

DETERMINAÇÃO ASTROMÉTRICA DE POSIÇÕES COM FILMES DO "ESO-B SURVEY"

R. Vieira-Martins e C.H. Veiga

CNPq-Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO. Utilizando cópias em filmes de placas Schmidt do "ESO-B Survey" obtem-se posições de objetos astronômicos de magnitudes que variam entre 6 e 20. Os erros em ascensão reta e declinação são da ordem de meio segundo de arco. Os filmes são medidos no microdensitometro e as estrelas de referencia são as do catálogo Perth 70. Cuidados especiais envolvendo técnicas de tratamento de imagens são utilizadas para a redução dos objetos brilhantes, e principalmente das estrelas de referencia. Estes objetos apresentam nestas placas imagens saturadas e com deformações devidas a efeitos óticos do suporte de placas do telescópio Schmidt. O mesmo processo permite obter catálogos secundários com os quais determinam-se posições relativas com erros inferiores a cinco centésimos de segundo de arco. Estas determinações relativas tem sido usadas para medidas astrométricas de posições de satélites dos planetas exteriores e outras aplicações.

ABSTRACT. The positions of Astronomical objects with blue magnitudes ranging from 6 to 20 are obtained using the film copies of the "ESO(B) Survey". The mean uncertainty is about 0.5 arcsec. The measurements are made with a PDS microdensitometer and the reference stars are from the Perth 70 Catalogue. Special reduction procedures were developed for treating bright objects, particularly the reference stars, as these present saturated images as well as optical deformations caused by the plate support of the Schmidt Camera. These procedures can be used to determine secondary Catalogue which have relative positions with errors smaller than 0.05 arcsec. The secondary Catalogues were used among other applications, for astrometric measurements of satellites of the External Planets.

Key words: ASTROMETRY - POSITIONS

I. INTRODUÇÃO

Um dos problemas básicos de astrometria fotográfica é o de obter um sistema de referencia numa placa de pequeno campo ($1^\circ \times 1^\circ$). Este problema se deve essencialmente ao fato de termos em geral um pequeno número de estrelas de catálogos astrométricos nestes campos.

Para nós o problema surgiu quando iniciamos um programa de observações dos sistemas de satélites dos planetas exteriores em telescópios de longo foco. As placas fotográficas, obtidas no telescópio de 1,6 metros de abertura e 16 metros de distancia focal do CNPq-ON-Laboratório Nacional de Astrofísica, tinham campos de $26' \times 21'$. Não dispúnhamos também de placas de grande campo para definirmos, pelos processos usuais de campos secundários, um sistema de referencia.

Procuramos, então, desenvolver um processo de redução utilizando as cópias disponíveis do "ESO-B Survey" (West and Shuster 1982), utilizando como catálogo de referencia o Perth 70 (Hog and van der Heide 1976). Para obter as posições das estrelas foi utilizado o microdensitometro PDS-1010 A do Observatório Nacional (da Costa *et al.* 1986). A redução foi feita utilizando-se os ajustes usuais a 10 ou 6 parametros, de acordo com o número de estrelas de catálogo disponíveis na região medida pelo microdensitometro.

A utilização das cópias em filme do "ESO-B Survey" se mostrou bastante eficaz, permitindo obter erros inferiores a $0''.3$ para posições absolutas e $0''.05$ para posições relativas.

II. MEDIDAS DO CAMPO PRIMÁRIO

Um campo primário de estrelas do catálogo Perth 70 é medido, em relação a um referencial arbitrário, nas cópias em filme do "ESO-B Survey". Estas estrelas são saturadas nestas placas, uma vez que elas são de magnitudes visuais que variam entre 4 e 9.5 e as placas foram expostas para se obter objetos de magnitude 20 a 21.

