

PORQUE É QUE OS TELESCÓPIOS APOCROMÁTICOS SÃO CAROS?

PARTICULARIDADES DOS TELESCÓPIOS REFRACTORES ACROMÁTICOS E APOCROMÁTICOS

Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

Neste artigo traçam-se as principais diferenças entre telescópios refractores acromáticos e telescópios refractores apocromáticos (abreviadamente denominados "apos"), justificando alguns aspectos construtivos, técnicos e funcionais.

Comecemos por observar como é que se comporta a distância focal das objectivas dos vários tipos de refractores para a luz de diferentes comprimentos de onda. Podemos dizer "luz de diferentes cores" em vez de "luz de diferentes comprimentos de onda" dado que, para a região visível do espectro electromagnético, o nosso sistema visual interpreta diferentes comprimentos de onda como diferentes cores.

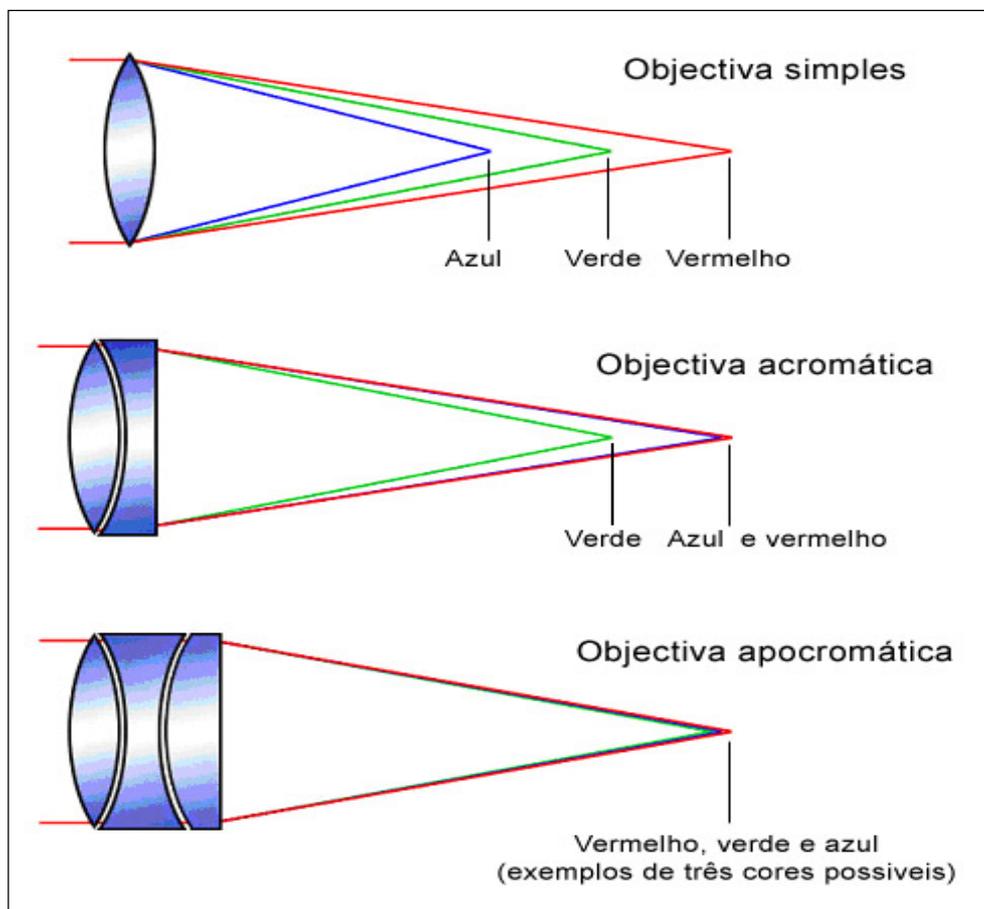


Fig. 1. Representação esquemática do comportamento de diversos tipos de objectivas de refractores. De cima para baixo: lente simples, objectiva acromática e objectiva apocromática. Os refractores que têm uma lente simples como objectiva já não são utilizados e o seu interesse é apenas histórico. As diferenças de distância focal em função da cor da luz foram muito exageradas, para maior clareza, assim como a espessura das objectivas.

Os olhos humanos são sensíveis *grosso modo* à luz de comprimentos de onda entre os 400 nm e os 700 nm (1 nanómetro=1 nm=1x10⁻⁹ m=0,000 001 mm). A sensibilidade visual é máxima para cerca de 550 nm (com iluminação relativamente intensa) e decai acentuadamente para valores menores e maiores do comprimento de onda: por exemplo, para o vermelho extremo (656 nm), a sensibilidade visual é menos de 1/12 do que para 550 nm; do outro lado do espectro visível, para a luz violeta (436 nm), somos 50 vezes menos sensíveis do que para 550 nm. Na adaptação à obscuridade, o máximo de sensibilidade visual

verifica-se para a luz de comprimento de onda de 507 nm, decaindo também para a luz de maiores e menores comprimentos de onda.

Na verdade, as representações visíveis na Fig.1 não passam de simplificações, pois referem-se apenas ao comportamento dos pontos da superfície útil da objectiva situados 70% do seu raio (70,7%, para ser exacto, correspondendo a metade da raiz quadrada de 2). Escolhe-se geralmente esta região porque delimita a área útil da objectiva em duas partes de áreas iguais: a parte externa (incluindo as regiões da superfície da lente afastadas mais de 0,7 R do seu centro) e a parte interna (que inclui as regiões afastadas menos do que 0,7 R do centro da lente). Por outras palavras, usando como exemplo cómodo uma objectiva de $D=200$ mm ($R=100$ mm), 50% da sua área útil fica dentro de um círculo de raio 7,07 cm e os outros 50% ficam numa coroa circular de raios compreendidos entre 7,07 cm e 10 cm. Desse modo as contribuições opostas dessas duas áreas compensam-se o melhor possível.

Este comportamento das objectivas acromáticas e das objectivas apocromáticas mostra-se de um modo mais informativo na Fig.2, para a região dos 70,7%. Nesta figura, o eixo vertical refere-se ao comprimento de onda da luz e a cor violeta (comprimento de onda aproximadamente entre 400 nm a 435 nm) fica abaixo da azul. O eixo horizontal refere-se aos desvios da distância focal em relação à distância focal (f) para o comprimento de onda de referência, 546 nm, (cor verde-amarelada), assinalada pela linha tracejada vertical. Os desvios para o lado direito significam *distância focal maior* e cada divisão vale 250 μ m (0,250 mm) no gráfico da objectiva acromática. No caso da objectiva acromática, a distância focal é mínima para 546 nm e tem valores iguais (e maiores para a luz vermelha e azul), assim como para vários outros pares de cores; para as cores extremas do espectro visível, o desvio da distância focal pode ultrapassar ± 1 mm em relação ao valor f de referência, embora a sensibilidade visual, aí, seja pequena. No caso da objectiva apocromática (a menor divisão horizontal vale 125 μ m) a distância focal é a mesma para 3 (por vezes 4) cores e na *totalidade* do espectro visível desvia-se muito pouco em relação ao valor f de referência (no exemplo da figura, o desvio não excede $\pm 0,1$ mm): se a objectiva apocromática tivesse $f=1000$ mm, o desvio relativo não excederia $0,1/1000=1/10\ 000$!

Como se pode ver na figura 2, uma objectiva de dois elementos apresenta uma curva com 1 extremo (um só vértice) e uma de três elementos apresenta dois extremos. Em geral, para uma objectiva constituída por n elementos, a curva apresentará $n-1$ extremos

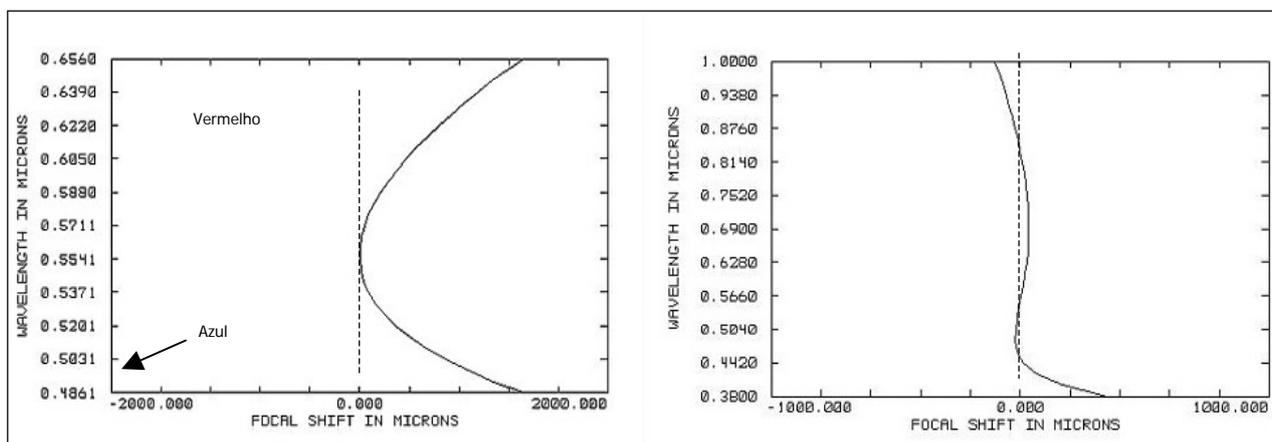


Fig. 2. Representações dos desvios da distância focal em função do raio da região considerada, para a região dos 70%, no caso de uma objectiva acromática (à esquerda) e para uma apocromática (à direita). O pior comportamento nas objectivas acromáticas verifica-se para a luz violeta. Adaptado de TMB Optical.

Escrevi anteriormente que os esquemas das figuras 1 e 2 são simplificações, dado que se referem apenas à região da objectiva a 70% do seu raio. De facto, se fizermos as representações para vários valores do raio de uma mesma objectiva, entre 0 e R (e não apenas para a região 0,7 R), sendo a R correspondente à periferia da objectiva em questão, obteremos, para uma objectiva acromática e para uma apocromática, os gráficos que se mostram na Fig. 3.

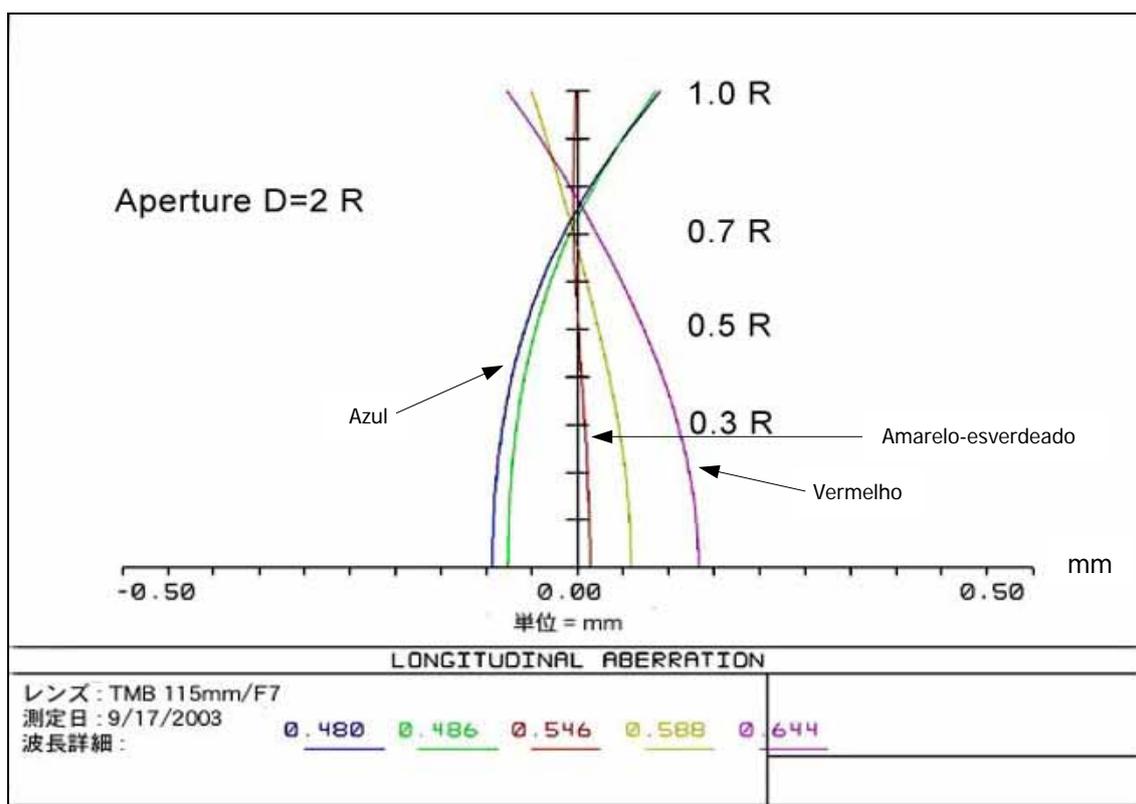


Fig. 3. Aberração esférica num refrator apocromático. Observa-se subcorreção da objectiva para a luz azul, visto que a distância focal é maior para as regiões mais afastadas do seu centro do que para a região central. Adaptado de TMB Optical.

Por vezes diz-se que são os tratamentos anti-reflexo que "fazem" um telescópio apocromático. Embora seja verdade que um bom tratamento anti-reflexo melhora o desempenho de um refrator, isso influencia só o factor de transmissão de luz e, em parte, o contraste das imagens observadas; mas não tem nenhum efeito correctivo das aberrações, nem das aberrações monocromáticas (aberração de esfericidade, coma, astigmatismo, distorção, curvatura de campo) nem das aberrações policromáticas (aberração de esfericidade longitudinal (ou axial) e transversal (ou lateral)). Nenhum tratamento de superfície (*coating*) permitirá transformar um telescópio acromático num apocromático, mesmo que esse telescópio acromático seja de excelente fabrico e de óptima concepção. A diferença não está aí. A superioridade dos telescópios apocromáticos em relação aos acromáticos deve-se a vários outros factores:

1. Maior correcção cromática, permitindo que em três cores a distância focal seja a mesma (só duas cores para os acromáticos) e garantindo que para todas as outras cores do espectro visível não haja variação muito significativa da distância focal com a cor (diferenças muitíssimo maiores nos acromáticos, sobretudo para os extremos vermelho e violeta do espectro visível).
2. Um refrator apocromático corrige coma e aberração de esfericidade em duas cores (uma só cor no telescópio acromático) e apresenta em geral aberrações residuais bastante menores do que os acromáticos.
3. Um bom telescópio apocromático apresenta aberração esférica significativamente menor do que um acromático. Convém referir que a aberração esférica é a variação da aberração de esfericidade com o comprimento de onda (cor) da luz. Em geral a aberração de esfericidade (Fig. 3) é minimizada para um dado comprimento de onda da luz, em geral 546 nm (verde amarelado). No entanto, o mesmo telescópio é quase sempre sobrecorrigido para algumas outras cores e subcorrigido para outras. Na Fig. 3, pode vê-se que o telescópio já é subcorrigido para a luz azul (curva com a concavidade voltada à direita e com curvatura mais acentuada) e é sobrecorrigido para a luz vermelha (a curva mais à direita, com a concavidade voltada para a esquerda).
4. Em consequência da sua melhor correcção, os telescópios apocromáticos concentram as imagens de estrelas em manchas de menor dimensão do que os acromáticos (fig. 4), garantindo maior contraste na observação de objectos extensos (Lua, planetas, Sol, nebulosas, galáxias). E fazem isto numa

maior extensão do campo do que os instrumentos acromáticos: estas imagens revelam superior qualidade não apenas no centro do campo visual mas em praticamente todo o campo.

