Maria Leonor Fonseca Cabral

" A Imagem no Ensino de Astronomia"

Exploração didáctica e pedagógica de imagens no âmbito da Astronomia

Departamento de Matemática Aplicada

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Setembro de 2001

Maria Leonor Fonseca Cabral

"A Imagem no Ensino de Astronomia"

Exploração didáctica e pedagógica de imagens no âmbito da Astronomia

Tese submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Astronomia

Departamento de Matemática Aplicada

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Setembro de 2001

Aos meus filhos

Verónica, Ana Isabel e Luís Henrique

e em memória de meu pai

Não é possível obter uma fotografia

"instantânea" do universo

Hubert Reeves

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos vão para todos os que me ajudaram a realizar este trabalho, em especial:

Ao professor João José Lima que, ao longo deste ano, leu e releu o meu trabalho, fazendo sugestões e comentários que permitiram que fosse apresentado deste modo. Estando sempre disponível para esclarecer todas as dúvidas que lhe apresentei, colaborou de uma forma extraordinária, no sentido de facilitar os nossos contactos, tendo sempre em consideração que resido a 300 quilómetros do Porto.

Ao meu colega Rui Farinha que me ajudou na correcção contribuindo com a sua experiência, na organização das actividades propostas.

Ao meu colega João Basílio que participou em muitas das actividades descritas e sempre me incentivou para não desanimar.

Ao Conselho Executivo da Escola Secundária da Cidadela que sempre facilitou a utilização das instalações e do equipamento do Núcleo de Investigação em Astronomia da Cidadela.

Aos meus colegas Mafalda e Augusto, que me ajudaram na tradução do resumo para francês e inglês.

Não posso deixar de referir a minha mãe, Isabel Maria e a minha tia, Elsa, que sempre me incentivaram neste retorno, depois de tantos anos, ao lugar de discente.

RESUMO

Reduzindo a idade do Universo a um ano, podemos considerar que pelas vinte e três horas do dia 31 de Dezembro, seriam realizados os primeiros registos do céu. O homem desde sempre se impressionou e orientou pelos astros e efemérides e foi registando, sucessivamente, em pedra, osso, papiro, papel, emulsão fotográfica e, por fim, em pixels, os acontecimentos celestes que observava durante a sua efémera existência.

Na Antiguidade, gravar a regularidade do movimento dos astros servia para que as gerações seguintes pudessem prever ou planificar o futuro.

Hoje, cada vez mais, o registo do céu conduz ao conhecimento do passado e, com o advento dos instrumentos de amplificação e detecção de todo o espectro da radiação, podemos mesmo vislumbrar a origem do nosso Universo e formular hipóteses para a sua evolução.

Neste contexto, trabalhar com a imagem tornou-se um processo que permite registar acontecimentos que o fluir do tempo impede o Homem de reter.

Até muito recentemente, "ver" o Universo, apenas era possível para os profissionais nos grandes telescópios. O desenvolvimento da tecnologia possibilitou a construção de pequenos telescópios, computadores pessoais e câmaras CCD, os quais permitem obter imagens de objectos celestes com relativa facilidade. Este recurso tornou-se, assim, uma forma privilegiada de "experimentar" Astronomia, pela exploração da imagem astronómica, no contexto multidisciplinar dos curricula dos Ensinos Básico e Secundário.

ABSTRACT

Reducing the age of the Universe to on year, we can consider that at the last hour before the New Year the first records of the sky were be made.

Man, ever since, was touched and guided by sky objects and has successively registered in stone, bone, papyrus, paper, film and, at last, in pixels, the celestial events that he observed during his ephemeral existence.

In Ancient Times, undertaking the registration of the movement of celestial bodies was used so that the future generation could predict or plan the future.

Nowadays, the record of the sky leads to the knowledge of the past and with the advent of the instruments of magnification and detection of the whole spectrum of radiation, we can even glimpse the origin of our Universe and formulate hypothesis about its evolution.

In this context, working with the image has become a process, which allows the registration of events, that the running of time prevents Man to retain completely.

Until very recently, "to look at" the Universe was only possible for professionals in huge telescopes. The development of technology made possible the construction of smaller telescopes, personal computers and CCD cameras, which allow man to easily obtain images of celestial objects.

