

POLUIÇÃO LUMINOSA:

O DESPERDÍCIO INÚTIL DE RECURSOS ENERGÉTICOS



Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

Fala-se muito em *poluição*, nos mais variados sentidos, da poluição química à poluição sonora, da poluição visual do ambiente à diminuição drástica da biodiversidade nos rios e lagos. A **poluição luminosa** apresenta inconvenientes de várias ordens, que atingem o cidadão comum nos aspectos mais dramáticos: o bolso, o descanso e a qualidade de vida.

O que é a poluição luminosa?

A poluição luminosa (PL) é o efeito produzido pela luz exterior mal direccionada, que é dirigida para cima, ou para os lados, em vez de iluminar somente as áreas pretendidas. Esta forma de poluição resulta, na sua maioria esmagadora, de candeeiros e projectores que, por concepção inadequada ou instalação incorrecta, emitem luz muito para além do seu alvo ou zona de influência, sem qualquer efeito útil. Muitas vezes até emitem luz para as nuvens, como se pode ver na imagem de abertura deste artigo. A luz emitida para cima e para os lados reflecte-se e difunde-se nas poeiras e fumos em suspensão no ar, tornando o céu nocturno mais claro.

Prejuízos que resultam da poluição luminosa

Há quem diga que a poluição luminosa é inevitável, um indicador de progresso e modernidade, mas isso não é verdade. A poluição luminosa é o resultado do mau planeamento dos sistemas de iluminação, não da necessidade de iluminação, em si (cuja utilidade não discutimos). Veja-se que um sistema de iluminação (luminária) adequado, com efeitos mínimos na poluição luminosa, não deixa de iluminar bem o que queremos iluminar: direcciona a luz para o local pretendido, eliminando o desperdício de luz. Em vez disso, muitas das luminárias actuais, deixam a luz escapar em direcções inúteis. Seria melhor que os raios luminosos emitidos não ultrapassassem os 70° em relação à vertical baixada da lâmpada para o chão (20° abaixo da horizontal). Na realidade, a luz emitida a menos de 20° abaixo da horizontal vai atingir o solo muito longe da base do candeeiro e já não tem eficácia iluminante, mas encandeia e incomoda as pessoas. Mais adiante será a zona a iluminar pelo candeeiro seguinte, e assim sucessivamente.

Se cada candeeiro ou projector reflectir para baixo a luz que iria para cima (e para os lados), melhora-se a iluminação na área que interessa iluminar. Resumindo: ilumina-se mais, com a mesma lâmpada; ou poderemos iluminar o mesmo utilizando uma lâmpada de menor potência, com menor

consumo. Pelo menos 40% da luz é assim desperdiçada e poderia ser reencaminhada para onde interessa. Pode fazer-se ainda melhor, utilizando simultaneamente um reflector mais eficaz e lâmpadas de maior eficiência energética, com economia ainda maior. Multiplicando esta economia por muitas centenas de milhares de lâmpadas que, por todo o país lançam luz inglória para onde não deviam, o cidadão contribuinte será capaz de tirar as suas próprias conclusões. Pode adiantar-se que se trata de desperdícios da ordem de algumas centenas de milhões de euros por ano. Nada de insignificante, portanto.



Figura 1- Este esquema mostra, de **A** para **C**, candeeiros sucessivamente menos poluidores e com menor desperdício energético. O modelo C é o melhor. **ÁREA 1-** Feixe luminoso ótimo; **ÁREA 2-** Feixe luminoso incómodo e sem iluminação relevante; **ÁREA 3 e ÁREA 4-** Feixes luminosos inadmissíveis. Os feixes luminosos nas áreas 2, 3 e 4 deveriam ser redireccionados, por reflexão (e refração), para dentro da área ótima 1. Guilherme de Almeida (2007).

As consequências desse desperdício inútil são múltiplas. A energia consumida em excesso (evitável) tem outros custos indirectos: muita dessa energia provém de centrais térmicas, elas mesmas poluidoras do ambiente, que assim têm de funcionar mais intensamente, consumindo mais recursos e lançando mais dióxido de carbono na atmosfera, agravando o aquecimento global. Ao nível da iluminação pública, sabemos quem paga a conta da energia desperdiçada: os cidadãos. Mas há outros prejuízos a contabilizar: alteramos e desequilibramos os ecossistemas nocturnos (prejuízos ambientais); somos incomodados pela luz mal direccionada e em excesso, que acaba por nos prejudicar nas ruas, estradas e até mesmo no interior das nossas casas (prejuízos sociais). Não são poucas as pessoas que, para conseguirem dormir, têm de fechar os estores porque o candeeiro da rua faz entrar luz pela janela, apesar dessa janela se encontrar acima desse candeeiro!



Figura 2- Diferentes sistemas de iluminação. O candeeiro 1 impede a projecção de luz para cima e tem pouca emissão para os lados. O modelo 2 é ainda melhor; o candeeiro 3 é bastante mau com emissão considerável para os lados e acima da horizontal; o modelo 4 é um exemplo gritante de ineficácia e prejuízo: ilumina para cima e para os lados mas *não* para baixo. E incomoda. Apesar disso, não é difícil encontrá-lo nas nossas ruas. Guilherme de Almeida (2007).

Há também a poluição luminosa decorrente de algumas iluminações exteriores privadas, onde é o próprio que paga o desperdício, mas não paga o incómodo que causa aos seus vizinhos.

Nas estradas e nas auto-estradas, a emissão de luz quase na horizontal encandeia mais do que ilumina, por permitir que o automobilista veja os globos das lâmpadas ao longe, olhando quase na horizontal. Como as lâmpadas *descobertas* são muito mais brilhantes do que o piso por elas iluminado, as pupilas dos olhos do condutor contraem-se e a faixa de rodagem fica menos visível. Encandeados pela visão directa dos globos das lâmpadas, os automobilistas terão maior dificuldade em distinguir eventuais peões na estrada, ou animais em travessia. A segurança rodoviária diminui.

É pois necessário otimizar a iluminação pública, em termos energéticos, mantendo apesar disso bons níveis de iluminação no solo. A ponte Vasco da Gama é um bom exemplo deste cuidado e não parece haver reclamações de iluminação insuficiente nas faixas de rodagem desta ponte.



Figura 3- Duas ruas iluminadas. Na fotografia da esquerda, os candeeiros (dos tipos 3 e 4 da figura anterior) emitem bastante luz para os lados e para cima. Na fotografia da direita, os candeeiros (do tipo 2 da foto anterior), são mais direccionados para baixo. O solo desta rua tem muito melhor iluminação. Guilherme de Almeida (2007).

Iluminar bem e iluminar mal

A boa iluminação deve evidenciar o objecto iluminado, *sem* deixar ver a lâmpada exposta quando se olha para ela na horizontal. E deve ter intensidade adequada, sem exageros aberrantes. No entanto, por imperativos de segurança nem sempre comprovados, ou por modernismos de gosto discutível, tem-se intensificado a iluminação nocturna e, o que é pior, essa iluminação é mal orientada: há sistemas de iluminação verdadeiramente desastrosos nas nossas ruas e estradas, como se pode ver nas imagens que ilustram este artigo (vão surgindo alguns bons exemplos, mas ainda são raros).

Por outro lado, a partir de determinada hora, os anúncios luminosos deveriam ser desligados, tal como a iluminação de monumentos. Para quê iluminar um aqueduto ou um castelo às 4 h da madrugada, com poderosos projectores apontados às nuvens? E quase sempre boa parte dessa luz nem sequer "acerta" no monumento, perdendo-se no céu.



Figura 4- Exemplos típicos de maus sistemas de iluminação. Na foto da direita, o leão de pedra é iluminado marginalmente, por menos de 10% da luz do projector, apontado na vertical. Guilherme de Almeida (2007).

As alternativas

O que fazer para mudar o estado actual da iluminação? É preciso que os cidadãos protestem e que os municípios escolham equipamentos de iluminação adequados. E não é preciso procurar muito. Os fabricantes e fornecedores têm modelos já concebidos de raiz para minimizar a poluição luminosa, com boa eficácia iluminante (menores consumos). Basta escolher no catálogo. O problema é a vontade para escolher esses modelos de candeeiros e luminárias em vez dos maus modelos, e aí põe-se também a questão da educação do público. Afinal, somos o país que se orgulha de ter a maior árvore de natal da Europa em plena Praça do Comércio, em Lisboa.

Lâmpadas e custos energéticos

Uma lâmpada mais eficiente consegue produzir o mesmo nível de iluminação, consumindo menos. As lâmpadas com má restituição cromática só devem ser utilizadas em locais públicos onde a fácil distinção de cores pelos transeuntes não seja um factor primordial. Por outro lado, uma lâmpada muito eficiente e instalada num sistema reflector/refractor que oriente convenientemente o fluxo luminoso constitui a escolha ideal, duplamente económica.

Existem actualmente três tipos de lâmpadas utilizadas em iluminação pública. As lâmpadas de vapor de mercúrio (VM), de luz branca-arroxeadada, com custo inicial relativamente baixo e menor eficiência energética. As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP), de luz amarela-dourada, são uma boa opção para a iluminação de estradas, grandes praças e cruzamentos, assim como em bairros residenciais. As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (VSBP), dão luz amarela-torrada e possuem uma eficiência energética muitíssimo elevada. A tabela seguinte mostra resultados concretos, certamente interessantes para um autarca desejoso de libertar verbas para outras aplicações.

Particularidades dos diferentes tipos de lâmpadas utilizados em iluminação pública					
Tipo de lâmpada	Fluxo luminoso emitido por cada watt de potência absorvida	Potência absorvida por cada 1000 lúmens do fluxo luminoso emitido	Consumo comparado, para igual efeito iluminante (VM=1,000)	Vida útil	Restituição de cores
VM	54 lúmens	18,5 W	1,000	Longa	Boa
VSAP	125 lúmens	8,0 W	0,432	Longa	Satisfatória
VSBP	183 lúmens	5,5 W	0,297	Longa	Má

Simbologia utilizada: **VM**=lâmpada de vapor de mercúrio; **VSAP**=lâmpada de vapor de sódio de alta pressão; **VSBP**= lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão.

Como avaliar a poluição luminosa num local

Existe um método simples para avaliar o nível de poluição luminosa num dado local. Já sabemos que a luz emitida para cima é reflectida e difundida nas partículas de poeira suspensas na atmosfera e nas partículas dos fumos, assim como nos poluentes industriais. Essa luz desperdiçada, já sem eficácia iluminante, tem um efeito bem visível: o céu nocturno passa a ser cinzento, ou pardo, em vez de ser razoavelmente escuro. Por isso, um bom indicador de baixa poluição luminosa num local é a escuridão do céu, o que se traduz na maior abundância de estrelas visíveis a olho nu. Quanto menos estrelas forem vistas, maior será a poluição luminosa.

É também preciso sensibilizar a opinião pública para os efeitos prejudiciais da poluição luminosa no céu nocturno, valorizando neste um valor mitológico, histórico e cultural a preservar. A geração actual já quase não reconhece as estrelas e constelações e, se nada se fizer, a próxima pode ficar muito aquém disso. O céu nocturno é certamente um *Património da Humanidade* e uma das maiores maravilhas que podemos contemplar. Devemos preservar esse espectáculo.



Figura 5- Uma das consequências práticas do fluxo luminoso que escapa inutilmente para cima é a iluminação das nuvens, evidenciada nesta fotografia. Será necessário iluminar as nuvens? Guilherme de Almeida (2007).

NOTA — O presente artigo fundamenta-se em considerações de ordem energética e ambiental, que são os argumentos de maior peso junto da opinião pública e do poder. As referências ao impacto da poluição luminosa nas observações astronómicas, obviamente muito relevantes para a astronomia amadora não constituíram, por isso, o fulcro deste artigo.

Informação adicional

1. *International Dark Sky Association* (IDA): <http://www.darksky.org/>
2. Observatório Astronómico de Lisboa (OAL): http://www.oal.ul.pt/oobservatorio/vol3/n6/vol3n6_6.html
3. Tese de Phil Harrington, na perspectiva da economia de energia: <http://www.philharrington.net/thesis.pdf>.
4. *Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne* (ANPCN), <http://www.astrosurf.com/anpcn/>
5. *Fédération des Astronomes Amateurs du Québec*: <http://www.faaq.org/menucielnoir/cielnoir.htm>
6. *Instituto de Astrofísica de Canarias* (IAC) <http://www.iac.es/proyect/otpc/conta.htm>
7. Mizon, Bob — *Light Pollution, Responses and Remedies*, Springer Verlag London Limited, London, 2002.
8. Almeida, Guilherme e Ré, Pedro — *Observar o Céu Profundo*, Plátano Editora, 2.^a Edição, Lisboa, 2003.

UMA ESTRELA ARTIFICIAL DE FÁCIL CONSTRUÇÃO E GRANDE EFICÁCIA PARA COLIMAR TELESCÓPIOS

Guilherme de Almeida
g.almeida@vizzavi.pt

Publiquei um artigo sobre a construção de uma estrela artificial, no n.º 11 (Julho-Setembro de 2001) da revista Astronomia de Amadores, págs. 36 a 38. Tratava-se de uma construção relativamente simples, mas exigindo algum trabalho construtivo. Neste novo artigo descreverei uma estrela artificial ainda mais simples, de custo baixíssimo e resultados comprovados. Esse artigo está ainda acessível em <http://astrosurf.com/apaa/EA.pdf>.

Conveniência das estrelas artificiais

O alinhamento óptico dos telescópios é também chamado "colimação". A colimação dos telescópios, feita através da utilização de estrelas naturais, exige noites de turbulência atmosférica muito baixa (que são de ocorrência relativamente rara), se se quiser efectivamente colimar com rigor. Exige ainda que se escolham estrelas a grande altura (mais de 50º) para minimizar ainda mais a turbulência, o que obriga o observador a contorcionismos e posições cansativas. Só nos telescópios de Newton é que a visão de estrelas altas se pode fazer com comodidade. Nos outros telescópios a situação pode tornar-se cansativa, dado que não se deve colimar com espelho diagonal.

A colimação deve ser feita com o tubo a "visar a direito", sem diagonal como já referido, dado que em maior ou menor grau todos os espelhos diagonais desviam um pouco a colimação, e esse desvio (em geral de poucos minutos de arco) depende da direcção para onde a ocular aponta. Por outro lado, os dispositivos de registo, câmaras fotográficas e CCDs, são em geral colocados perpendicularmente ao eixo óptico do telescópio, i. e, também sem diagonal. No caso dos telescópios de Newton, há efectivamente maior comodidade quanto à posição do observador, mas nem por isso nos livramos dos caprichos da colimação. Além de todos os problemas referidos, a colimação por uma estrela natural implica que o telescópio siga a estrela. Isso exige uma montagem equatorial alinhada e motorizada, o que não é possível num telescópio básico de Dobson. Todos estes factores apontam para uma estrela artificial como a solução ideal.

Não se deve exagerar na proximidade entre o telescópio e a estrela artificial. É certo que mais do que 20 distâncias focais será uma distância suficiente para a colimação (para testar telescópios precisaremos de distâncias superiores a 50 distâncias focais, mas esse não é o objectivo deste artigo). Num telescópio com curta distância focal, por exemplo $f=800$ mm, 16 distâncias focais vão ser 16 metros, distância já difícil de conseguir dentro de casa. Nos telescópios de distância focal mais longa termos de dispor de um corredor muito longo, ou colocar a estrela artificial na rua. Esta última opção significa que ao voltar a casa (para iniciar a colimação), a nossa dispendiosa estrela pode já não estar onde a deixamos, levada por algum curioso "amigo do alheio". Por isso, se queremos colocar a estrela artificial na rua, é de toda a conveniência que ela seja discreta, para não despertar atenções, que não gaste pilhas e tão barata que, mesmo na rara eventualidade de desaparecer, o prejuízo seja irrisório.

Características e construção do modelo proposto

O modelo que venho propor neste artigo cumpre todas essas condições, funcionando muito bem. A reflexão do Sol numa esfera origina uma imagem cujo diâmetro é aproximadamente $1/300$ do diâmetro da esfera. Será essa pequena imagem, do Sol reflectido na superfície da esfera, que constituirá a nossa estrela artificial.

Para concretizar esta estrela artificial, utilizei um brinco vulgar, que contém uma esfera de vidro negro. A esfera não é completa (e ainda bem), apresentando uma parte achatada. Como se vê nas sucessivas imagens da Fig.1, retira-se a mola do brinco e a face plana dessa esfera é usada para a colar, com UHU de tubo (não em *stick*) a um quadrado de feltro autocolante preto ou castanho (quanto maior for este feltro, melhor). Coloca-se uma gota generosa de cola e assenta-se a esfera sobre o feltro. Deixa-se secar umas 2 horas. Depois retira-se o papel protector do autocolante e cola-se a esfera, num local adequado, carregando bem. No meu caso coloquei-a a uns 120 m de casa. Da janela vejo-a bem. Apontando o buscador, ficamos próximos dela no campo do telescópio com 150x, para apontar. Note-se que, a 120 m, um buscador que esteja alinhado para objectos celestes dará uma pequena diferença na pontaria, mas isso não constitui problema algum.



Fig.1. Diversos passos da construção da estrela artificial descrita neste artigo. O diâmetro da esfera não é crítico e pode situar-se entre cerca de 8 mm e 30 mm (Guilherme de Almeida, 2007).

Repare-se que não se exige nenhum requisito de qualidade óptica à superfície da esfera. O Sol fica aproximadamente atrás do observador, mas não tem de ser exactamente atrás, podendo o ângulo Sol-esfera-observador atingir mais de 50° . A imagem do Sol não ficará pois (em geral) visível na direcção do centro da esfera reflectora. Por isso, mesmo que a esfera fosse perfeita, a imagem do Sol por ela reflectida, desde que não centrada na esfera, apresentará sempre uma forma alongada, algo parecida com um feijão, ou um rim. No entanto, se a superfície for aproximadamente esférica (até podia ter forma de ovo), resultará muito bem. As imperfeições da esfera não afectam a perfeição

da figura de difracção observada, desde que o eixo maior da imagem do Sol (mesmo deformada pela reflexão muito oblíqua), seja menor do que o limite de resolução de Rayleigh para o telescópio em uso. Na maior parte das situações basta utilizar uma esfera de diâmetro não superior a uns 50 mm. De facto, o diâmetro da maior dimensão da imagem do Sol reflectida não excede, segundo Suiter, 1/300 do diâmetro da esfera.

Para uma esfera de diâmetro $a=22$ mm, a maior dimensão da imagem do Sol será pois de $22/300$ mm= $0,073$ mm. Esta dimensão, observada a 100 metros de distância, apresentará um diâmetro aparente de $0,073/100000$ radiano. Como 1 radiano vale $180^\circ/\pi=57,295\dots^\circ$, a referida esfera de 22 mm de diâmetro, observada a 100 m do telescópio, apresentará um diâmetro aparente de $(0,073/100000)\times 57,295^\circ$, ou seja $0,15$ segundos de arco ($0,15''$), valor muitíssimo menor do que o poder separador de qualquer telescópio de amador, mesmo bem equipado (pelo menos até 800 mm de abertura).

