

# A MORFOLOGIA JOVIANA

António José Cidadão

[planetary\\_observer@yahoo.com](mailto:planetary_observer@yahoo.com)

Secção planetária da APAA (Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores):

<http://www.apaa.online.pt/planetas/>

Secção de Júpiter da IOPW (International Outer Planets Watch):

[http://atmos.nmsu.edu/iopw/current\\_images.htm](http://atmos.nmsu.edu/iopw/current_images.htm)

Secção de Júpiter da BAA (British Astronomical Association):

<http://www.britastro.com/jupiter/>

Secção de Júpiter da ALPO (Association of Lunar and Planetary Observers):

<http://www.lpl.arizona.edu/~rhill/alpo/jup.html>

Secção de Júpiter da ALPO do Japão:

<http://www5.ocn.ne.jp/~planets/Jupiter.htm>

Para qualquer amador que se pretenda dedicar à observação de Júpiter, a sua familiarização com a morfologia daquele planeta é uma etapa muito importante, tornando-se mesmo fundamental no caso de querer enveredar por projectos de monitorização sistemática. Tal objectivo atingir-se-á gradual mas rapidamente, com a acumulação de treino de observação visual, e será ainda mais fácil se for complementado pela análise comparativa de imagens que o próprio ou colegas obtiverem, mesmo com equipamento modesto.



Figura 1- Imagem de Júpiter devidamente formatada para envio às bases de dados planetários geridas por amadores. Está orientada com o Sul para cima e o limbo “precedente” para a esquerda, contém indicação da data e hora em que foi obtida, assim como a longitude do respectivo meridiano central utilizando os sistemas de coordenadas I a III. Finalmente, o nome do observador e dados sobre o equipamento utilizado (telescópio, câmara CCD, filtros) devem estar contidos na imagem, e esta deve ser acompanhada de um pequeno texto onde são descritas as condições de transparência, estabilidade, temperatura e humidade atmosférica, vento, localização geográfica do observador e quaisquer outro dado que ele considere relevante. Crédito: António Cidadão.

Desenhar repetidamente o planeta e comparar os esquemas efectuados, ou compara-los com imagens realizadas por outros na mesma data e hora, pode ser também muito didáctico. Dado ser virtualmente impossível registar num esquema todos os pormenores visíveis através da ocular antes que a rápida rotação de Júpiter os desvie do seu posicionamento inicial, o desenho planetário é neste caso particular também um excelente exercício de reconhecimento e discriminação, o qual requer, e nos ensina, a dominar a morfologia Joviana.

Com a excepção dos satélites galileanos em trânsito, ou das suas inconfundíveis sombras, tudo o que vemos no disco planetário de Júpiter são formações atmosféricas, em constante mudança mas que normalmente obedecem a padrões gerais estáveis no tempo. Há que aprender a reconhecer tais padrões para saber distinguir eventuais mudanças, regista-las e rapidamente comunica-las à comunidade de observadores planetários.

Há também que aprender a planejar as observações de modo a escolher a hora mais adequada a visualizar, em dias sucessivos, as mesmas longitudes do planeta, e desse modo reconhecer estruturas estáveis e detectar potenciais alterações. Há software específico para essa finalidade. Em alternativa, as observações podem ser calendarizadas de modo a obter, em poucos dias, uma cobertura a 100% da atmosfera planetária. Mais uma vez, a utilização de “software” disponibilizado gratuitamente possibilita a execução de planisférios, que dão uma visão global da morfologia planetária numa determinada data.

Na curva de aprendizagem acima referida há que considerar alguns aspectos prioritários, nomeadamente garantir o necessário à-vontade para reconhecer, na ocular ou em fotografias, a orientação Norte-Sul do planeta e o sentido da sua rotação. Isto nem sempre é linear, pois instrumentos distintos podem originar imagens orientadas de modo diferente. Por outro lado, é bom não esquecer que quando as nossas observações são enviadas para as bases de

dados geridos por amadores, há regras que devem ser cumpridas e uma delas refere-se à orientação dos documentos, sejam eles imagens ou desenhos.

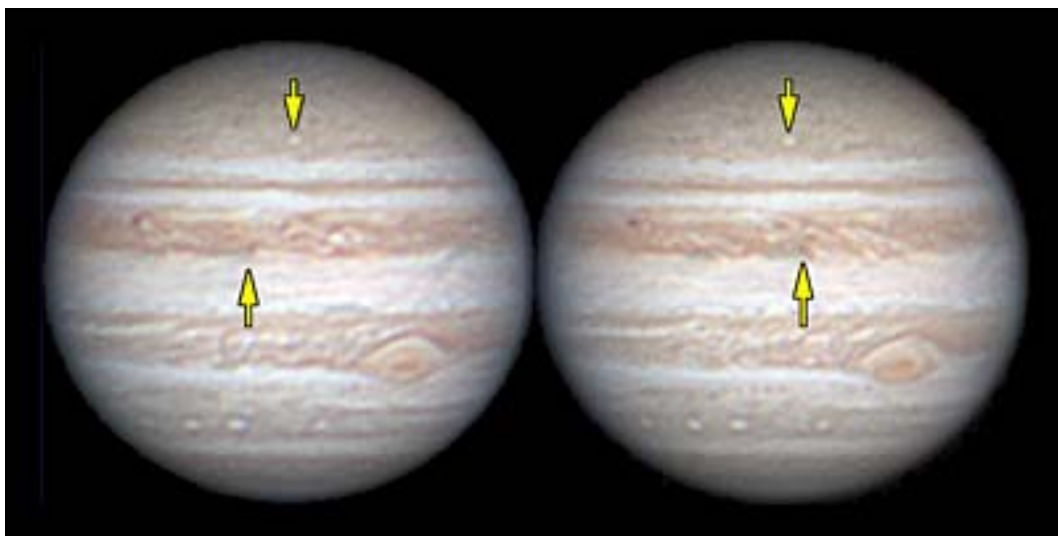


Figura 2- Nestas duas imagens de Júpiter, mostrando o mesmo hemisfério mas obtidas com alguns dias de intervalo, estão assinaladas duas das inúmeras formações atmosféricas observáveis na altura, especificamente uma pequena oval a média latitude Norte, e uma das muitas projecções azuladas do cinturão equatorial Norte localizadas perto do equador. É notória a alteração da posição relativa destas duas estruturas, devido ao facto da primeira estar situada no “sistema II” e a última no “sistema I”. Notar que a Grande Mancha Vermelha, também situada no “sistema II”, mantém o seu posicionamento relativo à pequena oval. Clique na imagem para activar uma pequena animação numa nova janela, a qual revelará a complexa dinâmica da atmosfera Joviana e mostrará evidência da rotação da grande Mancha Vermelha. Crédito: António Cidadão.

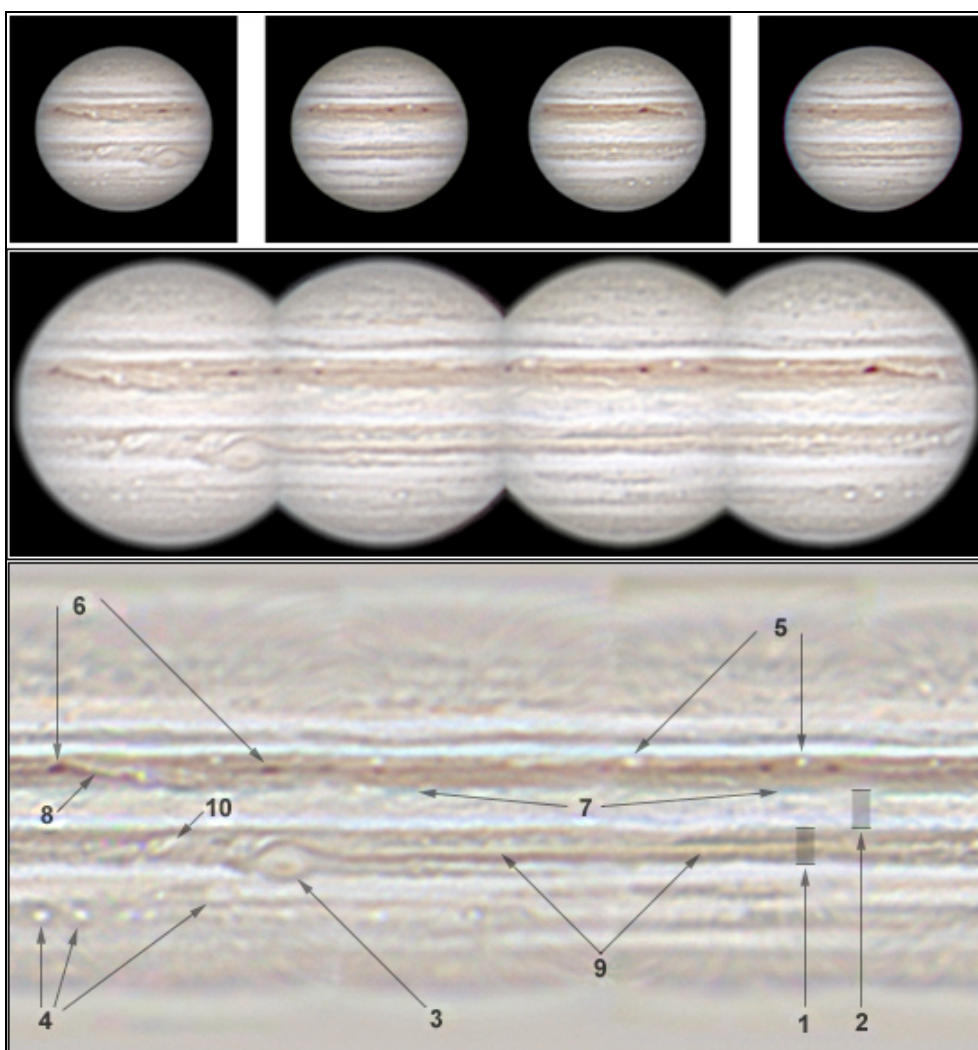


Figura 3- Bastam quatro imagens de Júpiter, por exemplo obtidas em três sessões de observação sucessivas (fila de cima), desde que apresentem alguma sobreposição das estruturas visíveis (centro) para, com "software" disponível gratuitamente, conseguir preparar planisférios completos da atmosfera do planeta (em baixo). Tais exercícios de cartografia planetária, além de possibilitarem a familiarização do observador com a morfologia Joviana, possibilitam a reconstituição informática de rotações planetárias completas, difíceis de observar directamente ou de capturar através de longas sequências de imagens. 1- um "cinturão", concretamente o cinturão equatorial Sul ("SEB" na designação em língua inglesa); 2- uma "zona", especificamente a zona equatorial ("EZ"); 3- a Grande mancha Vermelha ("GRS"); 4- ovais ou manchas brancas ("WOS"), de natureza anticiclónica, a maior das quais está presentemente situada no cinturão temperado do Sul ("STB"); 5- pequenas WOS situadas no bordo Norte do cinturão equatorial Norte ("NEBn"); 6- "barcaças" ("barges"), formações ciclónicas avermelhadas típicas do NEBn; 7- projecções azuladas do bordo Sul do cinturão equatorial Norte ("NEBs"); 8- perturbação ("rift") do NEB, originada pelo surgimento de nuvens brilhantes que por vezes evoluem muito dinamicamente; 9- padrão linear de nuvens brilhantes no cinturão equatorial Sul ("SEB"), também designada "zona" do SEB ("SEBZ"); 10- perturbação caótica do SEB, que habitualmente "segue" a GRS e é extremamente dinâmica. Clique na imagem para activar uma animação (700KB) numa nova janela, a qual mostra uma rotação completa de Júpiter produzida a partir deste planisfério. Crédito: António Cidadão.

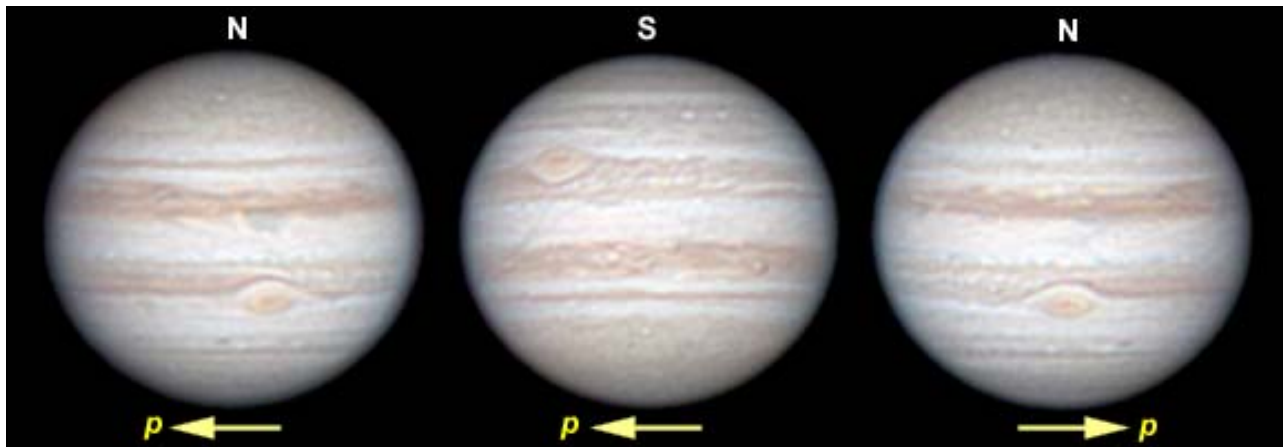


Figura 4- Três diferentes imagens de Júpiter, todas obtidas com um telescópio de 254mm de diâmetro e uma câmara CCD refrigerada. As fotografias foram reorientadas de modo a simular a aparência do planeta quando observado através de: um telescópio equipado com uma diagonal de espelho ou prisma, situação onde apenas a lateralidade está trocada (esquerda); um telescópio que produz imagens invertidas, por exemplo uma luneta ou um Schmidt-Cassegrain em que não se utiliza diagonal (centro); equipamento que produz imagens direitas, como um binóculo ou um telescópio com prisma erector (direita). Está assinalado o polo que se localiza na parte de cima das imagens, assim como o posicionamento do limbo "precedente" e o sentido de rotação do planeta. Crédito: António Cidadão.

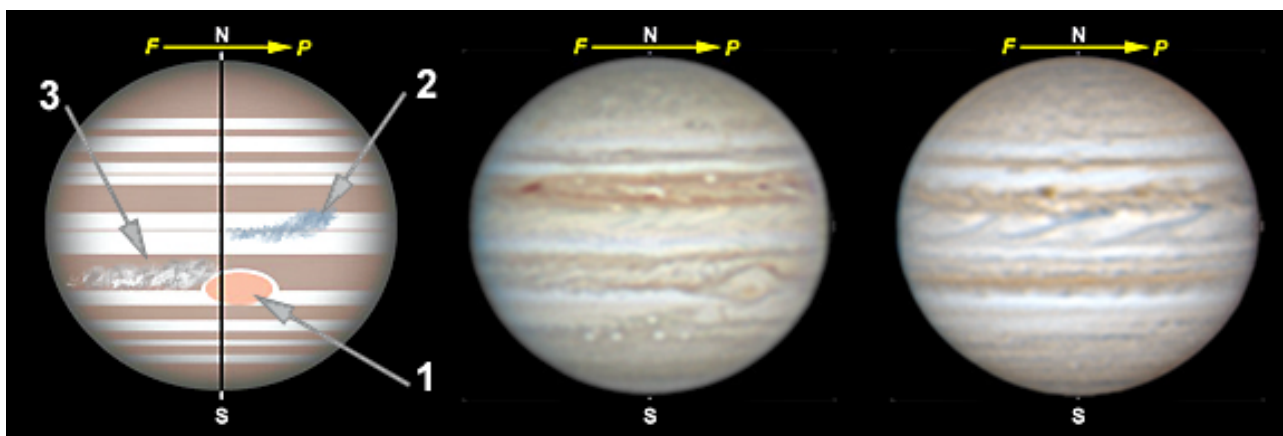


Figura 5- Dependendo das longitudes Jovianas visíveis a partir da Terra num dado momento, devido ao movimento de rotação daquele planeta, há várias alternativas para reconhecer qual é o hemisfério Norte ou Sul. Se a Grande Mancha Vermelha estiver visível (1) ela identificará o hemisfério Sul. Se tal não suceder, múltiplas projecções azul acinzentadas (2) originam-se no cinturão equatorial Norte e dirigem-se para a zona equatorial. Decidir qual é o limbo precedente ("p.") ou seguidor ("f.") pode ser conseguido observando durante alguns minutos a rotação do planeta ou, se a grande Mancha Vermelha estiver visível, uma estrutura de referência pode ser a perturbação caótica do cinturão equatorial Sul (3), que contém nuvens brilhantes e "segue" a Grande Mancha Vermelha. Por outro lado, as projecções azuladas acima referidas (2) normalmente dirigem-se para a zona equatorial no sentido "precedente-seguidor", ou seja de cima para baixo e da direita para a esquerda nesta imagem. Crédito: António Cidadão.

