

## CAPÍTULO 5:

# Fotografar o céu através de um telescópio

### 5.1- Introdução

No presente capítulo será abordada a fotografia através de telescópios. São descritos os principais tipos de telescópios, bem como as montagens equatoriais que os suportam. Para efectuar astrofotografias através de telescópios torna-se necessário acoplar câmaras fotográficas a um telescópio. Serão referidos os vários processos utilizados com esta finalidade assim como as principais as técnicas envolvidas.

### 5.2- Principais tipos de telescópios

Os telescópios mais frequentes podem ser classificados em três tipos principais: (i) refractores; (ii) reflectores e (iii) compostos ou catadióptricos<sup>1</sup> (Figura 5.1). Cada tipo de telescópio apresenta vantagens e inconvenientes (Tabela 5.1). Os telescópios refractores possuem uma objectiva que consiste num conjunto acromático ou apocromático de lentes<sup>2</sup>.

Os telescópios refractores apocromáticos possuem objectivas que incorporam vidros de baixa dispersão (ED) ou de fluorite (fluoreto de cálcio). As objectivas destes instrumentos podem ser constituídas por 2 ou mais elementos (3 ou 4 geralmente). A aberração cromática é muito mais corrigida nestes sistemas sendo praticamente indetectável nos mais evoluídos (Figura 5.2).

---

<sup>1</sup> Existem ainda outros telescópios menos frequentes; Schmidt-Newton, Maksutov-Newton, Schiefspiegler, Cassegrain clássico, Dall-Kirkham, Ritchey-Crétien entre outros.

<sup>2</sup> Uma objectiva diz-se acromática quando é constituída por um conjunto de duas lentes com um poder de refração idêntico para dois comprimentos de onda (duas cores). Um conjunto de lentes diz-se apocromático quando obtém o mesmo poder de refração para mais de dois comprimentos de onda. Os sistemas de lentes acromáticos e apocromáticos reduzem sensivelmente a aberração cromática presente nas lentes simples.

Nos telescópios reflectores a objectiva é constituída por uma superfície óptica reflectora, um espelho côncavo<sup>3</sup>.



Figura 5.1- Principais tipos de telescópios: 1- Telescópio refractor; 2- telescópio reflector; 3- telescópio catadióptrico (Maksutov-Cassegrain); 4- Telescópio catadióptrico (Schmidt-Cassegrain).

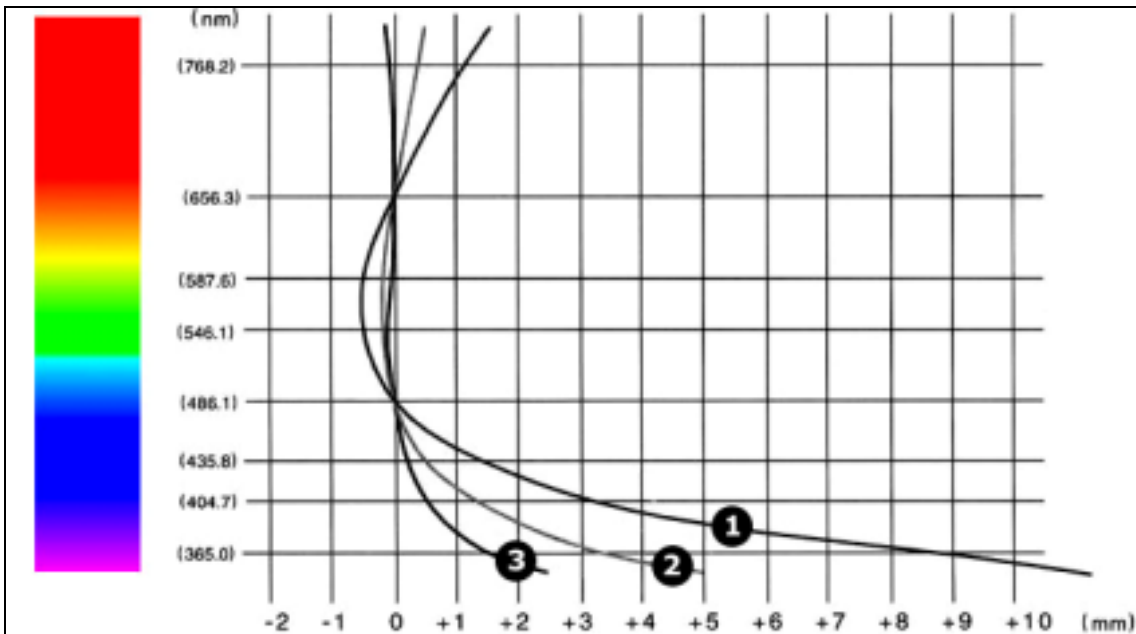


Figura 5.2- Correção cromática de algumas objectivas semi-apocromáticas (1 e 2) e apocromáticas (3). 1- Vidro BK<sub>7</sub>, 2- ED, 3- Fluorite.

Nos telescópios catadióptricos, a objectiva é constituída por uma lente associada a um espelho (Maksutov- Cassegrain e Schmidt-Cassegrain).

A escolha de um determinado tipo de telescópio para a realização de astrofotografias deverá obedecer a vários critérios. Não existe um único telescópio adequado para a realização de todos os tipos de fotografias astronómicas. Os telescópios refractores acromáticos, além de possuírem distâncias focais relativamente longas ( $f/8$  a  $f/15$ ),

<sup>3</sup> A superfície do espelho pode ser um parabolóide de revolução ou uma calote esférica.

apresentam alguma aberração cromática residual<sup>4</sup>. Os telescópios reflectores não possuem qualquer aberração cromática e podem apresentar distâncias focais muito variadas ( $f/4$  a  $f/10$ ). Os telescópios compostos ou catadióptricos apresentam características intermédias e são actualmente os mais utilizados.

Tabela 5.1- Vantagens e inconvenientes dos principais tipos de telescópios.

<b>Configuração óptica</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Inconvenientes</b>
<i>Refractor acromático</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo reduzido (pequenas aberturas)</li> <li>• Tubo fechado</li> <li>• Sem obstrução central</li> <li>• Colimação permanente de fábrica (difícilmente se ajusta)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberração cromática residual elevada</li> <li>• Dimensões comparativamente mais elevadas do tubo</li> <li>• Instrumentos menos portáteis</li> </ul>
<i>Refractor apocromático</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberração cromática residual praticamente inexistente</li> <li>• Ausência de obstrução</li> <li>• Distâncias focais comparativamente menores</li> <li>• Colimação menos frequente</li> <li>• Instrumentos mais portáteis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preço elevado</li> <li>• Aberturas reduzidas</li> </ul>
<i>Reflector</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentos mais portáteis</li> <li>• Melhor correcção cromática</li> <li>• Preço menos elevado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colimação mais frequente</li> <li>• Obstrução central (menor contraste)</li> <li>• Tubo aberto</li> </ul>
<i>Composto ou catadióptrico</i> Maksutov-Cassegrain Schmidt-Cassegrain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentos mais portáteis</li> <li>• Correcção cromática adequada</li> <li>• Colimação menos frequente</li> <li>• Tubo fechado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrução central elevada (menor contraste)</li> <li>• Preço elevado</li> <li>• Condensação elevada na superfície frontal da lente correctora</li> </ul>

### 5.3- Montagens equatoriais

Os diversos tipos de telescópios referidos anteriormente devem ser suportados por uma montagem equatorial, de preferência motorizada nos dois eixos<sup>5</sup>. Nem todas as montagens são adequadas para a realização de astrofotografias. Quanto mais robusta for

<sup>4</sup> Telescópios refractores acromáticos.

<sup>5</sup> Ascensão Recta e Declinação.

a montagem tanto melhor<sup>6</sup>. Algumas montagens frágeis vibram facilmente sendo menos aconselhadas para a realização de fotografias astronômicas<sup>7</sup>.



Figura 5.3- Exemplos de algumas montagens equatoriais fotográficas: 1- Montagem alemã, refractor acromático *Konus* 100  $f/10$ ; 2- Montagem alemã EM10, refractor apocromático *Takahashi* FS102; 3- Montagem alemã, reflector *Konus* 114 mm  $f/8$ ; 4- Montagens alemãs CM1400 e CM1100, telescópios Schmidt-Cassegrain C11 e C14; 5- Montagem de garfo, telescópio Schmidt-Cassegrain C8; 6- Montagem de garfo, *Meade* LX200 10"; 6- Montagem de garfo, C14 e refractor apocromático *Takahashi* FS102.