Utilização

Não há nenhum perigo de brilho intenso e ofuscante, nem é preciso utilizar quaisquer filtros, porque a divergência de uma esfera tão pequena origina um ponto de brilho muito reduzido. Há quem recomende uma esfera de aço, das que se usam nos rolamentos. Funciona bem, se limpa, mas enferruja ao fim de menos de duas semanas. Uma esfera de vidro negro, como a que aqui proponho, obtida a partir de um brinco vulgar (no par de brincos o leitor fica a poder fazer duas estrelas artificiais, sendo uma de reserva).



Fig. 2. Aspecto da estrela artificial já colada num poste. Ficou a cerca de 2,20 m do chão, pois estendi o braço para cima, para a colar quase ao fim do dia, para ser discreto.

Tenho colimado da parte da tarde, pois a estrela está a este da minha janela, e utilizo o Sol de Verão entre as 16 horas e as 19 horas. A turbulência diurna existe, é um facto inegável, mas é muito menor do que podemos inicialmente supor. Repare-se que não se exige nenhum requisito de qualidade óptica à superfície da esfera. O Sol fica aproximadamente atrás do observador, mas não tem de ser exactamente atrás, podendo o ângulo Sol-esfera-observador atingir mais de 60° . A imagem do Sol não ficará pois (em geral) visível na direcção do centro da esfera reflectora. Por isso, mesmo que a esfera fosse perfeita, a imagem do Sol por ela reflectida, desde que não centrada na esfera, apresentará sempre uma forma alongada, algo parecida com um feijão, ou um rim. Desde que a superfície seja grosseiramente esférica (até podia ter forma de ovo), resultará muito bem.

A turbulência diurna permite colimar com 200x em 60% das ocasiões. Já tive dias em que pude testar com 540x, (e até 900x) obtendo anéis de difracção quase parados (desfocando até 2 ou três anéis). Só em cerca de 15% dos dias é que a "estrela" tem mais turbulência, mas essa ocorrência é bem mais rara do que no céu real. Desfocando até 5 anéis de difracção, a imagem é quase sempre exemplar. Na posição focada, só o primeiro anel brilhante treme, mas é muito visível o primeiro anel

escuro, enquadrando o disco de Airy. E até há ocasiões em que o primeiro anel brilhante fica estacionário (o que permite levar a colimação ao último retoque). O telescópio e grande parte do trajecto entre este e a esfera deverão estar à sombra, como se vê na imagem 1 da Fig. 3.



Fig. 2. Localização da pequena esfera (estrela artificial), fotografada do local de observação. Como se pode ver em 1 e 2, grande parte do trajecto da luz entre a estrela artificial e o telescópio fica à sombra. A imagem 3 foi feita junto à esfera: não se trata de uma fotografia "Ultrazoom"! Guilherme de Almeida, 2007.

Na colimação, *desfocar demasiado* a imagem de uma estrela (seja natural seja artificial) é uma má ideia. Fazer isso disfarça a descolimação, reduzindo a sensibilidade do procedimento; as pequenas descolimações passarão despercebidas, levando o observador a ficar com a (falsa) ideia de que tem o seu telescópio bem colimado. Entende-se por desfocar demasiado, a situação em que o diâmetro da imagem desfocada excede $\frac{1}{4}$ do diâmetro do campo, sendo preferível não exceder $\frac{1}{6}$ ou ainda menos desse diâmetro. Deve-se verificar a concentricidade da figura de difracção sempre com a imagem bem centrada no campo da ocular. Não se recomendam oculares de grande campo ($> 52^\circ$) para esta finalidade, pois dificultam a percepção do centro do campo: as oculares de Plössl e as ortoscópicas serão aqui a melhor escolha. Sendo D a abertura do telescópio, em milímetros deve-se começar por colimar com uma amplificação da ordem de $1 D$ passando depois a $2 D$ e, se possível a $2,5 D$ ou $3 D$.

Nas ocasiões diurnas de menor turbulência, bastante mais frequentes do que à noite, pode-se desfocar apenas ligeiramente, de modo a ver apenas três a cinco anéis em torno do disco central. A uniformidade do espaçamento entre anéis vizinhos, em toda a volta, é um bom indicador de que a figura de difracção é concêntrica. Num telescópio de abertura D (em milímetros) convém começar com amplificações da ordem de $1D$, passando em seguida a $2D$. Depois fazem-se os retoques finais com, se possível, amplificações de $2,5D$ ou mesmo $3D$.

Conclusão

Os resultados obtidos com esta estrela artificial são muito bons. E não gasta pilhas. Recomendo aos leitores esta estrela artificial sem quaisquer reservas. Pode-se até montar várias em volta do local de observação, de modo a ter estrelas artificiais disponíveis a várias horas diferentes do dia. Por último, não convém que o observador fique demasiado obcecado com a colimação do(s) seu(s) telescópio(s).

Referências

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

SUTTER, H. RICHARD — *Star Testing Astronomical Telescopes*, Willmann Bell, 4th Ed., 1994

UM OBSERVATÓRIO DE MARQUISE COM VISÃO OPTIMIZADA

LUÍS CAMPOS

serious_skywatcher@hotmail.com

1. A natureza do problema

Quanto de nós temos que nos contentar com observações astronómicas feitas a partir das nossas casas, seja de varandas, janelas, marquises, etc.? É sabido que esta não será a situação ideal mas é claro nem sempre temos a facilidade de nos deslocarmos com a frequência que gostaríamos para um local mais remoto, à procura do melhor céu.

Tendo como preferência nas minhas observações os planetas e a Lua, decidi-me pela compra, num excelente negócio de ocasião, de um refractor acromático de 150 mm $f/8$. Veio equipado com um *Chromacor* e um belíssimo focador Crayford *Burgess 200* (obrigado ao Rui Tripa). Agora sim, podia finalmente observar as belezas do nosso sistema solar em toda a sua glória.

Como muitos outros observadores, vivo num apartamento (4.º andar) com uma marquise generosa. Aproveitando esta situação, que me oferece uma vista desafogada a Este, decidi montar o material e dedicar-me tanto à observação visual como à astrofotografia dos planetas com *webcam*, mas surgiram algumas complicações... Em primeiro lugar, rapidamente me apercebi de que o tubo era demasiado grande para o espaço de que realmente disponho (a marquise tem pouco mais de um metro de largura). Em certas posições era impossível não ficar com o olho esborrachado na ocular e a parte de trás da cabeça encostada à parede devido ao comprimento excessivo do tubo óptico, outro grande problema eram as correntes de convecção que me impediam de conseguir imagens estáveis e nítidas: o preço a pagar por observar a partir de uma marquise! Comecei a pensar se não teria sido demasiado ambicioso e optimista com o material escolhido. Tinha que haver uma solução... e havia!

Decidi então meter mãos à obra e comecei a pensar na melhor maneira de construir um pilar na marquise. A ideia tinha dois objectivos bem claros: 1 - ganhar em estabilidade na montagem; 2 - colocar a objectiva do telescópio o mais fora possível de casa, afastada da fachada do prédio. O objectivo 2 permitiria ganhar preciosos centímetros e aceder com facilidade a grande parte do céu, além disso (e aqui está a cereja no topo do bolo), iria ver-me livre das malditas correntes de convecção/turbulência local: era como estar fora de casa, estando cá dentro (este foi o objectivo principal).



Fig. 1— O refractor de 150mm $f/8$, preparado para mais uma noite de observação. Veja-se que o pára-luz e a objectiva sobressaem consideravelmente da fachada do prédio.

2. A construção

Pedi a um amigo que trabalha com soldaduras o favor de me arranjar o material (pilar/base quadrada) e tratar de fazer os cortes e soldaduras, sem dúvida fez um excelente trabalho, o pilar foi descentrado intencionalmente para claro está, ganhar ainda mais uns preciosos centímetros para fora da marquise, isto foi quase uma obsessão... Depois de falar com a esposa e convencê-la a furar o chão (não foi fácil)... coloquei o pilar no local desejado encostado à parede para ter mais suporte, na montagem/aperto ao chão por meio de anilhas inclinei o pilar para o lado da parede para este ficar em "esforço" contra um pequeno calço de madeira que coloquei, a ideia aqui foi não fazer mais furos, já bastavam os do chão. A parede do tubo tem 4 mm de espessura e a base quadrada (31cmx31cm) está fixada ao chão com 4 parafusos que apertam em buchas metálicas. Usei algumas anilhas por baixo, para ajustar a verticalidade do pilar.



Fig. 2— Diversos aspectos da construção e instalação do pilar: **1—** Pilar de 10 cm de diâmetro por 97 cm de altura, escorado no chão e parede; **2—** O suporte de parede, um pequeno calço de madeira e algumas folhas de papel, para afinar perfeitamente a inclinação. Luís Campos (2007).

Devo confessar-vos que o conjunto ficou extremamente robusto, depois de aplicar a montagem, tubo óptico, telescópio-guia e contrapesos. Observando um objecto com grande amplificação $>200\times$, uma pequena pancada no tubo é absorvida em cerca de dois segundos o que é excelente, especialmente quando se tenta focar um planeta com *webcam* e 4,8 metros de distância focal (*stack* de duas Barlows), distância focal que uso na maioria das capturas.

Acabaram-se também os problemas na observação visual, consigo agora aceder a grande parte do céu com o benefício de estar apenas limitado pela turbulência atmosférica e não pela turbulência local como dantes sucedia. Apenas sinto os efeitos das correntes de convecção quando observo perto do zénite, mas isto deve-se ao facto de que quanto mais alto estiver o objecto a observar no céu, mais perto da parede fica a objectiva do telescópio.



Fig. 3—O telescópio em acção, na marquise: **1** – Observação junto ao zénite; **2** – Nesta posição a frente do tubo fica muito avançada em relação à fachada do prédio e as correntes de convecção quase não se sentem. L. Campos (2007).

3. Particularidades de uso do sistema

Existem, como não podia deixar de ser, alguns inconvenientes em colocar o tubo óptico tão para fora. Em primeiro lugar ficamos mais expostos à curiosidade dos transeuntes, temos que estar preparados para ouvir alguns "piropos", no meu caso o pior que ouvi foi "Ó ASTRONAUTA!!!"... Nada de grave, pelo menos, mas basta não ligar e agir como se nada fosse, algumas vizinhas também correm de imediato os estores com medo que me intrometa nas suas vidas através do telescópio mas já se foram habituando ao facto de eu estar à janela com aquela "coisa" praticamente todas as noites.

Outros inconvenientes são também as máquinas de ar condicionado que pingam de vez em quando por isso se for possível não colocar o telescópio debaixo de alguma, tanto melhor, as vizinhas dos andares superiores também vão estendendo ao longo da noite algumas roupas encharcadas que podem pingar na preciosa objectiva. Para isso deve utilizar-se um pára-luz (*dew shield*) bastante comprido, para evitar que as gotas atinjam a objectiva e também serve para "fintar" as correntes de ar ascendentes que vão trepando pela fachada do prédio, no meu caso uso um *dew shield* de 45 cm com bons resultados. Para fazer este pára-luz, utilizei folha de espuma compacta, das que se vendem para fazer ginástica (a minha é azul). Colei-a e pintei-a por dentro com *spray* preto mate. A tinta infiltra-se na espuma e adere muito bem.

Este *setup* serve perfeitamente as minhas necessidades. É muito prático de utilizar e ocupa pouco espaço, mesmo com um tubo óptico grande. Veja-se que, na "posição de descanso", o tubo fica paralelo aos vidros da marquise (Fig. 4). Montei uns estores para proteger todo o conjunto do sol, que bate em cheio toda a manhã e ficou perfeito assim. Chegada a noite, é só abrir os estores e a janela de correr e estou a observar em menos de nada, há lá coisa melhor???



Fig. 4— O telescópio, na posição de descanso. Luís Campos (2007).

4. Resultados

Ultimamente tenho feito até algumas imagens de céu profundo mesmo daqui da marquise, com recurso a um filtro H-alfa e uma câmara *Atik 2 HS*. Deixo-vos aqui alguns exemplos de imagens de planetas e céu profundo, obtidas nas condições que são descritas neste artigo.



Fig. 5 — Júpiter e Saturno a $f/32$. Imagens obtidas com stack de 1100 frames, utilizando o software Registax 4. Luís Campos (2007).



Fig. 5 — Do lado esquerdo: imagem da Lua, mostrando parte do Mar das Crises, a $f/16$; à direita: M16, nebulosa da Águia, a $f/4$ (câmara *Atik 2 HS*, com filtro H-alfa). Luís Campos (2007)

Pelas imagens apresentadas pode ver-se que é possível evitar em larga medida os efeitos da turbulência que uma observação à janela normalmente impõe. Em resumo, recomendo vivamente esta solução e construção a quem puder dispor de um espaço semelhante. Quem decidir adoptar estes procedimentos não se arrependerá certamente.

CONSTRUÇÃO DE UM OBSERVATÓRIO PRÁTICO E FUNCIONAL

Miguel Lopes
alveslopes@lsi.pt

Introdução

Este documento descreve todo o processo de construção do meu observatório, desde o planeamento até trabalhos futuros.

Motivação

Após 4 meses de observações a partir de uma varanda, descobri rapidamente que a minha paixão pela astronomia estava a ser travada por vários motivos:

- Mau céu.
- Falta de grupos na zona (só em Junho de 2007 confraternizei com os primeiros astrónomos amadores (AA)).
- 2 candeeiros com luz directa para a minha varanda.
- Tempos de montagem e desmontagem.
- Pequeníssima área de visão do céu
- Sem visão para a estrela Polar
- Vizinhos a fechar portadas quando viam o telescópio

Era óbvio que eu só tinha duas opções: ou desistia da actividade ou *investia em frente*. Tirando o mau céu e a falta de grupos, os outros problemas tinham solução na forma de um observatório.

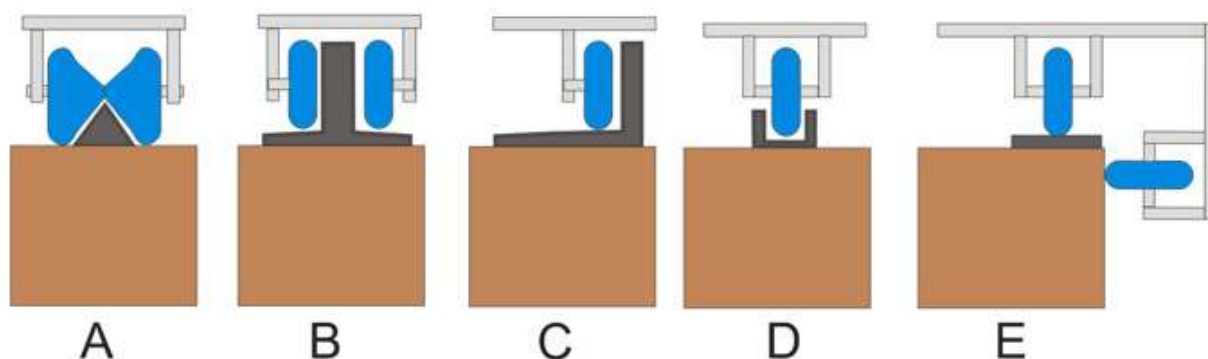
Planeamento

Observei centenas de observatórios na Internet; olhando para as minhas condicionantes comecei a planejar a estrutura do meu futuro observatório e os seus pormenores.

Decidi-me rapidamente por um observatório de telhado de correr (*roll-off*) pelo seu custo, por passar despercebido e por manter uma visão de campo aberto.

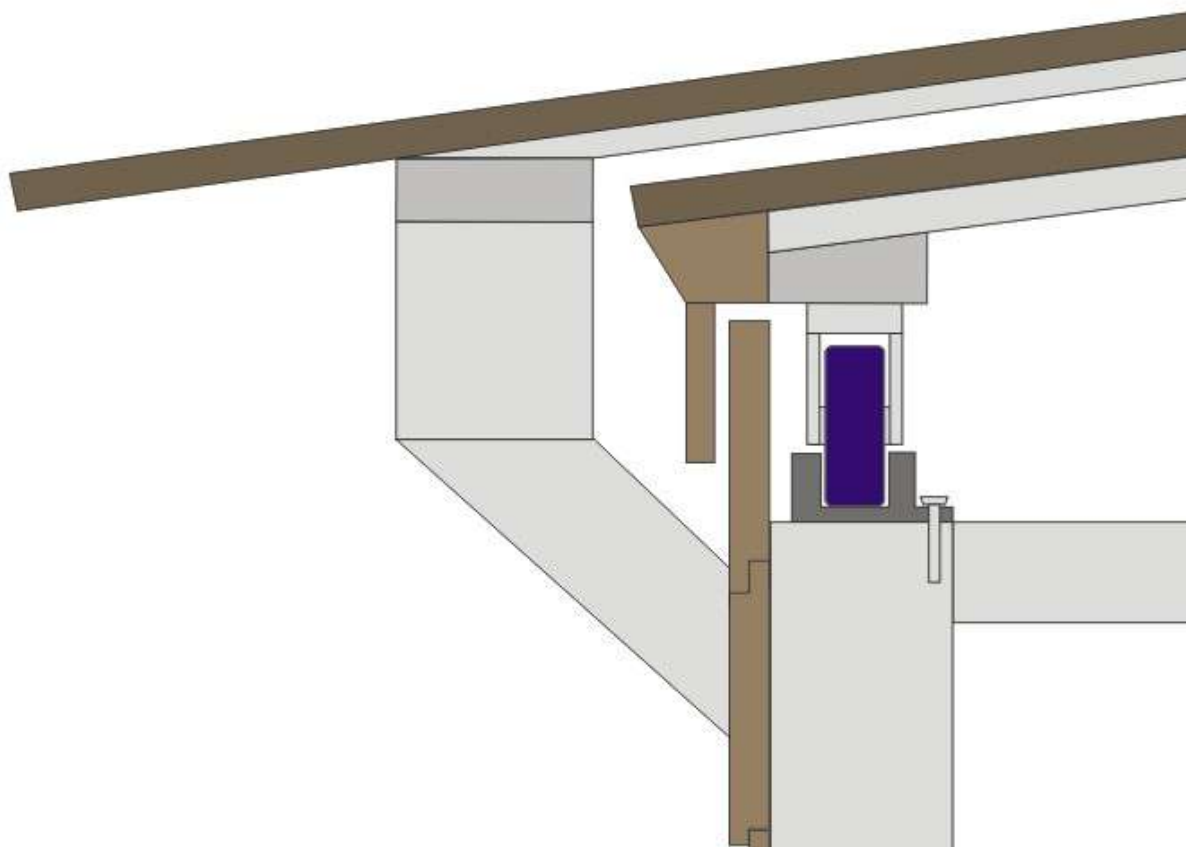
O observatório seria construído no fundo do quintal, contra um muro de 3,30 m e com duas salas: uma de observação e uma *warm room*. Teria um pequeno lago de tartarugas no exterior e um mais pequeno no interior, para passarem o Inverno. As medidas exteriores seriam de 2,3m por 4,2m.

De seguida pensei em vários tipos de rolamentos, como se vê na imagem abaixo.



