

# Estratégias de colimação: o método de Yuri



Guilherme de Almeida  
[g.almeida@vizzavi.pt](mailto:g.almeida@vizzavi.pt)

## 1. Natureza do problema

Colimar um telescópio, seja qual for a sua configuração óptica, é um procedimento de aproximações sucessivas, tendo por objectivos:

- anular a coma no eixo óptico;
- garantir que a condição anterior se verifica nas posições intrafocal e extrafocal;
- fazer coincidir o centro do campo de iluminação total, no plano focal, com o centro do campo da ocular, ou do dispositivo de registo (CCD, película fotográfica, etc.).

“Anular a coma” significa proceder de modo a conseguir que a imagem de uma fonte luminosa pontual, por exemplo de uma estrela, natural ou artificial, quando ligeiramente desfocada, mostre todos os anéis de difracção concêntricos e regulares. Qualquer avaliação do estado da colimação exige que a imagem estelar seja avaliada *apenas* quando está situada no centro do campo da ocular.

A colimação de um telescópio é simples desde que só haja um único componente óptico a otimizar: corrige-se a posição e a inclinação desse componente, de modo a cumprir a condição a), utilizando em geral uma estrela, natural ou artificial. Se todos os restantes componentes ópticos do telescópio já estiverem colimados, isso garante o cumprimento dos pressupostos b) e c).

No entanto, a colimação de um sistema em que há mais de um componente a colimar pode revelar-se trabalhosa e frustrante, pois o ajuste de um componente repercute-se por vezes no ajuste dos restantes. A colimação global pode convergir para uma situação praticamente óptima, ou degradar-se até ficar fora do controlo do observador. De facto, alinhar um componente em função de outro leva muitas vezes a desalinhamentos que podem ser problemáticos, a não ser que o observador seja metódico e cuidadoso.

Seria muito desejável encontrar uma forma de colimar independentemente (e com rigor adequado) um dos componentes ópticos do telescópio, de tal modo que o utilizador só tivesse de se preocupar com a colimação do elemento ainda não colimado, fazendo-a então cuidadosamente. Ao longo deste artigo veremos como é que se pode resolver esse problema.

## 2. O vector de coma e as estratégias de decisão

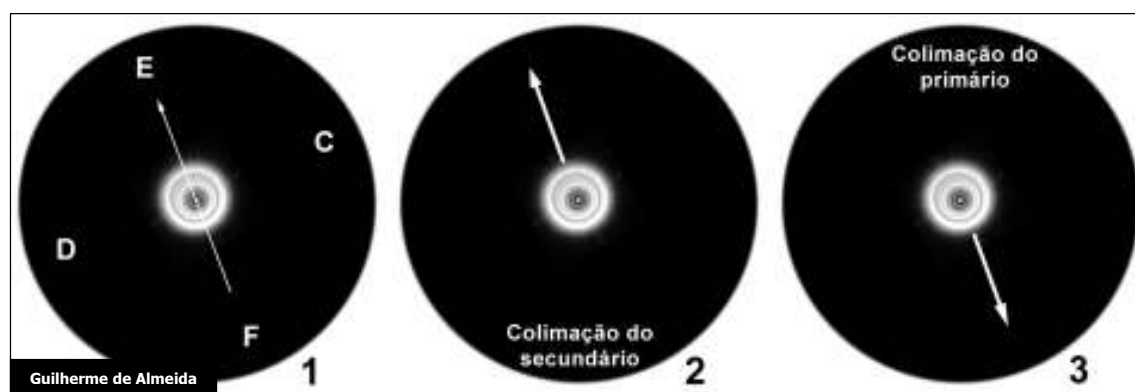
Seja qual for o tipo de telescópio que pretendemos colimar, devemos começar sempre por identificar o “vector de coma”, ou “eixo de coma” evidenciado na Fig. 1(1), cuja direcção é a da descentragem da sombra do secundário. É *apenas nesta direcção*, e só nesta, que a imagem se deve mover pela actuação nos parafusos de colimação. Nesta figura o vector de coma está orientado arbitrariamente no sentido que aponta para a “cauda da figura de coma”. A metodologia eficaz de colimação consiste em actuar nos parafusos de colimação de modo a mover a imagem *ao longo desta*

*recta [EF], no sentido conveniente.* Mas note-se que, nesta mesma direcção, o “sentido conveniente” é diferente consoante estejamos a colimar o primário ou o secundário de um telescópio em que ambos os espelhos têm curvatura: Cassegrain (nas suas diversas variantes) e Maksutov-Cassegrain). É completamente inútil, nas condições desta figura 1(1), mover a imagem no sentido de C ou de D. Nos telescópios Schmidt-Cassegrain o utilizador só pode colimar o secundário.

