

OBSERVAÇÕES ASTROMÉTRICAS DE ASTERÓIDES E COMETAS EM 1999

Paulo R. Holvorcem - Valinhos/SP

Durante o ano passado, a atividade mundial envolvendo a busca e o acompanhamento astrométrico de asteróides e cometas continuou em grande expansão, como vinha ocorrendo desde 1998 com a entrada em operação do projeto LINEAR (MIT/USAF). Em 1999, novos programas de busca no hemisfério norte foram efetivamente iniciados (LONEOS e Catalina), um segundo telescópio foi acrescentado ao projeto LINEAR, e vários novos programas de acompanhamento astrométrico foram estabelecidos, em sua maioria no hemisfério norte. Somente estes desenvolvimentos já seriam suficientes para garantir que o ano seria muito interessante para pessoas que como eu observam os corpos menores do sistema solar. Mas de fato o ano de 1999 foi especialmente positivo para mim, pois vários desenvolvimentos aguardados há bastante tempo tornaram-se realidade, um após o outro.

Para mim, o ano de 1999 começou com observações astrométricas de Nova Muscae 1998, do cometa Hale-Bopp e do objeto Amor 1998 XA5, pouco

depois de 1999 Jan. 1.00 TU no observatório Abraão de Moraes, em Valinhos. Algumas semanas antes, o Observatório Wykrota, na Serra da Piedade, tinha começado a obter suas próprias observações astrométricas de asteróides e cometas, após um ano de preparação e troca de informações entre eu e Cristovão Jacques. Em janeiro de 1999, gastei algum tempo atualizando e aperfeiçoando alguns programas que escrevi para o planejamento e análise das observações, de modo a torná-los mais eficientes e fáceis de usar. Este trabalho foi subitamente interrompido em 25 de janeiro, quando fui informado de que um projeto que eu havia submetido à Planetary Society em maio de 1998 tinha sido selecionado, e receberia um financiamento de 10 mil dólares para a compra de uma montagem robótica e alguns equipamentos auxiliares. Imediatamente comecei a pesquisar preços e fornecedores para os vários equipamentos, e familiarizar-me com o processo de obtenção de isenção de impostos para a importação. Seguindo alguns links e sugestões de colegas, a pesquisa

de preços acabou levando-me a tropeçar em alguns programas gratuitos e muito úteis, como dois programas tchecos para calibração de imagens em lotes de tamanho arbitrário, um programa húngaro para a comparação de imagens (blinking) e um programa italiano para integração de órbitas de asteróides (OrbFit).

Em março, após dois meses de mau tempo quase contínuo, recomecei as observações em Valinhos, já empregando os novos programas e alguns outros que escrevi para automatizar completamente a calibração das imagens. Dentre os NEOs que observei neste período, os mais interessantes foram (Fig. 1):

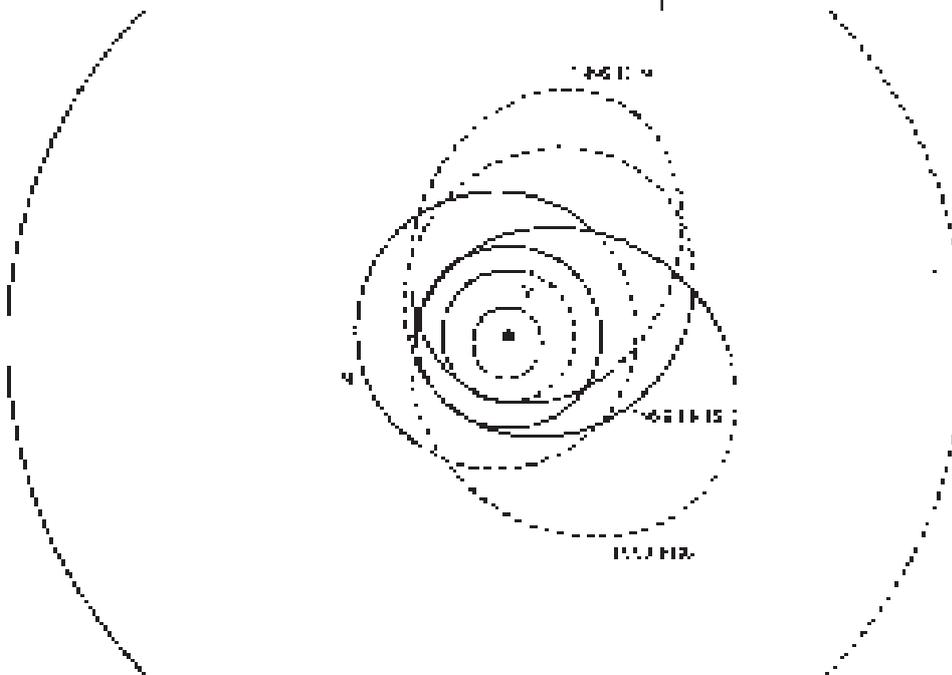


FIG. 1: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em março de 1999. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de março de 1999. Em todas as figuras deste artigo, as órbitas são projetadas sobre o plano da eclíptica, e os trechos das órbitas ao norte e ao sul deste plano são indicadas por linhas cheias e tracejadas, respectivamente.

- **1999 CF9**, um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 700 e 1500 m. Ainda que este objeto não tenha passado particularmente perto da Terra em 1999, foi observado com magnitude 16 alguns dias antes de sua aproximação máxima a 0.15 UA.

- **1999 FR5**, outro objeto Apollo, com diâmetro estimado entre 50 e 100 m. Este objeto foi confirmado por três estações astrométricas sul-americanas (Los Molinos, Serra da Piedade e Valinhos) pouco após sua descoberta pelo programa LINEAR. 1999 FR5 tinha passado a apenas 0.009 UA da Terra 6 dias antes de ser descoberto.

- **1999 FN19**, um objeto Amor com diâmetro estimado entre 90 e 190 m e cujo periélio está situado a 1.0025 UA do Sol, muito próximo da órbita da Terra (este objeto, assim como os dois anteriores, possui uma órbita de baixa inclinação). Este objeto foi descoberto cerca de um mês antes de sua máxima aproximação a 0.02 UA da Terra.

Enquanto isto, a equipe do observatório Wykrota vinha também observando NEOs e obtendo novas designações para alguns asteróides que encontrava. Já próximo da lua cheia, encontrei um objeto de brilho muito fraco (mag. 19), que dificilmente conseguiria confirmar em uma segunda noite.

Pedi auxílio ao Cristóvão, que o confirmou na noite seguinte, e a descoberta conjunta recebeu uma nova designação. Infelizmente, não foi possível reobservar este objeto após a lua cheia.

O mês de abril foi bastante movimentado

para as estações de Valinhos e da Serra da Piedade, com várias confirmações de NEOs e cometas, e algumas descobertas de objetos do cinturão principal. Os objetos mais interessantes que observei neste período foram (Fig. 2):

- **1999 FN19** (v. acima), observado em sua máxima aproximação, com mag. 16.