Thus, this resource has become a privileged way to "experience" Astronomy, throughout the exploration of the astronomical image, in a multidisciplinary context of the curricula of the Basic and Secondary teaching levels.

RÉSUMÉ

Si on réduit l'age de l'Univers à un an, on peut estimer que vers vingt-trois heures du dernier jour de l'année, les premiers registres du ciel se réalisaient.

L'Homme émerveillé et guidé depuis toujours par les astres et les éphémérides a successivement enregistré sur pierre, os, papyrus, papier, émulsion photographique et, finalement, pixels, les événements célestes qu'il observait le long de son éphémère existence.

Dans l'Antiquité on enregistre la régularité du mouvement des astres pour que les générations futures puissent prévoir ou planifier l'avenir.

De nos jours, le registre du ciel conduit de plus en plus à la connaissance du passé et, avec l'avènement des instruments d'amplification et de détection du spectre de radiation, nous pouvons, à la fois, entrevoir l'origine de notre Univers et formuler des hypothèses sur son évolution.

Dans ce contexte, le travail avec l'image est devenu un procédé qui permet à l'Homme d'enregistrer des événements qu'autrement, dû à la coulée du temps, il serait incapable de retenir.

Jusqu'à bien peu de temps, observer l'Univers n'était possible que pour les professionnels ayant de grands télescopes. Le développement de la technologie a permis la construction de petits télescopes, des ordinateurs personnels et des caméras CCD avec lesquels on obtient aisément des images des objets célestes.

Cette ressource devient ainsi une façon privilégiée d'expérimenter l'Astronomie à travers l'exploration de l'image astronomique, dans le contexte multidisciplinaire du Collège et du Lycée.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO 1

1.1. Introdução 1

1.2. Enquadramento pedagógico 2

1.3. Enquadramento didáctico 4

1.4. Objectivo geral 6

1.5. Experiência pessoal 7

1.6. Organização deste trabalho 9

1.7. Apresentação das actividades 11

CAPÍTULO 2

2.1. Astronomia a olho nu 13

2.1.1. A nossa escola e o Norte 13

2.1.2. Conhecer o céu 16

2.1.3. Experimentar a História 22

2.2. Exploração da imagem no âmbito da Astronomia 30

2.2.1. A minha Constelação 30

2.2.2. Que cores posso ver no céu 32

2.2.3. As efemérides 34

2.2.4. Objectos do céu profundo 38

2.2.5. A Terra gira 44

2.2.5.1. Período de rotação da Terra 45

2.2.5.2. Velocidade angular de rotação da Terra 46

2.2.6. Translação no Sistema Solar 49

2.2.7. O Sol desaparece 53

2.3. Astronomia com binóculos 60

2.3.1. Enxames e Berços de estrelas 62

2.3.2. As "luas" de Júpiter e os mares na Lua 68

2.3.2.1. Luas de Júpiter 68

2.3.2.2. Mares na Lua 70

2.4. Astronomia com pequeno telescópio 71

2.4.1. Os planetas 75

2.4.1.1. Júpiter 75

2.4.1.2. Saturno 78

2.4.1.3. Vénus 79

2.4.1.4. Marte 85

2.4.1.5. Mercúrio 86

2.4.2. A Lua 88

2.4.3. O Sol 101

2.4.3.1. Velocidade de rotação 108

2.4.3.2. Período de rotação 108

2.4.4. Objectos do céu profundo 111

2.4.4.1. Imagens de estrelas duplas 116

2.4.4.2. Imagens de enxames de estrelas 117

2.4.4.3. Imagens de nebulosas 119

2.4.4.4. Imagens de galáxias 124

CAPÍTULO 3

3.1. Conclusão 129

3.2. Considerações finais 132

BIBLIOGRAFIA 133

ANEXOS 136

Actividade I *- A NOSSA ESCOLA E O NORTE* 137

Actividade II *- CONHECER O CÉU* 142

Actividade III *- FAZER HISTÓRIA* 151

Actividade IV *- A LUA E AS SUAS FASES* 162

Actividade V *- ECLIPSES* 166

Actividade VI *- OBSERVAR SATURNO* 173

Actividade VII *- CONHECER A LUA (áreas do relevo lunar)* 179

Actividade VIII *- CONHECER A LUA (alturas do relevo lunar)* 185

Actividade IX *- OBSERVAR O SOL* 191

Actividade X *- VIAGEM AO PASSADO* 203

Actividade XI *- A LUA E AS ESTRELAS ESTÃO EM TODA A PARTE* 210

Actividade XII *- IMAGENS DO CÉU DESCRITAS EM LETRAS* 216

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sombra de um palito sobre a planta da Escola Secundária da Cidadela (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 14