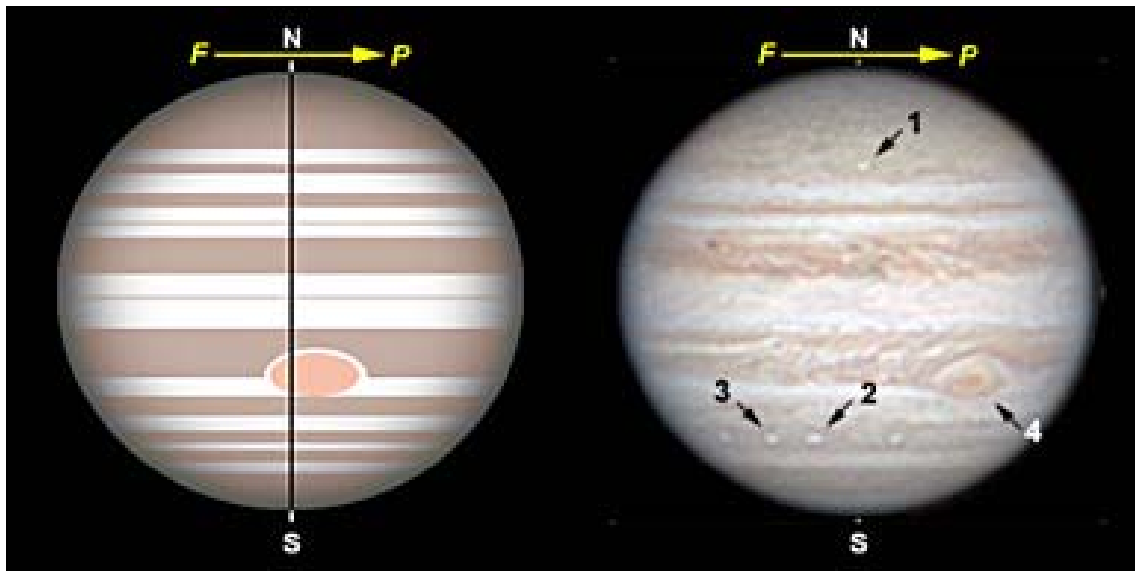


Figura 6- A alternância de regiões claras (“zonas”) e escuras (“cinturões”) na atmosfera Joviana é muito fácil de observar, mas a caracterização detalhada do padrão atmosférico patente num dado momento pode ser bastante complexa (comparar o esquema, à esquerda, com a imagem real, à direita, e tentar fazer o mesmo relativamente às outras imagens apresentadas ao longo do “tema do mês”). Por vezes um ou mais cinturões estão total ou parcialmente ausentes, e quase sempre apresentam fronteiras muito irregulares. Apresento a nomenclatura adoptada internacionalmente, mantendo-a propositadamente em língua inglesa para facilitar a consulta das bases de dados amadoras internacionais e, além disso, pelo facto da tradução para português ser linear. “NPR”- North Polar region; “SPR”- South Polar region; “EZ”- Equatorial Zone; “NEBZ”- North Equatorial Belt Zone; “NTrZ”- North Tropical Zone; “NTZ”- North Temperate Zone; “NNTZ”- North North Temperate Zone; “SEBZ”- South Equatorial Belt Zone; “STrZ”- South Tropical Zone; “STZ”- South Temperate Zone; “SSTZ”- South South Temperate Zone; “SSSTZ”- South South South Temperate Zone; “EB”- Equatorial Band; “NEB”- North Equatorial Belt; “NTrZB”- North Tropical Zone Band; “NTB”- North Temperate Belt; “NNTB”- North North Temperate Belt; “SEB”- South Equatorial Belt; “STB”- South Temperate Belt; “SSTB”- South South Temperate Belt; “GRS”- Great Red Spot. Crédito: António Cidadão.

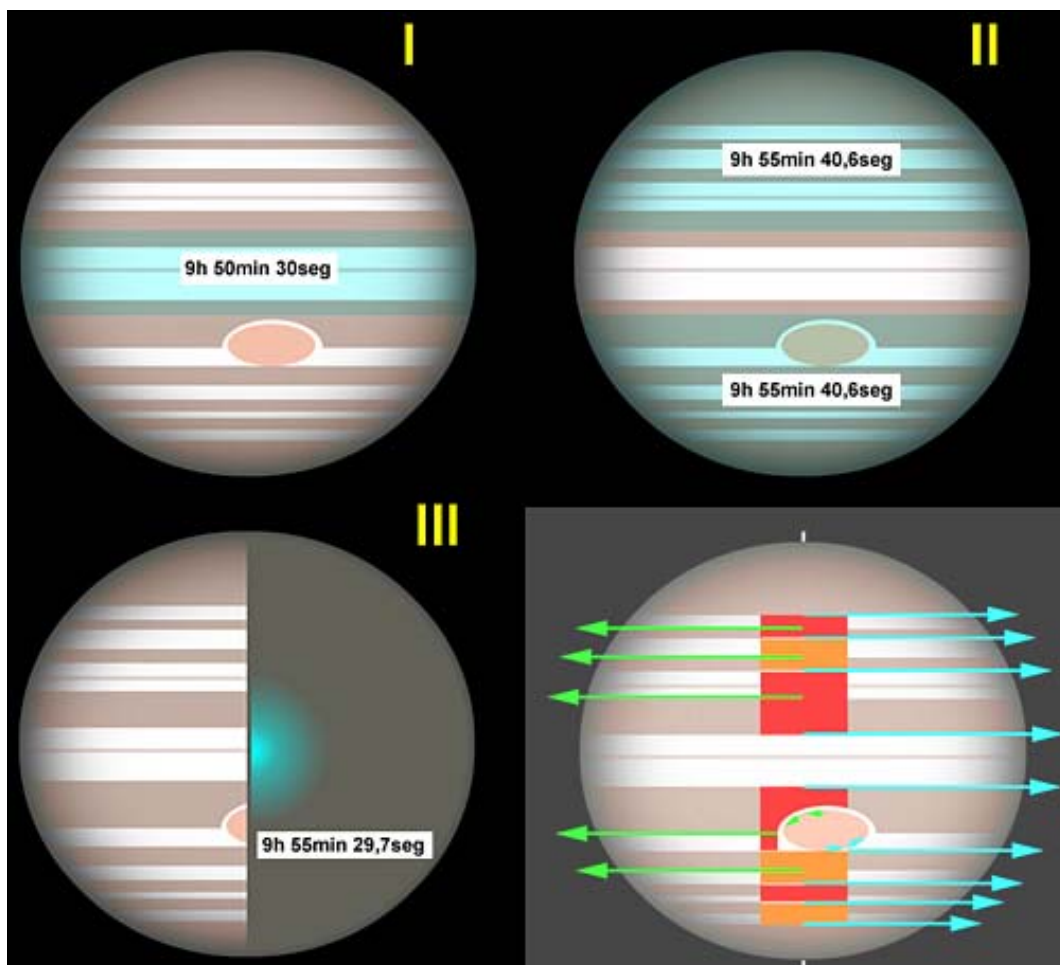




Figura 7- As formações atmosféricas Jovianas situadas próximo do equador (deslocando-se segundo o denominado “sistema I”) apresentam um período de rotação cerca de 5 minutos mais rápido do que, em média, as presentes nas restantes regiões do disco planetário (as quais se deslocam segundo o chamado “sistema II” de rotação). Esta metodologia, utilizando dois sistemas genéricos de rotação, baseia-se em numerosos dados de posicionamento observacional, acumulados com o tempo e que ainda continuam a ser monitorizados. É muito usada pelos amadores, e mostra-se muito prática pois cada um dos sistemas é representativo do período de rotação de formações atmosféricas relevantes e muito evidentes mesmo através de pequenos instrumentos, nomeadamente as projecções azuladas do NEBs (sistema I) e a GRS (sistema II). Os profissionais, por seu lado, adoptam o chamado sistema III de rotação, baseado nas emissões da magnetosfera Joviana e que é mais representativo da rotação do núcleo do planeta. Quando as nossas observações são enviadas para as bases de dados amadoras, elas devem conter a informação das coordenadas do meridiano central nestes três sistemas. Independentemente dos sistemas genéricos de rotação adoptados, os quais permitem determinar e atribuir posicionamento em longitude às estruturas atmosféricas, há que considerar que os períodos de rotação variam consideravelmente com a latitude. Tal é devido à existência de fortes correntes atmosféricas nas interfaces entre zonas e cinturões, as quais divergem consideravelmente tanto em intensidade como em direcção, e a sua monitorização é uma das contribuições úteis que os amadores podem efectuar. Crédito: António Cidadão.

Outro ponto a ter em sempre em consideração é o período de rotação de Júpiter, essencial para antecipar a visualização de uma estrutura de interesse. Embora seja há muito conhecido que formações atmosféricas posicionadas a diferentes latitudes apresentam períodos de rotação distintos, “descobrir” pela primeira vez tal efeito através dos nossos dados é uma experiência interessantíssima.

Especialmente para os observadores visuais, tentar cronometrar a hora em que uma determinada formação atmosférica cruza uma linha imaginária unindo os dois pólos do planeta, o chamado “meridiano central”, pode originar uma agradável surpresa. Além de servir para determinar o período de rotação Joviano, a nossa apreciável capacidade de discriminação visual ocasionará erros de apenas alguns minutos relativamente aos valores presentemente adoptados. Mais uma “descoberta” muito gratificante.

À medida que as nossas exigências observacionais se forem apurando, a necessidade de melhorar selectivamente o contraste de determinadas estruturas, ou melhor avaliar o escurecimento do limbo planetário, levará seguramente à utilização de filtros coloridos. No campo dos projectos de monitorização fotográfica do planeta, alguns aspectos da dinâmica atmosférica de Júpiter são também apenas analisáveis morfologicamente utilizando filtros específicos, principalmente no infravermelho.

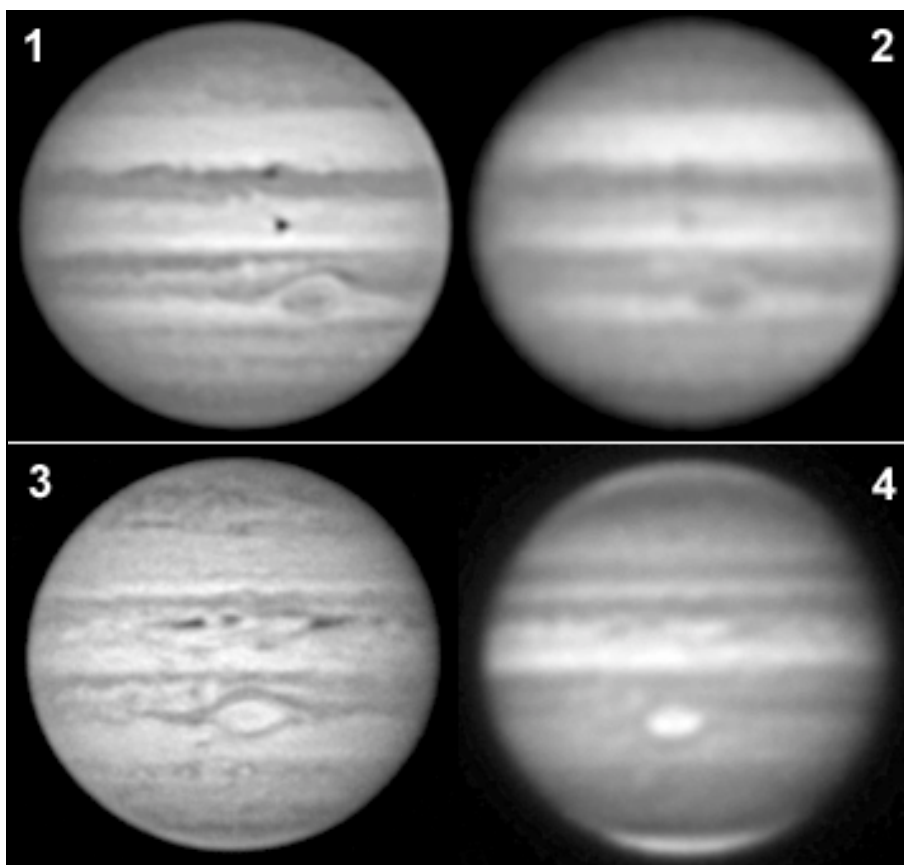


Figura 8- Imagens de Júpiter obtidas com um filtro azul (1), ultravioleta (2), infravermelho de banda larga (3) e um filtro da “banda de metano” (4). O ultravioleta a que as câmaras CCD de amadores são sensíveis origina documentos algo semelhantes aos obtidos em luz azul, mas onde as estruturas avermelhadas, como os cinturões ou a Grande Mancha Vermelha, ainda se apresentam mais contrastadas. O infravermelho próximo, a que as câmaras CCD são extremamente sensíveis, produz imagens semelhantes às obtidas com um filtro vermelho, mas ainda mais contrastadas, e permite sondar as camadas mais profundas de nuvens visíveis. A Grande Mancha Vermelha apresenta-se brilhante, os cinturões pouco contrastados, e formações azuladas como as projecções do cinturão equatorial Norte aparecem muito escuras. Filtros da “banda de metano” revelam selectivamente as nuvens e neblinas atmosféricas mais altas,

nomeadamente na zona equatorial, regiões polares e sobre estruturas anticiclónicas como a Grande Mancha Vermelha. A sombra de um satélite pode ser vista nas imagens 1 e 2, sobre o equador Joviano. Crédito: António Cidadão.

Como já foi referido, a atmosfera Joviana é colorida e apresenta uma alternância de regiões claras, as “zonas”, e escuras, os “cinturões”. Existe uma nomenclatura estandardizada para cada um deles, directamente correlacionável com as latitudes do planeta, e que deve ser interiorizada por todos os que se propõem observá-lo. Como a regra será partilhar os nossos resultados internacionalmente, convém adoptar pelo menos as suas abreviaturas em língua inglesa.

Uma das maiores dificuldades que sentem todos os que se iniciam na observação de Júpiter tem a ver com a virtual impossibilidade de reconhecer, à ocular ou nas imagens, “todas” as zonas ou cinturões. O que sucede é que muitas vezes alguns cinturões estão parcial ou completamente atenuados pelo surgimento de nuvens cuja cor e reflectividade é semelhante às presentes nas zonas. Mesmo a morfologia de formações Jovianas “emblemáticas” como a Grande Mancha Vermelha (de cor vermelha escura a laranja muito pálido) ou dos cinturões mais evidentes, varia consideravelmente com o tempo (são conhecidos os episódios de quase completa atenuação do cinturão equatorial do Sul). Esta variabilidade morfológica é real, e é um dos aspectos mais fascinantes da observação do planeta.

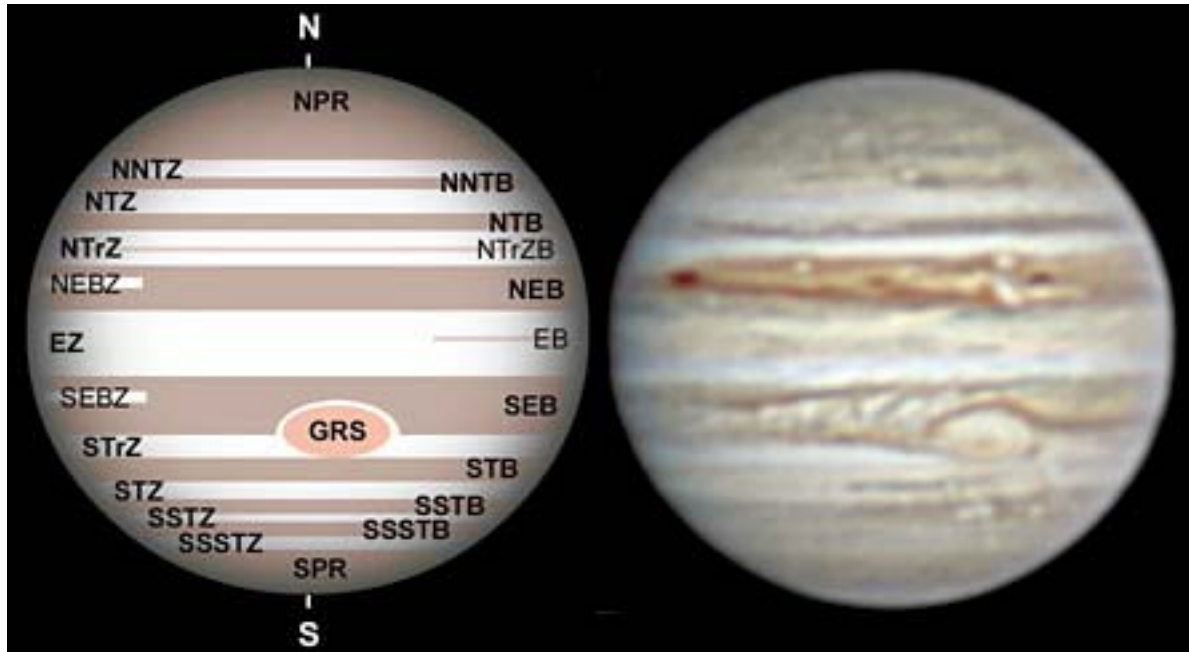


Figura 9- A alternância de regiões claras (“zonas”) e escuras (“cinturões”) na atmosfera Joviana é muito fácil de observar, mas a caracterização detalhada do padrão atmosférico patente num dado momento pode ser bastante complexa (comparar o esquema, à esquerda, com a imagem real, à direita, e tentar fazer o mesmo relativamente às outras imagens apresentadas ao longo do “tema do mês”). Por vezes um ou mais cinturões estão total ou parcialmente ausentes, e quase sempre apresentam fronteiras muito irregulares. Apresento a nomenclatura adoptada internacionalmente, mantendo-a propositadamente em língua inglesa para facilitar a consulta das bases de dados amadoras internacionais e, além disso, pelo facto da tradução para português ser linear. “NPR”- North Polar region; “SPR”- South Polar region; “EZ”- Equatorial Zone; “NEBZ”- North Equatorial Belt Zone; “NTrZ”- North Tropical Zone; “NTZ”- North Temperate Zone; “NNTZ”- North North Temperate Zone; “SEBZ”- South Equatorial Belt Zone; “STrZ”- South Tropical Zone; “STZ”- South Temperate Zone; “SSTZ”- South South Temperate Zone; “SSSTZ”- South South South Temperate Zone; “EB”- Equatorial Band; “NEB”- North Equatorial Belt; “NTrZB”- North Tropical Zone Band; “NTB”- North Temperate Belt; “NNTB”- North North Temperate Belt; “SEB”- South Equatorial Belt; “STB”- South Temperate Belt; “SSTB”- South South Temperate Belt; “GRS”- Great Red Spot.