Baseei-me inicialmente no modelo "D" pelo seu pequeno tamanho e pela dificuldade em encontrar rodas do tipo "A", que continuam a parecer-me a melhor solução, principalmente pelo facto de evitarrem acumulação de lixo e chuva.

Quis a todo o custo evitar uns travessões à frente do observatório, por falta de espaço. Isso só me deixava 2 hipóteses: ou o telhado deslizava por cima do outro ou por baixo. Inicialmente optei pela segunda hipótese, como se pode observar na figura abaixo.



Este método tem vários problemas, nomeadamente o facto de a sala aquecida (a *warm room*) ter de ser mais larga, para acomodar a estrutura. Durante a construção optei por uma terceira solução, visível na imagem abaixo.

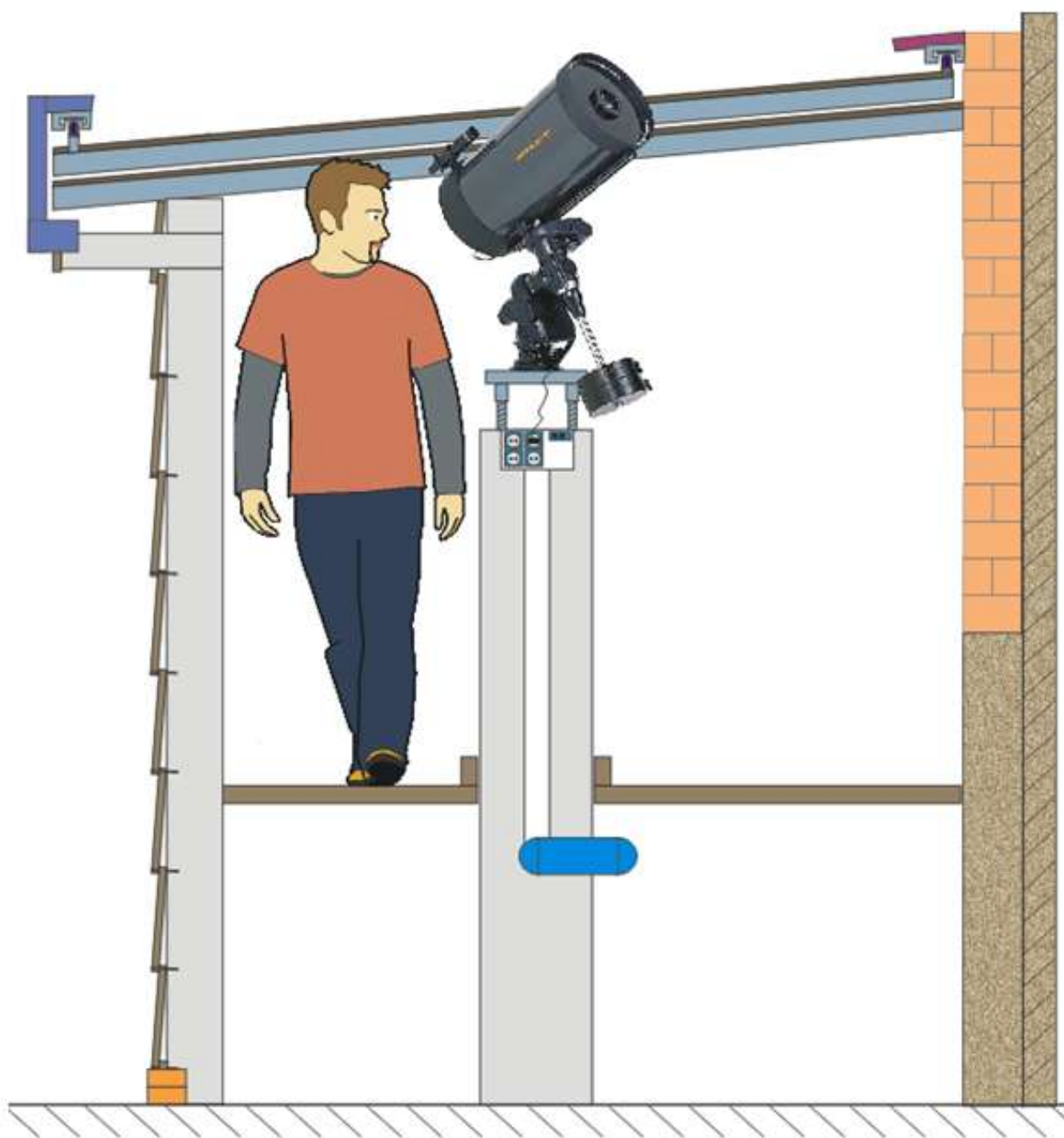
O telescópio vai ser um *Celestron C9.25*, que penso adquirir brevemente. Esta solução invertida é muito interessante. A altura do telhado deslizante é ajustável, com precisão de milímetros. Não existem calhas que possam acumular lixo. O vento não o consegue levantar. E acabou por nem ficar muito caro.

O telhado é de apenas uma água, muito mais simples de fazer, sendo apenas necessário pensar na distribuição de peso. O pilar não tem contacto com o soalho, para evitar trepidações. A cablagem de alimentação e fios de dados passam no interior do pilar, em lados opostos para evitar interferências de alimentação nos cabos de sinal.

O soalho fica a 1 metro do solo, porque com isso ganho imensa área de céu observável, de outro modo, tapada pelo muro e pela minha casa.

Um dos maiores problemas consiste em definir a altura do telescópio e das paredes. No meu caso preferi perder alguns graus de visão a sul e ficar melhor resguardado da iluminação da Póvoa.

Restava definir a altura do suporte da montagem. Para evitar riscos, o pilar foi feito com 4 parafusos com 30 cm fora dele. Assim podia subir ou descer a montagem, até pensando em equipamentos futuros. Para evitar que as oculares raspassem nos parafusos, comprei uma mangueira de jardim muito larga, pintei-a com spray cinza escuro e coloquei-a em cada um dos parafusos. A parte inferior serve ainda para guardar instrumentos de jardinagem



Materiais utilizados

Ficaria barato se tivesse feito tudo em tijolo e cimento. Infelizmente o tijolo armazena calor durante o dia e liberta-o lentamente durante a noite. Mais importante ainda, é feio! Portanto todo o revestimento seria de madeira.

Pensei que poderia eventualmente fazer todo o observatório em madeira, mas já que tinha de contratar trolhas para fazer o pilar, aproveitei para lhes encomendar a estrutura.

O telhado tem uma estrutura de metal, por ser mais fina e resistente do que uma equivalente em madeira. O suporte do soalho é também em metal. O telhado foi tapado com *plywood* e coberto com tela asfáltica: foi a solução mais barata que encontrei. A parede de cimento foi pintada de cô de vinho tinto escuro. Além de dar um aspecto engraçado, fica quase negro à noite e sendo vermelho não afecta a adaptação nocturna.

Construção

A construção arrancou a 18/04/07. Passados 30 dias a construção já tinha a parte de trolha e de serralheiro prontas. Abaixo vê-se o mecanismo de deslizamento do telhado, com suporte invertido.

Vêm-se também as vigas de betão, o suporte metálico do estrado, o telhado e o pilar. O sistema ficou robusto, leve e relativamente barato.

Contratei um carpinteiro para fazer o telhado, o soalho e as paredes. Como o ajudante dele era um preguiçoso, estive quase todo o tempo a ajudá-lo na construção. Entretanto já alterei muito o interior, incluindo a divisória de madeira entre as salas.

Montei um pequeno quadro eléctrico com dois disjuntores: um para estar ligado permanentemente, alimentando luzes e equipamento de uso constante. Outro para ser ligado apenas durante o uso. Desse modo consigo manter todos os equipamentos ligados às tomadas e basta-me desligar o disjuntor quando acabo. Também evito que uma descarga, por exemplo, da bomba de água, afecte o material de astronomia.

O soalho não tem contacto com o pilar. Com isso evito vibrações indesejadas.

Utilização

Este observatório é fantástica! O telhado desliza apenas com a força de 2 dedos. Em 2 minutos já estou a fazer o primeiro alinhamento *Go-To*. O alinhamento polar mantém-se inalterado, noite após noite. Estou resguardado do vento e de grande parte da luz exterior que me atingia. A madeira foi uma excelente escolha e só preciso de abrir um pouco o telhado, meia hora antes, para o ar quente se dissipar.

Acho que a melhor maneira de descrever a minha satisfação é pela diferença abismal de utilização. Antes usava o telescópio 4-6 vezes por mês. Agora uso 3-4 vezes por semana! E de uma média de 2 h de observação passei para 4 h por sessão.

Problemas

Este observatório levanta poucos problemas. Bem, se o tivesse construído um pouco maior poderia ter o telescópio de um convidado ao lado do meu. Assim apenas posso oferecer o jardim. A madeira exige maiores custos de conservação e quase que duplicou os custos da construção

Futuro

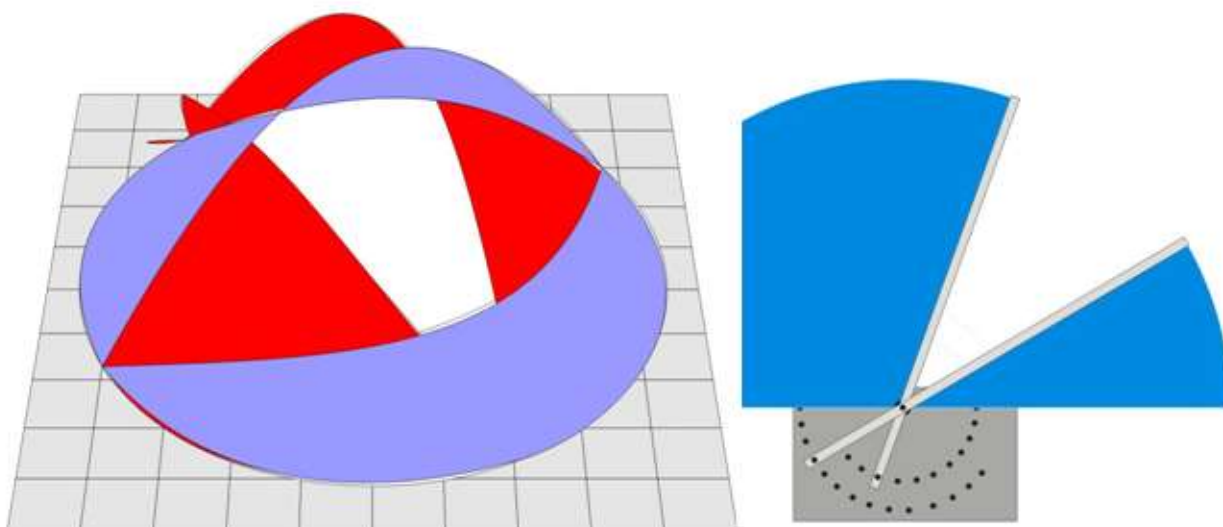
Tenho que acabar de fazer a divisória para poder utilizá-lo durante o Inverno. Praticamente só falta uma porta e o vidro.

Actualmente uso um computador ao lado do telescópio, mas de futuro ele estará na outra sala aquecida (a tal *warm room*). Vou ter 2 monitores, 2 teclados e 2 ratos, um em cada sala para poder controlar o computador a partir dos dois lados.

Ainda tenho algumas luzes parasitas que terei de bloquear. Tive uma ideia maluca para uma cúpula de pano, totalmente retráctil. Deixo aqui um esboço do projecto. A cúpula é feita de 4 hastes semicirculares, cada uma com um pano preso. Para fazer a concha é necessário alterar as posições das hastes para criar um buraco não rectangular, mas de abertura completamente regulável. Para fechar, recolho cada haste ao mínimo e corro o telhado.

Conclusão

Aqui vou ser feliz!



Sobre o autor

Miguel Lopes, é engenheiro electrotécnico (FEUP) e tem uma pequena empresa de desenvolvimento de *software* e *hardware*. Após ter tido um telescópio *ETX70* (2003) e um *XT10* (2004, roubado passado 3 meses), adquiriu um *Celestron C6 SGT* em Outubro de 2006. Reside na Póvoa de Varzim e tem a (rara) felicidade de a sua mulher também adorar astronomia, excepto na parte em que se fica exposto ao frio.

A GUIAGEM MANUAL EM ASTROFOTOGRAFIA: COMO TORNÁ-LA MAIS FÁCIL E MENOS CANSATIVA

CARREIRA MARTINS

martinsze@oniduo.pt

Este artigo tem a finalidade de dar a conhecer, *para quem ainda não os conhece*, alguns truques que *inventei* para tornar a guiagem menos cansativa, mais fácil e mais precisa. Por *guiagem* entende-se um conjunto de procedimentos com o objectivo de compensar as inevitáveis imperfeições de seguimento das montagens equatoriais, mesmo que bem alinhadas ao pólo celeste, de modo a assegurar astrofotografias de média e longa exposição sem arrastamento sensível das imagens estelares sobre o sensor de imagem.

1. Introdução

Para começar, que fique claro que os meus artigos são sempre, obviamente, para iniciados. E no caso presente para todos os que, como eu, não usam guiagem automática e sentem as dificuldades de estar de olho na ocular reticulada e com a mão nos comandos da montagem para não deixar fugir a estrela guia — já de si difícil de encontrar no campo, ou perto dele — principalmente uma que seja suficientemente brilhante — por períodos de vários minutos, por vezes em posições bastante incómodas. Os truques que venho apresentar podem tornar isso menos fastidioso.



Figura 1. Imagem da grande nebulosa de Oriente, M 42, obtida em 14/12/2007 com um refractor apocromático *Takahashi FS 102*, f/8 (distância focal de 820 mm. Utilizaram-se 8 integrações de 200 s, a ISO 800. Imagem processada com IRIS. Foi posteriormente aplicada uma máscara de desfoque gaussiano, no Photoshop. Carreira Martins (2007).

Começemos pela montagem – Tenho uma *Sky-Watcher EQ 6 Pro* que se comporta muito bem em todos os aspectos, tem boa capacidade de carga e várias qualidades, a saber:

- Um *goto* muito eficaz, mesmo com o alinhamento apenas por uma estrela.

- Velocidade de seguimento “muito certinha”,
- Resposta praticamente imediata aos toques dos comandos, mesmo quando invertemos o sentido, sem intervalo (*backlash*).
- Correção do erro periódico, que fica gravado.
- A velocidade em manual é de 0,50x (0,25x e 0,125x são apenas para autoguiagem), mas a resposta ao mais subtil toque nas teclas é tão imediata que funciona muito bem.
- Uma outra qualidade, que não é dela, mas minha, é a de estar bem alinhada pelo pólo, o que me permite (quase) não ter de fazer ajustes em declinação durante vários minutos. Como se sabe, mesmo com um bom *goto*, se o alinhamento ficar aquém do razoável teremos num curto intervalo de tempo, desvios em declinação e rotação de campo: nesse caso não há truques que nos valham.

Mesmo com estas qualidades, trata-se de uma montagem que custa bastante menos do que 2000 € e, embora seja um bom compromisso qualidade/preço, não é uma *Takahashi EM* e muito menos uma *Paramount*. Não sou, por isso um privilegiado. Portanto, as dificuldades de que aqui falo, também são as minhas. Vamos aos truques

2. Fotos com webcam

Apresento seguidamente o modo como procedo em relação a diversos tipos de astrofotografia.

Imagens da Lua

Nada mais fácil. Imediatamente a seguir ao *click* com o rato no botão do menu do programa de aquisição dos vídeos (eu uso o *QCFocus*), é só apontar. com o bico do ponteiro do rato, uma pequena cratera e “não a deixar fugir”. Atenção: deve-se usar o rato do computador portátil (o que vem associado ao teclado dos portáteis) e desligar o rato normal, que pode deixar fugir o astro ao mais pequeno toque.

Imagens de planetas

Para fotografar planetas, o truque é o mesmo que para o céu profundo no caso das fotografias com câmaras *reflex*. Por isso, darei a explicação mais adiante, quando abordar os outros tipos de astrofotografia.

Imagens de planetas com webcam e também imagens do céu profundo com reflex, recorrendo a guiagem por webcam

Para solucionar as dificuldades de guiagem resolvi improvisar um dispositivo simples, que se mostrou muito eficaz. Vou descrever passo a passo como fiz.

Se a meio de uma folha de acetato traçarmos duas linhas paralelas e verticais a distância conveniente (e a calcular) e outras duas na horizontal, teremos um retículo gigante com um quadrado no centro. Podemos seguidamente fazer uma armação em arame forte, para servir de moldura ao acetato (Fig. 3). No lado que vai ficar em cima, soldaremos duas pontas de arame maleável, para pendurar a moldura no monitor do computador portátil. A Fig. 3 esclarece qualquer dúvida que possa subsistir.

Feito isto, passamos a ter esse retículo sobre a imagem que aparece no referido monitor, não é assim? Então, se o quadrado *central* do retículo tiver um tamanho correspondente ao planeta do qual pretendermos fazer o vídeo, teremos o planeta dentro do quadrado, e não o deixar fugir passa a ser muito mais prático e, principalmente, muito mais cómodo.



Figura 2. Imagem de Marte, obtida em 14/12/07. Composição de 400 imagens (de 2000), obtidas com *Webcam Phillips 900* em *Takahashi FS 102* mais barlow 5x. Carreira Martins (2007).

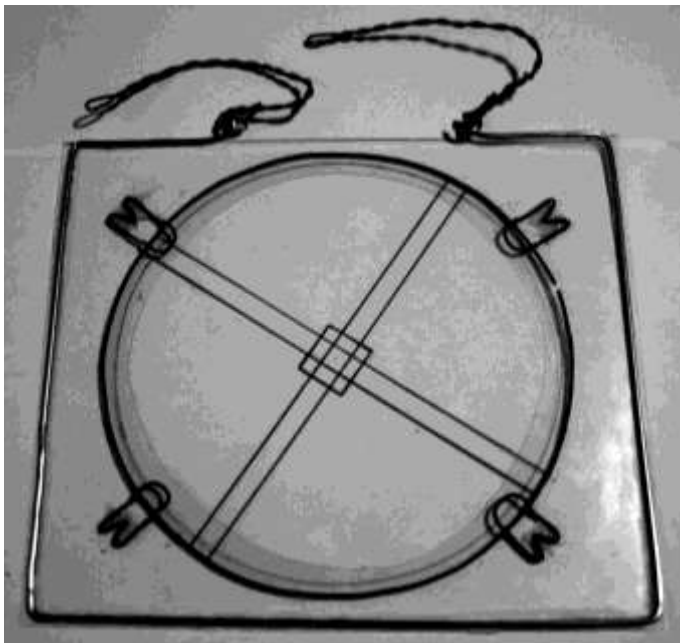


Figura 3. O retículo completo, sendo visível a base na sua moldura e o disco retículo seguro pelas patilhas executadas em arame fino plastificado, coladas na base, permitindo ao disco rodar livremente. O disco foi também colado em argola do mesmo arame, visível na foto, para lhe dar alguma consistência. Na Fig. 4 veremos este sistema já montado sobre o ecrã do computador portátil. Carreira Martins (2007)

Imagens do céu profundo

Quanto ao céu profundo, se o quadrado central do retículo traçado (no acetato) for de tamanho conveniente para lá caber uma estrela, e se na luneta-guia, com o aumento necessário, metermos a *webcam* e tivermos a imagem no monitor, lá teremos a mesma facilidade.