Figura 2: Determinação da direcção Norte/Sul na escola (Actividade realizada com os elementos do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária Ibn Mucana - Março de 1999). 15

Figura 3: Com o braço estendido, a mão pode servir de escala em graus para referenciar separações angulares. 16

Figura 4: Constelação de Touro e Plêiades - Fotografias obtidas com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 20 s. Filme Fuji 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 17

Figura 5: Esquema com a constelação de Orion ao centro (Simulação obtida com o software Starry Night Pro). 18

Figura 6: Constelação de Orion - fotografia obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Janeiro de 2001). 19

Figura 7: Esquema de uma área do céu que permite encontrar várias estrelas de baixa magnitude a partir da constelação Ursa Maior, sempre visível em Portugal (Adaptado de *Nightwatch - A Practical Guide to Viewing the Universe).* 21

Figura 8: Imagem do sistema Terra-Lua obtida pela sonda Galileu Orbiter 1996 (Adaptado de: http://www.solarviews.com). 22

Figura 9: Gravura exemplificando o obelisco de Alexandria (Adaptado de: http//www.astro.washington.edu/labs/) 24

Figura 10: Medir ângulos directamente. 25

Figura 11: Aproximações para ângulos muito pequenos. 25

Figura 12: Esquema que representa a relação entre a sombra de um objecto em Alexandria e o raio da Terra. 26

Figura 13: Esquema que representa a geometria que permite estimar a distância Terra-Sol. 28

Figura 14: Esquema que mostra a semelhança entre os diâmetros aparentes do Sol e da Lua. O espaço disponível em qualquer página não permite que o desenho seja uma representação à escala. 29

Figura 15: Folha modelo para descrever a constelação estudada (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 30

Figura 16: Pormenor da figura 2 - nebulosa de Orion. 31

Figura 17: Caixa de constelação. Cada "estrela" está colada a uma estaca com o comprimento que represente as respectivas distâncias (à escala) relativamente à Terra e tem a cor que representa o tipo de estrela (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela para o IV Fórum Ciência Viva-Março 1999). 31

Figura 18: Imagens de constelações, obtidas com câmara reflex, 50 mm, tempo de exposição 21 min (Adaptado de Sky & Telescope - Setembro 1998). 32

Figura 19: Esquema que relaciona a cor de uma estrela com a sua temperatura superficial e com a sua classe espectral (Adaptado de: http://www.fsc.ufsc.br). 33

Figura 20: Eclipse da Lua de 18 de Janeiro de 2000. Sequência de fotografias desde a entrada até à saída do cone de sombra da Terra, obtidas com máquina reflex f=200 mm com tripé, abertura 4.5 e exposição automática. Filme Fuji 800 ASA. Janeiro de 2001 (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 34

Figura 21: Eclipse total do Sol de 11 de Agosto de 1999. Sequência de fotografias obtidas com máquina reflex f=50 mm, com tripé, abertura 11 e exposição automática. Filme Fuji 200 ASA. Agosto de 1999 (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 35

Figura 22: Leónidas - 18/19 de Novembro de 1999. Fotografia de um meteoro em Touro, obtida com máquina reflex f=50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 3 min. Filme Fuji 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 36

Figura 23: Cometa Hale-Bopp - fotografia em Cassiopeia, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 20 s. Filme Fugi 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Básica Visconde de Juromenha - 1997). 37

Figura 24: Constelação de Orion - fotografia da nebulosa de Orion, M42, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Janeiro de 2001. 38

Figura 25: Constelação de Caranguejo - fotografia do enxame aberto de Presépio, M44, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Janeiro de 2001. 39

Figura 26: Constelação de Andrómeda - fotografia da galáxia de Andrómeda, M31, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Dezembro de 2000. 39

