

FOTOGRAFAR O CÉU (Parte III)

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

As galáxias, as nebulosas e os enxames ou aglomerados de estrelas consideram-se geralmente como *objectos do céu profundo*, por se encontrarem para lá do sistema solar e da evidência imediata das constelações. As principais técnicas de localização e de observação destes objectos foram abordadas na obra: Almeida, G. , P. Ré, (2000). *Observar o céu profundo*, Platano Edições Técnicas. A referida obra constitui um manancial de conselhos e técnicas de observação, um guia prático e um atlas do céu profundo. A fotografia do céu profundo bem como a fotografia de superfícies planetárias, constituem, sem dúvida, dois dos campos mais exigentes da fotografia astronómica.

O método mais simples de fotografar o céu profundo consiste em montar uma câmara fotográfica sobre um telescópio que possua uma montagem equatorial motorizada. Neste caso a câmara é montada em paralelo ou em *piggy-back*. Se a montagem equatorial for colocada em estação, podem realizar-se astrofotografias de longa pose recorrendo ao uso de diversas objectivas fotográficas (28 mm a 300 mm de distância focal). Este tipo de imagens deve ser efectuado longe da poluição luminosa das grandes cidades e numa noite sem Lua (Figura 1). No caso das imagens serem realizadas em ambientes urbanos ou suburbanos, podemos recorrer ao uso de diversos filtros especiais. No caso de se utilizarem objectivas com distâncias focais curtas (objectivas grande-angulares e normais) a precisão da guiagem não é muito exigente.

Para fotografar o céu profundo através de um telescópio é necessário acoplar uma câmara fotográfica a um destes instrumentos segundo um dos processos anteriormente descritos. No entanto, para se realizarem fotografias do céu profundo, as exposições são necessariamente mais prolongadas. Isto significa que durante a exposição terá que se efectuar uma guiagem precisa do telescópio. Para tanto, é necessário que este seja suportado por uma montagem equatorial robusta e de boa qualidade. Para que uma montagem equatorial seja efectiva, torna-se necessário colocá-la rigorosamente em estação. 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. A realização de astrofotografias do céu profundo através de um telescópio implica a utilização de montagem equatoriais de boa qualidade, isto é, com uma excelente precisão de guiagem.



Figura 1- Constelação do Escorpião. Olympus OM-1, 50 mm 1:1.8 (2.8). Filme Kodak Ektachrome E200. Exposições de 15 min Pedro Ré e José Carlos Diniz, Chile (2001).