Crédito: António Cidadão.

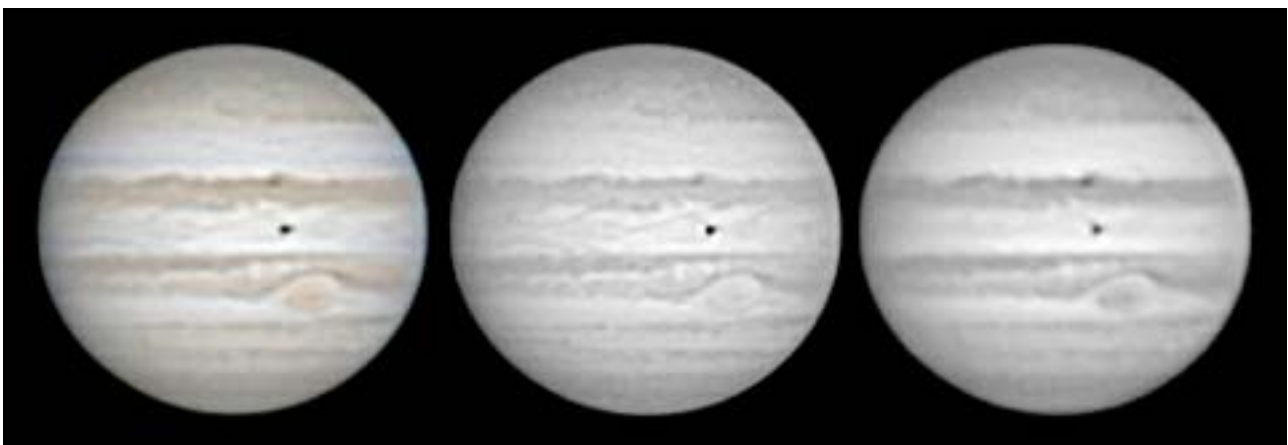


Figura 10- As cores da atmosfera Joviana são evidentes quando o planeta é observado sem o auxílio de filtros (esquerda). No entanto, para pequenos instrumentos, quando as condições de estabilidade não são as melhores, ou quando se pretendem realçar determinadas estruturas, visualmente ou fotograficamente, o uso de filtros é imprescindível. Um filtro vermelho (centro) ou laranja escurece estruturas azuladas como as projecções do “NEBs” e torna menos notórias as avermelhadas como a GRS, as “barcaças” e os cinturões. Um filtro azul (direita) escurece as estruturas avermelhadas, torna virtualmente indistinguíveis as azuladas, e aumenta o contraste de estruturas brancas dinâmicas como perturbações nos cinturões e pequenas ovas anticiclónicas. Existem também diferenças relativamente ao escurecimento do limbo com estes dois filtros, sendo mais intenso com o filtro vermelho. Todas as imagens mostram a sombra de um satélite, inconfundível e extremamente contrastada, com e sem filtros. Crédito: António Cidadão.

Além da básica alternância entre zonas e cinturões, o observador deve começar a tentar identificar algumas formações de menor dimensão mas potencialmente importantes. As “perturbações” ou “erupções” a nível dos cinturões, constituídas por nuvens brancas, brilhantes, merecem ser monitorizadas. O mesmo se passa relativamente a pequenas “manchas”, ou “pontos” (“spots” em língua inglesa), também designadas “ovais” quando a sua dimensão permite atribuir-lhes forma, principalmente situadas nas interfaces entre as zonas e cinturões. As de cor branca (“WOS” – white oval spots) são habitualmente de natureza anticiclónica, e as escuras (“dark spots”), muitas vezes vermelhas ou acastanhadas, são ciclónicas. Uma excepção é a Grande Mancha Vermelha, um enorme anticiclone. Iniciando-se no bordo Sul do cinturão equatorial Norte e estendendo-se até a zona equatorial, existe um tipo de estrutura de cor azulada denominada “projecção”, ou “festão” (“festoon”), que vale a pena mencionar. Corresponde, no visível, aos chamados “pontos quentes” identificáveis no infravermelho.

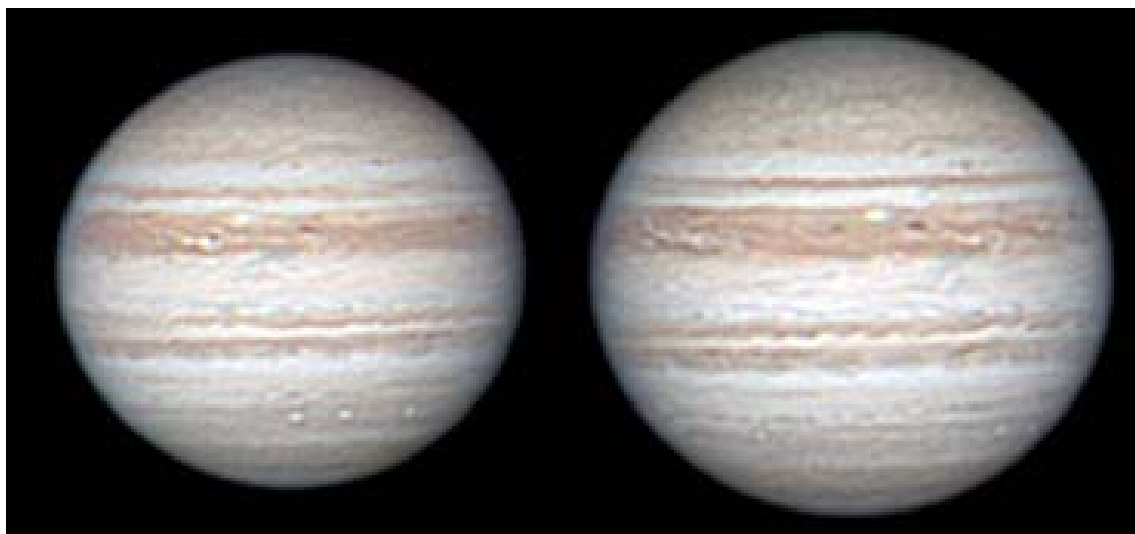


Figura 11- Planetas gasosos como Júpiter e Saturno apresentam um acentuado escurecimento do limbo. Na imagem da direita, obtida pela altura da oposição, o escurecimento é equivalente no limbo “precedente” e “seguidor”. A fotografia da esquerda, registada alguns meses antes da oposição, mostra um escurecimento mais acentuado do limbo “precedente”. Observa-se precisamente o contrário alguns meses após a oposição. Notar as diferenças no diâmetro aparente do disco planetário, máximo na altura oposição. Clique na imagem para activar uma pequena animação numa nova janela, a qual mostra o escurecimento diferencial do limbo, antes e depois da oposição, e também a dinâmica atmosférica de Júpiter. Crédito: António Cidadão.

#### ***Algumas referências bibliográficas para observadores planetários:***

“The Planet Observer’s Handbook”, Fred W. Price, Cambridge University Press, 2000

“The Giant Planet Jupiter”, John H. Rogers, Cambridge University Press, 1995

Página pessoal de Grischa Hahn, que contém excelente “software” de efemérides e posicionamento de estruturas planetárias, também disponível em português:

<http://home.t-online.de/home/grischa.hahn/astro/index.htm>

Página pessoal de Christian Buil, que contém o “software” de processamento de imagem e cartografia planetária “IRIS”:

<http://astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

Página do projecto “JUPOS”, uma enorme base de dados relativa ao posicionamento de estruturas atmosféricas Jovianas, e a partir da qual é possível obter “software” de posicionamento e cartografia planetária:

<http://home.t-online.de/home/h.j.mettig/>

Excelente guião sobre a actividade e nomenclatura Joviana, situado na página pessoal de Damian Peach:

[http://homepage.ntlworld.com/dpeach78/jup\\_desc.htm](http://homepage.ntlworld.com/dpeach78/jup_desc.htm)

Portal sobre o estudo dos planetas “gasosos”, Júpiter e Saturno:

<http://www.astrogea.org/web-gea/planetes.htm>

Ver “Tema do Mês” sobre a Atmosfera de Júpiter:

<http://www.portaldoastronomo.org/tema3.php>

# FOTOGRAFAR O CÉU (PARTE II)

Pedro Ré

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

Para efectuar astrofotografias através de telescópios torna-se necessário acoplar câmaras fotográficas a um telescópio. Os telescópios mais frequentes podem ser classificados em três tipos principais: (i) refractores; (ii) reflectores e (iii) compostos ou catadióptricos<sup>1</sup> (Figura 1). Cada tipo de telescópio apresenta vantagens e inconvenientes.



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

Os diversos tipos de telescópios devem ser suportados por uma montagem equatorial, de preferência motorizada nos dois eixos<sup>2</sup>. Nem todas as montagens são adequadas para a realização de astrofotografias. Quanto mais robusta for a montagem tanto melhor<sup>3</sup>. Algumas montagens frágeis vibram facilmente sendo menos aconselhadas para a realização de fotografias astronómicas<sup>4</sup>.

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 (projectão positiva), uma lente Barlow ou um teleconversor fotográfico (projectão negativa) e um redutor/corrector (compressão). A Figura 3 ilustra os três principais métodos de acoplar uma câmara fotográfica ou uma câmara CCD<sup>5</sup> a um 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 (Figura 4).

A observação e fotografia Solar revestem-se de numerosos perigos. **NUNCA SE DEVE OBSERVAR OU FOTOGRAFAR O SOL SEM SE RECORRER AO USO DE FILTROS APROPRIADOS**. Os filtros mais seguros são aqueles que podem ser montados *antes* da objectiva do telescópio (filtros frontais) (Tabela 1, Figura 6).

A Lua é um dos objectos celestes mais fáceis de fotografar. É relativamente simples obter boas fotografias lunares recorrendo a equipamento pouco sofisticado. A Lua pode ser fotografada recorrendo a inúmeros instrumentos. Pode utilizar-se uma teleobjectiva ou um telescópio. O diâmetro da imagem da Lua, no plano focal do filme, ou do sensor CCD, depende da distância focal do instrumento. O seu valor aproximado pode ser calculado através da seguinte fórmula.

$$\text{Diâmetro da imagem da Lua} = \text{Distância focal} / 110$$

<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> Ascensão Recta e Declinação.

<sup>3</sup> A característica mais importante de uma montagem é a sua estabilidade.

<sup>4</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.

<sup>5</sup> CCD- sigla formada pelas iniciais de *Charge Coupled Device*.





Figura 2- 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. Pedro Ré (2001).

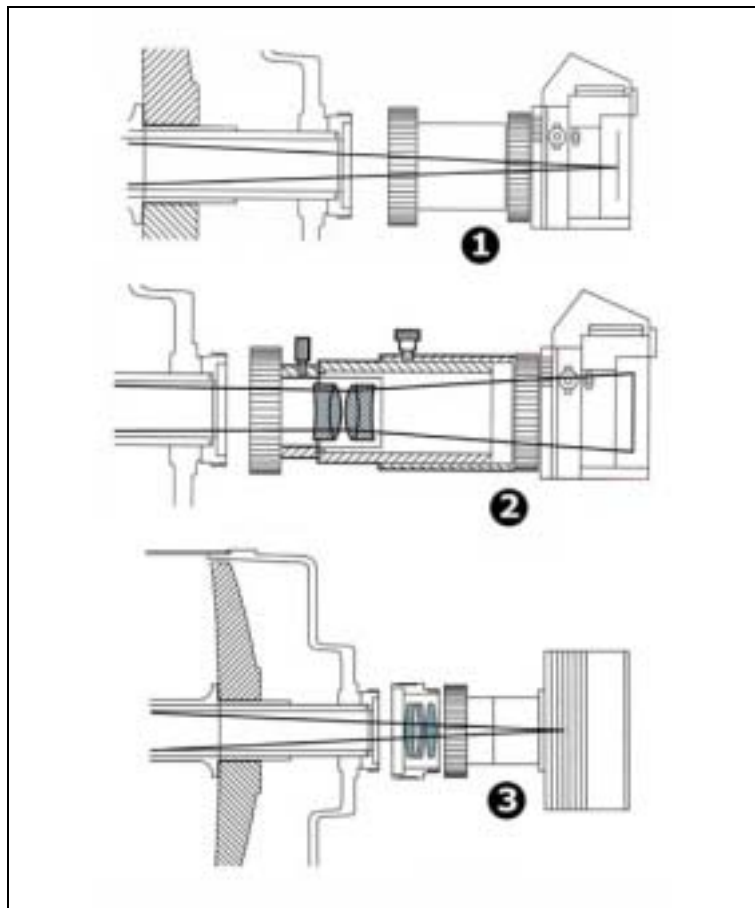


Figura 3- Principais métodos utilizados para acoplar uma câmara fotográfica ou uma câmara CCD a um telescópio: 1- Foco principal; 2- Projecção (positiva); 3- Compressão.



Figura 4- Fotografia por projecção afocal. Telescópio refracctor 150 mm  $f/8$ , ocular Vixen 26 mm e *Olympus Camedia c2000z*. Pedro Ré (2003).



Figura 5- Imagens do Sol (esquerda) e da Lua (direita) obtidas através de uma sistema de projecção afocal. Telescópio Schmidt-Cassegrain 200 mm  $f/10$ , objectiva 80 mm 1:2.8 e *Olympus Camedia C-1400L*. Pedro Ré (2001).

**Tabela 1- Características dos principais filtros Solares frontais.**

Tipo de filtro	Constituição	Contraste	Coloração do Sol
<i>Mylar (Solar Skreen)</i>	Polímero aluminizado	Médio	Azulada
<i>Baader Planetarium</i>	Polímero	Elevado	Branca
<i>Thousand Oaks</i>	Vidro aluminizado	Elevado	Alaranjada

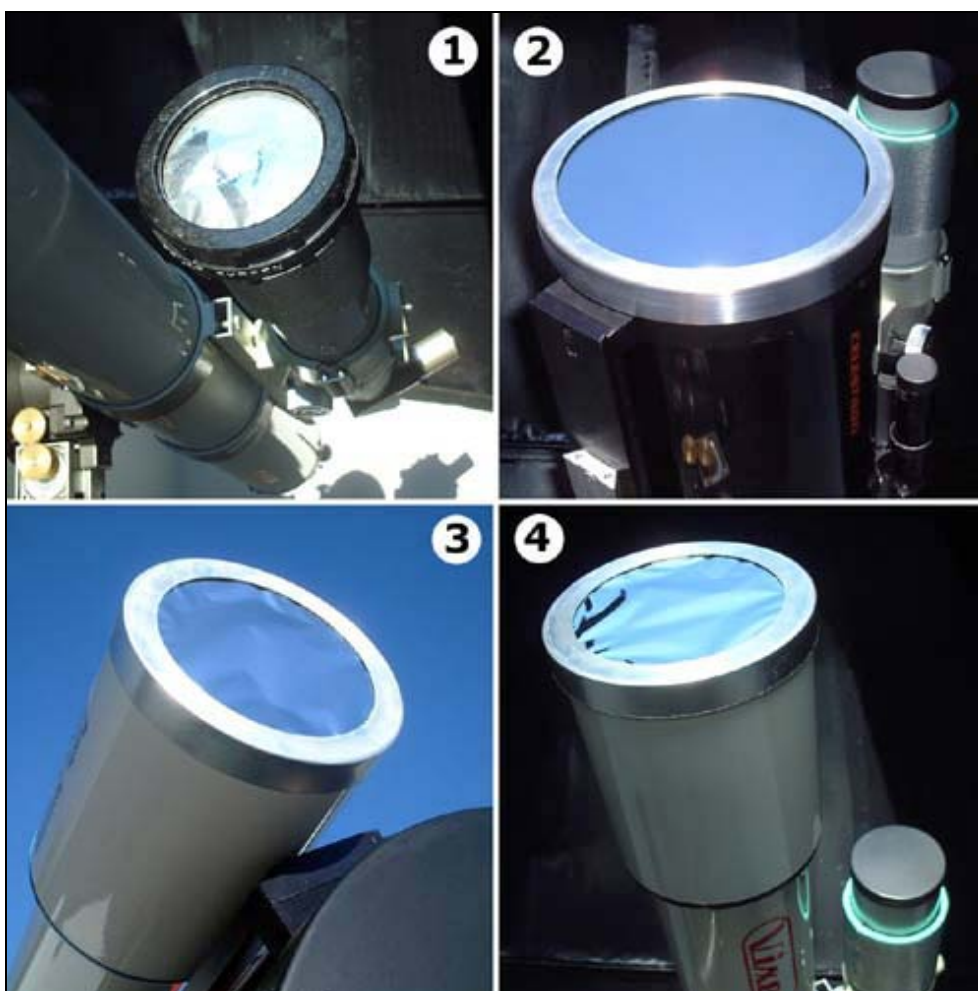


Figura 6- Filtros frontais para observação e fotografia do Sol: 1- *Mylar (Solar skreen)*, telescópio *Takahashi FS60*; 2- *Thousand Oaks*, telescópio C8, 3- *Baader Planetarium*, telescópio *Takahashi FS102*, 4- *Baader Planetarium*, telescópio *Vixen 102*. Pedro Ré (2001).