<sup>6</sup> A característica mais importante de uma montagem é a sua estabilidade.

<sup>7</sup> Quanto mais curto for o tempo de vibração da montagem melhor. Habitualmente 1 a 3 segundos de vibração do sistema montagem/telescópio, são valores aceitáveis. Valores superiores tornam-se problemáticos.

Existem diversos tipos de montagens equatoriais. As montagens alemãs são talvez as mais frequentes. As montagens de garfo, como as utilizadas nalguns telescópios catadriópticos, produzem igualmente excelentes resultados (Figura 5.3).

Algumas das montagens equatoriais motorizadas permitem obter, além da velocidade sideral, múltiplos desta, nomeadamente 32x, 16x, 8x, 4x e 2x<sup>8</sup>. Esta característica é muito útil na centragem dos objectos a fotografar e também se desejarmos efectuar astrofotografias guiadas (cf. Capítulo 10). Para que uma montagem equatorial seja efectiva, torna-se necessário colocá-la em estação. Existem diversos processos para alinhar o eixo polar relativamente ao pólo celeste, no entanto, um alinhamento preciso só é necessário se se pretender efectuar fotografias guiadas de objectos do céu profundo<sup>9</sup>. No caso de pretendermos fotografar objectos do sistema solar<sup>10</sup> o alinhamento ao pólo celeste pode ser aproximado<sup>11</sup>. Algumas montagens equatoriais possuem uma luneta de alinhamento, ou um buscador polar. Este dispositivo facilita enormemente o alinhamento da montagem, sendo possível colocá-la em estação com um erro inferior a 5' (Figura 5.4).



Figura 5.4- Montagem alemã *Vixen GP*, telescópio Schmidt-Cassegrain C8: 1- buscador polar; 2- motor de passos, eixo de declinação; 3- motor de passos, eixo de ascensão recta.

A precisão do seguimento das montagens equatoriais pode ser muito variada. Em geral as montagens modernas são motorizadas nos dois eixos por meio de motores de passos. Estes motores rodam a velocidades muito elevadas<sup>12</sup> e o seu movimento é

<sup>8</sup> Recorrendo a motor de passos.

<sup>9</sup> O alinhamento preciso de uma montagem equatorial será descrito numa secção própria (Capítulo 10).

<sup>10</sup> Sol, Lua e alguns planetas.

<sup>11</sup> Um erro inferior a 2° é aceitável. Alinhamentos mais rigorosos (1 a 10') são necessários para a realização de astrofotografias de longa pose.

<sup>12</sup> Milhares de rotações por minuto.

desmultiplicado por rodas dentadas de pequenas dimensões (Figura 5.4). O movimento é por fim transmitido a um parafuso<sup>13</sup> que actua sobre uma roda dentada. Estas podem possuir um número variado de dentes<sup>14</sup> e diâmetros geralmente compreendidos entre 60 a 230mm. A precisão da guiagem depende de muitos factores. Todos os sistemas de guiagem exibem erros<sup>15</sup> que podem atingir 15 a 50". Nos sistemas mais evoluídos foram desenvolvidos processos de minimizar mecânica ou electronicamente os erros de guiagem. Algumas montagens podem ser comandadas por sistemas computadorizados capazes de apontar o telescópio para diversos objectos astronómicos (sistema solar e céu profundo) de um modo automático. Este tipo de características, apesar de terem alguma utilidade, não são no entanto essenciais para a realização de certas fotografias astronómicas, nomeadamente fotografias de alguns objectos do sistema solar.

## 5.4- Acoplar uma câmara fotográfica a um telescópio

Existem diversos processos de acoplar uma câmara fotográfica a um telescópio. O processo mais simples consiste em utilizar o telescópio como se este se tratasse de uma objectiva fotográfica. Neste caso remove-se a objectiva da câmara fotográfica (*reflex* de preferência) e monta-se o corpo da câmara no foco principal do telescópio. A distância focal e a relação  $f/D$  obtidas são iguais à do telescópio utilizado. Os outros dois processos são distintos fundamentalmente por recorrerem à interposição de um sistema óptico entre a objectiva do telescópio e a câmara fotográfica. O sistema óptico utilizado pode ser uma ocular (projecção positiva), uma lente barlow ou um teleconversor fotográfico (projecção negativa) e um redutor/corrector (compressão). A Figura 5.5 ilustra os três principais métodos de acoplar uma câmara fotográfica ou um CCD<sup>16</sup> num telescópio. Existe ainda um outro processo, designado sistema afocal, no caso das câmaras fotográficas utilizadas não terem a possibilidade de retirar as suas objectivas. Este é o método mais utilizado para acoplar câmaras digitais a telescópios e será descrito isoladamente.

### 5.4.1. Foco principal do telescópio

A adaptação de uma câmara fotográfica no foco principal de um telescópio pode ser efectuada recorrendo à utilização de diversos adaptadores standard. Na Figura 5.6 são ilustrados dois desses adaptadores. A maioria dos telescópios actuais possui um porta-oculares com um diâmetro interno de 1 ¼" ou 31,7 mm. Alguns porta-oculares podem ter um diâmetro interno de 2" ou 50,8 mm embora estes últimos sejam menos frequentes. A câmara fotográfica pode ser acoplada ao telescópio utilizando um adaptador com um diâmetro de 1 ¼" ou de 2". Estes adaptadores possuem habitualmente uma rosca tipo "T" com 42 mm de diâmetro e um passo de rosca de 0,75 mm. A interface deste adaptador com as diversas câmaras fotográficas é facilmente efectuada recorrendo a um anel "T". No caso de pretendermos adaptar uma câmara fotográfica a um telescópio Schmidt-Cassegrain podemos utilizar um adaptador standard para este tipo de instrumentos (Figura 5.6).

---

<sup>13</sup> Parafuso sem fim.

<sup>14</sup> 144 a 359 dentes.

<sup>15</sup> Erro periódico.

<sup>16</sup> CCD- sigla formada pelas iniciais de *Charge Coupled Device*.

Neste caso a distância focal ( $f$ ) e a razão focal ( $f/D$ ) são exactamente as mesmas do telescópio utilizado. Um telescópio Schmidt-Cassegrain de 200 mm de abertura com uma distância focal de 2000 mm apresenta uma razão focal de  $f/10$ .

