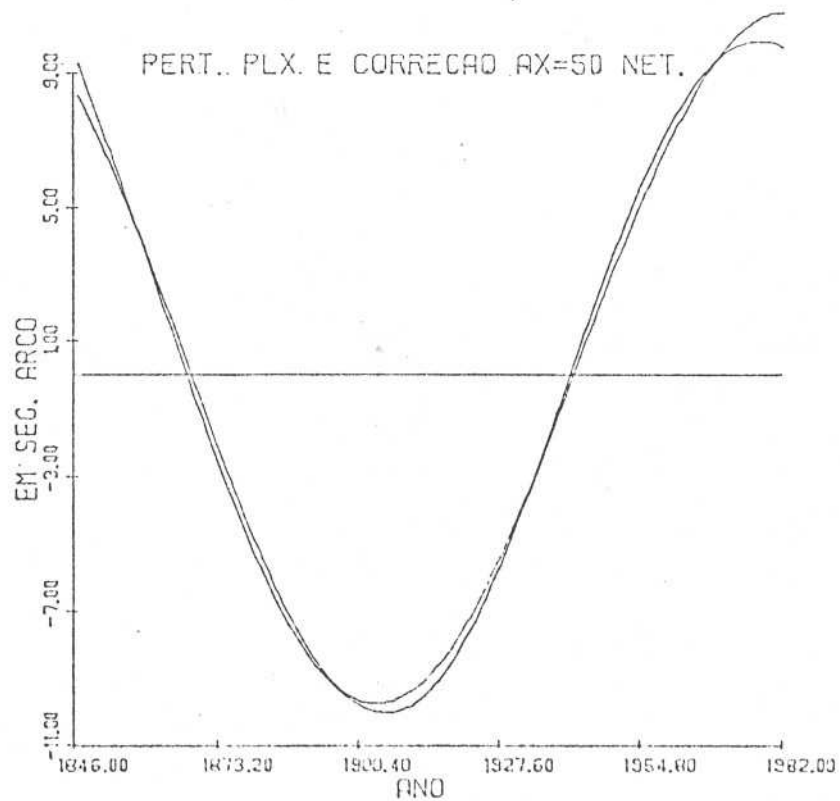
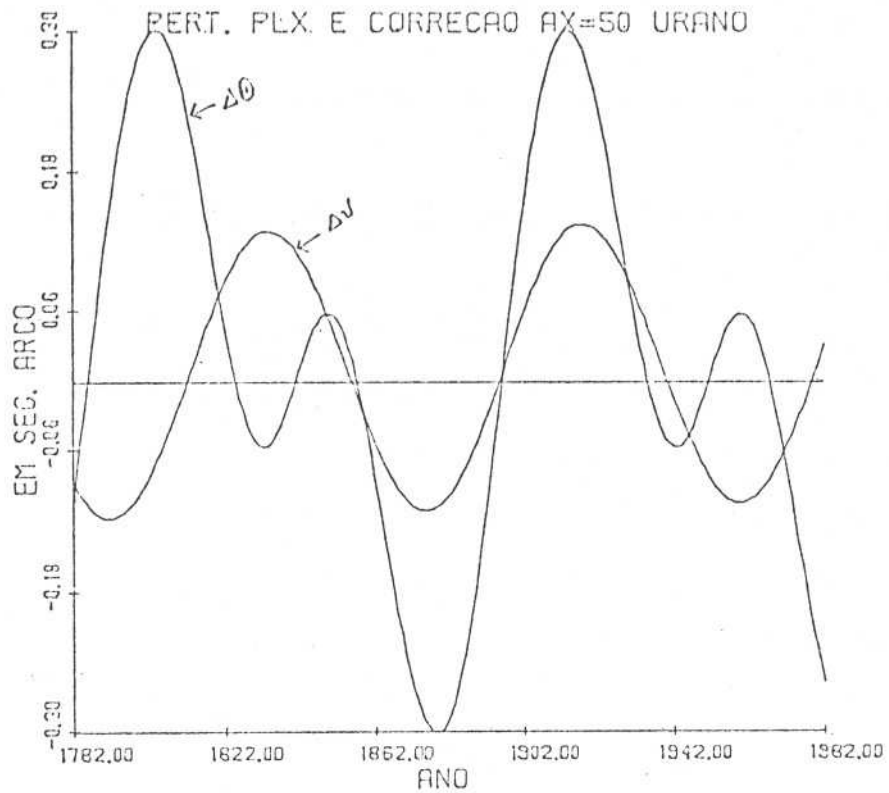


FIGURA 8: perturbação $\Delta\theta$ devida a um planeta X de massa igual à massa terrestre e função $\Delta\theta$ ajustada por MMQ. No caso de Netuno, a coincidência das curvas é quase perfeita e mostra como um ajuste de constantes orbitais pode mascarar o efeito do Planeta X.

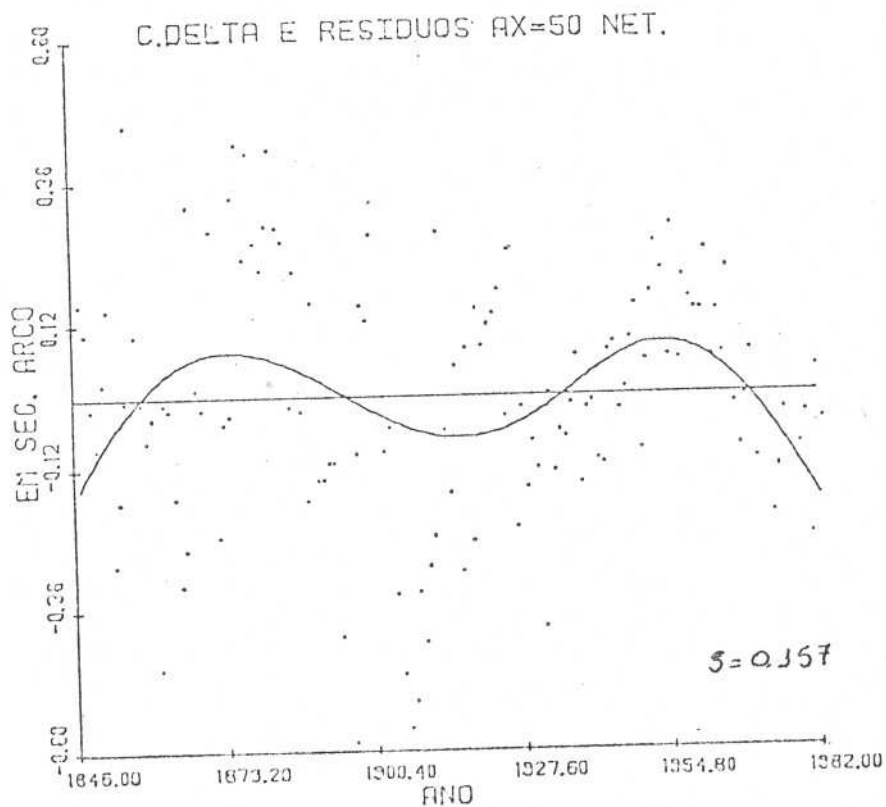
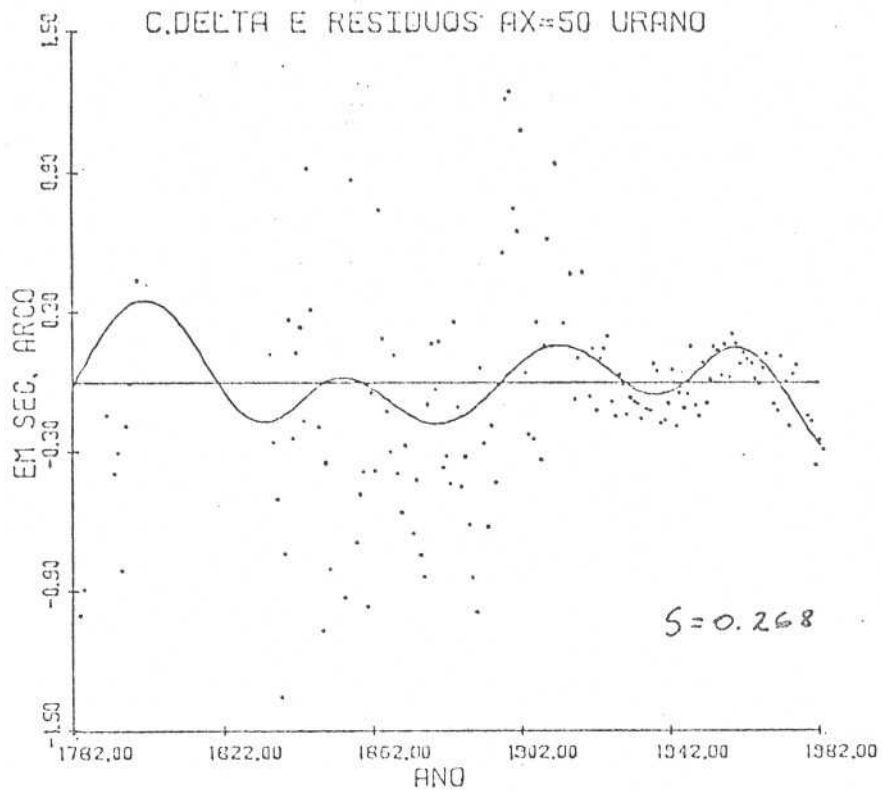


FIGURA 9 : ajuste da curva diferença (definida a menos de uma constante multiplicativa livre) aos resíduos. Nota-se que, no caso de Urano, a curva diferença não difere muito da curva perturbação ($\Delta\theta$) (têm, aproximadamente, o mesmo período), ao passo que, para Netuno, a diferença entre as duas curvas é marcante.

descrita em iii). A figura 9 mostra, para os mesmos parâmetros, a função $C\Delta$ ajustada aos resíduos e o valor de S associado.

Os passos i) a v) são empreendidos para cada par (a_x, ε_x) arbitrado. Fixado um a_x , fica definida um valor para $S(\varepsilon_x)$. A figura 10 mostra a função $S(\varepsilon_x)$ para o caso de Netuno e Urano para $a_x=50\text{UA}$.

Os valores negativos de S são artificiais. Quando m_x é negativa, conforme resultado do ajuste descrito no passo v), considera-se o S de igual módulo, porém com sinal negativo. Valores de S negativos não fazem sentido fisicamente, se considerarmos apenas a hipótese do Planeta X. No entanto, S negativo fará sentido para a_x próximo ao semi-eixo de algum dos planetas conhecidos. Neste caso, S negativo pode ser associado a m_x negativo e significa que uma correção negativa (decrêscimo) na massa desse planeta fará com que o somatório dos quadrados dos resíduos diminua de um fator dado pelo módulo de S .

Uma vez tomado o máximo de $S(\varepsilon_x)$ para um dado a_x , pode-se ter uma variação $S_{\max}(a_x)$, que representamos doravante simplesmente por $S(a_x)$, que indicará a probabilidade de se encontrar um planeta X para cada a_x arbitrado.

Existe uma forma alternativa de se obter a função $S(a_x)$ sem calcular $S(\varepsilon_x)$ para cada ε_x . Basta calcular-se, por exemplo, para o maior a_x considerado ($=1000\text{ UA}$), a função $S(\varepsilon_x)$. Uma vez obtido o máximo de S para esse a_x , procura-se $S_{\max}(\varepsilon_x)$ para o a_x arbitrado imediatamente inferior, pelo método dos mínimos quadrados com ε_x sendo uma das variáveis (a outra é m_x). Como Δ não é linear em ε_x , esse processo pode não ser convergente. No entanto, na prática, verificou-se que para o a_x imediatamente inferior, o

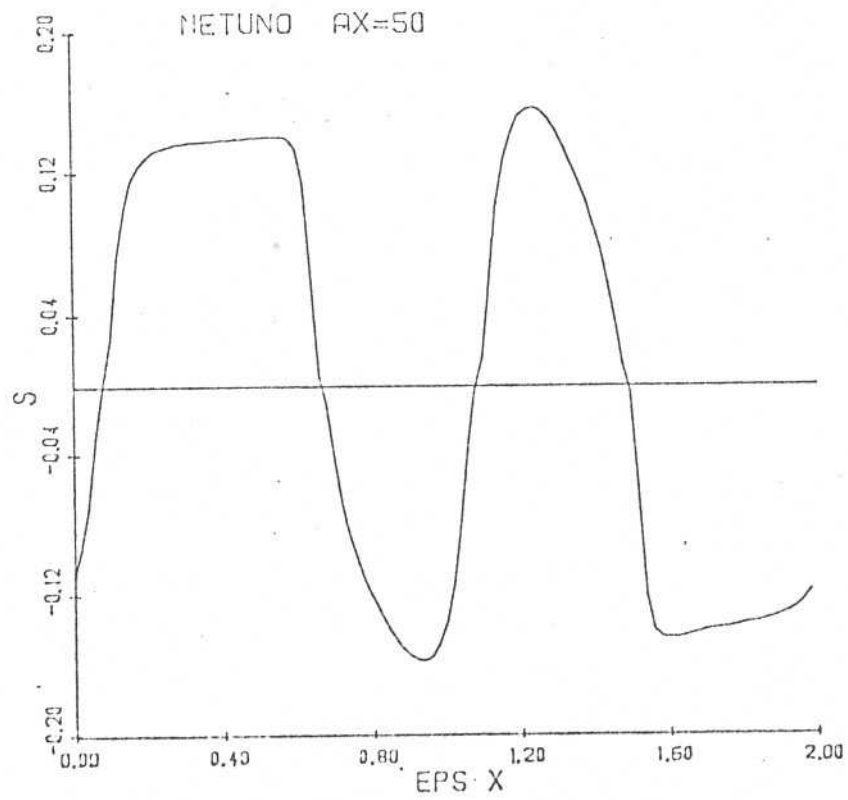
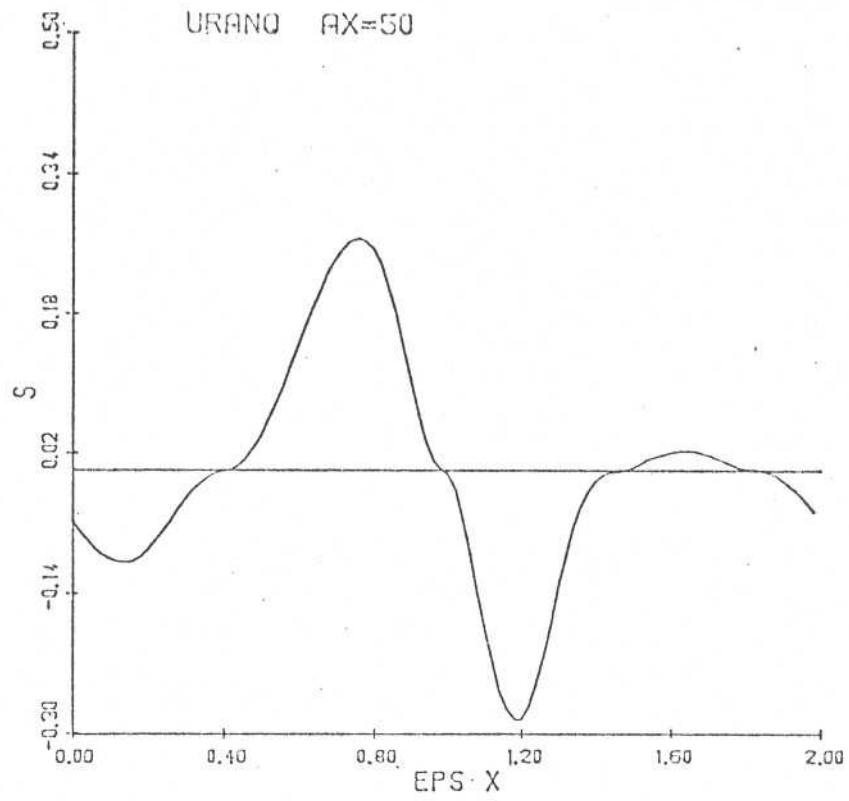


FIGURA 10: variação de S em função de ϵ_X para $a_X=50UA$. ϵ_X está medido em π radianos.

processo é convergente quando se arbitra ϵ_x inicial igual ao que deu S_{\max} para o a_x anterior. Esse processo alternativo evita um excesso de cálculos, porém foi aqui empregado apenas como forma de conferência do processo primeiramente descrito.

4.2 Resultados para Urano

A figura 11 representa a variação $S(\varepsilon_X, a_X)$ para Urano e Netuno. Essa representação é feita através de contrastes, em que as regiões mais escuras correspondem a S maiores e as mais claras a S menores. Verifica-se uma interessante forma espiralada para essa variação. Na verdade existem duas espirais colocadas de forma aproximadamente simétrica. Uma das espirais, no caso de Urano, no entanto, está reletivamente 'apagada'. Essas duas espirais são consequência dos dois picos que em geral aparecem para os gráficos $S(\varepsilon_X)$ para cada a_X .

A figura 12 mostra a variação $S(a_X)$ definida na seção anterior, para a_X variando de 5 UA até 100 UA. Podem ser notados aí 5 principais picos que são descritos na tabela 7. Por essa tabela, verifica-se que há 5 modelos do Planeta X que reduzem razoavelmente o somatório dos quadrados dos resíduos em longitude para Urano. Três desses modelos correspondem a planetas interiores a orbita de Urano e dois exteriores, dos quais um fica entre Urano e Netuno. Dois picos fazem-se notar mais. Um deles é para 56 UA que dá o maior S absoluto ($=0.28$) que significa que reduz o somatório dos quadrados dos resíduos em 28%. Esse planeta teria uma longitude (para 1987.5) de 126° (e latitude zero por hipótese) e uma massa de aproximadamente 1.5 massas da Terra. O outro pico que chama a atenção é para 9.8 UA porque, além de dar o 2º maior valor de S , está associado a um semi-eixo próximo ao de Saturno ($=9.5548$). A tabela 8 mostra os valores de S e Δm para a_X e ε_X iguais aos dos restantes 3 grandes planetas. Verifica-se que, para Saturno, uma correção de 0.53 massas da Terra a sua massa reduz o somatório dos quadrados dos resíduos em 13% para

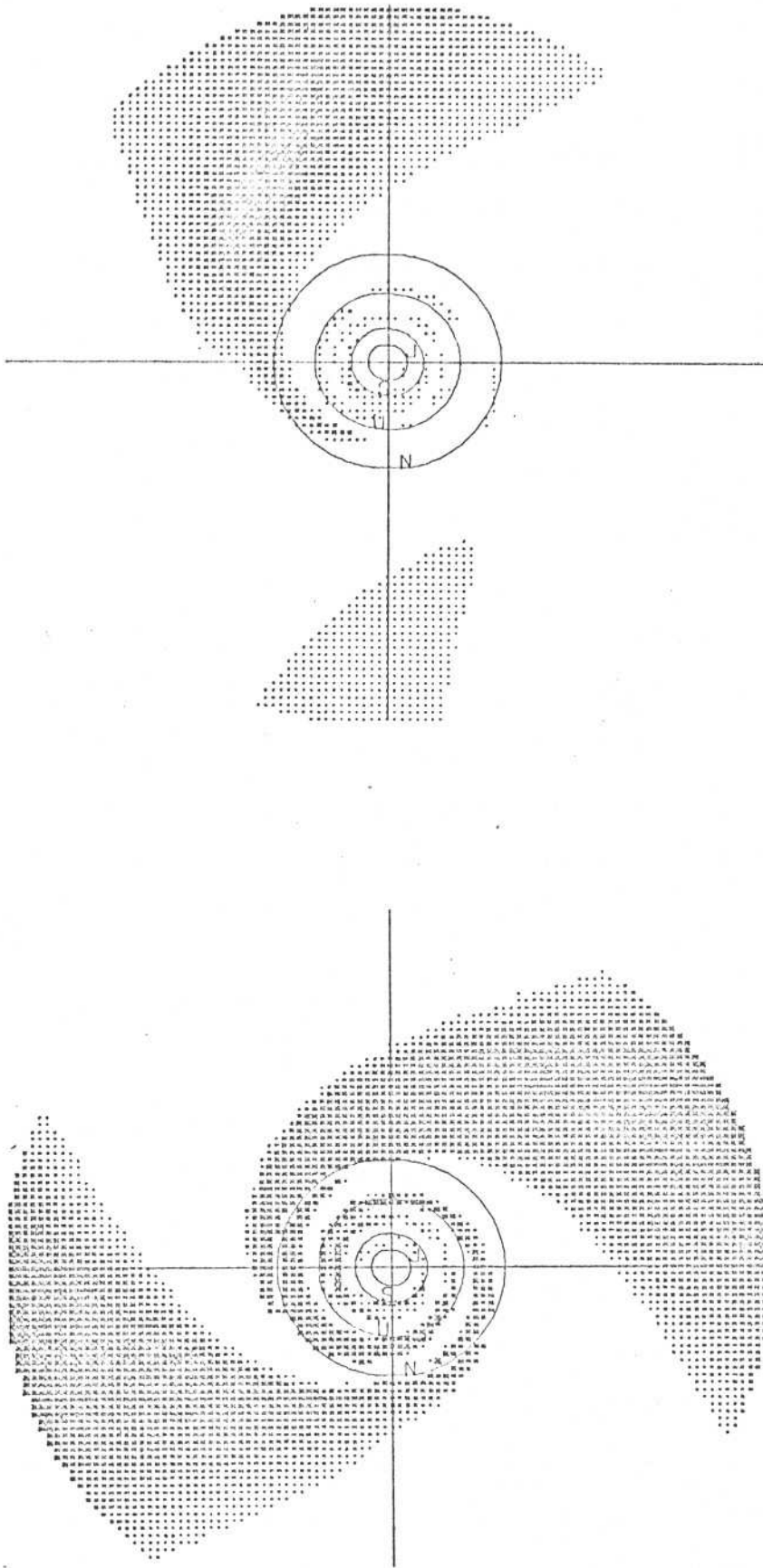


FIGURA 11: representação da função $S(a_x, t_x)$ através de contrastes. As órbitas das planetas exteriores, bem como sua localização para 1987.5 estão aí indicadas. Verifica-se que, para Netuno, a região de probabilidade alta é mais extensa, o que, na verdade, implica numa maior incerteza na localização da Planeta X.