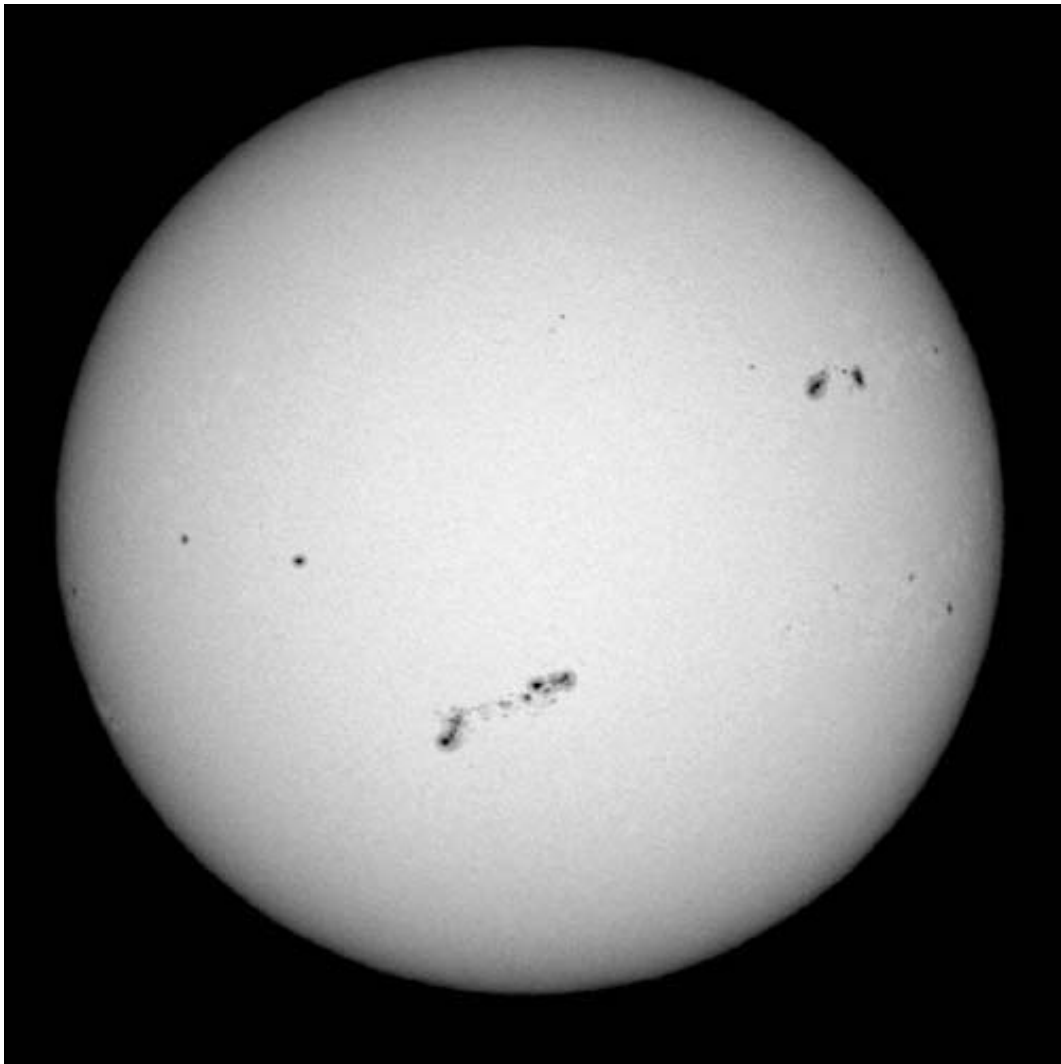


Figura 7- Imagem do Sol obtida em 20011110. Telescópio refrator *Vixen* (102 mm  $f/9.8$ ), filtro *Baader Planetaryum*, *FujiFilm FinePix S1 Pro* (fotografia no foco principal). Pedro Ré (2001).

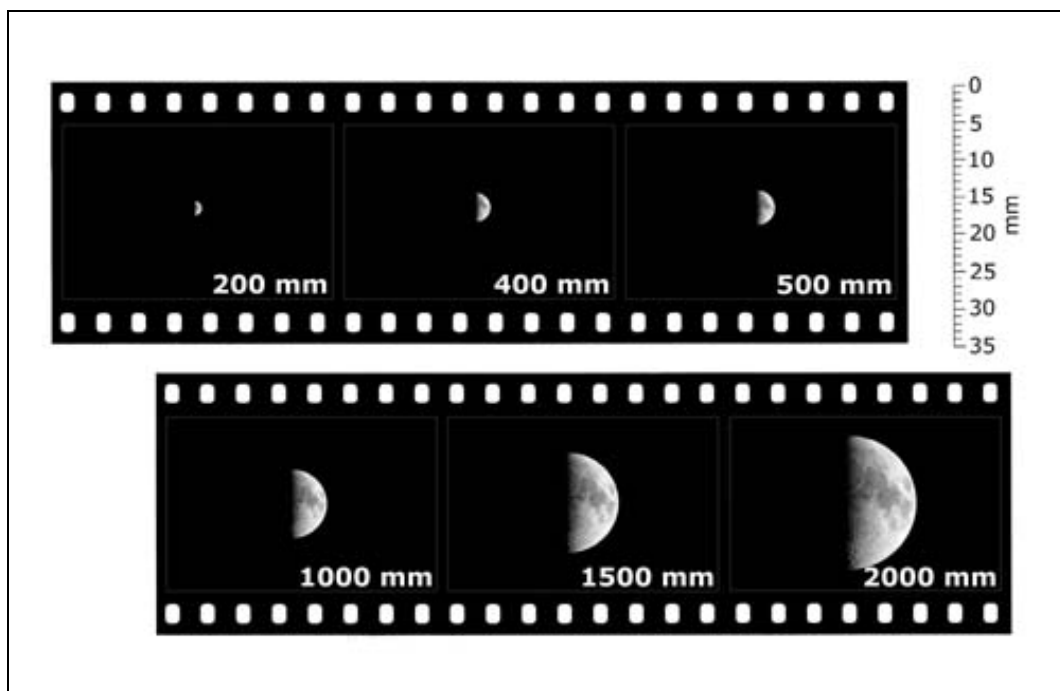


Figura 8- Diâmetro do disco lunar em função da distância focal. Pedro Ré (2001).



**Tabela 2- Fotografia lunar. Tempos de exposição aproximados em segundos (filme 400 ISO/ASA).**

$f/D^6$	Crescente inicial	Crescente avançado	Quarto crescente	Lua gibosa	Lua Cheia
2.8	1/250	1/500	1/1000	1/2000	1/8000
4	1/125	1/250	1/500	1/1000	1/4000
5.6	1/60	1/125	1/250	1/500	1/2000
8	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500
11	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250
16	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125
22	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60



Figura 9- Lua (20010201). Telescópio refractor apocromático *Takahashi* FS102  $f/8$ . Câmara digital *Olympus* DP10. Pedro Ré (2001).

<sup>6</sup> Num telescópio a relação focal ou relação  $f/D$  é o resultado da divisão da distância focal da objectiva pelo seu diâmetro. Por exemplo um telescópio de 200 mm de diâmetro com uma distância focal de 2000 mm apresenta uma relação focal de  $f/10$ .

A fotografia de eclipses solares ou lunares pode ser levada a cabo recorrendo a algumas das técnicas já referidas anteriormente. Os eclipses totais do Sol são sem dúvida um dos fenómenos naturais mais interessantes de observar e de fotografar. Registrar em filme ou em vídeo este tipo de acontecimentos é pois uma ambição natural de qualquer astrofotógrafo. Deve-se porém planejar com antecedência e se possível treinar alguns procedimentos básicos que nos permitirão obter resultados satisfatórios. Os eclipses são acontecimentos efêmeros (sobretudo no que diz respeito aos eclipses totais do sol) e não devemos “gastar” demasiado tempo no seu registo fotográfico. A totalidade pode durar apenas alguns minutos que devem ser devidamente apreciados. Algum planeamento prévio permitir-nos-á obter imagens do fenómeno e, ao mesmo tempo, observar o eclipse visualmente em boas condições e em segurança.

A fotografia de eclipses lunares é tecnicamente mais simples relativamente à fotografia de eclipses solares. Não necessitamos de utilizar qualquer tipo de filtro tal como sucede no caso da fotografia solar.

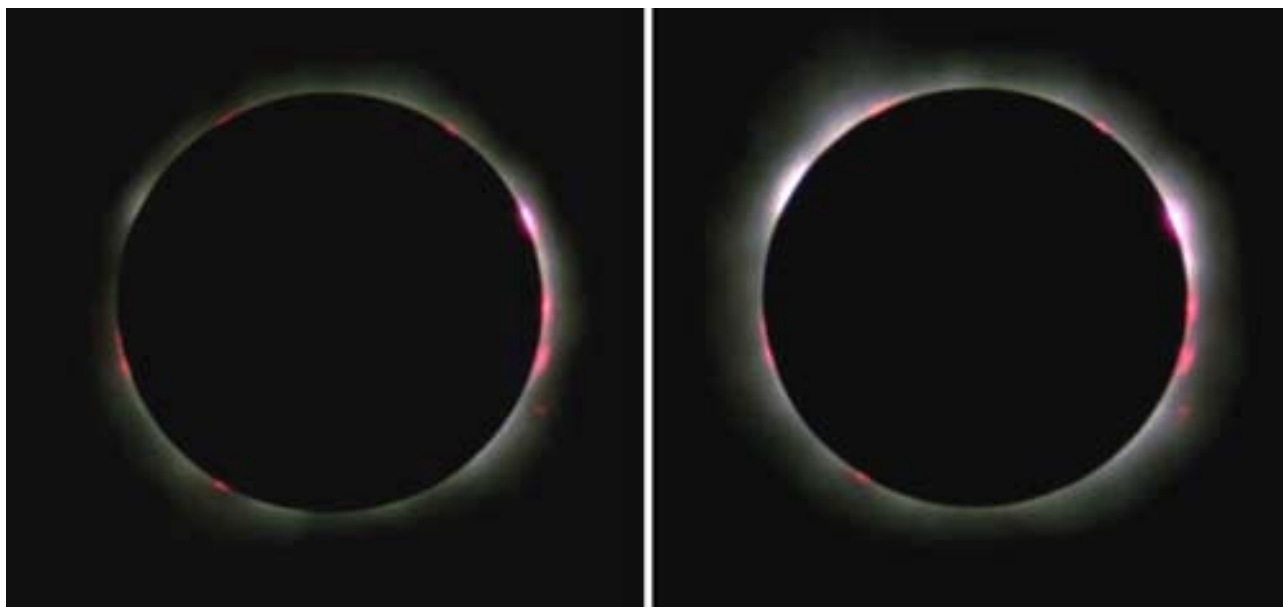


Figura 10- Eclipse total do Sol de (19990811). Telescópio refractor *Konus* 80 mm *f*/5. Filme *Fujichrome Sensia* 100. Exposições 1/500 s e 1/250 s. Imagens processadas por computador para realçar as protuberâncias solares. Bucareste, Roménia. Pedro Ré (1999).



Figura 11- Eclipse total da Lua (19890817). Telescópio reflector 300 mm *f*/7.1. Filme *Ektachrome* 100. Exposições de 30 s (fases parciais) e 60 s (totalidade). Pedro Ré (1989).

A fotografia de planetas, tal como alguns aspectos da fotografia solar e lunar, pode ser considerada como fotografia de *alta resolução*<sup>7</sup> e constitui um domínio relativamente especializado e exigente da fotografia astronómica. A maioria das fotografias de planetas é actualmente realizada recorrendo ao uso de câmaras CCD refrigeradas e de *Webcams* modificadas. A fotografia planetária pode ser facilmente realizada a partir de um ambiente urbano em que poluição luminosa é moderada ou intensa.

Apesar da turbulência atmosférica desempenhar um papel central na obtenção de imagens planetárias, o instrumento utilizado é sem dúvida mais importante. De um modo geral podemos dizer que as imagens são mais degradadas pelo instrumento do que pelas condições de observação.

<sup>7</sup> A fotografia de *alta resolução* está relacionada com a obtenção de imagens planetárias, lunares e solares com um pormenor considerável, isto é, próximo do limite de resolução do instrumento utilizado.

Qualquer telescópio de boa qualidade pode ser utilizado na obtenção de imagens planetárias de *alta resolução*. Apesar disso os telescópios do tipo Schmidt-Cassegrain são os mais usados com esta finalidade. Estes telescópios produzem excelentes resultados apesar de possuírem uma obstrução central importante provocada pelo espelho secundário<sup>8</sup> com consequências marcadas no contraste (redução). Os telescópios refractores apocromáticos, além de não sofrerem qualquer tipo de obstrução, apresentam geralmente uma qualidade óptica superior. Este tipo de instrumentos atinge no entanto preços proibitivos em aberturas superiores a 100 mm. É por esta razão que os telescópios compostos ou catadióptricos (Schmidt-Cassegrain e Maksutov-Cassegrain) são os mais utilizados para obter imagens de *alta resolução*.

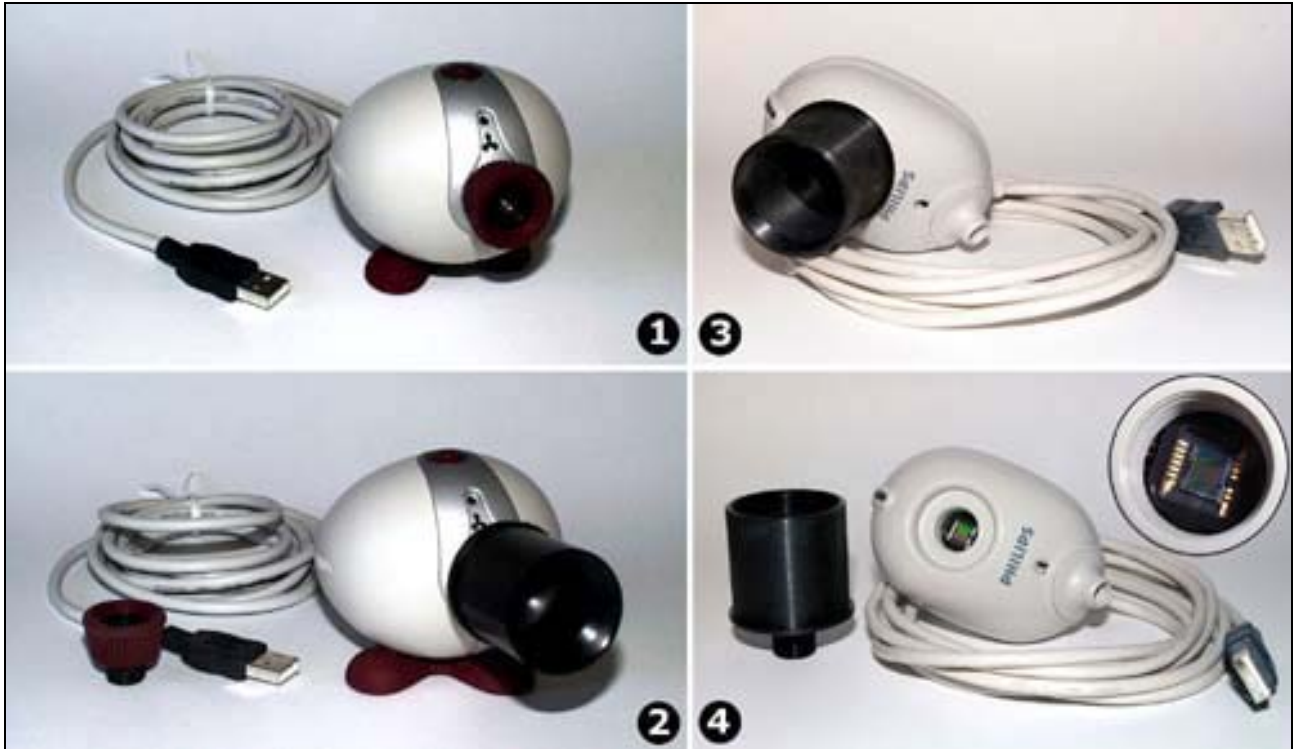


Figura 12- Adaptação de duas *Webcams* para astrofotografia. 1- Philips Vesta Pro não modificada; 2- Vesta Pro munida de um adaptador standard 1 ¼"; 3 e 4- Toucam Pro modificada. Pedro Ré (2002).



Figura 13- Imagens dos planetas Marte, Saturno e Júpiter. Telescópio Schmidt-Cassegrain 250 mm  $f/10$ , câmaras CCD *SBIG ST-5C*. António Cidadão (1999/2001).

<sup>8</sup> A obstrução provocada pelo espelho secundário num telescópio Schmidt-Cassegrain é quase sempre superior a 30%.

# TAKAHASHI EM-200 TEMMA 2

## DETERMINAÇÃO DO ERRO PERIÓDICO

LUÍS RAMALHO

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

A fotografia do céu profundo exige normalmente, mesmo com as mais sensíveis câmaras CCD, tempos de exposição muito elevados... e tempos de exposição elevados, como é óbvio, exigem montagens de muito boa qualidade, com erros periódicos e aleatórios de "seguimento" muito reduzidos.

As melhores montagens disponíveis hoje no mercado apresentam já uma grande qualidade de construção, com erros periódicos inferiores a 10 segundos de arco (as melhores, abaixo dos 5 segundos de arco).

A Takahashi anuncia para a sua montagem EM200 Temma 2 um erro periódico de +/- 5 segundos de arco. O presente artigo tem como objectivo mostrar a forma como determinei o erro periódico da minha montagem EM200, a qual tem o número de série 3207.