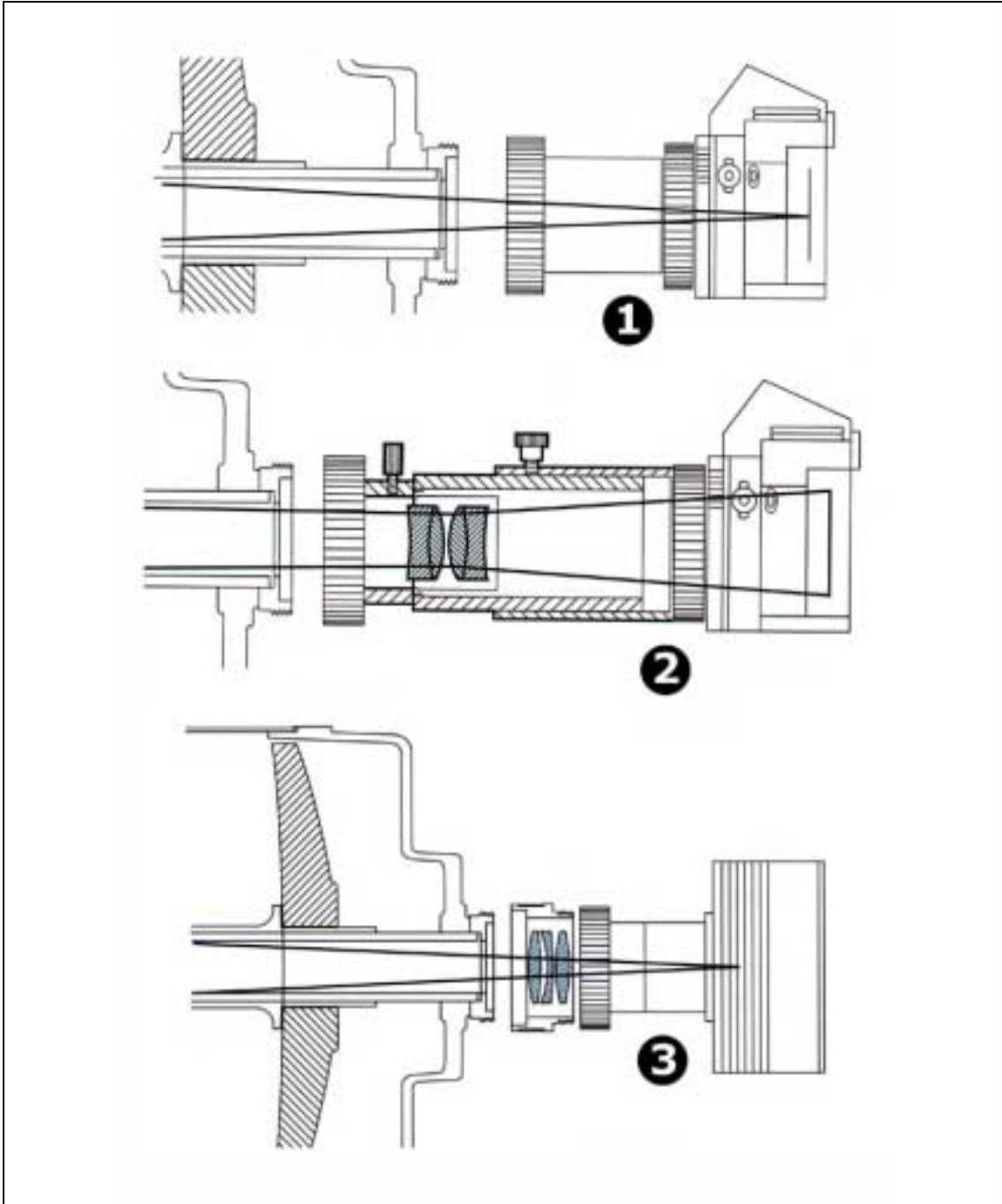


Figura 5.5- Principais métodos utilizados para acoplar uma câmara fotográfica ou uma câmara CCD a um telescópio: 1- Foco principal; 2- Projecção (positiva); 3- Compressão.

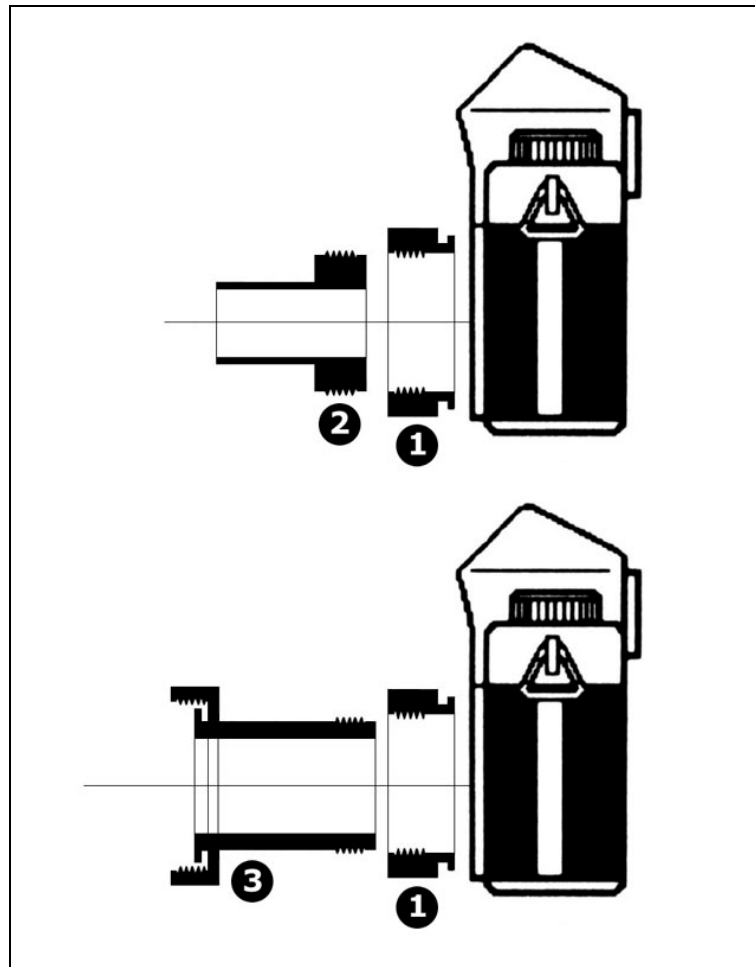


Figura 5.6- Adaptação de uma câmara fotográfica no foco principal de um telescópio: 1- Anel "T"; 2- Adaptador de 1 ¼" ou 31,7 mm; 3- Adaptador standard (telescópios Schmidt-Cassegrain).

Se utilizarmos uma câmara reflex montada no foco primário de um telescópio, a focagem faz-se facilmente observando através do visor da referida câmara. É necessário que o telescópio possua um porta-oculares adequado de tal modo que o foco principal seja acessível. Habitualmente o plano focal está situado a uma distância de aproximadamente 5 cm na direcção do interior do telescópio, relativamente à ocular. Nalguns telescópios reflectores muitas vezes não é possível utilizar os anéis de adaptação standard ilustrados na Figura 5.6. Esta dificuldade pode ser ultrapassada se deslocarmos o espelho principal do telescópio de tal modo que o foco principal se torne acessível. Os telescópios Schmidt-Cassegrain e Maksutov-Cassegrain permitem focar desde alguns metros até ao infinito e permitem montar com facilidade os diversos tipos de adaptadores para fotografia no foco principal.

#### 5.4.2- Projecção positiva

A fotografia por projecção positiva é efectuada quando utilizamos um sistema óptico positivo, por exemplo uma ocular, para projectar a imagem no plano do filme. O telescópio forma uma imagem no plano focal que é amplificada pela ocular e projectada no plano do filme. A fotografia por projecção positiva pode também ser designada por



projecção ocular. Existem diversos adaptadores standard para a realização deste tipo de fotografias (Figura 5.7).

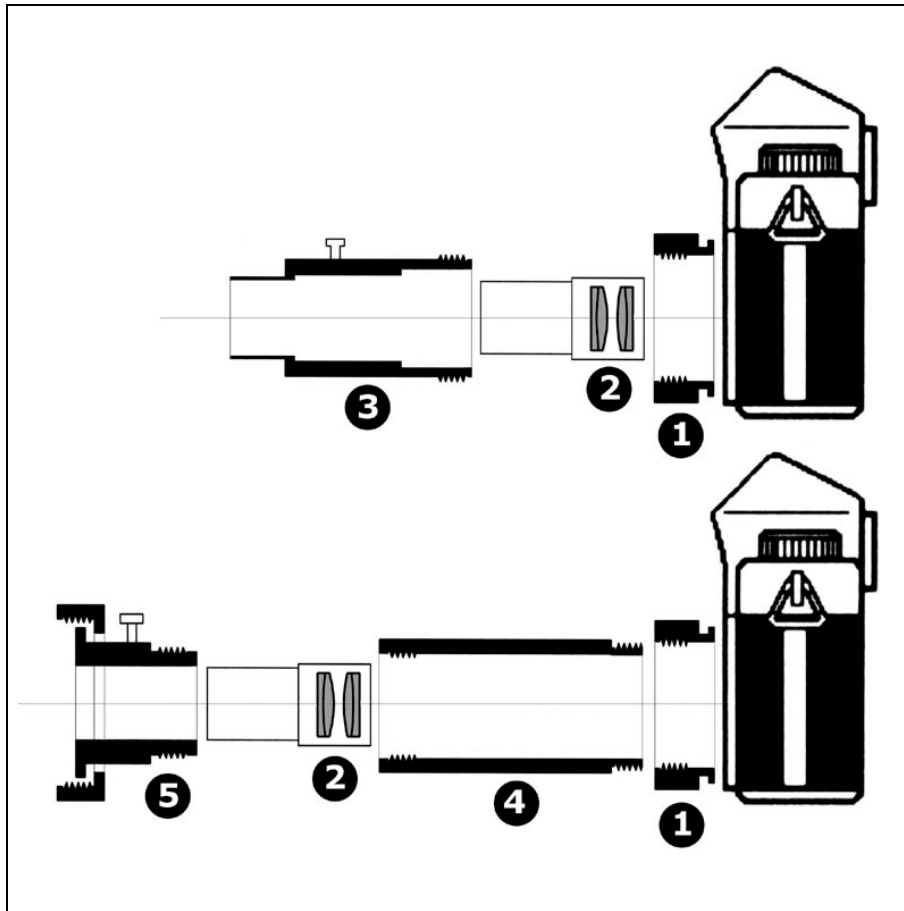


Figura 5.7- Fotografia por projecção positiva ou projecção ocular: 1- Anel "T"; 2- Ocular; 3- Adaptador de 1 ¼" ou 31,7 mm (projecção ocular); 4- Tubo de projecção (telescópio Schmidt-Cassegrain); 5- Porta-oculares (telescópio Schmidt-Cassegrain).