### 3. Procedimentos clássicos

Vamos agora concentrar-nos nos telescópios de Cassegrain (nas suas diversas variantes), Maksutov-Cassegrain e Schmidt-Cassegrain.

No caso dos telescópios Schmidt-Cassegrain, o espelho primário é colimado permanentemente na fábrica; o secundário está centrado de origem e tudo o que o observador tem a fazer é garantir o anterior pressuposto a) da parte 1 deste artigo, actuando unicamente no espelho secundário como indicado na Fig. 1(2). Dado que o primário é colimado na origem, a colimação do secundário pode fazer-se indiferentemente quer na posição desfocada intrafocal quer na extrafocal.



**Fig. 1.** Metodologia da colimação no caso de um telescópio Maksutov-Cassegrain, em que o primário e o secundário são ambos colimáveis. **1** – identificação do vector de coma: a descentragem da sombra do secundário ocorre na direcção da recta que passa por E e F, no sentido de E para F (o sentido do vector de coma foi arbitrariamente marcado apontando da “cabeça para a cauda” da figura de coma); **2** – sentido em que se deve mover a imagem (mediante os parafusos de colimação), no caso da colimação do secundário; **3** – sentido em que se deve mover a imagem (mediante os parafusos de colimação), no caso da colimação do primário. Os esquemas 1 e 2 são também aplicáveis aos telescópios Schmidt-Cassegrain.

Em geral, para um instrumento de abertura  $D$  (em milímetros), começa-se com uma amplificação  $D$ , depois  $2D$  e se possível conclui-se com  $3D$ , com níveis de desfocagem cada vez menores até culminar, se a turbulência atmosférica for suficientemente baixa, no retoque final sobre a imagem focada, que consiste em eliminar a coma mediante ajustes no secundário que levam o primeiro anel de difracção (que rodeia o disco de Airy) a mostrar-se em toda a volta desse disco, com espessura e brilho uniformes. No caso da *imagem focada*, os parafusos de colimação do secundário devem ser rodados pequenas fracções de volta (menos de 1/8 de volta), deslocando a imagem desta vez no sentido da fracção do anel brilhante visível (ou seja, no sentido contrário ao da parte obscurecida do anel, se este não for uniforme). No final, os parafusos devem ficar moderadamente e uniformemente apertados. Se estes requisitos se vão manter durante muito tempo ou se a colimação fina se vai desregular a curto prazo, isso já depende de considerações mecânicas fora do âmbito deste artigo.

Em muitos dos telescópios Maksutov-Cassegrain, o primário e o secundário são ambos colimáveis. Como foi referido, a colimação de um sistema em que há mais de um componente a colimar revela-se mais trabalhosa, dado que o ajuste de um componente repercute-se por vezes no ajuste dos restantes. A colimação pode convergir, para uma situação praticamente óptima, ou degradar-se até ficar fora do controlo do observador. É este o caso dos telescópios Maksutov-Cassegrain com os dois espelhos colimáveis, e também o caso dos telescópios Cassegrain nas suas diversas variantes.