5. Estas vantagens permitem construir refractores apocromáticos com relação focal relativamente curta ($f/6$, ... $f/8$), assegurando boa qualidade, quando um refractor acromático daria resultados muito inferiores com essa mesma relação focal. No entanto, os refractores acromáticos de relação focal mais longa, embora continuem inferiores aos acromáticos, esbatem parcialmente a diferença: por exemplo, um refractor acromático, bem construído, de abertura 100 mm e relação focal $f/12$, dá resultados muito aceitáveis, mas tal situação conduz-nos rapidamente a refractores acromáticos de comprimento inaceitável à medida que a sua abertura aumenta. No entanto, um bom telescópio apocromático de 100 mm pode ser feito com relação focal $f/7$ e melhor que o acromático $f/12$ de igual abertura, proporcionando um instrumento mais portátil para observação visual e cobrindo um campo mais amplo em astrofotografia, mas é ... 5 a 7 vezes mais caro (preços para o tubo óptico, sem considerar a montagem que o suporta).
6. Em consequência da sua maior correcção, os telescópios apocromáticos permitem (se a turbulência atmosférica for suficientemente baixa no momento da observação) o uso de ampliações maiores do que os acromáticos (para igual abertura) antes de a imagem começar a esbater-se, perdendo contraste e nitidez.

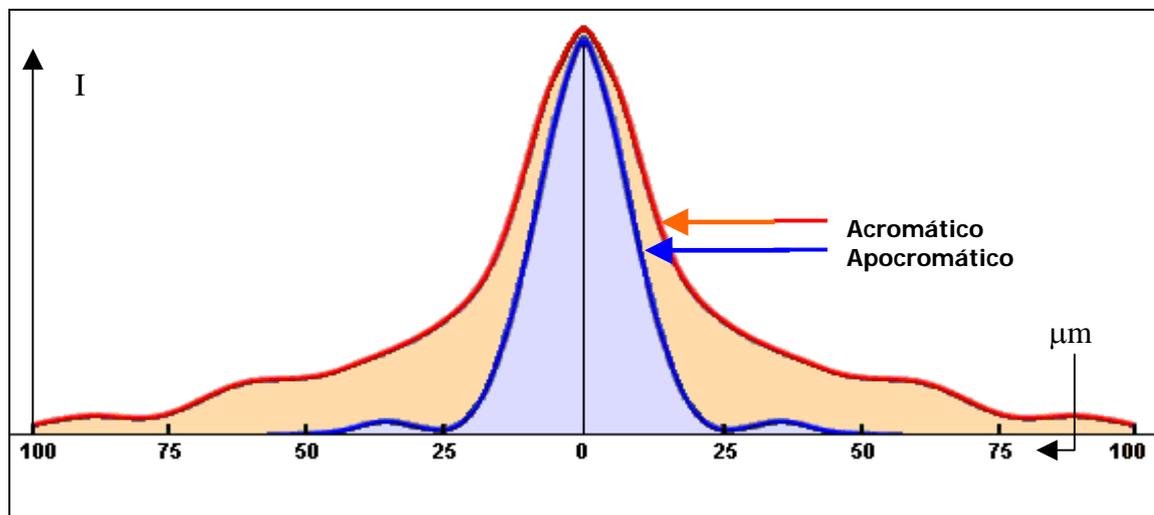


Fig. 4. Distribuição comparada de intensidade na figura de difracção produzida por um refractor acromático e por um refractor apocromático. Os refractores apocromáticos são muitas vezes abreviadamente designados como "apos".

O desempenho superior dos telescópios apocromáticos é conseguido com o uso de vidros muito mais caros do que os que se utilizam num refractor acromático comum. A correcção será ainda melhor numa objectiva tripla, desde que bem projectada e construída. Entre um vidro óptico de superior qualidade e baixa dispersão (número de Abbe elevado) e um vidro óptico comum de alta qualidade, a relação de preços pode ser da ordem de vinte para um.

Depois de tudo isto, as objectivas dos melhores apocromáticos são montadas nas suas células de suporte construídas meticulosamente (Fig. 5), em geral com compensação de temperatura, para que os elementos ópticos nunca fiquem demasiado apertados nem demasiado frouxos quando a temperatura varia. As lentes constituintes da objectiva são montadas meticulosamente, ajustando-se as diversas lentes umas em relação às outras em posição, centragem e inclinação. Em alguns casos segue-se o retoque manual de uma ou mais superfícies ópticas, para aprimorar o desempenho da objectiva. Em algumas objectivas a correcção da frente de onda é verificada com um interferómetro, emitindo-se um certificado de qualidade específico para cada exemplar produzido.



Fig. 5. Célula de uma objectiva apocromática vista do exterior (à esquerda). À direita vê-se o interior da célula, evidenciando-se os dispositivos de alinhamento e compensação de temperatura. Adaptado de TMB Optical.

Todos os cuidados e procedimentos construtivos tornam a óptica apocromática mais cara: veja-se que, além de materiais mais caros na origem há ainda um fabrico muito cuidadoso e exigente e depois disso segue-se um conjunto de operações de ajuste e optimização que são demorados/exigentes e consequentemente têm o seu preço. A somar a isto, muitas vezes há diferenças significativas na parte mecânica. Alguns tubos são feitos com grandes cuidados mecânicos (máquina ferramentas CNC), utilizam-se focadores de precisão, as tolerâncias e o controlo de qualidade são mais severos, etc. Estas são as principais razões para os custos mais elevados dos telescópios apocromáticos.

Em geral as objectivas dos refractores apocromáticos são constituídas por 3 a 4 lentes (denominadas "elementos") espaçadas por intervalos de ar ou unidas por um óleo especial entre elas que evita a variação brusca do índice de refração entre uns e outros elementos, reduzindo as perdas de luz por reflexão. Por isso, uma objectiva unida por óleo (*oil-spaced*) tem um factor de transmissão de luz ligeiramente maior do que uma com lentes espaçadas a ar (*air-spaced*), mas a correcção das aberrações fora do eixo é melhor nas objectivas espaçadas a ar.

Utilizando *fluorite*, que é quimicamente fluoreto de cálcio monocristalino (CaF_2), é possível construir objectivas de dois elementos (um deles em fluorite) que merecem a designação de objectivas apocromáticas; a sua curva de variação da distância focal com o comprimento de onda da luz assemelha-se à dos telescópios acromáticos (Fig.2 do lado esquerdo), *mas* o vértice da curva é mais plano, assegurando pequena variação dessa distância focal num intervalo apreciável de cores.

Até agora não foi feita nenhuma referência aos telescópios ditos "semiapocromáticos" (abreviadamente conhecidos como "semiapos"). Na realidade tal conceito é difuso. Um telescópio semiapocromático é na realidade um *telescópio acromático melhorado*, com um comportamento intermédio entre os acromáticos e os apocromáticos. Um "semiapo" apresenta geralmente uma correcção 2 a 3 vezes melhor do que um acromático, ficando mais perto deste do que de um verdadeiro apocromático cuja correcção é geralmente 10 vezes melhor do que a de um acromático.

Os refractores com objectivas de dois elementos, comercializados com a designação "ED" (que significa que um dos elementos é feito com um vidro de dispersão de cor muito baixa—*Extra-low dispersion*) são geralmente telescópios semiapocromáticos embora por razões comerciais sejam muitas vezes publicitados como apocromáticos.

Em alguns casos, um refractor acromático bem construído pode dar resultados muito satisfatórios desde que se cumpram determinados requisitos. O leitor pode encontrar informação adicional a este respeito em algumas partes do artigo "O telescópio ideal", publicado no número 28 da revista *Astronomia de Amadores*. Este último artigo pode também ser acedido on-line através do link:

http://www.astrosurf.com/apaa/GA/O_%20telescopio_ideal.pdf

Referências:

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

RUTTEN, H E VENROOIJ, VAN— *Telescope Optics*, Willmann-Bell, Inc., Virgínia, USA, 4th printing 1999.

COMO TRANSFORMAR UM POMBAL NUM OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO

Carlos Gouveia
capgouveia@gmail.com

Introdução

Quero partilhar convosco, através deste artigo, a história de mais um iniciado nestas andanças da astronomia amadora e em particular na astrofotografia digital. No presente artigo descreverei a transformação de um pombal num observatório.

Comecei por ler vários artigos na *net* sobre os mais variados conjuntos (telescópios/montagens) e as suas relações (preço/qualidade) e em particular os livros (*Fotografar o céu* e *Telescópios*) dos autores Pedro Ré e Guilherme de Almeida respectivamente. Tive em conta os conselhos da pessoa que me vendeu o meu *setup* o Rui Tripa da (casa *Perseu*) e de todos aqueles que na Atalaia (ponto de encontro de muitos astrónomos amadores) tive a oportunidade de conhecer.

Tendo em conta as minhas possibilidades económicas, numa primeira fase optei por me dedicar às observações visuais, incluindo objectos do Sistema Solar. Para isso (tendo já em vista alguma astrofotografia) adquiri, no final de 2005, um tubo C11 da *Celestron*, uma montagem G11 da *Losmandy* e uma webcam *Toucam*. Nessa altura já tinha uma câmara fotográfica, a *Canon 350D*.

Como a teoria só por si não chega, passei a ir sempre que possível à Atalaia, aos fins-de-semana, para beneficiar da ajuda daquele excelente grupo de pessoas quanto à colocação do referido telescópio em estação. Esses observadores, como eu, adoram contemplar o céu e registar o que ele tem de extraordinário e belo para nos mostrar. O convívio permitiu-me ao mesmo tempo usufruir de toda a experiência adquirida por aquele grupo de pessoas já lançadas.

De facto, e por experiência própria, transportar um tubo e uma montagem como o *Celestron* C11 e a *Losmandy* G11 (com "go to") de um lado para o outro não é certamente uma tarefa fácil do ponto de vista do esforço físico, para não falar no risco que se corre relativamente à integridade física dos próprios instrumentos, dado o seu peso e tamanho. Depois, o processo paciente e moroso, de montar e desmontar, nivelar, alinhar, calibrar e, por vezes colimar o telescópio mostrava-se cansativo e frustrante. E isso tinha de se repetir cada vez que se transportava o conjunto de um lugar para outro. A necessidade de um observatório para evitar esses problemas fastidiosos começava a evidenciar-se.

Desde o início já considerava a transformação do referido pombal no futuro observatório, contudo existiam quanto a mim dois factores de extrema importância a considerar:

1. A aprendizagem e a necessidade de estar familiarizado com o conjunto adquirido. De facto, para quem pretende fazer astrofotografia de alta resolução, o facto de ter lido ou ouvido umas coisas, aqui ou ali, por si só não chega de modo algum.

2. A situação financeira de cada um face aos objectivos que se propõe alcançar. Isto constitui um factor tão importante como o anterior, ou ainda mais, dado que impõe limites ao que se ode fazer.

Pois bem, será a partir do acima descrito que vos irei tentar descrever a minha breve história que começou pela necessidade de adquirir um espaço físico minimamente suficiente para fixar o meu conjunto e o respectivo astrónomo amador e o desenvolvimento da ideia de como se poderá transformar um pequeno pombal num observatório astronómico funcional.

No meu caso particular, tive a sorte de o meu pai ter em sua posse um terreno situado próximo da linda vila de Palmela, com habitação e um galinheiro por cima, no qual se encontra o tão desejado pombal.

Dado que o dinheiro constitui um problema de muita gente, e eu não sou excepção, pensei com cuidado. Verifiquei que aquele espaço, já edificado com tijolo de 7 cm, apresentava as seguintes medidas interiores: comprimento: 2,20 m; largura: 1,70 m; altura: 1,85 m. Estas eram minimamente suficientes para lá caber o telescópio e o astrónomo amador. Pus-me a pensar na forma de resolver o problema do tecto/cobertura sem que tivesse de despender muitas economias. Estava a consultar no site de Pedro Ré as imagens relativas aos diferentes tipos de observatórios já construídos pelos nossos astrónomos amadores quando de repente me veio uma ideia à cabeça: porque não fazer um tecto em alumínio como se de uma normal janela se tratasse? Será que existiria a possibilidade de o fazer?

Contactei várias empresas de venda e montagem de alumínio e levei os responsáveis ao local, tendo verificado que nenhuma das pessoas declinou a viabilidade de o fazer, unicamente variava o valor do orçamento.

Depois de concordar com um dos valores orçamentados, passo a relatar como foi efectuada a montagem do referido tecto móvel. Acompanharei essa explicação com algumas fotos que tentarão elucidar melhor como as coisas foram feitas.

Trata-se de uma montagem simples constituída por duas chapas em alumínio sobrepostas em forma de tecto falso, ou caixa-de-ar, dentro da qual foi colocada uma placa de esferovite com aproximadamente 2 cm de espessura com o intuito de produzir algum isolamento térmico e reduzir um pouco a temperatura interior nos meses de Verão. Esta janela corre num caixilho com o dobro do comprimento do observatório conforme se pode ver na Figura 1.



Figura 1

O fecho é feito por dentro, à semelhança das janelas existentes nas nossas casas, contendo vários puxadores aparafusados no tecto, também pelo interior. Deste modo é possível abrir ou fechar totalmente a cobertura a partir dum mesmo sítio, sem termos de mudar de lugar. A Figura 2 mostra o tecto visto de dentro e um desses puxadores.



Figura 2

Trata-se na minha opinião de uma montagem simples e pouco dispendiosa. Demorou unicamente um dia a montar. O custo rondou os 900 euros, incluindo a porta de entrada também em alumínio.

Fiz a opção pelo alumínio lacado em cor branca, bem como a pintura das paredes com membrana em branco, de modo que permita a máxima reflexão dos raios solares nos meses de Verão.

Sobre o alumínio entendo existirem algumas mais valias pois trata-se de um material leve e sem a necessidade de quaisquer tratamentos futuros. No entanto apresenta uma desvantagem: durante os meses de Inverno, principalmente quem viva em locais muito húmidos, a excessiva acumulação de humidade durante a noite na chapa de alumínio no interior, sob a forma de pequenas gotas de água que podem cair para cima do telescópio. No entanto, esta desvantagem poderá ser minimizada com a introdução de um desumidificador ligado a um temporizador que o colocará em funcionamento pelo período que entenderem ser o mais adequado ao vosso local.

Quanto à parte eléctrica, esta foi puxada do galinheiro existente na parte inferior e colocada uma tomada exterior com terra, na qual foi ligada uma régua de seis saídas também com terra e com interruptor de corte de corrente. A Figura 3 mostra a instalação eléctrica interior, o temporizador e o referido desumidificador.



Figura 3

As Figuras 4 a 11 ilustram a montagem do referido tecto móvel. Finalmente o observatório completo é ilustrado nas figuras 12 e 13.



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13

CÂMARAS CCD REFRIGERADAS. A ETERNA BATALHA CONTRA O RUÍDO.

Pedro Ré

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

António Peres Gomes

peres.gomes@sapo.pt

As imagens CCD obtidas com o auxílio de uma câmara CCD refrigerada apresentam sempre, em maior ou menor grau, uma quantidade apreciável de ruído. Este ruído é no essencial proveniente: (i) da electrónica da câmara CCD; (ii) do sensor CCD; (iii) do processo de leitura do sensor CCD e (iv) do processamento digital das imagens.

O ruído presente nas imagens pode ser facilmente reduzido na maioria dos casos. Quanto mais baixa for a temperatura do sensor CCD menor será a quantidade de ruído presente nas imagens. De um modo geral, o ruído de uma imagem decresce 50% por cada 6 °C de refrigeração. Este só atinge valores negligenciáveis quando a temperatura do sensor for reduzida para valores criogénicos (-173 °C = 100 K). Na maioria das câmaras CCD, o *chip* só pode ser refrigerado até cerca de 35 °C abaixo da temperatura ambiente. Isto significa que o ruído é cerca de 1/64 menor do que o obtido sem refrigeração (Figura 1 e 2).