Para o efeito, utilizei um refractor Takahashi FS78 e uma câmara CCD SBIG ST8XE NABG. Recordo que o FS78 tem uma distância focal nativa de 630 mm (f/8,1) e os pixéis da ST8 uma dimensão física em binning 1x1 de 9x9 micrómetros. Com este setup, a distância focal efectiva é de 633,1 mm (f/8,12) e a escala da imagem de 2,933 segundos de arco por pixel.



Montagem Takahashi EM-200.

Para o teste foi "utilizada" a estrela SAO 94020 de magnitude 7,7 (no campo de Aldebarã) que se encontrava a uma altitude de 65° e muito próximo do meridiano do lugar (lado Este) sem, contudo, o atravessar durante o teste. A escolha de uma estrela em altitude elevada evita os efeitos da refração atmosférica e minimiza a turbulência.

Com o objectivo de estudar 2 ciclos completos do erro periódico, e dado que o período de rotação do sem-fim é de 8 minutos, obtive durante 16 minutos uma série de exposições de 15 em 15 segundos, num total de 64 imagens da referida estrela. A câmara foi colocada ortogonal com os eixos de Ascensão Recta e Declinação de modo a evitar que as variações em ascensão recta induzidas pelo erro periódico se não traduzissem, também, em variações em declinação.



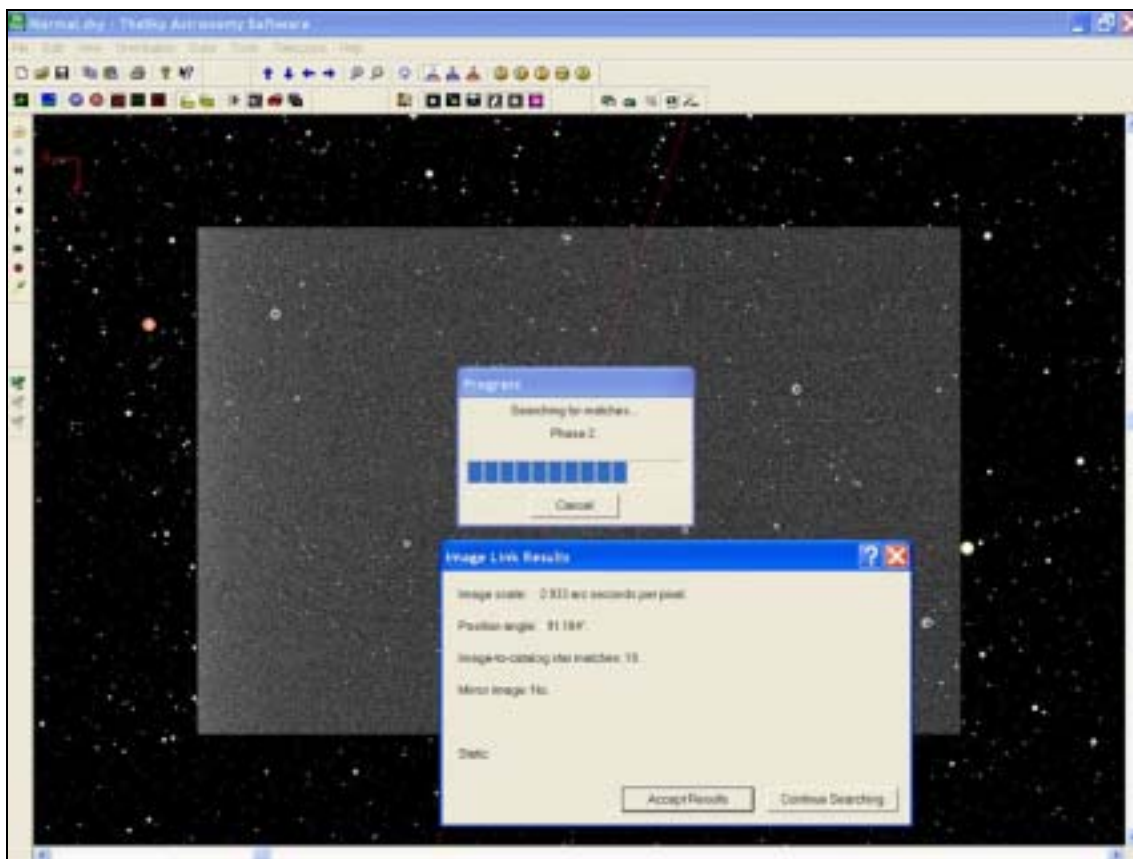
A imagem ao lado é uma das que integra o teste. A câmara foi arrefecida a -10°C, tendo sido retirado o respectivo dark a todas as exposições. A rápida integração de 0,3 segundos evitou não só a saturação da estrela, em média com um sinal de cerca de 8500 ADU's (a saturação provoca dificuldades e erros na determinação correcta do respectivo centróide), como também manteve o FWHM no mínimo possível para a turbulência atmosférica existente. O FWHM variou entre os 1.41 e os 2.68 pixéis, isto é, entre 4.1 e 7.9 segundos de arco, com um valor médio de cerca de 5.5 segundos de arco.



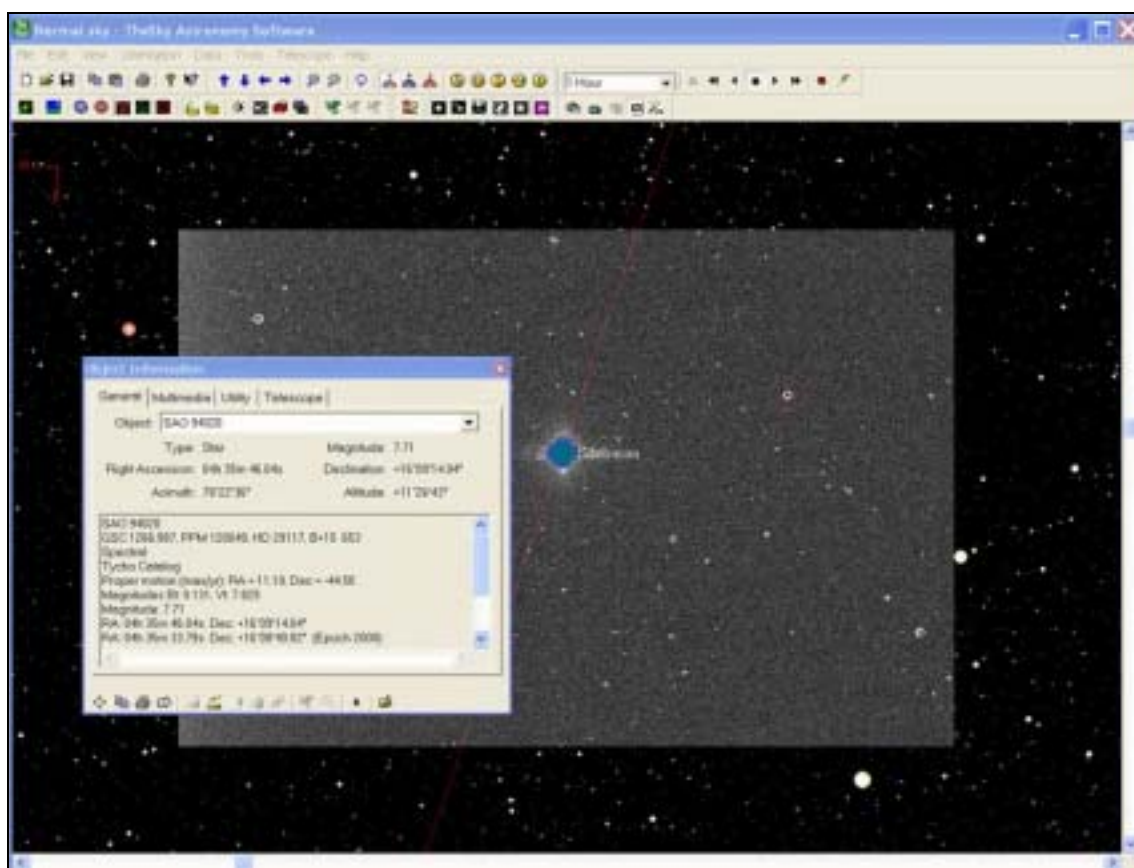
A escala da imagem foi calculada por software. É necessário fazer uma exposição para um campo com várias estrelas bem visíveis e catalogadas. Através de um simples "copy" e "paste" para o software planetário *The Sky*, este reconhece as estrelas e determina rapidamente a escala e o ângulo de posição da imagem (Tools/Image Link/Link Wizard).



Como se pode verificar neste "screenshot", o *The Sky*, através do posicionamento de 19 estrelas, determinou que o ângulo de céu coberto por cada pixel de 9 micrómetros é de 2.933 segundos de arco.



Mas não é necessário possuir o *The Sky* para conhecer a escala de uma imagem. Basta relacionar a separação angular entre duas estrelas (informação que qualquer software planetário disponibiliza) e a sua distância em pixéis na imagem. Uma simples folha de Excel, como a que é mostrada a seguir, permite automatizar o procedimento.



Dimensão dos pixéis da ST8	9	micrómetros
Abertura do FS78 (mm)	78	milímetros
Centróide da SAO 94020 no ccd (x,y)	1201.79	325.91
Centróide de Aldebarã no ccd (x',y')	756.42	440.66
Distância ao longo dos eixos (x-x', y-y')	445.37	-114.75
Separação dos centróides (teorema Pitágoras)		459.92 pixéis
Distância angular das estrelas (The Sky)		1348.00 segundos de arco
<b>Distância focal efectiva (mm)</b>	<b>633.37 mm</b>	<b>f/d</b> <b>8.12</b>

A distância focal encontrada implica uma resolução por pixel de 2.931 segundos de arco. Utilizámos as fórmulas

Distância focal em milímetros:

$$\text{Dimensão dos pixéis em milímetros} \times 206256 / (\text{Separação angular em seg. de arco} / \text{Separação em pixéis})$$

Resolução em segundos de arco:

$$206256 \times (\text{Dimensão dos pixéis em milímetros} / \text{Distância focal em milímetros})$$

O resultado final não é igual ao do *The Sky* porque utilizámos fórmulas aproximadas. Em todo o caso, o resultado conseguido é mais do que suficiente para o objectivo que se pretende.

De acordo com R. Berry e J. Burnell in "The Handbook of Astronomical Image Processing", os erros de uma montagem podem ser categorizados em três grandes grupos: erro de seguimento, erro periódico e erro aleatório. Os erros de seguimento ocorrem porque o motor imprime uma velocidade demasiadamente alta ou baixa; os erros periódicos derivam da mudança de velocidade ocasionada pelas imperfeições das engrenagens e os erros aleatórios ocorrem devido a componentes da montagem desapertados ou separados.

O erro periódico pode ser analisado com facilidade se organizarmos num gráfico os dados recolhidos na série de exposições referida anteriormente. Para isso, é necessário determinar o "drift" que a estrela sofre em ascensão recta durante todo o tempo de análise.

Este "deslizamento", de aproximação e afastamento, é calculado tendo por base a localização (centróide) inicial da estrela. Primeiro, é apurado o "drift" físico em pixéis e depois, tendo em conta a escala da imagem, podemos calcular o erro periódico em segundos de arco.

O centróide da estrela nas 64 imagens pode ser facilmente conhecido se utilizarmos o software AIP4WIN (Measure/Star Image Tool). Este programa cria um "log" em ficheiro de texto com as medições do centróide, o qual pode ser importado para o Excel. Confira na imagem ao lado.

No Excel é fácil determinar a variação, em pixéis e em segundos de arco, que o centróide apresenta ao longo dos 16 minutos. Tal como se mostra na penúltima coluna do quadro seguinte, basta fundamentalmente calcular a separação em segundos de arco do centróide em cada uma das 64 exposições com referência à posição inicial da estrela (imagem 0).

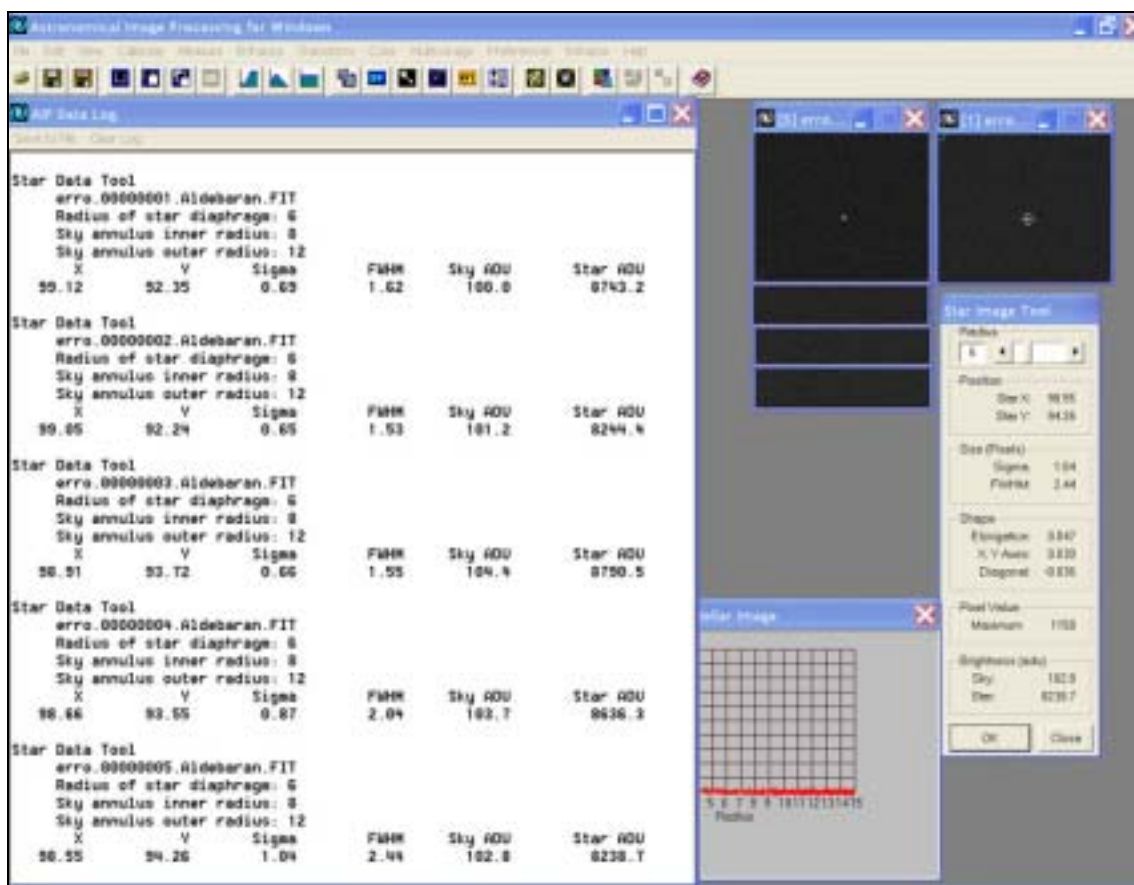
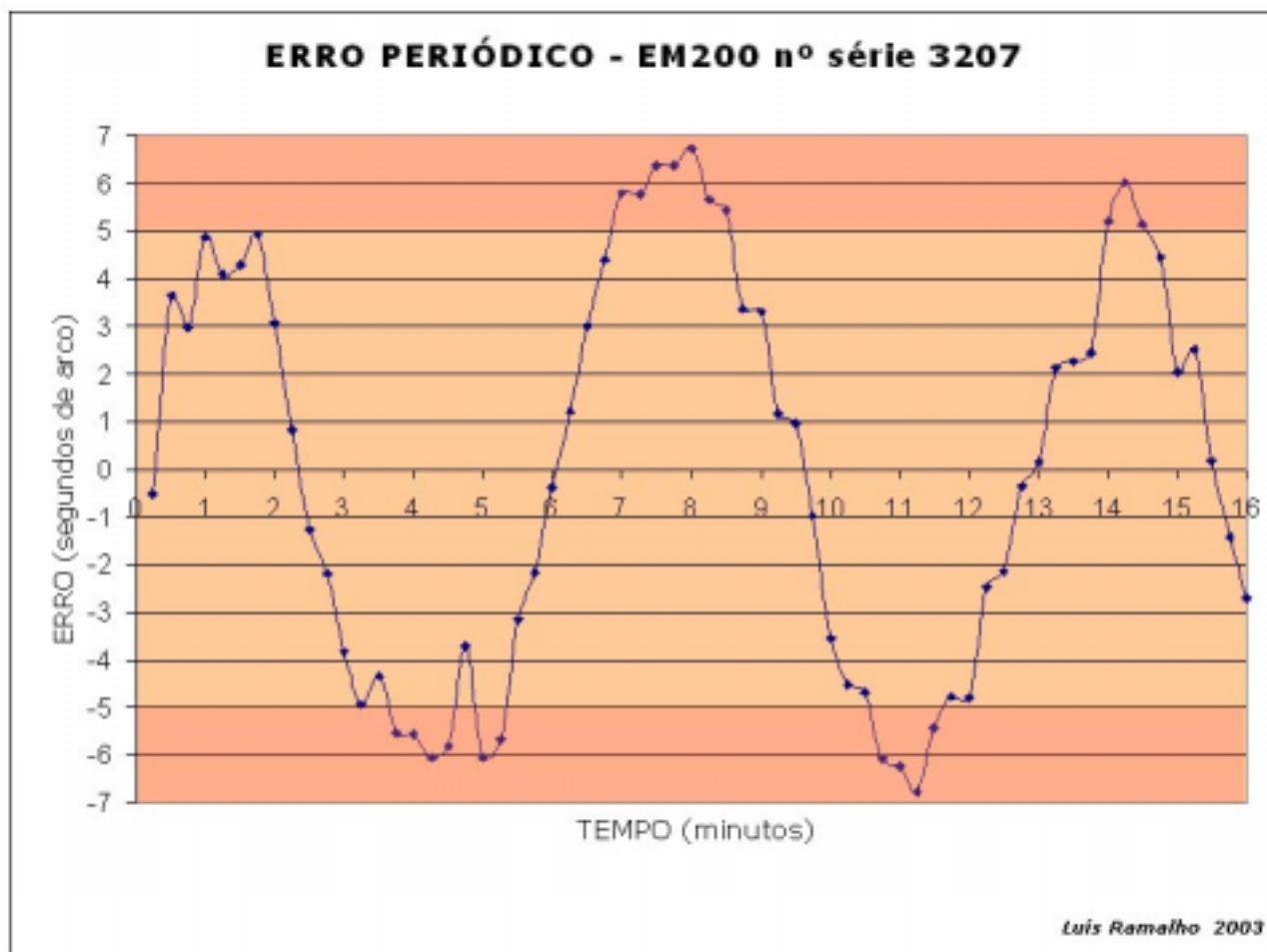


Imagem	Tempo (seg.)	Tempo (min.)	Centróide (em pixéis)		Drift desde posição inicial (em pixéis)		Drift desde posição inicial (em segundos de arco)		Erro periódico normalizado (seg. arco)
			x Declin.	y A.R.	x0 Declin.	y0 A.R.	x0 Declin.	y0 A.R.	
0			99.12	92.35					
1	15	0.25	99.05	92.24	-0.07	-0.11	-0.21	-0.32	-0.51
2	30	0.5	98.91	93.72	-0.21	1.37	-0.62	4.02	3.65
3	45	0.75	98.66	93.55	-0.46	1.20	-1.35	3.52	2.97
4	60	1	98.55	94.26	-0.57	1.91	-1.67	5.60	4.87
5	75	1.25	98.90	94.06	-0.22	1.71	-0.65	5.02	4.10
60	900	15	97.74	96.78	-1.38	4.43	-4.05	12.99	2.04
61	915	15.25	97.68	97.00	-1.44	4.65	-4.22	13.64	2.51
62	930	15.5	97.49	96.27	-1.63	3.92	-4.76	11.50	0.18
63	945	15.75	98.19	95.78	-0.93	3.43	-2.73	10.06	-1.44
64	960	16	97.52	95.41	-1.60	3.06	-4.69	8.97	-2.71

Na última coluna, as variações foram normalizadas de modo a corrigir-se o contínuo "drift" em ascensão recta, originado pela rotação de campo ou equilíbrio deficiente.