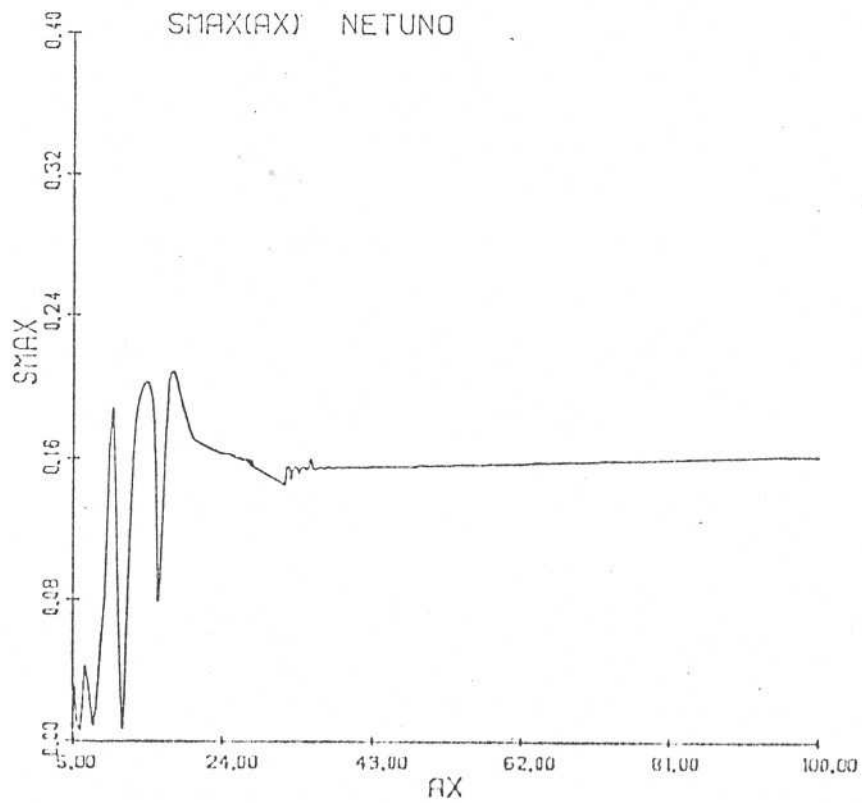
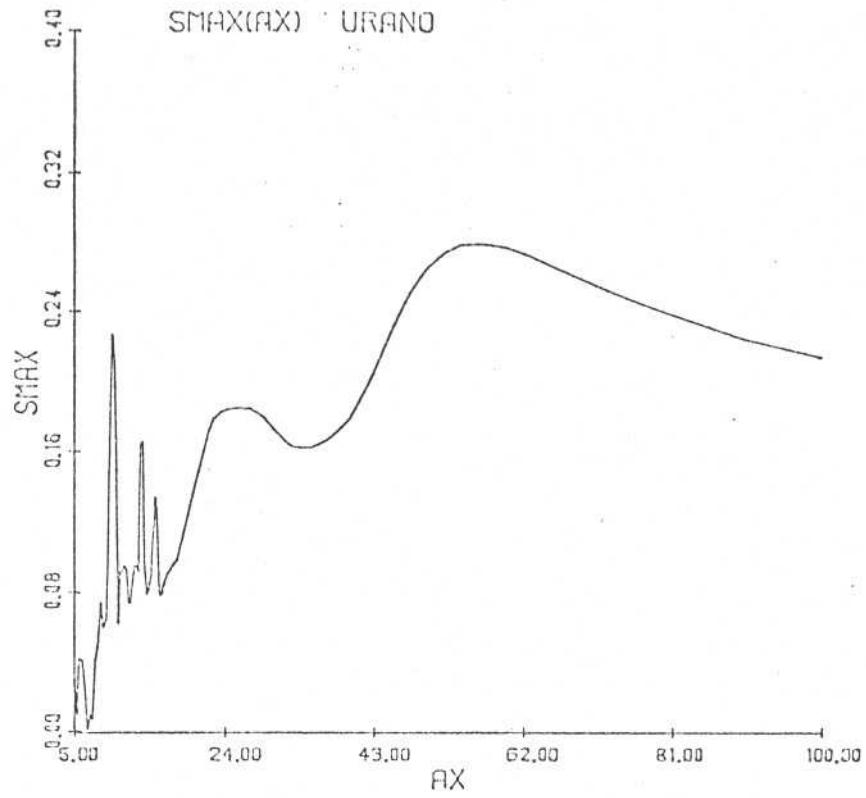


FIGURA 12: variação de S em função do semi-eixo (em unidades astronômicas) do Planeta X

TABELA 7

AX --> SEMI-FIXO DO PLANETA X (EM UA)
 EPSX --> LONGITUDE MÉDIA PARA 1987.5 DO PLANETA X (EM GRAUS)
 S --> PARÂMETRO INDICADOR DE PROBABILIDADE
 MX --> MASSA DO PLANETA X (EM MASSAS DA TERRA)

URANO				NETUNO			
AX	EPSX	S	MX	AX	EPSX	S	MX
9.8	288.0	0.228	0.790	10.0	295.2	0.188	0.535
13.6	273.5	0.166	0.072	14.3	162.0	0.203	0.543
15.2	226.8	0.134	0.025	17.5	327.6	0.209	0.717
24.0	276.8	0.185	0.010	100.0	349.2	0.171	5188.0
56.0	126.0	0.280	1.527				

58

TABELA 8

AP --> SEMI-EIXO DO PLANETA INDICADO (EM UA)
 EPSP --> LONGITUDE MÉDIA PARA 1987.5 DO PLANETA INDICADO (EM GRAUS)
 S --> PARÂMETRO INDICADOR DE PROBABILIDADE
 DM --> CORREÇÃO A MASSA DO PLANETA INDICADO (EM MASSAS DA TERRA)

PLANETA	AP	EPSP	CORREÇÃO DEVIDO A URANO		CORREÇÃO DEVIDO A NETUNO	
			S	DM	S	DM
JUPITER	5.20	15	0.0002	-0.027	0.024	0.360
SATURNO	9.50	257	0.130	0.526	0.013	0.148
URANO	19.22	260	-	-	0.079	0.414
NETUNO	30.11	277	0.062	-0.034	-	-

Urano. Esse resultado é bem semelhante ao encontrado na seção 3.2. Um decréscimo de 0.034 massas da Terra a massa de Netuno diminuiria o somatório dos quadrados dos resíduos em aproximadamente 6%. Finalmente, para Júpiter, nenhuma correção a sua massa produziria algum efeito estatisticamente significativo no somatório dos quadrados dos resíduos de Urano.

4.3 Resultados para Netuno

Voltando à figura 11, pode-se ver a variação de S no plano definido por a_x e ϵ_x e o formato espiralado dessa variação. Ainda, para Netuno, nota-se que a região de probabilidade alta é mais extensa do que no caso de Urano. Isso provavelmente se deve ao fato de que, no caso de Netuno, não se tem observações para um período completo do mesmo planeta. Por outro lado, quanto menor for a fração do período observado para um planeta, mais fácil se torna o mascaramento de uma possível influência de um corpo desconhecido através de um bom ajuste das constantes orbitais. Esse fato, conseqüentemente, interfere na região de incerteza para a localização do planeta X.

A figura 12 mostra, também para Netuno, a variação $S(a_x)$. Verificam-se, aí, 3 picos para a_x interior a Netuno e uma variação aproximadamente linear crescente para a_x exterior a Netuno. Na tabela 7, pode-se ver os parâmetros associados a esses picos, bem como os relativos a $a_x=1000\text{UA}$, maior valor considerado para a_x . Pode ser verificado, ainda nessa tabela, um pico para a_x próximo ao semi-eixo de Saturno. Para a_x exterior a Netuno, verifica-se que quanto mais longe estiver o Planeta X, maior é o S associado, o que aponta para a hipótese de um corpo bem afastado, tipo companheira do Sol.

A tabela 8 mostra, para o caso de Netuno, os valores de S e Δm associados aos semi-eixos e longitudes médias (para 1987.5) dos planetas exteriores. Verifica-se, aí, que o maior valor de S corresponde à perturbação de Urano. Um acréscimo à sua massa de um valor igual a 0.41 massas da Terra reduziria o somatório dos quadrados dos resíduos em 7.9%. Para Saturno, embora haja um pico

para $a_x=10$, próximo ao semi-eixo de Saturno, o valor de S é baixo para o par (a_x, ϵ_x) correspondente a Saturno. Para a_x igual ao semi-eixo de Saturno, o valor máximo de S é igual a 0.158, porém para longitude igual a 331° , portanto 74° afastado de Saturno.

A determinação de parâmetros mais prováveis para o Planeta X (exterior a Netuno), levando-se em consideração sua influência tanto sobre Urano quanto Netuno deve indicar uma posição entre 90° e 180° para longitude inicial e aproximadamente 50 UA. Isso é verificado, a grosso modo, superpondo-se os dois gráficos da figura 11 e verificando-se a interseção. Essa questão será estudada na próxima seção, de maneira mais completa.

4.4 Interseção de resultados

Uma primeira idéia para se determinar um parâmetro resultante que possa medir a probabilidade de se encontrar o Planeta X, levando-se em conta sua influência tanto sobre Urano, quanto sobre Netuno, seria através da fórmula

$$S_R = \sqrt{S_U \cdot S_N}$$

onde S_R é o 'S' resultante e S_U e S_N são os 'S' relativos a Urano e Netuno analisados nas seções 4.2 e 4.3. Essa definição, no entanto, tem o inconveniente de não associar uma massa única para o planeta X. De fato, segundo essa definição, poder-se-ia encontrar um S_R alto, porém com m_X relativos a Urano e Netuno completamente diferentes (inclusive em ordem de grandeza), o que tiraria o sentido de S_R . Uma definição de S resultante que inclua um único valor para a massa do planeta X teria que ter sua origem quando do ajuste das curvas de perturbação corrigidas (C.Δ) aos resíduos, e isso teria que ser feito simultaneamente para os dois planetas. Dessa forma, define-se S resultante que denotaremos simplesmente por 'S' através de.

$$S = 1 - \left(\sum_i v_{Ui}^2 P_{Ui} + \sum_i v_{Ni}^2 P_{Ni} \right) / \left(\sum_i l_{Ui}^2 P_{Ui} + \sum_i l_{Ni}^2 P_{Ni} \right)$$

Nessa definição, v, p, e l têm significados idênticos às variáveis v, p e l que entravam na definição de S na seção 4.1. Na definição atual, são acrescentados índices 'U' e 'N' para distinguir os parâmetros relativos a Urano dos relativos a Netuno.

A figura 13 mostra a variação $S(a_X, \epsilon_X)$, através de contrastes, tal como a figura 11, em que S é o resultante dado pela fórmula acima.

No apêndice 2, existe uma listagem, para cada a_X considerado,

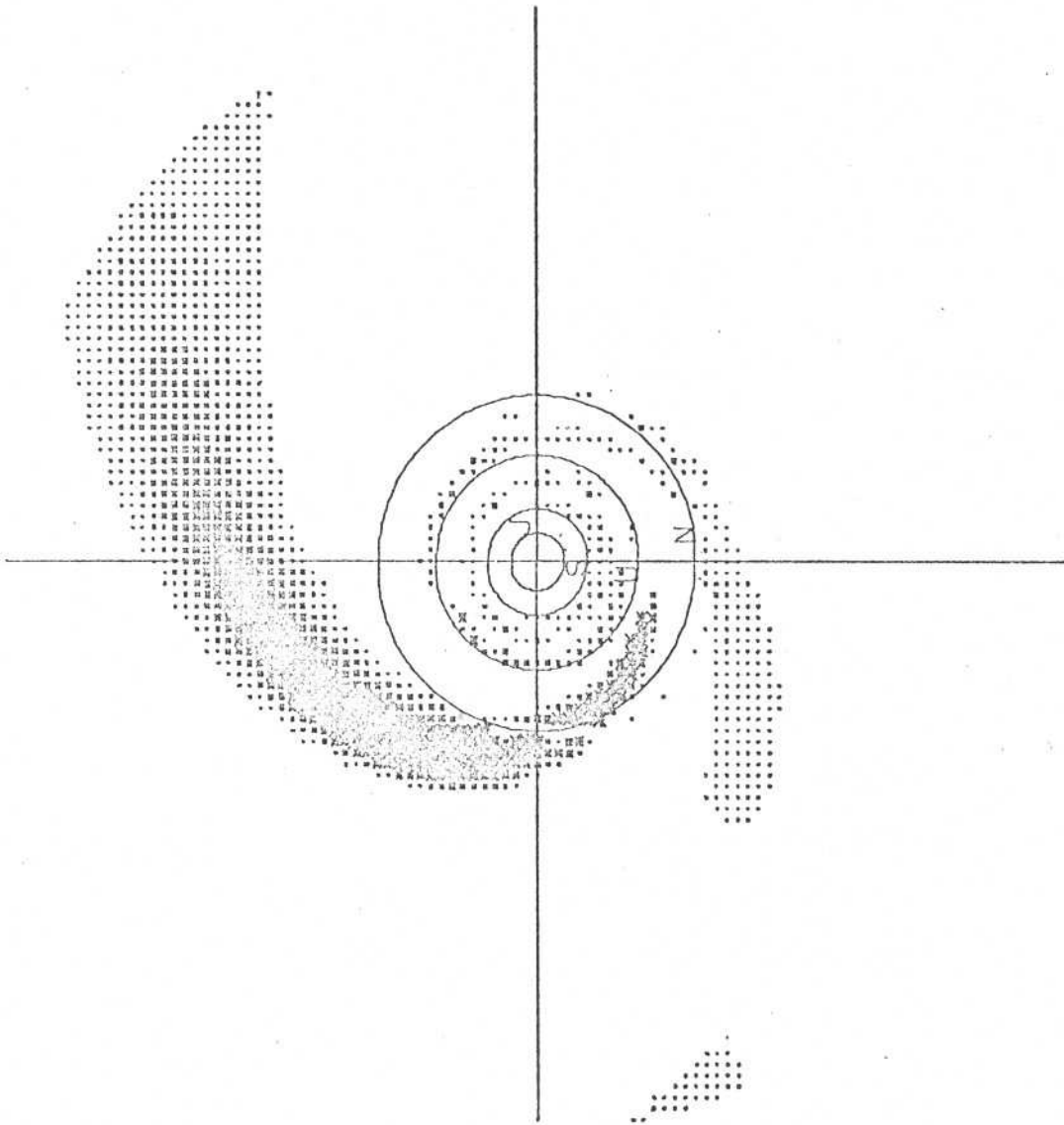


FIGURA 13: variação de S resultante em função de C_x e E_x

do ε_x que deu S máximo, o próprio S máximo e m_x correspondente.

A figura 14 mostra a variação $S(a_x)$ (observada no apêndice 2). Verificamos aí 3 regiões definidas:

1ª região: interior a Urano ($5UA < a_x < 18UA$)

2ª região: entre Urano e Netuno ($22UA < a_x < 28UA$)

3ª região: exterior a Netuno ($a_x > 32UA$)

A 1ª região mostra uma variação de S bastante irregular. Podem ser observados aí 4 picos principais. O mais importante apresenta valor de S em torno de 0.11 e $a_x = 13.6$. Outro pico digno de nota é o que ocorre para a_x próximo ao semi-eixo de Saturno. Fazendo-se os cálculos para $a_x = 9.55UA$ e $\varepsilon_x = 257^0$ que são os valores aproximados para Saturno, obtém-se $S = 0.072$ e $m_x = 0.39$. Nas seções anteriores, verificou-se que uma correção da massa de Saturno fazia diminuir razoavelmente bem o somatório dos quadrados dos resíduos para Urano. O mesmo não acontecia para Netuno. Considerando-se os dois planetas conjuntamente, obteve-se um resultado intermediário. Existe um pico próximo ao semi-eixo de Saturno, porém com valor de S associado relativamente baixo. Isso porque, naturalmente, um valor mais alto da correção da massa de Saturno melhoraria o somatório dos quadrados dos resíduos para Urano, porém em prejuízo do somatório dos quadrados dos resíduos para Netuno.

A 2ª região apresenta uma variação de S levemente crescente na direção Urano \rightarrow Netuno. Não existe pico nessa região, embora os valores de S sejam constantemente altos, principalmente em relação à região 1. Já que o maior pico dessa região não atinge o menor valor da região 2. Outro fato digno de nota nessa região é com relação à massa m_x do

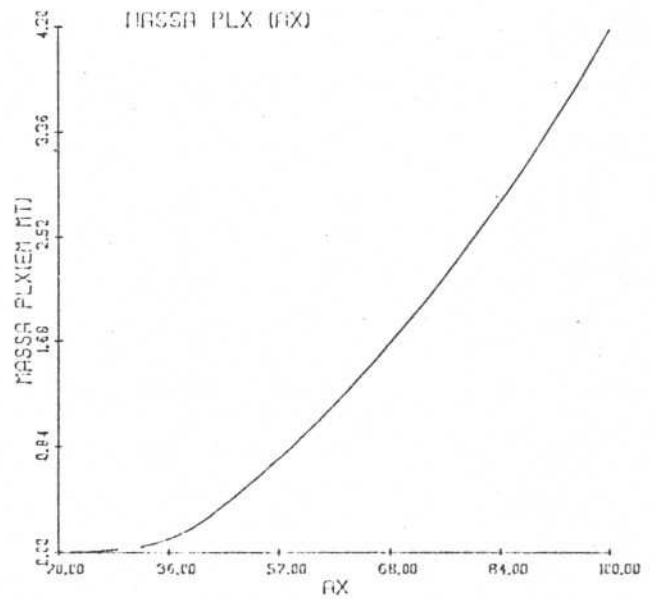
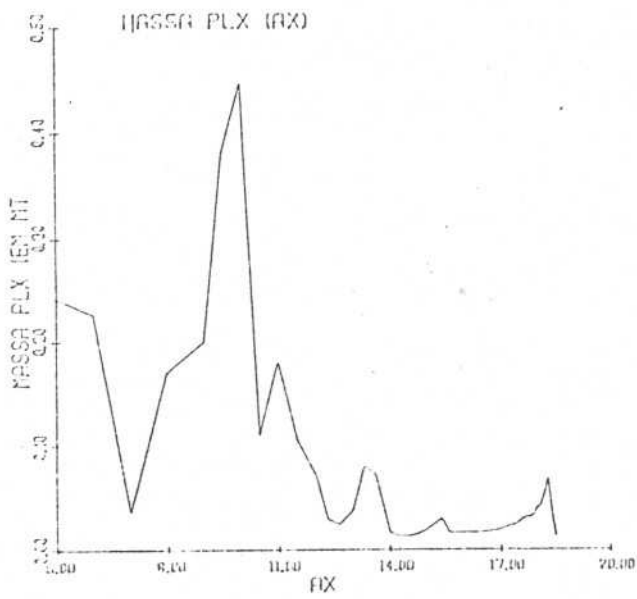
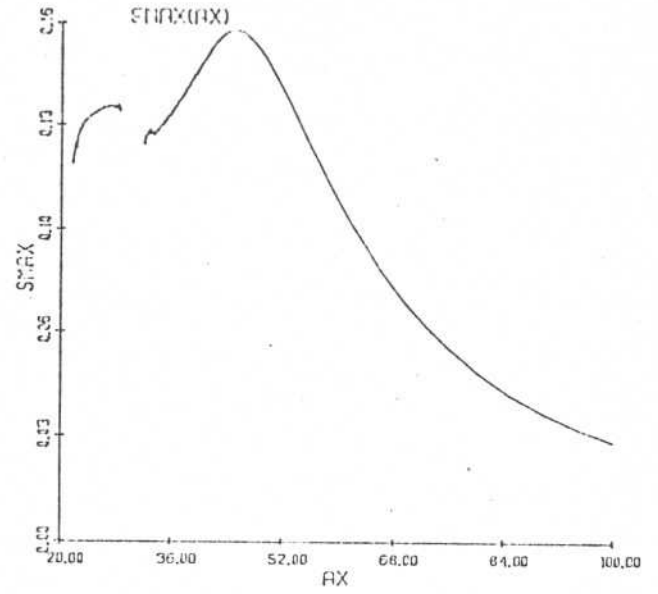
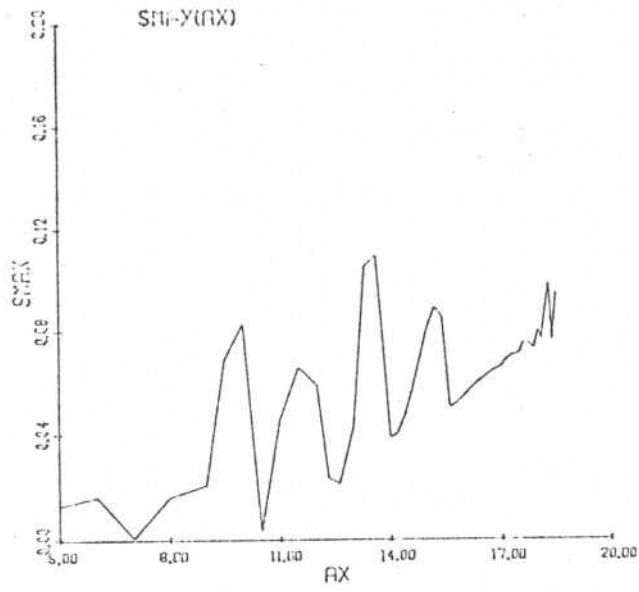


FIGURA 14: variação de S (máximo) em função de a_x medido em unidades astronômicas (acima).
Variação de mX (em massas da Terra) em função de a_x (abaixo)

Planeta X necessária para 'produzir' um decréscimo no somatório dos quadrados dos resíduos aproximadamente constante nessa região. Assim é que, próximo a Urano (ver apêndice 2), essa massa chega a ser 10 vezes menor do que próximo a Netuno. Convém notar, antes de mais nada, que bem próximo a um dos planetas, o 'S' obtido estará associado quase que exclusivamente a uma redução no somatório dos quadrados dos resíduos relativa a esse planeta unicamente. Segundo o método exposto na seção 4.1, verifica-se que a curva Δ que se ajusta aos resíduos é dada por uma diferença entre uma perturbação e uma função corretiva. Daí se conclue que o módulo de Δ será tanto maior quanto pior for o ajusté da função corretiva à função perturbadora. Segundo esse raciocínio a função Δ tenderá a ter um módulo maior no caso de Urano, que tem um período menor e um intervalo de observações maior. Isso significa uma maior dificuldade de ajuste da curva corretiva à função perturbadora relativa a Urano, o que pode ser verificado num exame da figura 8 apresentada na seção 4.1. Sendo Δ maior para o caso de Urano, a constante $C(m_X)$, linear em m_X , usada para o ajuste de $C\Delta$ aos resíduos, tenderá a ser menor, no caso de Urano, que é o que se pretendia mostrar.

Há que se notar, neste ponto, um fato que pode passar despercebido, qual seja, que um ajuste mal ou bom da função corretiva $\Delta\vartheta$ à função perturbadora $\Delta\theta$ é completamente independente do posterior ajuste da curva $C\Delta$ aos resíduos. Em função disso, verifica-se que, para Netuno (que tem um período de observações menor que o seu próprio período orbital), o mascaramento feito pelo ajuste das constantes orbitais é mais bem feito. Isso pode implicar numa função Δ suficientemente

pequena para desaparecer na presença dos erros de observação. Por outro lado, segundo o método aplicado, uma constante alta multiplicada a Δ pode vir a representar bem os resíduos para Netuno, daí provocar um 'S' alto, associado a um m_x alto. Fazendo-se a análise juntamente com Urano, em que só uma massa m_x é determinada conjuntamente, essa massa pode não ser suficientemente grande para tornar o módulo de $C\Delta$ (de Netuno) da ordem de grandeza dos seus resíduos e, assim, a contribuição de Netuno torna-se desprezível, em virtude do fato de as correções aplicáveis às constantes de Netuno mascararem bem o efeito perturbador do Planeta X.

A região 3 mostra um único pico, para $a_x=45\text{UA}$, com $S=0.1581$, $\epsilon_x=131^{0.1}$ e $m_x=0.4261$ massas da Terra. Esse resultado confere com o que era esperado através da superposição dos gráficos da figura 11. S decresce na medida em que a_x aumenta. Na verdade, S cresce ligeiramente para os 2 últimos a_x considerados (embora isso não, chegue a ser uma tendência), sendo $S=0.0176$ para $a_x=1000\text{UA}$, maior valor arbitrado. Poder-se-ia apresentar os valores $a_x=45\text{UA}$ e $\epsilon_x=131^{0.1}$ como valores mais prováveis para o Planeta X. Esses valores, no entanto, serão ligeiramente modificados, juntamente com o acréscimo da excentricidade e do argumento do periélio, na próxima seção. É importante, contudo, ressaltar a importância apenas relativa desses valores. O que se pode afirmar, com a apreciação das figuras 13 e 14, é que existe uma região mais provável para se achar o Planeta X, segundo o método aqui desenvolvido, e os parâmetros acima mostrados estão associados ao pico dessa região de probabilidades. No entanto, valores próximos aos encontrados são quase igualmente prováveis. O que a figura 14 (ver também

apêndice 2) mostra, com alguma certeza, é que a hipótese de um corpo com semi-eixo muito grande (tipo companheira do Sol), no plano da eclíptica, é muito pouco provável do ponto de vista de suas perturbações sobre Urano e Netuno.