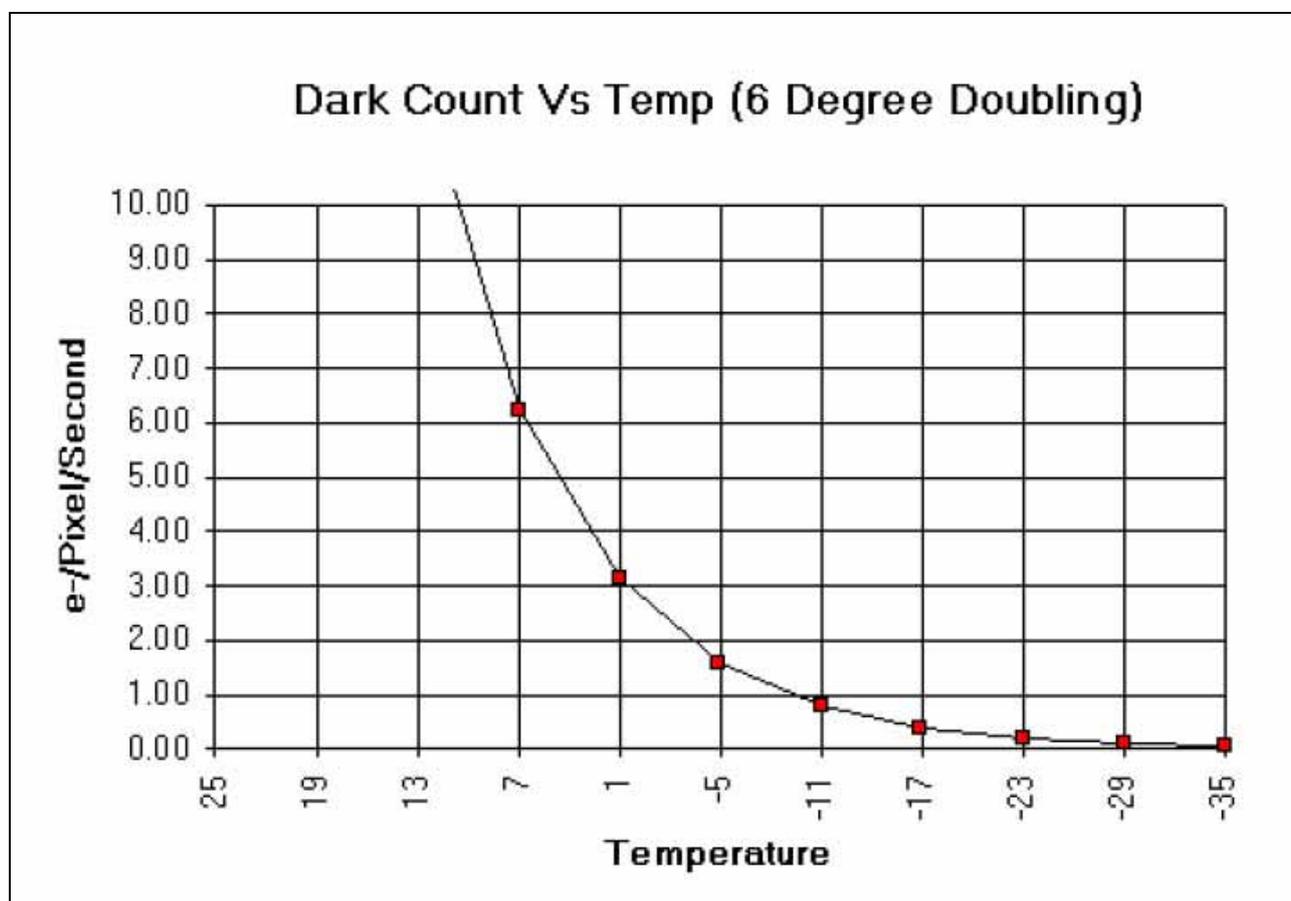


Figura 1- Diminuição do ruído de uma imagem CCD em função da temperatura do sensor. Fonte CCD University <http://www.ccd.com/ccd109.html>.

A relação sinal/ruído de uma imagem CCD pode ser definida como a razão entre o sinal e o ruído presentes na imagem. Habitualmente esta relação é difícil de determinar com rigor. As integrações longas apresentam sempre uma relação sinal/ruído melhor, uma vez que de um modo geral, o sinal aumenta mais rapidamente que o ruído (Figura 3). A combinação de imagens é um outro processo de melhorar a relação sinal/ruído. Isto significa que se podem obter imagens com um tempo de integração reduzido (1 a 5 min) que são posteriormente combinadas utilizando *software* adequado. Os melhores resultados são, no entanto, obtidos quando se combinam imagens com um tempo de integração mais longo do que o referido. Isto deve-se ao facto das imagens com estas características apresentarem uma relação sinal/ruído superior. A temperatura do sensor CCD é igualmente importante. Quanto mais baixa for a temperatura melhor será a relação sinal/ruído.

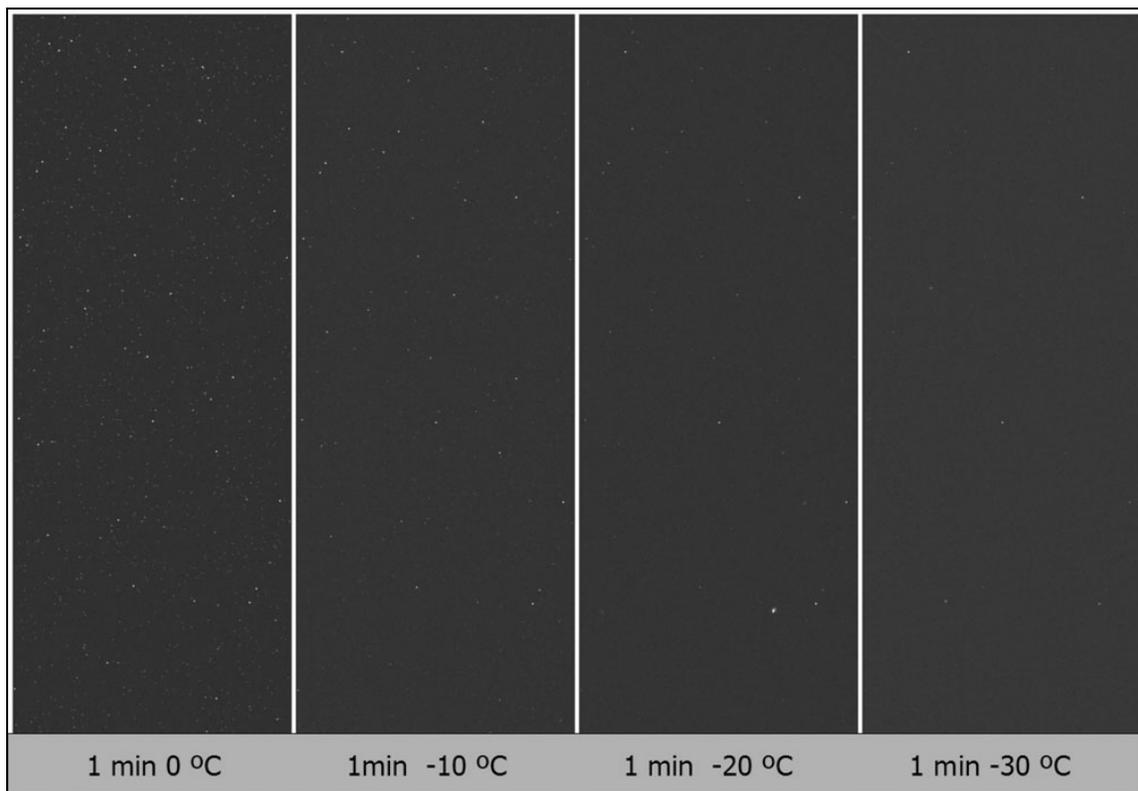


Figura 2- Mapas de corrente negra ou *dark current* obtidos a diferentes temperatura do CCD. O tempo de integração foi em todos os casos de 1 min. Câmara CCD SBIG ST-8XE. Luís Ramalho (2006).

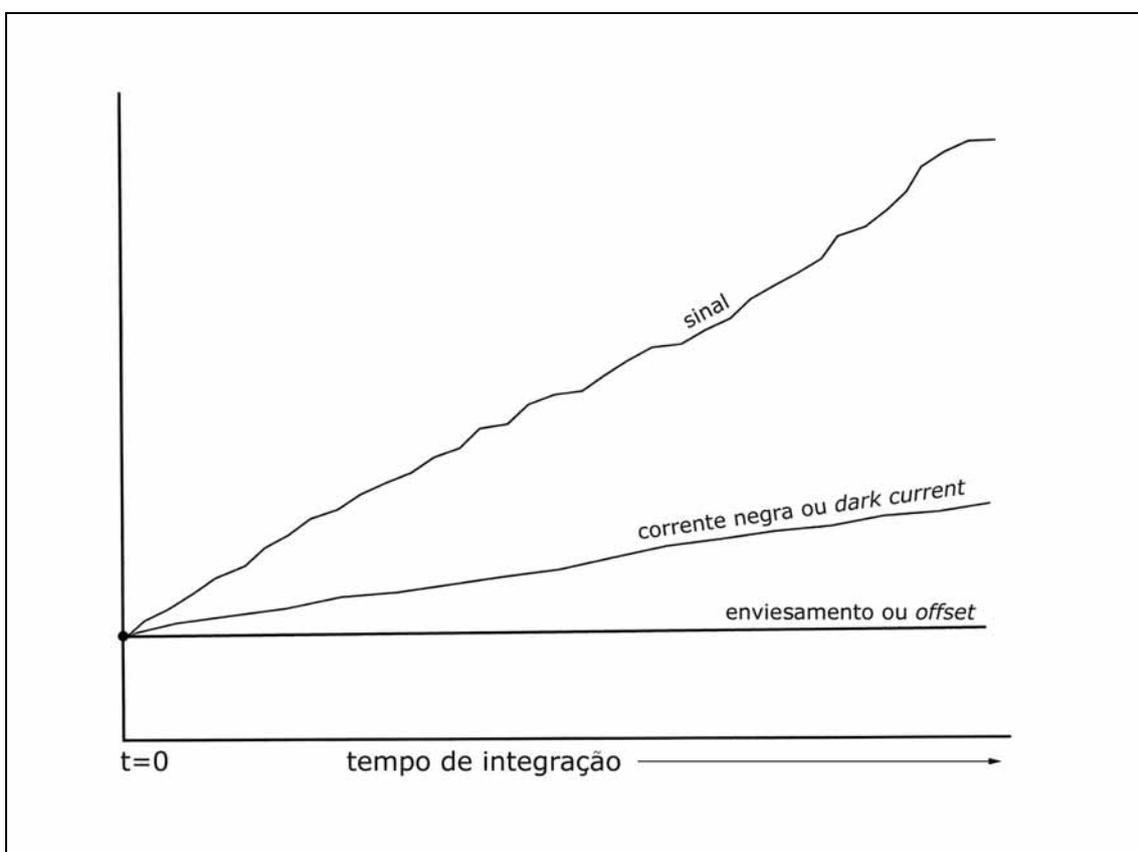


Figura 3- Relação entre o tempo de integração e a informação presente nas imagens CCD. As integrações longas apresentam sempre uma relação sinal/ruído mais elevada, uma vez que de um modo geral o sinal aumenta mais rapidamente que o ruído. Adaptado de Berry e Burnell (2000). *The handbook of astronomical image processing*. Willmann-Bell, Inc.

Por todos estes motivos é essencial refrigerar os sensores das câmaras CCD de um modo adequado para que o ruído presente nas imagens seja o mais baixo possível. Uma câmara CCD refrigerada é habitualmente constituída por um determinado conjunto de componentes que são essenciais ao seu funcionamento. Estes elementos são ilustrados na Figura 4.

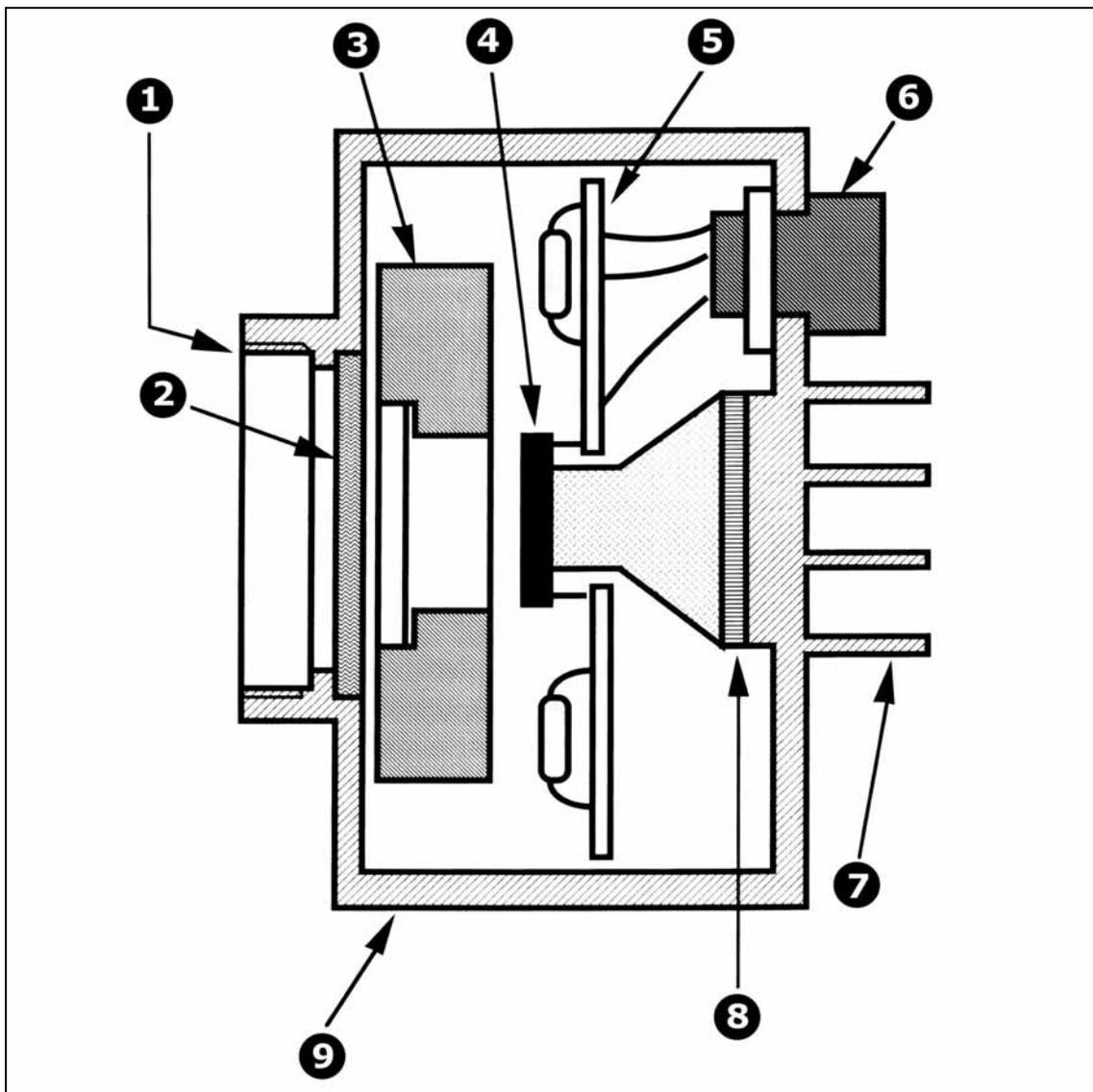


Figura 4- Constituição de uma câmara CCD refrigerada: 1- Adaptador standard (rosca M42), 2- janela óptica, 3- obturador mecânico, 4- sensor CCD, 5- circuito de pré-amplificação, 6- ficha de ligação estanque, 7- sistema de arrefecimento, 8- Peltier, 9- caixa estanque.

A maioria das câmaras CCD existentes no mercado (2006) permitem refrigerar o sensor até cerca de 35 °C abaixo da temperatura ambiente. Isto significa que os sensores CCD raramente são refrigeradas até temperaturas inferiores a - 40°C. Esta refrigeração é quase sempre assegurada por um sistema de 1 ou mais (2 ou 3) Peltiers.