- **C/1999 F1** (Catalina), um cometa de longo período com inclinação de 92 graus e que possui uma das maiores distâncias do periélio conhecidas (5.8 UA). O cometa foi inicialmente confundido com um asteróide de brilho fraco (mag. 19), mas sua órbita não-usual levou à suspeita de que se tratava de um cometa. Este objeto foi detectado quase 3 anos antes de seu periélio, quando estava a 9.1 UA do Sol (quase tão longe quanto Saturno!).

- **1999 GU3**, um objeto Amor classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 300 e 700 m. Este objeto foi descoberto durante sua máxima aproximação, a 0.03 UA da Terra, quando atingiu a magnitude 13 (raramente um NEO se torna mais brilhante do que mag. 15).

- **1999 GY5**, um objeto Apollo com diâmetro estimado entre 250 e 550 m, descoberto 8 dias depois de sua máxima aproximação a 0.07 UA da Terra.

- **1999 GS6**, um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 300 e 700 m. Este objeto foi descoberto pelo projeto LINEAR duas semanas depois de passar a 0.095 UA da Terra, e, notavelmente, passou a apenas 0.06 UA de Marte em 8 de junho de 1999!

- **C/1999 H1 (Lee)**, um cometa comparativamente brilhante de longo período, encontrado durante uma “star party” na Austrália.

No mesmo período, o Observatório Wykrota trabalhou ativamente, conseguindo 5 novas designações de asteróides do cinturão principal, e observando vários cometas e NEOs. Dentre estes últimos, destacam-se as confirmações de:

- **1999 GT3**, um objeto Apollo com excentricidade muito alta ($e=0.84$) e periélio a apenas 0.22 UA do Sol.

- **1999**

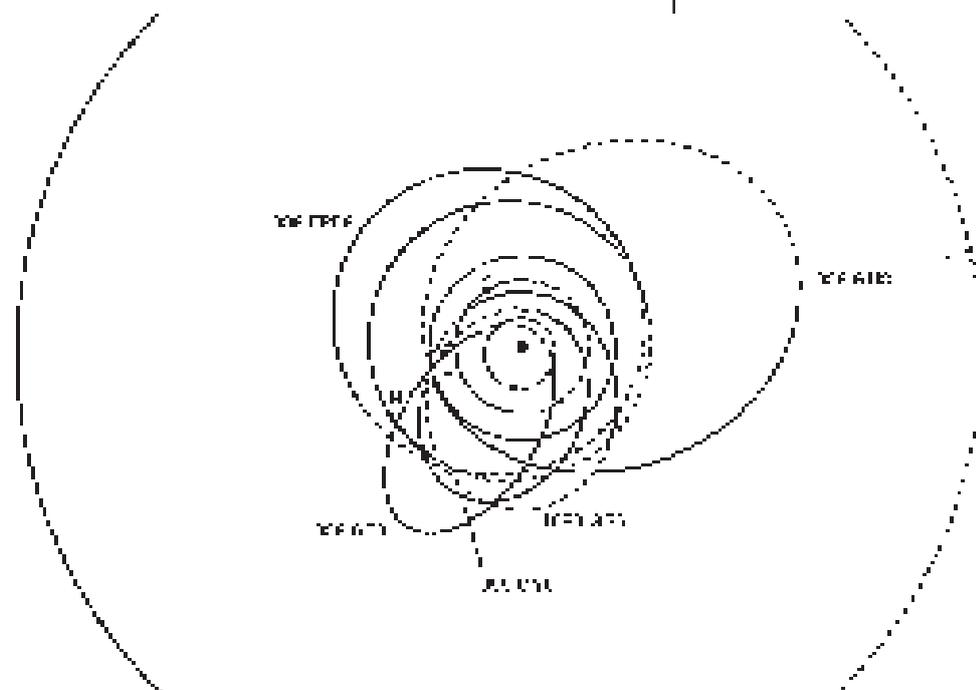


FIG. 2: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em abril de 1999. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de abril de 1999.

FP59, um objeto Amor com diâmetro estimado entre 500 e 1100 m, encontrado a cerca de 0.9 UA da Terra pelo projeto Spacewatch. Esta foi uma confirmação muito difícil, pois o objeto tinha um brilho muito fraco (magnitude 20).

Maio foi também um mês bastante favorável para as observações; dentre os objetos que observei, os mais interessantes foram (Fig. 3):

- **1999 JE1**, um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 250 e 550 m. Este objeto, descoberto em 7 de maio pelo Catalina Sky Survey, foi observado uma semana depois a 0.15 UA da Terra.

- **1999 JU3**, um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 450 e 950 m. A órbita deste objeto lembra grosseiramente a órbita terrestre ($a=1.19$ UA, $e=0.19$, $i=5.9$ graus).

- **1999 JD6**, um objeto Aten com diâmetro estimado entre 1 e 3 km. Este objeto, descoberto em 12 de maio pelo projeto LONEOS, foi observado em 20 de maio a 0.42 UA da Terra.

- **1999 JT6**, um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 1 e 3 km. Este objeto foi confirmado dois dias depois de ser descoberto independentemente pelo projeto LINEAR e pelo observador Roy Tucker, do Arizona.

- **1999 JW6**, um objeto Amor com diâmetro estimado entre 1 e 2 km, cuja órbita moderadamente excêntrica ($e=0.14$) é altamente

inclinada (50.3 graus). Este objeto foi confirmado menos de 24 h depois de sua descoberta em 13 de maio pelo projeto LINEAR.

- **C/1999 K2 (Ferris)**, um cometa de longo período com grande distância do periélio (5.2 UA) e inclinação de 84 graus. O cometa foi confirmado menos de 24 horas após sua descoberta pelo projeto LONEOS. A passagem pelo periélio ocorreu em 30 de outubro de 1999.

No mesmo período, o cometa C/1999 K5 (LINEAR) foi confirmado pela equipe do Observatório Wykrota. Este objeto passará pelo periélio em 4 de julho de 2000, a 3.3 UA do Sol; sua inclinação orbital é 89 graus.

Em junho, ocorreram as duas descobertas de asteroídes mais interessantes em muitos anos. Em 8 de junho, o projeto LINEAR detectou um objeto de movimento não usual, designado temporariamente como C49538, que foi listado para confirmação na Near-Earth Object Confirmation Page (NEOCP; <http://cfa-www.harvard.edu/iau/NEO/ToConfirm.html>); observei este objeto em 10 de junho, e Cristóvão Jacques o observou em 13 e 20 de junho. Em 22 de junho, escrevi a Cristóvão:

Estou curioso para saber qual será a órbita do C49538, que já esta há muito tempo na NEOCP. Em geral, só tinha visto objetos ficarem tanto tempo quando ficavam muito tempo sem ser observados, após serem colocados pela primeira vez na página. Mas este objeto tem sido observado regularmente. Talvez tenha uma órbita muito nao-usual, mesmo para um objeto nao-

usual, e eles querem ter bastante certeza antes de publicar a órbita. Se você tem observações deste objeto, poderia envia-las para mim? Poderia tentar calcular uma órbita aproximada juntando-as com as minhas observações feitas há algumas semanas.