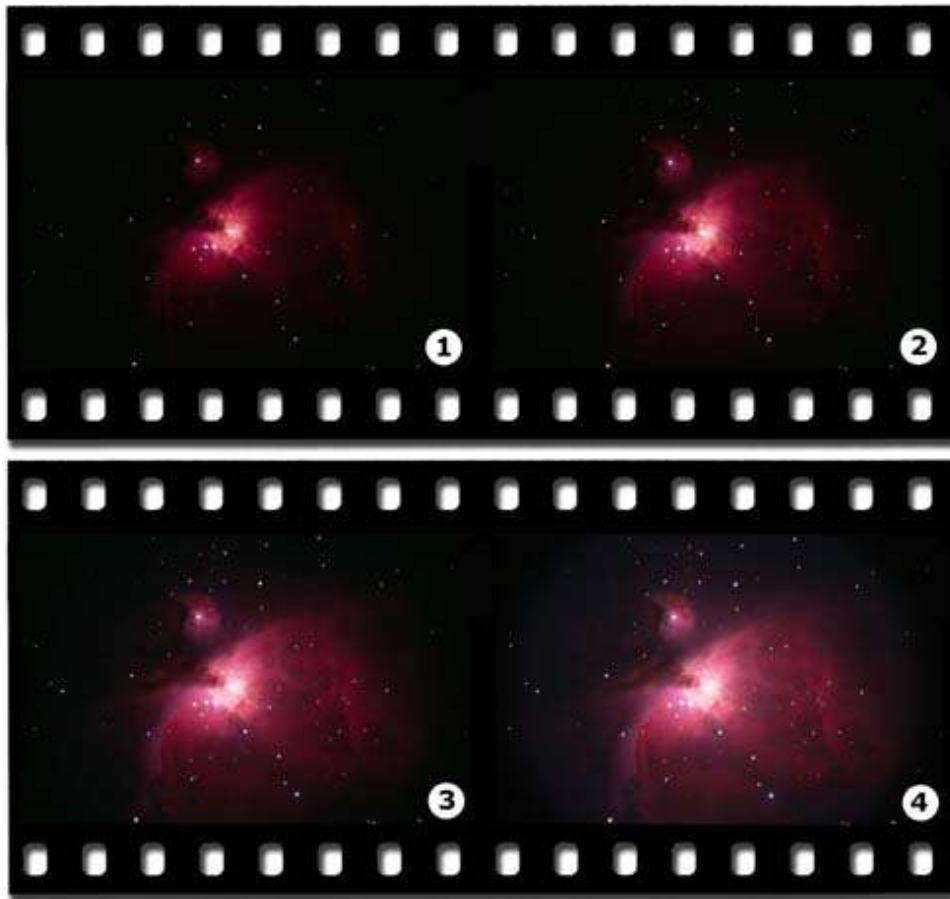


Figura 2- Nebulosa do Oriente (M 42). Telescópio Schmidt-Cassegrain Celestron 350 mm $f/11$ (reductor /corrector $f/7$). Filme *Kodak Ektachrome* E200. Exposições 5 min (1), 10 min (2), 15 min (3), 20 min (4), (20020116). Pedro Ré (2002).



Figura 3- Nebulosa do Oriente (M 42). Tempo total de exposição 39 min. Imagem processada por computador (20020116). Pedro Ré (2002).

A utilização de câmaras CCD refrigeradas por parte de astrónomos amadores tem vindo a revolucionar, nos últimos anos, as técnicas e os campos de observação. A astronomia CCD encontra-se actualmente em fase de verdadeira expansão.

As enormes vantagens que as câmaras CCD têm relativamente às emulsões fotográficas podem ser resumidas em dois pontos:

1. as câmaras CCD conseguem registar até 90% dos fotões incidentes (elevada eficiência quântica) enquanto que uma película fotográfica apenas regista 2 a 5%;
2. as câmaras CCD não apresentam falha de reciprocidade, isto é, o seu sinal de saída, *output*, é quase directamente proporcional aos fotões incidentes, ou seja, aos tempos de exposição (linearidade quase perfeita).

Estas duas vantagens permitem obter imagens astronómicas com poucos minutos de exposição ao contrário do que sucede se utilizarmos emulsões fotográficas, que requerem dezenas de minutos ou mesmo horas (objectos do céu profundo). Além disso, as imagens obtidas com câmaras CCD podem ser posteriormente optimizadas por meio de *software* apropriado de modo a realçar aspectos relevantes ou eliminar defeitos inerentes à própria imagem (câmara escura digital).

No entanto as câmaras CCD também apresentam alguns inconvenientes:

1. necessidade de utilizar um computador para obter as imagens (câmaras CCD refrigeradas);
2. dimensão reduzida da superfície sensível à luz;
3. número de elementos de imagem (*pixels*) relativamente pequeno.

Os sensores ou detectores CCD são constituídos por uma superfície sólida sensível à luz, dotada de circuitos que permitem ler e armazenar electronicamente imagens digitais. O conjunto formado pelo detector CCD, circuitos electrónicos, sistema de refrigeração e suporte mecânico constituem uma câmara CCD (Figura 4).