Se pretendermos saber qual a amplificação de um dado sistema de projecção, podemos recorrer a algumas fórmulas simples (Figura 5.8). De um modo teórico a amplificação é o resultado da divisão de dois parâmetros: a distância do filme ao sistema óptico de projecção ( $s_2$ ) e a distância do sistema óptico de projecção até à imagem produzida pela objectiva do telescópio ( $s_1$ ) (cf. Figura 5.8):

$$A = s_2 / s_1$$

A distância  $s_1$ , é, na prática, muito difícil de determinar. Conhecemos no entanto outros parâmetros tais como a distância do sistema óptico ao plano do filme ( $s_2$ ), a distância focal do sistema óptico (geralmente uma ocular<sup>17</sup>) ( $f_2$ ) e a distância focal do telescópio utilizado ( $F_1$ ). A amplificação pode também ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$A = (s_2 - f_2) / f_2$$

<sup>17</sup> Se o sistema de projecção for uma ocular a distância  $s_2$  deve ser determinada tomando como referência o meio do conjunto óptico da ocular.

A distância focal obtida ( $f$ ), é facilmente calculada multiplicando a distância focal do telescópio pela amplificação do sistema:

$$F = f_1 \times A$$

Finalmente a relação  $f/D$  do sistema calcula-se multiplicando a relação  $f_1/D$  do telescópio utilizado ( $f_1$ ) pela amplificação ( $A$ ).

$$f/D = (f_1/D) \times A$$

Por exemplo se a relação focal do telescópio for de 10 e  $A = 3$ ,  $f/D$  (para o conjunto) será 30.

A distância  $s_1$  pode ser obtida a partir da seguinte fórmula:

$$s_1 = s_2 / A$$

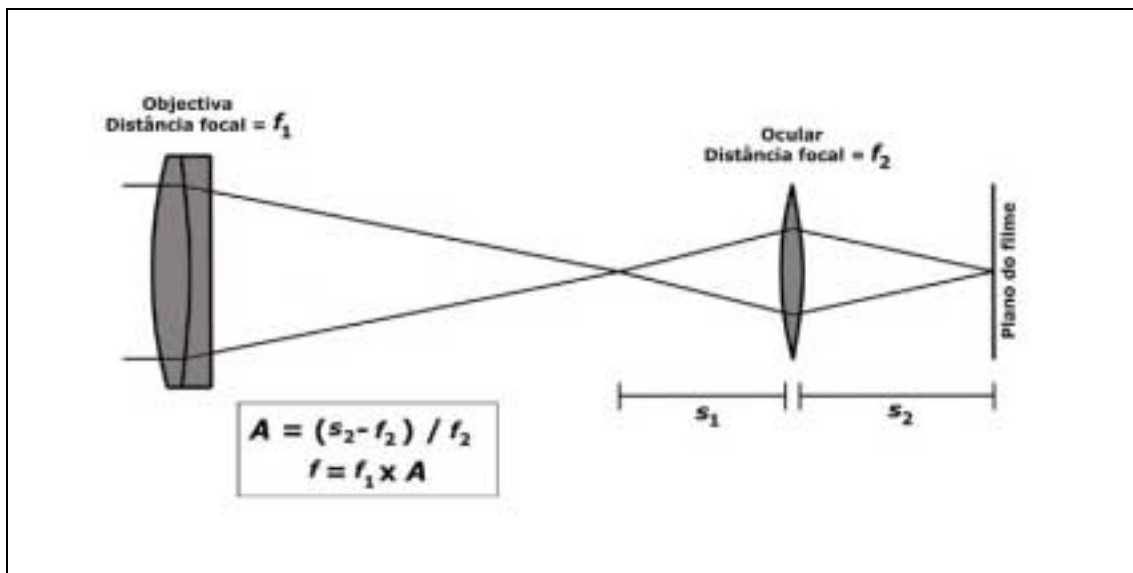


Figura 5.8- Projecção positiva ou projecção ocular.

Se utilizarmos um telescópio Schmidt-Cassegrain de 200 mm de abertura com uma distância focal ( $f_1$ ) de 2000 mm (200 mm  $f/10$ ), o sistema de projecção for uma ocular com 20 mm de distância focal ( $f_2$ ) e esta estiver situada a 100 mm de distância do plano do filme ( $s_2$ ), podemos facilmente calcular a amplificação do sistema de projecção:

$$A = (s_2 - F_2) / F_2 = 100 - 20 / 20 = 4$$

$$f = f_1 \times A = 2000 \times 4 = 8000 \text{ mm}$$

$$f/D = (f_1/D) \times A = 10 \times 4 = 40$$

A realização de fotografias por projecção positiva ou projecção ocular implica a utilização de um determinado sistema óptico. Este é geralmente constituído por uma ocular de 1 ¼ “. As oculares Plössl e ortoscópicas produzem excelentes resultados. Não é necessário usar oculares com um grande campo aparente. Campos da ordem dos 50°

são suficientes. As oculares de grande campo<sup>18</sup> dificilmente podem ser utilizadas com os sistemas standard de projecção. É de toda a conveniência que as as oculares usadas sejam bem corrigidas no que diz respeito a algumas aberrações, nomeadamente a curvatura do campo e a aberração esférica. A projecção positiva amplifica geralmente as aberrações, de tal modo que quanto melhor for a correcção do sistema óptico de projecção utilizado tanto melhor. Quanto maior for a amplificação do sistema de projecção, mais evidentes serão as aberrações. Alguns astrofotógrafos utilizam outros sistemas de projecção positiva, nomeadamente objectivas de microscópios e objectivas fotográficas. Estas são geralmente muito corrigidas para determinadas aberrações e produzem excelentes resultados.

Existem no mercado adaptadores que permitem variar facilmente a distância do sistema óptico de projecção ao plano do filme ( $s_2$ ). Um destes sistemas é ilustrado na Figura 5.9.