No mesmo dia, Cristóvão respondeu que: ...estou bastante curioso também. Nas primeiras observações ele me pareceu um cometa e nas últimas já não tinha tanta certeza assim

Em 23 de junho, usando as minhas observações e aquelas obtidas por Cristóvão, calculei uma

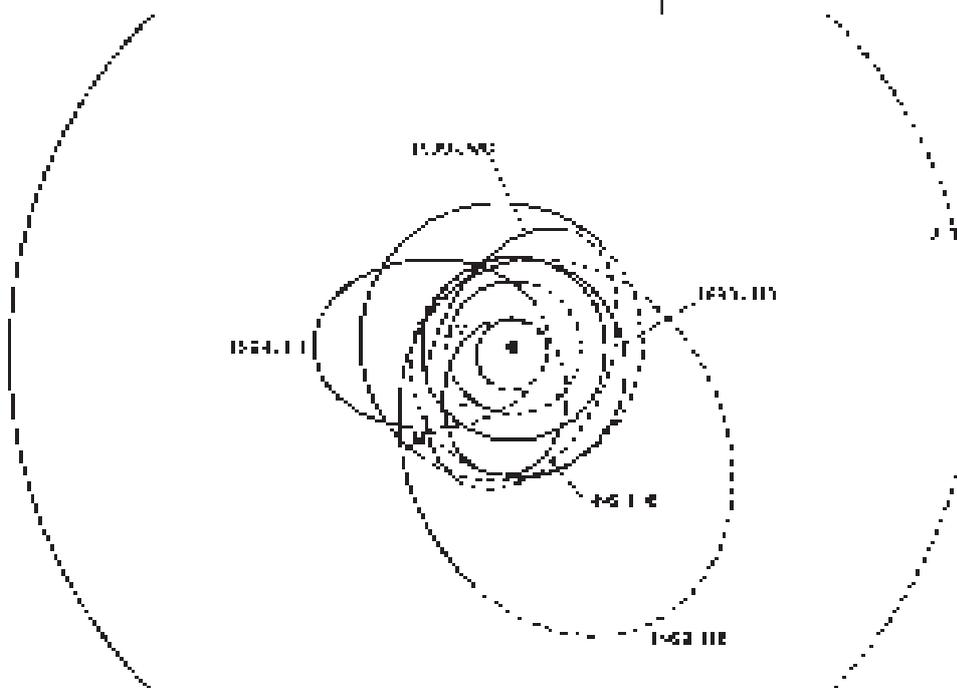


FIG. 3: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em maio de 1999. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de maio de 1999.

primeira aproximação da órbita de C49538, e enviei o resultado para Cristóvão:

Nas minhas imagens, que foram boas, ele me pareceu asteroidal. Mas a órbita parece ser similar a [de] um cometa retrógrado de período intermediário (à la Halley ou Tempel-Tuttle), de 31 anos:

```
C49538
Epoch 1999 June 11.0 TT = JDT 2451340.5
M 354.28183 (2000.0) P Q
n 0.03164103 Peri. 109.49241 -0.94263212 -0.12968891
a 9.9000111 Node 295.89958 -0.20783747 0.94907843
e 0.7743883 Incl. 160.00376 0.26124370 0.28710786
P 31.15 H 14.6 G 0.15 q 2.2335583
From 9 observations 1999 Jun. 10-20; RMS error 1.001
arcseconds
```

Uma órbita parabólica tem um erro RMS de 1.8", assim a solução acima parece superior. Se for um asteroide, parece razoavelmente grande, 3-7 km.

De toda a experiência anterior com objetos com órbitas retrógradas, C49538 deveria ser um cometa (ativo ou não). Mas se não for possível detectar uma coma, poderia receber uma designação asteroidal e tornar-se o primeiro "asteroide" retrógrado.

Dois dias depois, o suspense foi desfeito quando o Minor Planet Center publicou a MPEC 1999-M28: um grande número de estações tinha observado C49538 (agora oficialmente designado como 1999 LD31), incluindo um telescópio de 1.82 m no Dominion Astrophysical Observatory, mas nenhum tinha detectado qualquer atividade cometária! A distância calculada entre o objeto e a Terra era cerca de 2 UA, de modo que ele deveria apresentar uma coma caso contivesse materiais voláteis. Assim, 1999 LD31 foi classificado como o primeiro asteroide retrógrado a ser descoberto em quase 200 anos de observação dos asteroides.

De maneira surpreendente, no mesmo dia foi publicada a MPEC 1999-M29, anunciando a descoberta de 1999 LE31, outro asteroide com órbita retrógrada! Este objeto foi encontrado pelo projeto LINEAR em 12 de junho, apenas 4 dias depois da descoberta de 1999 LD31. O objeto foi também confirmado por várias estações (incluindo o

Observatório Wykrota em 20 de junho), e novamente nenhuma atividade cometária foi detectada; o objeto estava então a cerca de 3.6 UA da Terra.

As órbitas destes objetos (Fig. 4) lembram aquelas de cometas periódicos: 1999 LD31 tem um período de 120 anos, inclinação de 160 graus, excentricidade 0.90, e periélio a 2.37 UA do Sol, enquanto que 1999 LE31 tem um período de 22.9 anos, inclinação de 152 graus, excentricidade 0.47, e periélio a 4.31 UA do Sol. Seus diâmetros são comparativamente grandes em comparação com a maioria dos NEOs descobertos atualmente: entre 4 e 9 km para 1999 LD31 e entre 8 e 19 km para 1999 LE31.

A explicação mais óbvia para a origem destes dois objetos seria considerar que são cometas extintos, que perderam todo o seu material volátil. Entretanto, Alan Harris (JPL) argumentou que, devido às perturbações planetárias, cometas não permaneceriam tempo suficientemente nas órbitas retrógradas observadas para permitir a exaustão de seu material volátil. Assim, estes objetos teriam de ser asteroidais desde sua origem. O mecanismo proposto por Harris para conduzi-los às suas órbitas presentes é o mesmo usado para explicar a origem dos cometas de longo período: após a formação do sistema solar, alguns asteroides teriam sido ejetados (em encontros com planetas) para a nuvem de Oort, e posteriormente teriam sido perturbados, adotando órbitas progressivamente mais curtas, que passam pela região ocupada pelos planetas. Neste processo de retorno da nuvem de Oort, tanto órbitas diretas quanto retrógradas são igualmente prováveis, o que parece consistente com o fato de conhecermos alguns poucos asteroides com órbitas