A normalização foi conseguida com a fórmula  $x_1 = x_0 + v \cdot t + 0.5 \cdot a \cdot t^2$  com  $v = -0.73$  e  $a = 0$ . Isto é,  $x_1 = x_0 + (-0.73) \cdot t$  onde  $t$  representa o tempo em minutos. Para aprofundar o significado desta fórmula deve ser consultada a página 67 e 68 do livro "The Handbook of Astronomical Image Processing", já mencionado.

Finalmente conseguimos o gráfico do erro periódico da montagem TAKAHASHI EM200 TEMMA 2 (nº de série 3207).



Pela análise do gráfico verificamos logo que a montagem não cumpre exactamente as especificações do fabricante porque ultrapassa os propagandeados 5 segundos de arco de erro periódico. Os valores extremos encontrados são +6,74 e -6,78 segundos de arco, acima das especificações de fábrica, respectivamente, 1,74 e 1,78 segundos de arco.

Em todo o caso, aceitamos que as nossas leituras possam enfermar de insuficiente precisão. Tentaremos ainda realizar outro teste para confirmar estes dados.

Das observações efectuadas, cerca de 69% mantiveram-se dentro do limite dos 5 segundos de arco (31% ultrapassou, portanto, esse valor). A fasquia dos 6 segundos de arco foi ultrapassada em 14% das observações, tendo apenas 2 observações subido para além do tecto dos 6.5 segundos de arco (precisamente os dois valores extremos). Todavia, a curva mostra que estamos em presença de uma montagem de qualidade excepcional porque o erro é extremamente repetível, lento e sem variações aleatórias. É, de facto, uma montagem que vai tornar o processo de guiagem em exposições de longa duração uma tarefa trivial.

A magnitude do erro pode, em grande parte, ser acomodado no FWHM da estrela para um local de observação com a turbulência típica de Portugal Continental (recorde-se que durante o teste, o FWHM variou entre os 4,9 e os 7,1 segundos de arco).



# UM ROVER NUNCA VEM SÓ

JOSÉ MATOS

Marte é o único planeta interior cuja superfície pode ser observada a partir da Terra com alguma nitidez. A sua cor vermelha associada ao sangue terá justificado o nome inspirado no deus romano da guerra e no século XIX, houve quem visse linhas na sua superfície chamando-lhes canais. Desde então a idéia de que Marte já foi um planeta molhado nunca mais nos deixou e continua hoje presente. Só que ninguém sabe ainda se Marte foi noutros tempos um planeta de água. Os dados actuais são contraditórios e dois robôs da NASA estão a tentar descobrir o que realmente aconteceu no passado deste planeta. Com dois nomes giros (*Spirit* e *Opportunity*) e 180 quilos de peso cada um são até hoje os maiores rovers que alguma vez pisaram a superfície de Marte. Os dois custaram 820 milhões de dólares. Se tudo correr bem serão capazes de percorrer 600 metros em três meses e desvendar alguns dos segredos escondidos nas areias de Marte.

O caminho para Marte é longo, mas o *Spirit* foi o primeiro a chegar a 4 de Janeiro. O robô aterrou na cratera Gusev, que se pensa ter sido um antigo lago marciano. Parece que nesta cratera desaguava um rio, daí o interesse na sua exploração. A cratera parece ter sido feita há 4 mil milhões de anos e situa-se perto do equador de Marte no limite entre as terras altas do sul e as planícies do norte.

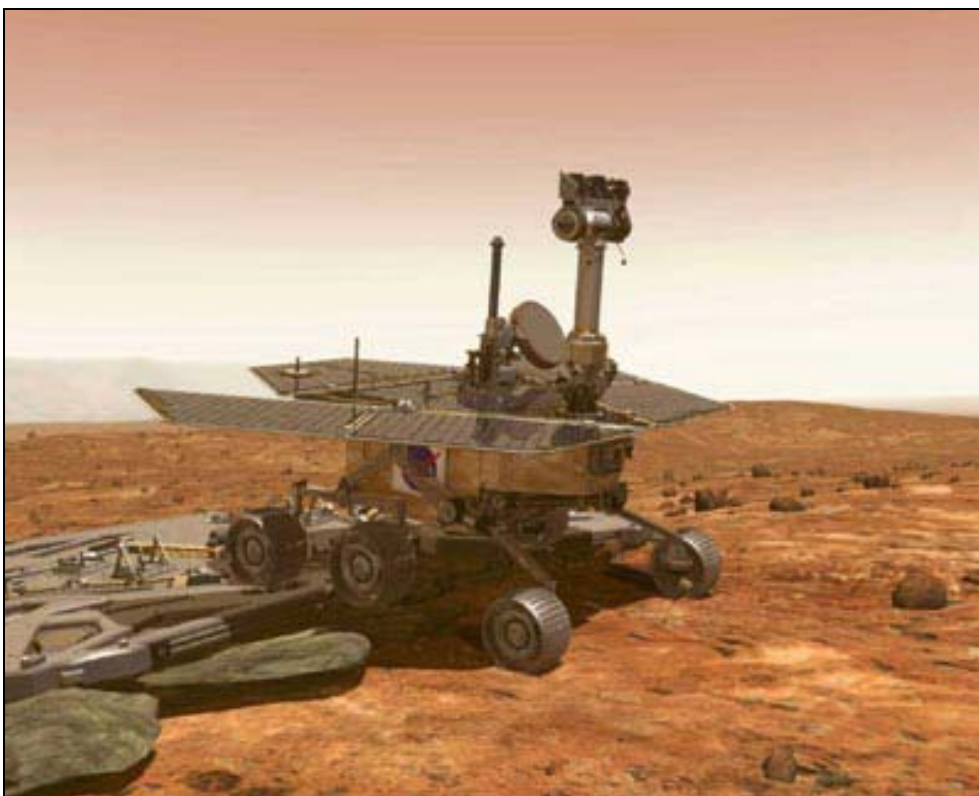


A chegada de um rover a Marte com os airbags insuflados (JPL/NASA).

Todas as missões até hoje no planeta foram feitas perto do equador por causa da maior exposição à luz solar que alimenta as sondas. O rover usou um sistema de airbags para aterrar que o protegeram durante o embate com a superfície. Este tipo de sistema de aterragem já tinha sido usado pela *Mars Pathfinder* em 1997 com sucesso e voltou agora a ser usado pelos rovers. Protegido pelos airbags, o *Spirit* saltou 28 vezes até parar a 300 metros a sudeste do primeiro ponto de impacto. Depois abriu as pétalas e os painéis solares e começou a transmitir imagens para Terra que encheram de alegria o centro de controle. Os primeiros dias em Marte foram passados em cima da plataforma de aterragem. E foi aqui que fez as primeiras fotografias panorâmicas de Marte que permitiram ver com grande pormenor a paisagem envolvente.

Mas foi também aqui que começaram os seus problemas. O caminho por onde devia descer para superfície estava vedado por um airbag, o que obrigou o robô a manobrar em cima da plataforma de forma a sair por outro lado. Ao contrário do previsto a paisagem da cratera não é propriamente um local de sedimentos finos, como seria de esperar no leito de um lago seco, mas sim uma zona povoada de pequenas rochas diferente de outros locais já visitados no passado. Embora sejam numerosas, as rochas não são grandes, o que facilita a progressão do rover pelo terreno. Também não existem grandes montanhas. Apenas a este e a sul se vislumbram pequenas colinas situadas a alguns quilómetros do sítio do rover. Nota-se também na paisagem envolvente, pequenas depressões cobertas de poeira, como é o caso de Sleepy Hollow e Laguna Hollow, que parecem ser crateras secundárias resultantes da ejeção de material de crateras maiores existentes na zona. No caso de Laguna parece estar dentro do limite de ejeção da cratera Bonneville, situada a pouco mais de 300 metros do sítio do rover e um local visitado pelo *Spirit* em finais de Março. A análise de crateras é interessante, pois pode dar acesso a estratos de terreno mais antigos. A cratera em questão tem 192 metros de diâmetro e foi explorada na borda pelo robô, embora este não tenha descido ao seu interior, pois entendeu-se que não valia a pena correr o risco. Da análise feita não saltou à vista nenhum tipo de afloramento rochoso que valesse pena a viagem ao interior da cratera. Antes disso, porém, o rover já tinha passado por Laguna Hollow onde fez uma manobra para escavar uma pequena cova. Aqui o solo parece ser mais resistente e consistente do que na cratera onde caiu o

*Opportunity*. Pelo caminho visitou também uma rocha chamada Humphrey, onde encontrou um material brilhante e estranho dentro de pequenas fendas da rocha que parecem ser minerais cristalizados. É possível que resultem do contacto com água no passado, embora as certezas sejam poucas a esse respeito.



A descida de um rover para a superfície de Marte (NASA/JPL).



Imagem da rocha Adirondack a primeira ser estudada pelo Spirit (NASA/JPL/Cornell)´.

Mas a viagem do *Spirit* em terras marcianas começou no dia 15 de Janeiro quando desceu da plataforma de aterragem e se dirigiu ao seu primeiro alvo, uma pequena rocha chamada Adirondack, cujo nome é uma homenagem a umas montanhas no estado de Nova Iorque.

Trata-se de uma rocha de origem vulcânica e foi aqui que o rover teve o seu primeiro problema sério. Quando esticou o braço para analisar a rocha ficou paralisado. A paralisia terá sido causada por um excesso de ficheiros na memória da máquina que impediram o robô de comunicar com a Terra durante vários dias seguidos. Para o resolver o problema os técnicos do JPL tiveram que apagar 1700 ficheiros até a memória ficar mais livre. O rover voltou a funcionar e continua agora sua missão pela zona saltitando de rocha em rocha e tendo como objectivo final chegar às colinas conhecidas como Columbia Hills. Neste caso, à mais próxima, pois não estão todas à mesma distância do rover.



As colinas Columbia Hills podem ser vista nesta imagem do rover. São o objectivo final a alcançar pelo Spirit (NASA/JPL/Cornell).

Entretanto, antes do problema da memória, o rover já tinha feito algumas análises ao solo (que se mostrou invulgarmente consistente) onde detectou vários minerais como a olivina, um mineral ligado a rochas vulcânicas à base de silicato de ferro e de magnésio, formado a temperaturas elevadas e que não aguenta muita erosão. A sua presença significa que pelo menos o solo à superfície não foi alterado quimicamente pela presença de água. Além disso, também sabemos que Adirondack é um basalto e que este é o caso de outras rochas espalhadas pelo terreno. Ou seja, as rochas sedimentares que seria suposto encontrar num sítio destes não estão pelo menos à vista. Ora, mas os basaltos foram trazidos para a cratera de alguma forma. Pode ter sido numa enxurrada de água, mas também podem ter sido ejectados de algum impacto antigo ou mesmo trazidos num rio de lava, embora não existam indícios de tal rio nas fotografias tiradas pelas sondas em órbita do planeta. Portanto, temos aqui um mistério que o *Spirit* vai tentar resolver nos próximos tempos. O mesmo se passa em relação à presença de água na cratera. O mini-TES do rover detectou traços de carbonatos na superfície (entre 3% a 5%), mas não sabemos ainda se estes carbonatos estão mais concentrados na areia ou na poeira fina transportada pelo vento. É que se for na areia, isto significa que são permanentes, mas se for na poeira, significa que foram transportados pelo vento de outros sítios do planeta. A existência de carbonatos pode ser uma boa prova a favor de água, pois se Marte teve água no passado, esta deve ter reagido com o dióxido de carbono da atmosfera formando carbonatos como a calcite (carbonato de cálcio) e a dolomite (carbonato de cálcio e magnésio). Estes minerais entram na composição dos calcários, mas curiosamente nunca foram encontradas grandes concentrações de calcário em Marte que provassem que o planeta já teve oceanos. Os dados recolhidos até agora pela *Mars Global Surveyor* mostram apenas a presença de uma pequena percentagem de carbonatos - entre dois a cinco por cento - e que parecem resultar de uma interacção entre o vapor de água da atmosfera e pequenas partículas de poeira. Portanto, é possível que o planeta nunca tenha tido grandes quantidades de água ao contrário do se pensou durante muito tempo. Ou seja, os canais que se observam na superfície não provam que tenha existido água em abundância nem mesmo a famosa cor de ferrugem das rochas marcianas<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> A cor de ferrugem de Marte pode não ser devida à presença de água líquida no passado do planeta como se ouve muitas vezes dizer. Tudo pode ser explicado pelo facto deste planeta ter sido em tempos bombardeado por uma chuva de meteoritos. Albert Yen, cientista da NASA, defende este tipo de teoria, ou seja, de que uma chuva de meteoritos pode ter deixado Marte coberto por uma poeira rica em ferro e magnésio, que lhe deu a característica cor avermelhada. Yen chegou a esta conclusão utilizando dados colhidos em 1997 pela sonda Mars Pathfinder e diz que para conseguir ferrugem não é preciso água. Basta que o ferro fique exposto a radiação ultravioleta, numa atmosfera rica em gases semelhantes aos que existem actualmente no planeta e a uma temperatura inferior a 60 graus Celsius negativos. Sendo assim conclui o cientista, Marte pode afinal nunca ter sido muito rico em água.



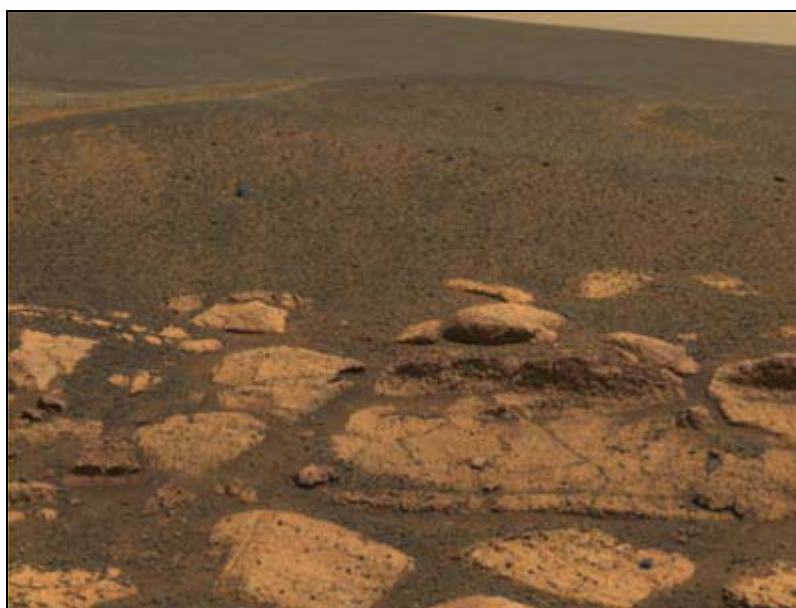
Quanto ao *Opportunity* chegou a Marte a 25 de Janeiro e sem querer também caiu dentro de uma pequena cratera com 22 metros de diâmetro situada em Meridiani Planum.



Uma imagem da cratera onde caiu o *Opportunity*. À direita vê-se um afloramento rochoso que foi o primeiro alvo estudado pelo rover (NASA/JPL).