Dois processos podem ser utilizados para a determinação dos centros de uma dada estrela de referencia. O primeiro consiste em supor que as pontas de difração definam a posição da estrela (Walter and West 1986). Neste caso basta fazer com que um retículo em cruz coincida com as pontas de difração. A repetibilidade da centragem tem sido, no nosso caso, de aproximadamente $8\mu\text{m}$ ($0''.54$) (Walter and West 1986). O segundo processo foi o utilizado por nós. Consiste em obter leituras de densidade de toda a imagem da estrela e calcular o centro a partir de um nível de densidade superior a maior parte da densidade das pontas de difração (Figura 1). As leituras com o microdensitometro são feitas utilizando fendas de $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ e varreduras com passos de $5\mu\text{m}$. Os níveis de densidade utilizados para a determinação dos centros variam em geral entre 1.9 e 2.2 para estrelas de magnitude entre 8 e 10 e entre 2.2 e 2.4 para estrelas de magnitude entre 5 e 7.5. A determinação do centro é feita tomando-se o centro geométrico de todos os pontos da imagem da estrela de densidades iguais ou superiores a um valor dado (Carter and Metcalfe 1980). A repetibilidade dos centros, quando tomados níveis de densidade diferentes, é de aproximadamente $1\mu\text{m}$ ($0''.07$) para magnitudes entre 8,0 e 10.

Devido as dimensões do suporte de placas do microdensitometro ($4^\circ \times 4^\circ$) obtém-se para cada campo aproximadamente 25 estrelas do catálogo Perth 70, das quais aproximadamente 10 são rejeitadas por apresentarem resíduos (posições medidas menos posições de catálogo) excedendo a $1''$. Estes erros são em geral devidos a problemas na determinação do centro (estrelas muito brilhantes, com magnitude menor do que 6) ou ao conhecimento insuficiente de movimentos próprios.

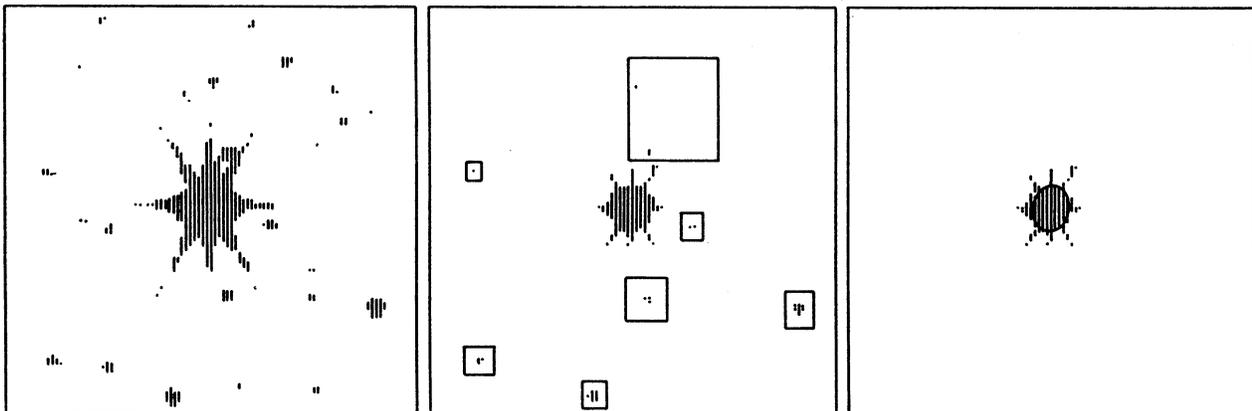


Fig. 1. Processo de centragem de estrelas do campo primário. Em (a) tem-se uma estrela do Perth 70 com níveis de densidade superior a 0,9. Em (b) são de considerados níveis acima de 1,9 e as contribuições do campo são retiradas. Em (c) calcula-se o centro. A fenda utilizada para gerar a imagem acima foi de $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ e o passo da varredura foi de $20\mu\text{m}$.