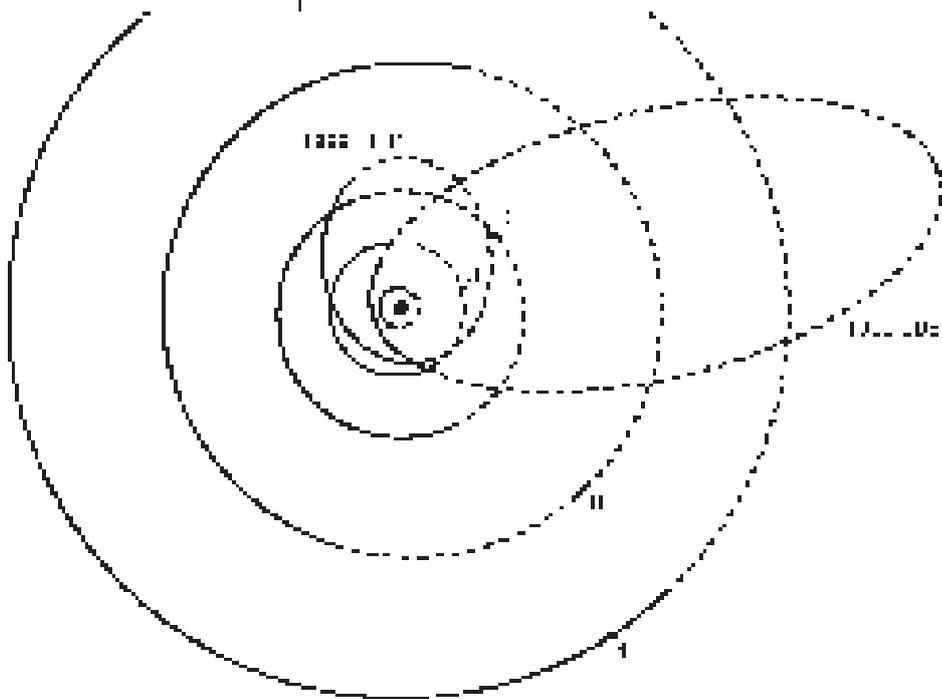


FIG. 4: Órbitas dos dois asteroides retrógrados descobertos em junho de 1999. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de junho de 1999.

diretas similares às de cometas (1996 PW, 1997 MD10, Hidalgo, Damocles, etc.). Se este cenário for correto, estaríamos observando uma fase relativamente breve da evolução das órbitas de 1999 LD31 e 1999 LE31, antes que sejam perturbados para órbitas bastante diferentes.

Outros objetos interessantes que observei em junho foram:

- **C/1999 L3 (LINEAR)**, um cometa de longo período com periélio a 2.1 UA do Sol, e inclinação de 166 graus. Este objeto foi confirmado por estações no Brasil (Valinhos, Wykrota) e Austrália (Woomera, Reedy Creek).

- **1999 LT7** (Fig. 5), um objeto Aten com diâmetro estimado entre 300 e 700 m. Este objeto foi confirmado menos de 24 horas após sua descoberta pelo projeto LINEAR em 9 de junho.

No mesmo período, a equipe do Observatório Wykrota também observou alguns objetos interessantes:

- **C/1999 L2 (LINEAR)**, um cometa de longo período com periélio a 1.9 UA do Sol, e inclinação de 44 graus.

- **P/1999 J5 (LINEAR)**, um cometa de curto período (9.5 anos), inicialmente considerado como um asteroide após sua descoberta em 12 de maio (quando passava pelo periélio).

- **1999 FN53** (Fig. 5), um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 550 e 1200 m. Este objeto foi passado a 0.06 UA da Terra em 12 de maio, durante sua conjunção com o Sol.

Em 22 de junho, o eixo do motor que movimenta o teto deslizante do prédio que abriga o meu telescópio em Valinhos se partiu durante o fechamento, o que impediu as observações por várias semanas. Em julho, após um longo processo burocrático, a nova montagem robótica chegou ao observatório em Valinhos, e as observações com o telescópio de 20 cm tiveram de ser interrompidas para que todo o tempo e energia fossem dedicados à instalação do novo equipamento (neste processo,

foi providencial a colaboração de Marcelo Breganhola). Inicialmente, um telescópio newtoniano de 32 cm, doado pelo caçador de supernovas Michael Schwartz, foi usado com a montagem robótica. Em agosto, percebemos que havia alguns bugs no programa de controle da montagem, associados com seu uso no hemisfério sul. Como somente duas outras montagens idênticas tinham sido enviadas muito recentemente para o hemisfério sul, parecia provável que a operação ao sul do equador não tinha sido suficientemente testada. Cerca de dois meses foram perdidos realizando de testes exaustivos para determinar quais eram exatamente os problemas com o programa, e aguardando que o fabricante da montagem corrigisse os problemas. Finalmente, em outubro, os bugs foram resolvidos, e, após modelar os erros de pontaria da montagem, foi possível começar a utilizá-la.

Entretanto, os fortes ventos que ocorrem em Valinhos em quase todas as noites limpas tornavam virtualmente impossível observar com o novo sistema. Ainda assim, algumas observações de NEOs foram obtidas durante uma rara noite de ventos fracos em novembro. Estes problemas com o vento foram em boa parte resolvidos em janeiro de 2000, após a substituição do telescópio newtoniano por um Schmidt-Cassegrain de 36 cm gentilmente emprestado por Carlos Colesanti, a instalação de um quebra-vento em torno do telescópio, e a realização de algumas regulagens no mecanismo da montagem robótica. As primeiras observações de asteroides com o novo telescópio foram realizadas sob alguma neblina na noite de 28 de janeiro.

Mas voltemos ao inverno de 1999. Desde maio, eu vinha planejando utilizar um raro período ocioso do telescópio robótico de 36 cm de Michael

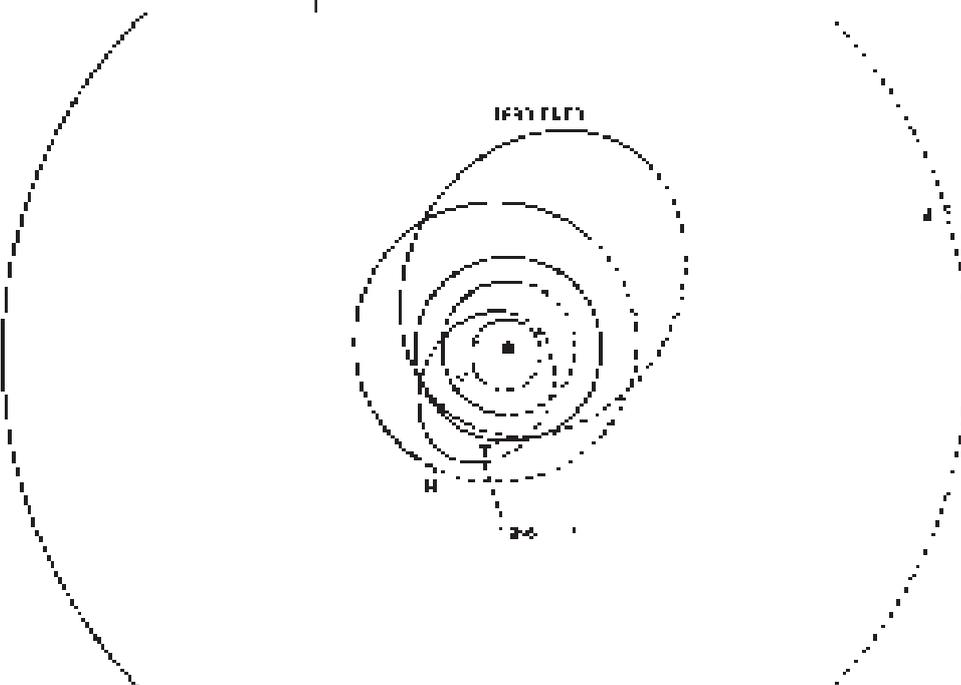


FIG. 5: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em junho de 1999. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de junho de 1999.