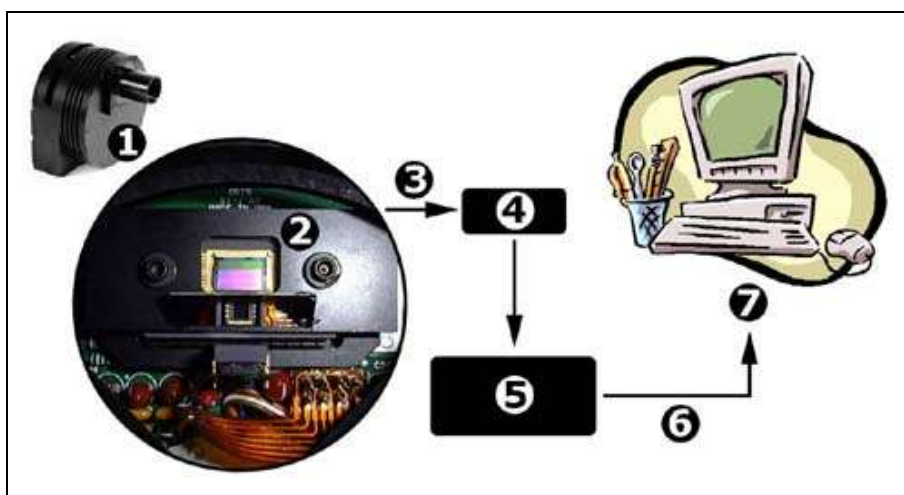


Figura 4- Esquema simplificado de uma câmara CCD. 1- Câmara CCD, 2- Sensor CCD, 3- Leitura e amplificação (sinal analógico), 4- Amplificador, 5- Conversor analógico/digital, 6- Digitalização (sinal digital), 7- Download para computador. Pedro Ré (2002).

O modo como um sensor CCD transforma uma imagem num ficheiro de computador é relativamente simples. A luz que incide num conjunto de centenas de milhares de detectores ("*pixels*"), produz cargas eléctricas, que são por sua vez lidas, medidas, convertidas em números e gravadas num ficheiro de computador. As câmaras deste tipo, necessitam portanto, de um computador (PC ou Mac) para poderem ser operadas.

Na fotografia convencional, chama-se tempo de exposição ao tempo durante o qual a película recebe luz do objecto que se quer registar. Na captação de imagens CCD, a este tempo chama-se tempo de integração. As integrações de longa duração obtidas com o auxílio de um sensor CCD enfermam fundamentalmente de três tipos de defeitos que se descrevem seguidamente.

Durante o tempo de integração, é acumulada uma interferência térmica em cada *pixel* ou elemento de imagem. O sensor CCD necessita de ser refrigerado a uma temperatura muito baixa (da ordem dos $-173^{\circ}\text{C} = 100\text{ K}$) para que este sinal seja reduzido a um nível negligenciável¹. A maioria das câmaras CCD é afectada por esta interferência, uma vez que habitualmente os sensores CCD não são refrigerados a temperaturas inferiores a -50°C . A imagem é deste modo afectada por uma corrente negra ou *dark current* (cujo nome é derivado do facto desta interferência estar presente mesmo quando o sensor se encontra no escuro).

¹ De um modo geral o ruído de uma imagem decresce 50% por cada abaixamento da temperatura de 6°C . As vantagens da refrigeração tornam-se, por isso, óbvias.

Adicionalmente existe ainda um enviesamento também designado *offset* ou *bias* que é independente do tempo de integração e da temperatura do sensor. Este *offset* é induzido pelas características do *output* do sensor CCD e dos circuitos electrónicos do processador do sinal de vídeo.

A sensibilidade à luz não é idêntica para todos os elementos que constituem um sensor CCD. Se este for iluminado por uma fonte luminosa uniforme (por exemplo o céu crepuscular ou um ecrã branco) o resultado não é necessariamente uma imagem uniforme.

Todos estes defeitos podem ser corrigidos com relativa facilidade. O pré-processamento de uma imagem obtida com um sensor CCD envolve uma série de procedimentos no computador utilizando *software* apropriado, nos quais se inclui a *subtracção* do mapa de corrente escura ou *dark frame* e mapa de *offset*, e a *divisão* pelo mapa de iluminação uniforme ou *flat field*.