III. MEDIDAS DO CAMPO SECUNDÁRIO

O campo secundário é composto de imagens de estrelas (ou outros objetos) dos quais se deseja obter a posição em relação ao referencial Perth 70. Ele é medido com o microdensitometro, nas cópias em filme das placas Schmidt, em relação ao mesmo referencial em que foram medidas as estrelas de catálogo. Como em geral trata-se de estrelas de magnitude visual superior a 13, suas imagens são bem redondas. Utilizamos para estas estrelas o microdensitometro com a mesma fenda e passo de varredura usados para o campo primário. Neste caso, a repetibilidade é menor que $0,5\mu\text{m}$ ($0''.03$). A imagem de uma estrela do campo secundário com a sua centragem é mostrada na Figura 2. Para os campos secundários seleciona-se em geral 20 estrelas.

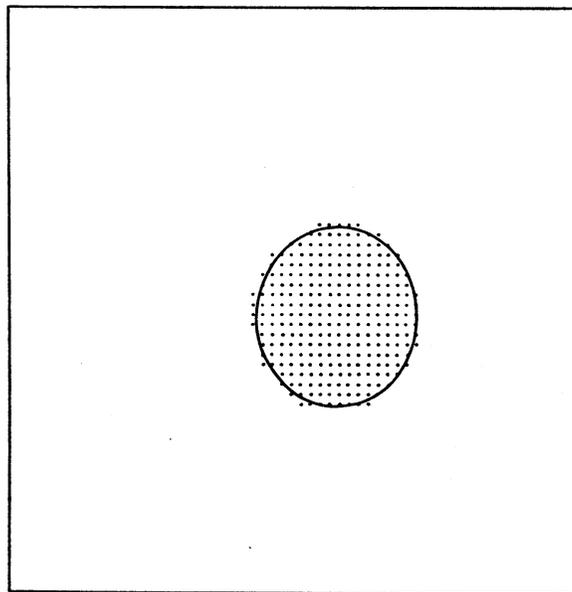


Fig. 2. Centragem de uma estrela do campo secundário.

O mesmo campo secundário é medido nas placas obtidas em reflectores de longo foco, juntamente com os objetos cuja posição se deseja determinar. Para o caso das placas de satélites de planetas exteriores. Estas medidas foram feitas, em sua maioria, com o coordenatógrafo (Ascorecord-Zeiss) do UFRJ-Observatório do Valongo.

IV. REDUÇÃO

Para a correção do campo primário, corrigiu-se inicialmente as posições das estrelas de seu movimento próprio. Um ajuste das posições teóricas e medidas é feito com um polinômio de duas variáveis e grau 2 (6 parâmetros) ou 3 (10 parâmetros), dependendo do número de estrelas de catálogo disponíveis.

Foi adotado um critério de rejeição das estrelas que em ascensão reta ou declinação apresentam resíduos (posições medidas menos calculadas) superiores a $1''$. O desvio padrão típico encontrado é da ordem de $0''3$, o mesmo encontrado por outros autores para ajustes com estrelas do Perth 70 (Veillet, 1983).

Para a determinação das posições de objetos nas placas de longo foco, utilizou-se em geral um ajuste feito com o auxílio de um polinômio de grau 1. O desvio padrão típico, encontrado é, nesse caso, da ordem de $0''2$.

V. RESULTADOS

Uma série de testes e comparações foram efetuadas para determinar a confiabilidade do processo. Estes testes consistiram nas seguintes determinações:

- 1). Determinação de um sistema de referência para cálculo de posições relativas em placas de longo foco;
- 2). Determinação absoluta de posições de objetos móveis obtidos em placas de longo foco;
- 3). Determinação de posições de objetos em placas Schmidt;
- 4). Determinação de posições de galáxias em placas Schmidt.

A determinação de sistemas de referências para cálculo de posições relativas foi feita com o objetivo de se obter posições de satélites de planetas exteriores. No caso dos satélites de Urano, 280 placas de longo foco foram reduzidas e os resíduos obtidos para posições relativas dos satélites (tipicamente $0''1$) foram compatíveis com os da literatura (Veillet, 1983 e Jacobson, 1985). Comparações feitas para reduções utilizando placas Schmidt e cópias do ESO-B apresentaram variações dos resíduos de posições relativas da ordem de $0''01$ (Veiga, 1986).