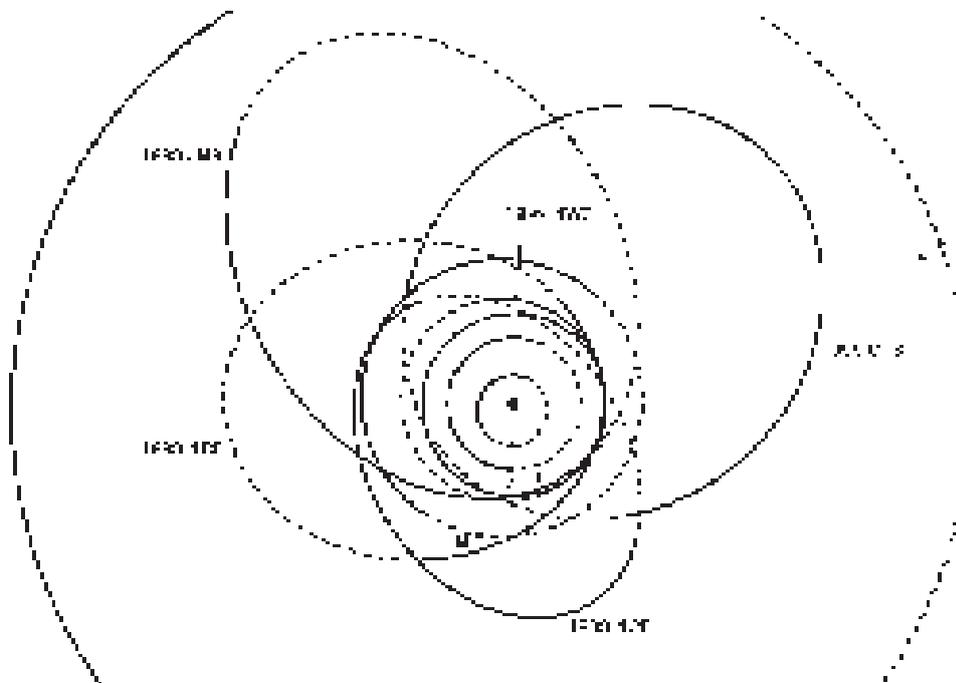


FIG. 6: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em julho de 1999. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de julho de 1999.

Schwartz, em Cottage Grove, Oregon. Este sistema é idêntico ao que está agora instalado em Valinhos, exceto pela câmera CCD, que é bem mais sensível do que a minha ST-7). Boa parte do mês de julho foi gasta escrevendo novos programas que permitissem dividir o tempo de um telescópio robótico entre um grande número de alvos, geralmente asteróides e cometas, de modo a satisfazer várias condições. Por exemplo, nenhum alvo deveria ser observado perto demais do horizonte, a duração das exposições deveria ser ajustada de acordo com a taxa de movimento aparente do alvo, e o intervalo entre as exposições de um mesmo alvo deveria ser ajustado de modo que este se mova uma distância perceptível, mas não grande demais, entre uma exposição e a seguinte. Aproveitando rotinas pertencentes ao programa de domínio público OrbFit, outro programa foi escrito para calcular efemérides topocêntricas dos vários alvos, e gerar scripts para execução pelo telescópio. Durante a passagem de NEOs a curta distância da Terra, é importante levar em conta as perturbações planetárias e a distância finita entre a estação de observação e o centro da Terra, a fim de evitar que o erro das efemérides se torne maior do que a largura do campo da câmera CCD que se utiliza. Nestes casos, é igualmente necessário ser capaz de calcular precisamente o tempo gasto pelo telescópio robótico para mover-se entre dois pontos do céu, de modo que o telescópio não chegue muito atrasado ou adiantado à posição calculada do alvo.

Outros programas foram ainda escritos para permitir o processamento e catalogação automáticos das imagens geradas pelo telescópio robótico.

Ainda em julho, um novo programa veio juntar-se aos discutidos acima, abrindo novas

possibilidades de aumento de eficiência das observações. Um programa de detecção automática de asteróides tinha acabado de ser desenvolvido por Robert Denny (Mesa, Arizona), que procurava voluntários para testá-lo. Cristóvão Jacques alertou-me para esta oportunidade, e ambos recebemos cópias do programa para teste. Meus testes em julho, com imagens de arquivo obtidas em Valinhos, não foram muito animadores, mas os bugs do programa foram gradualmente encontrados e o desempenho lentamente melhorou. Na segunda quinzena de julho, com a lua cheia aproximando-se, meus

novos programas estavam finalmente funcionando, e havia somente alguns dias para testá-los empregando o telescópio de Michael Schwartz (que viajaria logo em seguida). Rapidamente obtive elementos orbitais e efemérides para algumas centenas de alvos observáveis, gerei scripts para a obtenção de cerca de 200 imagens de cerca de 60 objetos em apenas uma noite curta de verão (a 43 graus de latitude norte). Os scripts foram recebidos ao cair da noite em Oregon, e prontamente executados; no dia seguinte, Schwartz enviou-me por e-mail as imagens obtidas. Uma rápida inspeção dos dados mostrou que o novo software tinha funcionado muito bem, na primeira tentativa. As observações continuaram por mais três noites, mas não foi possível analisar todos os dados imediatamente devido à chegada da montagem robótica a Valinhos e ao início do semestre letivo na Unicamp. Os objetos mais interessantes que observei neste período foram:

- **C/1999 J2 (Skiff)**, um cometa de longo período descoberto pelo projeto LONEOS, cuja distância do periélio (7.1 UA) excedeu a de todos os outros cometas conhecidos na época da descoberta, com exceção de 95P/Chiron ($q=8.45$ UA). O cometa C/2000 A1, descoberto há pouco, tem seu periélio a 9.8 UA do Sol, excedendo todos os recordes anteriores. C/1999 J2 é um cometa bastante ativo, pois era comparativamente brilhante (mag. 15) a cerca de 7 UA da Terra.