A figura 14 mostra valores de S que indicam regiões mais prováveis do que outras. Resta, no entanto, uma dúvida pertinente, que é o significado absoluto de um valor de S . A pergunta que fica é: o valor máximo de $S (=0.1581)$ alcançado tem algum significado estatístico? Para responder a essa pergunta, aplicou-se o método descrito na seção 4.1 a resíduos aleatórios. Teve-se o cuidado de se manter as ordenadas associadas aos resíduos reais (datas julianas) em ambos os conjuntos de resíduos aleatórios, um simulando Urano, outro simulando Netuno. Esses resíduos foram gerados, ainda, levando-se em conta o desvio-padrão de uma observação para a época dada. Finalmente, o método foi aplicado de forma ponderada em que os pesos simulavam linearmente os pesos relativos das séries reais. A figura 15 mostra o gráfico $S(a_x)$, resultado dessa simulação, apresentado na mesma escala da figura 14. Verifica-se que certas feições são repetidas no 'gráfico aleatório', como, por exemplo, a irregularidade de $S(a_x)$ para a região interior a Netuno. Isso parece, portanto, ser consequência apenas da matemática do método. Existe também um único pico para a região exterior a Netuno para $a_x = 53.5 \text{UA}$. Esse valor é relativamente próximo a 45UA , obtido para os dados reais, o que, no entanto, parece ser apenas coincidência. A principal diferença, por outro lado, está na ordem de grandeza de S para os dois casos. De fato, os valores de S obtidos para o caso real é em torno de 10 vezes maior do que para o caso fictício. Esse fato, no mínimo, leva a crer que a hipótese do Planeta X é

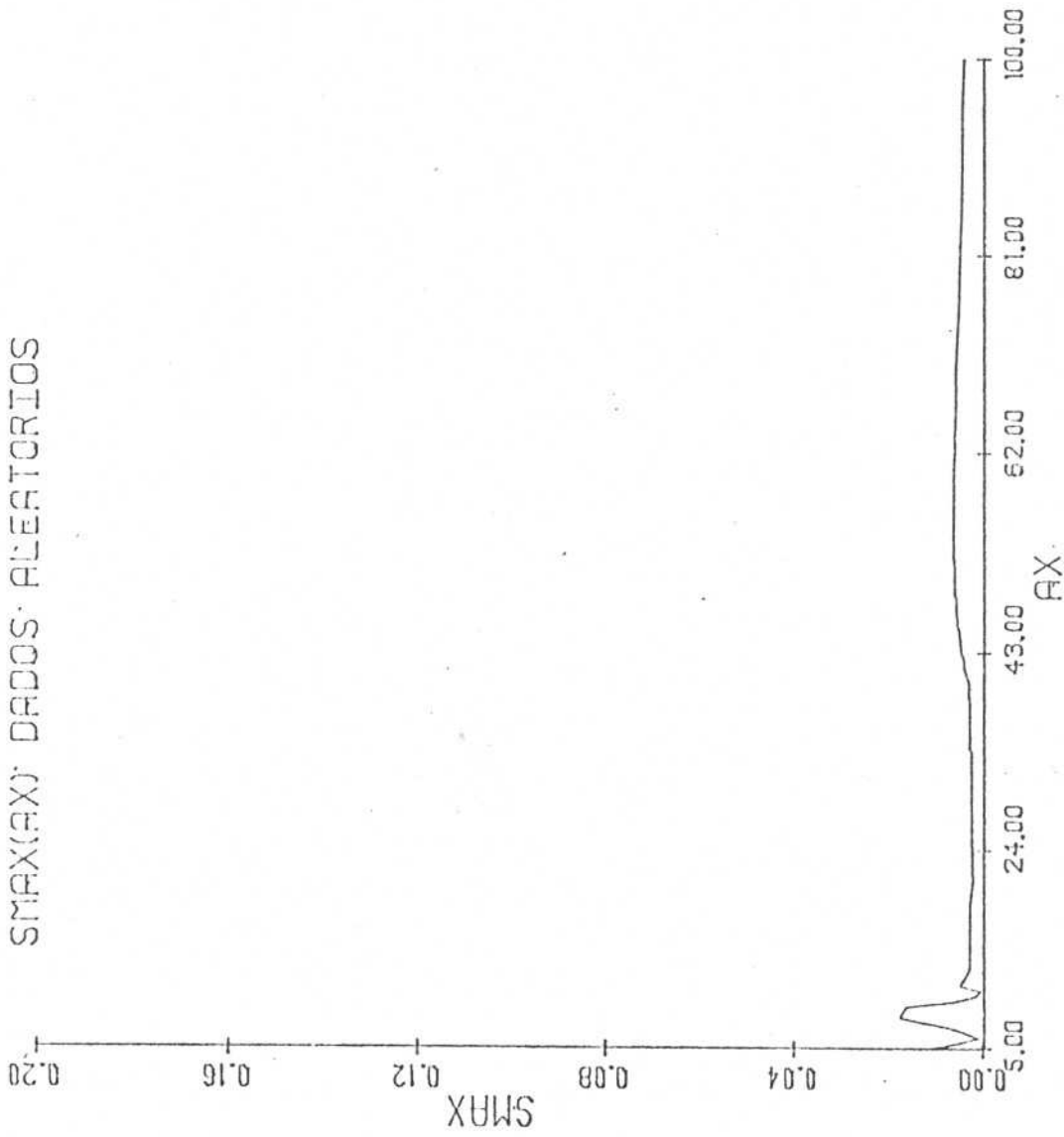


FIGURA 15: simulação do processo de determinação do Planet X, considerando-se resíduos geridos aleatoriamente. A escala é a mesma da figura 14.

bastante compatível com os desvios encontrados nos resíduos de Urano e Netuno, embora seja pouco seguro apontar-se para uma posição onde ele, com grande probabilidade, deveria estar.

4.5 Efeito da excentricidade

Para o cálculo do efeito da excentricidade do Planeta X, há que se introduzir mais dois parâmetros, quais sejam, e_x , excentricidade do Planeta X e ϖ_x , longitude do periélio do Planeta X. Dessa forma, passa-se a se ter 4 parâmetros arbitrários para o Planeta X. O cálculo de S para todas as combinações dos 4 elementos orbitais planos, mesmo considerando-se passos não muito pequenos para a variação discreta desses elementos, tornaria o problema impraticável do ponto de vista de tempo de cálculo. Optou-se, por conseguinte, por arbitrar-se pares (e_x, ϖ_x) associados a pares (a_x, ε_x) previamente escolhidos dentre os que estavam associados aos maiores valores de S.

Na prática, o método não muda em relação ao descrito na seção 4.1, apenas acrescentando-se a perturbação em longitude verdadeira um termo em 1ª ordem da excentricidade (tirado de Sagnier, 1981). Deve-se notar, aqui, que foram tomados os termos dependentes da excentricidade também do planeta perturbado, a fim de haver coerência. As excentricidades arbitradas variaram de 0.01 até 0.3. Excentricidades maiores que 0.3 não fariam sentido, já que foi considerada apenas a 1ª ordem na excentricidade. A tabela 9 apresenta alguns conjuntos de parâmetros para o Planeta X, para os quais foi encontrado alto valor de S. São também mostrados os valores de m_x (massa do Planeta X), associados aos mesmos parâmetros. O maior valor de S (igual a 0.203) encontrado está associado aos parâmetros $a_x=44\text{UA}$, $\varepsilon_x=134^\circ.4$, $e_x=0.05$ e $\varpi_x=162^\circ$ e $m_x=0.494$ que seriam os valores mais prováveis para o Planeta X. Como ainda haverá várias referências ao Planeta X com esses parâmetros associados,

TABELA 9

AX --> SEMI-EIXO DO PLANETA X (EM UA)
 EPSX --> LONGITUDE MEDIA PARA 1987.5 DO PLANETA X (EM GRAUS)
 EX --> EXCENTRICIDADE DO PLANETA X
 PIX --> LONGITUDE DO PERIÉLIO DO PLANETA X (EM GRAUS)
 MX --> MASSA DO PLANETA X (EM MASSAS DA TERRA)
 TETX --> LONGITUDE VERDADEIRA PARA 1987.5 DO PLANETA X (EM GRAUS)
 RVX --> RAI0 VETOR PARA 1987.5 DO PLANETA X (EM UA)

AX	EPSX	EX	PIX	S	MX	TETX	RVX
43.0	137.7	0.07	180	0.1904	0.5096	132.0	40.9
44.0	134.4	0.05	162	0.2032	0.4939	130.1	42.5
45.0	131.1	0.04	144	0.1897	0.4996	130.0	43.2
50.0	115.2	0.10	90	0.1617	0.4086	120.6	45.6
55.0	102.0	0.07	0	0.1541	0.8619	109.7	56.1
60.0	91.5	0.02	252	0.1087	1.2576	90.8	61.1
70.0	76.1	0.20	90	0.1421	1.9843	69.4	56.6
80.0	65.2	0.25	18	0.1654	2.6767	90.2	69.1
90.0	57.0	0.25	342	0.1623	3.8876	86.7	89.4
100.0	50.4	0.30	306	0.1474	4.5530	80.9	115.9

passaremos a chamá-lo de Planeta X_0 . A figura 16 mostra a órbita do Planeta X_0 , bem como sua posição para 1987.5. Pode ser vista, ainda, nessa figura, a órbita correspondente a $a_x=80UA$ (ver os outros parâmetros na tabela 9). Para esses parâmetros, o valor de S não é tão grande, mas deve-se ressaltar que a influência da excentricidade o modificou bastante, já que, sem ela, seu valor era de 0.052 (ver apêndice 2), passando, com a excentricidade, para 0.165. São, ainda, acrescentadas, na figura 16, com finalidade de melhor visualização, as órbitas de Urano e Netuno, bem como suas posições para 1987.5.

As figuras 17 e 18 ilustram, tal como as figuras 8 e 9, o desenvolvimento do método, segundo seus vários passos (ver seção 4.1), aqui aplicado especificamente para o conjunto de parâmetros associados ao Planeta X_0 , que faz reduzir o somatório dos quadrados dos resíduos de Urano e de Netuno em 20,3%, na média; para Urano, a redução é de 25,4% e, para Netuno, 10,7%.

Cumprе, ainda, notar que, para alguns semi-eixos arbitrados (geralmente os maiores), o valor máximo de S foi encontrado para $e_x=0.3$ e era crescente para esse valor. Isso sugere que, talvez, planetas X com excentricidades muito grandes e de semi-eixos igualmente grandes poderiam corresponder a um bom modelo. Isso só poderia ser confirmado se fosse usado um desenvolvimento da função perturbadora para ordens superiores na excentricidade, o que foge aos objetivos desse trabalho. Por outro lado, nota-se, pela figura 16, que o Planeta X de semi-eixo igual a 80UA está relativamente próximo ao Planeta X_0 , para 1987.5 e sua vizinhança anterior. Conclue-se, daí, que, na medida em que se aumenta o semi-eixo do

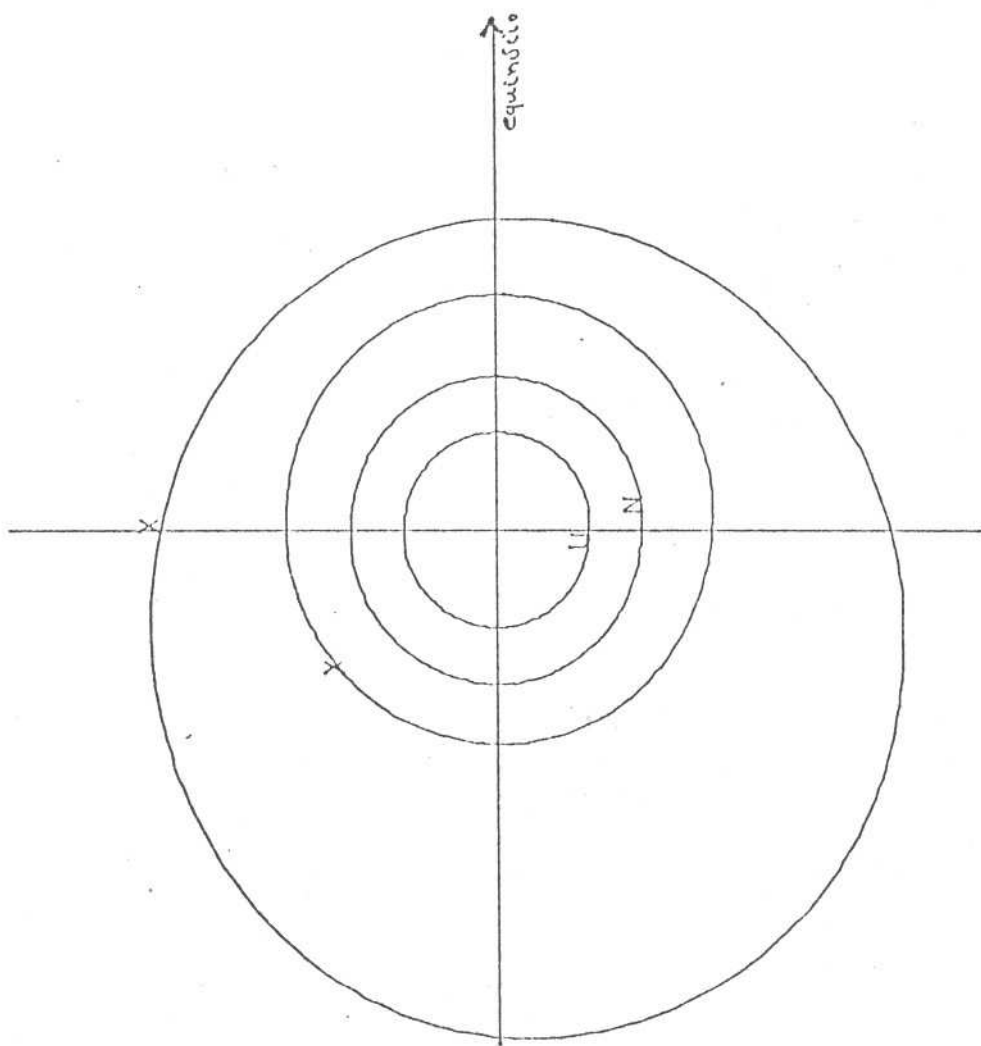


FIGURA 16: Órbita do Planeta X_0 e do Planeta X de semi-eixo igual a 80 UA (ver na tabela 9 valores dos outros elementos). Podem ser vistas, também, as órbitas de Urano e Netuno para comparação. A localização de todos os planetas para 1987.5 está indicada.

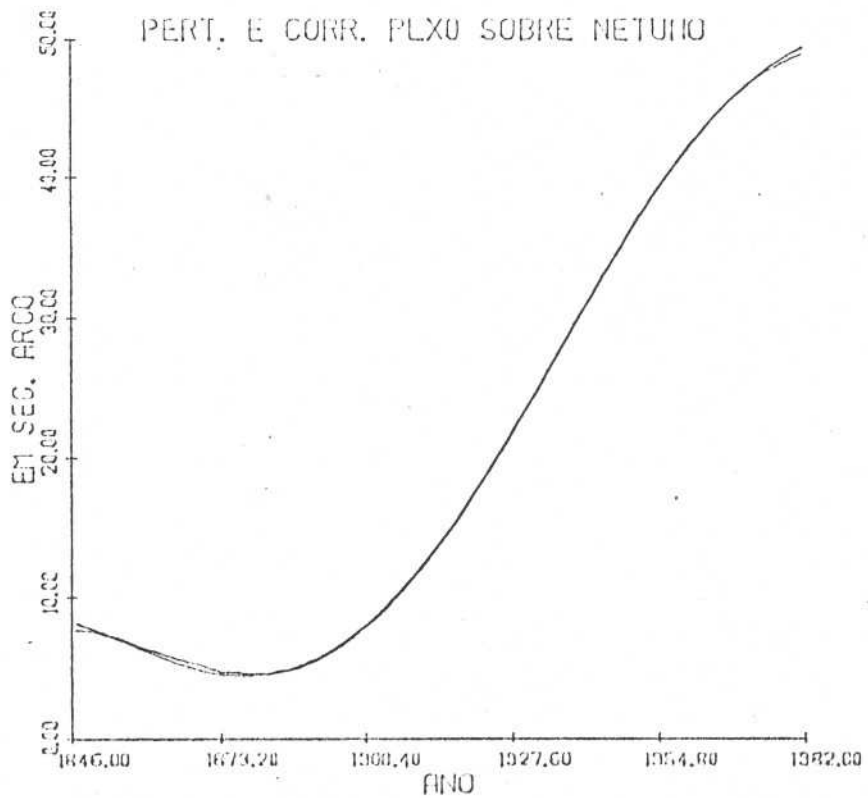
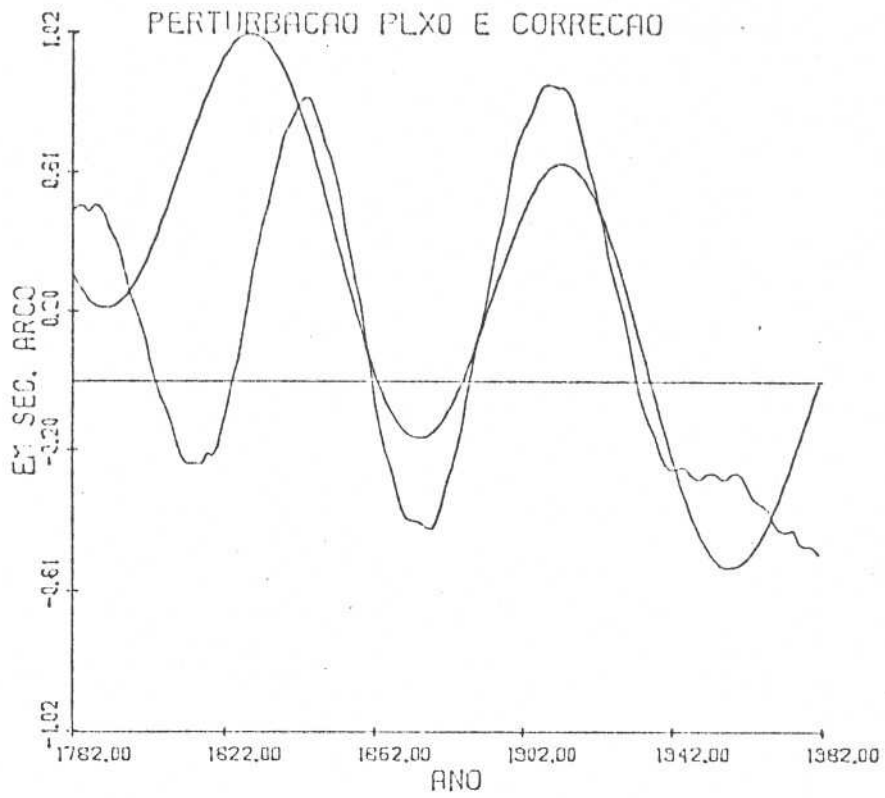


FIGURA 17: perturbação ($\Delta\theta$) do Planeta X_0 (com 1 massa terrestre) e curva corretiva para Urano e Netuno. No caso de Netuno, as duas curvas praticamente coincidem.

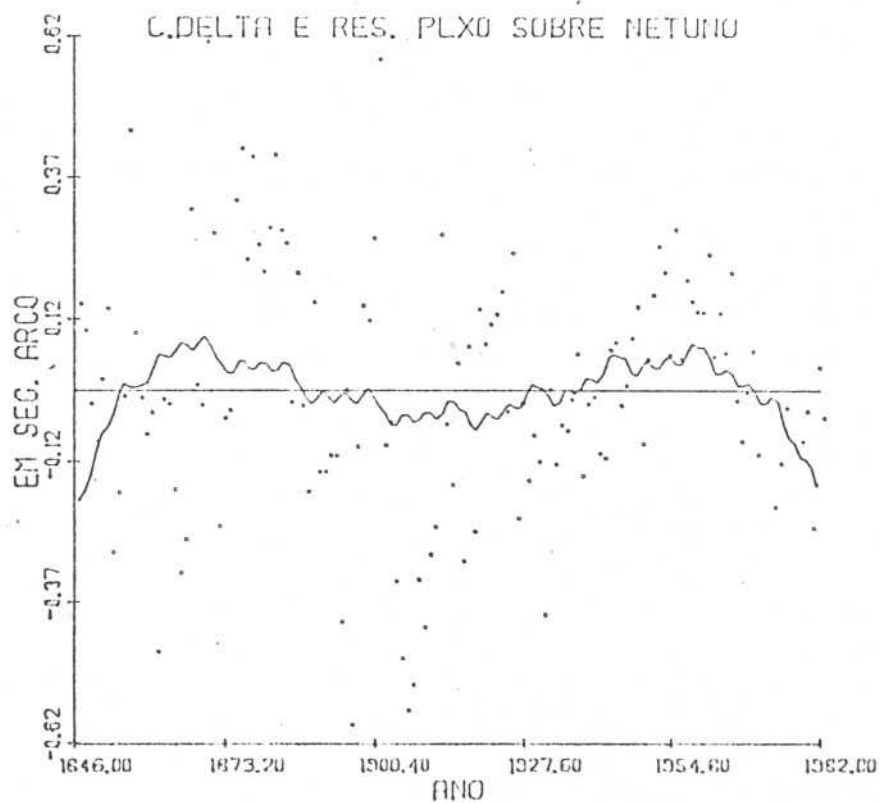
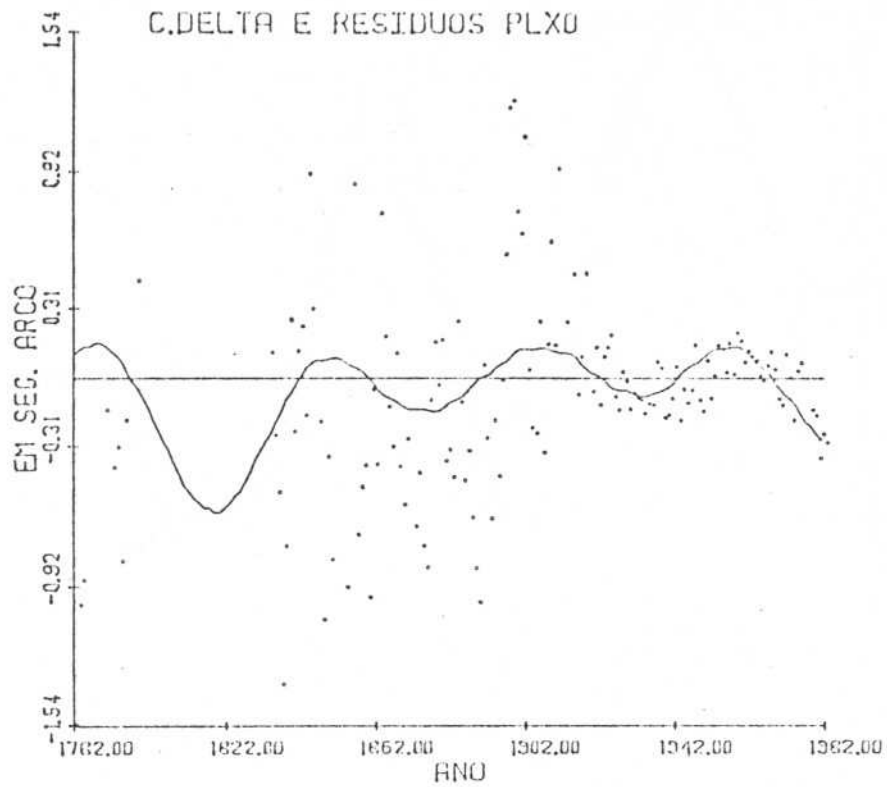


FIGURA 18: ajuste da curva diferença Δ (perturbação - correção), relativa ao Planeta X_0 , multiplicada pela constante C , dependente linearmente de m_x , que implicou no melhor ajuste dos resíduos.

Planeta X, sua excentricidade é aumentada de tal forma que, associada a um argumento do periélio conveniente, a órbita efetivamente percorrida pelo Planeta X no intervalo de observações de Urano e Netuno é aproximadamente a mesma em todos os casos. A respeito disso, é interessante notar as observações de Grosser (1978) sobre a descoberta de Netuno. De fato, influenciados pela crença na validade da Lei de Bode, os previsores da órbita de Netuno colocaram-na com semi-eixo maior do que o verdadeiro, implicando, assim, numa determinação de excentricidade igualmente excessiva. Por outro lado, a localização de Netuno para a época da descoberta foi feita com boa precisão.

4.6 Efeito da inclinação

O efeito de uma órbita muito inclinada para o Planeta X será sentido, principalmente, nos resíduos em latitude, que serão analisados nessa seção. No capítulo 3, quando se empreendeu a análise de frequência, verificou-se que os resíduos em latitude estavam bem mais próximos de ruído branco puro do que os resíduos em longitude, tanto para Urano quanto para Netuno. Isso leva a crer que dificilmente uma órbita muito inclinada para o Planeta X seria estatisticamente significativa.

Para se levar a cabo a análise dessa seção, deve-se partir da equação (6) da seção 3.2.1. Essa equação pode ser escrita na forma:

$$\text{sen}(B) = Q \cdot \text{sen}(\theta) - P \cdot \text{cos}(\theta) \quad (9)$$

$$\text{onde } Q = \text{sen}(I) \cdot \text{cos}(\Omega)$$

$$P = \text{sen}(I) \cdot \text{sen}(\Omega)$$

Em forma de diferenças, (9) se escreve:

$$\text{cos}(B) \cdot \Delta B = \text{sen}(\theta) \cdot \Delta Q - \text{cos}(\theta) \cdot \Delta P + \text{sen}(I) \cdot \text{cos}(\theta - \Omega) \cdot \Delta \theta \quad (10)$$

Por aí, vemos que o efeito em latitude da perturbação de um planeta X é calculado através das diferenças ΔQ , ΔP e $\Delta \theta$. ΔQ e ΔP podem ser calculados através de equações clássicas da mecânica celeste (ver Sagnier, 1981, pag. 122). $\Delta \theta$ é calculado em função da variação de outros elementos orbitais, tal como mostra a equação (5). Se estivermos interessados em inclinações não triviais (de ordem de grandeza diferente da dos planetas conhecidos), o termo em $\Delta \theta$ pode ser desprezado na equação (10), por ser da ordem da inclinação de Urano ou Netuno, ao passo que ΔQ e ΔP são da ordem da inclinação do Planeta X.