Figura 27: Constelação de Ursa Maior - simulação obtida pelo software Starry Night Pro, do céu no horizonte Norte, em Lisboa, às 22 horas locais de 15 de Outubro de 2000. 40

Figura 28: Constelação de Ursa Maior - fotografia obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Outubro de 2000. 40

Figura 29: Esquema obtido a partir de uma simulação no Starry Night Pro onde estão indicadas algumas separações angulares. 41

Figura 30: Marte e Constelação de Sagitário (Junho de 2001). Fotografia cedida por João Basílio. 42

Figura 31: Identificação dos objectos do céu profundo registados na imagem, por comparação com uma carta celeste. Fotografia cedida por João Basílio. 42

Figura 32: Constelação de Ursa Menor - fotografia obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 15 min. Filme Fuji 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Janeiro de 2001). 44

Figura 33: Traços de estrelas no Cabo da Roca. A Constelação de Orion está por cima do rochedo mais a Oeste sendo importante notar que as estrelas do "cinturão de Orion" têm, aproximadamente, declinação zero e, portanto, indicam o equador celeste (Adaptado de www.milcores.pt/jr_daybreak2000). 46

Figura 34: Nocturlábio construído pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela segundo protocolo fornecido pelo Programa Ciência Viva. 47

Figura 35: Esquema para utilizar o nocturlábio. Os círculos graduados, *a*, devem marcar o mês e o dia da observação. Pelo orifício, *o*, vemos a estrela Polar. O apontador, *b*, está na direcção de Kochab e marca no disco graduado a hora da observação. 48

Figura 36: Lua crescente, Júpiter e Saturno em 25 de Abril de 2001. Fotografia obtida com máquina reflex e zoom, abertura 4.6 e exposição automática. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 49

Figura 37: Esquema adaptado que permite relacionar a posição da Lua e o aspecto que mostra à Terra. 50

Figura 38: Esquema que permite visualizar a causa do movimento retrógrado aparente de Marte (Adaptado de: http//:www.fsc.ufsc.br). 51

Figura 39: Simulação obtida pelo software Starry Night Pro, do movimento retrógrado do planeta Marte em 2001. A vermelho está registado o caminho seguido pelo planeta em relação às estrelas que servem de referência. 52

Figura 40: Sol parcialmente eclipsado em 11 de Agosto de 1999 - fotografia obtida com máquina reflex, f/50 mm, com filtro. Filme Kodak 200 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela) 54

Figura 41: Esquema da ocultação do disco solar pela Lua. 55

Figura 42: Esquema que relaciona a área oculta *D* com o ângulo α. 55

Figura 43: Esquema do disco solar que mostra a área *E*, que representa metade da área oculta. 56

Figura 44: Esquema que representa a área, G, do sector circular definido pelo ângulo α. 56

Figura 45: Esquema que representa a área, T, do triângulo AOB. 57

Figura 46: Esquema da esfera celeste onde estão representados os círculos de referência das coordenadas equatoriais. Adaptado de: http://www.fsc.ufsc.br. 61

Figura 47: Esquema que mostra o processo de encontrar M11 (enxame aberto Pato Selvagem na constelação de Escudo) a partir de Altair, uma estrela fácil de encontrar por ter baixa magnitude. 64

Figura 48: M31 - galáxia de Andrómeda observada com binóculos. Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com 65

Figura 49: M8 - Nebulosa de emissão Laguna observada com binóculos. Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com 66

Figura 50: M45 - enxame aberto de Plêiades observado com binóculos. Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com 67

Figura 51: Enxame duplo de Perseu observado com binóculos. Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com 67

Figura 52: Observação através de binóculos de satélites de Júpiter. Imagem cedida por António Cidadão. 68

Figura 53: Desenho de Júpiter observado com binóculos. Esquema adaptado: http://www.comnet.ca/~nowlan/heaven/planets/ 69

Figura 54: Fotografia da Lua cheia obtida por projecção de uma das oculares do binóculo (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 70

Figura 55: Imagens de Vénus, Júpiter, Saturno, Lua e Sol, obtidas durante observações realizadas pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela (1999-2001). 71

Figura 56: Telescópio reflector de Newton. 72

Figura 57: Telescópio catadióptrico. O esquema superior representa o tipo de Schmidt-Cassegrain e o esquema inferior o tipo de Maksutov-Cassegrain. 72