- **1999 JM8** (Fig. 6), um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 3 e 6 km (um dos maiores asteróides potencialmente perigosos). Este objeto foi observado em 23 de julho, uma semana antes que

passasse a 0.057 UA da Terra. 1999 JM8 atingiu mag. 14.4, e imagens de radar de sua superfície foram obtidas por um grupo de pesquisadores do JPL.

- **1999 NW2** (Fig. 6), um objeto Apollo com diâmetro estimado entre 60 e 140 m, descoberto pelo projeto LINEAR em 13 de julho apenas 2 dias antes de sua passagem a 0.017 UA da Terra. Seu brilho atingiu mag. 15 (comparativamente muito brilhante). A órbita deste objeto lembra grosseiramente a órbita terrestre ($a=1.12$ UA, $e=0.11$, $i=8.7$ graus). Este objeto foi também observado pela equipe do Observatório Wykrota.

- **1999 NB5** (Fig. 6), um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 150 e 350 m. Este objeto foi descoberto pelo projeto LINEAR em 13 de julho a 0.2 UA da Terra, e passou a 0.09 UA da Terra no início de agosto.

- **1999 NC5** (Fig. 6), um objeto Amor com diâmetro estimado entre 1 e 3 km, encontrado pelo projeto LINEAR a cerca de 1.3 UA da Terra (e confirmado pela equipe do Observatório Wykrota). Sua órbita é altamente inclinada (45.7 graus).

- **C/1999 N4 (LINEAR)**, outro cometa com grande distância do periélio (5.5 UA) e órbita retrógrada ($i=157$ graus).

- **1999 OP3** (Fig. 6), um objeto Amor com diâmetro estimado entre 4 e 8 km, relativamente grande, encontrado pelo projeto LINEAR a cerca de 1.4 UA da Terra (e confirmado pela equipe do Observatório Wykrota). Sua órbita tem uma inclinação de 27 graus e um periélio situado a 1.05 UA do Sol.

Enquanto isto, a equipe do Observatório Wykrota confirmou o cometa C/1999 N2 (Lynn), descoberto visualmente na Austrália (periélio a 0.76 UA do Sol, $i=112$ graus), e observou dois raros objetos Aten:

- **1999 HF1** (Fig. 7), com diâmetro estimado entre 3 e 7 km (provavelmente o maior objeto Aten conhecido). Este objeto tem um período de 0.74 anos e uma inclinação orbital de 25 graus.

- **1999 MN** (Fig. 7), classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 140 e 300 m. Este objeto foi encontrado pelo Catalina Sky Survey em 22 de junho, e sua

órbita tem um dos períodos mais curtos entre todos os asteróides (0.55 anos). Seu afélio está situado a 1.12 UA do Sol, não muito além da órbita da Terra; devido a dificuldades observacionais, não são conhecidos asteróides com afélio no interior da órbita da Terra. O objeto passou a 0.065 UA da Terra em 7 de julho.

Em agosto, a equipe do Observatório Wykrota obteve três novas designações de asteróides.

Em setembro, surgiu novamente a oportunidade de observar asteróides e cometas com o telescópio robótico de Michael Schwartz. Esta campanha de observações se estendeu de 10 a 28 de setembro, e apenas 4 noites foram perdidas devido ao mau tempo ou outros problemas. Durante este período, foi possível confirmar todos os objetos reais listados na NEOCP, e acompanhar frequentemente a maioria dos NEOs mais brilhantes do que mag. 19.5, visíveis das latitudes médias do hemisfério norte. Muitos asteróides recentemente descobertos no cinturão principal foram também observados; de fato, frequentemente faltava tempo para coletar dados orbitais de um número suficiente de alvos para inclusão na sessão seguinte, o que resultou em alguns objetos serem observados mais frequentemente do que o necessário! A campanha de setembro também foi muito útil para refinar a modelagem do tempo necessário para que o telescópio se mova de um ponto a outro do céu, e para detectar os últimos bugs no programa de detecção automática de Robert Denny. Ao todo, foram obtidas cerca de 2400 imagens, das quais foram extraídas 1364 medidas posicionais de asteróides e cometas. Infelizmente, o programa de detecção automática ainda

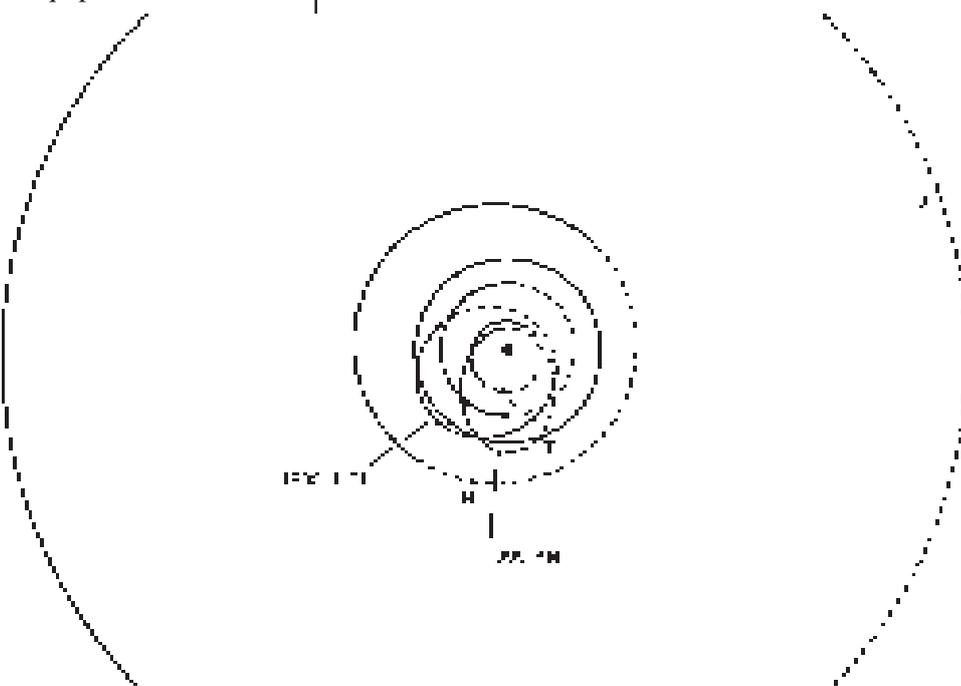


FIG. 7: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em julho de 1999 (continuação). Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de julho de 1999.

não estava completamente calibrado em setembro, e eu precisava dividir meu tempo entre o planejamento e a redução das observações, e minhas turmas de cálculo na Unicamp. Assim, somente as observações de objetos mais urgentes ou interessantes puderam ser submetidas rapidamente ao MPC, e o restante somente foi submetido na primeira quinzena de janeiro de 2000. Uma consequência disto foi a perda do crédito por várias descobertas em potencial; apesar do campo de visão ser pequeno (10.6 minutos de arco), vários objetos novos foram encontrados em campos centrados em alvos conhecidos. Entretanto, como um longo tempo se passou até a redução final dos dados, estes objetos ou tinham se perdido ou já tinham sido descobertos por outros observadores. O caso mais interessante envolveu um campo centrado em um NEO descoberto havia pouco, no qual dois outros asteróides foram detectados automaticamente e um terceiro detectado visualmente (é muito raro encontrar-se tantos objetos em uma área tão pequena). Nenhum destes três últimos objetos era conhecido à época das observações, mas dois deles foram descobertos por outros ao longo do mês de setembro, enquanto que o outro se perdeu. Somente foi possível receber o crédito pela descoberta de um asteróide, 1999 RH45, que foi notado a tempo e pode ser observado em uma segunda noite. Esta foi a primeira vez em que descobri um asteróide através de um algoritmo de detecção automática. Os objetos mais interessantes que observei em setembro foram:

- **1998 RO1** (Fig. 8), um objeto Aten com diâmetro estimado entre 700 e 1500 m, cujo período (0.99 ano) é muito similar ao da Terra. Este objeto foi redescoberto independentemente no final de setembro,

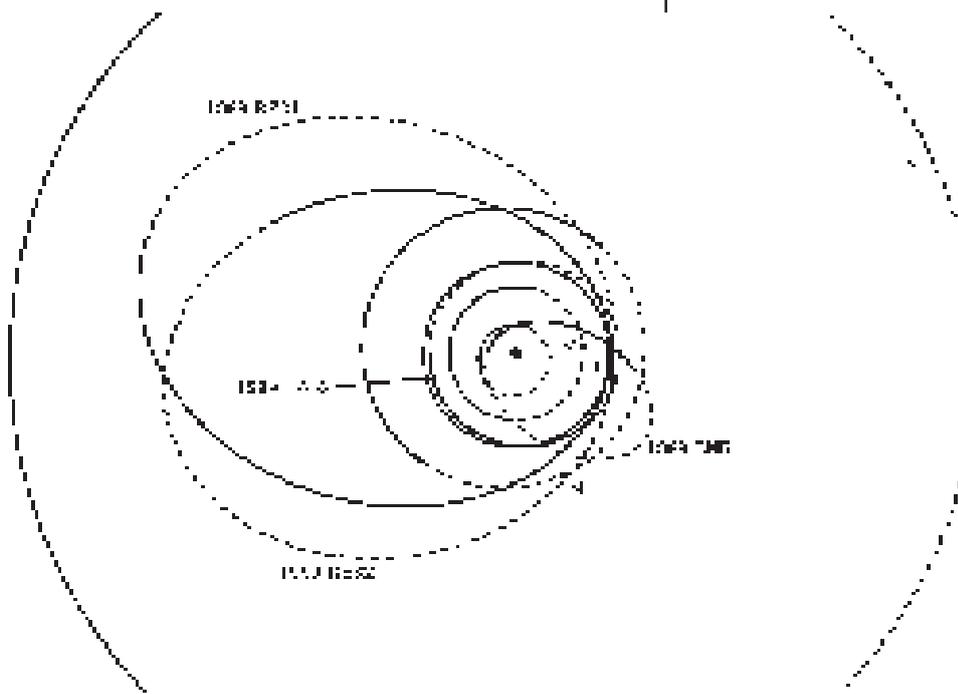


FIG. 8: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em setembro de 1999. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de setembro de 1999.

tendo recebido a designação 1999 SN5; três observadores, incluindo Cristóvão Jacques, rapidamente perceberam a identidade entre os dois objetos.

- **P/1999 RO28 (LONEOS)**, um cometa de curto período (6.5 anos), encontrado perto de seu periélio a apenas 0.26 UA da Terra. Este objeto tem um brilho intrínseco bastante fraco, pois mesmo a esta curta distância somente atingiu mag. 18.5.

- **1999 RZ31** (Fig. 8), um objeto Amor com diâmetro estimado entre 45 e 105 m. Este objeto foi encontrado pelo projeto LINEAR em 7 de setembro, 2 dias depois de ter passado a 0.022 UA da Terra.

- **1999 RA32** (Fig. 8), um objeto Apollo com diâmetro estimado entre 140 e 300 m, cuja órbita é notavelmente similar à da Terra ($a=1.03$ UA, $e=0.09$, $i=10.5$ graus). Este objeto foi descoberto pelo projeto LINEAR em 8 de setembro.

- **1999 RB32** (Fig. 8), um objeto Amor classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 280 e 630 m. Este objeto foi descoberto pelo projeto LINEAR em 8 de setembro, 2 dias antes de passar a 0.076 UA da Terra.

- **1999 RG33** (Fig. 9), um objeto com diâmetro estimado entre 10 e 22 km (bastante grande em comparação com a maioria das descobertas atuais de asteróides), cuja órbita lembra a de um cometa periódico (período = 30 anos, periélio a 2.2 UA do Sol, $i = 35$ graus). Este objeto foi descoberto pelo Catalina Sky Survey em 4 de setembro, e confirmado no Observatório Wykrota e outras estações.

- **1999 RJ33** (Fig. 10), um objeto Amor com diâmetro estimado entre 100 e 220 m, encontrado pelo projeto LINEAR em 9 de setembro durante sua máxima aproximação da Terra (0.034 UA).

- **1999 RK33** (Fig. 10), um objeto Amor com diâmetro estimado entre 100 e 220 m. Este objeto foi encontrado em 9 de setembro pelo projeto LINEAR, e passou a 0.04 UA da Terra em 20 de setembro. Apesar de sua órbita passar a menos de 0.05 UA da órbita terrestre, este objeto não é considerado um asteróide potencialmente perigoso devido ao seu pequeno tamanho.

- **1999 RQ36** (Fig. 10), um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 170 e 370 m. Este objeto foi descoberto pelo projeto