3. Modo de proceder

Falta explicar o modo como passei à prática o que acabo de dizer. Utilizei duas folhas de acetato. O retículo completo foi feito com um quadrado para estrelas, de 8 mm de lado. À volta deste tracei um quadrado simples, maior, para planetas. Este acetato foi cortado em círculo (como se da ocular se tratasse) e foi colocado com quatro patilhas coladas numa outra folha em branco, a 90° cada, de forma a segurar, liberto, o disco-retículo. Esta folha foi colada na tal moldura e, as duas pontas que dobram sobre o monitor, para pendurar a moldura, são suficientemente maleáveis para permitir que a moldura possa ficar um pouco mais em baixo ou mais em cima e mais ao lado, em relação ao centro; este ajuste de posição é muito útil para aproveitar uma estrela que não esteja precisamente no centro, sem precisar de a acertar na luneta (isto só é possível se não houver rotação de campo e se a distância for muito pequena).

Com este subtruque — dos dois acetatos — **o primeiro em círculo que tem (ou que contém) o retículo**, pode rodar para ficar com as linhas paralelas alinhadas pelas direcções de ascensão recta (AR) e declinação (Dec). O outro subtruque das patilhas e não de um eixo central, não só permitiu evitar que ficasse uma obstrução visual, bastante prejudicial, no centro — o disco fica seguro pelo perímetro — como ainda fazer um buraco no acetato rectangular base, de diâmetro quase igual ao do disco, para permitir um máximo de transparência, o que não seria o caso, se houvesse sobreposição dos dois acetatos".

Para terminar e para o caso de haver quem utilize também um programa de aquisição para as fotos com a *reflex*, aqui fica o modo como resolvo o assunto, ou antes qual é a minha sequência de preparação. Acho útil falar disto, pois sei o que me custou encontrar uma sequência de tarefas em que não estivesse sempre a voltar ao princípio e penso que esta experiência pode ser útil a quem começa. Apresento seguidamente o meu modo de proceder.

1. A minha mesa multiusos é colocada na montagem EQ6 já com a luneta-guia (nos anéis) e a máquina fotográfica, em paralelo, na rótula GITZO com a ponta da objectiva num outro anel igual aos da luneta.
2. Coloco o *Picoto da Milriça* (marco geodésico do centro de Portugal) centrado na ocular, alinhamento do buscador e alinhamento da objectiva pelo pequeno ponto luminoso de focagem, do centro do visor.
3. EQ6 em alinhamento por uma estrela; centrada esta, dou ordem de "goto" para o objecto.
4. Centrado este no retículo da ocular, é preciso confirmar se está centrado no visor da câmara *Cânon*; mas como é que se faz isso, se nada se consegue ver no pequeno visor da Canon?
5. Utilizo o IRIS para aquisição das fotos com a *Canon 350D*, com uma interface (*QRemote*), que é recomendada pelo autor (só trabalha com o *IRIS*), e que torna as aquisições muito mais práticas do que o outro programa que tinha, o *DSLRFocus*.
6. Para ultrapassar o problema referido no anterior ponto 4, basta tirar uma foto com exposição suficiente para que o objecto se veja no ecrã do portátil onde já está ligada a *Cânon 350D* o que serve para

verificar o enquadramento e a focagem, esta num modo próprio para focagem. (É mais fácil, no IRIS, passar a negativo com os cursores). Depois de centrado, com os ajustes necessários só na objectiva (rótula e/ou parafusos do anel).

7. Passo à luneta, com ocular reticulada, para procurar a estrela guia com acerto pelo par de anéis, é claro. E com a ou as *barlows* meto a *Webcam* e abro o *QC focus* para ter a estrela no monitor e dentro do retículo "meu invento" de que trata este artigo.
8. Dar ordem ao IRIS para "fotografar", levantar o espelho e abrir o obturador; e alternar de imediato com o *Qcfocus* para seguir a estrela. Torna-se evidente que tenho de ter os dois *softwares* abertos.
9. E pronto... Missão concluída!

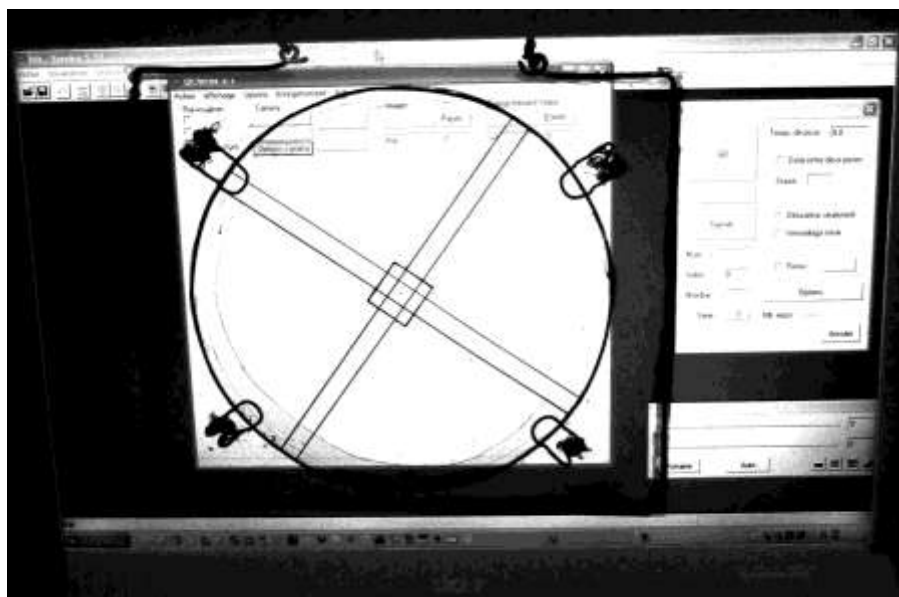


Figura 4. O conjunto mostrado na figura 3, agora em funções, ficando sobre a janela do *QCFocus*, com este em modo "pré-visualização". Em fundo, enchendo todo o monitor, pode ver-se a janela do IRIS com o menu de comando da Canon, à direita, em modo aquisição.

Nas condições da Fig. 3, neste momento, numa situação real, a estrela guia (proveniente da *Webcam* montada na luneta-guia) estaria a ser controlada manualmente, pelo comando da *EQ6*, e mantida dentro do quadrado menor do retículo. Por sua vez, a *Canon* estaria a fazer a aquisição da imagem do objecto, comandada pelo IRIS. No final da exposição, a janela do *QCFocus* seria minimizada e substituída pela imagem obtida pela *Cânon*, enchendo toda a janela do IRIS.

O único problema que isto não resolve é o da falta de brilho da estrela guia. A *webcam* "vê mais" do que o nosso olho, mas não muito mais. Se não for possível encontrar uma estrela com magnitude suficiente, teremos dificuldade em vê-la no monitor. Para ajudar a resolver o problema, já encomendei uma *webcam* modificada para longa exposição que, segundo Thierry Legault, se contenta com uma estrela menos brilhante.

Cabe aqui referir que os ensaios que fiz para encontrar o tamanho ideal para o retículo, foi com a Polar (mais quietinha) a 200x e, com a sua magnitude de 2,1, é perfeitamente controlável, assim, penso. Não conheço as estrelas suficientemente para saber as magnitudes de todas as que estou a ver, mas penso que, com 200x, a magnitude 2,5 é suficiente; e com 100x será fácil controlar estrelas até às magnitudes 3,5 a 4. E temos a vantagem de poder jogar com os parâmetros da *webcam* em ganho, contraste, etc., o que não é possível na guiagem pela ocular.

Também já pensei na guiagem automática, e para isso importei mais software, o *Guidoguide* e o *Guidemaster*, mas ainda não me entendi com eles. Na verdade, as experiências que já fiz com o meu invento têm resultado, como se pode ver na foto de M45, com a guiagem feita por este processo, com aquisições de 3 min. Esta foto também ilustra a apologia que fiz de certas objectivas, no artigo anterior. Foi tirada em 01/11/2007 com uma Canon 350D, com 400 mm f 1:5.6 (sem autofocus) na abertura máxima, reparem nas estrelas dos cantos. Foi tratada no IRIS que tem fama de difícil, mas se eu consegui, e sou um "azelha", então toda a gente consegue.

Já que volto ao assunto das objectivas, aproveito para dar um conselho: não nos devemos entusiasmar demasiado pelas grandes aberturas. Esta objectiva *Sigma* de que falo foi recentemente adquirida, assim como uma 300 mm Canon fd apo ed de f 1:4 que custou mais duas vezes e meia e só é comparável igualmente a f 1:5.6. Então o f 1:4 não serve para nada? Não é bem assim, pois a f/4 o astigmatismo e coma que apresenta, o

que não acontece na *Sigma*, são mínimos e só visíveis mesmo nos cantos, bastando reenquadrar a 90-95% para os eliminar. Além disso, com duplicador de focal obtemos uma excelente objectiva 600 mm f 1:8. [Note-se que quando uma objectiva *fotográfica* está diafragmada de modo a dar uma relação focal, por exemplo f/8, os fabricantes usam tradicionalmente a notação f 1:8 no anel frontal, em volta da objectiva].



Figura 5. O enxame aberto das Plêiades (M45), fotografado em 01/11/2007. Câmara *Canon 350D* com objectiva *Sigma fd 400 mm f/ 5.6* a 400 ISO. Foram feitas 6 exposições de 180 s. Tratamento completo com IRIS. Carreira Martins (2007).

É sabido que o aumento (amplificação) a usar no instrumento-guia deve ser 4 a 5 vezes superior à amplificação no telescópio (ou objectiva) fotográfico. Tomemos como exemplo uma distância focal fotográfica de 500 mm com uma reflex APSC que, relativamente ao campo coberto, resulta equivalente a 800 mm (1.6×500). Ora com esta focal, a amplificação é de 16x ($800/50$). Nestas circunstâncias, o conjunto luneta-guia + barlow (ou barlows) e ocular reticulada, deve proporcionar um aumento de 65x a 80x o que é bem fácil de conseguir.

Mas no nosso caso – guiagem por webcam – além da relação focal guia/focal fotográfica, teremos ainda uma vantagem: a diferença de tamanhos entre o pequeno chip da webcam e o CMOS da Canon.

Num outro exemplo semelhante, consideremos uma distância focal resultante no APSC de 1000mm (APSC é o formato do sensor mais usado nas câmaras *reflex* digitais, medindo 16×22 mm). Nesse caso teremos uma amplificação de 20 vezes. Nesta focal, o CMOS cobre um campo, relativamente ao seu lado menor (16 mm) de $55'$ de arco que arredondo para $60'$. Os 2,8 mm (a menor dimensão) do *chip* da Webcam darão, na mesma focal de 1000 mm, apenas $9,6'$ de arco, que arredondaremos para $10'$.

Temos pois, uma relação de $1/6$, a mesma se considerarmos as dimensões dos lados ($16\text{mm}/2.8\text{mm}$). Tal relação oferece, à partida, uma vantagem de 6x, mesmo utilizando focais iguais, o que raramente acontece.

No meu retículo, o quadrado menor tem 8 mm de lado e representa $1/20$ do lado menor da janela do *QCFocus* (16 cm) dimensão que, na realidade, é a projecção no monitor, dos 2,8mm do chip da webcam. Daqui, parece fácil concluir que, se a estrela guia só se deslocar dentro do quadrado, isso não provocará arrastamento perceptível na foto.

4. Conclusão

Este artigo tratou de um dispositivo para tornar a guiagem manual mais eficiente e cómoda, por meio de Webcam em paralelo, no âmbito da astrofotografia do céu profundo.

Referiu-se igualmente a sua utilidade na guiagem em astrofotografia planetária, efectuada por Webcam, em vídeo — formato AVI — caso em que a guiagem será simultânea com a aquisição das imagens.

Sobre fotografia planetária em geral, obtida por qualquer dos meios habitualmente utilizados pelos respectivos autores, há uma questão que me tem feito alguma confusão: em todos os livros e artigos que leio diz-se sempre em que é necessário aumentar a relação focal (f/D) pelo menos para 25.

O meu telescópio de Newton de 10 polegadas (254 mm), com 1200 mm de distância focal, tem $f/D= 4,7$. Se eu aumentar essa relação f/D para **18,8** utilizando 2 lentes de Barlow de 2x, obtenho uma distância focal de 4800 mm não é verdade?



Figura 6. Imagem a preto e branco do cometa 17/P Holmes, em 31/11/2007. *Câmara Canon 350D* com objectiva de 300 mm, a $f/4.5$. Utilizaram-se 10 integrações de 35 s, ISO 400, com *darks* feitos automaticamente pela câmara. Carreira Martins (2007).

Se eu utilizar as mesmas 2 Barlows, no refractor apocromático *Takahashi*, de 102 mm de abertura e 820 mm de distância focal ($f/8$), obtenho uma focal de 3280 mm e a relação f/D passará para **32**. Pergunto se é melhor um f/D de 32 (muito menos luz) com uma focal, ainda curta para planetas, de 3280 ou um f/D 18,8 (muito mais luz) com uma focal já bastante boa de 4800 mm?

A resposta parece-me óbvia mas, então em que ficamos, o que interessa é a relação focal f/D ou a distância focal?

5. Uma curiosidade e uma situação aparentemente insólita

Já que falamos de astrofotografia, no âmbito da astronomia amadora, vou, a título de curiosidade, falar ainda sobre um assunto (ainda relacionado com astrofotografia), mas que nada tem a ver com técnicas. Tem, sim, a ver com o gosto e com o interesse de cada um.

É óbvio que não darei qualquer opinião sobre o assunto (visto que é totalmente subjectivo) e *tenho apenas em vista espreitar a curiosidade para o mesmo*. Vem ele a propósito de um artigo que li na nossa revista sobre um observatório a distância e um outro sobre um amador daqueles famosos que, igualmente num desses observatórios, faz astrofotografia “mesmo quando está no cinema”.

Perguntei um dia, a dois dos nossos companheiros, qual era, na sua actividade de astronomia amadora, a percentagem tomada pela astrofotografia em relação à sua actividade total. Um respondeu que nem seriam 10% (os restantes 90% seriam preenchidos pela observação, manuseamento de equipamento, etc.); o outro respondeu-me que, pura e simplesmente, não fazia observação e... ponto final.

Boas fotos e óptimas guiagens.

EDWARD EMERSON BARNARD (1857-1923) UM DOS MAIORES OBSERVADORES DE TODOS OS TEMPOS

PEDRO RÉ

[HTTP://WWW.ASTROSURF.COM/RE](http://www.astrosurf.com/re)

Edward Emerson Barnard foi um dos maiores astrónomos do século 19. O facto de ter descoberto visualmente o quinto satélite de Júpiter (Amalthea), cerca de duas dezenas de cometas bem como numerosas nebulosas, conferiram-lhe uma merecida fama internacional.

Barnard nasceu em 16 de Dezembro de 1857 em Nashville, Tennessee em plena guerra civil americana. Foi educado com o seu irmão pela mãe em condições muito adversas¹. Com apenas 9 anos de idade começou a trabalhar no estúdio fotográfico de Van Stavoren. A sua função era a de operar um ampliador que foi denominado "Júpiter". Esta câmara estava montada no telhado do estúdio (Figura 1). Barnard tinha a difícil tarefa de manter a câmara continuamente apontada ao Sol através de comandos manuais. Uma vez que o ampliador Júpiter era construído em madeira, se o seguimento não fosse perfeito, podia arder (tratava-se de uma tarefa extremamente fastidiosa e que requeria uma enorme concentração e persistência, características que Barnard manteve ao longo de toda a sua vida). O espírito vivo de Barnard permitiu-lhe descobrir de um modo independente a equação do tempo. No final da sua vida Barnard viria a descrever o método utilizado:

*"On the platform where this instrument stood I made a mark of a shadow one time at the ringing of the noon bell in the Catholic Church nearby. To my surprise this mark served only for a short time to tell when noon came, and I soon found that the coming of the shadow to my mark was a variable quantity; for during the year it was sometimes ahead of the church bell and sometimes behind it. As I could not suspect the church bell of being wrong, I decided there must be something wrong with the Sun. Thus, I had at an early age independently discovered the equation of time"*².



Figura 1- E.E. Barnard com 9 anos de idade quando começou a trabalhar no estúdio fotográfico. Ampliador Júpiter e Barnard com cerca de 14 anos junto a um estúdio fotográfico móvel.

Durante o período em que trabalhou no estúdio fotográfico (cerca de 17 anos) o jovem Barnard começou a interessar-se por astronomia. Com apenas 13 anos construiu uma luneta astronómica rudimentar e pouco depois construiu outra luneta usando um tubo de bronze e uma objectiva de 50 mm de abertura comprada a uma firma de Philadelphia. Munida de um simples tripé e uma montagem azimutal robusta Barnard observou a Lua, Vénus e alguns planetas. Este pequeno telescópio proporcionou-lhe mais prazer do que qualquer outra coisa nos primeiros anos da sua vida.

¹ Barnard aprendeu a ler em casa e apenas frequentou uma escola primária durante um período de 2 meses.

² Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part I). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 415: 8pp.

Em 1871, O estúdio fotográfico foi vendido a Rodney Poole. O novo proprietário desmontou o ampliador Júpiter e Barnard pode utilizar a plataforma onde este estava instalado como um observatório astronômico. Cinco anos mais tarde com apenas 19 anos Barnard compra um telescópio refractor com 127 mm de abertura (Figura 2). Este instrumento custou \$380 o que representava cerca de 2/3 do seu ordenado anual³. Por esta altura foi promovido a fotógrafo do estúdio tendo-se familiarizado com todos os aspectos relacionados com a realização e impressão de trabalhos fotográficos, bem como com trabalhos de pintura e desenho⁴.

Em 1877 Barnard foi apresentado a Simon Newcomb (1835-1909) (Figura 2) durante uma reunião da Sociedade Americana para o avanço da Ciência que decorreu em Nashville e de que este era Presidente. Na sua autobiografia S. Newcomb relata este primeiro encontro com Barnard:

*"I did not for a moment suppose that there was a reasonable probability of the young man doing anything better than amuse himself. At the same time, feeling in a duty to encourage him, I suggested that there was only one thing open to an astronomical observer situated as he was, and that was the discovery of comets. I had never looked for a comet myself, and knew little about the methods of exploring the heavens for one,... But gave him the best directions I could"*⁵.

Além destas recomendações Newcomb sugere igualmente que o jovem astrónomo amador se dedique ao estudo da Matemática. Barnard contrata um tutor e começa um extenso programa de busca de cometas, programa que manteve ao longo de toda a sua vida.