Figura 58: Telescópio refractor. 73

Figura 59: Júpiter - fotografia obtida por projecção da ocular, telescópio LX200 amplificada 100x com adaptador para máquina reflex e exposição de 5 s. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Abril de 2001). 75

Figura 60: Simulação, obtida pelo software Starry Night Pro, de Júpiter observado através de uma ocular de 10 mm. Neste Software pode escolher-se a amplificação, o dia, a hora, o local e se se pretender, visualizar as órbitas dos satélites para se poderem identificar. 76

Figura 61: Júpiter imagem obtida com CCD. Podem identificar-se, zonas (cor clara), faixas (cor escura), a Grande Mancha Vermelha (GRS). Imagem cedida por António Cidadão. 77

Figura 62: Saturno - imagem obtida por projecção da ocular, telescópio LX200 amplificada 100x com adaptador para máquina reflex e exposição de 5 s. Filme Kodak 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Fevereiro de 2001). 78

Figura 63: Imagens de Saturno obtidas pelo HST em datas diferentes. Adaptado de: www.hawastcoc.org/solar/. 78

Figura 64: Vénus - fotografia obtida por projecção da ocular, telescópio LX200 amplificada 100x com adaptador para máquina reflex e exposição de 5 s. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Março de 2001). 79

Figura 65: Vénus observado através de telescópio. Adaptado de: http://www.quicklinks.on.ca/~maple/planets/ 79

Figura 66: Esquema da posição relativa do sistema Sol-Terra-Vénus. Note-se que apesar de γ poder ter qualquer valor entre 0 e 360°, β não pode ultrapassar 180° e α ainda é mais limitado, atingindo o valor máximo (elongação máxima) para β=90°. Adaptado de *Challenges of Astronomy.* 80

Figura 67: A figura superior representa um corte de Vénus no plano Terra-Sol. A figura inferior representa o disco do planeta visto da Terra. Adaptado de *Challenges of Astronomy.* 82

Figura 68: Representação de uma sucessão de fases de Vénus em função do ângulo β. Adaptado de *Challenges of Astronomy.* 83

Figura 69: Simulação, obtida pelo software Starry Night Pro, das posições relativas do Sol e Vénus em 5 de Março de 2001. 84

Figura 70: Marte - imagem obtida em 1999. Adaptado de: http://www.asahi-net.or.jp/ 85

Figura 71: Mercúrio imagem obtida através de telescópio. Adaptado de: http://www.quicklinks.on.ca/~maple/planets/ 86

Figura 72: Mercúrio em trânsito. Imagem obtida pelo satélite Trace. Adaptado de: www.astronomynow.com. 87

Figura 73: Lua a nascer no dia 9 de Abril de 2001- fotografia obtida máquina reflex 200 mm, abertura 4.6 e exposição automática. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 88

Figura 74: Lua crescente em 29 de Abril de 2001- fotografia obtida com máquina reflex, através de telescópio LX200, por projecção directa, com e sem lente de Barlow. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 89

Figura 75: Lua - imagens obtidas no perigeu e no apogeu. Imagens cedidas por António Cidadão. 90

Figura 76: Libração a Oeste - Imagens da Lua que permitem constatar a distância ao limbo da cratera assinalada pela seta. Imagens cedidas por António Cidadão. 91

Figura 77: Libração a Este - Imagens da Lua que permitem constatar a distância ao limbo da cratera assinalada pela seta. Imagens cedidas por António Cidadão. 91

Figura 78: Esquema de uma cratera (em corte) onde se pode ver altura da montanha, h, o comprimento da sombra, ℓ, e a altura do Sol no limita da sombra. Adaptado de *Challenges of Astronomy*. 92

Figura 79: Lua, em corte no plano definido pela cratera, a Terra e o centro da Lua. R é o raio lunar e d é a distância medida a partir do plano definido pelo terminador. Adaptado de *Challenges of Astronomy*. 93

Figura 80: Lua crescente - fotografia obtida no sistema afocal através de telescópio LX200, amplificada 48x, com adaptador para máquina reflex e exposição automática. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - ERAA 2000). 95