Nesta zona plana de Marte existe hematite cinzenta, um óxido de ferro, que surge, geralmente, em ambientes ricos em água, embora nem sempre a presença de água seja necessária para termos hematite. Mas o facto de existir pode ser um sinal de que o planeta já foi rico em água. Tratava-se também de um local liso provavelmente com poucas rochas e, por isso, seguro para a aterragem do rover. Só que por azar durante o pouso este acabou por cair dentro da dita cratera. Mas dado que se tratava de uma cratera pouca profunda (apenas dois metros de profundidade) não foi difícil de transpôr.

O robô passou praticamente dois meses entretido dentro do buraco, onde dedicou toda a sua atenção a um afloramento rochoso que salta à vista nas imagens.



Uma imagem que mostra uma parte do afloramento rochoso que tem sido estudado pelo *Opportunity* (NASA/JPL/Cornell).

Este afloramento foi um golpe de sorte para o rover. Nunca tinha sido visto nada de parecido em Marte. Situado a 8 metros da plataforma do rover as suas rochas parecem que estiveram no passado em contacto com água. O *Opportunity* detectou aqui níveis elevados de enxofre provavelmente sob a forma de sais de sulfato. Na Terra, os sais de sulfato formam-se normalmente na água ou, depois da formação, sofrem alterações por longas exposições à água. Além disso, observou também em duas rochas estratos muito finos de material sedimentar que apresentam uma forma de distribuição ondulada. A interpretação para este tipo de forma é que os sedimentos em questão foram depositados por água corrente em camadas onduladas. No nosso planeta, este tipo de estratos vê-se muito em rochas à beira-mar. Sendo assim, parece credível que a planície onde está o rover tenha sido em tempos um mar salgado. Mas o rover não olhou apenas para as rochas do afloramento, também olhou para o chão onde descobriu com o seu microscópio de imagem (MI) pequenos grãos irregulares com 2 a 3 mm de diâmetro que parecem “mirtilos” e que cobrem tanto o chão da cratera como as rochas em volta. Na sua origem podem estar processos de erosão aquosos e há até especulações



sobre uma possível origem biológica para este tipo de estruturas. Entretanto, o espectrómetro de infravermelhos do robô (o mini-TES) foi usado para analisar o terreno em redor tendo descoberto hematite em várias partes da cratera, confirmando assim os dados que os cientistas tinham sobre esta zona de Marte. A presença de hematite também já foi deduzida nos famosos “mirtilos”. Mas foi de facto nas rochas do afloramento que o rover alcançou o seu maior sucesso até agora<sup>10</sup>. É que tudo indica que as rochas do afloramento estiveram em contacto com água há 3800 milhões de anos atrás que é também a idade da planície em volta. A ser verdade é uma boa descoberta e permite imaginar um Marte mais quente e menos agreste no passado talvez com condições para o aparecimento de vida, embora seja ainda cedo para dizer isso.

Os rovers possuem vários instrumentos concentrados no braço robótico e no mastro. Segue-se uma breve descrição dos mesmos com as principais características.

## **Instrumentos no mastro do rover**

### ***Câmara Panorâmica (Pancam)***

- Análise do contexto geológico, rochas, textura do solo e mineralogia.
- 15 filtros coloridos, do visível ao infravermelho (0.4 – 1.1 mm).
- 1024×1024 CCDs.
- Campo de visão 16° x 16°
- Resolução 3× superior à câmara da Mars Pathfinder.
- 270 gramas de peso.

### ***Espectrómetro de emissão térmica (Mini-TES)***

- Mineralogia (silicatos, carbonatos, moléculas orgânicas, sais, *etc...*)
- Análise da atmosfera (temperatura, vapor de água e abundância de poeira).
- 5-29 µm, 10 cm-1 de resolução espectral.
- 2,1 kg de peso.

***Navcams*** (2 câmaras para navegação do rover).

## **No braço do rover**

### ***Espectrómetro Mössbauer***

- Identificar minerais ligados ao ferro.
- Cada medida dura 12 horas.

### ***Espectrómetro de partículas Alfa e raios-X (APXS)***

- Composição química das rochas e solos.
- Cada medida dura 10 horas.

### ***Microscópio de imagem (MI)***

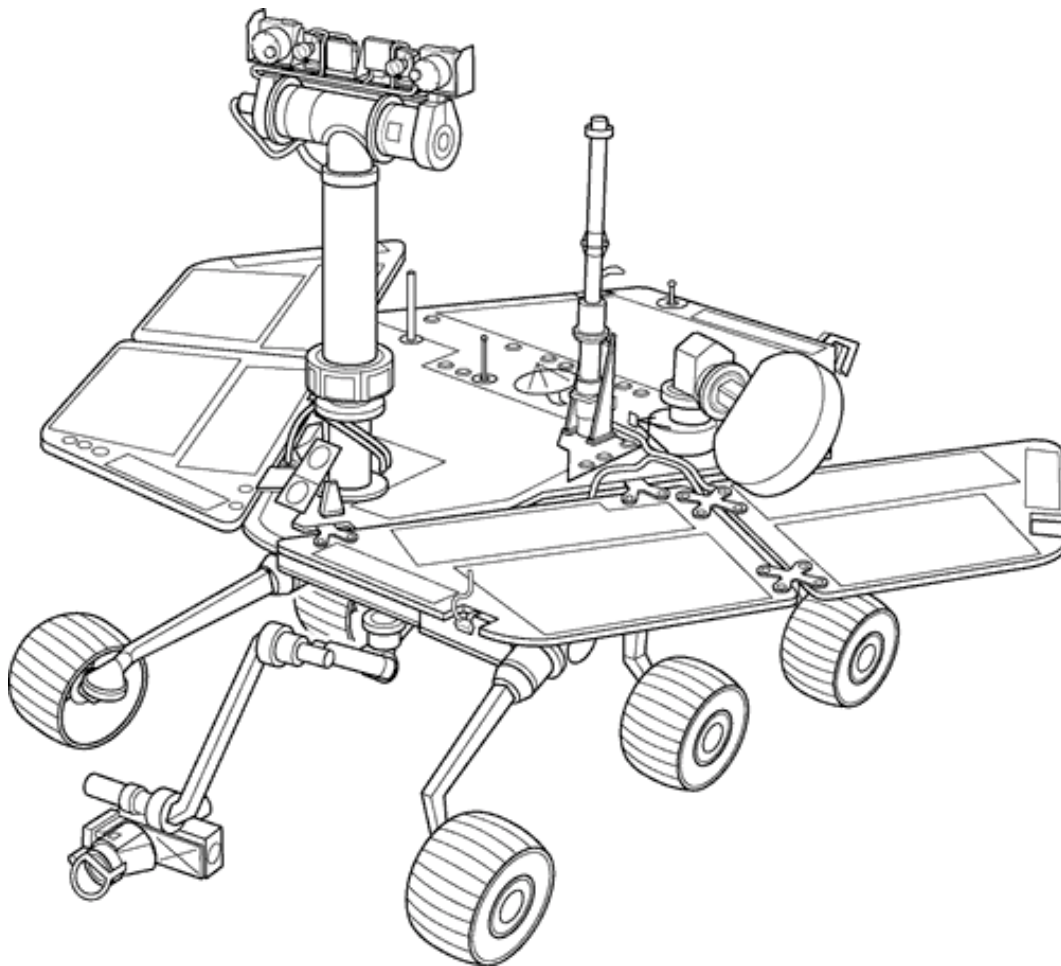
- Análise da textura microscópica.
- 1024×1024 CCD.
- 1 filtro; imagens a preto e branco.
- 30 microns/pixel

### ***Ferramenta abrasiva (RAT)***

- Limpeza e desgaste.
- Abre buracos de 4,5 cm de diâmetro e 5 mm de profundidade.

---

<sup>10</sup> Ao longo do mês de Março foram apresentados vários indícios pela NASA que apontam para a existência de água no passado na pequena cratera onde caiu o *Opportunity*. 1- O espectrómetro de raios-X do rover detectou uma concentração elevada de enxofre e de bromo numa das rochas do afloramento que está ser estudado pelo rover. A rocha McKittrick apresenta de facto concentrações mais elevadas destes elementos em comparação com uma amostra de solo. Os dados recolhidos por este espectrómetro e pelo mini-TES sugerem que o enxofre se encontra sob a forma de sais de sulfato (semelhante a sal de Epson; sulfato de magnésio). Uma rocha próxima desta (Guadalupe) mostrou igualmente concentrações elevadas de enxofre, mas não de bromo. Este tipo de “fracionamento de elementos” acontece habitualmente quando água extremamente salgada evapora lentamente e deixa para trás várias combinações de sais que vão depois precipitar-se em sequência. Na Terra, pedras que possuem concentrações semelhantes de sais ou se formaram em contacto com água ou, depois da formação, foram expostas ao precioso líquido. 2- O espectrómetro Mossbauer do *Opportunity* descobriu jarosite na rocha “El Capitan”, um mineral de sulfato de ferro hidratado que pode ter surgido nesta rocha devido ao facto de ela ter passado muito tempo num lago ácido ou então num ambiente de fontes termais ácidas. 3- Imagens da câmara panorâmica (PANCAM) e do microscópico de imagem (MI) mostram na textura de “El Capitan” muitos buracos estreitos e esguios. Estes buracos aparecem na Terra quando minerais de sal cristalizam na matriz das rochas ficando lá a sua marca quando estes são dissolvidos ou erodidos. 4- O MI revelou em “El Capitan” pequenas esferas semelhantes a “mirtilos” que parecem se ter formado nas rochas por acumulação de minerais provenientes de uma solução originária de uma rocha porosa e húmida. O tamanho do grão da matriz da rocha à volta destes “mirtilos” é ligeiramente diferente do que no resto da rocha, o que parece indicar uma reacção produzida por um fluido entre a matriz envolvente e as próprias esferas. Estes “mirtilos” estão espalhados praticamente por todas as rochas do afloramento e possuem hematite na sua composição.



Marte parece ser o mundo mais parecido com a Terra do que qualquer outro no sistema solar. Como nós, também tem um dia de 24 horas, estações bem definidas, gelo nos pólos e no subsolo e temperaturas que no Verão equatorial podem passar os zero graus Celsius. E quem sabe até já pode ter tido vida e um clima mais quente propício à existência de água na superfície. Os olhos e os instrumentos destes dois rovers estão a permitir-nos conhecer melhor este planeta e pesquisar uma história que se afigura complicada. O *Spirit* tentará chegar a Columbia Hills, sete colinas que se notam na paisagem para Este. A mais próxima das colinas está neste momento a 2,6 km da posição do rover. Chegar lá não será fácil. A distância é quase nove vezes superior à que foi percorrida pelo rover até Bonneville. Mas com muita sorte e avançando depressa no terreno é possível que o rover funcione o tempo suficiente para lá chegar. Será um feito notável. Quanto ao *Opportunity* ainda é cedo para dizer. A planície onde está é desoladora, mas neste o rover já está a caminho de uma nova cratera situada a pouco mais de 700 metros da primeira. Vamos ver o que vai encontrar quando lá chegar. Mas até agora, ambos os robôs, já recolheram informações que apontam para a existência de água, no passado, de Marte. A água deve ter existido desde a origem do planeta até há 3800 milhões de anos pelo menos. Neste aspecto já estão a cumprir a missão que traziam na bagagem. E tudo indica que ultrapassarão as nossas melhores expectativas em termos de duração e alvos a atingir. Um dia quando se calarem deixarão saudades.

Como se disse no início sabemos pouco sobre o passado de Marte. É possível que o planeta nunca tenha tido grande abundância de água, como certos dados nos dizem, mas também é possível o contrário. As observações que têm sido feitas em órbita são contraditórias em certos aspectos e só adensam o mistério. Ora, os dois locais que estão a ser explorados podem ajudar a desvendar um pouco desse mistério. Mas convém dizer que não serão as últimas máquinas terrestres a visitar o planeta nem responderão a todas as nossas perguntas. Nos próximos anos novas missões avançarão para Marte preparando o terreno para futuros exploradores mais capazes e curiosos. E um dia talvez o homem chegue lá encerrando este ciclo e dando início a um novo. Mas enquanto não chegamos vamos mandando uns carrinhos de golfe à frente.

#### Links:

- (1) <http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/index.html>
- (2) <http://athena.cornell.edu/>
- (3) <http://www.redrovergoestomars.org/>
- (4) <http://www.nasa.gov/externalflash/m2k4/frameset.html>

# O UNIVERSO OBSERVÁVEL EM A4

João Carlos V. Damásio

[as1112664@sapo.pt](mailto:as1112664@sapo.pt)

Consideremos a conhecida relação  $m-M=5 \times \text{Log } r(\text{Pc})-5$  em que :

$m$ = magnitude visual aparente de um corpo celeste.

$M$ = Magnitude visual absoluta do mesmo corpo.

$r$  = distância em parsec (Pc) em relação ao observador terrestre.

$\text{Log } r$ = logaritmo decimal da distância.

A fórmula  $\text{Log } r(\text{Pc})=1+0.2 (m-M)$  é equivalente à anterior, sendo a diferença  $(m-M)$  designada como **módulo de distância**.

Se fizermos a representação gráfica desta expressão para vários valores de  $M=C.te$ , ex:  $M=...-30,-35,-40,...0,...35...$ , utilizando como eixos coordenados  $\text{Log}(r)$  e  $m$  obtemos uma figura com um conjunto de rectas paralelas inclinadas as quais são linhas de Iso-Magnitude absoluta.

Procedendo ao "povoamento" da citada figura com os vários tipos de corpos celestes, a partir de 2 dos parâmetros ( $m,M,r$ ), ficamos com uma visão global do posicionamento relativo das várias famílias de astros. Ao conjunto gráfico podemos atribuir-lhe o nome de **Diagrama mrM** (Fig. anexa).

A inserção de linhas com valores de  $M$  intermédios será feita com base em interpolações, respeitando o paralelismo existente. No caso presente, na direcção de  $r$ ,  $1div <> 0.5$  unidades de  $M$ .

Os valores de  $r$  do gráfico são colhidos de um espaço tridimensional de acordo com as direcções em que se acham os vários corpos celestes, relativamente ao olho do observador. São ainda os raios das esferas cujo centro é este e cujas superfícies contêm aqueles corpos. Assim a sua representação no citado gráfico sobre a mesma linha, leva a que as diferenças entre os vários valores de  $r$  coincidam com as diferenças entre os raios daquelas esferas e não com as distâncias dos corpos entre si, a não ser que estes estejam sobre a mesma linha de visada.

## ANÁLISE do DIAGRAMA mrM

De destacar, a janela de observação cujos limites são:

- À esquerda; a magnitude aparente do Sol  $m=-26.8$  limite fixo-natural.
- À direita; a magnitude limite visual do maior telescópio (VLT-16m)  $m=23$  limite variável- evolução tecnológica.
- Em baixo ; a superfície terrestre (local de observação)  $r=30.86 \text{ m} <> \text{Log}(r(\text{Pc}))=-15$  limite fixo-natural.
- Em cima ; o limite do universo observável  $r=10^{9.8} \text{ Pc} <> 20$  mil milhões de AL limite variável- evolução tecnológica.

### Parte Superior $r \geq 1 \text{ Pc}$ $\text{Log}(r) \geq 0$

Esta região é "povoada" por todos os corpos celestes cuja distância ao observador terrestre é superior ou igual a 1 Pc. À excepção das estrelas variáveis, todos os astros mantêm invariabilidade dos valores de  $m$  e  $M$ . Atendendo às distâncias em jogo não se regista para cada ponto mutabilidade de  $r$ .

Progredindo sobre o eixo das magnitudes ( $m$ ), a partir dos valores mais negativos:

Para valores de  $m > -2$  e  $m < 0$  salientamos uma pequena zona de que fazem parte Sírius, Canopus, Arcturus e Alfa de Centauro que são as estrelas mais brilhantes do céu, podendo ainda aquela vir a compor- tar supernovas de magnitude aparente negativa, como as de Kepler e Tycho, que teria tido um brilho com- parado ao de Vénus, sendo visível à luz do dia.

Segue-se a linha onde se encontram os astros com  $m=0$  (Vega por ex.). Com  $m > 0$  e  $m \leq 6$  surgem os restantes corpos celestes visíveis à vista desarmada. Para além de  $m > 6$  entramos numa zona só acessível aos instrumentos ópticos e cujo limite é susceptível de variar de acordo com o desenvolvimento científico-tecnológico. De momento, em termos de magnitude visual aparente o VLT(16m) garante  $m=23$  para o valor máximo atingível.

Progredindo sobre o eixo das distâncias ( $r$  ou  $\text{Log}(r)$ ):

Escalonadas por valores decrescentes de Magnitude absoluta (crescente luminosidade) vão surgindo as estrelas da Galáxia, os respectivos enxames abertos, enxames globulares, as outras galáxias e finalmente os quasares.

De  $r=1$  a  $r=10 \text{ Pc}$  temos as estrelas mais próximas de que destacamos Alfa do Centauro, Barnard, Sírius e Vega. De 10 a  $(10^{2.3})=200 \text{ Pc}$  indicamos Arcturus, Aldebaran, Regulus, Canopus, Betelgeuse, Polar e Antares. De 200 Pc a  $r=2000(10^{3.3}) \text{ Pc}$  os enxames abertos e as supergigantes Weso e Deneb. Os enxames globulares (os indicados) ocupam a região entre 2000 e 2500 Pc ( $\text{Log } r=4.4$ ). A partir deste

valor são as galáxias que passam a “reinar”. Os quasares estão já “próximos” do limite do Universo Observável.

Repare-se na posição da supernova SN 2002ap (em M74) de 29/1/2002 com  $M=-15$  e uma luminosidade (\*) igual a  $8.32 \times 10^7$ , quase 100 milhões de vezes superior à do Sol.