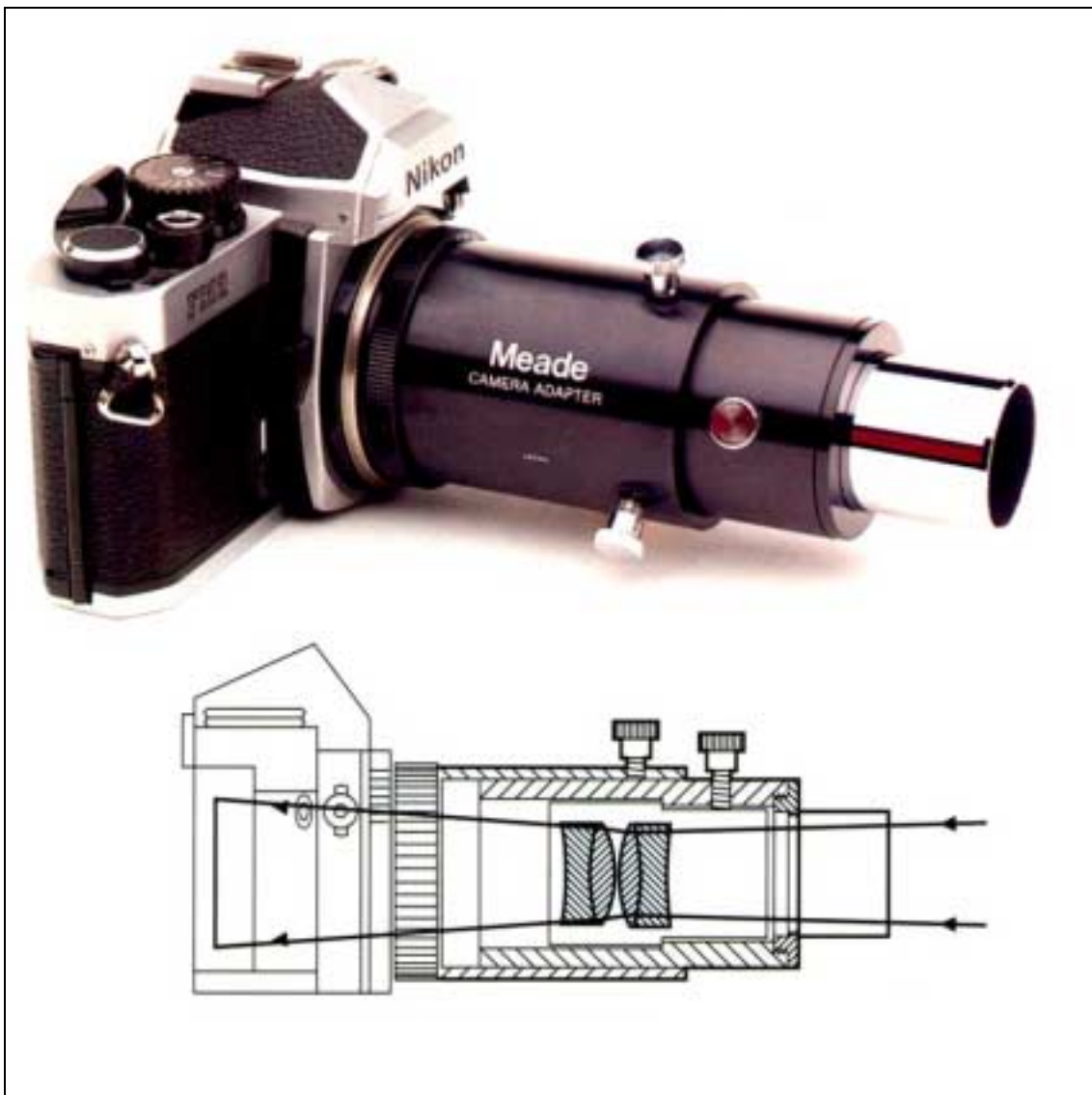


Figura 5.9- Adaptador de 1 ¼" para fotografia por projecção positiva ou projecção ocular em que a distância do sistema óptico ao plano do filme é ajustável.

<sup>18</sup> Por exemplo *Panoptic*, *Nagler*, *Super Wide Field* e *Ultra Wide Field*.

### 5.4.3- Projecção negativa

A fotografia por projecção negativa é efectuada quando utilizamos um sistema óptico negativo, por exemplo uma lente de barlow ou um teleconversor fotográfico (Figura 5.10). Ao colocarmos um sistema óptico negativo entre a objectiva do telescópio e o plano do filme, aumentamos a imagem bem como a distância focal efectiva. As fórmulas simples utilizadas no cálculo da amplificação do sistema de projecção e distância focal resultantes são idênticas às referidas anteriormente (Figura 5.11).

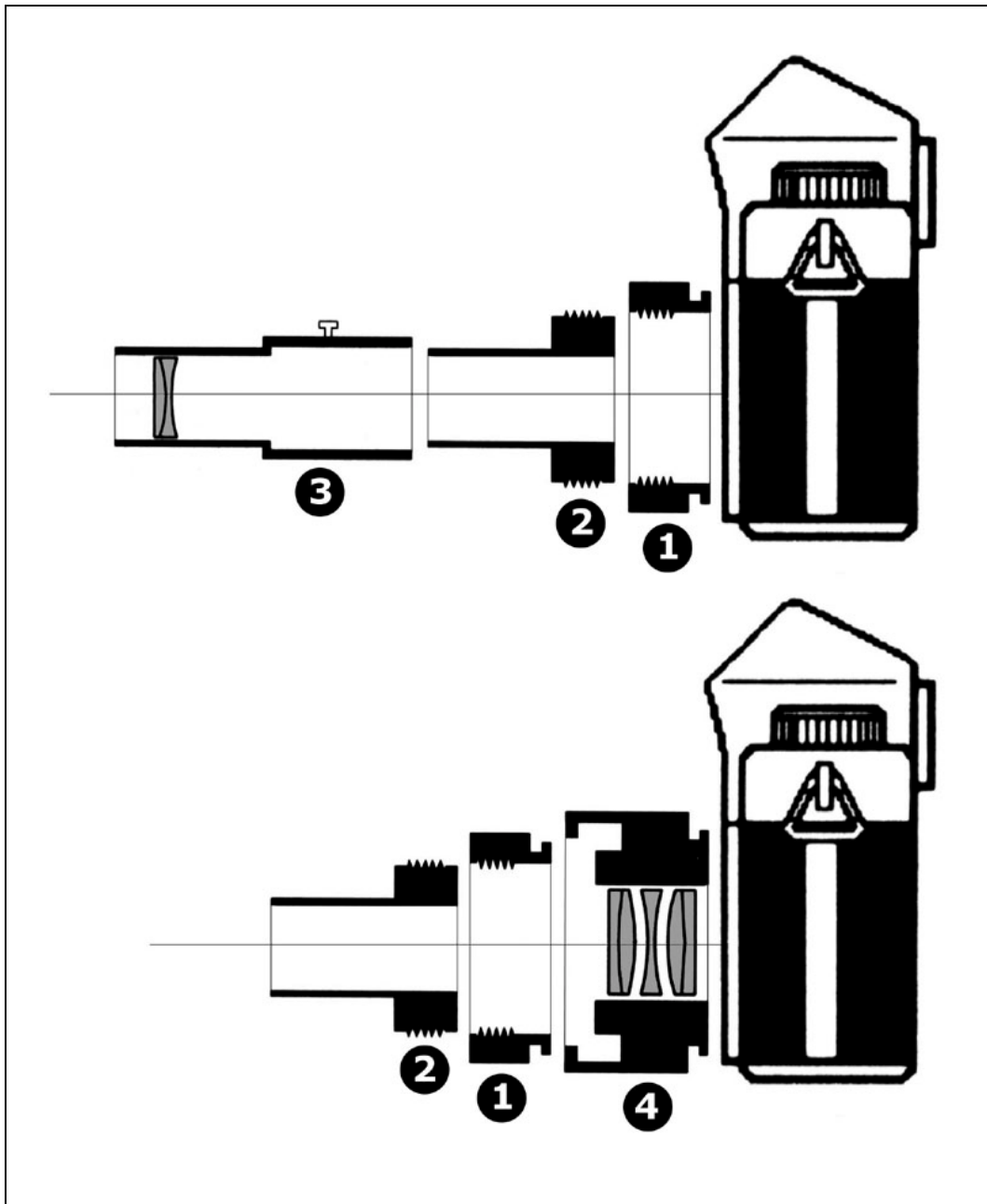


Figura 5.10- Fotografia por projecção negativa: 1- Anel "T"; 2- Adaptador de 1 ¼" ou 31,7 mm (projecção ocular); 3- Lente de Barlow; 4- Teleconversor fotográfico.

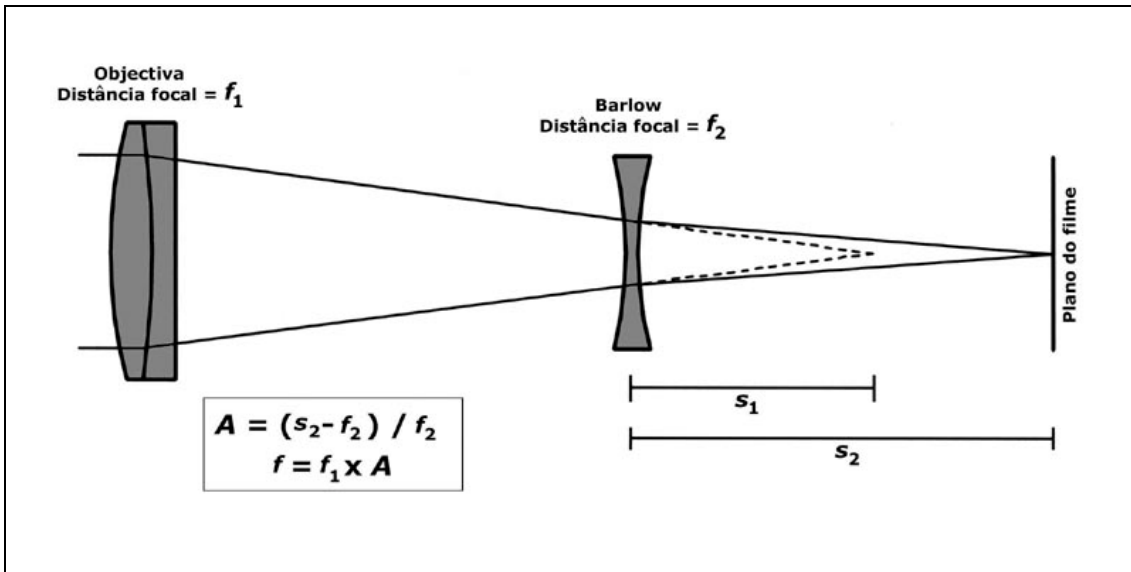


Figura 5.11- Projecção negativa.