De acordo com o procedimento clássico, na colimação utilizando uma estrela, começa-se por identificar a direcção do vector de coma [Fig. 1(1)] na imagem ligeiramente desfocada extrafocal. Depois, observando a imagem desfocada extrafocal, elimina-se a coma actuando nos parafusos de

colimação do secundário [Fig. 1(2)]. Em seguida observa-se a imagem desfocada intrafocal e elimina-se a coma actuando na colimação do espelho primário [Fig. 1(3)]. Repete-se este ciclo umas três ou quatro três vezes, com ampliações sucessivamente maiores e desfocagens gradualmente menores, e a colimação está feita. Neste modo de trabalhar, para cada sentido da desfocagem (seja intrafocal ou seja extrafocal) tem de se actuar *nua colimação de um dado espelho e sempre nesse*. Mas é preciso ser metódico e nunca baralhar as coisas, mexendo no primário quando deveria ser no secundário, ou vice-versa. Por exemplo, se começámos por usar a imagem intrafocal para colimar o primário, não vamos a meio da operação usar essa mesma posição intrafocal para colimar o secundário. Nesses casos afastamo-nos irremediavelmente da boa colimação pretendida, o que pode ser frustrante. Esses enganos são muito fáceis de ocorrer, por isso há que ser metucioso (também se pode colimar o primário observando a estrela na posição extrafocal e o secundário na intrafocal, mas então tem de se *manter este critério ao longo de todo o procedimento*, sem nunca trocar a sequência de ajuste dos espelhos).

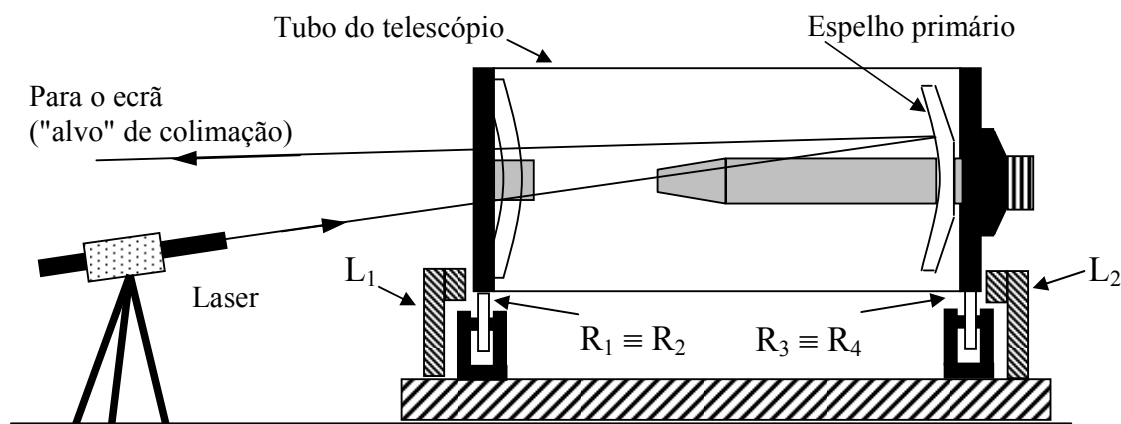
Se o primário já estiver devidamente colimado, a obtenção de uma imagem extrafocal concêntrica (recorrendo à colimação do secundário) garante que a imagem extrafocal estará também concêntrica. Isto significa que, *em presença de um primário bem colimado*, a colimação do secundário pode fazer-se indiferentemente na posição intrafocal ou na posição extrafocal.

Seria uma grande vantagem poder garantir a colimação independente de um dos componentes, para depois só termos de nos preocupar com um único componente. Havendo a certeza de que um dos elementos ópticos está muito bem colimado, torna-se tudo muito mais fácil. É esse o objectivo do presente artigo.