(\*)-Trata-se da potência radiada em todas as direcções na banda da luz visível (4000 Å a 7000 Å).

#### Parte Inferior $r < 1 \text{ Pc}$ $\text{Log}(r) < 0$

Região onde se insere o Sistema Solar, com um conjunto de faixas (Nuvem de Oort Exterior (NOE), Nuvem de Oort Interior (NOI), Cinturão de Kuiper (CK)).

Aqui foram representados: o Sol ( $m=-26.8$ ,  $M=4.8$ ,  $r=1 \text{ UA} < 10^{(-5.3)} \text{ Pc}$ ), o seu “séquito” de planetas, alguns asteróides, cometas e ainda satélites artificiais para se ter a ideia onde se localizariam neste

Diagrama. Sendo estes, “objectos” celestes de luz solar reflectida e de posicionamento variável apresen-

tam variabilidade dos valores de  $r$ ,  $m$  e  $M$ .

A Lua, Mercúrio e Vénus registam alteração mais visível daqueles parâmetros por variação das distâncias

ao Sol e à Terra e por apresentarem fases. Marte e Júpiter não têm esta particularidade mas mudando aquelas distâncias, sujeitam-se à consequente alteração dos valores de  $r$ ,  $m$  e  $M$  e logo do brilho. Por outro

lado os movimentos de rotação e a composição físico-química das superfícies reflectoras, considerando ainda a relativa proximidade do observador não deixam de introduzir também uma componente que concorre com alguma importância para a mudança temporal daquelas magnitudes. Daí a necessidade da inclusão do factor tempo pelo que as representações dos vários “corpos” foram datadas. Ver ainda Legenda.

Em termos de magnitude visual aparente  $m$ , Júpiter mantém-se sempre com valores negativos, bem como a Lua que em fase de Lua Nova pode ir a  $m=0$ . Mercúrio, Vénus e Marte apresentarão valores de  $m$  negativos, nulos ou positivos. Saturno, Urano, Neptuno e Plutão ficarão praticamente imutáveis nas posições indicadas, com valores de  $m$  positivos.

#### Linhas Significativas

À esquerda a escala representativa dos valores de  $r$  em Parsec em correspondência directa com os respectivos logaritmos decimais inscritos no eixo das ordenadas ( $\text{Log}(r)$ ).

À direita e em equivalência com os valores de  $r$  e  $\text{Log}(r)$  encontram-se os respeitantes aos módulos de distância ( $m-M$ ). Valores de  $(m-M) > 0$  acima de  $r=10 \text{ Pc}$  e valores de  $(m-M) < 0$  abaixo daquela distância.

Entre as linhas anteriores inserem-se as isoM (linhas de igual Magnitude absoluta), as quais são também linhas de igual luminosidade relativa ao Sol e que mantêm idêntica inclinação de acordo com a equação acima referida. A tracejado “grosso” a isoM  $< M=4.8$  (Magnitude absoluta do Sol) com  $L/L_{\text{sol}}=1$ , separando os “corpos celestes” de Magnitude visual absoluta  $M$  superiores e inferiores à daquele astro.

A linha paralela ao eixo dos  $mm$ , à cota de 10 Parsec, permite verificar que nos pontos de intercepção com as isoM se regista a igualdade  $M=m$ , ou seja: a Magitude absoluta de um corpo celeste é a sua magnitude aparente à distância  $r=10 \text{ Pc}$  de um observador, sendo nestas condições  $m-M=0$ . Analiticamente teríamos  $\text{Log}(r)=1$  e  $r=10 \text{ Pc}$ .

Verifica-se assim que qualquer ponto fornece os seguintes elementos informativos de um “objecto” celeste luminoso ou iluminado:  $\text{Log}(r)$ ,  $r(\text{Pc})$ ,  $m$ ,  $M$ ,  $(m-M)$ ,  $L/L_{\text{sol}}=83.2 \times 10^{(-0.4M)}$  que é o mesmo que  $L/L_{\text{sol}}=10^{(0.4 \times (4.8-M))}$ , expressões estas previamente calculadas. O sinal “^” representa a operação de potenciação.

#### **APLICAÇÕES DO DIAGRAMA mrM**

- Qual a distância em Pc de uma estrela com  $M=+5$  e  $m=15$  ? R: 1000 Pc.
- Quais as os valores de  $M$  das estrelas cujas magnitudes aparentes e distâncias se indicam ?
  - E1----  $m=5$   $d=100 \text{ Pc}$       R:  $M=0$
  - E2----  $m=10$   $d=1 \text{ Pc}$       R:  $M=15$
  - E3----  $m=15$   $d=10 \text{ Pc}$       R:  $M=15$ .
- Qual a Magnitude absoluta do Sol ? R: 4.8.
- Qual a magnitude  $m$  que o Sol apresentaria para um observador se este fosse deslocado para o centro da Galáxia ? R:  $m=19.6$ .
- Suponha uma galáxia com  $M=-15$ . Até que distância poderia esta ser observada pelo olho humano à vista desarmada ? R:  $r=10^{5.3}=200000 \text{ Pc}$ .
- Qual a Magnitude absoluta  $M$  de uma estrela à distância  $r=10000 \text{ Pc}$ , se esta tiver uma magnitude aparente  $m=15$  ? R:  $M=0$ .
- No dia 15/1/2004 (terrestre) Neptuno e Plutão encontravam-se ambos próximos do limite interior do Cinturão de Kuiper (CK) a cerca de 30 UA ( $\text{Log } r(\text{Pc})=-3.84$ ) do Sol. Com que magnitude  $m$  seria vista esta estrela daqueles dois planetas ? R:  $m=-19.4$ .

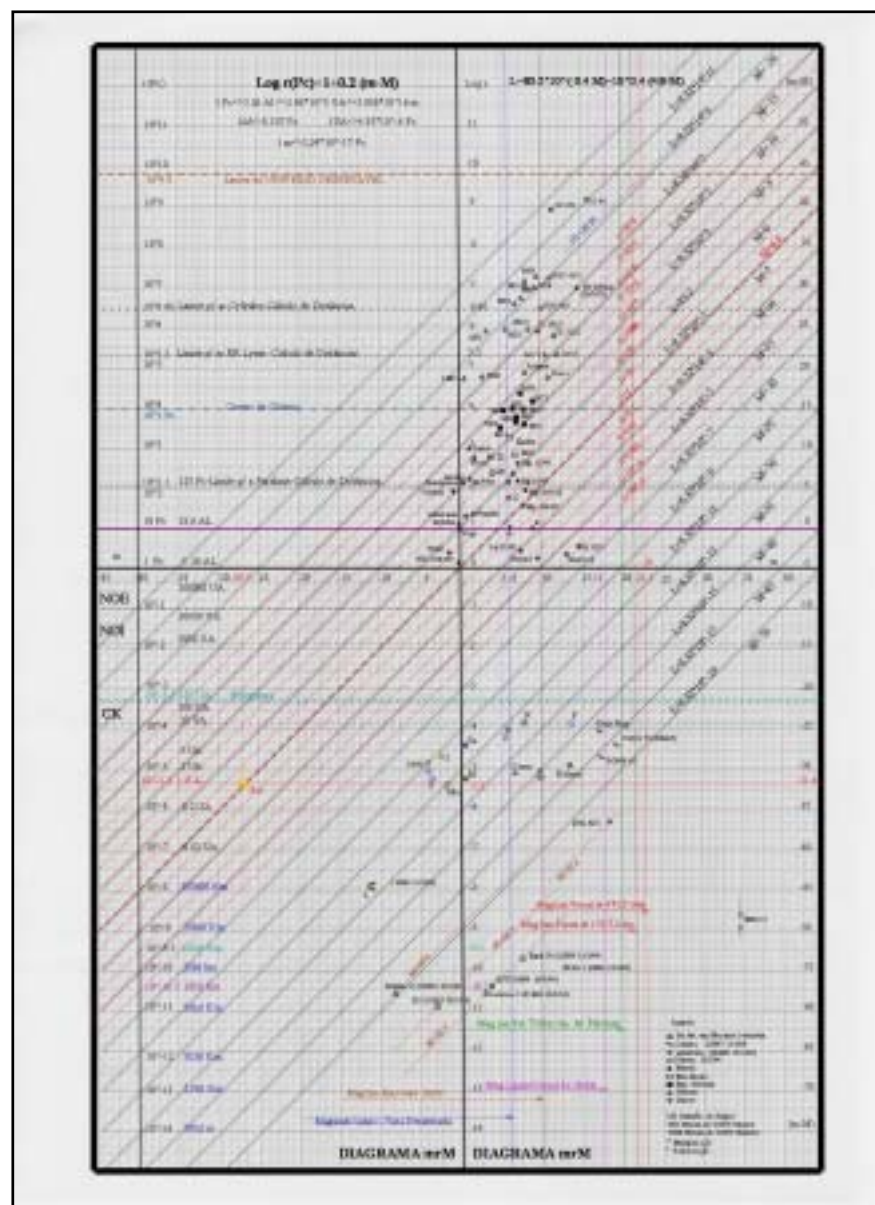


- Para que valores de  $r$ , é negativo o **módulo de distância (m-M)** ? R:  $r < 10$  Pc.
- Qual o valor aproximado da magnitude visual aparente  $m$  de Antares se esta estrela fosse levada à distância  $a$  que se encontra Deneb ? R:  $m=5$ .
- Uma estrela com  $(m-M)=5$  está mais próxima ou mais afastada que Sírius ? R: Mais afastada.
- Qual o módulo de distância de M2 ? R:  $(m-M)=15$ .
- Dos três valores de  $M(2,-30,-20)$  qual deles mais se aproxima da Magnitude absoluta de M33? R:  $M=-20$ .
- Qual a condição a que deve obedecer o **módulo de distância (m-M)** de um corpo celeste para que este se encontre a uma distância inferior a 1 pc ? R:  $(m-M) < -5$ .
- Qual o **módulo de distância** do Sol se este estivesse à distância de  $10^6$  Pc ? R:  $(m-M)=25$ .
- Em 25/1/04 às 21H52 o planeta Marte estava à distância  $r_1=6.48 \times 10^{(-6)}$  Pc  $\text{Log}(r_1)=-5.19$  da Terra e à distância  $r_2=7.306 \times 10^{(-6)}$  Pc  $\text{Log}(r_2)=-5.14$  do Sol. Com que magnitude aparente  $m$  aproximada se-ria visto o Sol pelos "marcianos" naquele dia ? R: -26.
- Qual o objecto celeste inscrito no Diagrama mrM anexo que mais se aproxima da posição da estrela Hip 8883 ( $r=2508.9$  Al,  $\text{Log}(r(\text{Pc}))=2.89$ ,  $m=6.6$  ainda não inscrita) ? R: M23.
- Admitindo a existência de um astro errante com  $M=40$ , afastando-se da Terra, que magnitudes  $m$  apresentaria à entrada e à saída do Cinturão de Kuiper (CK) ? R: 15.8, 18.4.
- Considerando que a relação de brilhos e magnitudes aparentes de duas estrelas é  $b_1/b_2=2.512^{(m_2-m_1)}$ , quantas vezes Sírius ( $m_1=-1.44$ ) é mais brilhante que a estrela Lalande 21185 ? R:  $b_1/b_2=2.512^{(7.5+1.44)}=2.512^{(8.94)}=3.8 \times 10^{(3)}$ .
- Se as estrelas E1,E2 têm o mesmo valor de  $m$ , provar através de valores colhidos do Diagrama que  $\text{Log}(r_1)-\text{Log}(r_2)=0.2 \times (M_2-M_1)$  ? R: Com  $m=35$   $\text{Log}(r_1)=5$  e  $\text{Log}(r_2)=2$  obtemos  $M_1=15$   $M_2=30$ , donde  $\text{Log}(r_1)-\text{Log}(r_2)=3$ ,  $M_2-M_1=15$  e logo  $3=0.2 \times 15$  como queríamos demonstrar (c.q.d.).
- Das estrelas representadas quais as duas que apresentam uma luminosidade mais próxima do Sol ? R: Alfa de Centauro e Hip 108065.
- Em 16/1/04 às 06:05:29 em Moçarria-Santarém foi presenciado um "flare" do satélite Iridium 51 com uma magnitude visual aparente  $m=-8.3$ . Nesse momento o referido satélite achava-se à distância  $r=891$  km do observador. Considerando a mesma linha de visada, a que distância do observador deveria estar aquele para ser observado com a magnitude  $m=4.4$  ? R: A cerca de 308600 Km.
- Em relação à questão anterior com que magnitude  $m$  seria visto o mesmo satélite se estivesse à distância  $r=10000$  Km <> ( $\text{Log}(r(\text{Pc}))=-9.5$ ) do observador ? R:  $m=-3$ .
- Qual a Luminosidade do enxame aberto M7 do Escorpião relativamente ao Sol ? R:  $L/L_s=1000$ .
- Determine a Magnitude absoluta  $M$  da estrela X arbitrariamente colocada no Diagrama, por via gráfica e por via analítica ? R: via gráfica  $M=2.5$ , via analítica : com  $L=10$  (gráfico), sendo  $L=10^{(0.4 \times (4.8-M))}$  (ver parte superior do Diagrama), obtemos  $10^1=10^{(0.4 \times (4.8-M))}$  e então, igualando expoentes temos  $1=(0.4 \times (4.8-M))$  donde tiramos  $M=2.3$ .
- Indique duas estrelas cujas magnitudes satisfaçam à condição  $m=M$  ? R: A e B (ambas com  $r=10$  Pc).
- Admitindo que o limite do Universo Observável é 20000 Milhões de Anos Luz ( $\text{Log } r(\text{Pc})=9.8$ ), que Magnitude absoluta deveria ter um astro para poder ainda ser observado pelo VLT (16m) ? R:  $M=-21$ .
- Em relação à pergunta anterior qual seria a luminosidade  $L/L_s$  equivalente ao valor de  $M$  ? R:  $L/L_s=10^{(0.4 \times (4.8+21))}=2.09 \times 10^{10}$ .
- Até que distância em Parsec se deveria deslocar o Sol para ainda poder ser observado por aquele VLT ? R:  $r=10^{(4.63)}$  Pc = 43000 Pc.
- Considere uma estrela tal que:  $m=5$  e  $r=1000$  Pc ( $\text{log } r=3$ ). Admitindo que a sua Magnitude absoluta  $M$  duplicava qual o valor que passaria a ter  $m$  ? R:  $m=0$ .
- Se em M31 surgisse uma supernova com a Magnitude absoluta  $M$  igual á da SN 2002ap em (29/1/02), com que magnitude visual aparente  $m$  (valor aproximado) seria aquela vista da Terra ? R: 9.5.
- Se por hipótese Sírius ( $M=1.45$ ) e Deneb ( $M=-8.75$ ) estivessem sobre a mesma linha de visada do obserador terrestre, com que magnitude  $m$  um observador em cada uma delas veria a outra ? R: O observador em Sírius veria Deneb com  $m=-0.75$ . O observador em Deneb veria Sírius com  $m=9.45$ .

## EM RESUMO

Com este Diagrama, a determinação das magnitudes/distâncias pela via do cálculo surge com uma nova dimensão, atendendo ao jogo dos conceitos pela visualização. A representação gráfica permite ainda mostrar de forma integrada e abrangente o posicionamento relativo dos vários tipos de elementos a que se aplicam os conceitos referidos no formulário matemático. Não sendo de um rigor muito levado, atendendo aos erros de grafismo indica-nos todavia o caminho correcto para os resultados expectáveis que os métodos matemáticos por vezes morosos irão confirmar. Carecendo de sucessivas actualizações devidas ao acréscimo de novos "personagens", no contexto das várias famílias de astros apresenta-se assim como uma pequena fotografia algo dinâmica, concretizando a imagem do Universo que está latente nas nossas cabeças de um modo mais esbatido e difuso.

Se considerarmos a parte superior do **Diagrama mrM** correspondente às estrelas, tendo em conta que  **$M=m+5 \times (1-\text{Log } r(\text{Pc}))$**  pela fórmula já indicada e fizermos  $m=C$ , te podemos obter um **Diagrama mrM** com outro visual que poderá anexar-se ao lado esquerdo do **DIAGRAMA HR** ( $M/(L/L_s)$  função de  $T/Sp$ ), através de um eixo comum que seria o representativo das Magnitudes absolutas/Luminosidades relativas ao Sol ( $L/L_s$ ). O outro eixo (abscissas) seria  $\text{Log } r(\text{Pc})$ . Para facilitar a utilização quer do gráfico, quer das expressões matemáticas em que entram conceitos de magnitude visual aparente, Magnitude visual absoluta, luminosidade, distâncias (Pc, AL, UA, Km) e brilhos comparados, desenvolveu-se uma "ferramenta" informática cujo "rosto" se apresenta em anexo a qual se designou por **Conversor mrM**.



## CONVERSOR mrM


**Distância r**

$P_C =$   ☐  $\text{Log } r =$   ☐ **CONVERTER**

$AL =$   ☐

$UA =$   ☐

$Km =$   ☐ **APAGAR**




**Magnitudes / Luminosidade**

$m =$   ☐  $L/L_s =$   ☐ **CONVERTER**

$M =$   ☐  $M \rightarrow L/L_s$   $M < L/L_s$  **APAGAR**

**Achar Distância em Parsec conhecendo Magnitudes**


$P_C =$   ☐ **ACHAR**

**APAGAR TUDO**  **APAGAR**

**Comparação de Brilhos Aparentes**

$m_1 =$   ☐  $b_1/b_2 =$   ☐ **ACHAR**

$m_2 =$   ☐  $b_1/b_2 \rightarrow m_1$   $m_2 < b_1/b_2$  **APAGAR**


João Damasceno SANTARÉM