Existe no entanto um processo muito simples que nos permite diminuir a temperatura do sensor da câmara CCD de um modo muito mais efectivo, recorrendo a um circuito de água refrigerada. Este sistema deve ser usado sobretudo quando as temperaturas ambientes são elevadas (primavera e verão). É sobretudo nestes períodos que se torna difícil refrigerar de um modo adequado as câmaras CCD se recorrermos somente ao efeito termoeléctrico dos Peltiers.

Algumas câmaras existentes do mercado (e.g. SBIG <http://www.sbig.com>) são equipadas com um sistema que permite fazer circular água previamente refrigerada numa câmara próxima do sensor CCD (Figura 5). Se recorrermos a este método podemos refrigerar de um modo muito mais eficiente a nossa câmara CCD com enormes vantagens na nossa eterna batalha contra o ruído. Torna-se assim possível refrigerar o detector electrónico até cerca de 45 °C abaixo da temperatura ambiente. Refrigerar o CCD a -20 °C durante uma noite quente de verão é deste modo uma tarefa muito fácil recorrendo a este processo.

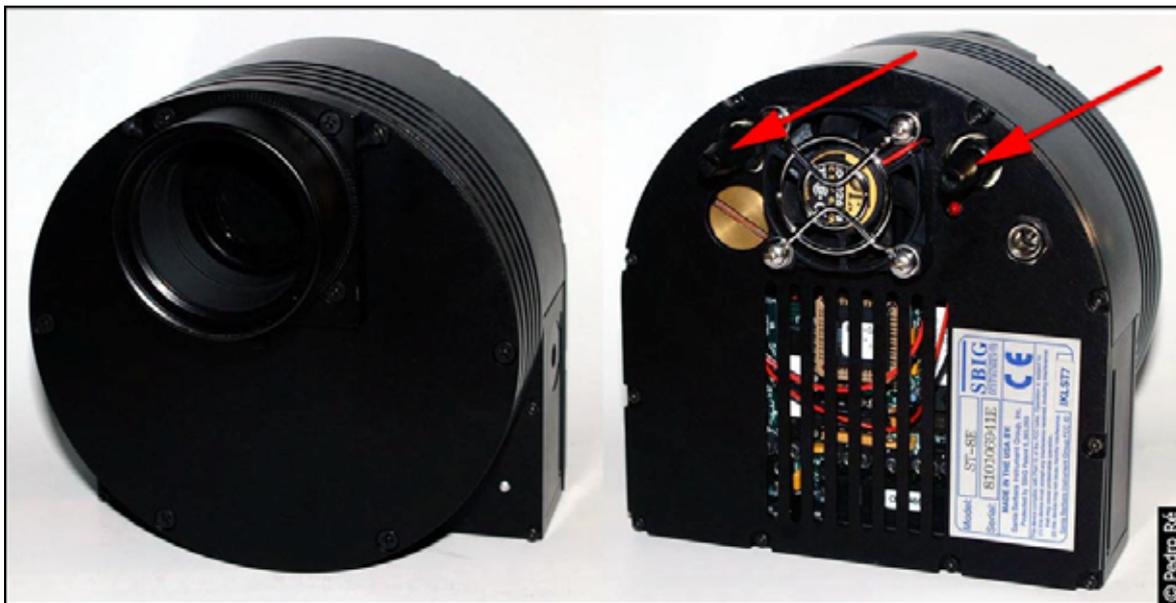


Figura 5- Câmera SBIG ST-8E. O sistema de circulação de água é indicado na imagem da direita. Pedro Ré (2003).

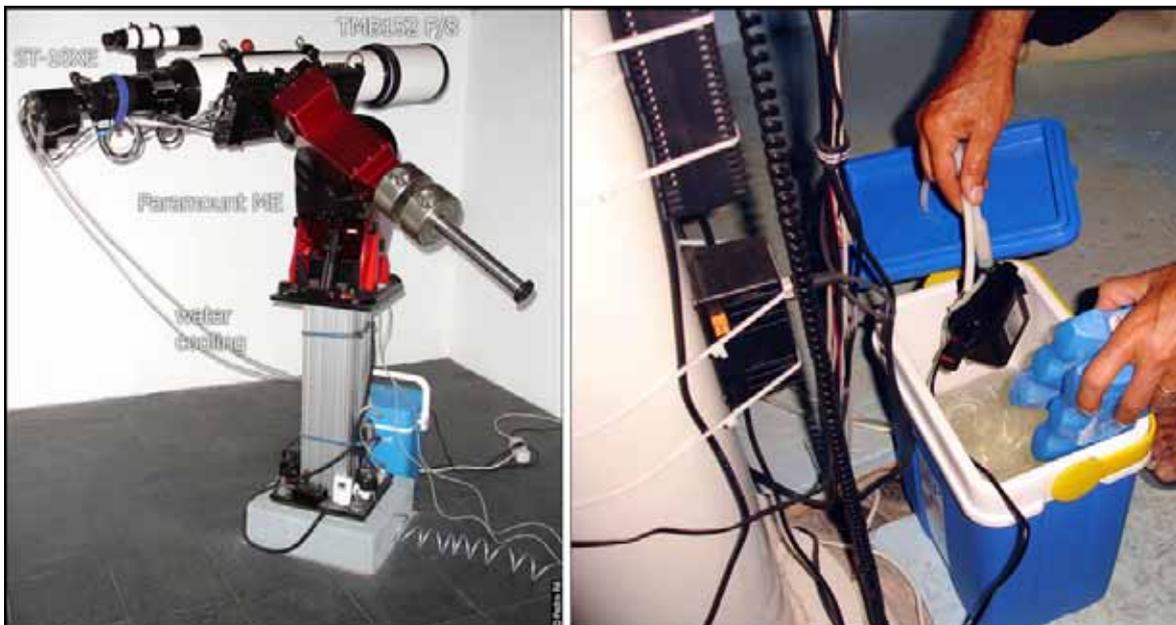


Figura 6- Sistema de refrigeração a água. Mala térmica transportável, termo-acumuladores, bomba submersível de aquário, câmara SBIG ST-10XE. Pedro Ré (2006).

Construir um sistema de refrigeração a água é uma tarefa extremamente simples. Na Figura 6 é ilustrado um destes sistemas. Consiste essencialmente numa mala térmica (com uma capacidade média 10 a 25 l) e uma bomba submersível para aquários além de alguns termo-acumuladores (5 a 10). A referida bomba deverá ter uma capacidade suficiente para poder elevar a água contida no recipiente até uma altura de pelo menos 1 a 1,5 m acima do solo (através dos tubos de plástico transparente com um diâmetro adequado – ca. 6 mm). A água de circulação idealmente deverá ter uma temperatura que ronde os 4 a 10 °C¹. Para tanto basta usar termo-acumuladores em número suficiente para que a temperatura não varie acima destes valores. A capacidade da mala térmica é um factor importante. Quanto maior for a sua capacidade mais efectiva é a refrigeração. No caso de se recorrer ao uso de uma câmara de pequena capacidade poderá ser necessário substituir os termo-acumuladores a meio de uma sessão de obtenção de imagens CCD. A utilização destes sistemas de refrigeração é uma enorme mais valia na nossa luta contra o ruído. Quando mais baixa for a temperatura do CCD menor será o ruído.

¹ Temperaturas muito baixas da água de refrigeração podem ser prejudiciais uma vez que promovem a formação de condensação no exterior da câmara e na janela óptica: Nota - A eficiência do sistema de refrigeração da câmara (*Peltiers*) mantém-se inalterada; a circulação de água refrigerada possibilita a manutenção de temperaturas do CCD que rondam os -20/-25 °C quando a temperatura ambiente atinge os 20 a 30 °C.

DSLR: UMA REVOLUÇÃO NA ASTROFOTOGRAFIA

José Carlos Diniz
diniz.astro@terra.com.br

A história

Em 1969 Williard Boyle e George E. Smith da A&T Bell Labs inventaram o CCD, abreviatura de charge coupled device, ou dispositivo acoplado por carga. Usado inicialmente nos grandes observatórios permitia medidas fotométricas de qualidade e rapidez na obtenção de imagens. Iniciava-se uma nova era na astronomia. Rapidamente desenvolveu-se a arquitetura e os softwares que permitiram sua rápida expansão. O primeiro CCD comercial aparece em 1974.

Pouco depois é hora do CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor* ou semicondutor metal-óxido complementar) entrar em cena e barateando os custos de fabricação iniciar a popularização da imagem digital.

Vislumbrando o futuro aparecem firmas dispostas a apostar nessa tecnologia e as câmaras CCD refrigeradas para amadores começam a ser fabricadas. Sonhos distantes devido aos altos custos, softwares específicos, montagens mais precisas e muito onerosas mantém o filme soberano. Nenhum CCD podia rivalizar com a área coberta, facilidade de obtenção da imagem e resolução, com o velho e confiável filme.

Nesse mesmo tempo as pequenas WebCams aparecem, inicialmente como curiosidade de "micreiro" depois como ferramenta de fotografar Planetas, Sol e Lua. Novos softwares permitem o tratamento de imagens antes só possíveis com sondas espaciais. A novidade trouxe espanto e entusiasmo. Sim, em imagens planetárias eram melhores do que o filme, mas para grandes campos o filme era melhor.

No final dos anos 90 a Kodak e a Fuji principais fornecedoras de filmes para astrofotografia, começaram a lenta e gradual extinção do filme, quer seja através de "melhorias" que tornavam o filme cego para a banda do H-alfa, quer seja retirando simplesmente do mercado os poucos filmes de que ainda dispúnhamos. Pouco depois, como que de forma orquestrada, fabricantes como Nikon, Canon e Olympus anunciavam o fim da fabricação de suas câmaras para filmes, a partir daí só fabricariam câmaras digitais. O golpe final veio com a retirada do mercado do honorável e imbatível Kodak Technical Pan 2415. Acabou! A fotografia com filme morreu!

As pequenas câmaras digitais invadiam o mercado com os seus megapixels, numa cultura consumista "point and shoot"; ótimas para fotos de aniversário, festinhas, churrascos, praia etc, mas não para astrofotografias de longa exposições.

Cedo sua vocação para fotos em afocal foi descoberta, mas as WebCams faziam melhor. Órfãos do filme, aqueles astrofotógrafos que podiam, partiram para a CCD refrigerada. No Brasil éramos poucos. As dificuldades financeiras devido ao altíssimo custo, aliado às tradicionais barreiras à importação eram obstáculos intransponíveis para a maioria.

Neste cenário nebuloso, surgem as DSLR (Digital Single Lens Reflex) com tecnologia CMOS e CCD sem necessidade de refrigeração. As grandes fábricas se movem para preencher o nicho vazio das câmaras profissionais e torná-las acessíveis ao grande público. A esperança se acende, mas ainda é cedo, as novas câmaras são limitadas para astrofotografia e não permitem longas exposições. Surge a Canon D30 e logo os astrofotógrafos ávidos (e com dinheiro) as adquirem. As primeiras imagens aparecem na Sky&Telescope. Espanto! Sim é possível! Daí para frente, novos modelos surgem, cada vez mais próximos do que precisávamos. Canon D60, D10, Nikon D50, D70, D90, Canon 300D, revolução! Essa última permite não só longa exposição como tem um generoso número de pixels disponíveis. Novos softwares são criados, imagens e mais imagens aparecem nas revistas especializadas, mas as cores....argh! Que saudade do filme...

Enfim uma nova leva de câmaras não refrigeradas chega ao mercado, capitaneadas pela Canon que lança a 350D, com 8,3Mp, muitas inovações; trava do espelho, exposição bulb etc. Tínhamos quase todas as ferramentas mas havia ainda o problema do filtro IR logo resolvido pelos destemidos ATMs que descobrem uma maneira de retirá-lo e, voilá! H-Alfa livre! Uma firma destaca-se em fazer essa delicada operação de retirada e substituição do filtro, a Hutech (www.hutech.com).

Sempre inovando, a Canon lança a 20D e em seguida, ouvindo nossas preces, a 20Da específica para astrofotografia! Fomos reconhecidos e somos gratos à Canon por isso.

A escolha

Por onde começar? Canon? Nikon? Qual? Essas câmaras embora tenham a facilidade de não serem refrigeradas, precisam de rotinas de obtenção de imagem semelhantes aos CCD refrigerados exigindo quase sempre dark-frame, flat-field e Bias. Embora quase não tenham ruído e os tempos de exposição sejam relativamente curtos, (comparando-se aos exigidos pelo filme), é necessário obter um bom número de fotos para serem somadas e melhorar a relação sinal/ruído. Estudando cuidadosamente as características de cada uma, optamos pela Canon, pois:

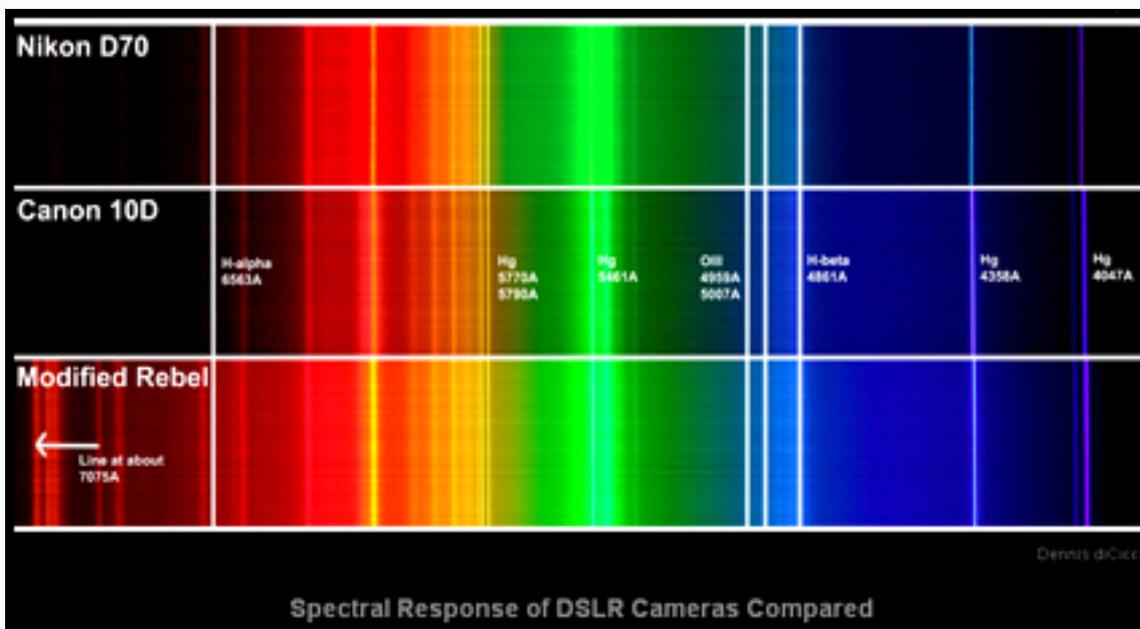
- 1- A Canon reconhece que a astrofotografia é um dos usos específicos em suas câmaras e tem um web site com dicas e sugestões para seu uso. Fez a 20Da, uma câmara para astrofotografia além de ter melhor documentação e suporte que Nikon.
- 2- Os softwares são feitos primeiro para as Canon, por que mais pessoas se interessam por elas.
- 3- A Nikon desliga a câmara a cada dark-frame tornando difícil múltiplas exposições (há um recurso chamado Mode 3, mas é trabalhoso).
- 4- Nas Nikon os sensores emitem eletroluminescência, nas Canon eles são desligados durante a exposição.

- 5- A Nikon não permite travar o espelho coisa que a 20D, 350D, 400D e 30D fazem.
- 6- Embora ambas possam ter o filtro IR removido, o procedimento é mais fácil nas Canon, pois existem firmas como a Hutech que as modificam e dão garantia.

Os RAW feitos com as Nikon têm uma perda por suavização via software. Assim a escolha pelo custo benefício recaiu sobre a 350D que foi comprada já modificada com a troca do filtro IR pelo Type Ia, na Hutech.