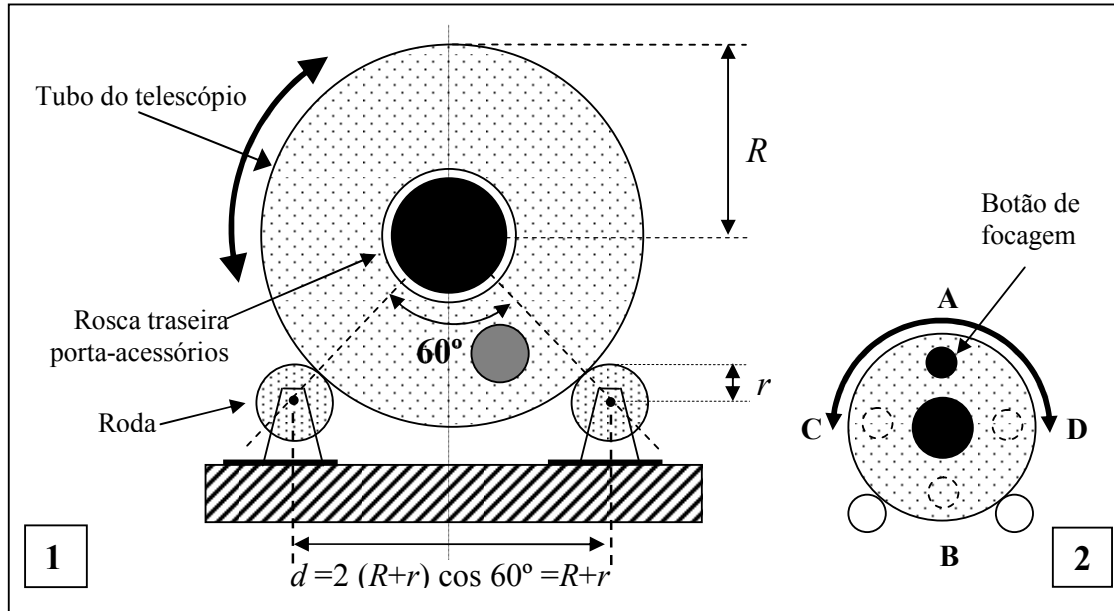
#### 4. O método de Yuri

O método que se descreve seguidamente foi-me sugerido há cerca de 7 anos por Yuri Petrunin, presidente da TEC (*Technical Engineering Telescopes*). O autor (inventor) original da ideia pode não ser conhecido, mas designarei este dispositivo como "sistema de Yuri" por ter sido através de Yuri Petrunin que a ideia me chegou. Não reivindico a paternidade da ideia, nem a primazia da construção. Reclamo apenas a autoria *desta* realização prática específica, com as soluções originais que descreverei seguidamente. O único obstáculo à realização prática deste interessante dispositivo resulta apenas da dificuldade em obter o material adequado, capaz de atingir a precisão e qualidade finais requeridas. Por isso demorei muito tempo, desde que o Yuri me falou nisso até conseguir concretizar, na prática, o sistema. Indicarei como contornar essas dificuldades, para que os leitores não tenham de passar pelo mesmo.

O sistema de Yuri é um dispositivo de rotação do tubo óptico do telescópio em torno do seu eixo geométrico, para colimação rigorosa do espelho primário. Trata-se essencialmente de uma plataforma de rotação que permite alinhar espelhos primários com precisão (Fig. 2), utilizando como complemento um feixe laser.



**Fig. 2.** Fundamento do método de Yuri. O feixe laser (vermelho) pode ser o de um vulgar ponteiro para conferências/palestras, ou um laser de colimação clássica. Guilherme de Almeida, 2007.



**Fig. 3.** Diversos aspectos a considerar na colimação do espelho primário pelo método de Yuri. Guilherme de Almeida, 2007.

Este dispositivo permite concretizar a vantagem anteriormente referida de colimar à partida um componente óptico (o espelho primário), de forma independente e rigorosa, de modo que o observador, depois disso, apenas terá de se concentrar na colimação do outro componente (o espelho secundário). Fica assim realizado o sonho do observador-colimador de telescópios.