Figura 81: Ampliação da imagem da Lua com o esquema das construções necessárias à determinação da altura dos bordos da cratera Teófilo. 96

Figura 82: Composição de uma imagem da Lua Cheia com a grelha de transformação de uma superfície esférica numa superfície circular. 99

Figura 83: Observar o Sol por telescópio com filtro solar Hα. Imagem cedida por João Porto - NAAPAA. 101

Figura 84: Imagens do limbo solar cedidas por João Porto - NAAPAA. 102

Figura 85: Imagem de uma proeminência. Adaptado de: http://sohowww.nascom.nasa.gov. 102

Figura 86: Preparação do telescópio para uma aula de observação da actividade solar (Actividade realizada na Escola Secundária da Cidadela em Junho de 2000). 103

Figura 87: Eclipse total do Sol de 11 de Agosto de 1999 - Fotografia obtida pela projecção em ecrã da imagem formada pela ocular de 25 mm dum telescópio reflector (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 104

Figura 88: Pormenor de fotografia do Sol em 2 de Abril de 2001 sobreposta a uma Grelha de transformação de uma superfície esférica em circular. A escala é de aproximadamente 1 mm/100 000 km (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela). 105

Figura 89: Imagens do Sol de 29 de Março a 1 de Abril. Adaptado de: http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/latestimages. 106

Figura 90: Grelha de projecção de uma superfície esférica numa superfície plana. Adaptado de: http://sohowww.nascom.nasa.gov 107

Figura 91: Imagens do Sol com as grelhas a fim de estimar o deslocamento sobre a superfície solar de uma mancha (assinalada pela seta). 107

Figura 92: Proeminências e filamentos. Imagens cedidas por João Porto- - NAAPAA. 109

Figura 93: Esquema de uma ejecção de massa coronal (EMC), cujas partículas carregadas viajando com uma velocidade da ordem de 700 km/s atingem a Terra passados dois ou três dias. Imagem cedida por João Porto - NAAPAA. 109

Figura 94: Aurora boreal no Alaska. Imagem obtida numa apresentação de João Porto sobre o 23.º ciclo solar. 110

Figura 95: Exemplos de câmaras que aplicam tecnologia digital. À esquerda uma câmara de videoconferência adaptada e, à direita, uma câmara CCD. 114

Figura 96: Observatório ARGO nos EUA. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com. 115

Figura 97: Grupo ARGO nos EUA. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com. 115

Figura 98: Epsilon em Lira - Imagem obtida por Quickcam. Adaptado de: http://pub.weborama.fr/fcgi-bin/aiar.fcgi. 116

Figura 99: Albireu em Cisne - Imagem obtida por Quickcam. Adaptado de: http://pub.weborama.fr/fcgi-bin/aiar.fcgi. 116

Figura 100: Polar em Ursa Menor - Imagem obtida por Quickcam. Adaptado de: http://pub.weborama.fr/fcgi-bin/aiar.fcgi. 117

Figura 101: NGC 869 - Enxame aberto Duplo de Perseu. Adaptado de:http://willmclaughlin.astrodigitals.com/ 118

Figura 102: M13 - Enxame globular em Hércules. Adaptado de: http://www.astrosurf.com/legault/. 118

Figura 103: Nebulosa Cabeça de Cavalo. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/. 119

Figura 104: Nebulosa Cabeça de Bruxa. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/. 120

Figura 105: (a) - Nebulosa Laguna na Constelação de Sagitário. (b) - Nebulosa de Orion na Constelação de Orion. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/. 121

Figura 106: M57 - Nebulosa Anel na Constelação de Lira. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/. 122

Figura 107: M1 - Nebulosa Caranguejo na Constelação de Touro. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/. 123

Figura 108: Exemplos de galáxias espirais vistas segundo diferentes orientações: (a) M100. (b) M31 (galáxia de Andrómeda). (c) NGC 4565 (galáxia Agulha). (d) imagem do plano da nossa Galáxia, obtida no IV, pelo satélite COBE. Adaptado de: http://www.zenite.nu/ 125

Figura 109: NGC 1365 - galáxia espiral com barra. Adaptado de: http://www.zenite.nu/. 125

Figura 110: M87 - galáxia elíptica. Adaptado de: http://www.zenite.nu/. 126

Figura 111: Grande Nuvem de Magalhães - galáxia irregular. Adaptado de: http://www.zenite.nu/. 126