$$A = s_1 / s_2 = (s_2 - f_2) / f_2$$

$$f = f_1 \times A$$

$$f/D = (f_1/D) \times A$$

$$s_1 = s_2 / A$$

Se utilizarmos um Schmidt-Cassegrain de 200 mm de abertura com uma distância focal de 2000 mm ( $F_1$ ) (200 mm f/10), o sistema de projecção for uma lente de Barlow x2 com uma determinada distância focal (e.g. -50 mm<sup>19</sup>) ( $F_2$ ) e esta estiver situada a 100 mm de distância do plano do filme ( $s_2$ ), podemos facilmente calcular a amplificação do sistema de projecção:

$$A = (100 - (-50)) / (-50) = 150 / (-50) = -3$$

$$f = 2000 \times 3 = 6000$$

$$f/D = (f_1/D) \times A = 10 \times 3 = 30$$

$$s_1 = 100 / (-3) = -33,3 \text{ mm}$$

A realização de fotografias por projecção negativa reduz sensivelmente algumas aberrações do sistema tais como a curvatura de campo e a aberração esférica. Esta característica é particularmente importante se utilizarmos um telescópio Schmidt-Cassegrain. De um modo geral é mais vantajoso utilizar-se um teleconversor fotográfico relativamente a uma lente de Barlow. Os teleconversores são concebidos para amplificar para o dobro ou para o triplo a amplificação de uma teleobjectiva fotográfica e são geralmente bem corrigidos no que diz respeito a aberrações<sup>20</sup>. Podemos aumentar a amplificação produzida pelo sistema de interposemos entre o teleconversor e a câmara fotográfica um ou vários tubos de extensão (e.g. utilizados em macro-fotografia).

A distância focal de um sistema negativo de lentes pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$f_2 = s_2 / (A + 1)$$

<sup>19</sup> A distância focal de um sistema negativo de projecção é afectada de um sinal negativo.

<sup>20</sup> Existem por vezes algumas reflexões internas que podem diminuir significativamente o contraste.

Nalguns casos pode ser boa opção utilizar dois teleconversores fotográficos montados um a seguir ao outro. Obtém-se deste modo uma amplificação superior o que pode ser muito útil na fotografia de planetas ou da Lua em que seja necessária a utilização de um amplificação importante.

#### 5.4.4- Compressão

A compressão é exactamente o oposto da projecção negativa. Neste caso utiliza-se um sistema óptico positivo de tal modo que a imagem e a distância focal efectiva são reduzidas (Figura 5.12). Este tipo de fotografia é sobretudo usado para fotografar objectos pouco brilhantes tais como os objectos do céu profundo.

Os redutores/correctores que se encontram no mercado são sobretudo concebidos para reduzir e corrigir o campo coberto por um telescópio Schmidt-Cassegrain. A redução da imagem e da distância focal acarreta alguns inconvenientes. O campo coberto não é iluminado de um modo uniforme (“vignetting”) e são introduzidas aberrações importantes no bordo do campo.

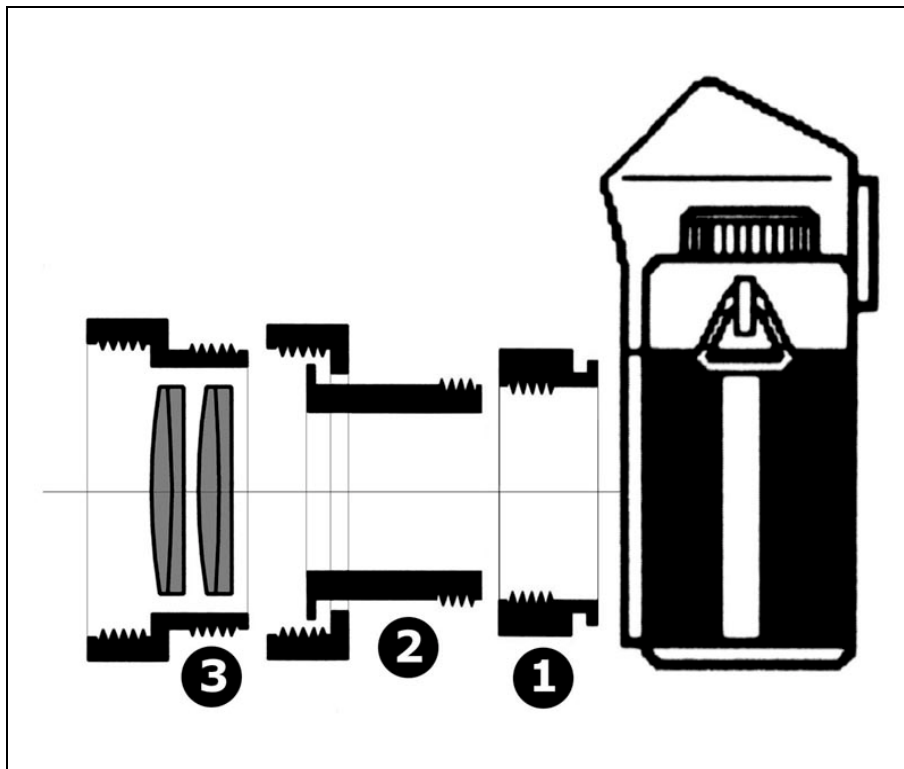


Figura 5.12- Fotografia por compressão: 1- Anel “T”; 2- Adaptador “T”; 3- Redutor/corrector.

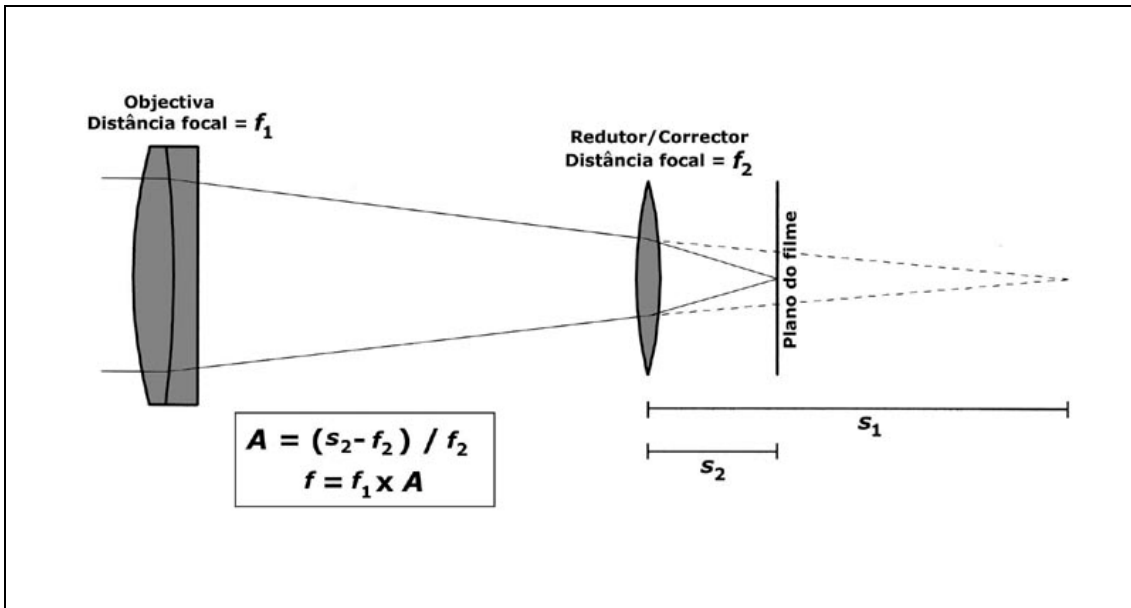


Figura 5.13- Compressão.