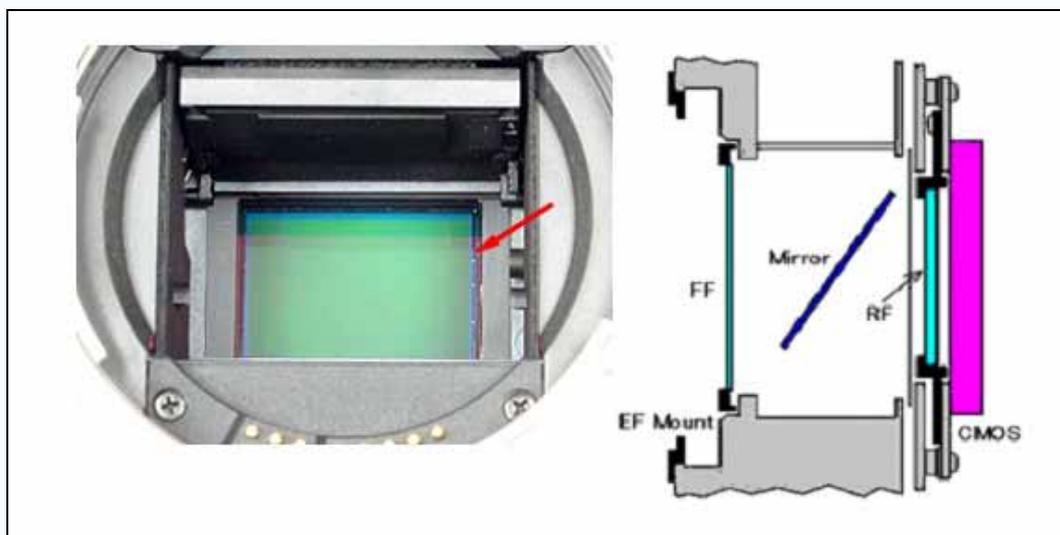


DSLR Canon 350D



Spectral Response of DSLR Cameras Compared

Resposta espectral com e sem filtro



Filtro corta IR

A câmara

A câmara vem já com softwares próprios:

WIA Driver 5.6.0 para Windows XP WIA (Windows Image Acquisition) Driver – para conectar a Canon ao Windows XP via cabo USB.

EOS Utility 1.1 para Windows XP e Windows 2000 (2006/09) é o software exclusivo para EOS. Combina todas as funções envolvendo comunicação com a câmara.

EOS Capture 1.5 para Windows XP, 2000, ME, e 98 SE (2005/10) permite o controle da câmara desde o computador usando o disparo automático com tempo ou intervalo de tempo.

CameraWindow DSLR é o software que transfere imagens e controla a câmara com o Windows98SE/Me, requer ZoomBrowser EX versão 5.6 ou maior.

ZoomBrowser EX 5.7.0 para Windows XP, 2000 (SP4), ME, e 98 SE (2006/09)

ZoomBrowser EX, manuseia imagens obtidas e permite obter todas as vantagens das funções do set-up da câmara.

Digital Photo Professional 2.2 para Windows XP e 2000 (2006/09) é o software para edição e conversão de imagens RAW. Você pode controlar remotamente a câmara com o cabo apropriado.

PhotoStitch 3.1.17a para Windows XP, 2000, ME, e 98 SE (2006/04) É o software que faz panorâmicas de múltiplas imagens.

Os fundamentais são: **WIA Driver, CameraWindow DSLR, Digital Photo Professional 2.2 e o ZoomBrowser EX**, os outros são dispensáveis.

A câmara vem ainda com um cabo USB, bateria e carregador universal. Logo percebi a necessidade de ter um cabo disparador electrónico (pode ser construído facilmente, pois é apenas um cabo de curto circuito); eliminador de bateria e um cabo especial para exposições superiores a 30 segundos pois o cabo USB que acompanha a câmara não permite.

Para isso precisamos:

- 1- Adquirir softwares especiais como o Maxim DSLR, ImagesPlus, IRIS ou o excelente e barato DSLRFocus
- 2- Ter um cabo paralelo ou serial que pode ser comprado de vários fabricantes ou mesmo construído facilmente a muito baixo custo. Na internet encontramos várias páginas que ensinam como fazer esse cabo (www.hapq.org/astrocables.htm). O meu foi construído por Ricardo Dunna e modificado por Marco De Bellis.



Material: Pino P2, cabo de 4 vias, soquete paralelo (DB-25) com capa, 2 resistores de 2.2K 1/8 W e 2 opto-acopladores 4N25. Custo total: R\$ 6,00

Uma das grandes vantagens dessas câmaras é a utilização de objectivas de qualidade e de outras marcas tais como Nikon, Zeiss etc. As objectivas que acompanham a câmara são muito ruins para astrofotografia por causarem defeitos de coma, aberração cromática etc. sendo aceitáveis apenas para fotos domésticas. Com isso um novo acessório veio a se juntar ao arsenal, o T-Ring. Comprados no E-bay, são fabricados na China e em Taiwan e custam em torno de 15 dólares. Como inconveniente não permitem as funções eletrônicas, como autofocus por exemplo.

Adquiri o T-ring para Nikon e Zeiss. A adaptação ao telescópio ou luneta se faz através de um do T-ring próprio da Canon, devendo-se usar um tubo extensor no caso dos refratores. Um visor de ângulo é um valioso acessório na focalização.



T-ring com objectivas Carl Zeiss Sonnar 200 mm e Nikon 135 mm.



Refrator + tubo + t-ring + câmara.

Passo a passo

Leia o manual. Embora um tanto enfadonho como todo manual, é fundamental para entender as possibilidades da câmara, e são muitas! Na astrofotografia de longa exposição são mais reduzidas. Quem já teve a oportunidade de usar uma simples câmara digital está apto a manuseá-la imediatamente, porém algumas recomendações são importantes:

- 1- Ajuste a dioptria no visor da câmara.
- 2- Ajuste a sensibilidade. Ela vai de 100 a 1600 ISO, há ainda a opção 3200 ISO, mas ela é obtida por interpolação e não corresponde a realidade.
- 3- O modo Av prioriza a abertura e o Tv a velocidade. Para manual coloque em M.
- 4- Para longa exposição use Bulb e o cabo paralelo.
- 5- A câmara permite os formatos JPEG, TIFF, RAW e RAW+JPEG. Se for fazer longa exposição ajuste para RAW. São imagens sem perda, com 8,3Mb e que são lidas e transformadas preferencialmente em TIFF (16 ou 8 bits) no software **Digital Photo Professional 2.2** ou em outros softwares como o Adobe CS2, ImagesPlus etc.

Cuidado, é necessário ter muita memória do computador para abrir e processar essas imagens. Uma imagem RAW convertida a TIFF 16 bits pesa 49Mb!!! Imagine combinar 10, 20 ou mais imagens dessas!
6-Através do botão **Menu** podemos acessar e ajustar as várias opções da câmara. Para mudar o **Menu** usamos as setas à direita e abaixo da tampa traseira da câmara e para confirmar preme-se o botão central.

No primeiro **Menu** ajustamos a qualidade da imagem (escolha RAW) e o ISO (para fundo de céu sugiro 800 devido ao baixo ruído).

No segundo **Menu** ajuste o white balance para custom, deixe o WB Shift/BKT em zero e o color space em sRGB. Voltaremos a essa etapa para o ajuste correto do white balance das câmaras modificadas.

O terceiro **Menu** é usado somente para videos.

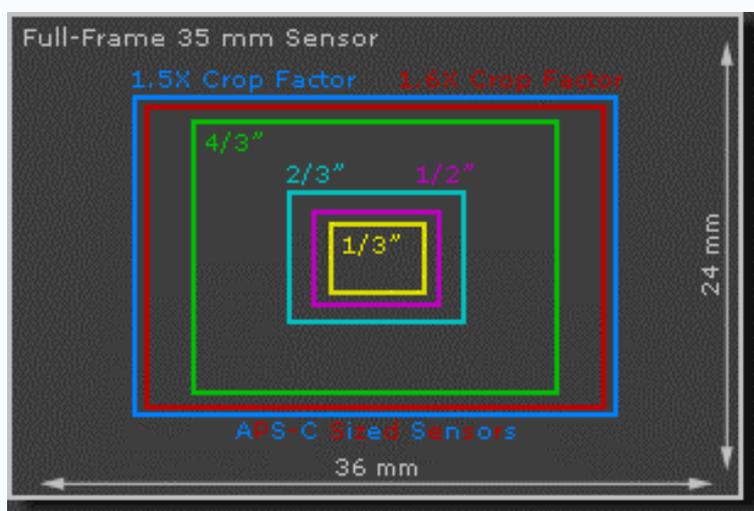
O quarto item de ajuste corresponde a **ferramentas 1**. Nele colocamos a data, escolhemos file number continuous e shoot w/o card ON para deixar as fotos no cartão de memória ou OFF quando fizermos download no computador. Isto normalmente é definido posteriormente nos softwares de controle de exposição, sugiro deixar em ON por hora.

No quinto e último **Menu**, (**ferramentas 2**) é preciso deixar communication – PC connection. A seguir temos as customs functions onde a mais importante é o travamento do espelho, muito útil em tomadas de Sol e Lua. Nessa tela temos a possibilidade de limpar o sensor como descrito no manual (a nova 400D já vem com um dispositivo de limpeza eletrônica do sensor).

Informações e dicas úteis

O sensor

O sensor da 350D, cobre uma área de 60% de um fotograma de 35mm, e possui 3456 x 2304 pixels. Para calcularmos a nova distância focal de nossa objectiva ou telescópio a multiplicamos por 1,6. Assim por exemplo, uma tele de 200 mm corresponderá a 320 mm.



Tamanho do sensor

Filtro corta IR

À frente do sensor temos um filtro IR que corta grande parte da banda do H-alfa (656nm). Com o filtro, as nebulosas de emissão aparecem em tom ciano.

A retirada desse filtro ou a sua substituição pelo tipo I (Baader ou Hutech) causa um desbalanceamento dos brancos (white balance) Embora traga um aumento de 5x na sensibilidade ao H-Alfa dá um tom avermelhado à foto, tornando a câmara imprópria para o uso em cenas comuns. São oferecidos filtros que compensam esse desbalanço e que podem ser acoplados à frente da lente ou no interior do corpo da câmara (antes do espelho) a preços muito elevados. O mais barato é o X-Nite CC1 vendido pela www.maxmax.com. Existem disponíveis, outros tipos de filtros como H-Alfa, OIII etc.

White balance

Uma forma simples e muito eficaz de fazê-lo é fotografarmos um cartão Kodak cinza de 18% (vendido em casas de material fotográfico, feito no Photoshop ou em http://www.rmimaging.com/products/graycard_index.html) durante o dia sob o Sol e o arquivarmos na câmara. Depois acessamos o **Menu 2**, vamos a Custom WB e escolhemos essa foto como padrão de white balance, em seguida voltamos ao **Menu 1** e confirmamos no white balance a opção **Custom**, muito simples! As fotos já serão guardadas com esse padrão e a câmara pode ser usada durante o dia com mínimos ajustes de cor no photoshop evitando a compra desses filtros caros.

Foco

Focalizar numa DSLR é um exercício de paciência para os que não puderam comprar uma 20Da (infelizmente descontinuada por questões de mercado) e que permite ampliar a imagem no visor facilitando a focalização. O visor da 350D é escuro e a incerteza do foco é enorme. Faça uma máscara de Hartmann com cartolina preta, essa providência ajuda muito. Para fazer uma máscara de Hartmann veja os links: (<http://velatron.com/dca/articles/focus/> ou <http://cometman.com/Mask.html>). Para aqueles que podem ter um PC ou LapTop ao lado e usar o software DSLRFocus.



Comparação com e sem filtro corta IR

Instalação do software

Uma última dica: durante a instalação, se possuir uma multifuncional instalada, desabilite-a. Ela é reconhecida pelo software como câmara e causa incompatibilidade com o **Camera Window**. Aprendi a duras penas essa lição.

Softwares de aquisição e tratamento

Os softwares de aquisição e transferência de imagens que acompanham a câmara são adequados, mas os de controlo e tratamento são inferiores comparativamente aos do mercado. Cito aqui os mais conhecidos e utilizados:

Black-frame – freeware – para subtração dos darks. <http://www.mediachance.com/digicam/blackframe.htm>

DSLRFocus - \$49,00 dólares – fundamental para o controle do foco, composição e programação da seqüência de imagens. Vale cada centavo. <http://www.dsirfocus.com/>

Adobe Photoshop – (quem não tem?) ajuste, soma de imagens e um monte de funções. Recomendo adquirir o conjunto de plugins “astronomy tools” que pode ser comprado pela WEB por 19 dólares. http://actions.home.att.net/Astronomy_Tools.html

ImagesPlus – talvez seja o mais empregado hoje em dia. Permite desde o controle da câmara, focagem e composição até tratamento automatizado das imagens com darks, flats e bias. Custa 150 dólares. Ainda não consegui usá-lo plenamente pois as possibilidades são muitas. Exige muita memória do PC. <http://www.mlunsold.com/>

Maxim DL DSLR – o mais importante e usado programa para CCD refrigerada agora também pode ser usado para captura, foco e tratamento de imagens com DSLR. O preço, cerca de 400 dólares, é uma enorme barreira ao seu uso entre nós. http://www.cyanogen.com/products/maxdslr_main.htm

IRIS–freeware distribuído pelo famoso astrofotógrafo Christian Buil. Programa hermético e pouco amigável, mas que faz maravilhas em mãos treinadas. <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

Existem muitos outros e a cada dia surgem novos softwares. Recomendo consulta aos sites:

http://www.astropix.com/HTML/I_ASTROP/TOC_AP.HTM

<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials.htm>

<http://web.canon.jp/Imaging/astro/index-e.html>

<http://www.covingtoninnovations.com/dslr/index.html>

<http://www.saratogaskies.com/articles/cookbook/index-vOp5.html>

Alguns dos meus primeiros trabalhos podem ser acessados em:

<http://www.astrodatabase.net/fotos/v/Diniz/> no álbum 350D

Espero sinceramente que essas informações possam ser úteis àqueles que inconformados com a orfandade do filme, buscam na nova era digital, a alegria de participar da grande festa da astronomia através astrofotografia.

BREVE HISTÓRIA DA ASTRONOMIA EM PORTUGAL, DO SÉCULO XII AO SÉCULO XV

Vasco Jorge Rosa da Silva
Historiador das Ciências
Bolseiro da FCT
a.einstein@sapo.pt

Na Idade Média, a cultura era bastante restrita, pois a quase totalidade da população era analfabeta. A sua interpretação dos astros e dos fenómenos celestes era essencialmente irracional. Nela imperava o misticismo, a crença e o medo de tudo o quanto ocorria para além da Terra. Ao invés, os indivíduos não analfabetos, de matriz fundamentalmente religiosa, tinham acesso a um acervo cultural diversificado. Quanto mais importante uma instituição eclesiástica, maior era a sua biblioteca. De forma idêntica, os monarcas e os grandes senhores feudais, apesar de mais propensos às actividades guerreiras, não deixavam de possuir os livros com os conhecimentos da época.

As grandes bibliotecas portuguesas, eclesiásticas, eram a da Sé de Braga, a da Sé de Coimbra, a do Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra e, por último, a do Mosteiro de Alcobaça. Outros mosteiros e conventos estavam munidos de bibliotecas de menor dimensão. Por outro lado, a Biblioteca Régia incluía as mais diversas obras escritas.

Entre os livros existentes nas bibliotecas portuguesas dos séculos XII a XV, eclesiásticas ou laicas, podem citar-se obras de Astronomia. A quase totalidade do pensamento astronómico português medieval assentava, como no restante continente europeu, em traduções latinas de trabalhos escritos em Árabe, uma vez que, à época, a Civilização Muçulmana, mais do que o Ocidente Europeu, era a responsável pelos principais avanços científicos. Na verdade, os Muçulmanos copiaram, criticaram e comentaram as grandes obras dos intelectuais da Antiguidade Clássica. Também trouxeram inovações. Astrónomos como Al-Haitham, Al-Khwarizmi, Ibn-Qurra, Al-Battani, Al-Sufi, Ibn-Sina e Ibn-Rush, entre outros, eram lidos no Ocidente Europeu.