Em 1881 Barnard casa com Rhoda Calvert e descobre nesse mesmo ano o seu primeiro cometa próximo de α Pegasi. Este cometa foi observado em duas noites consecutivas mas não pode ser registado oficialmente por não terem sido seguidos os canais apropriados. Em 17 de Setembro do mesmo ano Barnard descobre um novo cometa (1881 IV) que constitui a sua primeira descoberta oficial. Nesta altura H.H. Warner havia instituído um prémio pecuniário de \$200 por cada descoberta de um cometa efectuada por um astrónomo americano. Com esta quantia Barnard inicia o pagamento de uma vivenda que apelidou de "*Comet House*" (Figura 2).

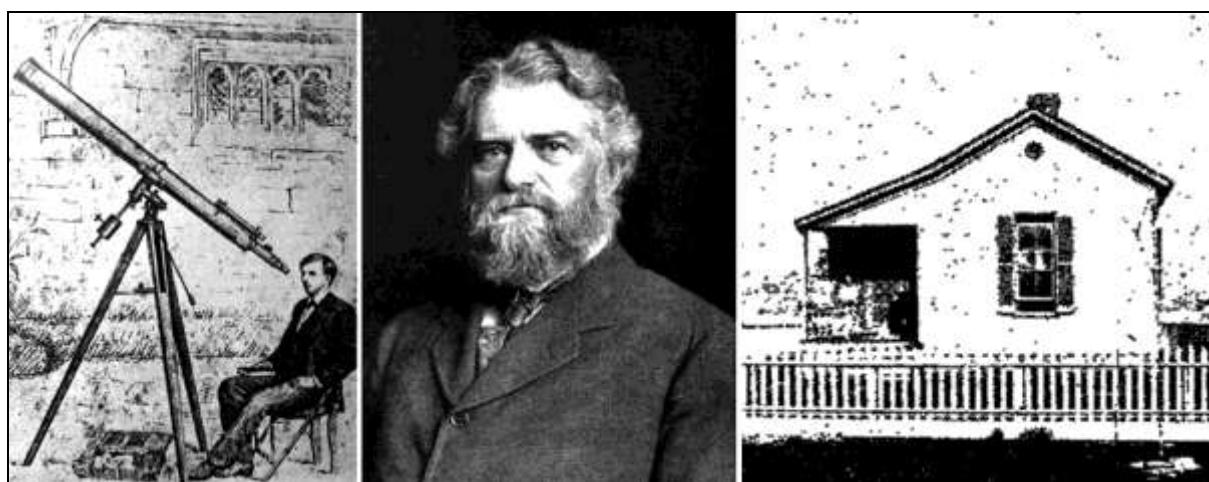


Figura 2- E.E. Barnard e o refractor de 5" (1877), Simon Newcomb e a "*Comet House*".

Na primavera de 1883 Barnard inicia a sua associação com a Universidade de Vanderbilt (Nashville, Tennessee), que contava apenas 10 anos de existência e que possuía um observatório equipado com um refractor de 150 mm de abertura (Figura 3). Barnard com 26 anos foi contratado como astrónomo assistente e ao mesmo tempo frequenta cursos de matemática, Inglês, Francês e Alemão. Durante os quatro anos que passou nesta Universidade, Barnard descobre 7 novos cometas (1883-1887), uma nova estrela dupla (β Capricorni) e estabelece a existência do *Gegenschein*⁶.

Em 1887 Barnard é convidado por E.S. Holden para integrar a equipa de astrónomos do observatório de Lick (Mount Hamilton, California) (Figura 4). Barnard inicia deste modo uma carreira brilhante que culminaria na publicação de mais de 800 artigos científicos referentes a inúmeras observações e descobertas astronómicas.

³ Barnard foi o único sustento da sua mãe desde a tenra idade de 12 anos.

⁴ Estas técnicas (desenho e pintura) seriam mais tarde utilizadas por Barnard nos seus trabalhos sobre o sistema solar (sobretudo Lua e Planetas).

⁵ Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

⁶ Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part II). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 416: 8pp.



Figura 3- Observatório Dyer da Univerdidade de Vanderbilt e refractor Cooke de 150 mm de abertura.

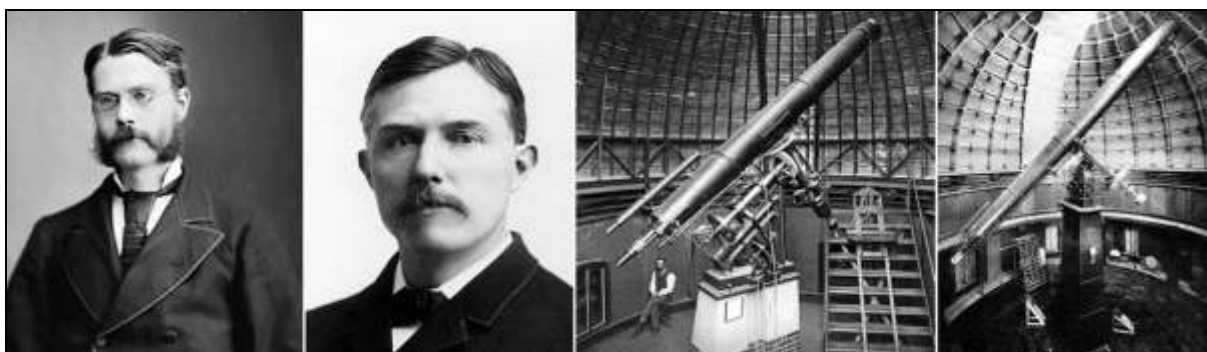


Figura 4- Edward Singleton Holden (1846-1914) primeiro director do observatório de Lick, E.E. Barnard (1893), refractores de 12" e 36" do observatório de Lick.

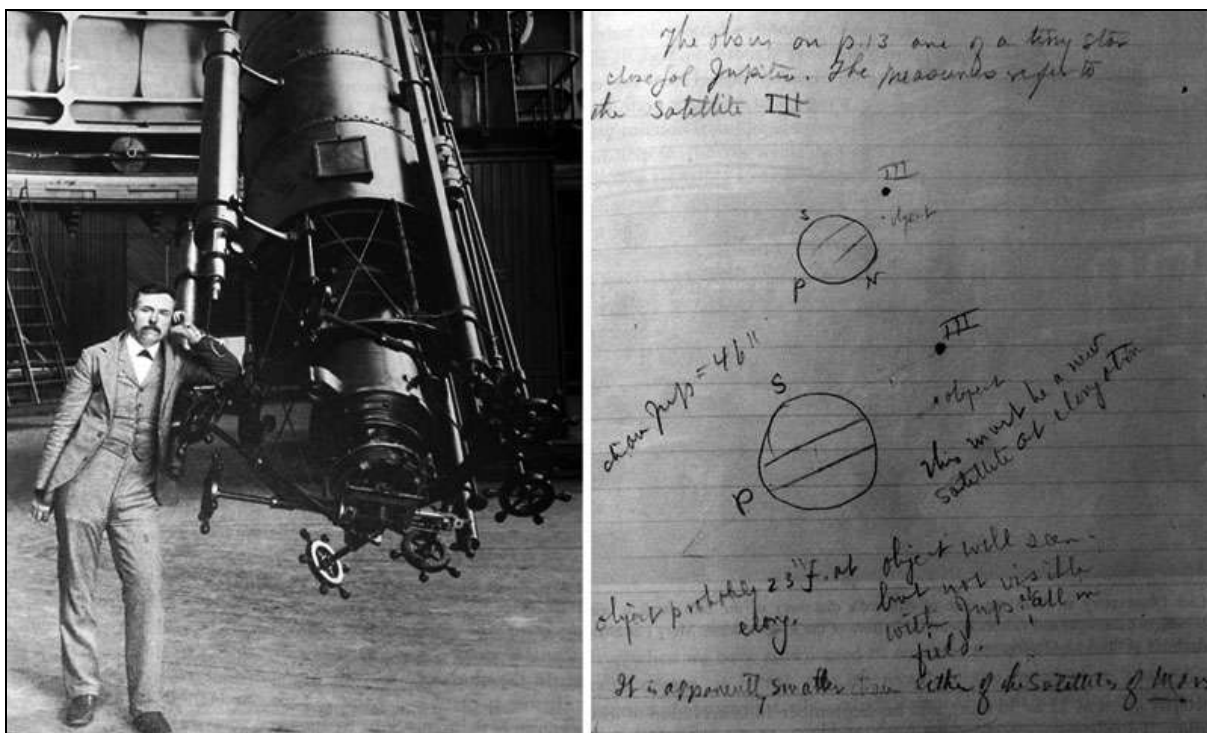


Figura 5- Auto-retrato junto do refractor de 36" obtido pouco tempo após a descoberta do 5º satélite de Júpiter. Livro de registo de Barnard (9 de Setembro de 1892) onde é referida a descoberta de Amalthea.

Durante o período em que esteve associado ao observatório de Lick (1887-1895), Barnard continua a sua busca de cometas. Em 1888 descobre 2 novos cometas e em 1891 mais 5. Em 1892 Barnard havia já descoberto 16 novos cometas. Grande parte destas observações foram efectuadas com o refractor de 12" (Figura 4). Como astrónomo assistente, Barnard não tinha acesso directo ao refractor de 36" (Figura 4). Este instrumento (na altura o maior refractor do mundo) era sobretudo utilizado pelos restantes membros da equipa, E.S. Holden, J.E. Keeler (1857-1900) e S.W. Burnham (1838-1921). O relacionamento com o director do observatório (E.S. Holden) detiora-se de ano para ano culminando na sua demissão em 1897⁷.

Quando finalmente Barnard obtém tempo de observação com o grande refractor de 36", após apenas 2 meses de trabalho descobre o 5º satélite de Júpiter (Figura 5).

Apesar de todas estas descobertas, a maior contribuição de Barnard foi sem dúvida efectuada no domínio da astrofotografia. Em 28 de Julho 1889 realiza a primeira de uma longa série de astrofotografias de grande campo. Esta primeira imagem da via-láctea em Scutum foi interrompida após 1h30m de exposição devido à interferência das núvens. Em 1 de Agosto de 1889 Barnard obtém uma segunda fotografia com 3h7min na região de Sagittarius (Figura 6). Na noite seguinte obtém mais uma imagem (M 11) mas os resultados não são tão espectaculares. Em 21 de Agosto fotografa M 31 e duas noites mais tarde as Plêiades (M 45).



Figura 6- Uma das primeiras astrofotografias realizadas por Barnard (1 de Agosto de 1889). Telescópio Crocker e lente de Willard 6", 3h e 7 m de tempo total de exposição, Sagittarius.

Barnard descreve minuciosamente o método utilizado para obter estas fotografias de grande campo. A guiagem era efectuada com o auxílio de um refractor de 6,5" de abertura:

"There was no means of illuminating any spider threads. Fine wires were, therefore, inserted between the lenses of a negative eyepiece. These were coarse enough to be just visible, in black relief, on the dark sky. A star in focus would be hidden behind these wires. To render it visible, therefore, the image of the guiding star was thrown slightly out of focus. The intersection of the wires placed over this small luminous disc for guiding,

⁷ Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.

Osterbrock, D.E. (1984). The rise and fall of Edward S. Holden: Part 1 and Part 2. *Journal of the History of Astronomy*, XV: 81-176.

*produced four small segments of light. During the exposure the illuminated quadrants were kept perfectly equal – the slightest deviation from equality could be detected. This method permits great accuracy in guiding, even with a small telescope, but requires a brighter star to guide than usual*⁸.

Após a realização destas primeiras imagens (1889) Barnard nota uma deterioração na lente de Willard e esta é enviada para a oficina de John A. Brashear em Pittsburgh. Após a reparação, a lente é montada numa equatorial fotográfica abrigada por uma cúpula em 1892 recorrendo a uma verba disponibilizada pelo Coronel C.F. Crocker (Figura 7). A cúpula projectada por Barnard, possuía uma abertura generosa para facilitar as longas exposições e uma câmara escura associada dividida em duas áreas distintas onde as chapas fotográficas eram montadas e reveladas (Figura 7). As primeiras imagens obtidas com o telescópio de Crocker foram efectuadas em 17 de Junho de 1892. Uma destas astrofotografias na região de ρ Ophiuci, com apenas 45 min de exposição não revelou grandes pormenores na nebulosa associada a esta estrela. Algumas noites mais tarde Barnard obtém uma imagem na região do Sagittarius com 4h30min de exposição que revelava uma quantidade apreciável de nebulosas. Detecta pela primeira fotograficamente nebulosas escuras que denomina de “Black holes”.

Segundo Barnard as astrofotografias realizadas com o auxílio deste instrumento revelaram pela primeira vez estruturas na Via Láctea nunca antes registadas. Barnard refere a propósito das suas astrofotografias realizadas com o auxílio do telescópio Crocker e da lente Willard (Figura 7 e 8):

“In the photographs made with the six-inch portrait lens, besides myriads of stars, there are shown, for the first time, the vast and wonderful cloud forms, with all their remarkable structure of lanes, holes and black gaps and sprays of stars”.

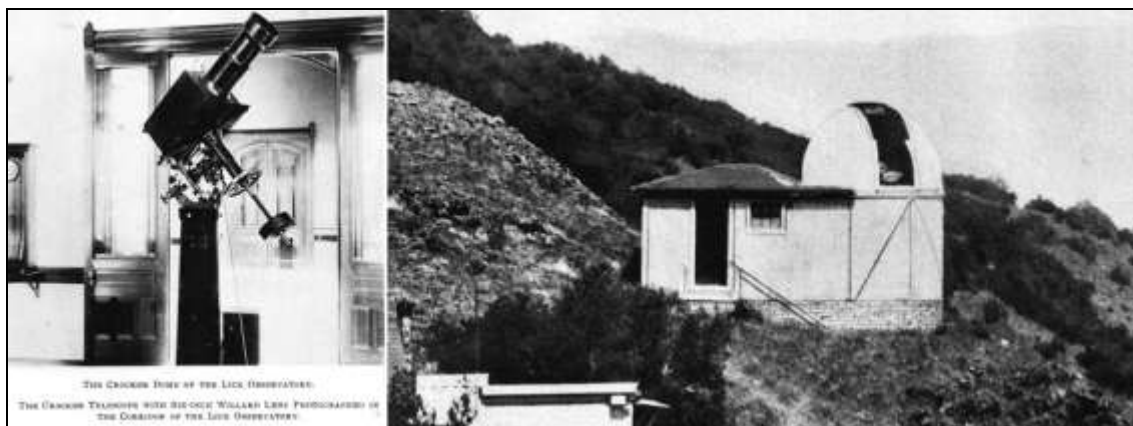


Figura 7- Telescópio Crocker (lente Willard 6”) e cúpula (observatório de Lick).

A propósito destas mesmas imagens Edwin Brant Frost (1866-1835) refere:

*“Barnard’s long exposures with this instrument brought out the wonderful richness of the star clouds and other features of the Milky Way as they had never before been revealed. They thrilled him and his associates with their significance and beauty, and later the entire scientific world shared in this appreciation of them”*⁹

As astrofotografias obtidas entre 1892 e 1895 com o telescópio Crocker são finalmente publicadas em forma de Atlas pelo observatório de Lick em 1913¹⁰. Este volume inclui 129 gravuras com imagens de grande campo e de cometas. Barnard nunca se mostrou satisfeito com a impressão das astrofotografias. Quando o atlas foi finalmente publicado Barnard já estava a trabalhar na publicação de um segundo Atlas que constitui a sua obra monumental “Atlas of Selected Regions of the Milky Way”.

Em 1895 Barnard integra a equipa do observatório de Yerkes. Este observatório fundado por George E. Hale estava situado próximo de Chicago e do lago Geneva. Barnard passou a ter acesso ao maior refractor do mundo (40”) que foi completado em 1897. Apesar das condições de observação serem manifestamente inferiores às do observatório de Lick (turbulência elevada e reduzido número de noites sem núvens), Barnard continuou com algum sucesso o seu extenso programa de observação de cometas e de obtenção de astrofotografias de grande campo.

⁸ Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11.

⁹ Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

¹⁰ Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11.

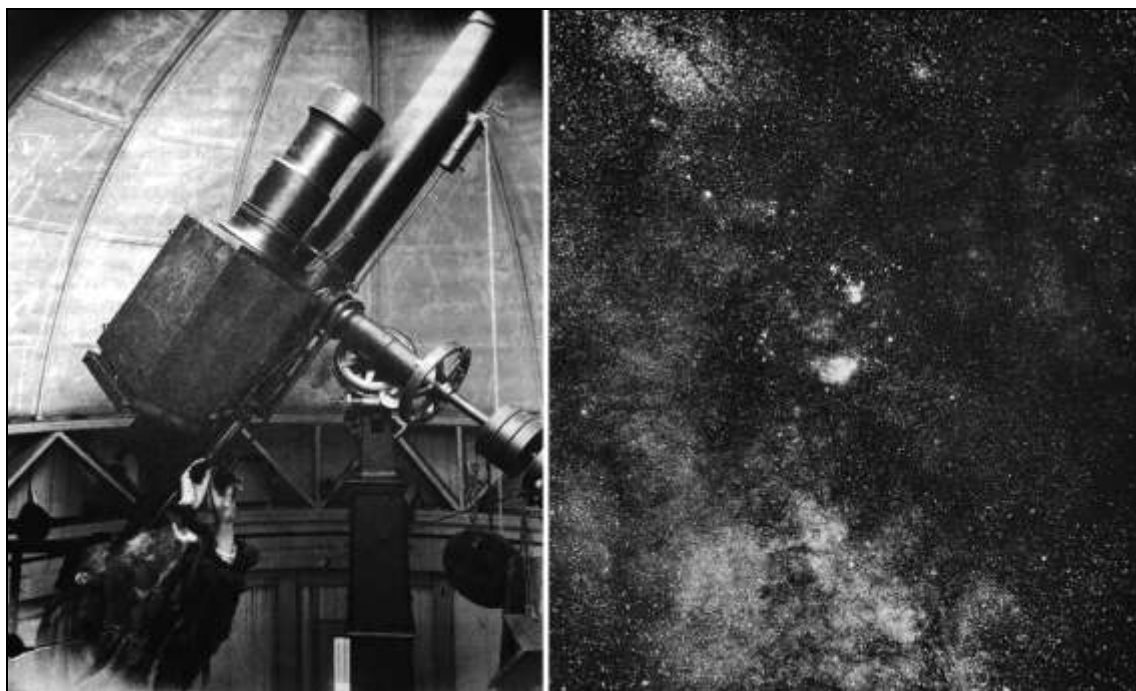


Figura 8- Telescópio Crocker. Região do Sagittarius 3h de exposição: Plate 51 - Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11.

Em 1897 Catherine Wolfe Bruce providencia fundos para a construção de um telescópio astrofotográfico com características inovadoras. O telescópio de Bruce era composto por duas câmaras distintas: (i) *Brashear* 250 mm $f/5$; (ii) *Vöigtlander* 16mm $f/5$ e uma luneta guia de 125 mm de abertura. Todos os instrumentos eram suportados pela mesma montagem equatorial concebida por Barnard e que permitia a realização de astrofotografias durante várias horas sem ter que se recorrer à mudança de meridiano ("meridian flip"). Utilizou ainda uma câmara auxiliar (*Clark* 87 mm $f/5.9$). O astrógrafo principal (250 mm) utilizava chapas de 30 x 30 cm com uma escala de 13,5 x 13,5 $^{\circ}11$ (Figura 9).