Suponhamos, agora, segundo o mesmo raciocínio do método exposto na seção 4.1, que uma correção aos elementos orbitais foi introduzida de forma a reduzir ao mínimo o efeito do Planeta X sobre os resíduos em latitude. Isso equivale a se ajustar uma curva do tipo:

$$\Delta B' = (\text{sen}(\theta) \cdot \Delta Q' - \text{cos}(\theta) \cdot \Delta P' + \text{sen}(I) \cdot \text{cos}(\theta - \Omega) \cdot \Delta \theta') / \text{cos}(B)$$

a uma curva dada pela equação (10), em que $\Delta Q'$, $\Delta P'$ e $\Delta \theta'$ são as variáveis livres. Nesse ajuste, queremos que um múltiplo de $(\Delta B - \Delta B')$ se ajuste aos resíduos. Como as correções aos elementos planos que vão gerar $\Delta \theta'$ devem ser compatíveis (pelo menos da mesma ordem de grandeza) com as correções obtidas quando da análise plana (seção 4.1), conclue-se que o termo em $(\Delta \theta - \Delta \theta')$ de $(\Delta B - \Delta B')$ deverá ser da ordem dos resíduos em longitude que são da ordem dos resíduos em latitude. Como $\text{sen}(I)$ pré-multiplica o termo em $(\Delta \theta - \Delta \theta')$, verifica-se que esse termo poderá ser desprezado em presença dos termos em $(\Delta Q - \Delta Q')$ e $(\Delta P - \Delta P')$, por ser da ordem da inclinação (de Urano ou Netuno) dos resíduos em latitude. Dessa forma, podemos considerar todas as equações vistas nessa seção sem o termo em $\Delta \theta$. Em vista disso, resumimos, a seguir, a rotina usada para o cálculo do efeito do Planeta X sobre os resíduos em latitude.

i) calcula-se ΔB que é função (além dos elementos orbitais de Urano e Netuno) dos elementos orbitais ϵ_X e a_X do Planeta X, já previamente fixados, e dos elementos espaciais I_X e Ω_X que são arbitrados. ϵ_X e a_X são escolhidos dentre aqueles que deram maior S na análise plana.

ii) ajusta-se $\Delta B'$ a ΔB . Calcula-se $\Delta_B = \Delta B - \Delta B'$.

iii) ajusta-se $C \Delta_B$ aos resíduos em latitude. Nesse passo,

será determinado um parâmetro S , de igual definição ao da seção 4.1, apenas, aqui, referido aos resíduos em latitude. É, também, calculada uma massa para o Planeta X, da qual C é uma função linear. Por razões operacionais, essa massa é tomada em relação à massa determinada pela análise em longitude (sem excentricidade) para o mesmo par (a_X, ϵ_X) .

A tabela 10 apresenta um resumo dos resultados da análise descrita nesta seção. Vemos que o maior valor achado para S é aproximadamente igual a 0.04. Esses resultados confirmam os resultados obtidos pela análise espectral para os resíduos em latitude que indicavam uma distribuição mais próxima de ruído branco do que os resíduos em longitude. Esses resultados não querem dizer que inclinações não triviais sejam incompatíveis com a distribuição dos resíduos em latitude, para Urano ou Netuno, mas apenas que uma órbita inclinada e uma de inclinação zero não podem ser distinguidas. É mais natural escolher-se esta última em vista da semelhança com as órbitas dos outros planetas. Há que se lembrar, neste ponto, que uma inclinação não trivial para o Planeta X terá uma influência na variação da longitude verdadeira do planeta perturbado; no entanto, essa variação será da ordem do quadrado dessa inclinação, o que nos leva a crer que seja desprezível em presença dos outros elementos orbitais e dos próprios erros de observação envolvidos.

TABELA 10

AX --> SEMI-EIXO DO PLANETA X (EM UA)
 EPSX --> LONGITUDE MÉDIA PARA 1987.5 DO PLANETA X (EM GRAUS)
 IX --> INCLINAÇÃO DA ÓRBITA DO PLANETA X (EM GRAUS)
 OMX --> LONGITUDE DO NODO DO PLANETA X (EM FRAÇÃO DE 360 GRAUS)
 MX --> MASSA DO PLANETA X DETERMINADA PELA ANÁLISE PLANA (EM MASSAS DA TERRA)
 RMX --> NOVA MASSA DETERMINADA PELA ANÁLISE ESPACIAL (EM MX)

AX	EPSX	IX	OMX	MX	S	RMX
1000	344.6	1	0.0	2894.2	0.007	1.00
1000	344.6	5	0.9	2894.2	0.029	1.34
1000	344.6	10	0.9	2894.2	0.028	0.61
1000	344.6	20	0.9	2894.2	0.026	0.29
80	65.2	1	0.7	2.52	0.036	10.01
80	65.2	5	0.5	2.52	0.027	3.99
80	65.2	10	0.4	2.52	0.026	0.60
80	65.2	20	0.4	2.52	0.026	0.31
45	131.1	1	0.8	0.43	0.026	4.29
45	131.1	5	0.9	0.43	0.031	1.72
45	131.1	10	0.9	0.43	0.032	0.99
45	131.1	20	0.9	0.43	0.033	0.54
35	162.3	1	0.8	0.09	0.020	1.89
35	162.3	5	0.9	0.09	0.019	0.65
35	162.3	10	0.9	0.09	0.020	0.37
35	162.3	20	0.9	0.09	0.020	0.20

TABELA 11

JUPITER			NETUNO		
PER.	S	PROB.	PER.	S	PROB.
92.0	0.059	1%	35.0	0.191	>99%
500.0	0.075	24%	21.0	0.084	39%
			10.4	0.059	1%

4.7 Comentários finais

4.7.1 LOCALIZAÇÃO DO PLANETA X

Se considerarmos os parâmetros relativos ao Planeta X_0 (ver tabela 9), verifica-se que sua longitude verdadeira é de $130^{\circ}.1$, a qual, associada a uma latitude igual a zero, implicará em uma ascensão reta igual a $132^{\circ}.5$ e declinação igual a $17^{\circ}.7$, referidos ao equador-equinócio J2000. Por outro lado, se consultarmos a figura 13, verificamos que existe uma faixa angular onde é mais provável a sua localização. Atentando para a tabela 9, em especial para as longitudes verdadeiras aí listadas, vemos que a faixa entre 80° e 130° pode ser considerada como a faixa de longitudes mais provável. Se de fato existir um planeta X, espera-se, em função das análises aqui feitas, que ele se localize dentro da faixa de longitudes acima mencionada. Quanto à sua latitude, espera-se que seja próxima de zero, embora latitudes de módulo grande não sejam incompatíveis com os resíduos em latitude encontrados para Urano e Netuno.

4.7.2 MAGNITUDE VISUAL DO PLANETA X

Para o cálculo da magnitude visual do Planeta X, há que se arbitrar dois parâmetros que não são conhecidos, quais sejam, seu albedo e sua densidade. Como exemplo, supomos dois tipos para o Planeta X, um com albedo e densidade aproximados dos planetas exteriores e outro com albedo e densidade aproximados dos planetas interiores (Marte e Mercúrio). Calcula-se, assim, a magnitude do Planeta X_0 , como também o de semi-eixo igual a 80UA, apresentado na figura 16. Dessa forma, para o Planeta X_0 , a magnitude variou de 12.0 a 13.6 e, para o de semi-eixo igual a 80, variou de 13.0 a 14.6. Se considerarmos valores de albedo e densidade mais fora do comum, os valores de magnitude poderiam chegar até 15 ou 16, o que, na verdade, o coloca como relativamente brilhante para um planeta desconhecido.

4.7.3 COMPARAÇÃO COM OUTROS RESULTADOS

Dos resultados apresentados por outros autores, destaca-se o artigo de Matese e Whittemire(1986). Nesse artigo, o Planeta X teria um semi-eixo de 80UA, excentricidade igual a 0.3 e inclinação de 45° , o que o coloca próximo de um dos modelos determinados nesse trabalho. A localização do planeta nessa órbita não é calculável segundo o método exposto no artigo. De uma maneira geral (ver, ainda, o artigo de Matese), comenta-se que os resíduos encontrados para os planetas exteriores são compatíveis com um planeta X de 50 a 100 UA e massa igual a 1 até 5 massas da Terra, o que também fica próximo dos modelos aqui encontrados. A hipótese da companheira do Sol (corpo perturbador com semi-eixo muito grande) não se conforma com os resultados obtidos no presente trabalho. Outro fato digno de nota é a localização de Plutão dentro do contexto desse trabalho. Para 1987.5 a longitude média de Plutão é de aproximadamente $192^{\circ}4$, o que, associado a seu semi-eixo (=39.6UA) faz resultar em $S=0$. Esse valor de S é confirmado considerando-se o modelo excêntrico para a órbita do Planeta X. Portanto, independentemente do fato de ser sua massa agora reconhecida como desprezível do ponto de vista de perturbação sobre os planetas, vemos que seus parâmetros, de qualquer forma, não se conformam com os modelos mais prováveis de planeta X aqui encontrados.

4.7.4 ANÁLISE ESPECTRAL DOS RESÍDUOS EM LONGITUDE DESCONTADO O PLANETA X_0

Uma vez ajustado o modelo do Planeta X_0 (ver figura 18) aos resíduos, esses são subtraídos daquele modelo, gerando-se, assim, dois novos conjuntos de resíduos em longitude, um para Urano, outro para Netuno. O resultado da análise de frequência sobre essas duas séries de resíduos finais é apresentado na tabela 11. Vemos aí que os picos encontrados para Urano praticamente poderiam ser encontrados para uma série de ruído branco puro. Para Netuno, no entanto, permanece um pico relevante para o período de 35 anos, próximo a 37.5 anos encontrado antes da correção do Planeta X. Por outro lado, o pico de 78 anos 'some' e o pico em torno de 10 anos torna-se estatisticamente insignificante. De qualquer forma, verifica-se que, para Netuno, o modelo do Planeta X_0 não explica completamente a discrepância nos seus resíduos em longitude, embora faça diminuir o somatório dos quadrados dos mesmos resíduos, além de 'apagar' a periodicidade de 78 anos antes encontrada.

5. CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi analisar os resíduos em longitude e latitude de Urano e Netuno, da maneira mais completa possível. Para tanto, foram determinados conjuntos de resíduos médios, em que apenas um resíduo médio respondia por cada oposição do planeta considerado. Essa consideração de um resíduo por oposição foi fundamental no sentido de se empreender satisfatoriamente as análises consideradas na sequência desse trabalho. A fim de se tentar explicar as discrepâncias nos resíduos, foram corrigidas as constantes de integração das órbitas de Urano e Netuno, de forma a minimizar o somatório dos quadrados dos resíduos. Algumas correções foram obtidas com significância estatística, contudo, após esse processo, verificou-se que os resíduos resultantes se desviavam de ruído branco puro. Por outro lado, verificou-se que esse processo de correção das constantes orbitais tinha um caráter acentuadamente local.

Uma 2ª tentativa de explicar as discrepâncias nos resíduos foi através da suposição de modelos de corpos perturbadores (Planeta X) desconhecidos que poderiam ser responsáveis pelas configurações seguidas pelos resíduos. Essa análise apontou para um planeta X mais provável (X_0), bem como uma região de maior probabilidade de se encontrar o Planeta X. Finalmente, após descontar o Planeta X_0 dos resíduos, empreendeu-se nova

análise de frequência que mostrou uma configuração próxima de ruído branco para Urano, porém, para Netuno, ainda apontava para um período com probabilidade não explicável por ruído branco.

As seguintes conclusões podem ser tiradas da análise dos resíduos 'via' Planeta X:

i) segundo o método descrito na seção 4.1, Urano se mostrou um melhor 'detector' de Planeta X do que Netuno, devido ao fato de ter mais de dois períodos orbitais de observações. Isso torna mais difícil o mascaramento da influência de um corpo perturbador pelo ajuste de constantes orbitais. Para Netuno, ao contrário, esse mascaramento é, em geral, possível e resulta numa incerteza na determinação da posição do Planeta X. Segundo esse ponto se vista, quanto mais interno for um planeta, mais próprio é ele para essa análise. Porém, é importante observar que o seu maior afastamento do Planeta X diminuirá a influência deste. Tendo em vista esses fatores, e a experiência aqui adquirida em função de Urano e Netuno, talvez o planeta mais próprio para uma análise do tipo empreendida no capítulo 4 fosse Marte que é bem interno, tem um conjunto de observações bem precisas e apenas ficaria relativamente mais longe do Planeta X, mas esse fator seria tão menos importante quanto mais afastado do sistema solar estivesse o planeta hipotético. De qualquer forma, o acréscimo de algum outro planeta a essa análise certamente a tornaria mais 'reveladora'.

ii) a região mais provável para se encontrar o Planeta X o coloca em longitudes que variam na faixa entre 20° e 60° para

1930, época em que Tombaugh descobriu Plutão e fez uma investigação sistemática de boa parte do céu a fim de achar todos os planetas que porventura existisse até a magnitude 17 aproximadamente. Esse valor de longitude exigiria um valor de latitude bem incomum, a fim de deixar o Planeta X fora da região investigada por Tombaugh. Embora os resíduos em latitude não apontem necessariamente para uma inclinação da órbita do Planeta X próxima de zero, a suposição de uma inclinação de módulo muito alto (p/ ex $>45^{\circ}$) também não parece natural. Se levarmos, ainda, em conta que a magnitude que se pode associar ao Planeta X chegaria, no máximo a 16, supondo-se, neste caso, albedo e/ou densidades excessivamente incomuns (albedo=0.01 e densidade de Mercúrio), conclue-se em vista da investigação empreendida por Tombaugh que o Planeta X_0 indicado pela análise aqui empreendida não deve existir.

iii) algumas correções nas massas dos planetas conhecidos foram indicadas pelas análises feitas nesse trabalho. Em geral, elas eram maiores do que o admissível pela precisão das massas suposta hoje conhecida para os mesmos planetas. Além disso, não houve muita compatibilidade entre as determinações devidas a Urano e as devidas a Netuno (caso de Saturno, principalmente).

DADOS MEDIOS POP OPOSIÇÃO/OBSERVATÓRIO PARA LONGITUDE DE URANO

CÓDIGO DOS OBSERVATÓRIOS

- 1 UCLE
- 2 TOULOUSE
- 3 STRASBOURG
- 4 MURAL CIRCLE USNO
- 5 RADCLIFFE
- 6 5-INCH USNO
- 7 NICE
- 8 8-INCH USNO
- 9 GREENWICH
- 10 PARIS
- 11 TOKIO OU MIZUSAWA
- 12 9-INCH USNO
- 13 EDINBUROUGH
- 14 CAPE
- 15 CAMBRIDGE
- 16 BESANCUN
- 20 BORDEAUX

COD	DIA JUL.	RES. MEDIO ⁽¹¹⁾	SIGMA	NUBS	SIG1	MES/ANO
0	2367190.41	-0.21363229	1.98609890	7	5.25472377	1/1769
5	2371948.73	-2.13878838	0.13966855	18	0.80469549	1/1782
5	2372335.40	-1.62749404	0.36546059	20	1.63438946	2/1783
5	2372639.62	-1.54307519	0.66094907	9	1.98284720	2/1784
5	2374916.27	-0.96241415	0.26827763	18	1.13820559	3/1790
5	2375644.75	-1.23878126	0.39281163	3	0.68036970	3/1792
5	2376035.27	-1.14745085	0.41942234	11	1.39106554	4/1793
5	2376386.41	-1.55509392	0.60755488	3	1.05248913	3/1794
5	2376770.23	-1.03267951	0.44360529	7	1.17366928	4/1795

5	2377143.74	-0.85608870	0.46382854	8	1.31190523	4/1796
5	2377881.59	-0.44181612	0.57523948	9	1.72571844	4/1798
15	2390813.24	-0.15948952	0.25143294	38	1.54993671	9/1833
15	2391190.83	-0.50592480	0.27211759	55	2.01807805	10/1834
15	2391541.84	-0.73107644	0.25632591	45	1.71948650	9/1835
13	2391895.72	-2.18267782	0.42954355	16	1.71817419	9/1836
15	2391919.76	-1.37647360	0.23273995	47	1.59558472	10/1836
13	2392252.38	-0.37285533	0.36452061	8	1.03101997	8/1837
15	2392280.85	-1.15657482	0.23289563	44	1.54485486	9/1837
13	2392554.84	-0.05742376	0.49109288	19	2.14062424	10/1838
15	2392552.27	0.12080545	0.23019214	41	1.47394885	10/1838
13	2393033.50	-0.40108095	0.52424890	17	2.16153359	10/1839
15	2393016.89	-0.42040747	0.22292940	28	1.17963151	10/1839
13	2393396.53	0.38996499	0.40622842	24	1.99010469	10/1840
15	2393397.64	-0.93703335	0.58307052	8	1.64917248	10/1840
13	2393771.32	0.06417625	0.28577070	14	1.06925605	10/1841
13	2394141.92	-1.15968103	0.67476029	15	2.61333537	11/1842
15	2394131.33	-0.26169620	0.20785004	39	1.29802310	10/1842
13	2394490.24	0.75094670	0.36363881	15	1.40836707	10/1843
10	2394803.57	-0.93709993	1.04245769	3	1.80558968	8/1844
13	2394830.88	0.22841539	0.28788994	11	0.95482291	9/1844
10	2395599.75	-0.33995649	0.17968302	9	0.53904906	10/1846
10	2395988.36	-1.48110091	0.43971735	10	1.39050838	11/1847
15	2395967.35	-1.00279044	0.37429384	26	1.90853160	11/1847
10	2396318.89	-0.47703203	0.54475490	12	1.88708635	10/1848

10	2396714.06	-0.93149051	0.61474913	6	1.50582170	11/1849
10	2398180.93	-1.07193976	0.50921478	4	1.01842956	11/1853
10	2398919.93	0.69666763	0.25354508	4	0.50709015	12/1855
10	2399292.62	-0.88500203	0.47553519	10	1.50377430	12/1856
10	2399663.30	-0.69012479	0.21683099	18	0.91993597	12/1857
10	2400034.28	-0.60598921	0.30757222	16	1.23028889	12/1858
10	2400386.15	-1.19592822	0.29362224	13	1.05867003	12/1859
10	2400756.46	-0.27891335	0.70606838	11	2.34176389	12/1860
10	2401145.40	-0.52543539	0.25780954	17	1.06297596	1/1862
10	2401543.02	0.49123803	0.25492195	23	1.22256273	2/1863
4	2401890.69	-0.03663356	0.14454712	13	0.52117205	1/1864
10	2401838.87	-0.92021805	0.72477077	3	1.25533980	11/1863
4	2402258.95	-0.12686031	0.20033701	15	0.77590191	1/1865
10	2402232.67	-0.87753426	0.22780415	5	0.50738556	12/1864
15	2402237.32	0.33920106	0.52870436	3	0.91574281	2/1865
4	2402592.12	0.02925521	0.52063970	5	1.16418577	12/1865
8	2402642.20	-0.68957702	0.22393185	21	1.02618466	2/1866
10	2402590.84	-0.78957908	0.90683100	3	1.57067737	12/1865
8	2402963.18	-0.41475930	0.14058982	43	0.92190910	12/1866
15	2402958.12	0.22570217	0.18838775	5	0.42124781	12/1866
3	2403347.18	-0.74405887	0.48042103	12	1.66422725	1/1868
10	2403385.95	-0.52925481	0.49445923	5	1.10564444	2/1868
15	2403331.34	-0.93186499	0.52431730	6	1.28430984	12/1867
8	2403701.98	-1.19175701	0.17731897	38	1.09306755	1/1869
10	2403739.77	0.47509641	0.96900921	8	2.74077194	2/1869
15	2403714.27	0.45405147	0.44120646	5	0.98656763	1/1869
8	2404129.99	-0.66459695	0.33345228	7	0.88223181	3/1870

8	2404857.32	-1.33085544	0.23924025	18	1.01501044	3/1872
10	2404859.12	-0.66100165	0.32453530	24	1.58989175	3/1872
10	2405207.29	-0.87500705	0.38094358	7	1.00788198	2/1873
5	2405603.62	-0.63258871	0.70523917	4	1.41047835	3/1874
8	2405597.13	-1.42042607	0.17688804	17	0.72932809	3/1874
10	2405579.76	-0.89569731	0.23861920	9	0.71585760	2/1874
10	2405949.28	-1.30834343	0.25803481	21	1.18246406	3/1875
5	2406339.18	-2.19322322	0.62343421	5	1.39404127	3/1876
8	2406324.00	-0.49554940	0.13797364	30	0.75571274	3/1876
10	2406334.97	-0.54632860	0.20986306	22	0.98434499	3/1876
8	2406670.87	-0.22743018	0.10874240	23	0.52151021	2/1877
10	2406701.27	-1.60911096	0.43729916	8	1.23686880	3/1877
8	2407053.06	-0.56161257	0.27460287	5	0.61403068	3/1878
10	2407068.70	-0.43329494	0.34509436	10	1.09128418	3/1878
8	2407440.12	-0.21680179	0.16518905	8	0.46722518	3/1879
10	2407428.61	-0.53389806	0.25760794	27	1.33857014	3/1879
8	2407815.96	-0.69141497	0.25629221	11	0.85002507	4/1880
10	2407805.35	-1.03687926	0.24300144	35	1.43761591	3/1880
8	2408192.25	-0.40151069	0.24590442	6	0.60234036	4/1881
10	2408175.77	-1.14634871	0.20834425	25	1.04172123	4/1881
8	2408537.74	-0.97677459	0.27457746	11	0.91067041	4/1882
8	2408929.09	-0.29207157	0.34151657	6	0.83654134	4/1883
3	2409252.73	-0.07006707	0.52391149	12	1.81488264	3/1884
8	2409235.25	-0.87064572	0.30367784	8	0.85893531	4/1884
3	2409621.61	-1.11092875	0.10043584	8	0.28407544	3/1885
8	2409659.86	0.04983810	0.34997251	8	0.98987174	4/1885
3	2410015.51	-0.78688799	0.16230534	21	0.74377650	4/1886
8	2410014.51	-1.62212022	0.43789257	7	1.15855484	4/1886
3	2410378.90	-1.09935932	0.29771948	13	1.07344285	4/1887

8	2410412.86	-1.26388157	0.30331029	7	0.80248359	5/1887
3	2410717.52	-1.39376768	0.30116696	3	0.52163647	3/1888
16	2411106.90	-1.52706221	0.52616817	7	1.39211012	4/1889
7	2411514.26	-0.45250544	0.26131104	20	1.16861852	5/1890
3	2411860.85	-0.73855416	0.16662425	7	0.44084632	5/1891
7	2411881.87	-1.15970513	0.24957310	4	0.49914521	5/1891
16	2411895.45	-0.38305724	0.27020668	5	0.60420050	5/1891
3	2412171.59	-0.49212916	0.37613318	6	0.92133436	3/1892
7	2412245.12	-1.31280859	0.21771316	15	0.84319943	5/1892
7	2412615.75	-0.58933916	0.33433987	11	1.10887990	6/1893
16	2412592.91	-0.63916603	0.17547132	13	0.63267083	5/1893
7	2412939.37	-0.41255104	0.73253325	4	1.46507649	6/1894
16	2412987.05	-1.01173842	0.37087868	6	0.90846352	6/1894
12	2413325.83	-0.26863577	0.33948566	8	0.96021044	5/1895
16	2413339.73	-0.53017857	0.22629422	10	0.71560515	5/1895
16	2413734.86	0.12634597	0.37880482	4	0.75760964	6/1896
12	2414042.82	0.79656017	0.10926774	53	0.79548112	4/1897
12	2414433.01	0.84278120	0.14492567	40	0.91659041	5/1898
6	2414830.51	-0.09327601	0.14608340	17	0.60231729	6/1899
12	2414786.08	0.74426362	0.13713170	22	0.64320467	5/1899
12	2415198.00	0.27416156	0.37255896	11	1.23563830	6/1900
12	2415523.40	0.73783725	0.21515972	11	0.71360405	5/1901
6	2415904.23	-0.28622910	0.17631392	12	0.68005137	6/1902
6	2416281.31	-0.51419765	0.13878435	15	0.53750947	6/1903
12	2416677.31	-0.49695699	0.15648882	15	0.60607861	7/1904

12	2417032.97	0.03820634	0.14105392	7	0.37319358	7/1905
7	2417412.62	0.58170680	0.35691709	5	0.79809088	7/1906
12	2417416.46	-0.67203815	0.13003567	11	0.43127954	7/1906
7	2417783.61	-0.00765155	0.06633350	62	0.52231052	7/1907
7	2418152.17	0.99622362	0.19082766	4	0.38165532	7/1908
12	2418132.30	0.35857933	0.13477818	17	0.55570469	7/1908
16	2418169.04	0.30292000	0.14106369	12	0.48865894	8/1908
2	2418524.38	-0.10849180	0.09411922	20	0.42091395	8/1909
7	2418515.72	0.60252622	0.22720467	7	0.60112705	7/1909
12	2418500.56	0.38711271	0.21819094	13	0.78669863	7/1909
16	2418522.82	-0.26019886	0.24177032	5	0.54061487	8/1909
7	2418942.94	0.51815059	0.28168341	3	0.48788997	9/1910
12	2418866.92	0.94733863	0.17636833	15	0.68307162	7/1910
2	2419654.21	0.15914138	0.09816986	19	0.42791252	9/1912
2	2420454.00	0.50995742	0.06017186	5	0.13454837	11/1914
12	2420352.64	-0.12899779	0.14509430	16	0.58037720	8/1914
2	2420820.55	0.37481386	0.27849923	6	0.68218101	11/1915
12	2420730.35	-0.16508098	0.10107335	15	0.39145539	8/1915
2	2421163.85	0.22370660	0.14449362	16	0.57797447	10/1916
12	2421102.27	-0.01796544	0.14888737	15	0.57663829	8/1916
2	2421538.27	0.50752255	0.30740128	10	0.97208819	11/1917
2	2422267.54	0.18949950	0.13901610	8	0.39319690	11/1919
12	2422198.57	-0.18323700	0.14798256	15	0.57313393	8/1919
2	2422538.46	0.52051083	0.12728834	6	0.31179149	11/1920
12	2422566.15	0.02619513	0.10869776	16	0.43479103	8/1920
12	2422934.91	-0.02104949	0.11993285	15	0.46449792	9/1921
2	2423380.78	0.19175161	0.19014734	10	0.60129868	11/1922
12	2423305.95	0.25146033	0.11684041	16	0.46736165	9/1922
12	2423670.25	0.25471611	0.09649178	15	0.37371106	9/1923