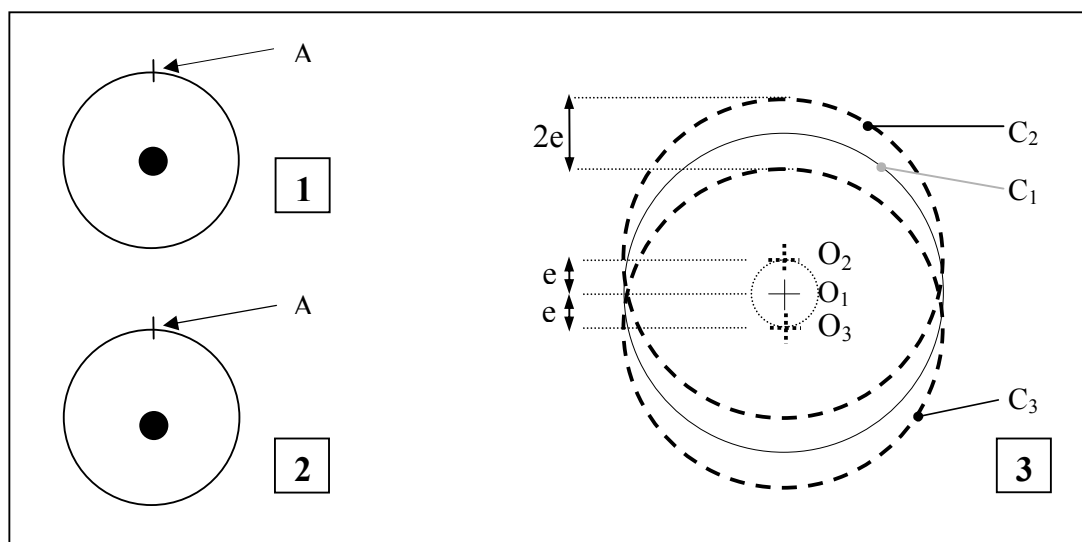
O fundamento do método de Yuri consiste em fazer rodar o tubo do telescópio, assente em quatro rodas. Para utilizar este dispositivo, o tubo do telescópio mantém-se numa posição aproximadamente horizontal. Um laser vermelho, fixado em relação ao solo é apontado para dentro do tubo, de tal maneira que o feixe luminoso atravessa o menisco corrector, atinge o primário, reflecte-se neste, e volta a sair pelo menisco corrector, sem tocar no espelho secundário. Depois disto, o feixe atinge uma parede vertical, na qual se pode colocar um "alvo" que funcionará como mira de referência. Convém que a parede esteja pelo menos a 3 metros do primário, sendo preferível utilizar distâncias maiores da ordem de 4 a 6 metros. Fazemos então rodar o tubo, assente sobre as rodas. Se o espelho primário estiver bem colimado, o ponto luminoso manter-se-á imóvel. Se o primário, estiver descolimado, mesmo que apenas ligeiramente, o ponto luminoso descreverá uma circunferência na parede. Quanto menor for o diâmetro desta circunferência, mais próximo estaremos de ter o primário bem colimado.

A ideia é actuar nos parafusos de colimação do primário de modo a tornar cada vez menor o diâmetro desta circunferência. Para isso observa-se a posição e desvio do feixe entre duas posições do tubo separadas por rotações de 180° [Fig. 2(2)] , colimando o primário de modo a mover o ponto luminoso para "o meio" das posições extremas observadas. Por isso deve corrigir-se apenas metade do erro de cada vez. Por exemplo as posições "A" e "B" corrigindo a colimação, e depois as posições "C, D" como está evidenciado na mesma figura. Quanto menos a mancha luminosa se mover na parede, melhor. O ideal seria que nem se movesse, mas é difícil detectar os deslocamentos muito pequenos (abaixo de 4mm de extremo a extremo). A sensibilidade do método é, no entanto muito grande. E, como se sabe, quando um espelho está inclinado de um ângulo  $\theta$  em relação à sua posição correcta, o feixe luminoso desvia-se  $2\theta$  em relação à posição que teria se o primário estivesse bem colimado, e este ângulo  $2\theta$  determina o *raio angular* da circunferência descrita na parede (em relação ao ponto de incidência no primário). Como a parede está muito afastada do primário, um dado desvio angular traduz-se num grande desvio linear. Convém utilizar uma mira de referência como se vê do lado direito da Fig 7, para poder detectar os pequenos desvios da mancha luminosa na parede, que podem passar despercebidos numa parede lisa e sem nenhuma marca de referência.

Este método de trabalho permite alinhar o eixo óptico do primário com o eixo mecânico do tubo, tornando-os coincidentes. Ou, o que é equivalente, garantir que o plano que contém o bordo do

primário é paralelo ao plano que contém o bordo do menisco de Maksutov. Estas duas metas são equivalentes se o espelho tiver o furo central bem centrado e se não tiver erro prismático (o erro prismático é o ângulo entre o plano que contém a face traseira do espelho e o plano que contém o bordo da sua face frontal; se não houver erro prismático, a espessura marginal do espelho será igual em toda a volta). No entanto o erro prismático residual é muito baixo nas boas realizações (inferior a um minuto de arco), e a descentragem do furo central é uma pequena fracção de milímetro.