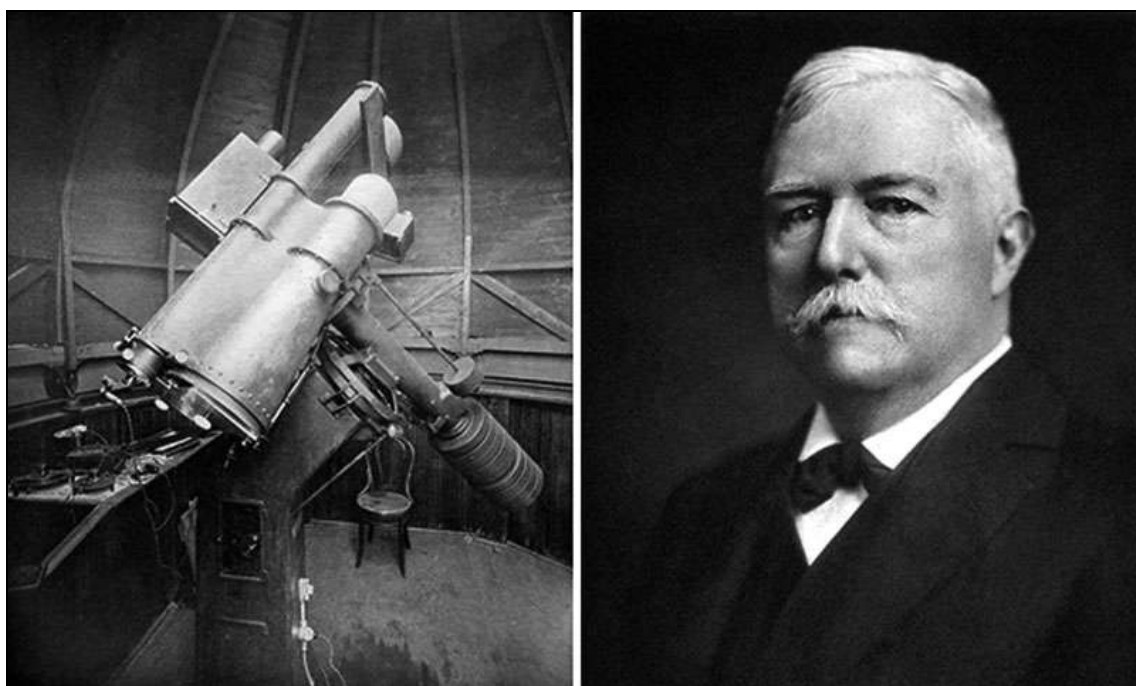


Figura 9- Astrógrafo Bruce e E.E. Barnard (1917).

¹¹ Barnard, E.E. (1905). The Bruce photographic telescope of the Yerkes Observatory. *Astrophysical Journal*, 21: 35-48

Barnard usou este instrumento durante alguns anos realizando centenas de astrofotografias de grande campo. O "Atlas of Selected Regions of the Milky Way" foi publicado em 1927 (5 anos após a sua morte) e incluía 50 estampas originais. Cerca de 40 astrofotografias foram realizadas no observatório do Mount Wilson durante uma missão que Barnard efectuou em 1905 (Figura 10).

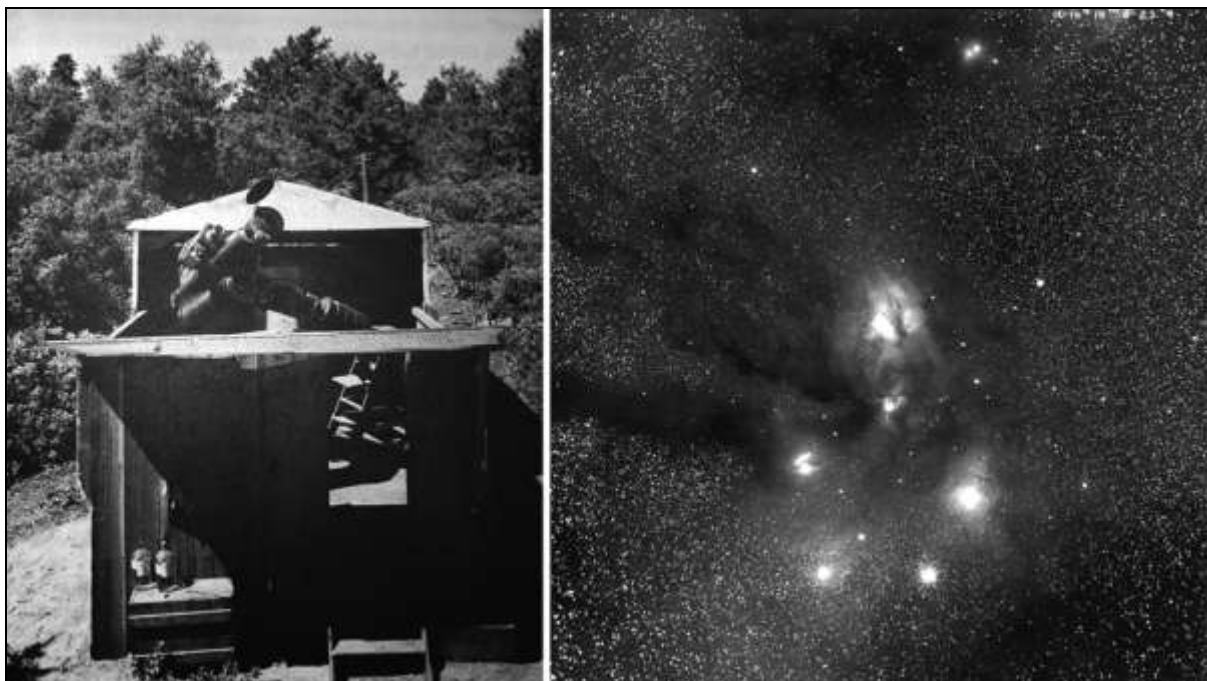


Figura 10- Telescópio Bruce instalado num observatório temporário (Mount Wilson). Região de Rho Ophiuchi, 4h30m de exposição, 5 de Abril de 1905.

As primeiras astrofotografias foram realizadas na noite de 27 de Janeiro de 1905. Durante cerca de 8 meses Barnard obtém centenas de imagens de grande campo. John Couch Adams descreve as condições em que as imagens foram obtidas¹²:

"Barnard's hours of work would have horrified any medical man. Sleep he considered a sheer waste of time, and for long intervals would forget it altogether. After observing until midnight, he would drink a large quantity of coffee, work the remainder of the night, develop his photographs, and then join the solar observers at breakfast. The morning he would spend in washing his plates, which was done by successive changes of water, since running water was not yet available. On rare occasions he would take a nap in the afternoon, but usually he would spend the time around his telescope. He liked to sing, although far from gifted in the art, but reserved his singing for times when he was feeling particularly cheerful. Accordingly, when we at the Monastery heard various doleful sounds coming down the slope from the direction of the Bruce telescope, we knew that everything was going well and that the seeing was good"

A intenção de Barnard foi a de "contribuir para um melhor conhecimento de algumas áreas da Via Láctea". Foram apenas publicados 700 exemplares do Atlas e Barnard inspeccionou pessoalmente cada uma das 35000 gravuras¹³. O Atlas compreende unicamente imagens obtidas em regiões seleccionadas da Via Láctea (Figura 11). Não houve a intenção de cobrir a totalidade do céu.

As numerosas astrofotografias realizadas por E. Barnard mostraram pela primeira vez vastas regiões da Via Láctea desprovidas de estrelas, as nebulosas escuras (ou nebulosas de absorção). Barnard catalogou 349 nebulosas deste tipo. Cedo compreendeu que estas áreas correspondiam a gigantescas nuvens de gás e poeira que se tornam aparentes por absorverem a luz, destacando-se como manchas escuras contra os fundos estelares ou nebulosos mais claros. Barnard descreve em 1919 como chegou a estas conclusões:

¹² Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.

¹³ O Atlas of selected regions of the Milky Way pode ser consultado on-line em:
http://www.library.gatech.edu/search/digital_collections/barnard/index.html

"I did not at first believe in these dark obscuring masses. The proof was not conclusive. The increase of evidence, however, from my own photographs convinced me later, especially after investigating some of them visually, that many of these markings were not simply due to an actual want of stars, but were really obscuring bodies nearer to us than the distant stars..."¹⁴

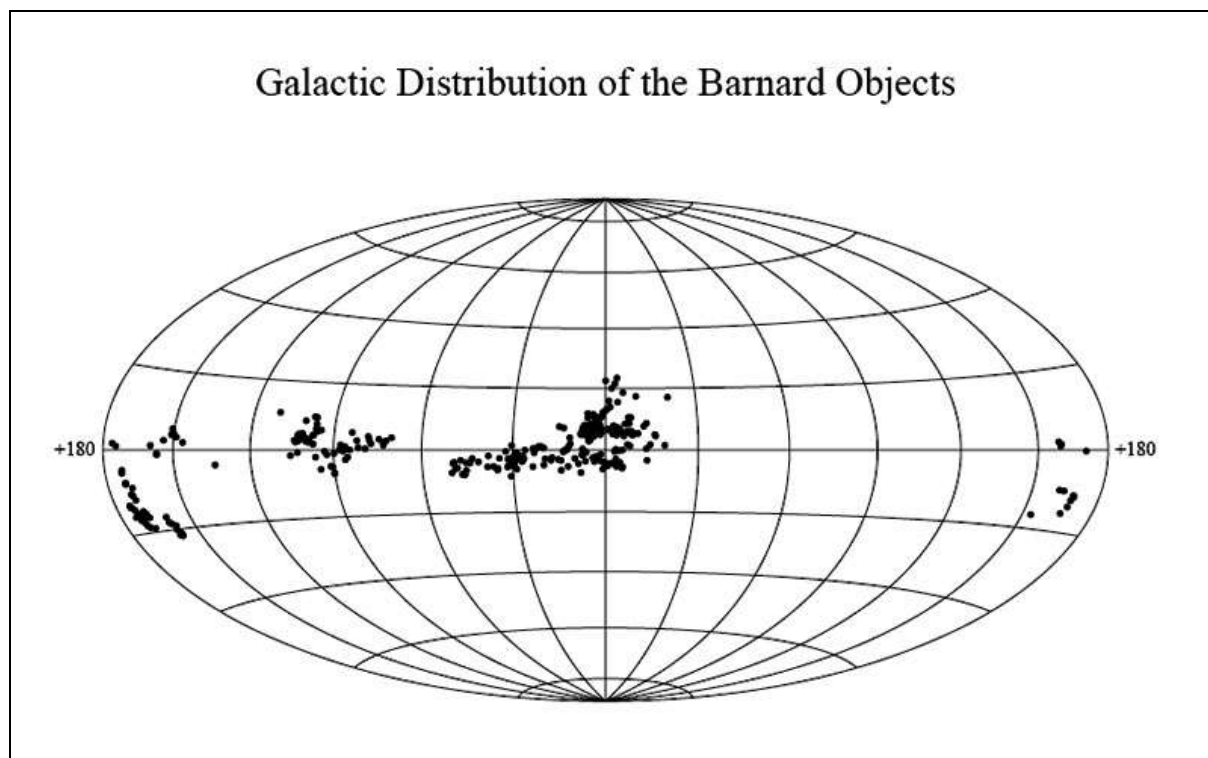


Figura 11- Distribuição das 349 nebulosas obscuras descritas por Barnard.

E.E. Barnard foi um dos últimos grandes observadores visuais e um dos primeiros astrónomos a publicar atlas fotográficos com imagens de grande campo¹⁵.

Cronologia das principais descobertas e realizações de E.E. Barnard¹⁶:

- 1857- Nasce em Nashville (16 de Dezembro de 1857);
- 1866- Torna-se assistente do estúdio de Van Stavoren e trabalha com o ampliador "Júpiter";
- 1876- Lê o seu primeiro livro de astronomia e compra o seu primeiro telescópio;
- 1878- Publica o primeiro artigo científico sobre o trânsito de Mercúrio;
- 1881- Casa com Rhoda Calvert. Recebe o primeiro prémio de \$200 pela descoberta de um cometa. Descobre a primeira nebulosa (NGC 5584). Em 17 de Setembro descobre o seu primeiro cometa. Inicia o pagamento da sua "Comet House" com este prémio;
- 1882- Descobre o segundo cometa a 4 de Setembro. A cidade de Nashville tenta construir um observatório com o seu nome. Barnard recusa;
- 1883- A 1 de Março integra a equipa do observatório da Universidade de Vanderbilt. Descobre uma nebulosa obscura a 17 de Julho durante uma busca de cometas;
- 1884- Descobre mais um cometa (16 de Julho) com um período de 5,4 anos. Descobre a nebulosa NGC 6822.
- 1887- Integra a equipa do observatório de Lick;
- 1888- Descobre mais dois cometas no seu primeiro ano no observatório de Lick;
- 1889- Observa o eclipse total do Sol visível a partir de Lick. Descobre mais dois cometas. Realiza a primeira astrofotografia com a lente de Willard;
- 1891- Descobre mais cinco cometas;
- 1892- O número de cometas descobertos ascende a dezasseis. A 9 de Setembro descobre o 5º satélite de Júpiter;

¹⁴ Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

¹⁵ O primeiro atlas astrofotográfico de todo o céu foi compilado por um astrónomo amador (John Franklin-Adams) que utilizou uma objectiva tripla Cooke 250 mm f/4.5. As imagens do céu do hemisfério norte foram obtidas em Inglaterra (observatório de Merve Hill) e as do hemisfério sul no observatório Real da Cidade do Cabo durante os anos de 1902 e 1903. Outros atlas astrofotográficos foram igualmente publicados no início do século XX, nomeadamente o "Map of the Sky" em 1903, o "Photographic Map of the Southern Sky South of -19 Degrees" em 1917 e o "Ross-Calvert Atlas of the Milky Way" em 1934 e 1936.

¹⁶ Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.

- 1893- Associa as nebulosas obscuras registadas nas suas fotografias a regiões desprovidas de estrelas;
- 1895- Viaja para o observatório de Yerkes. Obtém um subsídio de \$7000 para a construção de um astrógrafo inovador (telescópio de Bruce);
- 1897- Primeira observação com o refractor de 40" de Yerkes (21 de Maio). Após uma sessão de observação em 28 de Maio o chão móvel do observatório colapsa. As observações só podem ser retomadas em Agosto. O novo telescópio é inaugurado em 21 de Outubro;
- 1898- Tenta medir o paralaxe de M31 sem sucesso;
- 1899/1907- Tenta medir o paralaxe da nebulosa da coruja (M 97) sem sucesso. Tenta registar movimento através de medições com um micrómetro bifilar nos enxames globulares M 3, M 5 e M 13 sem sucesso.
- 1898/1899- Observa uma aurora boreal. Condições de observação muito adversas durante o inverno no observatório de Yerkes;
- 1900- Observa o eclipse total do Sol de 28 de Maio. Observa em 31 de Agosto marcas na superfície de Mercúrio e descreve este planeta como sendo idêntico à Lua;
- 1901- Integra a equipa do Observatório Naval Norte Americano na observação do eclipse total do Sol na ilhas de Sumatra. Não foram registadas quaisquer observações devido às más condições atmosféricas;
- 1904- O telescópio de Bruce é enviado para a Califórnia (Mount Wilson);
- 1905- Chega a São Francisco a 6 de Janeiro. A 27 de Janeiro realiza a primeira astrofotografia com o telescópio de Bruce. Em meados de Setembro regressa ao observatório de Yerkes;
- 1907- Durante a passagem da Terra pelo plano dos anéis de Saturno, afirma correctamente que a Divisão de Cassini não é desprovida de material;
- 1911- Em Novembro, utiliza durante 1 mês o telescópio reflector de 60" do observatório de Monte Wilson;
- 1914- Diagnosticada diabetes. Os médicos impedem-no de utilizar o refractor de 40". Durante este período realiza numerosas fotografias de cometas. Modifica a sua opinião sobre as nebulosas obscuras. Continua a realizar medições com o micrómetro bifilar uma vez que não acreditava que as suas astrofotografias podiam ter interesse astrométrico;
- 1916- Descobre a estrelas de Barnard quando compara imagens recentes com as obtidas em 1894 com a lente de Willard. Esta estrela apresenta um movimento próprio de 10,29" por ano (estudos recentes mostraram que se encontra-se a apenas 6 anos-luz de distância);
- 1918- Observa o eclipse total do Sol ocorrido a 8 de Junho. As imagens obtidas são de excelente qualidade apesar das condições adversas (nuvens altas). Descoberta independente de uma Nova próximo de Altair;
- 1921- Morre a sua mulher Rhoda;
- 1923- Barnard morre a 6 de Fevereiro.



Figura 12- Visita de Albert Einstein ao observatório de Yerkes. E.E. Barnard oitavo a partir da esquerda (1921).

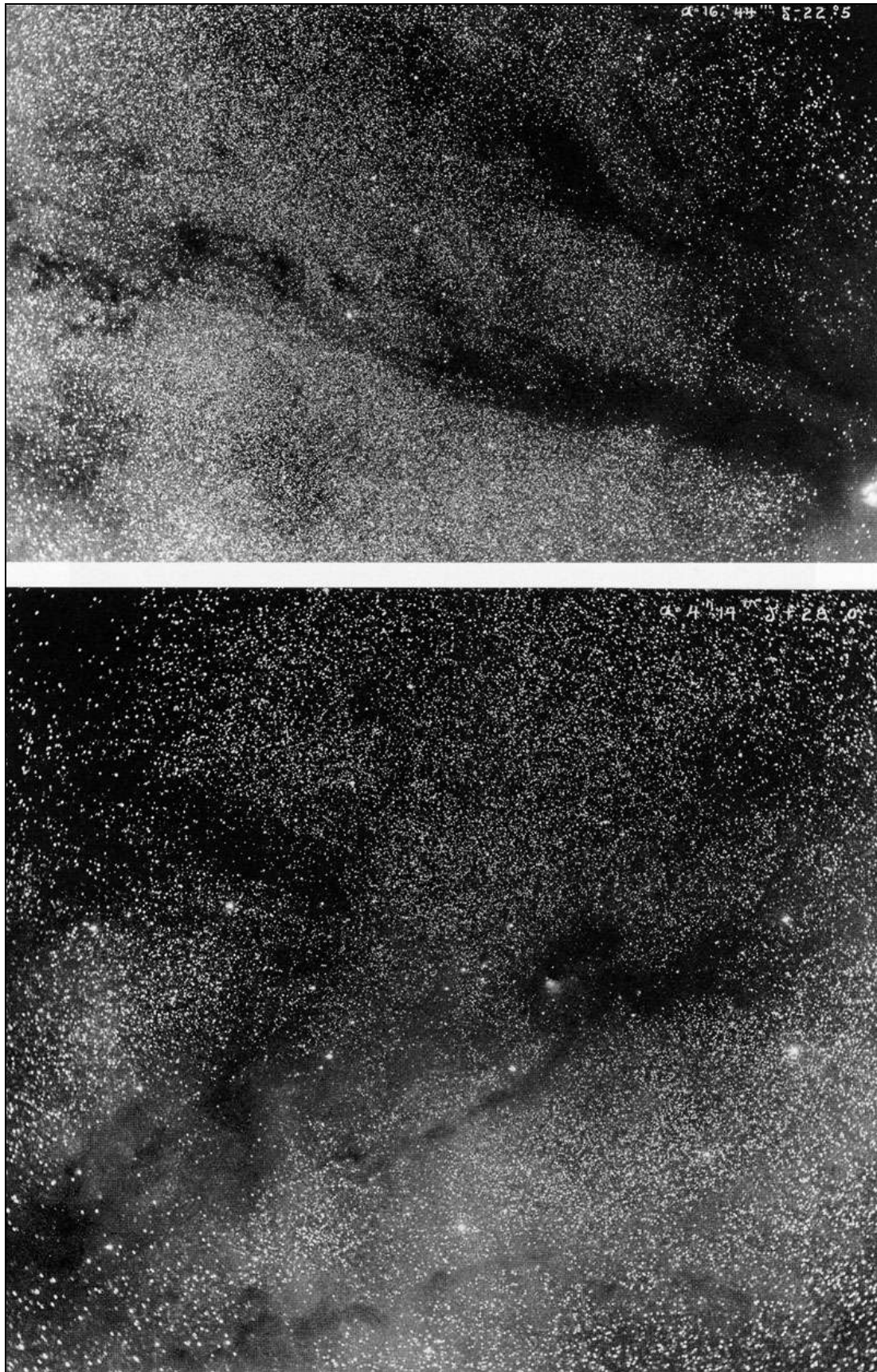


Figura 13- Duas gravuras do “*Atlas of Selected Regions of the Milky Way*”; em cima A.R. 16 h 44 min Dec. $-22,5^{\circ}$; em baixo A.R. 4 h 14 min Dec. 28° .