12	2424025.76	0.31336376	0.09964855	15	0.38593719	8/1924
6	2424410.78	0.03029111	0.09479727	15	0.36714824	9/1925
6	2424739.82	-0.02483900	0.13167999	15	0.50999441	10/1926
6	2425146.28	0.16057766	0.06431910	16	0.25727640	9/1927
1	2425533.75	-0.01866053	0.18377744	13	0.66261898	10/1928
6	2425518.57	0.16979775	0.10320851	15	0.39972485	9/1928
1	2425915.49	-0.09383031	0.15036645	11	0.49870908	10/1929
6	2425879.96	0.04937425	0.09663446	17	0.39843408	9/1929
1	2426274.81	0.16111834	0.18648433	8	0.52745734	10/1930
6	2426244.74	0.07311687	0.09848342	16	0.39393368	9/1930
1	2426663.81	0.14728455	0.11889671	16	0.47558685	11/1931
6	2426622.36	0.02282675	0.11256722	14	0.42118799	10/1931
6	2426991.40	0.07699599	0.10224120	16	0.40896478	10/1932
6	2427341.41	0.01698675	0.10769331	14	0.40295148	9/1933
1	2427784.34	-0.03188207	0.15227499	5	0.34049723	12/1934
6	2427728.86	0.08457762	0.07410493	14	0.27727525	10/1934
6	2428105.47	0.11729402	0.08180394	13	0.29494828	10/1935
12	2428100.71	-0.27438792	0.41427083	3	0.71753813	10/1935
14	2428148.46	-0.16199999	0.15642117	13	0.56398454	12/1935
6	2428481.81	0.24757466	0.03278111	15	0.12696069	11/1936
12	2428496.04	0.05808030	0.12544663	5	0.28750713	11/1936
14	2428505.61	0.29596579	0.08435048	19	0.36767522	12/1936
6	2428841.31	0.18102436	0.05570564	15	0.21575089	11/1937
12	2428829.60	0.49407594	0.26217343	7	0.69364570	10/1937
14	2428872.68	0.25322324	0.17792497	12	0.61635017	12/1937
6	2429214.94	0.00482877	0.07798448	8	0.22757341	11/1938
12	2429198.65	-0.11843314	0.09542062	11	0.31647440	10/1938
14	2429249.25	-0.02026699	0.09247000	12	0.32032547	12/1938

6	2429589.11	-0.00270322	0.07372663	14	0.27585980	11/1939
12	2429565.25	-0.10754961	0.13166150	8	0.37239497	10/1939
14	2429620.86	-0.05469616	0.09773527	15	0.37852707	12/1939
6	2429941.23	0.00253465	0.04723114	14	0.17672273	11/1940
12	2429952.70	0.06320269	0.16500084	6	0.40416785	11/1940
14	2429982.01	0.22072903	0.14059925	18	0.59651209	12/1940
6	2430327.02	0.21614231	0.05247398	15	0.20323084	11/1941
12	2430307.31	0.09234376	0.07752101	7	0.20510132	11/1941
14	2430362.95	0.00242389	0.14056009	11	0.46620499	1/1942
6	2430637.04	-0.03898091	0.08664432	9	0.25993297	11/1942
14	2430732.93	-0.21550522	0.13497780	13	0.48666961	1/1943
6	2431052.25	0.03929292	0.05286505	17	0.21796818	11/1943
12	2431052.22	0.12981121	0.15898063	4	0.31796125	11/1943
14	2431097.48	0.06830466	0.13403851	13	0.48328271	1/1944
6	2431436.75	-0.02135938	0.06130375	15	0.23742842	12/1944
14	2431463.84	-0.02152150	0.09288540	10	0.29372942	1/1945
6	2431792.99	0.00257106	0.05098280	11	0.16909082	12/1945
14	2431827.86	0.31997207	0.15103804	8	0.42720010	1/1946
6	2432168.24	0.34744598	0.11923239	13	0.42989850	12/1946
14	2432203.26	0.08233950	0.13785287	13	0.49703559	1/1947
6	2432537.71	0.02320429	0.08701774	10	0.27517425	12/1947
16	2432609.28	-0.14546847	0.12788220	13	0.46108582	2/1948
6	2432923.16	-0.09185157	0.10544268	8	0.29823694	1/1949
6	2433283.15	-0.02991105	0.06557333	13	0.23642801	1/1950
16	2433338.69	0.46223858	0.09823641	13	0.35419542	2/1950
6	2433646.77	-0.07544587	0.05530769	17	0.22803943	12/1950
11	2433700.74	-0.08103059	0.05914522	14	0.22130110	2/1951
6	2434035.41	-0.01761971	0.09136684	12	0.31650402	1/1952
11	2434034.42	0.25173978	0.16546714	4	0.33093427	3/1952
14	2434029.83	-0.16793912	0.10833288	26	0.55239146	1/1952
16	2434071.88	0.11179103	0.12034900	9	0.36104701	2/1952
6	2434394.00	0.02402704	0.10368864	13	0.37385470	1/1953
11	2434421.57	0.37915048	0.10624750	9	0.31874250	2/1953
14	2434388.00	0.04981720	0.08735023	25	0.43675115	1/1953

16	2434447.24	0.03210519	0.10547175	15	0.40849034	3/1953
6	2434772.79	-0.03843601	0.05876064	17	0.24227632	1/1954
11	2434771.29	0.38192862	0.11233996	9	0.33701988	1/1954
14	2434765.60	0.14237695	0.07024152	33	0.51839805	1/1954
6	2435134.22	-0.07380716	0.07543216	17	0.31101476	1/1955
11	2435127.11	0.03570325	0.06637316	11	0.22013488	1/1955
14	2435155.70	-0.37381882	0.16905229	18	0.71722811	2/1955
16	2435171.49	-0.07493271	0.06179321	15	0.23932407	3/1955
6	2435520.78	0.01288523	0.06889135	15	0.26681505	2/1956
11	2435489.78	0.21940748	0.09788547	14	0.36625388	1/1956
14	2435514.47	0.02820223	0.11392961	29	0.51352972	2/1956
6	2435836.35	0.01251297	0.08328304	16	0.33313216	2/1957
14	2435907.43	-0.21163791	0.09504887	20	0.42507149	3/1957
6	2436243.65	0.08346065	0.06743805	20	0.30159213	2/1958
11	2436235.45	0.28710095	0.07316791	21	0.42694901	2/1958
14	2436272.53	-0.18234382	0.12447951	17	0.51324216	3/1958
6	2436508.81	0.00519498	0.06321427	20	0.28270282	2/1959
11	2436615.23	0.17380877	0.09441057	14	0.35325199	2/1959
6	2436983.55	-0.07335633	0.06264576	20	0.28016036	2/1960
11	2436984.82	0.11698077	0.12644378	15	0.48971464	2/1960
6	2437362.27	0.10509093	0.06019372	15	0.23312927	3/1961
11	2437343.12	-0.20255020	0.09116711	12	0.31581215	2/1961
6	2437725.09	-0.01825753	0.07375654	20	0.32984928	3/1962
11	2437707.04	-0.03653154	0.11274057	10	0.35651700	2/1962
6	2438116.73	-0.04398893	0.03093305	19	0.13483406	3/1963
11	2438073.15	-0.41319746	0.18004767	5	0.40259882	2/1963
6	2438452.73	-0.10936851	0.05320596	26	0.32228841	2/1964
11	2438476.93	-0.24309206	0.11633305	8	0.32903955	3/1964
6	2438821.51	-0.18546825	0.04796311	18	0.20349023	3/1965
11	2438817.92	-0.16084754	0.13547882	23	0.64973359	2/1965
6	2439203.49	-0.04289166	0.06929383	15	0.26837384	3/1966
11	2439223.92	-0.07761647	0.12967561	9	0.38902582	4/1966
20	2439266.36	-0.22607571	0.07098305	20	0.31744583	5/1966

6	2439561.99	-0.15212305	0.04706924	19	0.20517005	3/1967
11	2439593.53	-0.20564250	0.14104678	12	0.48860039	4/1967
20	2439591.00	0.14540319	0.07507983	28	0.39728512	4/1967
6	2439717.41	-0.12793300	0.03951189	39	0.24675166	3/1968
11	2439937.50	-0.50401823	0.10638215	23	0.51019089	3/1968
20	2439953.93	-0.04495779	0.12352133	30	0.67655421	4/1968
6	2440305.10	-0.14722884	0.09658521	18	0.40977634	3/1969
11	2440254.83	-0.17307349	0.14397382	14	0.53870070	2/1969
20	2440317.94	-0.41698275	0.07051328	18	0.29916250	4/1969
11	2440581.10	-0.28844858	0.17869267	9	0.53607802	4/1970
20	2440662.23	-0.32854169	0.04430369	15	0.17158743	3/1970
11	2441005.10	0.06294828	0.13209511	8	0.37362133	2/1971
20	2441065.41	-0.10844258	0.05428741	9	0.16286224	4/1971
11	2441436.34	-0.18014234	0.15078585	14	0.56418897	4/1972
11	2441777.31	-0.50219906	0.12719959	11	0.42187331	4/1973
20	2441822.19	-0.27211052	0.10091038	28	0.53396754	5/1973
11	2442142.91	-0.01580809	0.09874988	21	0.45252882	4/1974
20	2442198.54	-0.15374594	0.05452110	27	0.28329996	5/1974
11	2442493.98	-0.07134155	0.14835822	14	0.55510563	3/1975
11	2442887.26	-0.14741584	0.10991564	15	0.42570145	4/1976

DADOS MÉDIOS POR OPOSIÇÃO/OBSERVATÓRIO PARA LATITUDE DE URANO

CÓDIGO DOS OBSERVATÓRIOS

1 UCLE
 2 TOULOUSE
 3 STRASBOURG
 4 MURAL CIRCLE USNO
 5 RADCLIFFE
 6 6-INCH USNO
 7 NTCE
 8 8-INCH USNO
 9 GREENWICH
 10 PARIS
 11 TOKIO OU MIZUSAWA
 12 9-INCH USNO
 13 EDINBURGH
 14 CAPE
 15 CAMBRIDGE
 16 PESANCUN
 20 BORDEAUX

COD	DIA JUL.	RES. MEDIO	SIG	NUBS	SIG1	MES/ANO
0	2367190.41	-0.84849770	1.74288477	7	4.61123966	1/1769
5	2371948.73	0.20099624	0.32583444	18	1.38239847	1/1782
5	2372335.40	0.14460583	0.33680054	20	1.50621781	2/1783
5	2372589.62	-1.64572109	0.88966805	9	2.66900417	2/1784
5	2374916.27	0.37341252	0.30791744	18	1.30638306	3/1790
5	2375644.75	-1.95816082	0.33623939	3	0.58238371	3/1792
5	2376035.27	-0.26097932	0.76699814	11	2.54384504	4/1793
5	2376386.41	2.14118328	0.71078268	3	1.23111171	3/1794
5	2376770.23	-0.15565423	0.47118816	7	1.24664668	4/1795
5	2377143.74	-1.79189364	0.87253580	8	2.46818576	4/1796

5	2377881.59	-0.55209861	0.66081347	9	1.98244040	4/1798
15	2390813.24	0.66949455	0.18806437	38	1.15930663	9/1833
15	2391190.88	-0.43513290	0.14242917	55	1.05628301	10/1834
15	2391541.84	0.33179143	0.18164359	45	1.21850224	9/1835
13	2391895.72	1.15378249	0.33267300	16	1.33069201	9/1836
15	2391919.73	-0.53952838	0.16129182	48	1.11746248	10/1836
13	2392252.38	-0.10622289	0.47583469	8	1.34586374	8/1837
15	2392280.85	-0.51131602	0.15573663	44	1.03303994	9/1837
13	2392654.84	0.22134452	0.35857150	19	1.56297692	10/1838
15	2392652.27	-0.47911041	0.18185305	41	1.16442764	10/1838
13	2393033.50	0.51905500	0.29071162	17	1.19863470	10/1839
15	2393016.89	-0.61272577	0.18263161	28	0.96639563	10/1839
13	2393396.53	0.07650901	0.25964754	24	1.27200796	10/1840
15	2393397.64	-0.18814089	0.28107877	8	0.79501080	10/1840
13	2393771.32	-0.39914116	0.18088632	14	0.67681463	10/1841
13	2394141.92	-0.30879564	0.28474041	15	1.10279488	11/1842
15	2394131.33	0.28513827	0.14259786	39	0.89052335	10/1842
13	2394490.24	-0.17258444	0.21788180	15	0.84385258	10/1843
10	2394808.57	0.95458318	0.31710456	3	0.54924120	8/1844
13	2394830.88	-0.55439508	0.18392928	11	0.61002442	9/1844
10	2395599.75	-0.35673129	0.23103985	9	0.69311956	10/1846
10	2395938.36	-0.15462948	0.81509066	10	2.57754297	11/1847
15	2395967.35	0.46864079	0.24290165	26	1.23856027	11/1847
10	2396318.56	0.30176238	0.25803175	11	0.85579450	10/1848
10	2396714.06	0.89785540	0.31868597	6	0.78061802	11/1849
10	2398130.93	0.39901956	0.56212530	4	1.12425060	11/1853

10	2398919.93	0.32306261	0.44597368	4	0.89195735	12/1855
10	2399292.62	1.28424627	0.31277975	17	0.98909641	12/1856
10	2399661.57	-0.11719479	0.30262956	19	1.31913166	12/1857
10	2400332.55	-0.26245657	0.19991681	15	0.77427449	12/1858
10	2400386.15	0.44630183	0.26699518	13	0.96266480	12/1859
10	2400756.46	0.31288257	0.25103481	11	0.83258829	12/1860
10	2401145.40	0.37684308	0.19097033	17	0.78739083	1/1862
10	2401543.02	0.22585827	0.24271330	23	1.16401211	2/1863
4	2401890.69	0.54910038	0.18868883	13	0.68032723	1/1864
10	2401838.87	0.09039868	0.46936799	3	0.81296921	11/1863
4	2402258.95	-0.31007531	0.27153135	15	1.05163540	1/1865
10	2402232.67	-0.31803547	0.15645933	5	0.34985370	12/1864
15	2402287.32	0.41414103	0.53718662	3	0.93043451	2/1865
4	2402592.12	-0.16523052	0.69085460	5	1.54479799	12/1865
3	2402642.20	0.14236390	0.23104200	21	1.05876746	2/1866
10	2402590.84	0.99734860	0.80186731	3	1.38887491	12/1865
8	2402963.18	0.69573483	0.11216722	43	0.73552963	12/1866
15	2402958.12	-0.16719676	0.30777562	5	0.68820720	12/1866
8	2403347.18	0.44290667	0.29302722	12	1.01507605	1/1868
10	2403385.95	-0.38055675	0.23376769	5	0.52272043	2/1868
15	2403331.34	-0.66120791	0.31492690	6	0.77141020	12/1867
8	2403701.98	0.18319579	0.24635290	38	1.51862126	1/1869
10	2403739.77	0.79046522	0.22538511	8	0.63748536	2/1869
15	2403714.27	-0.39961022	0.58509398	5	1.30830990	1/1869
8	2404129.99	0.30140385	0.30966969	7	0.81930898	3/1870
8	2404857.32	0.12787922	0.20199158	18	0.85697770	3/1872
10	2404859.12	-0.38367967	0.20952756	24	1.02647120	3/1872

10	2405207.29	-0.75634718	0.39741217	7	1.05145377	2/1873
5	2405603.62	-0.08770200	0.66513874	4	1.33027749	3/1874
8	2405577.13	-0.225355+2	0.21429622	17	0.88356593	3/1874
10	2405578.76	-0.06105209	0.19533377	9	0.58600130	2/1874
5	2405952.43	-0.80107487	0.42830160	3	0.74184013	3/1875
8	2405945.33	-0.10122194	0.11659984	3	0.20195684	2/1875
10	2405949.28	-0.08446691	0.18320258	21	0.83953969	3/1875
5	2406339.18	-0.78707542	0.49594555	5	1.10896796	3/1876
8	2406324.00	-0.11039300	0.16270666	30	0.89118107	3/1876
10	2406334.97	-0.02185612	0.19357911	22	0.90796653	3/1876
8	2406670.87	0.00011150	0.19562500	23	0.93818455	2/1877
10	2406701.27	-0.34859505	0.29169090	8	0.82502546	3/1877
8	2407053.06	0.26480120	0.29420026	5	0.65785179	3/1878
10	2407068.70	0.00068959	0.28670059	10	0.90662686	3/1878
8	2407440.12	0.85616473	0.28560138	8	0.80780268	3/1879
10	2407428.61	-0.27095749	0.23414292	27	1.21664232	3/1879
8	2407815.96	-0.35745917	0.20388681	11	0.67621605	4/1880
10	2407805.35	-0.50691344	0.11593453	35	0.68587791	3/1880
8	2408192.25	0.55881524	0.25754211	6	0.63084677	4/1881
10	2408175.77	-0.87189284	0.16170518	25	0.80852589	4/1881
8	2408537.74	-0.28932831	0.32112975	11	1.06506690	4/1882
8	2408929.09	-0.75410295	0.16922435	6	0.41451332	4/1883
3	2409252.73	-0.26271084	0.30490486	12	1.05622141	3/1884
8	2409285.25	-0.21225540	0.30953831	8	0.87550656	4/1884
3	2409621.61	-0.32229057	0.31121302	8	0.88024335	3/1885
8	2409659.86	0.56247303	0.14223135	8	0.40229101	4/1885
3	2410015.51	-0.72587189	0.14722378	21	0.67466413	4/1886
8	2410014.51	0.60721608	0.54940428	7	1.45358710	4/1886
3	2410378.90	-0.95270632	0.12283812	13	0.44289916	4/1887
8	2410412.86	0.67692629	0.25777874	7	0.68201845	5/1887

3	2410717.52	-0.37818659	0.20296079	3	0.35153840	3/1888
16	2411106.90	-1.23881792	0.55666565	7	1.47279888	4/1889
7	2411514.26	0.32061133	0.13620412	20	0.60912336	5/1890
3	2411860.85	-0.32156299	0.46951601	7	1.24222260	5/1891
7	2411891.87	0.10912529	0.17984450	4	0.35968901	5/1891
16	2411895.45	0.16393418	0.19367070	5	0.43306086	5/1891
3	2412171.59	-0.60372410	0.12883585	6	0.31558210	3/1892
7	2412245.12	-0.48532367	0.15591897	15	0.60387156	5/1892
7	2412615.75	-0.70191916	0.17050963	11	0.56551646	6/1893
16	2412522.91	0.74329648	0.20597626	13	0.74265796	5/1893
7	2412989.37	0.35621389	0.21390752	4	0.42781504	6/1894
16	2412987.05	0.38412772	0.39862835	6	0.97643607	6/1894
12	2413325.83	0.11693787	0.13127885	8	0.37131267	5/1895
16	2413339.73	-0.94802291	0.26687946	10	0.84394696	5/1895
12	2414042.82	0.12399073	0.09362228	53	0.68158049	4/1897
12	2414433.01	-0.13227755	0.08944792	40	0.56571832	5/1898
6	2414830.51	0.24665227	0.24287317	17	1.00139172	6/1899
12	2414736.08	0.19559110	0.11331332	22	0.53148657	5/1899
12	2415198.00	0.22234298	0.14906187	11	0.49438231	6/1900
12	2415523.40	-0.05626996	0.21963386	11	0.72844310	5/1901
6	2415904.23	-0.34118974	0.23255462	12	0.80559284	6/1902
6	2416281.31	0.02577108	0.12681392	15	0.49114819	6/1903
12	2416677.31	0.14230868	0.08329212	15	0.32258900	7/1904
12	2417032.97	0.23235916	0.25310454	7	0.66965166	7/1905
7	2417412.62	0.53584035	0.21927972	5	0.49032436	7/1906

3	2410717.52	-0.37818659	0.20296079	3	0.35153840	3/1888
16	2411106.90	-1.23881792	0.55666565	7	1.47279888	4/1889
7	2411514.26	0.32061133	0.13620412	20	0.60912336	5/1890
3	2411860.85	-0.32156299	0.46951601	7	1.24222260	5/1891
7	2411851.87	0.10912529	0.17984450	4	0.35968901	5/1891
16	2411855.45	0.16393418	0.19367070	5	0.43306086	5/1891
3	2412171.59	-0.60372410	0.12883585	6	0.31558210	3/1892
7	2412245.12	-0.48532367	0.15591897	15	0.60387156	5/1892
7	2412615.75	-0.70191916	0.17050963	11	0.56551646	6/1893
16	2412522.91	0.74329648	0.20597626	13	0.74265796	5/1893
7	2412939.37	0.35621389	0.21390752	4	0.42781504	6/1894
16	2412967.05	0.38412772	0.39862835	6	0.97643607	6/1894
12	2413325.83	0.11693787	0.13127885	8	0.37131267	5/1895
16	2413339.73	-0.94802291	0.26687946	10	0.84394696	5/1895
12	2414042.82	0.12399073	0.09362228	53	0.68158049	4/1897
12	2414433.01	-0.13227755	0.08944792	40	0.56571832	5/1898
6	2414830.51	0.24665227	0.24287317	17	1.00139172	6/1899
12	2414736.08	0.17559117	0.11331332	22	0.53148657	5/1899
12	2415198.00	0.22234298	0.14906187	11	0.49438231	6/1900
12	2415523.40	-0.05626996	0.21963386	11	0.72844310	5/1901
6	2415904.23	-0.34118974	0.23255462	12	0.80559284	6/1902
6	2416281.31	0.02577108	0.12681392	15	0.49114819	6/1903
12	2416677.31	0.14230868	0.08329212	15	0.32258900	7/1904
12	2417032.97	0.23235916	0.25310454	7	0.66965166	7/1905
7	2417412.62	0.53584035	0.21927972	5	0.49032436	7/1906

12	2417416.46	0.04454622	0.11417100	11	0.37866237	7/1906
7	2417783.61	-0.39817188	0.09982561	62	0.78602765	7/1907
7	2418152.17	-0.69068971	0.17069246	4	0.34138492	7/1908
12	2418132.30	0.15632775	0.07851923	17	0.32374306	7/1908
16	2418169.04	-0.20157091	0.13090758	12	0.62668223	8/1908
2	2418524.38	-0.47878912	0.09552505	20	0.42720099	8/1909
7	2418515.72	-0.50144224	0.22538014	7	0.59629981	7/1909
12	2418500.56	-0.12063073	0.18241571	13	0.65770920	7/1909
16	2418522.82	-0.01155506	0.07096272	5	0.15867747	8/1909
7	2418942.94	0.01314125	0.30143683	3	0.52710390	9/1910
12	2418866.92	0.01021264	0.15435003	15	0.59779511	7/1910
2	2419654.21	-0.35786201	0.10071969	19	0.43902697	9/1912
2	2420454.00	0.22724101	0.35321181	5	0.78980561	11/1914
12	2420352.64	0.06838076	0.08525049	16	0.34100194	8/1914
2	2420820.55	-0.46659183	0.20181347	6	0.49434002	11/1915
12	2420730.35	-0.46065944	0.03864281	15	0.34331213	8/1915
2	2421163.85	-0.94277743	0.12321579	16	0.49286318	10/1916
12	2421102.27	-0.22177207	0.03668678	15	0.33573546	8/1916
2	2421538.27	-0.19033934	0.32107842	10	1.01533913	11/1917
2	2422267.54	-0.76284393	0.19625827	8	0.55510222	11/1919
12	2422198.57	-0.32290249	0.08908782	15	0.34503565	8/1919
2	2422638.46	-0.68026066	0.13383043	6	0.32781628	11/1920
12	2422566.15	-0.23911906	0.07472143	16	0.29888571	8/1920
12	2422934.91	-0.19150103	0.13231857	15	0.51246762	9/1921
2	2423330.78	-1.07734571	0.13688439	10	0.43286646	11/1922
12	2423305.95	-0.11525753	0.13641096	16	0.54564384	9/1922
16	2423343.04	-0.91340554	0.13653430	3	0.23648434	10/1922
12	2423677.25	-0.16657086	0.07567402	15	0.29308423	9/1923
12	2424025.76	0.01935175	0.08337442	15	0.32290776	8/1924