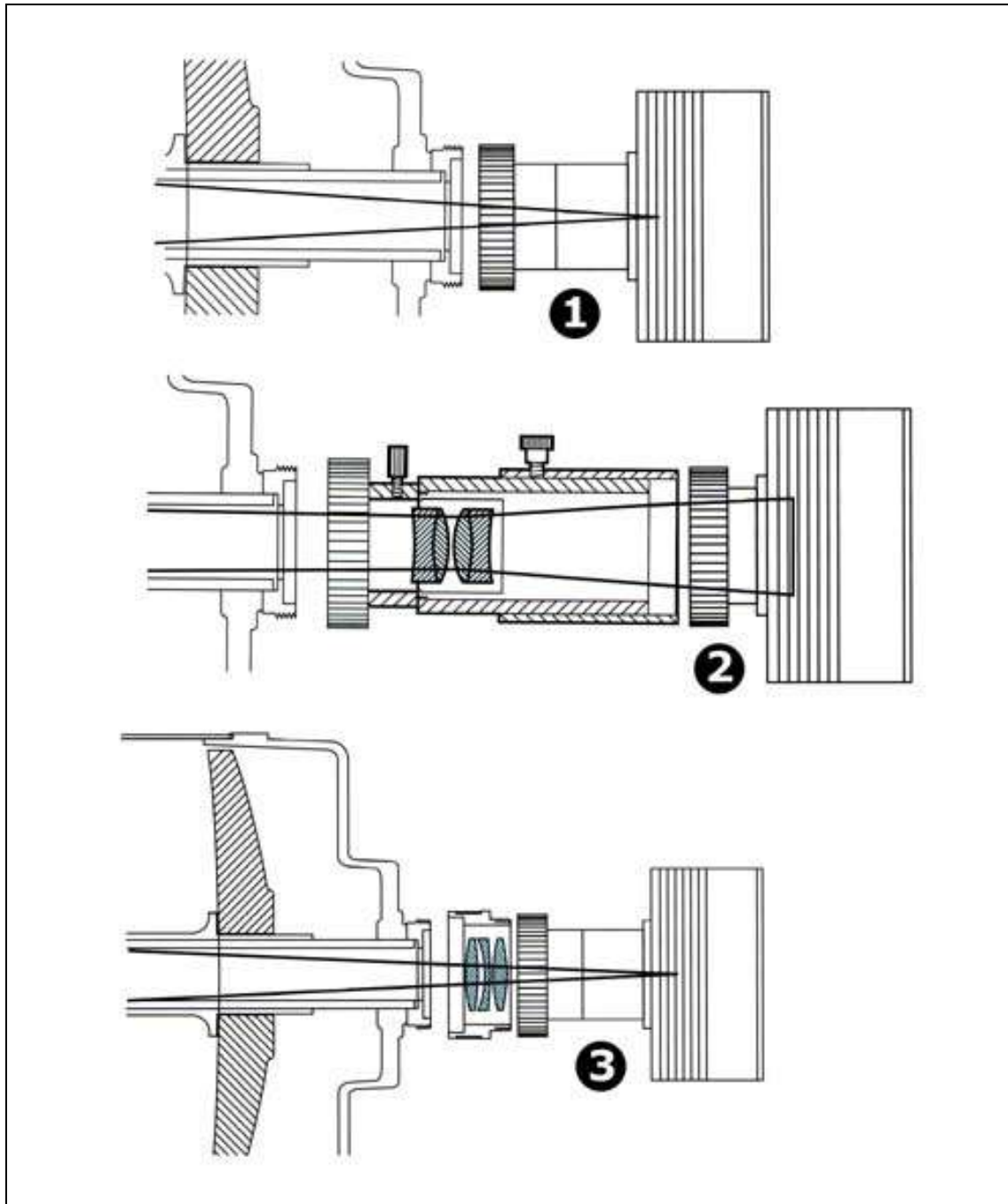


Figura 5- Como acoplar uma câmara CCD a um telescópio: 1- Foco principal; 2- Projecção (positiva); 3- Compressão.