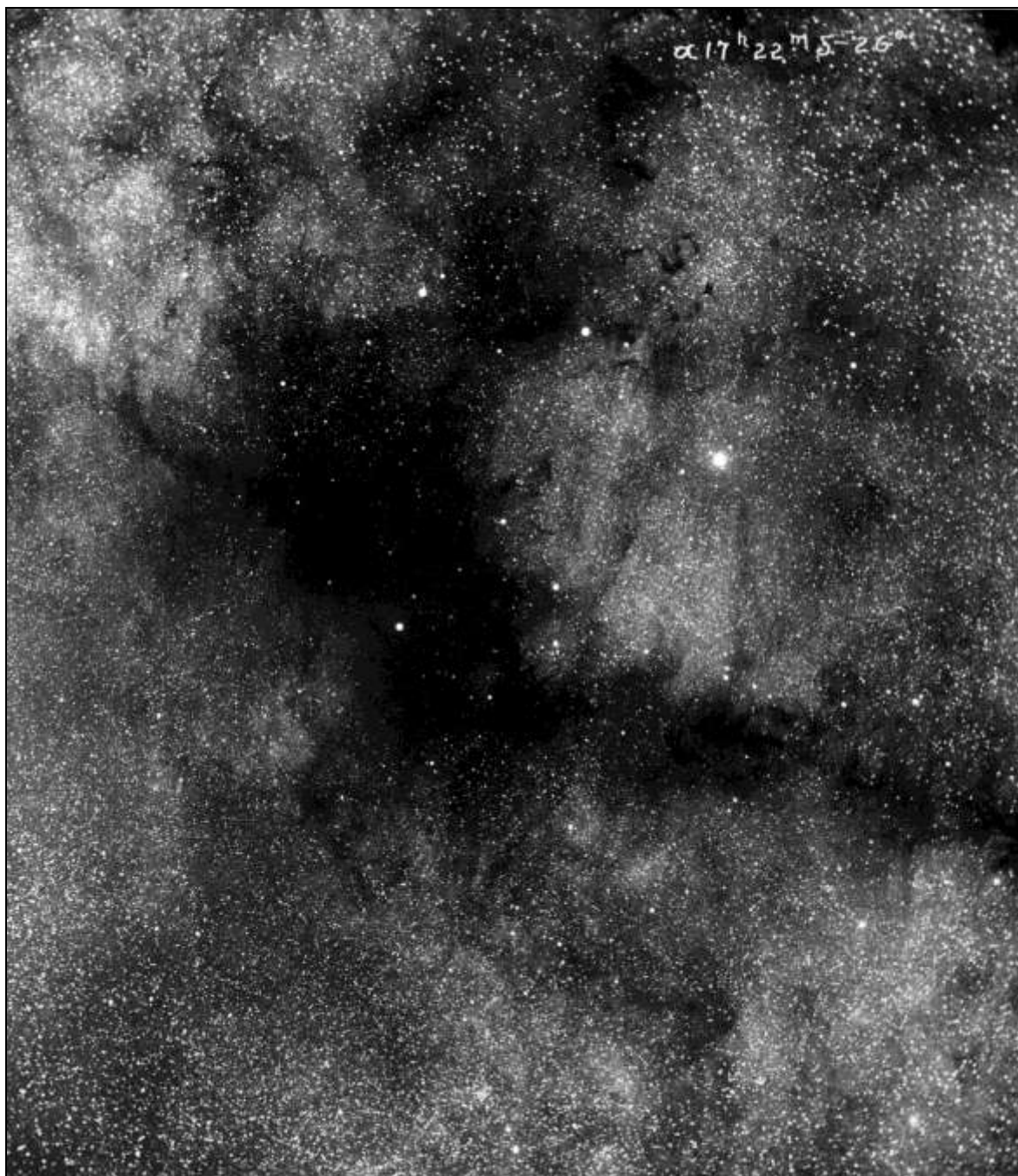


Figura 14- Via Láctea na região de Ophiuchi. Telescópio Bruce, 4h45min de exposição, 30 de Junho de 1905.

Bibliografia:

- Barnard, E.E. (1905). The Bruce photographic telescope of the Yerkes Observatory. *Astrophysical Journal*, 21: 35-48
- Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. *Publications of Lick Observatory*, vol. 11.
- Barnard, E.E. *et al.* (1927). A Photographic Atlas of Selected Regions of the Milky Way. Carnegie Institution of Washington.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part I). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 415: 8pp.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part II). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 416: 8pp.
- Osterbrock, D.E. (1984). The rise and fall of Edward S. Holden: Part 1 and 2. *Journal of the History of Astronomy*, XV: 81-176.
- Osterbrock, D. E. (1984). *James E. Keeler: Pioneer American Astrophysicist and the Early Development of American Astrophysics*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Osterbrock, D.E. (1988). *Eye on the Sky: Lick Observatory's First Century*. Berkeley, California: University of California Press.
- Osterbrock, D.E. (1997). *Yerkes observatory (1892-1950). The Birth, Near Death, and Resurrection of a Scientific Research Institution*. The University of Chicago Press.
- Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.
- Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

JAMES EDWARD KEELER (1857-1900), PIONEIRO DA ASTROFÍSICA E DA ASTROFOTOGRAFIA

PEDRO RÉ

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

James Edward Keeler nasceu há 150 anos (10 de Setembro de 1857) em La Salle (Illinois). A sua família mudou-se para a Florida (Mayport) em 1869 e Keeler foi educado num colégio privado até ser admitido na Universidade. O seu interesse pela astronomia revelou-se bem cedo.

Entre 1875 e 1877 fundou o observatório astronómico de Mayport que incluía entre outros instrumentos: (i) um quadrante com o qual determinou a altura da estrela polar; (ii) um telescópio refractor de 5 cm de abertura que utilizou para efectuar os primeiros desenhos de superfícies planetárias e nebulosas em 1875; (iii) um relógio de precisão; (iv) um círculo meridiano que ele próprio construiu e montou em 1877. Estas primeiras observações realizadas no observatório de Mayport revelam por si só uma enorme apetência para o registo preciso de acontecimentos astronómicos bem como uma qualidade invulgar como desenhador de superfícies planetárias (qualidade pela qual viria a ser conhecido mais tarde).

Keeler ingressa na Universidade John Hopkins com 20 anos em 1877 onde completou cursos de Física e Alemão. Terminou os seus estudos em 1881. Durante este período universitário Keeler desenvolveu um interesse particular pelas ciências experimentais. Foi monitor de alguns trabalhos práticos e chegou mesmo a realizar sessões para estudantes mais jovens sobre temas de física e electricidade.

No final do primeiro ano passado na Universidade, Keeler participa numa expedição para observar o eclipse total do Sol de 29 de Julho de 1878 em Central City, Colorado. Nesta expedição integrou a equipa do observatório Naval americano liderada por Edward S. Holden. A sua função foi a de desenhar a coroa solar. O relatório que efectuou revela bem o cuidado colocado na preparação, métodos utilizados e registo preciso dos acontecimentos astronómicos.

Em 1881, o Professor Samuel Pierpont Langley (1834-1906) solicitou à Universidade de John Hopkins que lhe fosse recomendado um candidato ao lugar de assistente de observação para o observatório de Allegheny (Figura 1). O nome de Keeler surgiu naturalmente e este começou a trabalhar no observatório algumas semanas antes de receber o seu diploma universitário.



Figura 1- Samuel Pierpont Langley (1834-1906), Observatório de Allegheny e refrator Fitz-Clark de 13" F/14 (1861).

Em 1881 Keeler acompanha Langley numa expedição que tinha por objectivo a determinação da constante solar. Os resultados obtidos durante esta expedição (Mount Whitney) ocuparam Keeler durante quase dois anos. Em 1883/1884 Keeler realiza uma viagem de estudo à Europa tendo frequentado diversos cursos especializados sobre temas de Física na Alemanha em Heidelberg e Berlin. Entre os anos de 1884 e 1886 Keeler foi de novo assistente no observatório de Allegheny tendo auxiliado Langley nas suas investigações sobre o espectro solar (região do infra-vermelho) e física lunar.

Em 1886 Keeler integra a equipa do observatório de Lick (Mount Hamilton) e começa por se ocupar do serviço da hora. O sistema de telégrafo para transmissão do sinal horário foi por ele aperfeiçoado bem como os

instrumentos de trânsito e pêndulas usados com esta finalidade. Este importante trabalho foi efectuado por Keeler até Junho de 1891.

Quando o observatório de Lick foi finalmente terminado, E. Keeler foi nomeado astrónomo e encarregue de liderar os trabalhos de índole espectroscópica. O espectroscópio por ele concebido foi o mais sofisticado da época. Utilizou-o com enorme sucesso para determinar a ausência de absorpção telúrica no espectro de Saturno, na observação do espectro de Úrano bem como numa longa série de observações dos espectros de algumas estrelas brilhantes (*e.g.* γ Cassiopeia e β Lyrae). Determinou igualmente com elevado rigor a aberração cromática da objectiva do refractor de 36" do observatório de Lick¹⁷ e realizou inúmeras observações do espectro da nebulosa de Orion (M 42) e de 13 nebulosas planetárias que constituem um marco muito importante na espectroscopia visual realizada na época (Figura 2).

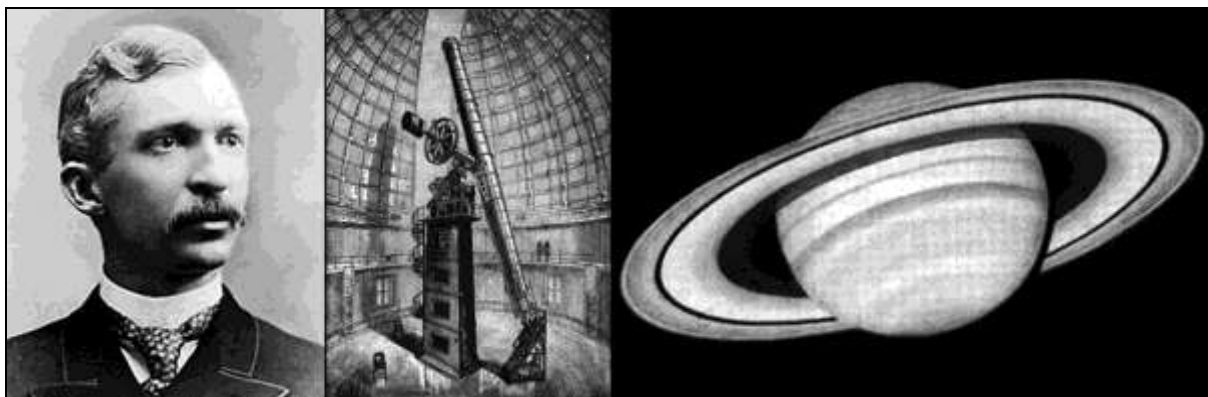


Figura 2- James Edward Keeler, refractor de 36" do observatório de Lick e desenho de Saturno efectuado por Keeler na primeira noite de observação com este instrumento (7 de Janeiro de 1888).

Estes resultados são publicados no terceiro volume das *Publicações do observatório de Lick*¹⁸. Keeler utilizou nestas observações uma rede de difracção com 14438 linhas por polegada e o refractor de 36" do observatório de Lick. Mediu com grande precisão a posição das riscas de emissão de algumas nebulosas planetárias a partir de observações visuais dos espectros de 3ª e 4ª ordem. Algumas discrepâncias encontradas foram atribuídas a diferenças da velocidade relativa das nebulosas relativamente ao sistema solar (Figura 3).

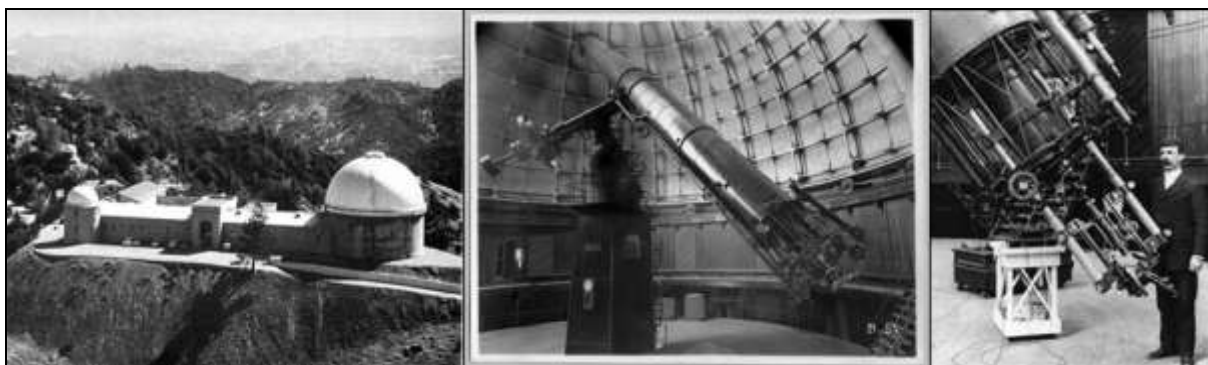


Figura 3- Observatório de Lick (Mount Hamilton), Refractor de 36" (1887) e espectroscópio.

Keeler efectuou numerosos desenhos de Júpiter e Saturno que constituem ainda hoje uma referência incontornável. Nestes desenhos é pela primeira vez assinalada a "Keeler gap"¹⁹ com apenas 42 km, situada no anel A do planeta e localizada a apenas 250 km do exterior deste (Figura 2).

Em Junho de 1891 Keeler assume o cargo de director do observatório de Allegheny sucedendo a Samuel Langley. Neste período assume igualmente funções de Professor de Astrofísica na Universidade da Pennsylvania. Continua as suas observações espectroscópicas apesar dos instrumentos usados não serem comparáveis aos que utilizava

¹⁷ Keeler, J.E. (1890). On the Chromatic Aberration of the 36-inch Refractor of the Lick Observatory. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 2, No. 9: 160-165.

¹⁸ Keeler, J.E. (1894). Spectroscopic observations of Nebulae, made at Mount Hamilton, California, with the 36-inch Telescope of the Lick Observatory. *Publications of the Lick Observatory*, 3: 161-231.

¹⁹ Actualmente conhecida como a divisão de Encke.

no observatório de Lick. As observações foram confinadas às regiões amarela e verde do espectro electromagnético devido sobretudo à fraca transparência do local de observação e aos instrumentos usados. Construiu um espectroscópio que seria utilizado com o telescópio refractor do observatório (13") e que podia ser convertido facilmente recorrendo ao uso de um ou três prismas e em alternativa de uma rede de difracção. Com este instrumento realiza uma extensa investigação espectroscópica sobre a nebulosa de Orion e de algumas estrelas associadas à nebulosa. Cedo chegou à conclusão de que praticamente todas as linhas brilhantes observadas no espectro de uma nebulosa têm linhas de absorpção (escuras) correspondentes, revelando uma ligação estreita entre estas estrelas e as nebulosas associadas.

As observações de Keeler sobre o espectro de Saturno foram de extrema importância. Considerando os meios disponíveis na época, constituem um marco da espectroscopia e da astrofísica. As investigações clássicas de Clerk Maxwell sobre a composição dos anéis indiciavam que estes eram compostos por pequenos corpos que orbitavam o planeta. As observações espectroscópicas de Keeler confirmaram esta hipótese²⁰. Estas observações foram efectuadas com o refractor de 13" num local pouco indicado para a realização deste tipo de registos (Figura 4).

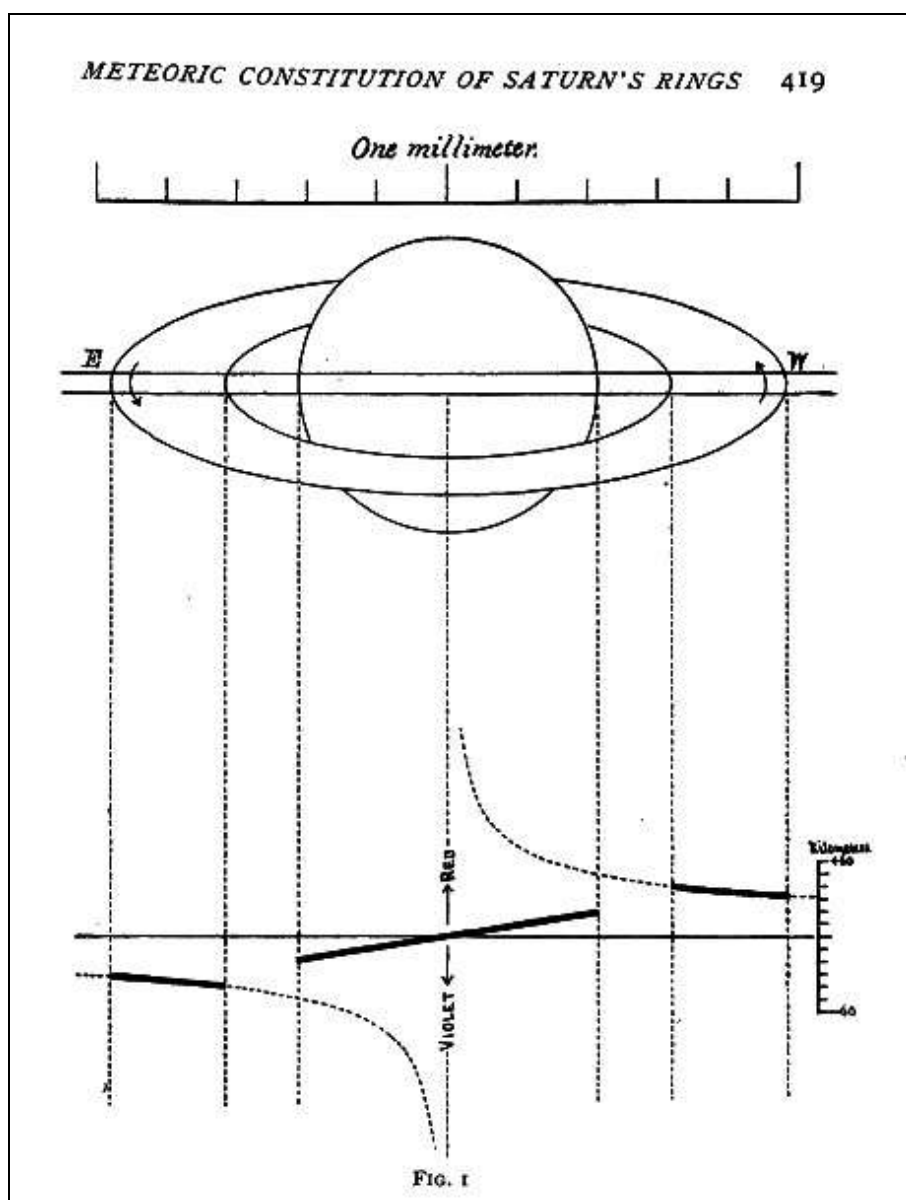


Figura 4- Observações originais sobre a constituição dos anéis de Saturno (Keeler, 1895).