As rodas a utilizar neste dispositivo deverão ser bem centradas e “bem redondas”. Ou seja, o bordo da roda não deverá subir e descer quando ela gira (Fig. 4). Como não existem rodas perfeitas, a distância  $2e$  indicada nesta figura não deverá exceder  $1/8$  de milímetro. Parece que estamos a exigir muito, mas pense o leitor no que acontecerá se, no pior cenário, as duas rodas da frente tocarem no tubo estando cada uma delas na “posição alta” e as duas rodas traseiras tocarem o tubo estando na “posição baixa”. Para maior precisão, as rodas da frente devem tocar o tubo no anel frontal (que contém a célula do menisco) e as rodas de trás devem tocar no anel traseiro (que contém a célula do primário). Assim a distância entre as rodas dianteiras e as traseiras será maximizada.



**Fig. 4.** Alguns aspectos ligados às características das rodas: 1 – numa roda idealmente perfeita, o centro de rotação (marcado a preto) e o centro geométrico coincidem e, por isso, o ponto A não sobe nem desce durante a rotação da roda; 2 – numa roda excêntrica, cujo eixo de rotação está desviado do centro geométrico, o ponto A sobe e desce sucessivamente enquanto a roda gira (se a roda estiver centrada, mas não for redonda, o ponto A também sobe e desce); 3 – se a roda excêntrica tiver o centro geométrico em  $O_1$  e o centro de rotação em  $O_2$ , ao rodar, o ponto  $O_2$  orbita em torno de  $O_1$  e o ponto superior da roda oscila entre duas posições extremas que distam  $2e$  entre si = duas vezes a distância entre  $O_1$  e  $O_2$ . Quando o ponto  $O_2$  passa pela posição superior (assinalada como  $O_2$ ), o contorno da roda é  $C_2$ . Quando o ponto  $O_2$  passa pela posição inferior (assinalada como  $O_3$ ), o contorno da roda é  $C_3$ . Guilherme de Almeida, 2007.

## 5. Aspectos essenciais da construção

O sistema de Yuri, embora simples no seu princípio, pode colocar alguns desafios na sua concretização, se queremos realmente fazer uma construção com a necessária precisão. Por um lado, é preciso escolher as rodas de apoio com o diâmetro adequado, em geral entre 2 cm e 3,5 cm. O espaçamento entre as rodas não é crítico, mas convirá que marque um ângulo de cerca de  $60^\circ$  em relação ao eixo do tubo do telescópio (os centros das duas rodas e o centro da secção transversal do tubo definirão um triângulo aproximadamente equilátero). As rodas deverão ter excentricidade muito pequena, e por isso convém utilizar rolamentos de esferas ou rodas de plástico, de qualidade, que rodem com base em rolamentos de esferas. Utilizando rolamentos de esferas, é preciso ter dispositivos de fixação, geralmente buchas de metal torneadas à medida dos furos centrais dos rolamentos e essas buchas deverão ser, por sua vez, fixadas a suportes aparafusados numa placa horizontal que mantém o eixo do rolamento bem fixo (estes dispositivos de fixação são muito difíceis de encontrar à venda e não são fáceis de construir com precisão).

A construção tem de ter precisão suficiente. Fazer o sistema de rodas para ficar feito e depois haver erros de 10 minutos de arco de oscilação axial, quando o tubo roda, não servirá para nada; esta precisão depende principalmente da excentricidade das rodas e da sua boa circularidade; depende ainda do facto de o tubo ser suficientemente "redondo", mas esse problema não se põe num tubo de fabrico comercial.

Há também os problemas do contacto das rodas com o tubo, pois deste contacto podem resultar danos na pintura do tubo, se as rodas forem metálicas; sem assim for, pode-se revestir a área lateral das rodas com fita-cola, numa única volta, sem sobreposição e sobretudo sem espaço significativo em falta (a espessura típica da fita-cola depende das marcas, mas mede tipicamente cerca de 0,060 mm, com excelente uniformidade).