As fórmulas utilizadas para o cálculo da amplificação e da distância focal efectiva são as mesmas referidas anteriormente (Figura 5.13). Neste caso o valor de  $f_2$  é positivo, no entanto os valores de  $A$  e de  $s_1$  são afectados de um sinal negativo. De um modo geral não é necessário proceder a qualquer tipo de cálculo uma vez que o factor de compressão ( $A$ ) é conhecido. A maioria dos redutores/correctores existentes no mercado transforma um telescópio  $f/10$  em  $f/6,3$ , ou um telescópio  $f/6,3$  em  $f/4$ . Este tipo de sistemas ópticos foi idealizado para ser utilizado em telescópios Schmidt-Cassegrain. São habitualmente constituídos por quatro elementos ópticos associados dois a dois.

Existem ainda redutores/correctores concebidos para a realização de imagens com câmaras CCD que não são adequados quer para a observação visual quer para a realização de imagens fotográficas com câmaras convencionais. Estes sistemas são constituídos por 3 elementos ópticos e transformam um telescópio  $f/10$  em  $f/3,3$  ou um telescópio  $f/6,3$  em  $f/2$  (Figura 5.14).



Figura 5.14- Redutor/corrector  $f/3,3$ .

A utilização de sistemas de compressão implica geralmente uma variação importante da focagem do telescópio. Por este motivo os instrumentos mais adequados para a utilização destas técnicas são os telescópios Schmidt-Cassegrain, Maksutov-Cassegrain e alguns telescópios refractores.

#### 5.4.5. Projecção afocal

A projecção afocal é um dos processos mais simples de acoplar uma câmara fotográfica a um telescópio. A câmara é colocada, sem retirar a objectiva, directamente após a ocular do telescópio (Figura 5.15).



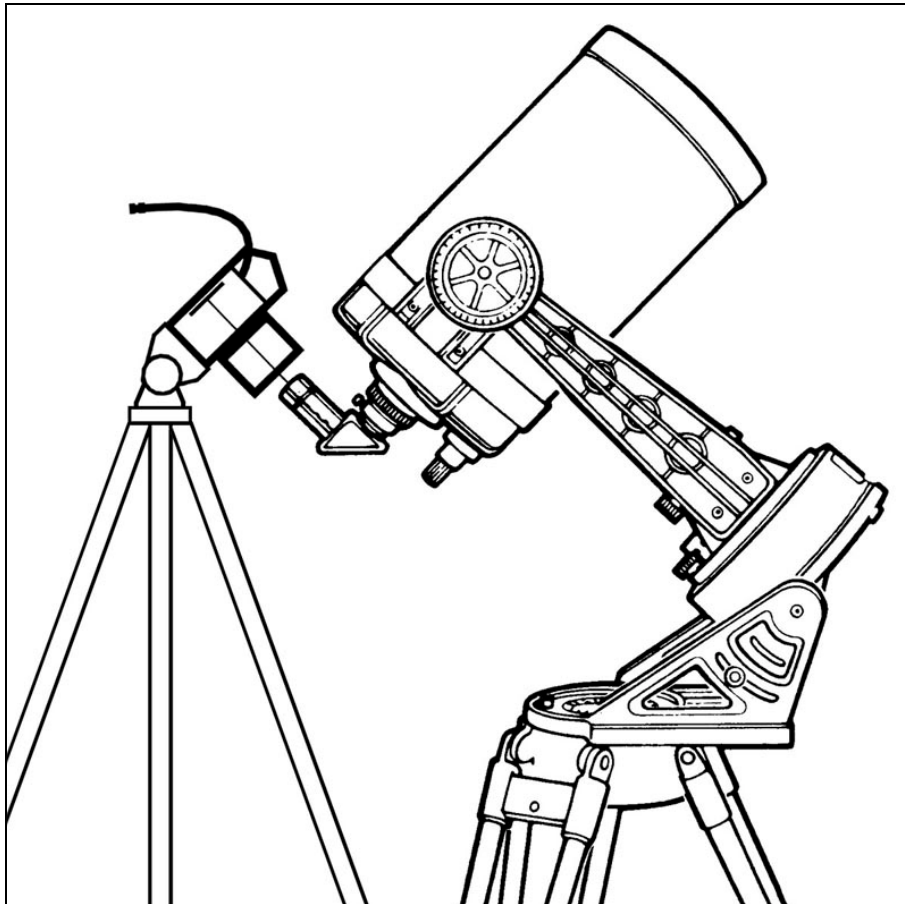


Figura 5.15- Sistema de projecção afocal.

O método afocal não é mais do que uma adaptação do sistema de projecção positiva. A câmara pode ser montada num tripé tal como é ilustrado na Figura 5.15. Pode igualmente ser montada utilizando alguns dos adaptadores descritos anteriormente. Trata-se de um sistema particularmente útil no caso das câmaras não terem objectivas intermutáveis, como é o caso da maioria das câmaras digitais actuais. O sistema de projecção utilizado pode ser uma ocular ou uma objectiva fotográfica (Figura 5.16). Neste último caso é de toda a conveniência que a câmara seja suportada de um modo adequado utilizando por exemplo diversos anéis de adaptação com roscas tipo “T” (Figura 5.16)<sup>21</sup>.

As objectivas fotográficas devem ser montadas com a lente frontal virada para o telescópio. Devem utilizar-se objectivas com uma abertura elevada (1:1.4 ou 1:2.8) com distâncias focais compreendidas entre 50 mm e 80 mm para que não se produza “vignettagem”.

<sup>21</sup> Não é necessário que a câmara seja suportada de um modo fixo. Podem obter-se excelentes imagens segurando a câmara com as nossas mãos no momento a exposição. É necessário assegurar que o plano do sensor CCD fique rigorosamente perpendicular ao eixo óptico do telescópio, e que o eixo da ocular (ou da objectiva fotográfica) coincida o melhor possível com o eixo da objectiva da câmara utilizada.



Figura 5.16- Sistema de projecção afocal. Telescópio Schmidt-Cassegrain 200 mm  $f/10$ , objectiva 80 mm 1:2.8 e *Olympus Camedia C-1400L*.

## 5.5- Câmaras fotográficas digitais

Existem actualmente no mercado inúmeras câmaras digitais que podem ser utilizadas com excelentes resultados recorrendo à projecção afocal. A Figura 5.17 ilustra algumas destas câmaras. A focagem e a exposição são efectuadas de um modo automático. No caso das câmaras possuírem objectivas *zoom* é aconselhado colocá-lo no máximo, ou próximo do máximo. Não se devem usar objectivas grande-angular ou teleobjectivas. Os melhores resultados são obtidos com objectivas normais (50 mm). Se possível é aconselhado utilizar o sistema de disparador retardado da câmara para que não seja transmitida qualquer vibração no momento da exposição. Algumas câmaras podem ser comandadas de um modo remoto recorrendo à utilização de um computador.

No caso de se utilizarem oculares é preferível que estas possuam uma distância focal média ou elevada ( $> 18$  mm). Algumas oculares com um afastamento da pupila de saída elevado são particularmente adequadas para este tipo de fotografias. Ao contrário do que foi mencionado para a projecção positiva ou projecção ocular, podem usar-se com excelentes resultados oculares de grande campo, tipo *Panoptic*, *Nagler*, *Super Wide Field* e *Ultra Wide Field*.

As fórmulas básicas para calcular a distância focal efectiva ( $f$ ) são muito simples:

$f =$  distância focal da objectiva da câmara fotográfica x amplificação do telescópio

ou

$$f = f_1 \times A$$

em que:

$f_1 =$  distância focal do telescópio

$A =$  distância focal da objectiva da câmara fotográfica / distância focal da ocular (amplificação da projecção afocal).



Figura 5.17- Exemplos de algumas câmaras fotográficas digitais que podem ser utilizadas com o sistema afocal: 1- *Olympus Camedia C-2000Z*, 2- *Canon Powershot G1*; 3- *Nikon Coolpix 995*, 4- *Olympus Camedia C-1400L*.

Existem ainda câmaras fotográficas digitais *reflex* (SLR) de objectivas intermutáveis. Estas são construídas habitualmente tomando como base os sistemas *Nikon* ou *Canon*, podendo ser utilizadas em conjunto com a gama de objectivas existentes para estas marcas. São utilizadas de um modo idêntico às câmaras fotográficas convencionais (modos manual, automático e programado). Possuem um sensor CCD em vez de uma película fotográfica que produz imagens de 2,6 a 6 milhões de *pixels* (Figura 5.18).