²⁰ Keeler, E.J. (1895). A Spectroscopic Proof of the Meteoric Constitution of Saturn's Rings. *Astrophysical Journal*, vol. 1: 416-428.

Em 1898 Keeler é nomeado director do observatório de Lick iniciando as suas funções em 1 de Junho. Durante o curto período que medeia entre 1898 e o seu desaparecimento precoce em 1900, Keeler dedica-se fundamentalmente à realização de observações astrofotográficas com o reflector de Crossley. Este telescópio reflector de 36" (915 mm) $f/5,7$, foi construído pelo astrónomo amador inglês Andrew Ainslie Common (1841-1903)²¹ em 1876. O espelho de vidro coberto por prata foi construído G. Calver²².

A montagem equatorial deste telescópio reflector apresentava algumas características inovadoras. O tubo era aberto e suportado por um garfo robusto. O eixo polar encontrava-se mergulhado num banho de mercúrio com a intenção de reduzir a fricção, um método inovador que foi mais tarde aplicado nos telescópios de 60" e 100" do observatório de "Mount Wilson". Inicialmente o telescópio foi instalado num observatório com um tecto de correr contendo uma plataforma exterior que dava acesso ao foco newton. Em 1885 Common vendeu o reflector a outro astrónomo amador inglês, Edward Crossley (1841-1905) que o instalou em Yorkshire (Inglaterra). Crossley construiu uma cúpula em ferro galvanizado com cerca de 12 m de diâmetro para abrigar o reflector. A cúpula tinha um peso total de 15 toneladas e era accionada por um motor a vapor de água (uma revolução completa da cúpula era efectuada em cerca de 5 min) (Figura 5).

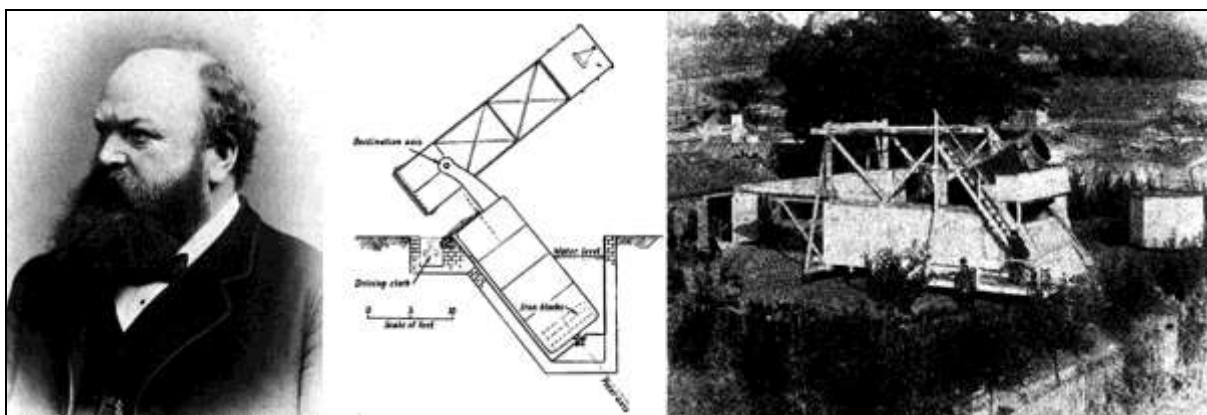


Figura 5- Andrew Ainslie Common (1841-1903), reflector Calver 36" $f/5,7$, observatório de tecto de correr, Ealing, Inglaterra.

Em 1893 Crossley decide vender o reflector e a cúpula devido sobretudo às más condições atmosféricas que impediam a realização regular de observações astronómicas. Em 1895 o telescópio é enviado para o observatório de Lick tendo sido instalado em 1896 (Figura 6).

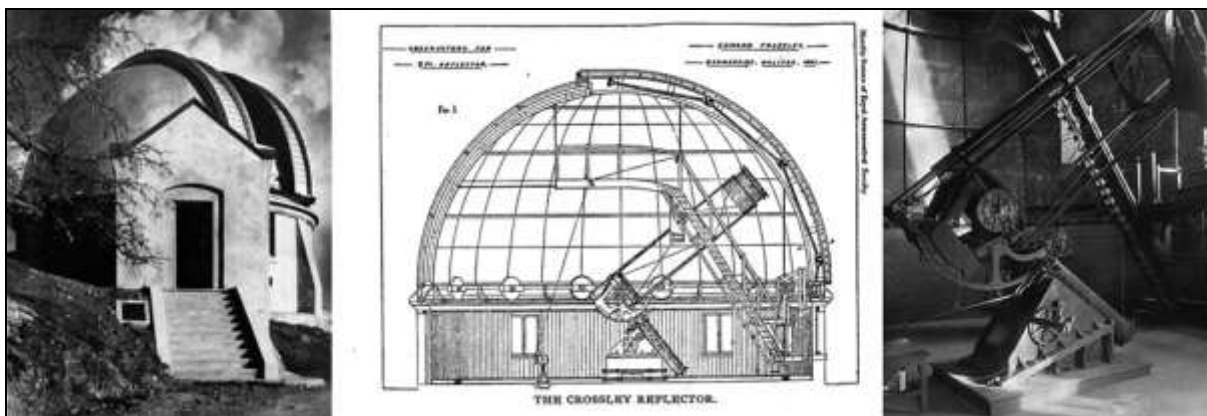


Figura 6- O reflector de Crossley, observatório de Lick (ca. 1900).

Uma vez instalada a cúpula e o reflector, cedo se verificou que a montagem não era adequada à realização de astrofotografias de longa pose. Keeler efectuou numerosas modificações no telescópio durante um período de 5 meses até conseguir registar algumas imagens de grande qualidade. Foi deste modo possível obter um elevado número de astrofotografias de objectos do céu profundo num período de apenas 2 anos. Keeler inicia um extenso

²¹ A.A. Common recebeu a medalha de ouro da Royal Astronomical Society por ter realizado com sucesso as primeiras astrofotografias de longa pose da nebulosa M 42 em 1883 (37 min de tempo de exposição).

²² Osterbrock, D. E. (1984). *James E. Keeler: Pioneer American Astrophysicist and the Early Development of American Astrophysics*. Cambridge, England: Cambridge University Press. Osterbrock, D.E. (1988). *Eye on the Sky: Lick Observatory's First Century*. Berkeley, California: University of California Press.

programa com o principal objectivo de registar fotograficamente os objectos mais brilhantes (nebulosas) do catálogo de Herschel. Mais de metade destes objectos foram registados satisfatoriamente. Foi deste modo possível verificar pela primeira vez que a maioria das nebulosas apresentava uma estrutura espiral e não irregular como se pensava na época²³.

Keeler descreve minuciosamente o reflector de Crossley bem como as alterações por ele efectuadas numa publicação que efectuou pouco antes da sua morte²⁴. É extremamente interessante e instrutivo ler esta publicação. O sistema de guiagem no foco newton era inovador. As correcções efectuadas em Declinação e Ascensão Recta eram efectuadas movimentando a chapa fotográfica e não o instrumento. As mudanças de foco durante as longas exposições eram também efectuadas durante a guiagem das astrofotografias de longa pose (Figura 7). Em 1908 foi publicada uma obra monumental que reúne as principais astrofotografias obtidas com o auxílio deste instrumento²⁵ (Figura 8 e 9).



Figura 7- Sistema de guiagem no foco newton do reflector de Crossley. Observatório de Lick (ca. 1900).



Figura 8- M 42. Reflector Crossley 36" $f/5,7$, 40 min de exposição, 16 de Novembro de 1898.

²³ Keeler, J.E. (1900). On the Predominance of Spiral Forms among the Nebulae. *Astronomische Nachrichten*, volume 1: 1-4.

²⁴ Keeler, J.E. (1900). The Crossley Reflector of the Lick Observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 11: 325-353.

²⁵ Keeler, J.E. (1908). Photographs of nebulae and clusters made with the Crossley reflector. *Publications of Lick Observatory*, Vol. 8.

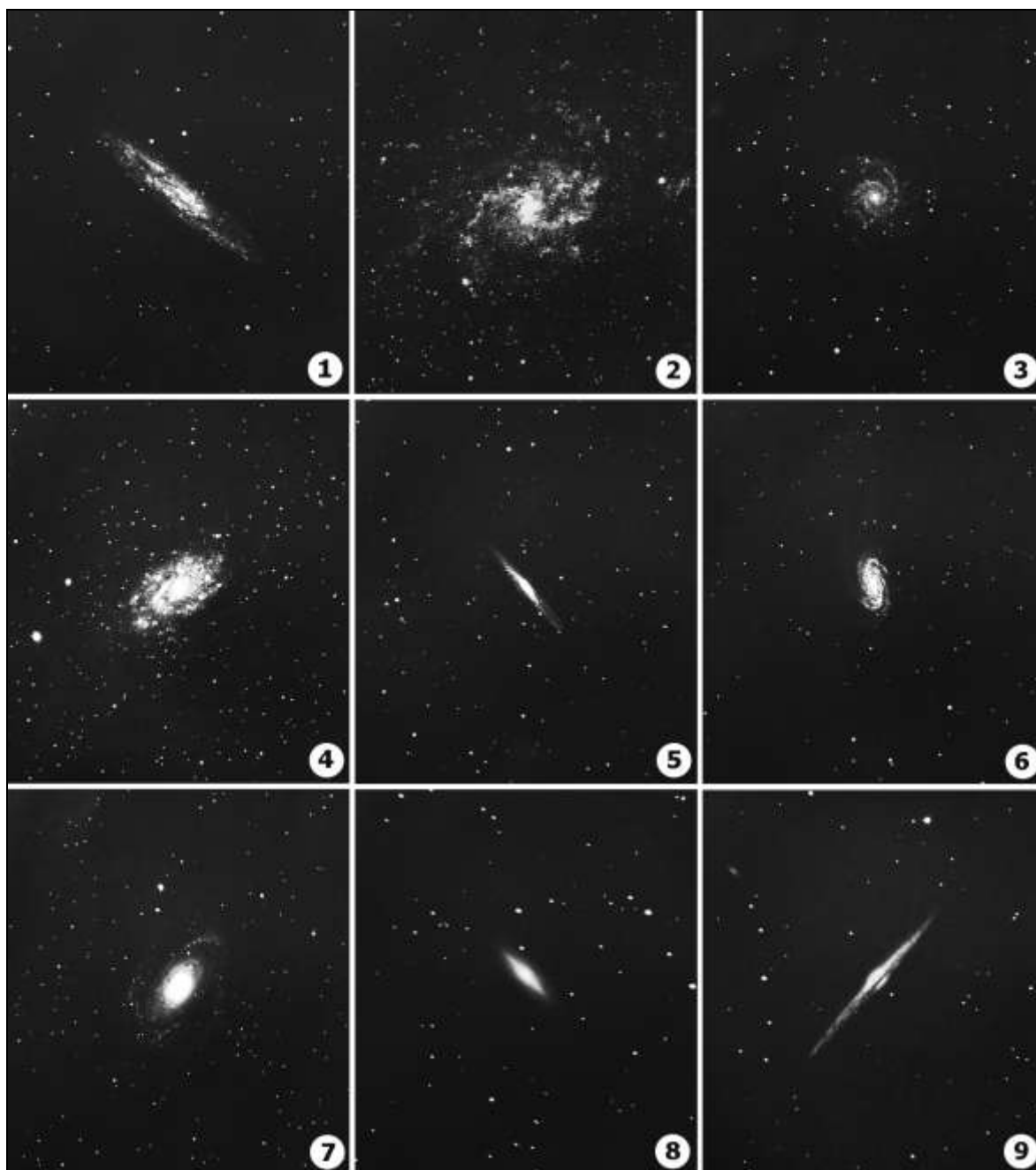


Figura 9- Astrofotografias obtidas por J.E. Keeler e colaboradores com o reflector Crossley 36" $f/5,7$: 1- NGC 253, 3h, 18-20 de Novembro de 1902; 2- M 33, 3h30min, 12 de Setembro de 1899; 3- M 74, 4h, 31 de Outubro de 1899; 4- NGC 2403, 3h, 27 de Fevereiro de 1900; 5- NGC 2683, 3h30min, 23 de Fevereiro de 1900; 6- NGC 2903, 3h30min, 24 de Fevereiro de 1900; 7- M 81, 3h55 min, 21 de Março de 1900; 8- NGC 3115, 2h30 min, 9 de Abril de 1901; 9- NGC 4565, 3h, 21 de Abril de 1901.

James E. Keeler faleceu em 12 de Agosto de 1900 com apenas 43 anos de idade²⁶. O seu desaparecimento prematuro foi sem duvida um choque para os seus colegas mais próximos, para o Observatório de Lick, do qual era director, e para a astrofísica em geral. Apesar de curta a sua carreira foi extremamente rica. É de realçar uma longa lista de publicações bem como algumas descobertas essenciais para o avanço da astronomia e da astrofísica²⁷. Keeler recebeu um doutoramento "honoris causa" pela Universidade da California (1893). Foi-lhe igualmente atribuída a medalha de Rumford em 1898 pela "National Academy of Arts and Sciences" e a medalha Henry Draper em 1899 pela "National Academy of Sciences". Foi editor associado da revista "Astronomy and Astro-Physics" durante 1893 e 1904 e editor (juntamente com George E. Hale) da conceituada revista "Astrophysical Journal" desde 1895 até ao seu desaparecimento.

²⁶ Keeler sofria de uma grave insuficiência cardíaca.

²⁷ Campbell, W.W. (1900). James Edward Keeler. *The Astrophysical Journal*, Volume 12 (4): 239-253.

RUMO À ETERNIDADE

José Matos

www.radiante.wordpress.com

Fez há pouco tempo 30 anos, que duas naves partiram da Terra rumo à eternidade. A primeira foi a Voyager 2, no dia 20 de Agosto de 1977 e 13 dias depois, partiu a Voyager 1 com o mesmo objectivo. O objectivo foi visitar os planetas do sistema solar exterior, aproveitando um alinhamento raro entre eles para os estudar de uma só vez.

Cada uma tinha 900 kg, uma antena para comunicar com a Terra, um gerador termonuclear para a longa viagem e um conjunto variado de instrumentos para estudar os grandes planetas do sistema solar e seus respectivos satélites. Para processar a informação cada sonda tinha três computadores (na verdade eram seis, mas três estavam sempre de reserva) e um gravador capaz de acomodar 61 MB de informação para depois transmitir para a Terra. Ambas visitaram Júpiter e Saturno. Depois a Voyager 2 seguiu para Úrano e Neptuno, enquanto que a Voyager 1 deixou o plano dos planetas rumo ao espaço profundo.

Não me lembro do dia da partida, nem da chegada a Júpiter em Março de 79, nem da chegada a Saturno em Novembro de 80, mas lembro-me bem da chegada da Voyager 2 a Úrano em Janeiro de 86 e a Neptuno em Agosto de 89. Esta última foi acompanhada por mim com muita atenção. Fixei na memória todos os momentos daquele dia quente de Agosto. Lá longe no longínquo Neptuno, uma pequena nave revelava um planeta azul com nuvens brancas e uma lua (Tritão) com vulcões de azoto gelado. Hoje conhecemos também vulcanismo à base de água gelada em Encélado, uma lua de Saturno, mas no tempo das Voyager, a descoberta de vulcanismo gelado em Tritão foi uma revelação. Assim como a descoberta de vulcões de enxofre quente em Io, uma lua de Júpiter com aspecto de pizza colorida. Nunca tinham sido vistos vulcões em actividade fora da Terra. Em Io, a Voyager 1 revelou uma lua salpicada de vulcões.

Antes das Voyager os planetas gigantes eram corpos planetários mal definidos ao telescópio. Com as Voyager ganharam uma nova dimensão. Podíamos finalmente vê-los de perto. Podíamos espreitar as suas luas. Estudar as magnetosferas. Ver anéis ou satélites desconhecidos. E esta foi concerteza a grande revolução que as Voyager trouxeram no conhecimento do sistema solar exterior. Alargaram os nossos conhecimentos a um nível nunca visto. Mesmo hoje, com novas missões em curso, não deixa de ser espantoso o conhecimento que nos ofereceram. Tudo feito com um projecto dos anos 60, numa época em que ir a Júpiter ou a Saturno era praticamente uma missão impossível. Mas alguém pensou em ir lá. Todavia, como é que se podia chegar tão longe quando ir à Lua ainda era complicado? Pensou-se então que as sondas podiam apanhar um alinhamento favorável dos planetas gigantes e usando a sua gravidade fazer a longa viagem. E foi isso que fizeram. Usando a gravidade dos gigantes foram saltando de planeta em planeta até ao seu destino final.

Hoje, as duas naves são apenas mensageiros longínquos da Terra. Estão no limite da heliosfera, na zona em que o vento solar começa a perder intensidade vencido pelas partículas do meio interestelar. São dois mensageiros à porta da eternidade. Andarão centenas de milhões de anos a vaguear pela Via Láctea. É pouco provável que encontrem alguém no caminho. Mas pelo sim pelo não levam consigo memórias de uma civilização, que um dia habitou um canto da galáxia. Um pequeno disco dourado vai agarrado a elas. Quando já não houver humanos, nem nada do que conhecemos na Terra, elas continuarão a sua viagem silenciosa, sem destino e sem rumo. E esta é a parte mais fascinante. Serem testemunhos de uma civilização já extinta. Serem testemunhos de nós.