6	2424410.78	0.01859761	0.13363469	15	0.51756493	9/1925
6	2424789.82	-0.20732935	0.11626576	15	0.45029534	10/1926
6	2425146.28	0.35837230	0.07795183	16	0.31180732	9/1927
1	2425533.75	0.36871113	0.18227955	13	0.65721823	10/1928
6	2425518.57	0.00030234	0.09277498	15	0.35931594	9/1928
1	2425915.49	-0.41232019	0.29625303	11	0.98256015	10/1929
6	2425879.96	0.15664741	0.13458186	17	0.55489524	9/1929
1	2426274.81	0.00581412	0.22445503	8	0.63485471	10/1930
6	2426244.74	-0.00090664	0.11478306	16	0.45915225	9/1930
1	2426563.81	-0.05253185	0.16049393	16	0.64199571	11/1931
6	2426622.36	-0.07936901	0.11647402	14	0.43580586	10/1931
6	2426991.40	0.13575215	0.13001007	16	0.52004027	10/1932
6	2427341.41	-0.21035319	0.16839395	14	0.63007246	9/1933
1	2427784.34	-0.02534430	0.26732932	5	0.59776654	12/1934
6	2427728.72	-0.21129543	0.09240334	15	0.35787660	10/1934
6	2428105.47	-0.30712954	0.12465134	13	0.44943678	10/1935
12	2428100.71	-0.11925619	0.13547575	3	0.23465083	10/1935
14	2428148.46	-0.36211472	0.16346036	13	0.58936472	12/1935
6	2428431.81	0.02342700	0.07629379	15	0.29548459	11/1936
12	2428496.04	-0.21833157	0.27797975	5	0.62158162	11/1936
14	2428505.61	0.36171435	0.13186058	19	0.57476594	12/1936
6	2428842.92	-0.24385455	0.07678831	14	0.28731553	11/1937
12	2428829.60	-0.35515243	0.24727893	7	0.65423855	10/1937
14	2428872.68	0.32489219	0.17431642	12	0.60384978	12/1937
6	2429214.94	-0.26573140	0.16638645	8	0.47061195	11/1938
12	2429198.65	0.00536980	0.07803151	11	0.25880125	10/1938
14	2429249.25	-0.01475367	0.21939487	12	0.76000611	12/1938
6	2429589.11	0.13832716	0.14838853	14	0.55521903	11/1939
12	2429565.25	0.14841152	0.10592548	8	0.29960251	10/1939
14	2429520.86	-0.03810843	0.12715253	15	0.49245962	12/1939

6	2429741.23	-0.18122663	0.07834639	14	0.29314535	11/1940
12	2429952.70	-0.24245284	0.10751508	6	0.26335709	11/1940
14	2429982.01	0.13815293	0.14755711	18	0.62503181	12/1940
6	2430327.02	0.18237876	0.09219098	15	0.35705414	11/1941
12	2430307.31	0.10399527	0.15923371	7	0.42129281	11/1941
14	2430362.95	-0.00010123	0.16777789	11	0.55645531	1/1942
6	2430687.04	-0.03937335	0.20019866	9	0.60059599	11/1942
14	2430732.93	0.13044450	0.18628746	13	0.67166893	1/1943
6	2431052.25	0.11961206	0.13875642	17	0.57210739	11/1943
12	2431052.22	-0.19370500	0.36817565	4	0.73535130	11/1943
14	2431097.48	0.12822296	0.16146015	13	0.58215286	1/1944
6	2431436.75	0.06257031	0.08761822	15	0.33934390	12/1944
14	2431463.84	0.11593317	0.13415984	10	0.42425066	1/1945
6	2431792.99	-0.06530075	0.17060264	11	0.56582493	12/1945
14	2431827.86	0.17512810	0.30837368	8	0.87221247	1/1946
6	2432168.24	0.19026159	0.09445307	13	0.34055540	12/1946
14	2432203.26	-0.49835517	0.15088455	13	0.54402199	1/1947
6	2432537.71	0.18390609	0.13111037	10	0.41460739	12/1947
16	2432509.28	-0.09044709	0.11682926	13	0.42123390	2/1948
6	2432923.16	-0.11292538	0.13242068	8	0.37454225	1/1949
6	2433283.15	0.06079201	0.12646113	13	0.45596208	1/1950
16	2433338.69	0.05881825	0.12786914	13	0.46103874	2/1950
6	2433646.77	0.17526154	0.09615757	17	0.39646781	12/1950
11	2433700.74	-0.03626760	0.13246799	14	0.49564984	2/1951
6	2434035.41	0.00521182	0.14327788	12	0.49632914	1/1952
11	2434084.42	-0.36381842	0.30506137	4	0.61012273	3/1952
14	2434029.83	-0.02771126	0.18808744	26	0.95906154	1/1952
16	2434071.88	0.05357527	0.07396690	9	0.22190070	2/1952
6	2434394.00	0.09835119	0.09000719	13	0.32452553	1/1953
11	2434421.57	-0.06333015	0.08531235	9	0.25593705	2/1953
14	2434388.00	-0.52858628	0.17735585	25	0.88677927	1/1953
16	2434417.24	-0.25300716	0.11646518	15	0.45106771	3/1953
6	2434772.79	0.14151935	0.14001765	17	0.57730755	1/1954

11	2434771.29	0.45552075	0.23483506	9	0.70450517	1/1954
14	2434765.21	-0.21122978	0.12146766	32	0.68712486	1/1954
6	2435134.22	-0.13774190	0.07583793	17	0.31268780	1/1955
11	2435127.11	-0.02252466	0.13513965	11	0.44820751	1/1955
14	2435155.70	0.31939817	0.24242377	18	1.02853317	2/1955
16	2435171.49	-0.02855392	0.07863172	15	0.30453933	3/1955
6	2435520.78	0.04291434	0.05953486	15	0.23757753	2/1956
11	2435433.98	-0.05260843	0.09517053	13	0.34321433	1/1956
14	2435513.07	-0.09258290	0.14600121	30	0.79968157	2/1956
6	2435936.35	-0.12754378	0.06535538	16	0.26142153	2/1957
14	2435907.43	0.20736087	0.20331637	20	0.90925846	3/1957
6	2436243.65	0.25005440	0.08692424	20	0.38873704	2/1958
11	2436237.66	-0.32432121	0.08775105	20	0.39243461	2/1958
14	2436272.53	-0.22528887	0.15429313	17	0.63616689	3/1958
6	2436508.81	-0.11614163	0.05704344	20	0.25510602	2/1959
11	2436615.23	-0.29526476	0.15595949	14	0.58354697	2/1959
6	2436983.55	-0.05576742	0.06559377	20	0.29334427	2/1960
11	2436984.82	-0.26404661	0.09274914	15	0.35921588	2/1960
6	2437362.27	-0.02667544	0.11771585	15	0.45591152	3/1961
11	2437343.12	-0.00772435	0.14396352	12	0.49870427	2/1961
6	2437723.96	-0.09579775	0.05282549	19	0.23026097	2/1962
11	2437707.04	0.43175456	0.17341744	10	0.54839410	2/1962
6	2438115.73	-0.21521117	0.04519544	20	0.20212017	3/1963
11	2438073.15	0.45915450	0.21030230	5	0.47025023	2/1963
6	2438452.73	-0.19017891	0.05063445	26	0.25818607	2/1964
11	2438476.93	-0.27221002	0.17811724	8	0.50379163	3/1964
6	2438821.51	-0.18671277	0.05579797	18	0.23673075	3/1965
11	2438817.92	0.55822792	0.16398796	23	0.78645862	2/1965
6	2439203.49	0.06627637	0.06732569	15	0.26775127	3/1966
11	2439223.92	-0.14772879	0.15367846	9	0.46103537	4/1966
20	2439266.36	-0.00686174	0.09602451	20	0.42943466	5/1966
6	2439561.99	-0.02846901	0.06817530	19	0.29716925	3/1967
11	2439573.53	-0.22456340	0.12226159	12	0.66601369	4/1967
20	2439591.00	0.08888620	0.12017593	28	0.63591153	4/1967

6	2439917.82	-0.15463619	0.04949315	38	0.30509525	3/1968
11	2439937.50	0.33506730	0.11122157	23	0.53339990	3/1968
20	2439949.78	-0.23715629	0.04272592	32	0.24169427	4/1968
6	2440305.10	0.04071079	0.09706995	18	0.41183292	3/1969
11	2440254.83	-0.07424363	0.19350321	14	0.72402270	2/1969
20	2440317.94	-0.69247478	0.11023779	18	0.46769933	4/1969
11	2440631.10	0.10394981	0.15803996	9	0.47411983	4/1970
20	2440662.23	-0.38759920	0.06870668	15	0.26509981	3/1970
11	2441005.10	-0.39944414	0.11109789	8	0.31423229	2/1971
20	2441065.41	-0.73805094	0.10025165	9	0.30075495	4/1971
11	2441436.34	-0.12797911	0.19836395	14	0.74220994	4/1972
11	2441777.31	0.51422434	0.27160985	11	0.90082797	4/1973
20	2441822.19	0.00801728	0.06757027	28	0.35754824	5/1973
11	2442142.91	-0.29666060	0.13627175	21	0.62447563	4/1974
20	2442198.54	0.26049646	0.06933283	27	0.36026395	5/1974
11	2442493.98	-0.45420469	0.10698773	14	0.40031144	3/1975
11	2442887.26	0.17988319	0.11450083	15	0.44345981	4/1976

DADOS MÉDIOS POR OPOSIÇÃO/OBSERVATÓRIO PARA LONGITUDE DE NETUNO

CÓDIGO DOS OBSERVATÓRIOS

- 1 UCCLE
- 2 TOULOUSE
- 3 STRASBOURG
- 4 MURAL CIRCLE USNO
- 5 RADCLIFFE
- 6 6-INCH USNO
- 7 NICE
- 8 8-INCH USNO
- 9 GREENWICH
- 10 PARIS
- 11 TOKIO JJ MIZUSAWA
- 12 9-INCH USNO
- 13 EDINBURGH
- 14 CAPE
- 15 CAMBRIDGE
- 16 BESANCON
- 20 BORDEAUX

COD	JIA JUL.	RES. MEDIO	SIGMA	NOBS	SIGI	MES/ANO
3	2395607.83	2.54163991	0.64407405	6	1.57765277	11/1846
4	2395609.49	3.35215743	1.04903145	6	2.56959177	11/1846
7	2395609.73	-0.43832323	0.29383789	20	1.31408300	11/1846
9	2395595.97	0.41769021	0.35457170	20	1.58569285	10/1846
10	2395597.88	0.31259950	0.30963183	19	1.34965386	10/1846
3	2395936.27	0.08564465	0.68169919	11	2.26094045	10/1847
7	2395936.72	-0.05077427	0.25292108	30	1.38530579	10/1847
9	2395928.41	0.78724368	0.22988171	32	1.30040733	9/1847
10	2395919.11	-0.08378411	0.29299082	31	1.63130385	9/1847
3	2396284.61	-0.36739051	0.25971119	19	1.13205481	9/1848
4	2396283.14	0.28013556	0.73202980	23	3.51069160	9/1848
7	2396290.14	0.29901682	0.19525009	38	1.20360237	9/1848
9	2396294.05	0.32507344	0.24633371	30	1.34922531	9/1848
10	2396300.53	0.18569290	0.33442244	22	1.56858029	9/1848
4	2396669.07	-0.08659800	0.54250499	13	1.95639113	10/1849
7	2396673.23	-0.36732682	0.28424387	32	1.60792614	10/1849
9	2396581.78	0.88637145	0.31033929	19	1.35273758	10/1849
10	2396671.05	-0.21197281	0.35204706	21	1.61328229	10/1849
3	2397052.64	0.99990933	0.41237329	13	1.48683303	10/1850
4	2397045.14	-0.34426442	0.81895857	9	2.45687572	10/1850
7	2397040.04	-0.29027900	0.22745783	23	1.09084943	10/1850
9	2397035.28	0.56816934	0.34293608	32	1.93993944	10/1850
10	2397006.44	0.31668000	0.25340025	27	1.36866784	9/1850

3	2397422.56	2.11704433	0.53199678	7	1.40753118	10/1851
7	2397396.00	0.22406080	0.21549963	29	1.16050101	9/1851
9	2397388.76	0.16514383	0.38721575	25	1.93607874	9/1851
10	2397377.46	-1.59599053	0.71429076	8	2.02031937	9/1851
7	2397762.21	0.39835188	0.31555836	24	1.54591394	9/1852
9	2397759.66	-0.55728842	0.28577034	30	1.56522860	9/1852
10	2397767.69	-0.10083049	0.90479121	7	2.39385252	10/1852
7	2398152.97	0.15021376	0.38167476	18	1.61930885	10/1853
9	2398124.65	-0.09242723	0.27202173	32	1.53878727	9/1853
10	2398099.21	-0.03112558	0.23405080	14	0.87573789	9/1853
7	2398482.58	0.15343925	0.31809189	17	1.31152546	9/1854
9	2398490.85	0.17226725	0.14887589	34	0.86808813	9/1854
10	2398477.64	0.06857037	0.24686345	29	1.32940034	9/1854
7	2398858.81	-0.35251712	0.41211645	8	1.16564138	10/1855
9	2398851.29	0.73082307	0.22448397	35	1.32806506	9/1855
10	2398852.12	0.75022010	0.21235568	27	1.10343247	9/1855
7	2399239.71	-0.46491832	0.47671157	13	1.71880799	10/1856
9	2399220.58	0.72305344	0.25117964	32	1.42088664	9/1856
10	2399230.57	-0.14991889	0.30169371	20	1.34921527	10/1856
7	2399503.96	-0.01047065	0.41655003	9	1.24965008	10/1857
9	2399501.70	0.43315908	0.20424350	32	1.15537573	10/1857
10	2399514.71	-0.36885107	0.28082000	27	1.45918351	10/1857
7	2399973.12	0.66283870	0.48613102	14	1.81893571	10/1858
9	2399963.03	0.23783519	0.16772469	55	1.24387960	10/1858
10	2399762.68	-0.40511845	0.23370977	31	1.30123536	10/1858
9	2400332.83	0.17822557	0.19038860	49	1.26272022	10/1859
10	2400325.19	-0.22093744	0.37225699	24	1.82367935	10/1859
9	2400691.19	-0.42560748	0.18116208	31	1.00866778	10/1860
10	2400702.79	0.13525807	0.38650310	16	1.54501239	10/1860
3	2401114.96	0.10068165	0.32266361	11	1.07015413	12/1861
9	2401061.90	0.32052462	0.17061128	39	1.06546710	10/1861
10	2401078.85	-0.63288868	0.33312554	26	1.69861875	10/1861
9	2401424.51	0.11415500	0.16824756	33	0.96650867	10/1862
10	2401442.40	0.07611345	0.31182198	4	0.62364397	10/1862
3	2401828.17	-0.06694058	0.47837722	10	1.51276159	11/1863

7	2401825.07	0.01870694	0.15548304	7	0.41138269	11/1863
9	2401794.67	-0.35295065	0.34799886	18	1.47643410	10/1863
3	2402177.70	-0.34079769	0.44477371	12	1.54074133	11/1864
7	2402136.20	-1.07691786	0.35950092	11	1.19232966	11/1864
9	2402184.73	0.16180630	0.22604872	17	0.93202276	11/1864
3	2402514.42	-0.26275923	0.16324181	43	1.07044814	10/1865
7	2402533.93	-0.04520031	0.17053371	14	0.63807870	10/1865
9	2402524.16	0.03887804	0.16606996	33	0.95399929	10/1865
10	2402530.98	-1.18534100	0.47209658	11	1.56576721	10/1865
4	2402887.33	0.65277324	0.14297658	54	1.05065901	10/1866
7	2402890.46	0.30181175	0.85731608	4	1.71463216	10/1866
9	2402911.40	0.13053178	0.15901667	30	0.87097016	11/1866
10	2402925.51	0.89190441	0.49731857	13	1.79310760	11/1866
4	2403251.03	-0.18836493	0.16099317	42	1.04335496	10/1867
7	2403261.95	-0.04907914	0.32716546	12	1.13333439	10/1867
9	2403268.81	0.33740879	0.13427872	37	0.81678554	10/1867
10	2403280.31	0.37644417	0.33777010	12	1.17006996	11/1867
4	2403632.88	-0.19038838	0.16954251	40	1.07228096	10/1868
7	2403624.46	0.24716700	0.24410960	14	0.91337449	10/1868
9	2403622.78	0.01400245	0.19357504	45	1.29854086	10/1868
10	2403627.38	1.27493605	0.35925019	14	1.34419112	10/1868
9	2404008.63	0.72545145	0.16314493	29	0.87856235	11/1869
9	2404348.40	0.38466072	0.14884742	31	0.82874736	10/1870
4	2404724.31	-0.62486103	0.17892594	8	0.50607897	10/1871
9	2404740.46	0.32595774	0.23928739	29	1.28860203	11/1871
10	2404744.10	0.39748287	0.26845665	13	0.96793420	11/1871
4	2405107.89	-1.29649385	0.37504931	8	1.06079963	11/1872
9	2405109.81	0.29125790	0.15636185	36	0.93817112	11/1872
4	2405480.23	-0.54262584	0.21006474	10	0.66428302	11/1873
9	2405468.77	0.13447153	0.18950305	31	1.05510835	11/1873
10	2405475.63	0.62105425	0.27506640	19	1.19898666	11/1873
4	2405851.16	-0.02653048	0.20134279	24	0.98637420	11/1874
9	2405838.44	0.51770858	0.15817649	33	0.90865475	11/1874
10	2405843.38	1.16970487	0.30992402	25	1.54962010	11/1874
4	2406202.21	0.73535186	0.17178843	29	0.92510902	11/1875
9	2406205.30	0.43280600	0.20165634	22	0.94585208	11/1875

10	2406227.51	-0.21817978	0.36913466	21	1.69158751	12/1875
4	2406568.05	0.30287629	0.25510533	21	1.16903948	11/1876
9	2406575.26	0.40958852	0.20306538	23	0.97386733	11/1876
10	2406588.47	0.22662681	0.22107788	13	0.79710764	11/1876
4	2406938.72	0.36578705	0.22412945	15	0.86804963	11/1877
9	2406942.15	0.57760450	0.17581162	28	0.93030764	11/1877
4	2407295.89	0.20481693	0.36026820	5	0.80558418	11/1878
9	2407291.96	0.34820720	0.17725137	19	0.77262083	11/1878
10	2407308.43	0.54045237	0.48083747	7	1.27217637	11/1878
4	2407662.69	0.80965520	0.20146080	11	0.66816988	11/1879
9	2407637.36	0.16577989	0.22287176	22	1.04536121	12/1879
10	2407581.67	0.01718199	0.16499176	51	1.17827582	11/1879
4	2408060.23	0.24144610	0.42548322	8	1.20346242	12/1880
9	2408059.23	0.35326038	0.26769059	25	1.33845295	12/1880
10	2408054.78	0.41791681	0.24056712	42	1.55905311	12/1880
4	2408415.20	0.68365302	0.22406403	16	0.89625612	11/1881
9	2408412.84	0.44334066	0.15431923	32	0.87296141	11/1881
10	2408424.60	0.39513955	0.22322959	62	1.75771156	12/1881
9	2408738.62	0.27007064	0.14885525	28	0.78766794	12/1882
10	2408799.85	0.60704013	0.25344996	40	1.60295830	12/1882
4	2409141.05	0.60042045	0.22024873	13	0.79411809	11/1883
9	2409149.66	0.17122852	0.17434414	26	0.88878418	12/1883
10	2409144.80	0.27523393	0.40862024	30	2.23810521	11/1883
4	2409517.31	-0.12329852	0.29422165	12	1.01921370	12/1884
9	2409518.07	0.35847387	0.25335459	20	1.13303518	12/1884
10	2409507.82	-1.06992237	0.62677228	8	1.77277973	11/1884
4	2409838.94	0.69813892	0.23879558	13	0.86099330	12/1885
9	2409895.97	-0.00675758	0.19401895	26	0.98930639	12/1885
4	2410250.84	-0.12241760	0.33747619	10	1.06719342	12/1886
9	2410262.07	0.12321898	0.16716719	27	0.86862522	12/1886
10	2410256.86	-0.18523176	0.35346229	22	1.65788510	12/1886
4	2410617.98	-0.27411217	0.18375145	18	0.77959138	12/1887
9	2410611.05	0.14144584	0.23526319	20	1.05212897	12/1887
4	2410999.46	-0.35759672	0.48345852	7	1.27911102	12/1888

9	2410986.27	0.35016814	0.21672721	25	1.08363603	12/1888
10	2410989.17	0.06629076	0.54581655	12	1.89076400	12/1888
9	2411363.26	-0.31386470	0.18268694	21	0.83717672	12/1889
10	2411363.40	1.44040909	0.47526461	3	0.82318245	12/1889
9	2411732.63	-0.08876796	0.21255376	17	0.87638161	12/1890
9	2412101.45	0.00244196	0.22587488	17	0.93130597	1/1892
10	2412088.33	-0.20473269	0.33291375	11	1.10414999	12/1891
9	2412464.01	-0.12358539	0.25097704	15	0.97202991	12/1892
10	2412460.16	0.10875871	0.44214031	8	1.25056166	12/1892
9	2412837.62	-0.31450515	0.16240366	22	0.76174068	1/1894
10	2412817.24	-0.65596132	0.39327781	10	1.24365363	12/1893
5	2413209.35	0.38933287	0.41242127	4	0.82484253	1/1895
9	2413199.96	-0.01295048	0.16368571	29	0.88147451	1/1895
5	2413574.38	-1.30073032	0.59413560	9	1.78240681	1/1896
9	2413550.92	-0.36227357	0.29719161	15	1.15101817	12/1895
5	2413936.11	-0.23690973	0.12860139	37	0.78225174	1/1897
9	2413923.44	0.34737865	0.19681142	20	0.88016744	12/1896
5	2414272.12	0.32943697	0.11382003	49	0.79674020	12/1897
9	2414297.16	0.10347289	0.15523782	27	0.80663935	1/1898
10	2414286.52	-0.40090027	0.26593098	13	0.95882779	12/1897
5	2414628.99	0.19662573	0.09537456	40	0.60320166	12/1898
9	2414670.48	0.05104900	0.15653240	29	0.84295279	1/1899
10	2414648.77	0.05507888	0.33150400	13	1.19525466	12/1898
6	2415007.46	0.31487855	0.10262127	20	0.45893626	12/1899
9	2415038.62	0.21422954	0.20832125	14	0.77946674	1/1900
5	2415371.63	0.83788155	0.34090848	11	1.13066553	12/1900
9	2415399.22	0.49995597	0.22565169	19	0.98359293	1/1901
6	2415750.80	-0.05718144	0.11120701	9	0.33362102	1/1902
9	2415772.03	-0.09710441	0.26441862	13	0.95337489	1/1902
10	2415783.12	-0.44385932	0.57656525	8	1.63105565	2/1902
6	2416114.98	0.03935141	0.14506636	14	0.54278864	12/1902
9	2416137.42	0.15214884	0.23390279	17	0.96440591	1/1903

10	2416130.26	-0.38695562	0.22392132	41	1.43379506	1/1903
5	2416472.32	-0.41330714	0.13750530	15	0.53255573	12/1903
9	2416501.98	0.14997281	0.25770908	18	1.09336703	1/1904
10	2416507.37	-0.39168197	0.17808519	25	0.89042597	1/1904
5	2416874.49	-0.66509685	0.14100911	15	0.54612595	1/1905
9	2416860.05	1.07000277	0.47631081	5	1.10978472	1/1905
10	2416866.32	-0.43134259	0.08277957	18	0.35120398	1/1905
5	2417238.92	-0.50097823	0.10108235	14	0.37821553	1/1906
9	2417234.10	0.75008710	0.53082167	6	1.30024224	1/1906
10	2417236.19	-0.77572420	0.14934833	30	0.81801452	1/1906
9	2417616.78	-0.49158004	0.14381558	13	0.51853446	2/1907
10	2417563.54	-0.77677384	0.54077447	3	0.93664886	12/1906
5	2417953.63	-0.43807389	0.15237517	15	0.59014650	1/1908
9	2417972.30	-0.12757999	0.20523035	15	0.79485373	1/1908
5	2418314.78	-0.56668582	0.18681318	16	0.74725273	1/1909
9	2418348.65	0.10759563	0.34807859	12	1.20577960	2/1909
5	2418635.64	-0.41903056	0.14975922	15	0.58001497	1/1910
9	2418720.58	-0.02917614	0.21164894	21	0.96989727	2/1910
5	2419046.59	-0.26145884	0.11155136	15	0.43203657	1/1911
9	2419070.90	-0.14990316	0.24664301	13	0.88928400	2/1911
9	2419453.58	0.26590669	0.28172240	11	0.93436750	2/1912
9	2419802.74	-0.07007197	0.36374013	7	0.96236592	2/1913
5	2420157.62	-0.31550130	0.13150840	12	0.45555847	1/1914
9	2420190.15	0.15128282	0.20419481	12	0.70735156	2/1914
5	2420525.78	0.03175413	0.17026037	13	0.61388248	1/1915
5	2420892.70	0.14303514	0.13100964	12	0.45383070	1/1916
9	2420916.42	-0.72351568	0.12278382	11	0.40722788	2/1916
5	2421250.00	0.22044222	0.11179552	15	0.43298220	1/1917
9	2421276.19	-0.33993586	0.17256743	16	0.69026972	2/1917
5	2421645.05	0.05577066	0.15188179	15	0.58823563	2/1918