Como até 1249, com a conquista definitiva do Algarve por D. Afonso III (1248-1279), o Reino de Portugal era um território fronteiriço relativamente ao Mundo Muçulmano, houve influências que se repercutiram na cultura portuguesa da época. De facto, era na Península Ibérica que se encontrava um dos mais importantes centros europeus de tradução de obras literárias. Vertem-se, portanto, os livros da Antiguidade do Árabe para Latim. João de Sevilha, por exemplo, traduziu o *Liber isagogus Ab dilazi seu Alchabitii de planetarum conjunctionibus*, de Al-Kabisi. Esta obra existia na Sé de Braga, assim como o *De Astrologia*, o *Liber de judiciis astrorum Albohasen Hali filli Aberangel* e o *Liber complatus in judiciis stellarum quem composuit Albohasen Haly, filius Aberangel*, de Haly. Em 1175, Mestre Martins doa à Sé de Coimbra um livro de Astronomia. Por ordem do Prior D. Diogo Dias, o Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra facultou a Mestre Gil, de Leiria, três obras com saberes astronómicos. Uma delas, com a citação *Alcabitius optimus liber de Astrolomia*, parece ser de Alcabitius. Joannes Hispalensis, residente em Portugal, no século XII, foi o seu tradutor. Por último, a Biblioteca Régia tinha, como se pode ler no *Livro da Montaria*, de D. João I (1385-1433), o *Livro dos Juízos e das Estrelas*, de Ali Aben Ragel, assim como uma das obras de Albumazar. Por outro lado, é fundamental salientar que intelectuais portugueses, como o cronista Gomes Eanes de Azurara, ligado aos Descobrimentos, conheciam estas traduções.

Assim, no que diz respeito à Astronomia Medieval Portuguesa, aqueles que tinham acesso à cultura, em geral, e à Astronomia, em particular, estavam quase sempre munidos de obscuros conhecimentos astrológicos, uma vez que, na Idade Média, não havia uma distinção clara entre Astronomia e Astrologia. Por outro lado, os monarcas europeus eram quase sempre orientados por astrólogos. Estes procuravam interpretar os fenómenos celestes. De facto, somente com o advento da Ciência Moderna é que ocorre a separação definitiva entre Astronomia e Astrologia. Por conseguinte, reis como D. Duarte (1433-38), duvidavam já das verdadeiras pretensões dos saberes astrológicos.

No Portugal da Idade Média, assim como em toda a Europa, vigorava, no mundo intelectual, o Sistema Geocêntrico, de Ptolomeu. Este Sistema, que constitui um aperfeiçoamento do de Aristóteles, em que os astros conhecidos orbitavam a Terra em esferas vítreas, localiza o nosso planeta no centro de um Universo, ou Cosmos, muito limitado. Uma vez que Ptolomeu não foi capaz de explicitar certos movimentos planetários, como a retrogradação marciana, teve que inventar os epiciclos e os deferentes. Assim, os corpos celestes, à excepção das estrelas, consideradas fixas, executavam movimentos circulares, epiciclos, sobre os deferentes. Esta concepção, que conseguia explicar uma quantidade considerável de fenómenos celestes, tornou-se o pensamento oficial da Igreja Católica e, por isso, vigorou durante mais de um milénio, até à publicação da obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, de Nicolau Copérnico. Popularmente, também era mais fácil a aceitação do Modelo Geocêntrico.

O Modelo Geocêntrico era leccionado na Universidade portuguesa, sita em Lisboa, na disciplina de Filosofia Natural, cuja aprovação foi feita a 1 de Janeiro de 1378, no reinado de D. Fernando (1367-83). Como é óbvio, na

cadeira de Filosofia Natural estudavam-se algumas das obras de Aristóteles. Em Lisboa, na sala de aula, deveria estar pintado, precisamente, um quadro do filósofo grego.

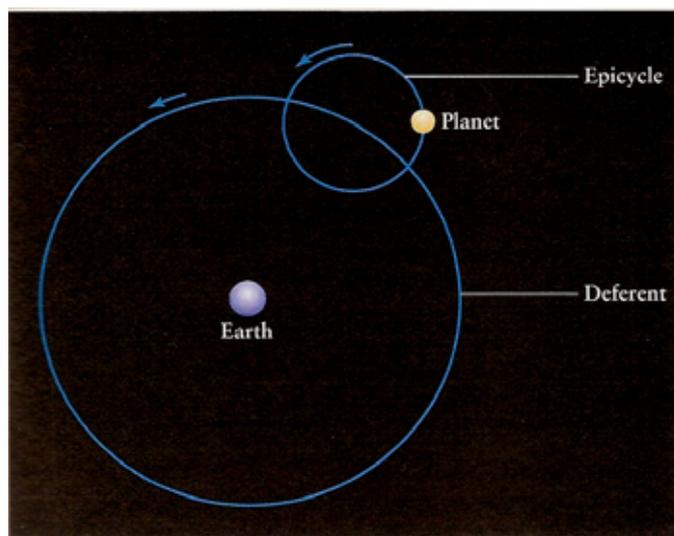


Fig.: 1 – Epiciclos e deferentes (*in Universe*, 6.ª edição, p. 65).

O grupo dos corpos celestes conhecidos pelos europeus medievais incluía o Sol, a Lua, Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter, Saturno, os cometas, os meteoros e, mais afastadas, as estrelas e as respectivas constelações. Todos estes objectos, criados por Deus e movimentados por anjos, orbitavam, portanto, a Terra. Os Portugueses, contudo, distinguiram essencialmente dois tipos de corpos celestes, para além do Sol e da Lua, ou seja, as estrelas propriamente ditas e os planetas, considerados estrelas móveis. Deste modo, os planetas designavam-se através do género feminino, a planeta, como ocorre no francês hodierno. Se se acreditava que o Sol, orbitando a Terra, iluminava as estrelas e a própria Via Láctea, Estrada de Santiago, Círculo Lácteo, ou Galáxia, os planetas produziam luz própria (corpos luminosos). Outros autores, como o cronista Fernão Lopes, referem que as estrelas, úteis na navegação astronómica nocturna, possuíam lume. Todavia, de um modo geral, ainda não se colocava a hipótese de os planetas serem astros iluminados. Esta é uma concepção moderna. O *Livro da Montaria*, de D. João I, resume, através das palavras de Mestre Gil, as propriedades dos planetas então conhecidos. Deste modo, Mercúrio, de coloração branca, tem um clima frio e seco; Vénus, amarelo, é húmido; Marte, vermelho, é seco; O “rei dos planetas”, Júpiter, branco, é quente, ao contrário do frio e negro Saturno. O período sideral de Saturno era de 30 anos, muito próximo ao valor actual (29,46 anos). João de Sacrobosco, cujo *Textus de Sphaera* era lido em Portugal, refere que os períodos siderais de Saturno, Júpiter, Marte, Sol, Mercúrio, Vénus e Lua, eram, respectivamente, de 30 anos, 12 anos, 2 anos, 365 dias e 6 horas (para o Sol, Mercúrio e Vénus), e 27 dias para a Lua. Os 365,25 dias para o Sol eram-no, na realidade, para a Terra, pois é o nosso planeta que orbita o Sol e não o contrário. Os valores para Mercúrio e Vénus estão incorrectos relativamente aos valores actuais, que são menos elevados. As órbitas dos planetas interiores são menores do que a do nosso planeta, logo os valores têm de ser mais baixos.

Para além das estrelas Mercúrio, Vénus (*estrela da manhã*, ou da *tarde*), Marte, Júpiter e Saturno, os meteoros eram, de igual modo, considerados como corpos de natureza estelar, uma vez que, ao atravessarem a atmosfera, pareciam produzir um brilho característico. Aliás, na actualidade mantém-se o termo *estrela cadente*, para designar estes objectos.

Os cometas levavam as populações a fazerem prognósticos maléficos, pois, como se pensava, estes astros transportavam a trilogia das crises medievais: fomes, pestes e guerras. Um Autor anónimo do século XVIII, registou os cometas de 1106, 1132, 1141, 1169, 1200, 1201, 1211, 1214, 1240, 1254, 1264, 1268, 1283, 1298, 1301, 1305, 1312, 1314, 1337, 1341, 1347, 1348, 1350, 1352, 1353, 1363, 1375, 1391, 1400, 1401, 1402, 1403, 1407, 1433, 1434, 1439, 1444, 1450, 1456, 1457, 1460, 1470, 1471, 1472, 1475 e 1477. A explicação aristotélica para o surgimento destes corpos, conhecida apenas por aqueles que tinham acesso à cultura, mostrava que os cometas se formavam a partir de exalações de vapores terrestres. O cometa Halley foi, com certeza, visto no Portugal dos séculos XII a XV, por diversas vezes. A sua relação com o falecimento de pessoas social e economicamente importantes reflectia-se um pouco por todo o continente europeu, de Norte a Sul. Em 1147, nas vésperas da conquista de Santarém aos Mouros, pelas tropas do primeiro rei de Portugal, Afonso Henriques (1139-85), a passagem de um corpo cometário, sob a forma de um touro (ou, como alguns autores afirmam, com a constituição de uma serpente), com coma e caudas de fogo, deu a entender aos combatentes portugueses que iriam vencer o cerco. Os outros, os Muçulmanos, ficaram, por sua vez, a pensar que perderiam o conflito, como, aliás, se veio a verificar. Durante o reinado de D. Afonso V (1438-82), em 1468, no Norte de África, os guerreiros portugueses depararam-se com outro espantoso cometa, com forma de «dragão».

O poema de Garcia de Resende, datado do século XVI, resume o que no parágrafo anterior afirmámos sobre a trilogia das crises medievais, relacionadas com os corpos e fenómenos celestes: “E vimos monstros na Terra, / e no Ceo grandes sinaes, / cousas sobrenaturais, / grandes prodigios de guerra, / fomes, pestes, cousas taes”.

O Sol e a Lua, porque facilmente visíveis, eram os dois mais importantes astros medievais. Algumas iluminuras retratam esses corpos celestes com rostos humanos.



Fig.: 2 – A Lua e o Sol representados com rostos humanos (Compromisso da Confraria de Ribeira de Vide [c. Arraiolos], in *Portugaliae Monumenta Misericordiarum*, Vol. 2, XI).

Em certas camadas populacionais, quer o Sol, quer a Lua, eram ainda objecto de culto pagão. O Sol deslocava-se pelas constelações do Zodíaco. O rei D. João I (1385-1433), refere-se às constelações setentrionais (Caranguejo, Escorpião e Peixes), meridionais (Touro, Virgem e Capricórnio), ocidentais (Gêmeos, Balança e Aquário) e orientais (Sagitário, Leão e Carneiro). A passagem do astro solar por determinadas áreas do Zodíaco era responsável pelas alterações atmosféricas (chuva, vento, calor e frio). Em termos mais práticos, o Sol era importante para a determinação das latitudes terrestres ao meio-dia, através do uso do astrolábio náutico. Foi muito útil nos Descobrimientos Portugueses. A Lua, por sua vez, para além de ser imprescindível nas operações guerreiras, podia ocultar, em situações de Lua Nova, LN, um grande exército. As fases lunares, os conceitos de conjunção e oposição e a influência da Lua sobre as marés líquidas, estavam já bastante bem compreendidas no Portugal (e na Europa) da Idade Média. Os eclipses, fenómeno que causava um enorme receio junto das populações analfabetas e maioritariamente campesinas, eram explicados pela interposição da Lua entre o Sol e a Terra (eclipses solares), e pela interposição do nosso planeta entre o Sol e a Lua (eclipses lunares). Há registos de eclipses solares, observados em Portugal nos anos de 1199, 1232 e 1378. Se, a nível geral, os eclipses causaram um grande temor nas populações, relativamente ao último, Fernão Lopes diz-nos que os entendidos na matéria afirmavam e mostravam que este fenómeno ocorria por obra da Natureza e em certos tempos, o que reflecte uma noção mais racional sobre as questões celestes.

De acordo com filósofos não-heréticos, o Universo, criado por Deus, foi constituído a partir de uma matéria designada, em Latim, por *ille*. Desta matéria inicial, Mestre Gil, citado por D. João I, refere que se constituíram quatro elementos. Assim, o Céu, os planetas, os signos e as estrelas, corpos compostos, formaram-se a partir destes elementos. Esse Cosmos era povoado apenas por entidades oficialmente reconhecidas pelo Cristianismo, como os anjos, arcanjos, santos e santas. Estes eram os únicos seres filosoficamente admitidos para além da Terra (considerar outras formas de vida, como fez o moderno Giordano Bruno, era sinónimo de heresia). O Universo era representado através do recurso às esferas armilares, com as constelações zodiacais e, no seu centro, a Terra. A esfera armilar era um dos símbolos do Império Português e ainda hoje existente na bandeira nacional. Objectos celestes, como as estrelas, representadas com diversas pontas, o Sol e a Lua, eram símbolos astronómicos frequentemente colocados nas moedas medievais portuguesas, nas iluminuras, esculturas e selos.

O calendário medieval português, até 22 de Agosto de 1422 (Lei de D. João I), fazia recurso à designada Era de César, ou Hispânica, e não à Era Cristã. A diferença entre as duas era de 38 anos. A Península Ibérica foi o último reduto europeu a adoptar a Era de Cristo. Por outro lado, acrescenta-se que as zonas sob domínio muçulmano estavam sujeitas, como é evidente, a outro tipo de calendarização. A contagem dos dias em Latim fazia-se, no Mundo Cristão, através do método regressivo romano, baseado em *Nonas*, *Idus* e *Kalendas*. Os nomes dos meses, até à adopção do Português como língua oficial, no reinado de D. Dinis (1279-1325), eram, de igual modo, escritos em Latim. Conhecia-se bem a divisão do tempo terrestre, através das horas canónicas, embora não houvesse precisão temporal, numa sociedade que vivia sem relógios e que se guiava, essencialmente, pelos ciclos da Natureza. No sistema romano, assim como nos restantes países da Europa, os dias da semana eram, respectivamente, identificados por meio de deuses, quer

os latinos, quer os germânicos, como ainda hoje acontece. Em Portugal, isso nunca existiu, nem se utiliza. À excepção do sábado e do domingo, os restantes dias são designados por numerais: segunda, terça, quarta, quinta e sexta-feira.

Por fim, é fundamental verificar quais as razões que levaram os sábios europeus, em geral, e os portugueses, em particular, a aceitarem o Modelo Geocêntrico, base de toda a Astronomia medieval. A primeira causa reside no facto de o pensamento aristotélico e ptolomaico, apoiados oficialmente pela Igreja Católica, serem hegemónicos no Ocidente medieval. Por outro lado, empiricamente (e atingindo directamente as populações), é o Sol que parece mover-se e não a Terra. A terceira incide no facto de o Sol, quando observado da Terra, ou de qual outro planeta, parecer mais pequeno do que na realidade é. A maioria das pessoas, sem acesso à cultura, era analfabeta. O pensamento dogmático existente, em detrimento do cepticismo. Por último, o desconhecimento, até muito tarde, das teorias do filósofo grego Aristarco de Samos, que defendia a concepção heliocêntrica.