As imagens produzidas pelas câmaras digitais são gravadas e armazenadas em cartões de memória que podem ser de diversos tipos: (i) *Smartmedia*; (ii) *Compactflash*; (iii) *Memory stick* (Figura 5.19). O modo como os ficheiros de imagens são transferidos para um computador pode igualmente ser variado. Pode recorrer-se ao uso de um adaptador *FlashPath* que permite ler a informação de um cartão “Smartmedia” num leitor de uma disquete ou ainda a leitores de cartões de memória (PCMCIA ou USB). As câmaras digitais podem ser ligadas a um computador através de uma interface USB, efectuando-se deste modo a leitura e transferência dos cartões de memória de um modo muito rápido.

Os cartões *Smartmedia* e *Compactflash* são sem dúvida os mais utilizados nas câmaras fotográficas digitais. A pequena dimensão física dos cartões *Smartmedia* (45 mm por 37 mm) com a penas 0,7 mm de espessura e um peso de 1,8 g implica um consumo de apenas 2,7 a 3,6 volts. Existem actualmente cartões com uma capacidade máxima de 128 Mb que permitem gravar e regravar imagens até um máximo de 100 000 sessões de gravação. Os cartões *Compactflash* apresentam também dimensões reduzidas (36,4 mm por 42,8 mm). Podem ser adquiridos cartões de dois tipos distintos (CF tipo I com 3,3 mm de espessura e tipo II com 5 mm de espessura). Consomem apenas 3,5 a 5 volts de energia. Existem actualmente no mercado cartões CF até 512 Mb de memória. Os cartões *Memory stick* são utilizados exclusivamente nas câmaras digitais Sony. Utilizam os mesmos princípios e tecnologia dos outros cartões. As suas dimensões são também muito reduzidas (50 mm por 21,5 mm com 2,8 mm de espessura). Actualmente encontramos no mercado cartões com uma capacidade máxima de 128 Mb. Algumas câmaras *Sony* podem gravar e regravar imagens em disquetes de 1,4 Mb ou em CD-R. Existem finalmente dois outros tipos de cartões introduzidos recentemente no mercado: *Multi Media Card* e *Secure Digital Card*.

A quantidade de imagens armazenada em cada cartão é condicionada pela sua capacidade (4 a 512 Mb), pela compressão dos ficheiros e pelo tipo de ficheiros (JPEG ou TIFF). As imagens obtidas com o auxílio de câmaras digitais podem ser posteriormente manipuladas e processadas recorrendo a diversos programas de processamento de imagem (*Photoshop*, *Paint Shop Pro* entre outros).



Figura 5.18- Câmara digital reflex (SLR) *FujiFilm FinePix S1 Pro*. À esquerda com uma objectiva zoom 28/200 mm e à direita com um adaptador standard 1 ¼”.



Figura 5.19- Cartões de memória. 1- *Smartmedia*, 2- *Compactflash*, 3- *Memory stick*.

As dimensões relativas dos sensores (CCD e CMOS) de algumas câmaras *megapixel* são ilustradas na Figura 5.20. Para efeitos de comparação é também representado na mesma Figura a dimensão dos Filmes APS (Advanced Photo System) e de 35 mm.

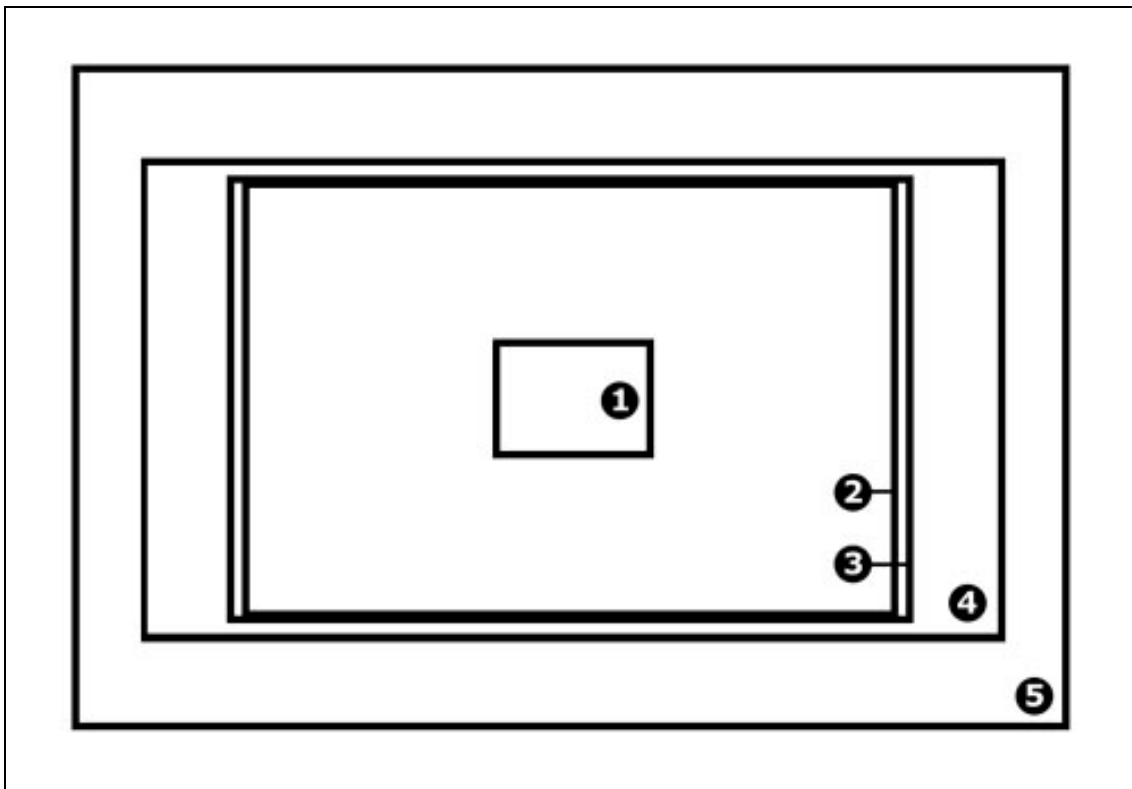


Figura 5.20- Dimensões relativas dos sensores de algumas câmaras megapixel: 1- sensor CCD1 1/8" (*Nikon CoolPix*); 2- sensor CMOS (*Canon EOS D30*); 3- sensor CCD (*Nikon D1/FujiFilm FinePix S1 Pro*); 4- Filme APS; 5- Filme 35 mm.



Figura 5.21- Sol (20010913). Telescópio Schmidt-Cassegrain 200 mm  $f/10$ , objectiva 80 mm 1:2.8 e *Olympus Camedia C-1400L* (projecção afocal). Pedro Ré (2001).



Figura 5.22- Lua (19990301). Telescópio Schmidt-Cassegrain 250 mm  $f/10$ , objectiva 50 mm 1:1.4 e *Olympus Camedia C-1400L* (projecção afocal). António Cidadão (1999).

## Bibliografia

Bourge, P., J. Dragesco, Y. Dargery (1977). *La photographie Astronomique d'Amateur*. Publications Photo-Cinéma Paul Montel.

Bourge, P., J. Lacroux (1983). *A l'affût des étoiles*. Bordas, Paris.

Covington, M.A. (1999). *Astrophotography for the amateur*. Cambridge University Press.

Dobbins, T., D. C. Parker, C. F. Capen. (1988). *Observing and photographing the solar system*. Willmann-Bell, Inc.

Dikinson, T., J. Newton. *Splendors of the Universe. A practical guide to photographing the night sky*. A Firefly Book.

Dragesco, J. (1995). *HighResolution Astrophotography*. Cambridge University Press.

Paul, H. E. (1967). *Outer space photography for the amateur*. Amphoto, New York.

Martinez, P. (1983). *Astrophotography II. Featuring the techniques of the European amateur*. Wilmann-Bell, Inc., Richmond.

Mayall, R. N., M. W. Mayall (1968). *Skysighting: Photography for amateur astronomers*. Dover Publications Inc., New York.

Mobberley, M. (1998). *Astronomical equipment for amateurs (Practical astronomy)*. Springer-Verlag London.

Wallis, B. D., R. W. Provin (1988). *A manual of advanced celestial photography*. Cambridge University Press.