A determinação absoluta de posições de objetos móveis obtidos em placas de longo foco assim como a determinação de posições de objetos nas cópias de placas Schmidt apresentam

resíduos (posição medida menos posição teórica) de 0".3. Estes valores são os geralmente encontrados para reduções absolutas com o catálogo Perth 70.

Uma determinação de posições de 96 galáxias do aglomerado Klemola 27 foi feita utilizando leituras do microdensitômetro com fenda de $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ e varredura com passo de $100\ \mu\text{m}$ (6"7) (Chan, 1986). As posições foram comparadas com as obtidas por Richter (1984) para 58 galáxias. As diferenças de posições em distancia foram em média de 7"1 e o desvio padrão de 4"1. Deve-se observar que as posições utilizadas para comparação foram obtidas com o catálogo SAO e com erros estimados de 6".

V. CONCLUSÕES

O processo apresentado de determinação de posições astrométricas utilizando cópias em filme de placas Schmidt é eficaz e dispensa na maioria dos casos a obtenção de placas de grande campo. No caso da utilização do "ESO-B Survey" as limitações básicas encontradas são de declinação e magnitude.

A limitação em declinação decorre do fato do "ESO-B Survey" se estender apenas na faixa de declinações entre $-17^{\circ}5$ e -90° .

As limitações em magnitude se deve ao fato, já assinalado, do processo de centragem não ser eficiente para objetos de magnitude abaixo de 6. Estes objetos, nestas placas, são muito saturados, apresentando imagens muito grandes e muito deformadas.

Uma última limitação a assinalar é que a maior parte dos erros nas posições absolutas se devem aos erros do catálogo utilizado. Esta limitação no entanto independe do processo de redução utilizado.

Agradecemos a R.R. de Carvalho pela adaptação dos programas de redução de imagens as necessidades deste trabalho e pelo incentivo dado. A Ch. Veillet pela ajuda nos programas de redução. A R. Chan e L.A.N. da Costa pelo fornecimento das medidas do aglomerado Klemola 27, ao CNPq pelo fornecimento de recursos para que pudessemos apresentar este trabalho na V Reunião Latino-Americana da IAU.

REFERENCIAS

- da Costa, L.N., de Carvalho, R.R., Pellegrini, P.S., Chan, R., Sheid, P., Rité, C., Nunes, M.A., Nascimento, D. 1986, *Rev. Mexicana Astron. Astrof.*, 12, 385.
 Carter, D. e Metcalfe, N. 1980, *M.N.R.A.S.*, 191, 325.
 Chan, R. 1986, *Comunicação Privada*.
 Hog, E. e von der Heide, J. 1976, *Perth 70. A Catalogue of Positions of 24900 Stars*, Hamburger Sternwarte, 334.
 Jacobson, R.A. 1985, *JPL Interoffice Memorandum*, 314.6-593.
 Richter, O.G. 1984, *Astr. and Ap. Suppl. Ser.*, 58, 131.
 Veiga, C.H. 1986, *Observações dos satélites de Urano*, Tese de Mestrado.
 Veillet, Ch. 1983, *De l'Observation et du Mouvement des Satellites D'Uranos*, These D'Etat, Université de Paris.
 Walter, H.G. e West, R.M. 1986, *Astr. and Ap.*, 156, 1.
 West, R.M. e Schuster, H.E. 1982, *Astr. and Ap. Suppl. Ser.*, 49, 577.

DISCUSSÃO

CARDONA: ¿Cómo centran las imágenes estelares saturadas? ¿Lo hacen con una gaussiana bidimensional?

MARTINS: A centragem das imagens é feita calculando-se o centro geométrico da imagen formada por todos os pixels de densidade superior a un valor dado.

C.H. Veiga e R. Vieira Martins: Departamento de Astronomia, CNPq-Observatório Nacional, Rua General Bruce, 586, 20921 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.