9	2421670.57	-0.72000291	0.17770710	5	0.39736515	3/1918
5	2471996.32	0.26846208	0.09020848	16	0.36083393	2/1919
9	2422007.95	-0.98823830	0.24217347	6	0.59320143	2/1919
5	2422355.22	0.08615698	0.06834573	14	0.25572532	1/1920
9	2422379.80	-0.20708884	0.18016658	14	0.67412163	2/1920
5	2422731.85	0.14119909	0.12810623	13	0.46189358	2/1921
9	2422768.15	-0.11693420	0.23689117	13	0.85412325	3/1921
5	2423103.29	0.09821935	0.13319832	15	0.51587486	2/1922
5	2423469.09	0.14715682	0.10067648	15	0.38991835	2/1923
9	2423492.27	0.03130291	0.31568900	7	0.83523457	3/1923
5	2423836.69	0.01332622	0.10763961	13	0.38810013	2/1924
9	2423876.25	-0.38013185	0.19601302	9	0.58803907	3/1924
5	2424135.58	0.49562853	0.13381029	12	0.46353243	2/1925
9	2424228.62	-0.22205764	0.15930316	14	0.59605786	3/1925
6	2424561.72	-0.24505849	0.08253565	17	0.34030321	2/1926
9	2424600.95	-0.41031591	0.19037457	9	0.57112372	3/1926
6	2424960.91	-0.04657515	0.10445438	14	0.39083250	3/1927
9	2424958.22	-0.19813715	0.24667480	5	0.55158162	3/1927
6	2425319.59	-0.14502471	0.07308260	15	0.28304771	3/1928
9	2425321.43	-0.48338012	0.15134147	10	0.47858376	3/1928
6	2425674.90	-0.10728393	0.13046778	14	0.48816572	3/1929
9	2425639.07	-0.30455871	0.21402501	11	0.70984066	3/1929
10	2425695.41	-0.05852537	0.17991717	9	0.53975152	3/1929
6	2426041.52	-0.33592743	0.13375114	6	0.32762205	3/1930
9	2426057.68	0.01029178	0.21145825	8	0.59809424	3/1930
10	2426051.52	-0.09937108	0.13883628	12	0.48094297	3/1930
6	2426401.71	-0.38723460	0.11726192	9	0.35178577	3/1931
9	2426437.40	-0.70025667	0.22481882	3	0.38939761	4/1931
6	2426769.42	0.01720025	0.12121630	14	0.45354985	3/1932
9	2426788.44	-0.45992531	0.27228435	8	0.77013545	3/1932

9	2427164.62	-0.25745356	0.14902825	20	0.66647458	4/1933
10	2427167.78	-0.12884584	0.15736464	16	0.62945854	4/1933
6	2427525.65	-0.06224727	0.10263885	14	0.38403941	3/1934
9	2427543.05	-0.31558889	0.17137895	9	0.51413586	4/1934
6	2427895.51	-0.12591809	0.07028884	15	0.27222752	4/1935
8	2427927.74	-0.09335841	0.11722102	20	0.52422835	5/1935
9	2427873.58	-0.44478216	0.21097105	7	0.55817693	4/1935
5	2428219.51	-0.03291015	0.19637405	4	0.39274809	2/1936
6	2428252.10	-0.08652907	0.08707391	14	0.32580072	3/1936
9	2428263.61	-0.12581351	0.14002630	11	0.46441470	4/1936
5	2428613.89	-0.02795250	0.08934755	10	0.28254176	3/1937
6	2428619.84	0.01192811	0.07439767	12	0.25772108	3/1937
8	2428657.07	-0.01425987	0.11979091	13	0.43191226	5/1937
9	2428510.21	-0.05637571	0.14193268	11	0.47073745	3/1937
5	2428966.53	-0.23699896	0.08922522	15	0.34556779	3/1938
6	2428990.43	-0.21451176	0.08936881	17	0.36847703	4/1938
8	2429027.79	-0.23695434	0.11795428	14	0.44134451	5/1938
9	2428996.28	-0.22843901	0.12679798	20	0.56705781	4/1938
5	2429342.84	-0.12387489	0.07345338	15	0.28448372	3/1939
6	2429354.60	0.00155415	0.06151563	14	0.23017039	4/1939
8	2429376.29	-0.24109674	0.07346420	17	0.30290065	5/1939
9	2429369.72	0.00845636	0.32202634	13	1.16108250	4/1939
5	2429704.79	-0.21433471	0.10236748	14	0.38302404	3/1940
6	2429706.34	-0.12291508	0.07777988	16	0.31111951	3/1940
8	2429761.39	-0.06542938	0.11400754	10	0.36052349	5/1940
9	2429738.26	0.22863623	0.17432213	13	0.62852737	4/1940
11	2429760.96	0.06899468	0.23344904	9	0.70034711	5/1940
5	2430075.97	-0.17897154	0.08535907	15	0.33059426	3/1941
8	2430133.92	-0.24556125	0.13695705	11	0.45423514	5/1941
5	2430450.26	-0.22997366	0.05940355	14	0.22226772	3/1942
6	2430452.57	-0.23277485	0.13012963	9	0.39038888	4/1942
8	2430493.19	-0.02150021	0.15661883	9	0.46985550	5/1942
5	2430807.78	-0.06142620	0.07378575	15	0.28577100	3/1943
6	2430807.65	-0.13438662	0.08214925	15	0.31816266	3/1943
8	2430855.96	0.18039138	0.09205297	14	0.34443069	5/1943
5	2431186.75	-0.01277815	0.11137222	15	0.43134274	4/1944
6	2431178.47	0.07197162	0.08471785	13	0.30545455	3/1944
8	2431194.99	-0.13844048	0.10648344	5	0.23810420	4/1944

6	2431547.70	-0.21392031	0.07166643	15	0.27756290	4/1945
8	2431597.02	-0.02942000	0.02482927	11	0.31451312	5/1945
9	2431591.11	0.43985480	0.30410693	4	0.60821386	5/1945
6	2431923.41	-0.11295064	0.07068307	15	0.27375434	4/1946
8	2431958.31	-0.03374032	0.12029272	10	0.38039899	5/1946
6	2432239.18	0.04444124	0.07862778	14	0.29419821	4/1947
8	2432334.95	-0.21904845	0.14853949	15	0.57567828	5/1947
6	2432662.73	-0.05123829	0.08070016	14	0.30195233	4/1948
8	2432711.76	0.18629496	0.13051323	12	0.45211108	5/1948
9	2432682.99	0.54932504	0.30602709	5	0.68429737	5/1948
6	2433722.51	-0.13523699	0.09709843	13	0.35009339	4/1949
8	2433069.36	-0.27684689	0.15424443	15	0.59738610	6/1949
9	2433025.03	-0.32151446	0.16843233	16	0.67372934	4/1949
6	2433369.28	0.00274835	0.08030748	13	0.28955274	3/1950
9	2433339.29	-0.28558271	0.15773582	11	0.52315054	4/1950
6	2433760.55	-0.05385246	0.10927832	16	0.43711327	4/1951
9	2433765.05	0.22888164	0.13851875	15	0.53648082	4/1951
6	2434115.36	0.14353757	0.08004404	17	0.33003002	4/1952
8	2434087.22	0.02635141	0.14978765	20	0.66987075	3/1952
9	2434129.32	0.29800091	0.20656614	15	0.80002721	4/1952
6	2434483.51	0.04317535	0.04382721	10	0.13859380	4/1953
8	2434484.08	0.48117084	0.12996049	25	0.64980246	4/1953
9	2434503.33	0.04892945	0.21777922	9	0.65333766	5/1953
6	2434867.41	0.04300498	0.11311936	12	0.39185697	5/1954
8	2434862.36	0.08405505	0.11335125	22	0.53166449	4/1954
14	2434836.71	-0.37673295	0.12720436	6	0.31158577	5/1954
6	2435225.42	0.16218644	0.08651758	19	0.37712139	4/1955
8	2435226.17	0.14435780	0.12283152	16	0.49132608	4/1955
8	2435591.39	-0.00729922	0.11126361	28	0.58875169	4/1956
14	2435500.34	-0.16390764	0.12870425	10	0.40699859	5/1956
6	2435962.63	0.03356279	0.11079718	19	0.48295373	5/1957
8	2435964.69	0.09794727	0.12115814	18	0.51403046	5/1957

6	2436326.89	0.04572003	0.07351147	20	0.41819599	5/1958
8	2436318.76	-0.02139524	0.12452254	16	0.49809015	4/1958
6	2436580.36	-0.00033237	0.10107538	19	0.44057735	4/1959
6	2437057.34	0.01434067	0.07381972	28	0.39061727	5/1960
11	2437015.22	-0.12422051	0.18809098	9	0.56427294	3/1960
6	2437429.47	0.06085056	0.08721635	23	0.41827493	5/1961
11	2437409.03	0.23478462	0.16951475	9	0.50854424	4/1961
6	2437794.10	-0.15193799	0.06475994	22	0.30375106	5/1962
11	2437758.01	0.22313413	0.14010758	11	0.46468429	4/1962
6	2438143.32	-0.00980751	0.07663668	7	0.20276159	4/1963
6	2438528.92	-0.08525813	0.06681092	22	0.31337100	5/1964
6	2438896.43	0.05715457	0.07624301	23	0.36564861	5/1965
6	2439277.16	0.13617798	0.15216262	6	0.37272077	5/1966
20	2439284.56	-0.23522971	0.06730545	24	0.32972803	6/1966
6	2439633.14	-0.13232737	0.06285487	20	0.28109554	5/1967
11	2439524.78	0.31565058	0.15219029	15	0.58943046	5/1967
20	2439654.27	-0.42801711	0.05800112	18	0.24607792	6/1967
6	2439990.93	-0.16591102	0.07511839	19	0.41461147	5/1968
6	2440354.73	-0.09894784	0.06802180	20	0.30420275	5/1969
20	2440349.69	-0.01595338	0.31064955	5	0.69463352	5/1969
6	2440721.58	-0.12748472	0.05487931	27	0.28516127	5/1970
20	2440748.54	-0.59595567	0.07909184	11	0.26231797	6/1970
20	2441837.12	-0.37991718	0.07632186	9	0.22896559	6/1973
11	2442231.02	0.18544774	0.25039333	5	0.55989650	7/1974
20	2442217.32	-0.49460368	0.15650761	17	0.64529741	6/1974
6	2442594.22	-0.30129395	0.09962599	17	0.41076847	6/1975
11	2442536.96	-0.12607078	0.07642950	11	0.31982063	6/1975
6	2442707.10	-0.00854198	0.05029656	38	0.31004882	5/1976
11	2442929.62	-0.07158415	0.08241380	12	0.28548979	5/1976

DADOS MÉDIOS POR OPUSIÇÃO/OBSERVATÓRIO PARA LATITUDE DE NETUNO

CÓDIGO DOS OBSERVATÓRIOS

1 UCULE
 2 TOULOUSE
 3 STRASBOURG
 4 MURAL CIRCLE USNO
 5 RADCLIFFE
 6 5-INCH USNO
 7 NICE
 8 8-INCH USNO
 9 GREENWICH
 10 PARIS
 11 TOKIO OU MIZUSAWA
 12 9-INCH USNO
 13 EDINBUROUGH
 14 CAPE
 15 CAMBRIDGE
 16 BESANCON
 20 BORDEAUX

COD	DIA JUL.	RES. MEDIO	SIGM	NOBS	SIG1	MES/ANO
3	2395607.83	-0.34017871	0.41772004	6	1.02320095	11/1846
4	2395609.49	0.40693252	0.88484462	6	2.16741783	11/1846
7	2395610.94	-0.45560146	0.23274035	21	1.06655026	11/1846
9	2395595.76	-1.31951073	0.21440711	19	0.93457890	10/1846
10	2395577.88	-0.51017982	0.63601219	19	2.77231288	10/1846
3	2395935.97	0.24845342	0.41763925	11	1.39178595	10/1847
4	2395927.83	-0.07431872	0.93331006	10	2.95138555	9/1847
7	2395936.72	0.46985522	0.23844679	30	1.30602687	10/1847
9	2395928.41	0.50322133	0.24444062	32	1.38276493	9/1847
10	2395919.11	-0.80429882	0.21071020	31	1.17318473	9/1847
3	2396284.61	0.23768968	0.25248918	19	1.10057483	9/1848
4	2396233.14	0.16367383	0.34280223	23	1.64402172	9/1848
7	2396290.14	0.86192415	0.18497324	38	1.14025164	9/1848
9	2396294.05	-0.59494671	0.22801986	30	1.24891522	9/1848
10	2396300.53	0.34637116	0.41560745	22	1.94937175	9/1848
4	2396669.07	-0.73965223	0.54988074	13	1.98262320	10/1849
7	2396673.73	0.20497622	0.18977414	32	1.07352463	10/1849
9	2396681.78	1.18179011	0.38730792	19	1.68823609	10/1849
10	2396672.93	-0.34224207	0.32891552	20	1.47095939	10/1849
3	2397051.35	0.63100413	0.49724866	14	1.86053413	10/1850
4	2397045.14	-0.75841564	0.28152860	9	0.84458579	10/1850
7	2397042.29	-0.07932111	0.19713352	22	0.92463817	10/1850
9	2397035.28	0.00535556	0.22649936	32	1.28127389	10/1850
10	2397005.30	0.39378368	0.23349367	28	1.23553234	9/1850

3	2397422.56	0.67211718	0.54460022	7	1.44087575	10/1851
7	2397396.00	-0.42089671	0.17957971	29	0.96706632	9/1851
9	2397388.76	-0.04861028	0.27962757	25	1.39813786	9/1851
10	2397377.46	-0.54340007	0.49547238	8	1.40140752	9/1851
7	2397762.21	-0.60519370	0.19953311	24	0.97799849	9/1852
9	2397759.66	-0.76235252	0.28036706	30	1.53563362	9/1852
10	2397767.69	0.10306752	0.30822743	7	0.81549312	10/1852
7	2398152.97	-0.86920487	0.30878442	18	1.31006135	10/1853
9	2398124.65	-0.09073890	0.19560657	32	1.10651787	9/1853
10	2398099.21	0.47138499	0.23580189	14	0.88228990	9/1853
7	2398482.58	-0.82006347	0.40112367	17	1.65387526	9/1854
9	2398439.68	0.15931446	0.21127321	33	1.21367219	9/1854
10	2398477.54	0.77554249	0.20053180	29	1.07989673	9/1854
7	2398858.81	0.55342653	0.31246882	8	0.88379530	10/1855
9	2398851.29	-0.53012989	0.19178004	35	1.13458602	9/1855
10	2398852.12	0.35704570	0.21503579	27	1.11736395	9/1855
7	2399239.71	0.20315884	0.41373547	13	1.49174445	10/1856
9	2399220.58	-0.20971597	0.22626298	32	1.27993570	9/1856
10	2399230.57	0.40570679	0.19843298	20	0.88741928	10/1856
7	2399603.96	-0.95780774	0.31514289	9	0.94542866	10/1857
9	2399601.70	-0.61149854	0.21185192	32	1.19841543	10/1857
10	2399614.71	-0.77912316	0.26550872	27	1.37962380	10/1857
7	2399973.12	-0.47401624	0.52580514	14	1.96738267	10/1858
9	2399962.03	-0.32724651	0.13944397	54	1.02469976	10/1858
10	2399962.86	-0.20689530	0.14401592	32	0.81467705	10/1858
9	2400332.83	-0.52054702	0.17416344	49	1.21917908	10/1859
10	2400326.19	-0.52765351	0.26728600	24	1.30942865	10/1859
9	2400592.05	0.05423258	0.21010694	30	1.15080312	10/1860
10	2400702.79	-0.29563872	0.21980658	16	0.87922531	10/1860
3	2401114.96	0.81455555	0.63516420	11	2.10660133	12/1861
9	2401063.71	-0.20557151	0.24874659	40	1.57321160	10/1861
10	2401078.85	-0.42972264	0.15084597	26	0.76916654	10/1861
9	2401425.36	-0.10687308	0.19764329	34	1.15244350	10/1862
10	2401442.40	-0.37250553	0.40994785	4	0.81989571	10/1862

3	2401828.17	-1.16569489	0.74602798	10	2.35914760	11/1863
7	2401825.07	0.48583276	0.13795223	7	0.36498729	11/1863
9	2401791.16	0.03206368	0.26865391	17	1.10768844	10/1863
3	2402177.70	0.44918603	0.19062886	12	0.65035774	11/1864
7	2402136.20	0.40342560	0.26335499	11	0.87344970	11/1864
9	2402134.73	-0.48074966	0.16880429	17	0.69599792	11/1864
3	2402514.42	-0.03374531	0.20569680	43	1.34884412	10/1865
7	2402533.93	0.71667928	0.16975536	14	0.63516541	10/1865
9	2402524.16	-0.63415943	0.19625334	33	1.12738963	10/1865
10	2402530.98	0.11303164	0.39993638	11	1.32643891	10/1865
4	2402888.07	-0.69685570	0.12796713	55	0.94902966	10/1866
7	2402890.46	0.49943268	0.51684462	4	1.03368924	10/1866
9	2402911.40	-0.20313640	0.18330530	30	1.00400450	11/1866
10	2402925.51	-0.27449576	0.25126977	13	0.90596504	11/1866
4	2403251.03	-0.09086189	0.12835683	42	0.83184732	10/1867
7	2403261.95	0.39233883	0.33551641	12	1.16226295	10/1867
9	2403269.17	0.07886316	0.14486095	38	0.89298289	10/1867
10	2403287.31	-0.07760074	0.18996193	12	0.65804741	11/1867
4	2403632.88	-1.02235533	0.21225234	40	1.34240168	10/1868
7	2403624.46	0.40859379	0.30194574	14	1.12977750	10/1868
9	2403622.33	0.48451288	0.13334754	44	0.88452754	10/1868
10	2403627.38	0.10141226	0.21481540	14	0.80376564	10/1868
9	2404008.63	0.06585446	0.11427657	29	0.61539816	11/1869
9	2404345.37	0.16698588	0.20305193	31	1.13054529	10/1870
4	2404724.31	0.23945522	0.25400099	8	0.71842330	10/1871
9	2404740.03	-0.27016955	0.18236935	28	0.96498674	11/1871
10	2404744.10	-0.19414076	0.22867578	13	0.82450224	11/1871
4	2405107.89	-0.50527618	0.30646693	8	0.86681939	11/1872
9	2405109.81	-0.46643840	0.17639036	36	1.05834217	11/1872
10	2405140.99	-0.54527781	0.50152850	3	0.86867285	12/1872
4	2405480.23	-0.23075205	0.26645539	10	0.84260594	11/1873
9	2405468.77	-0.09331274	0.15036385	31	0.83719051	11/1873
10	2405475.63	-0.20481034	0.17636401	19	0.76875290	11/1873
4	2405851.16	-0.37925808	0.21394969	24	1.04813515	11/1874
9	2405840.08	-0.64152523	0.17872128	34	1.04211521	11/1874
10	2405843.38	-0.44197959	0.18113009	25	0.90565045	11/1874

4	2406202.21	-0.08252918	0.13343646	29	0.98783557	11/1875
9	2405205.30	-0.12917407	0.17588796	22	0.82498764	11/1875
10	2406228.47	0.36052055	0.13859434	20	0.61981272	12/1875
4	2405568.05	-0.12224361	0.22765009	21	1.04322377	11/1876
9	2405575.21	-0.44701150	0.17841771	22	0.83686263	11/1876
10	2405538.47	-0.57411996	0.15447724	13	0.55697562	11/1876
4	2406938.72	0.29549070	0.19906058	15	0.77095830	11/1877
9	2406942.15	-0.53950050	0.14319749	28	0.75772990	11/1877
10	2406967.36	0.01530823	0.40311163	7	1.06653313	12/1877
4	2407295.89	0.01831077	0.46032065	5	1.02930827	11/1878
9	2407294.18	-0.58813981	0.17452661	20	0.78050672	11/1878
10	2407308.43	0.10268431	0.25133504	7	0.66497000	11/1878
4	2407662.69	0.49848109	0.26236739	11	0.87017419	11/1879
9	2407687.36	-0.39743609	0.18002721	22	0.84440245	12/1879
10	2407681.67	-0.11834872	0.12855380	51	0.91805776	11/1879
4	2408060.23	0.03277411	0.40683831	8	1.15071252	12/1880
9	2408059.23	-0.67399059	0.17724577	25	0.88522883	12/1880
10	2408054.78	-0.21280807	0.11768373	42	0.76267777	12/1880
4	2408415.20	-0.05649990	0.19624473	16	0.78497892	11/1881
9	2408414.82	-0.16757465	0.11387171	33	0.65414314	11/1881
10	2408424.42	-0.52223363	0.13165434	63	1.04497393	12/1881
9	2408788.27	-0.28097674	0.12684554	29	0.68308413	12/1882
10	2408799.85	-0.68975900	0.14219496	40	0.89931990	12/1882
4	2409141.05	-0.04525246	0.19110181	13	0.68902737	11/1883
9	2409149.66	0.11542052	0.12701302	26	0.64764185	12/1883
10	2409144.80	-0.02514352	0.16310723	30	0.89337510	11/1883
4	2409517.31	0.76259487	0.31981466	12	1.10787047	12/1884
9	2409517.52	0.30677856	0.25527319	21	1.16980871	12/1884
10	2409507.82	0.20821941	0.23218827	8	0.65672761	11/1884
4	2409888.94	0.15389677	0.22376139	13	0.80679393	12/1885
9	2409893.95	-0.51333471	0.08781535	25	0.43907576	12/1885
4	2410250.84	0.15101146	0.24351603	10	0.77006532	12/1886
9	2410262.07	-0.25092876	0.17161738	27	0.89175005	12/1886
10	2410256.86	0.00506489	0.17329888	22	0.81284380	12/1886
4	2410617.93	0.30590707	0.19203178	18	0.81472183	12/1887
9	2410611.05	-0.04196740	0.13665107	20	0.61112217	12/1887

10	2410621.22	-0.17448375	0.23057585	5	0.51558327	12/1887
4	2410999.46	-0.14480182	0.23257336	7	0.61533123	12/1888
9	2410985.27	-0.34212689	0.13329858	24	0.65302700	12/1888
10	2410739.17	-0.01671833	0.23138815	12	0.80155208	12/1838
9	2411363.26	0.26130915	0.20406127	21	0.93512522	12/1839
10	2411363.40	-0.40725508	0.36991910	3	0.64071867	12/1839
9	2411730.63	-0.18707782	0.25011688	18	1.06115506	12/1890
9	2412099.40	-0.22473315	0.22502725	18	0.95470979	1/1892
10	2412038.33	-0.22719889	0.28890953	11	0.95820453	12/1891
9	2412464.01	-0.32992451	0.18710279	15	0.72464600	12/1892
10	2412460.16	-0.87441562	0.17012960	8	0.48119918	12/1892
9	2412837.62	-0.79651916	0.11428215	22	0.53603080	1/1894
10	2412817.24	-0.07671331	0.24612683	10	0.77832138	12/1893
5	2413209.35	0.74607695	0.18108436	4	0.36216871	1/1895
9	2413199.96	-0.08841911	0.15162283	29	0.81651393	1/1895
5	2413574.38	0.75499438	0.19706307	9	0.59118922	1/1896
9	2413550.92	0.31181667	0.12220648	15	0.47330366	12/1895
5	2413934.12	0.25828463	0.10488279	38	0.64654093	1/1897
9	2413923.44	0.09578116	0.18240567	20	0.81574294	12/1896
5	2414272.24	0.57928974	0.08464909	49	0.59254365	12/1897
9	2414278.53	-0.14692865	0.11503740	28	0.60872069	1/1898
10	2414236.52	-0.17845040	0.32071973	13	1.15637145	12/1897
5	2414628.99	0.48937818	0.09632000	40	0.60918114	12/1898
9	2414670.34	0.02531914	0.13376539	30	0.73266323	1/1899
10	2414648.77	-0.06090180	0.28850596	13	1.04022302	12/1898
6	2415007.46	-0.02400029	0.13576430	20	0.60715641	12/1899
9	2415036.41	0.00742971	0.13996318	15	0.54207508	1/1900
5	2415371.63	0.17504885	0.21227615	11	0.70404033	12/1900
9	2415399.22	0.04031108	0.10320414	19	0.44985544	1/1901
6	2415750.80	-0.01775496	0.10738008	9	0.32216724	1/1902
9	2415772.03	0.01004883	0.16587567	13	0.59807324	1/1902
10	2415783.12	-0.39065463	0.38899620	8	1.10024740	2/1902