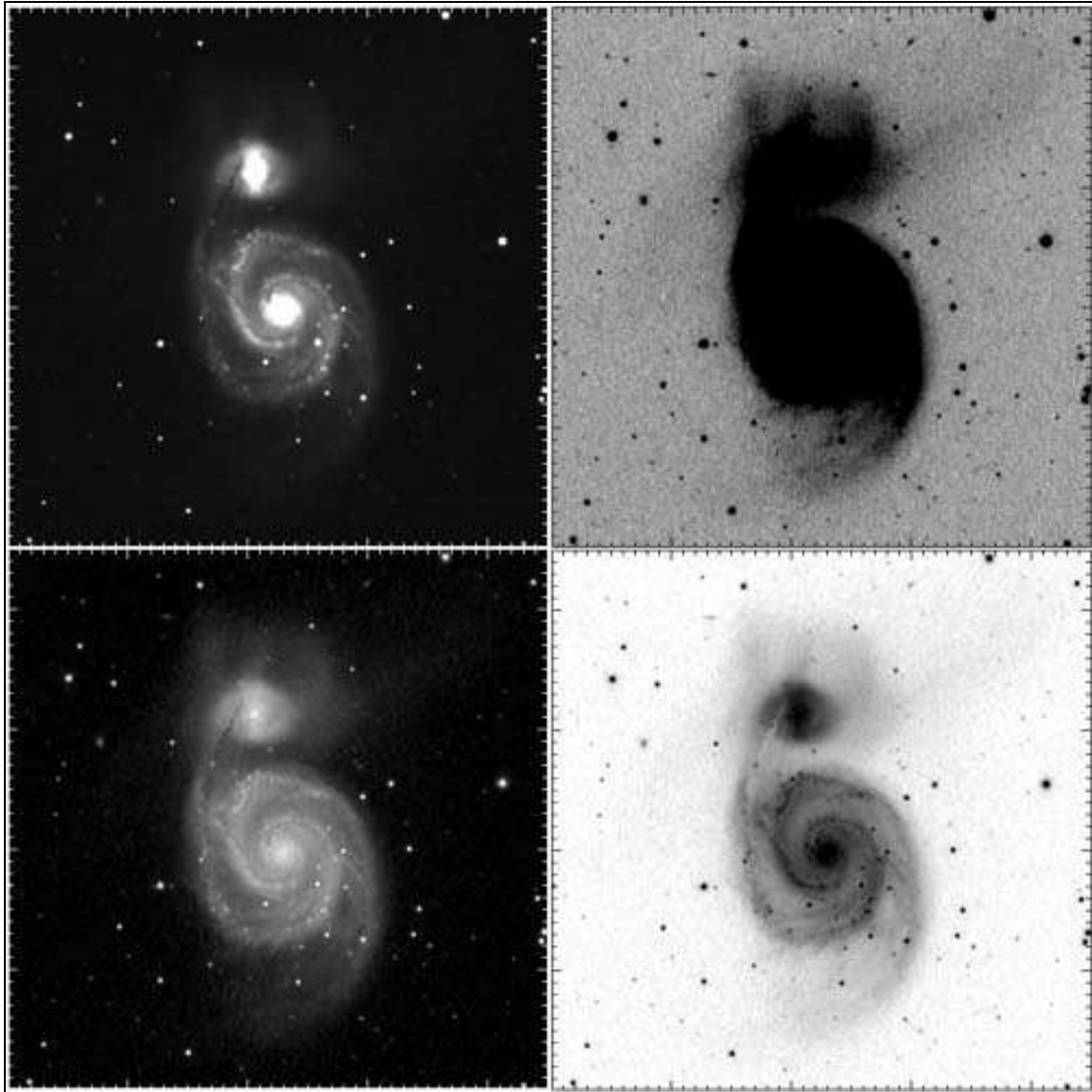


Figura 6- Exemplo de diversos métodos de visualização da informação contida numa imagem CCD (M 51). Telescópio refractor Apocromático *Takahashi* FS102 $f/8$. Câmara CCD *SBIG* ST-7. Tempo total de integração 40 min (soma de 20 imagens com 2 min). Pedro Ré (2001).