Bibliografia

a) Fontes

- *Anais, crónicas e memórias avulsas de Santa Cruz de Coimbra*, introdução de António Cruz, Porto, Biblioteca Municipal do Porto, 1968.
- D. João I, "Livro da Montaria", in *Obras dos Príncipes de Avis*, estudo e revisão de M. Lopes de Almeida, Porto, Lello & Irmãos-Editores, 1981.
- GALVÃO, Duarte, *Crónica de D. Afonso Henriques*, Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, s. d.
- LOPES, Fernão, *Crónica d' El-Rei Dom João de Boa Memória*, Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1977, Vol. II.
- NUNES, Pedro, *Tratado da Sphera com a Theorica do Sol e da Lua e ho primeiro livro da Geographia de Claudio Ptolomeo*, München, reprodução de J. B. Obernetter, Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar, 1972.
- PINA, Rui de, *Crónicas de D. Sancho I, de D. Afonso II, de D. Afonso III, de D. Dinís, de D. Afonso IV, de D. Duarte, de D. Afonso V e de D. João II*, titulação e remissão de M. Lopes de Almeida, Porto, Lello & Irmãos-Editores, 1977.
- *Portugaliae Monumenta Misericordiarum*, coordenador científico José Pedro Paiva, Lisboa, Universidade Católica e União das Misericórdias Portuguesas, 2003, Vol. 2.
- PTOLOMEU, Cláudio, *Almagestum*, s. I., s. d.
- RESENDE, Garcia de, *Crónica de D. João II e Miscelânea*, Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1973.
- SACROBOSCO, Johannes de, *Textus de Sphaera*, Parisiis, Vaenit apud Simonem Colinaeum, 1538.
- ZURARA, Gomes Eanes de, *Crónica do Conde D. Duarte de Meneses*, Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, 1978.
- ZURARA, Gomes Eanes de, *Crónica da Tomada de Ceuta por El-Rei D. João I*, Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra, 1915.

b) Estudos especializados

- ARAGÃO, A. C. Teixeira de, *Descrição Geral e Historica das Moedas cunhadas em nome dos reis, regentes e governadores de Portugal*, Lisboa, Imprensa Nacional, 1875, Tomo I.
- BAPTISTA, Pedro, *Ao Encontro do Halley: o Homem e o Cometa*, s. I., Edições Afrontamento, Lda., 1986.
- CASTIÑEIRAS GONZÁLEZ, Manuel Antonio, *El Calendario Medieval Hispano*, Salamanca, Gráficas Varona, 1996.
- COELHO, Latino, *A Ciência na Idade Média*, Lisboa, Guimarães Editores, 1988.
- COSTA, Avelino Jesus da, "A Biblioteca e o Tesouro da Sé de Braga, nos séculos XV a XVIII", in Separata da *Revista Theologica*, Braga, Empresa do Diário do Minho, 1985, Vol. XVIII.
- COSTA, Avelino Jesus da, *Normas Gerais de Transcrição e Publicação de Documentos e Textos Medievais e Modernos*, Braga, Tip. Diário do Minho, 1993.
- GINGERICH, Owen, "Islamic Astronomy", in *Scientific American*, Abril de 1986, Vol. 254.
- ILYAS, Mohammad, *A Modern Guide to Astronomical Calculations of Islamic Calendar*, Times and Qibla, Berita Publishing, 1984.
- SILVA, Vasco Jorge Rosa da, "A Astronomia Muçulmana no Portugal Medieval", in *Revista História*, Ano XXVIII (III.ª série), Janeiro de 2007.
- SILVA, Vasco Jorge Rosa da, "Os Cometas em Portugal", in *Revista História*, Ano XXVIII (III.ª série), Março/Abril de 2006, 1.ª Parte, e Outubro de 2006, 2.ª Parte.
- SILVA, Vasco Jorge Rosa da, "Os Rostos da Lua", in *Revista História*, Ano XXVI (III.ª série), Novembro de 2005.

c) Obras científicas

- COTARDIÈRE, Philippe de la, e PENOT, Jean-Pierre, *Dicionário de Astronomia e do Espaço*, Lisboa, Didáctica Editora, 2003.
- COUDERC, Paul, *Os Eclipses*, Mem-Martins, Publicações Europa-América, s. d.
- FERREIRA, Máximo, e ALMEIDA, Guilherme de, *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, 7.ª Ed., Lisboa, Plátano Editora, 2004.
- FOREY, P., e FITZSIMONS, C., *Estrelas e Planetas*, Lisboa, Plátano Editores, Setembro de 1998.
- FREEDMAN, Roger A., e KAUFMANN III, William J., *Universe*, New York, W. H. Freeman and Company, 2002.
- HEIFETZ, Milton D., e TIRION, Wil, *Um passeio pelos céus: um guia de estrelas, constelações e lendas*, Lisboa, Gradiva, Março de 2002.
- MOCHÉ, Dinah, *Astronomia*, Lisboa, Gradiva, 2002.

AAG_TPOINTMAPPER - MAIS UM PROGRAMA GRÁTIS...

António Peres Gomes
peres.gomes@sapo.pt

Alguns astrónomos amadores exigentes têm feito migrar para os computadores pessoais programas e ferramentas informáticas cada vez mais sofisticadas no controlo dos seus equipamentos.

Um exemplo deste tipo de programas que melhoram a precisão de pontaria de uma montagem GOTO, por exemplo, o *TPoint* da *Software Bisque* e o *MaxPoint* da *Diffraction Limited*.

A sua utilização requer que se desenvolva um modelo matemático que descreva o comportamento do sistema completo, *i.e.* o conjunto óptico/mecânico/aquisição de imagens.

No caso particular do *TPoint*, o modelo é obtido apontando o telescópio para diversas regiões do céu, registando numa tabela interna as coordenadas fornecidas ao telescópio juntamente com as coordenadas exactas do ponto do céu para onde este apontou. Estas são obtidas recorrendo a um programa de astrometria a partir de uma imagem tirada a essa região do céu.

Geralmente este processo é feito para toda a região do céu disponível no local de observação e requer mais de 80 pontos para se obter um modelo que garanta um erro de pontaria inferior a 20-30" (segundos de arco RMS). É fácil imaginar que estas rotinas executadas manualmente são cansativas e sujeitas a muitos erros.

Existem actualmente no mercado programas que automatizam este processo sendo o *AutoMapperII* do Ron Wodaski um destes exemplos. Este programa permite definir uma série de pontos distribuídos pelo céu e utilizando o *CCDSOFT* juntamente com as rotinas de astrometria embutidas no *The Sky 6* preenche a tabela de coordenadas necessária para construir o modelo matemático do *TPoint*. Infelizmente, este programa só permite a utilização do *CCDSOFT*.

O **AAG_TPointMapper** vem preencher esta lacuna para os utilizadores do programa *MaximDL/CCD*.

O **AAG_TPointMapper**, desenvolvido em Visual Basic 6, permite gerar um conjunto de pontos distribuídos pelo céu e, utilizando o *MaximDL/CCD*, o *The Sky 6* juntamente com o programa de astrometria *Pinpoint* preenche a tabela interna de coordenadas do modelo matemático do *TPoint*.

O programa foi doado à APAA para efeitos de distribuição e, apesar de ser absolutamente grátis, qualquer pequeno donativo pelos seus utilizadores à APAA será bem-vindo.

Links:

MaximDL/CCD - <http://www.cyanogen.com/>

CCDSOFT - <http://www.cyanogen.com/>

Tpoint - <http://www.bisque.com/Products/TPoint/>

MaxPoint - http://www.cyanogen.com/products/maxpt_main.htm

Automapper II - <http://www.newastro.com/newastro/downloads/automap2/default.htm>

Pinpoint Astrometry - <http://pinpoint.dc3.com/>

The Sky 6 - <http://www.bisque.com/Products/TheSky6/>

Software Bisque - <http://www.bisque.com>

Diffraction Limited - <http://www.cyanogen.com/>

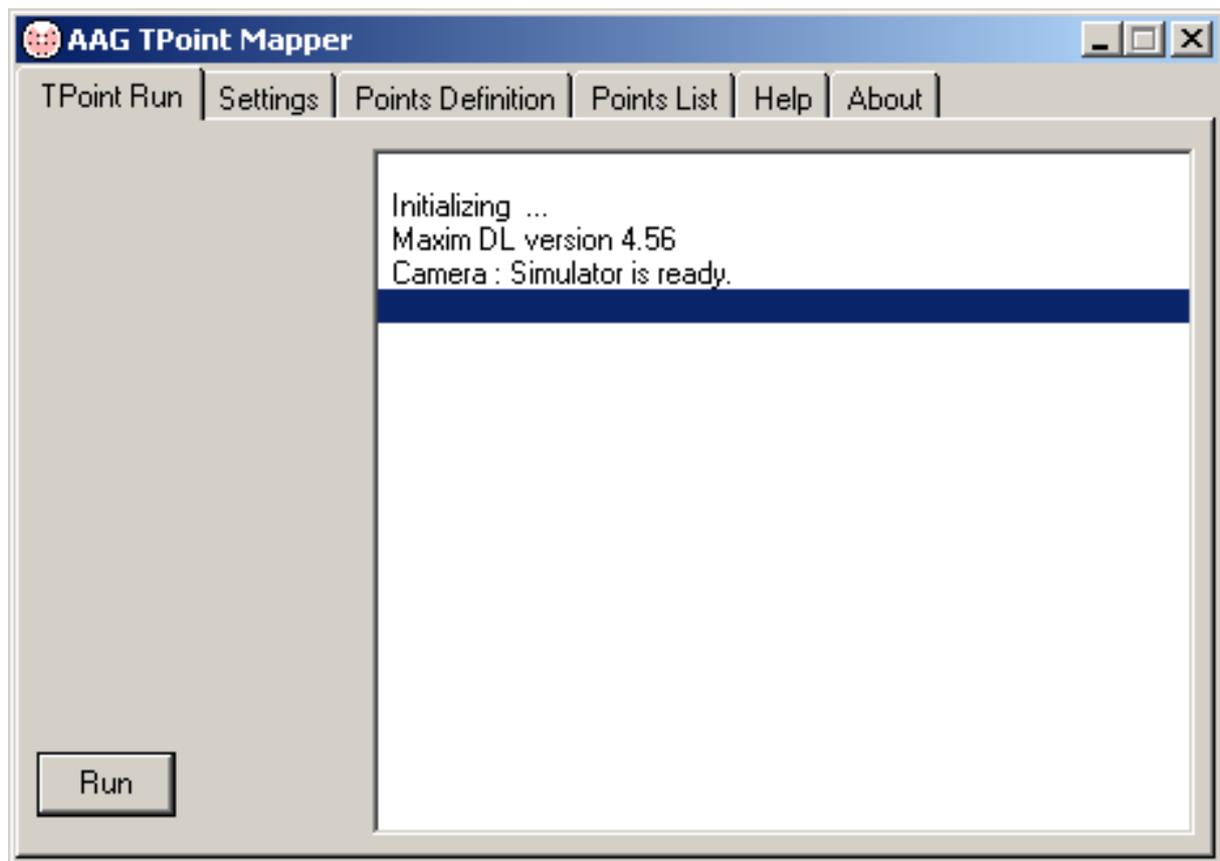
AAG TPoint Mapper (Version 1.20)

AAG_TPointMapper works together with Maxim DL, Pinpoint, TheSky6 and TPoint to automate the process of building a TPoint model for a GOTO telescope connected to TheSky6.

A TPoint model is built by recording the coordinates reported by the telescope and the exact coordinates of the position to where it is pointing, for a large number of points spread arbitrarily over the sky.

After building a model, TPoint and TheSky6 work together to improve the telescope's pointing accuracy.

Note: One should read the TPoint manual to be able to improve the model by adjusting its mathematical terms.



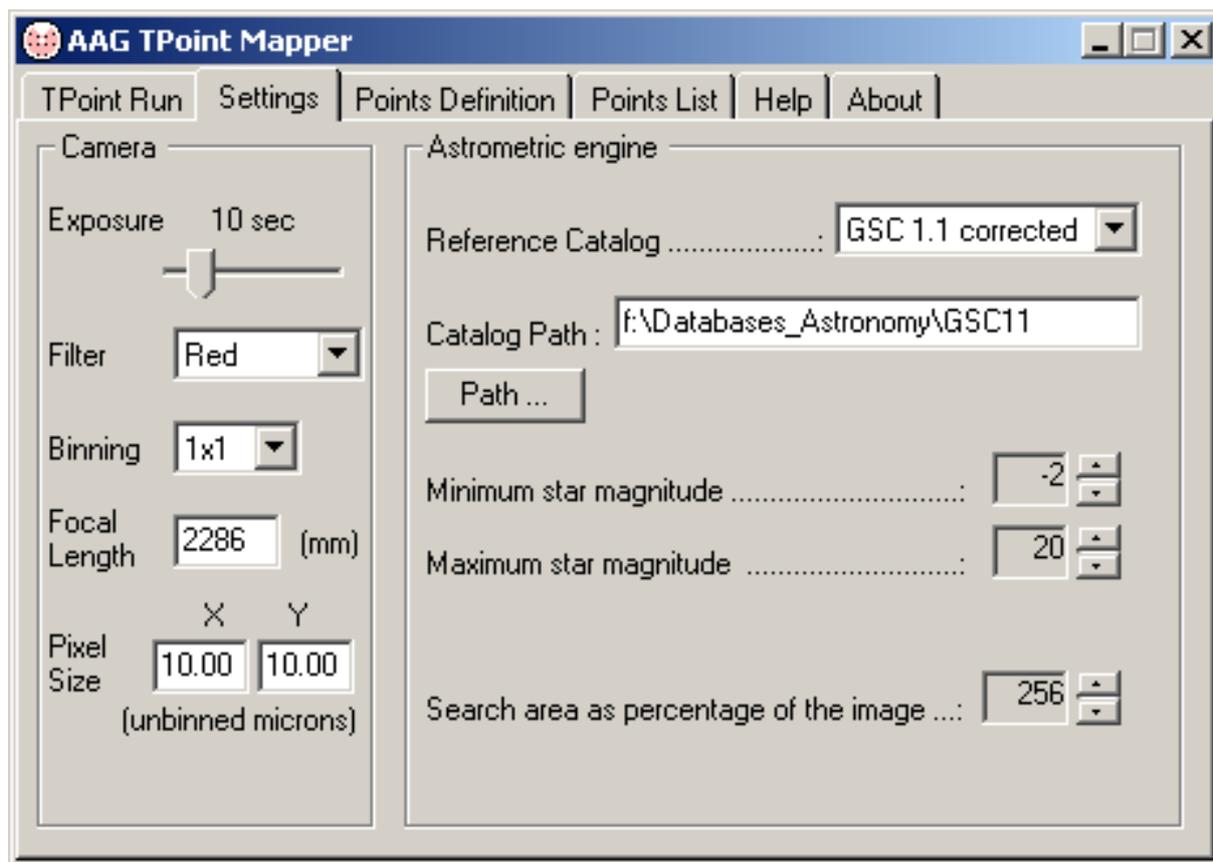
Initial screen - TPoint Run TAB

The following should be checked before running the software:

- The correct camera is selected in Maxim DL and is turned ON;
- The correct telescope is selected in TheSky6 and it has been initialized;
- A TPoint model is available in TheSky6. Note that, if a new model is used in TheSky6, the telescope should be synchronized over a known star;

When running the software for the first time, the Camera and Pinpoint engine parameters should be verified and correctly set under the Settings TAB.

Settings TAB



Settings TAB

The Camera parameters **Exposure**, **Filter** and **Binning** parameters are used by Maxim DL to obtain sky images.

Note:

- shorter exposures time and higher binning will decrease the total image acquisition time;
- a clear filter (or no filter) will improve the image signal;
- these parameters may be adjusted while the model is being built;
- the image quality must be sufficiently good for Pinpoint to be able to calculate its center's coordinates;

Focal Length (mm) corresponds to that of the telescope setup being used.

Pixel Size (microns) corresponds to the physical dimensions of the CCD pixels.

The program uses the Pinpoint Astrometric Engine to calculate the exact coordinates of the image center.