6	2416114.98	0.83555043	0.20787997	14	0.77781564	12/1902
9	2416137.42	-0.23088971	0.13587720	17	0.56023531	1/1903
10	2416130.26	0.14647181	0.08100483	41	0.51868393	1/1903
5	2416472.32	0.05785947	0.11379377	15	0.44072136	12/1903
9	2416501.98	-0.01572176	0.17071478	18	0.72428146	1/1904
10	2416507.44	0.12067649	0.11097811	26	0.56587954	1/1904
5	2416874.49	0.15158381	0.10974564	15	0.42504303	1/1905
9	2416860.05	0.03277453	0.29004887	5	0.64856900	1/1905
10	2416866.32	0.03181843	0.17865275	18	0.75795942	1/1905
5	2417238.92	0.56178165	0.12922340	14	0.48350963	1/1906
9	2417234.10	-0.24895720	0.26407081	6	0.64583875	1/1906
10	2417237.73	0.02709471	0.10626618	29	0.57226088	1/1906
9	2417616.78	0.09391702	0.16927064	13	0.61031399	2/1907
10	2417563.54	0.06517613	0.32681863	3	0.56606648	12/1906
5	2417953.63	0.52661863	0.09326231	15	0.36120338	1/1908
9	2417972.30	0.10989970	0.10727397	15	0.41547029	1/1908
5	2418314.78	0.36615007	0.11524566	16	0.46098264	1/1909
9	2418348.65	-0.00180190	0.13809415	12	0.47837217	2/1909
5	2418685.64	0.74162745	0.12524104	15	0.48505643	1/1910
9	2418719.55	0.17649564	0.10269717	20	0.45927569	2/1910
5	2419046.59	0.55566233	0.14991111	15	0.58060323	1/1911
9	2419070.90	0.72744789	0.18384346	13	0.66285702	2/1911
9	2419453.58	0.30709190	0.18462077	11	0.61231783	2/1912
9	2419802.74	0.21832645	0.23381161	7	0.61860733	2/1913
5	2420157.62	0.00565888	0.11403715	12	0.39503528	1/1914
9	2420190.15	0.13530082	0.11958418	12	0.41425175	2/1914
5	2420525.78	-0.08422568	0.07934056	13	0.28606545	1/1915
5	2420892.70	0.02071458	0.08047529	12	0.27877459	1/1916
9	2420916.42	-0.11540885	0.13161914	11	0.43653129	2/1916
5	2421250.00	0.3330682	0.09439853	15	0.36560394	1/1917

9	2421276.19	-0.14095577	0.10022176	16	0.40088705	2/1917
5	2421645.05	-0.05356053	0.03080026	15	0.31293805	2/1918
9	2421670.57	-0.64922180	0.14087610	5	0.31500853	3/1918
5	2421976.32	0.14504984	0.06827153	16	0.27308512	2/1919
5	2422357.05	-0.20189451	0.11701781	15	0.45320803	2/1920
9	2422379.80	-0.06827100	0.11616809	14	0.43466120	2/1920
5	2422731.85	0.09943722	0.11154576	13	0.40218395	2/1921
9	2422768.15	-0.05334261	0.14267881	13	0.51443575	3/1921
5	2423103.29	0.12867152	0.08037369	15	0.31128593	2/1922
9	2423126.74	0.26047423	0.38364846	3	0.66449862	3/1922
5	2423469.09	0.14217498	0.07715940	15	0.29883708	2/1923
9	2423492.27	0.01034437	0.16070324	7	0.42518081	3/1923
5	2423836.69	0.30489802	0.07173389	13	0.25864020	2/1924
9	2423876.25	-0.31552272	0.18114903	9	0.54344710	3/1924
5	2424185.58	0.20154564	0.10030789	12	0.34747672	2/1925
9	2424228.62	0.11432306	0.15089704	14	0.56460503	3/1925
6	2424561.72	-0.11262447	0.10508749	17	0.43328682	2/1926
9	2424600.95	0.65875523	0.28582949	9	0.85748846	3/1926
6	2424960.91	-0.02511288	0.08496223	14	0.31789954	3/1927
9	2424958.22	-0.28953679	0.24222025	5	0.54162095	3/1927
6	2425319.59	-0.03584478	0.09899846	15	0.38341940	3/1928
9	2425321.43	0.36699924	0.21757066	10	0.68833507	3/1928
6	2425674.90	0.09443252	0.09163116	14	0.34285239	3/1929
9	2425689.07	0.14629787	0.17299296	11	0.57375275	3/1929
10	2425595.41	-0.32096331	0.11292910	9	0.33878731	3/1929
6	2425041.52	-0.49470491	0.23337799	6	0.57165700	3/1930
9	2425057.68	-0.20021739	0.14330291	8	0.40532183	3/1930
10	2426051.52	-0.14902864	0.10660209	12	0.36928047	3/1930
6	2426401.71	0.13247575	0.22759628	9	0.68278885	3/1931
9	2426437.40	0.16531397	0.20865445	3	0.36140011	4/1931

6	2426769.42	0.15620007	0.14279526	14	0.53429094	3/1932
9	2425738.44	0.40637986	0.12722779	8	0.35985453	3/1932
9	2427164.62	0.21415424	0.12758481	20	0.57057661	4/1933
10	2427167.78	-0.15787955	0.11084631	16	0.44338525	4/1933
6	2427525.65	-0.32801285	0.07334935	14	0.27444813	3/1934
9	2427543.05	0.30530326	0.15294295	9	0.45882887	4/1934
6	2427895.51	-0.11068704	0.12563633	15	0.48658743	4/1935
8	2427727.74	0.24142831	0.10982714	20	0.49116190	5/1935
9	2427893.58	0.31493386	0.16484334	7	0.43613447	4/1935
5	2428219.51	0.37616145	0.29515076	4	0.59030153	2/1936
6	2428252.10	0.15298425	0.11203859	14	0.41921000	3/1936
9	2428263.61	-0.17397961	0.18143612	11	0.60175553	4/1936
5	2428613.89	-0.33840540	0.21756047	10	0.68798662	3/1937
6	2428619.84	0.11196048	0.09260086	12	0.32077880	3/1937
8	2428657.07	0.29542639	0.09906278	13	0.35717593	5/1937
9	2428610.21	0.22218591	0.17951518	11	0.59538449	3/1937
5	2428966.53	0.05005689	0.10901523	15	0.42221419	3/1938
6	2428970.43	0.21449362	0.09834184	17	0.40547379	4/1938
8	2429027.79	0.12798880	0.11504093	14	0.43044373	5/1938
9	2428996.28	0.19673190	0.10738992	20	0.48026233	4/1938
5	2429342.84	-0.15849632	0.11669933	15	0.45197457	3/1939
6	2429354.60	-0.01424026	0.14184612	14	0.53073950	4/1939
8	2429396.29	0.04440152	0.10476401	17	0.43195310	5/1939
9	2429369.72	0.41635801	0.17449605	13	0.62915448	4/1939
5	2429704.79	-0.25882718	0.10870612	14	0.40674105	3/1940
6	2429706.34	-0.13289826	0.12404347	16	0.49619387	3/1940
8	2429761.39	0.06105523	0.10699851	10	0.33835899	5/1940
9	2429738.26	0.07871609	0.13690504	13	0.49361813	4/1940
11	2429760.96	0.31257444	0.16026541	9	0.48079522	5/1940
5	2430075.97	-0.33823523	0.16870260	15	0.65338235	3/1941
8	2430133.92	0.06766266	0.12952662	11	0.42959121	5/1941
5	2430450.26	-0.06850899	0.07387280	14	0.27640672	3/1942
6	2430452.57	-0.13705746	0.13468377	9	0.40405131	4/1942
8	2430493.19	0.02520766	0.12693822	9	0.38081465	5/1942
5	2430807.78	-0.28928211	0.07717004	15	0.29887830	3/1943
6	2430807.65	-0.14923647	0.11727165	15	0.45419113	3/1943
3	2430855.96	0.21836072	0.09507188	14	0.35572540	5/1943

5	2431186.75	-0.59649627	0.15316153	15	0.59319206	4/1944
6	2431178.47	-0.46156079	0.10546963	13	0.38027615	3/1944
8	2431194.99	-0.03804064	0.23973163	5	0.53605523	4/1944
6	2431547.70	0.19635877	0.09397820	15	0.36397502	4/1945
8	2431597.02	-0.13661377	0.10154852	11	0.33679833	5/1945
6	2431923.41	-0.02181203	0.12770115	15	0.49458441	4/1946
6	2432289.18	-0.02523167	0.15785759	14	0.59064903	4/1947
8	2432334.95	-0.33783355	0.03234879	15	0.31893549	5/1947
6	2432562.73	0.05281167	0.10996177	14	0.41143926	4/1948
8	2432711.76	-0.35798432	0.13079098	12	0.45307323	6/1948
9	2432582.99	-0.44571381	0.25155162	5	0.56248651	5/1948
6	2433022.61	-0.02985133	0.09977339	13	0.35973807	4/1949
8	2433069.36	-0.16279285	0.22325244	15	0.86465297	6/1949
9	2433025.03	0.37504768	0.23117434	16	0.92469736	4/1949
6	2433369.28	-0.13089705	0.11437472	13	0.41238392	3/1950
9	2433389.29	0.26474619	0.17086718	11	0.56570233	4/1950
6	2433760.55	-0.12518662	0.12107216	16	0.48428865	4/1951
9	2433765.05	0.30659718	0.12583645	15	0.48736248	4/1951
6	2434115.36	-0.12028007	0.08344482	17	0.34405182	4/1952
8	2434287.22	0.25296651	0.21329219	20	0.95387167	3/1952
9	2434129.32	0.13478756	0.12783595	15	0.49510552	4/1952
6	2434433.51	0.11495710	0.10378575	10	0.32819935	4/1953
8	2434484.08	-0.26359454	0.14559171	25	0.72795855	4/1953
9	2434503.33	0.53216744	0.20873919	9	0.62621758	5/1953
6	2434867.41	0.07105091	0.12651644	12	0.43653374	5/1954
8	2434862.36	0.05463077	0.10643648	22	0.49923133	4/1954
14	2434836.71	0.32291760	0.33475561	6	0.81998043	5/1954
6	2435225.42	-0.09620224	0.11123585	19	0.48486583	4/1955
8	2435226.17	0.21788323	0.16296667	16	0.65186669	4/1955
8	2435591.39	0.11582912	0.12517625	28	0.66237047	4/1956
14	2435500.34	-0.09780797	0.06525167	10	0.20634390	5/1956
6	2435962.63	0.25659745	0.07967531	19	0.34729663	5/1957
8	2435964.69	0.10862333	0.16995751	18	0.72106867	5/1957

6	2436326.89	0.29383831	0.19331405	20	0.86452571	5/1958
8	2436318.76	0.63440628	0.18077504	16	0.72310013	4/1958
6	2436680.36	0.26047289	0.08987647	19	0.39176246	4/1959
6	2437057.34	0.38201255	0.08036808	28	0.42526791	5/1960
11	2437015.22	-0.33065469	0.14220175	9	0.42660525	3/1960
6	2437429.47	0.29110395	0.09114984	23	0.43713930	5/1961
11	2437409.03	-0.35748793	0.12379991	9	0.37139973	4/1961
6	2437794.10	0.14999701	0.09536169	27	0.44728596	5/1962
11	2437758.01	-0.34088141	0.14422021	11	0.47832431	4/1962
6	2438143.32	0.18907046	0.11248895	7	0.29761779	4/1963
6	2438528.92	0.12512019	0.06101397	22	0.28618087	5/1964
11	2438514.21	-0.22940149	0.14988251	13	0.54040907	4/1964
6	2438896.43	0.21239011	0.06770070	23	0.32468114	5/1965
11	2438893.10	-0.10438596	0.13475289	4	0.26950578	5/1965
6	2439277.16	0.06755685	0.10451816	6	0.25601515	5/1966
11	2439231.68	0.56113211	0.33006170	6	0.80848276	4/1966
20	2439284.56	-0.61571427	0.05976349	24	0.29278012	6/1966
6	2439633.14	0.09653427	0.07028058	20	0.31430432	5/1967
11	2439624.78	0.23497734	0.15201004	15	0.58873234	5/1967
20	2439604.27	-0.56963990	0.10949742	18	0.46455823	6/1967
6	2439992.49	0.24596301	0.07525681	18	0.31928760	5/1968
6	2440304.73	0.41375520	0.09749490	20	0.43601046	5/1969
20	2440349.69	0.62414174	0.14756636	5	0.32996841	5/1969
6	2440721.58	0.20096938	0.08171682	27	0.42461305	5/1970
20	2440748.54	0.05755423	0.11374078	11	0.37723549	6/1970
20	2441837.12	0.49617304	0.08650433	9	0.25951300	6/1973
11	2442231.02	0.06217896	0.33956360	5	0.75929847	7/1974
20	2442217.32	0.32600640	0.05965661	17	0.24597051	6/1974

6	2442594.22	0.01963352	0.09169877	17	0.37808373	6/1975
11	2442539.85	-0.01815004	0.20810672	12	0.72090283	6/1975
6	2442907.10	-0.09252520	0.07916515	38	0.48800673	5/1976
11	2442929.62	0.24854132	0.17619648	12	0.61036250	5/1976

APENDICE 2

AX --> SEMI-EIXO DO PLANETA X (EM UA)
 EPSX --> LONGITUDE MEDIA PARA 1975 DO PLANETA X (EM GRAUS)
 S --> PARAMETRO INDICADOR DE PROBABILIDADE
 MX --> MASSA DO PLANETA X (EM MASSAS DA TERRA)

AX	EPSX	S	MX	AX	EPSX	S	MX	AX	EPSX	S	MX	AX	EPSX	S	MX
5.0	359.5	0.0135	0.2417	21.9	243.3	0.1191	0.0050	32.2	174.0	0.1251	0.0536	40.5	144.7	0.1475	0.2359
5.0	331.0	0.0168	0.2056	22.0	244.9	0.1204	0.0072	32.3	173.0	0.1250	0.0531	41.0	143.4	0.1494	0.2576
7.0	321.1	0.0060	0.3256	22.1	243.4	0.1217	0.0078	32.4	175.1	0.1250	0.0568	41.5	142.0	0.1512	0.2772
8.0	269.6	0.0160	0.1709	22.2	244.5	0.1227	0.0079	32.5	173.5	0.1250	0.0569	42.0	140.6	0.1529	0.2973
9.0	282.0	0.0213	0.2004	22.3	239.6	0.1203	0.0054	32.6	170.9	0.1264	0.0561	42.5	139.1	0.1544	0.3180
9.0	252.0	0.0697	0.3913	22.4	241.6	0.1244	0.0080	32.7	173.1	0.1253	0.0597	43.0	137.6	0.1557	0.3391
10.0	225.6	0.0831	0.4492	22.5	240.6	0.1251	0.0080	32.8	172.0	0.1258	0.0603	43.5	136.0	0.1567	0.3605
10.0	315.8	0.0022	0.1799	22.6	239.6	0.1257	0.0080	32.9	171.4	0.1272	0.0617	44.0	134.4	0.1574	0.3821
11.0	325.6	0.0458	0.1903	22.7	238.6	0.1263	0.0091	33.0	169.3	0.1252	0.0608	44.5	132.8	0.1579	0.4041
11.0	311.0	0.0658	0.1754	22.8	237.6	0.1267	0.0081	33.1	170.5	0.1252	0.0638	45.0	131.1	0.1581	0.4261
12.0	220.8	0.0584	0.0679	22.9	236.6	0.1272	0.0082	33.2	170.0	0.1259	0.0650	45.5	129.4	0.1579	0.4483
12.0	335.2	0.0234	0.0254	23.0	235.6	0.1275	0.0082	33.3	168.8	0.1263	0.0656	46.0	127.8	0.1570	0.4707
12.0	301.0	0.0212	0.0239	23.2	233.7	0.1283	0.0055	33.4	168.2	0.1245	0.0664	46.5	126.1	0.1569	0.4934
13.0	290.4	0.0421	0.0379	23.4	231.9	0.1290	0.0088	33.5	168.8	0.1255	0.0691	47.0	124.4	0.1560	0.5161
13.0	297.0	0.1057	0.3907	23.5	230.2	0.1295	0.0092	33.6	168.2	0.1258	0.0704	47.5	122.8	0.1549	0.5389
13.0	272.0	0.1095	0.0711	23.6	228.5	0.1300	0.0097	33.7	167.7	0.1263	0.0718	48.0	121.3	0.1539	0.5628
14.0	277.1	0.0369	0.0150	24.0	226.8	0.1304	0.0102	33.8	166.7	0.1266	0.0741	48.5	119.7	0.1508	0.6094
14.0	271.6	0.0405	0.0124	24.2	225.2	0.1308	0.0107	33.9	166.3	0.1284	0.0855	52.0	109.5	0.1392	0.7555
14.0	270.8	0.0476	0.0122	24.4	223.6	0.1312	0.0113	34.0	165.0	0.1268	0.0752	49.5	116.6	0.1491	0.5331
14.0	265.2	0.0583	0.0135	24.6	222.1	0.1316	0.0119	34.2	165.7	0.1272	0.0795	50.0	115.1	0.1472	0.6571
14.0	257.0	0.0704	0.0161	24.8	220.6	0.1319	0.0125	34.4	164.8	0.1279	0.0827	51.0	112.3	0.1434	0.7059
15.0	242.9	0.0813	0.0195	25.0	219.0	0.1321	0.0132	34.6	163.6	0.1284	0.0855	52.0	109.5	0.1392	0.7555
15.0	246.7	0.0895	0.0245	25.2	217.5	0.1324	0.0139	34.8	162.8	0.1285	0.0838	53.0	106.0	0.1349	0.8062
15.0	209.9	0.0850	0.0298	25.4	216.1	0.1327	0.0146	35.0	162.3	0.1297	0.0929	54.0	104.4	0.1300	0.8579
15.0	228.4	0.0503	0.0156	25.6	214.6	0.1329	0.0154	35.2	161.5	0.1301	0.0906	55.0	101.9	0.1262	0.9105
15.0	222.9	0.0523	0.0150	25.8	213.2	0.1331	0.0161	35.4	160.7	0.1306	0.1004	56.0	99.7	0.1213	0.9640
15.0	215.1	0.0563	0.0151	26.0	211.8	0.1335	0.0170	35.6	159.7	0.1312	0.1039	57.0	97.5	0.1175	1.0185
15.0	205.2	0.0580	0.0155	26.2	210.5	0.1336	0.0178	35.8	159.0	0.1316	0.1078	58.0	95.4	0.1133	1.0740
15.0	196.8	0.0676	0.0192	26.4	209.0	0.1337	0.0186	36.0	158.3	0.1322	0.1119	59.0	93.4	0.1092	1.1305
15.0	187.2	0.0626	0.0171	26.6	207.7	0.1337	0.0194	36.2	157.8	0.1328	0.1165	60.0	91.5	0.1052	1.1879
16.0	177.4	0.0650	0.0135	26.8	206.4	0.1339	0.0204	36.4	157.1	0.1336	0.1210	62.0	87.9	0.0975	1.3053
17.0	169.1	0.0663	0.0198	27.0	205.0	0.1340	0.0212	36.6	156.2	0.1340	0.1251	64.0	84.5	0.0905	1.4265
17.0	163.0	0.0655	0.0212	27.1	204.3	0.1341	0.0216	36.8	155.5	0.1347	0.1297	66.0	81.5	0.0840	1.5511
17.0	153.3	0.0694	0.0223	27.2	203.8	0.1337	0.0222	37.0	154.7	0.1353	0.1342	68.0	78.6	0.0781	1.6794
17.0	153.6	0.0739	0.0238	27.3	203.2	0.1338	0.0226	37.2	154.1	0.1360	0.1390	70.0	76.0	0.0726	1.8111
17.0	149.1	0.0768	0.0248	27.4	202.3	0.1339	0.0230	37.4	153.4	0.1366	0.1440	73.0	72.4	0.0654	2.0150
17.0	144.5	0.0719	0.0265	27.5	201.9	0.1341	0.0236	37.6	152.8	0.1371	0.1490	76.0	69.1	0.0591	2.2259
17.0	139.5	0.0753	0.0298	27.6	201.1	0.1344	0.0240	37.8	152.2	0.1378	0.1542	80.0	65.1	0.0519	2.5197
17.0	135.2	0.0753	0.0314	27.7	200.1	0.1344	0.0241	38.0	151.7	0.1385	0.1598	85.0	60.8	0.0447	2.9056
17.0	131.3	0.0742	0.0322	27.8	200.0	0.1333	0.0250	38.2	151.1	0.1392	0.1653	90.0	56.9	0.0389	3.3123
17.0	127.4	0.0729	0.0334	27.9	199.3	0.1336	0.0255	38.4	150.5	0.1399	0.1709	95.0	53.5	0.0343	3.7397
18.0	122.3	0.0803	0.0409	28.0	198.1	0.1336	0.0255	38.6	149.9	0.1407	0.1767	100.0	50.4	0.0306	4.1899
18.0	118.1	0.0767	0.0427	28.1	198.7	0.1339	0.0269	38.8	149.3	0.1414	0.1826	110.0	44.9	0.0251	5.1624
18.0	113.5	0.0864	0.0535	28.2	198.9	0.1341	0.0265	39.0	148.7	0.1421	0.1886	120.0	40.2	0.0215	6.2414
18.0	109.1	0.0938	0.0685	28.3	198.2	0.1327	0.0283	39.2	148.2	0.1429	0.1949	150.0	28.9	0.0162	10.303
18.0	112.3	0.0760	0.0352	28.4	196.0	0.1347	0.0251	39.4	147.5	0.1440	0.2011	200.0	15.5	0.0141	21.127
18.0	124.2	0.0952	0.0121	28.5	194.0	0.1323	0.0273	39.6	147.0	0.1440	0.2075	500.0	350.3	0.0161	334.06
21.0	200.7	0.1163	0.0027	28.6	192.3	0.1330	0.0272	39.8	146.5	0.1449	0.2142	1000.0	344.6	0.0176	2834.2
21.0	241.7	0.1180	0.0036	32.1	172.0	0.1224	0.0350	40.0	146.0	0.1456	0.2211				

REFERÊNCIAS

- Brady, J.L.: 1972, Pub. Astron. Soc. Pacific 84, 314
- Bretagnon, P.: 1982, Astron. & Astrophys. 114, 278
- Duncombe, R.L. e Seidelmann, P.K.: 1980, Icarus 44, 12
- Duncombe, R.L., Klepczynski, W.J. e Seidelmann, P.K.: 1968, Astron. J. 73, 830
- Ferraz-Mello, S.: 1979, "Dynamics of the Galilean Satellites", Universidade de São Paulo.
- Ferraz-Mello, S.: 1980, Astron. J. 86, 619
- Ferraz-Mello, S. e Quast, G.R.: 1987, in J. Kleczuk (ed), Exercises in Astronomy (D. Reidel, Dorchecht).
- Francou, G., Bergeal, L., Chapront, J. e Morando, B.: 1983, Astron. & Astrophys. 128, 124
- Grosser, M.: 1978, "The Discovery of Neptune", Dover Publication, Inc. New York.

- Harrington, R. e Christy, J.W.: 1980, *Astron. J.* 85, 168
- Jackson, C.S.: 1974, *Astron. Papers Amer. Ephem.* 22 (2)
- Klemola, A.R. e Haplan, E.A.: 1972, *Pub. Astron. Soc. Pacific* 84, 736
- Lawton, A.J.: 1979, *Spaceflight* 21, 115
- Lowell, P.: 1915, "Memoire on a Trans-Neptunian Planet", *Memoires of the Lowell Observatory* 1, 1
- Matese, J.J. e Whitmire, D.P.: 1986, *Icarus* 65, 37
- Muller, R.A.: 1985, "Evidence of Nemesis: A Solar Companion", *Lawrence Berkeley Laboratory*
- Null, A.J.: 1981, *Astron. J.* 86, 456
- Pickering, W.H.: 1928, *Popular Astronomy* XXXVI, 143
- Quast, G.R., Busko, I. e Jablonsky, F.: 1983, em "Workshop em Técnicas de Espectroscopia e Fotometria Astronômica (Observatório Nacional, RJ)

- Sagnier, J.L.: 1981, "Le Mouvement des Satellites Galiléens de Jupiter, Thèse de Doctorat d'Etat
- Seidelmann, P.K., Marsden, B.G. e Giclas, H.L.: 1972, Pub. Astron. Soc. Pacific 84, 856
- Seidelmann, P.K. e Duncombe, R.L.: 1982, em B.A. Balázs and V. Szebehely (eds), Dynamical Astronomy (Eotvos Lorand Univ., Budapest), p. 37
- Simon, J.L.: 1983, Astron. & Astrophys. 120, 197
- Simon, J.L. e Bretagnon, P.: 1975a, Astron. & Astrophys. 42, 259
- Simon, J.L. e Bretagnon, P.: 1975b, Astron. & Astrophys. Suppl. 22, 107
- Sinclair, A.T. e Taylor, D.B.: 1984, Astron. & Astrophys. 147, 241
- Standish, E.M.: 1982, Astron. & Astrophys. 114, 297

Todos os Interessados em Publicações do
Observatório Nacional. Devem Dirigir-se à

MCT - CNPq
Observatório Nacional
Biblioteca
Setor de Reprodução Gráfica
r. Gal. José Cristino, 77 - CP. 23002
20921 - São Cristovão, RJ
BRASIL
Telf. 580-7313 / r. 271