**Fig. 5.** Aspecto global do dispositivo, vendo-se as rodas (cinzentas), os seus suportes (pretos), a calha em "U", as réguas de madeira (de elevação) e os limitadores axiais. Guilherme de Almeida (2007)



**Fig. 6.** Diferentes aspectos do dispositivo de colimação em acção. 1- parte frontal; 2- parte traseira; 3- entrada e saída do feixe no tubo (o ponto de incidência, no próprio espelho primário, não é visível nesta foto). Guilherme de Almeida (2007)

Precisei de procurar muito até encontrar rodas adequadas a este projecto. As rodas para deslocamento de móveis e cadeiras são muito excêntricas e estão longe de servir; os rolamentos de esferas são vendidos sem sistemas de fixação; os rolamentos de gavetas têm plástico na periferia, uma boa ideia, mas são demasiado pequenas, além de terem muita folga nos eixos. Depois de muito procurar, optei por rodas de deslizamento das placas envidraçadas de janelas de marquises, com cerca de 30 mm de diâmetro, já montadas em suportes de nylon preto (comprei-as no AKI). São de plástico duro e rodam sobre rolamentos. Nem todas são boas, por isso escolhi as melhores 4 num total de 20. Medei cuidadosamente a dupla excentricidade (o valor  $2e$  atrás referido), com uma craveira (também conhecida como paquímetro) sensível a 0,01 mm. Marquei também, na periferia de cada roda, a

posição correspondente ao nível mais alto [Fig. 4(3)], de modo a poder usar as rodas “em fase”, minimizando as consequências das pequenas excentricidades. Um corte oblíquo, no suporte preto das rodas, feito com “X-acto” (tirando a roda temporariamente do seu suporte) permite que o tubo não bata nas rodas. Este corte pode ser visto nas Figs. 5 e 6, do lado esquerdo.

Utilizei um “O-ring” de dimensão adequada, para funcionar como pneu, evitando assim danificar a pintura do tubo. Estes anéis têm excelente uniformidade de espessura.

Os blocos das rodas foram montados dentro de uma calha de alumínio com secção em “U”, de largura adequada (20 mm medidos pelo exterior), preenchendo-se a ligeiríssima folga com espaçadores de cartolina uniformes [Fig. 6(1)]. Esta calha foi montada sobre uma régua espessa de madeira, de modo a colocar as rodas suficientemente altas para que o tubo possa dar a volta sem que a sua pega de suporte, ou o suporte do buscador constituam obstáculos a esta rotação. Há ainda que limitar o movimento longitudinal do tubo do telescópio: as quedas do tubo de cima do berço rotativo são incomodativas, nocivas e traumatizantes; por isso estes limitadores têm de ser eficazes. Na Fig 5 podem ver-se os limitadores longitudinais, dianteiro e traseiro.



Fig. 7. Diferentes aspectos do dispositivo de colimação. Guilherme de Almeida (2007).

## 6. Recomendações de utilização

A foto do lado direito da Fig. 7 provavelmente não permitirá a leitura do seu texto de acompanhamento. Por isso, devo dizer que o ecrã, no meu caso, foi colocado a 5,20 m do primário. A mancha do laser aparece ampliada devido à curvatura do primário. A esta distância, um erro de 5 mm (entre pontos extremos da mancha vermelha) significa um desvio angular de 0,00962 radiano, o que corresponde a 3,3 minutos de arco (3,3'), ou seja, 1,65' em relação à posição média. Isto, por sua vez, significa uma inclinação de apenas 0,83 minutos de arco no primário. Para facilitar a detecção dos pequenos deslocamentos da mancha luminosa na parede (que passam despercebidos numa parede lisa e sem referências), utilizei uma mira feita a computador numa vulgar folha A4.