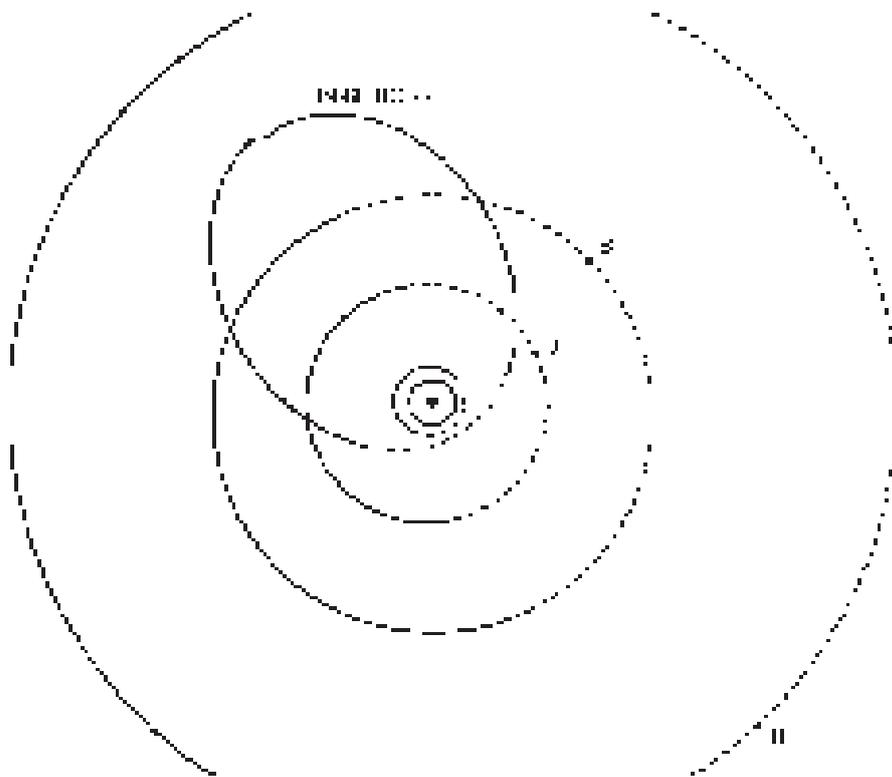


FIG. 9: Órbita de 1999 RG33, um asteroide com órbita tipicamente cometária. Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de setembro de 1999.

LINEAR em 11 de setembro, próximo à extremidade sul de sua região de busca (decl. -27 graus), e atingiu mag. 14.5. Sua órbita é grosseiramente similar à da Terra ($a=1.13$ UA, $e=0.21$, $i=6.0$ graus); o objeto passou a 0.015 UA da Terra em 23 de setembro. Em 18 de setembro, planejei uma campanha de observações fotométricas de 1999 RQ36, com o auxílio de Petr Pravec e Lenka Sarounova (Ondrejov), tentando aproveitar sua posição favorável para observadores do hemisfério sul até cerca de 22 de setembro. Havia então a esperança de determinar seu período de rotação, o que complementaria as observações com radar sendo planejadas pelo grupo de Steven Ostro (JPL). Em 1998, o asteroide 1998 KY26, com apenas 40 m de diâmetro e uma órbita similar à de 1999 RQ36, passou pela Terra, e a determinação de seu período forneceu o valor mais baixo entre todos os asteroides conhecidos (10 min). Esperava-se que 1999 RQ36 pudesse ter também um período de rotação muito curto, o que levou à necessidade de observá-lo por horas seguidas, a intervalos da ordem de um minuto. A equipe do Observatório Wykrota obteve algumas centenas de imagens do objeto, as quais foram rapidamente enviadas para Ondrejov para redução. Infelizmente, houve alguns problemas com a calibração das imagens, e as variações de brilho do objeto eram provavelmente pequenas demais para serem claramente detectadas. O período de rotação de 1999 RQ36 permaneceu desconhecido.

Ironicamente, não muito tempo depois, em 3 de outubro, o Catalina Sky Survey descobriu outro objeto (1999 TY2), com diâmetro estimado entre 55 e

130 m, a cerca de 0.05 UA da Terra, cujas flutuações de brilho eram muito mais facilmente detectáveis (0.6 mag.), o que permitiu aos observadores de Ondrejov determinarem um período de rotação de apenas 7.2 min, que é ainda mais curto que o de 1998 KY26.

- **1999**

RM45 (Fig. 10), um objeto Apollo classificado como potencialmente perigoso, com diâmetro estimado entre 300 e 650 m.

- **C/1999 S3**

(**LINEAR**), um cometa periódico ($P=80.2$ anos), que atingiu mag. 13. Seu periélio está situado a 1.9 UA do Sol, e sua inclinação orbital é de 70 graus.

Em outubro,

a equipe do Observatório

Wykrota confirmou o cometa C/1999 T1 (McNaught-Hartley), descoberto a 5.3 UA do Sol, e mais de um ano antes de sua passagem pelo periélio a 1.15 UA do Sol, e também confirmou 1999 SF10 (Fig. 10), um objeto Apollo com diâmetro estimado entre 35 e 75 m. Este objeto foi descoberto pelo projeto LINEAR em 30 de setembro, e passou a apenas 0.008 UA da Terra em 13 de outubro.

Em conclusão, o ano de 1999 foi o mais produtivo até o presente, tanto em número de descobertas quanto de observações de acompanhamento astrométrico. Esta grande atividade permitiu que, além do grande número de objetos encontrados no cinturão principal, fossem também encontrados objetos de classes bastante raras, como os asteroides retrógrados 1999 LD31 e 1999 LE31. A julgar pelo número de descobertas ocorridas no mês de janeiro deste ano, temos todas as razões para acreditar que 2000 será ainda mais interessante!

Paulo R. Holvorcem

holvorcem@mpc.com.br

<http://www.ime.unicamp.br/~holvorce/astro/astro1.html>

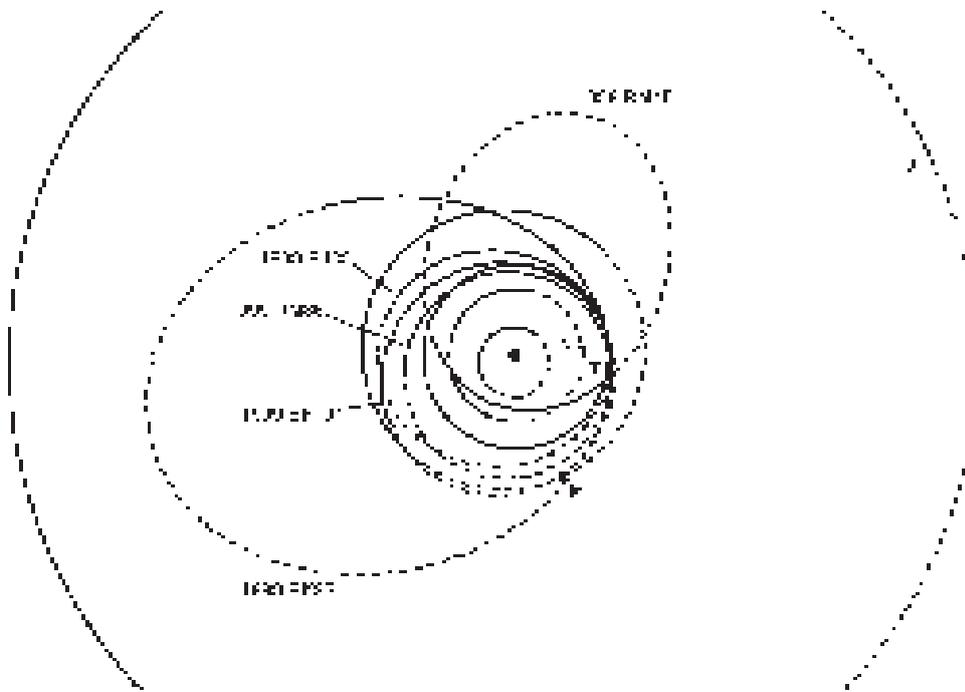


FIG. 10: Órbitas dos NEOs mais interessantes observados em setembro de 1999 (continuação). Os planetas são mostrados em suas posições em 14 de setembro de 1999.