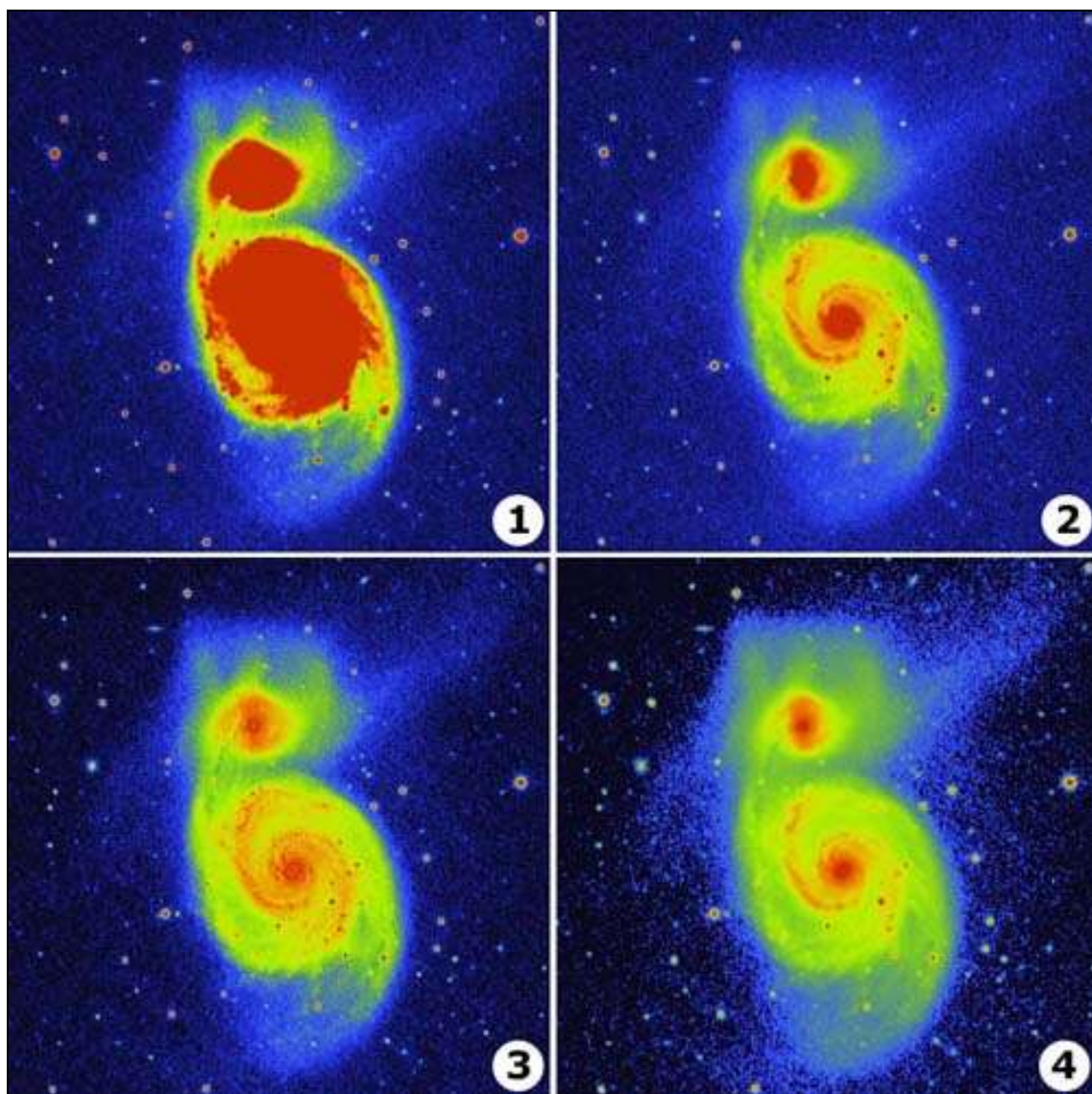


Figura 7- Imagens pós-processadas da galáxia M 51 (imagens em cor falsa). 1- Soma, 2- *logarithmic scaling*, 3- *digital development processing*, 4- *modified equalization*. Telescópio refractor Apocromático *Takahashi FS102 f/8*. Câmara CCD *SBIG ST-7*. Tempo total de integração 90 min (soma de 45 imagens com 2 min). Imagens processadas com o programa *Iris*. Pedro Ré (2001).

A maioria das câmaras CCD refrigeradas produz imagens a preto e branco. Se se pretender obter imagens coloridas (Figura 8) é necessário recorrer à utilização de filtros coloridos e de *software* e *hardware* adequados. As imagens CCD coloridas são produzidas obtendo integrações através de diversos filtros (RGB e CMY²) que são posteriormente (soma, média ou mediana). A maioria dos sensores CCD não responde de um modo equivalente a todos os comprimentos de onda do espectro visível. Por este motivo as integrações efectuadas através de cada filtro não são necessariamente idênticas. Habitualmente recorre-se a uma roda ou a um selector de filtros.

² RGB- Red, Green, Blue, (Vermelho, Verde e Azul). CMY- Cyan, Magenta, Yellow, (Cian, Magenta e Amarelo).