Para que a mancha vermelha não apareça demasiado grande no ecrã, será conveniente não colocar o laser demasiado afastado do menisco (coloquei o laser a uma distância de cerca de 50 cm). Utilizei um vulgar “ponteiro” laser, do tipo utilizado para apresentar uma palestra, ou uma comunicação em *Powerpoint*. Este modelo de laser tem um botão de pressão, e para o manter ligado é preciso pressionar constantemente. Para manter o laser ligado, enquanto seguia os procedimentos para a colimação do primário, utilizei uma vulgaríssima mola da roupa, que pressionava o botão de ligar: uma solução simples e eficaz. O laser, depois de colocado em posição, não deverá mover-se em relação à plataforma que suporta o tubo.

O modo de utilização que se revelou mais prático consistiu em comparar as posições da pequena mancha vermelha na parede, por comparação com uma mira de referência, perante posições do tubo rodadas de 180° entre si. Essa metodologia vai ilustrada na Fig. 3(2). Tomando para referência uma

parte do tubo, por exemplo o botão de focagem, coloquei-o voltado para cima [Fig. 3 (2)A] e observei a posição da mancha luminosa sobre a mira fixada à parede. Rodando o tubo 180° [Fig. 3 (2)B] voltei a observar a posição dessa mancha, que se deslocou um pouco. Actuei nos parafusos de colimação do primário de modo a apontar a mancha para o ponto médio entre as duas posições referidas. Repeti para as posições C e D, também ilustradas na Fig.3, à direita. Repeti os procedimentos, agora com desvios muito menores. É difícil detectar desvios inferiores a cerca de 4 mm. Mas o ideal é conseguir que a mancha fique imóvel em relação à mira.

Em seguida faz-se a colimação do secundário por uma estrela, natural ou artificial. E o telescópio ficará muito bem colimado.

Note-se que é possível, logo após esta colimação do primário, fazer uma pré-colimação do secundário (a aperfeiçoar posteriormente recorrendo a uma estrela). Para isso pode inserir-se um bom laser de colimação no porta-oculares (desta vez não serve um ponteiro laser), actuando nos parafusos de colimação do secundário até garantir que o feixe reflectido pelo secundário regresse ao orifício de saída do laser. Mas deve ficar claro que este procedimento deverá ser depois confirmado mediante a observação de uma estrela, pelo método clássico, aprimorando a colimação do secundário. Mas em geral não será preciso voltar a mexer na colimação do primário, o que mostra a grande utilidade do dispositivo de Yuri.

A conformidade das dimensões do dispositivo relativamente ao telescópio a colimar determina que o dispositivo de Yuri seja construído especificamente para um dado modelo de telescópio. Raramente servirá para outros modelos, a não ser que sejam feitas alterações dimensionais. Para outros modelos, a distância entre as duas rodas da frente (e entre as duas rodas traseiras) pode ter de ser diferente. Mais importante ainda, a distância entre os pares de rodas traseiras e os pares de rodas dianteiras terá de ser forçosamente diferente, pois depende do comprimento do tubo.

## 7. Conclusão

O dispositivo de Yuri, com variantes de execução prática, foi construído em Portugal por mais alguns observadores, entre os quais Joaquim Rosa, Grom Matthies e Rui Tripa (da empresa *Perseu*). A Fig. 8 mostra algumas dessas realizações, incluindo o modelo original de Yuri Petrunin.



**Fig. 8.** Diferentes realizações do dispositivo de Yuri. 1- o original, utilizado na oficina de óptica da própria TEC (*Telescope Engineering Company*); 2- realização de Joaquim Rosa; 3- realização alternativa do observador norte-americano Jason Spencer, que não utiliza rodas, manipulando-se o tubo num banquinho voltado ao contrário (o encosto do tubo foi revestido com feltro, para não esfolar a pintura deste). Imagens da autoria dos respectivos autores.

Obtive excelentes resultados com este dispositivo na colimação do meu telescópio Maksutov-Cassegrain, *Intes-Micro M715 Deluxe*, de  $D=180$  mm  $f/15$ . Quem quiser pode utilizar os meus planos sem problemas, mas não posso assumir responsabilidades pela qualidade da construção que cada um faça, nem pelo maior ou menor sucesso que consiga com este sistema.

### Referências:

ALMEIDA, GUILHERME DE — *Telescópios*, Plátano Editora, Lisboa 2004.