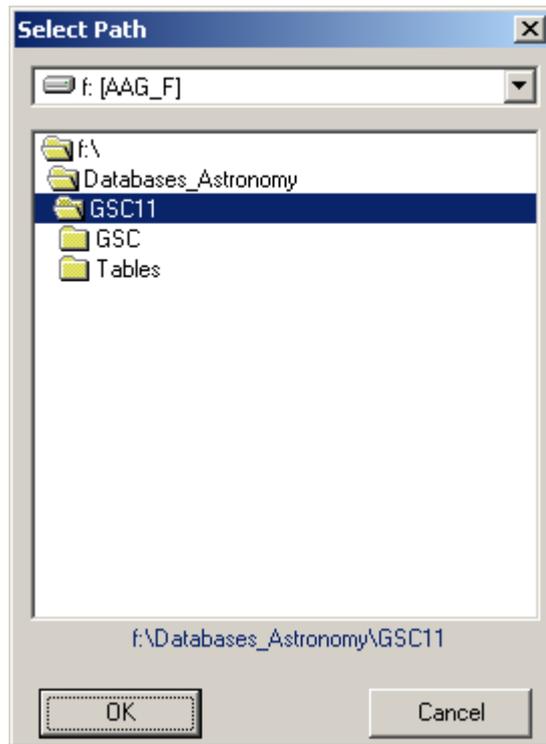
Note: The Pinpoint full version must be installed seeing that the version LE automatically installed with Maxim DL, is limited in its capabilities.

The full version can be obtained from <http://pinpoint.dc3.com/> and it is distributed as a shareware program with full capabilities for a 60 day trial period.

Reference catalog to be used must be defined as well as the directory containing the respective catalog files.

Note: The GSC v1.1 (corrected) catalog usually produces faster results. It can be obtained via internet from <http://gsc.dc3.com/>.

Catalog path may be entered directly in the respective field or, alternatively, through the button **Path** which will display the **Select Path** window to choose the directory:



Select Path window

The default values for the star magnitudes correspond to the largest range available in Pinpoint, i.e. from -2 to 20.

The default **Search Area** corresponds to the image area increased by a surrounding border corresponding to 30% of the image dimensions as illustrated below. This border dimensions can go up to a maximum of 80% of the image dimensions yielding a search area corresponding to 676% of the image area.

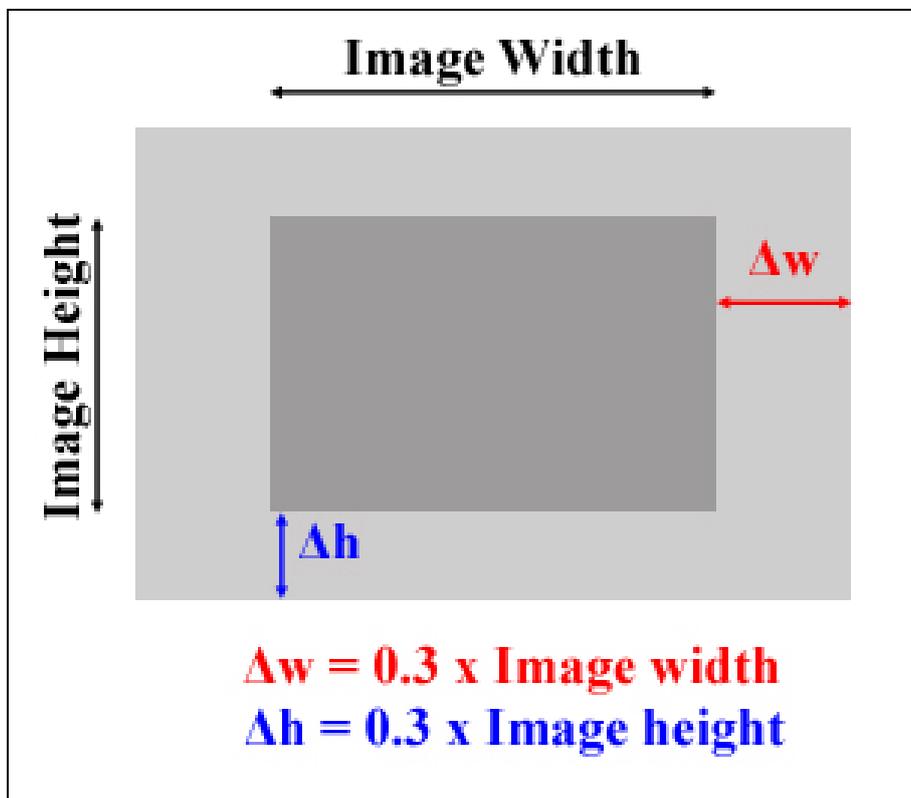
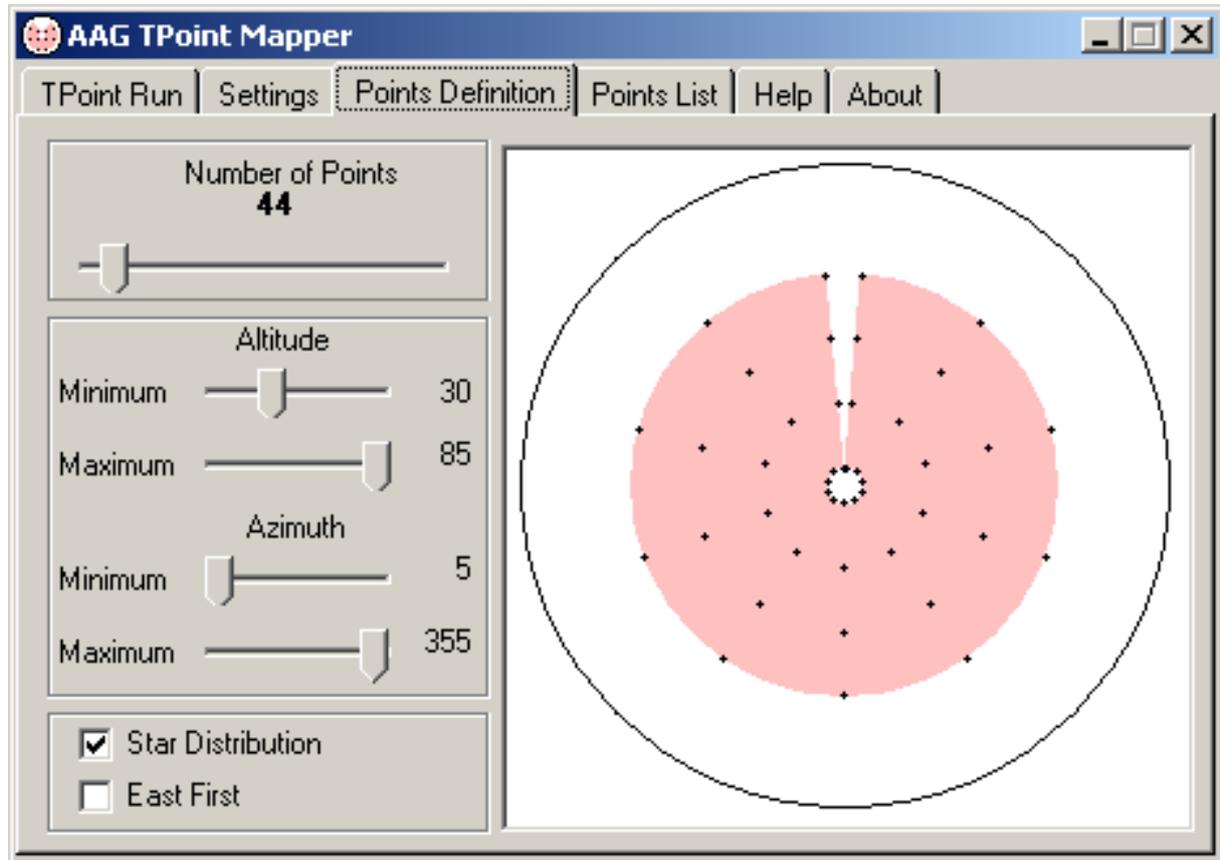


Diagram illustrating the Pinpoint Search Area (light gray area)

Points Definition TAB



Points Definition Screen

Points Definition TAB is used to define the set of points to build the TPoint model.

The **Number of Points** are spread over a region (highlighted in pink) delimited by

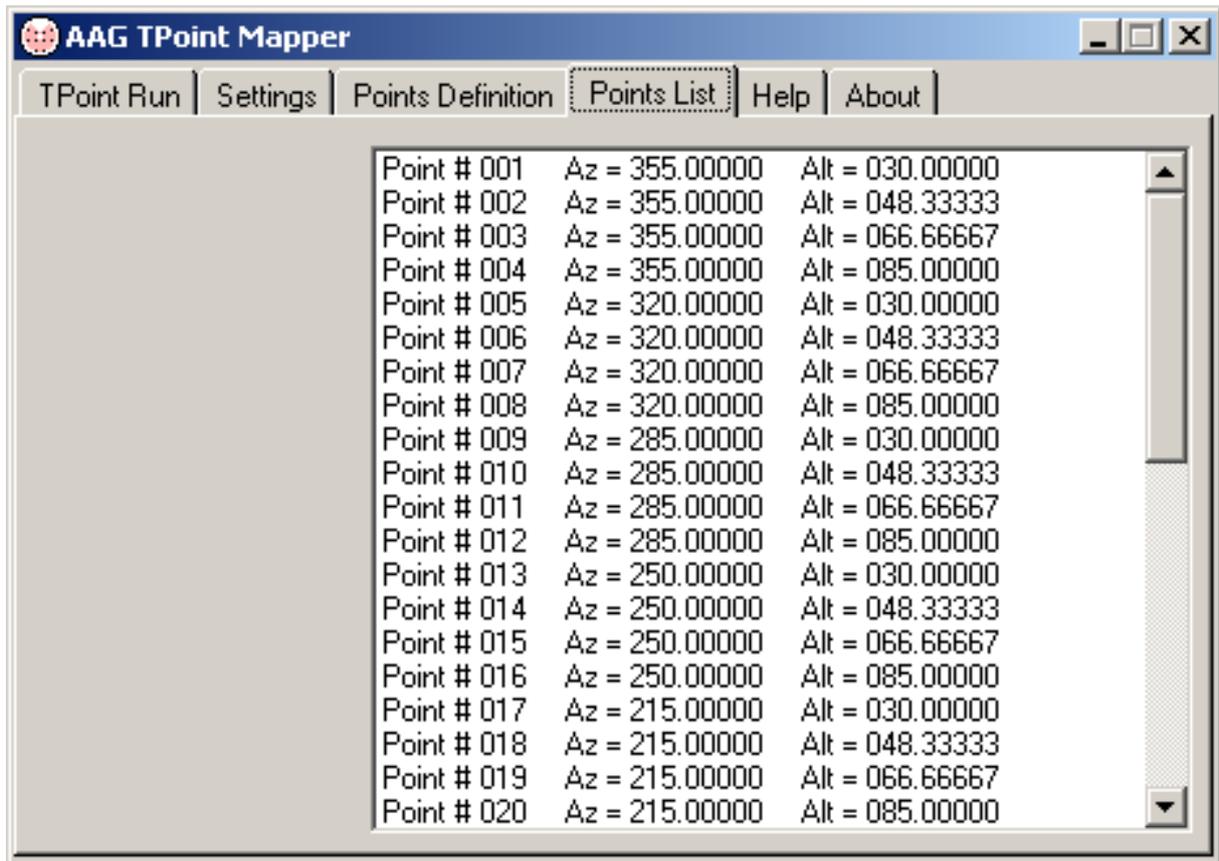
- **Minimum** and **Maximum Altitudes**
- **Minimum** and **Maximum Azimuths**

The **Star Distribution** option forces the points to be spread over lines of equal azimuth producing a radial star pattern. The distribution is based on the fact that the angular separation between adjacent points is identical in altitude and in azimuth.

When not checked, the distribution is based on the criteria that the arc separation (i.e. distance) between adjacent points is identical in altitude and in azimuth.

When **East First** option is checked, the telescope moves from East to West in azimuth, after mapping points of identical azimuth. Otherwise, the telescope will move from West to East, after mapping points of identical azimuth.

Points List TAB



Points List Screen

The Points List TAB simply displays the full set of points arranged in order of execution.

Note that all the parameters are recorded in the file **AAG_TPointMapper.dat** in the directory where the AAG_TPointMapper.exe file is installed and they will become the default values in the subsequent use of the program.

The positions of the different program windows are also recorded in this file.

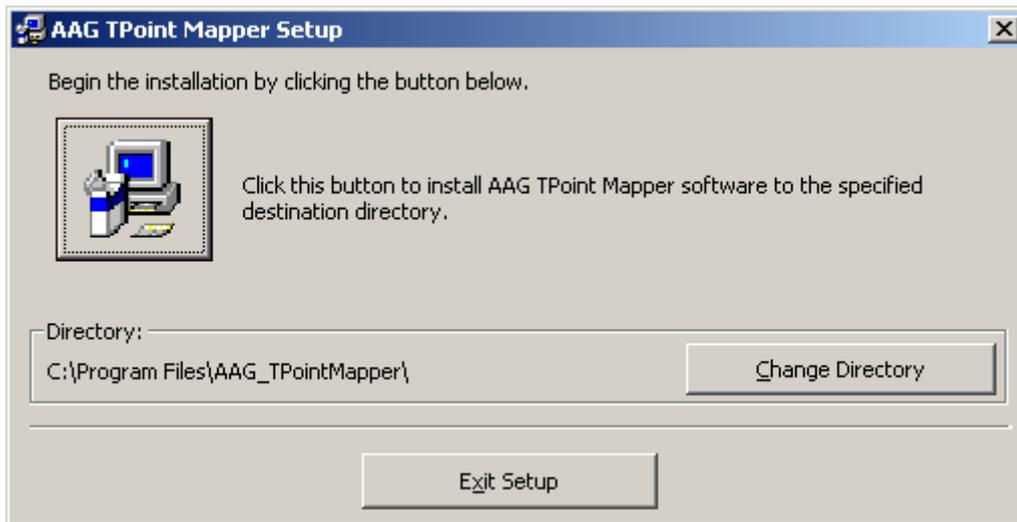
The **AAG_TPointMapper.dat** file can be deleted to reset the default values to those present after the program is installed for the first time.

Setup procedure

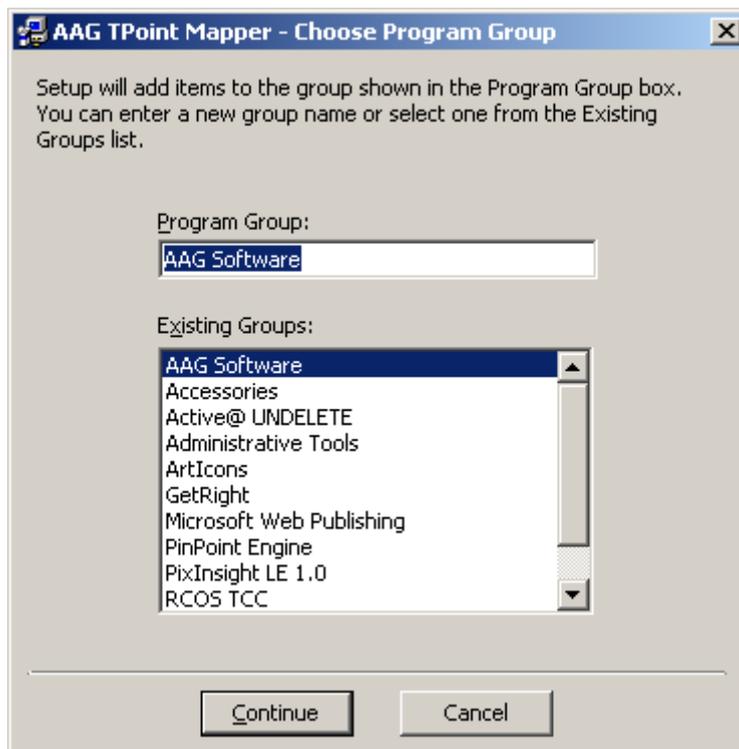
Run *Setup.exe*



Welcome screen



The default directory where the files will be installed, is
c:\Program Files\AAG_TPointMapper



The default program group

After installation, two new menu options will be available under *AAG Software* in the *Start / Programs* menu:

- *AAG_TPointMapper Information*
- *AAG_TPointMapper*