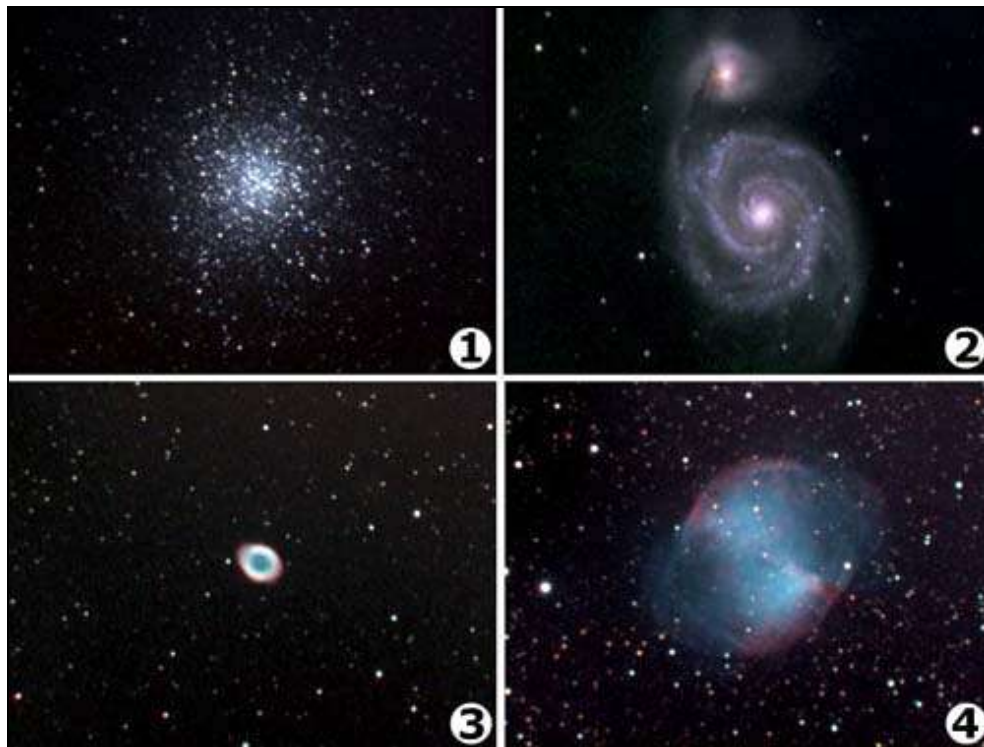


Figura 8- Imagens CCD coloridas obtidas com o auxílio de filtros (RGB). 1- M 13, 2- M 51, 3- M 57, 4- M 27. Telescópio Schmidt-Cassegrain 350 mm $f/6$. Câmara CCD MX916. Pedro Ré (1999).

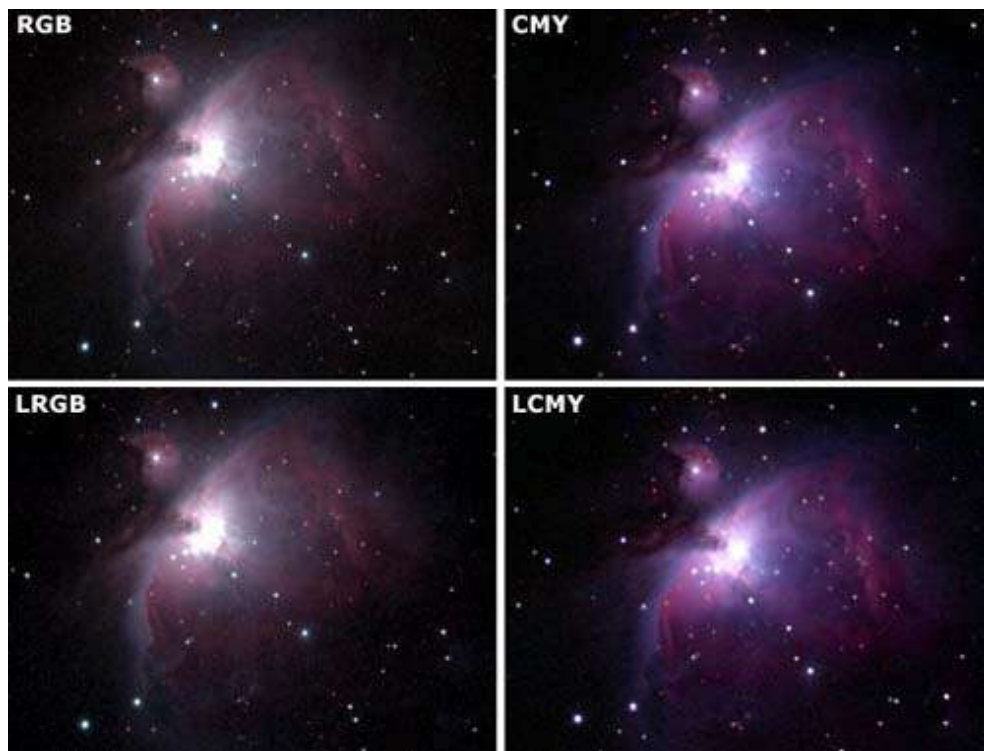


Figura 9- Imagens CCD coloridas da nebulosa M 42. Telescópio Schmidt-Cassegrain 100 mm $f/6,3$. Câmara CCD MX916. Tempo total de integração 9 min (Media de 3 imagens de 1 min obtidas através de cada filtro). A camada de luminância (L) é o resultado da soma de todas as integrações. Imagem processada com os programas *Astroart* e *Photoshop* 6.0. Pedro Ré (1999/2000).

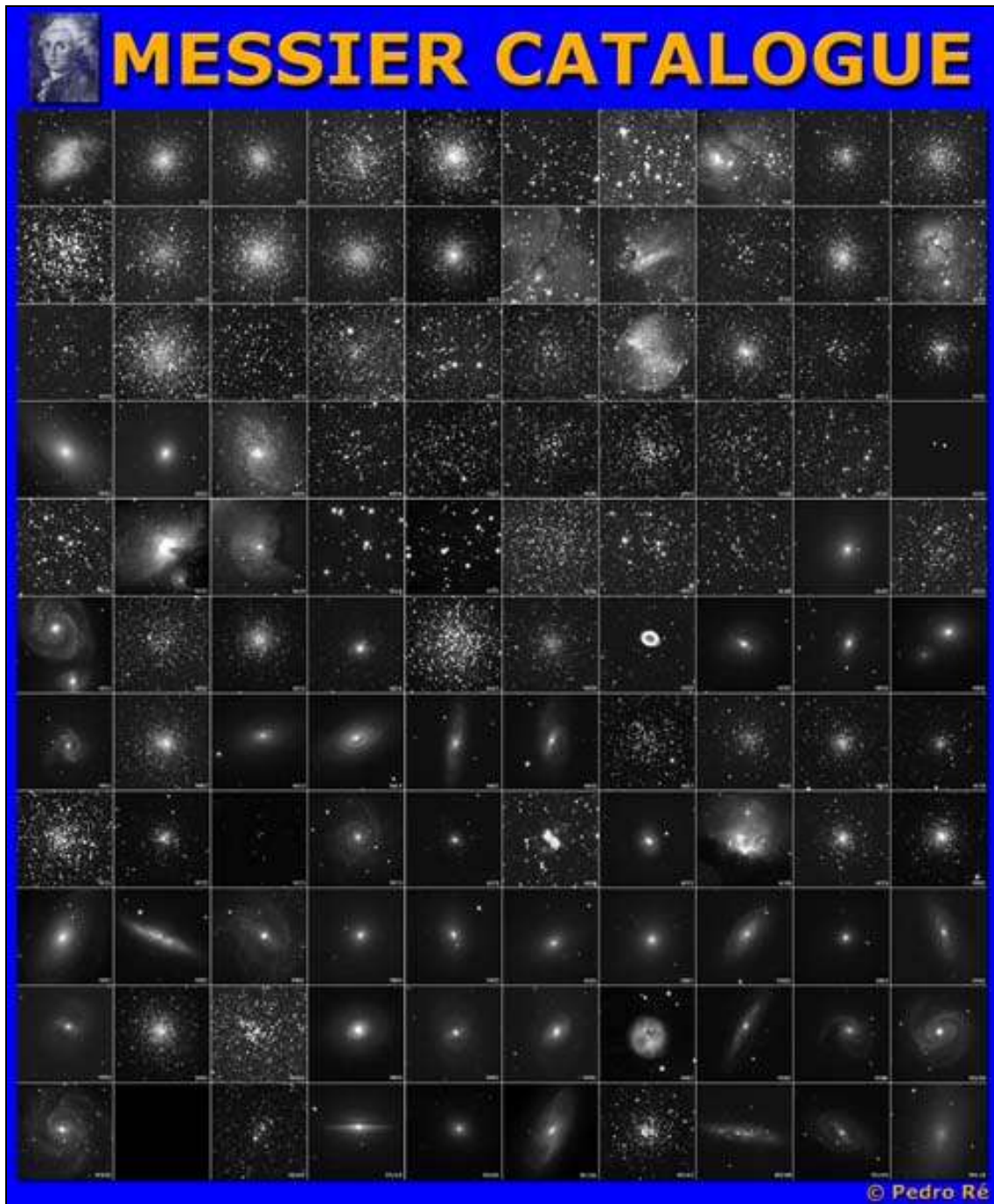


Figura 10- Catálogo Messier completo. Telescópios Schmidt-Cassegrain 350 mm $f/6$ e 100 mm $f/6,3$. Câmara CCD *Hi-sis 22*. Tempos de integração 5 a 20 min. Pedro Ré (1994/1998).