Figura 112: (a) galáxia irregular Sagittarius Dawrf. (b) galáxia espiral NGC 5746. Adaptado de: http://www.zenite.nu/. 127

Figura 113: Supernova. Imagem cedida por Pedro Ré. 127

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Percentagem do disco solar oculta em função do ângulo ao centro correspondente. 59

Tabela 2: Objectos que se podem observar com binóculos no Inverno (ascensão recta entre 1 e 7 horas). 62

Tabela 3: Objectos que se podem observar com binóculos na Primavera (ascensão recta entre 7 e 13 horas). 63

Tabela 4: Objectos que se podem observar com binóculos no Verão (ascensão recta entre 13 e 19 horas). 63

Tabela 5: Objectos que se podem observar com binóculos no Outono (ascensão recta entre 19 e 1 horas). 63

Tabela 6: Exemplos de características ópticas de alguns telescópios 74

Tabela 7: Exemplos de alguns objectos do céu profundo e respectivas distâncias. 128

CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUÇÃO

Podemos considerar que, nas disciplinas de carácter experimental, é quase sempre difícil recorrer a situações reais que permitam a aplicação de uma metodologia científica.

De facto, planificar um projecto com base numa situação real, torna-se bastante difícil apesar de, as mais das vezes, essa situação ser experimentada e vivenciada na vida quotidiana, como sejam, o diferente aspecto e posição da lua ao longo de um mês, as diferentes alturas e locais de nascimento e ocaso do Sol ao longo do ano, as diversas posições relativas dos satélites de Júpiter, entre muitas outras (podendo conduzir a interpretações erróneas ou nem provocar, sequer, qualquer tipo de reflexão). Isto porque, são tantas as condicionantes que é necessário ter em linha de conta e de que é necessário revestir a planificação das actividades (há que fazer observações e registos cuidadosos e rigorosos, a maior parte das vezes, de forma regular e continuada, interpretá-los convenientemente de acordo com uma metodologia objectiva, obter resultados significativos, formular conclusões e reflectir sobre a forma mais apropriada de divulgação), que se torna pouco exequível pô-las em prática numa escola.

Neste sentido, utilizar imagens no âmbito da Astronomia, obtidas num contexto de actividade extracurricular e exploradas numa situação de sala de aula, pode ser uma forma de conseguir contornar alguns dos problemas acima enunciados.

1.2. ENQUADRAMENTO PEDAGÓGICO

Nos actuais curricula dos 3º Ciclo e Ensino Secundário, a abordagem de conteúdos explicitamente relacionados com a Astronomia é feita em diferentes disciplinas (geralmente em termos multidisciplinares mas raramente de forma interdisciplinar):

- Ciências Físico-Químicas (8.º ano do Ensino Básico) - Unidade de ensino "Nós e o Universo";
- Ciências Naturais (7.º ano do Ensino Básico) - Unidade de Ensino "O Sistema Solar";
- Ciências da Terra e da Vida (10.º ano do Ensino Secundário) - Unidades de Ensino: "Estrutura da Terra - Dados da Planetologia" e "Origem da Vida".

A Astronomia, enquanto ciência eminentemente observacional, pode ser explorada em situação de sala de aula através de múltiplas actividades de carácter experimental. No entanto, quer pela elevada carga horária curricular quer pela extensão dos programas das disciplinas atrás referidas, torna-se difícil compatibilizar o cumprimento desses programas com a vertente experimental (pólos tantas vezes tidos como sendo mutuamente exclusivos). Além disso, é quase impossível que os alunos assistam com regularidade às observações nocturnas. Neste sentido, é muitas vezes preferível escolher o Sol como alvo de estudo, por forma a permitir observações diurnas.

Pelo exposto, a existência de Núcleos de Astronomia nas escolas pode ser uma forma de motivar, incentivar e principalmente desenvolver o interesse científico e o gosto pela experimentação nos jovens que querem aceder a um nível de conhecimentos mais específico e que não tenham acesso a equipamento próprio adequado.

O carácter de convívio das observações nocturnas poderá aliar o gosto dos jovens pelas actividades em grupo à aquisição de competências que poderão ser aplicadas na sua escolaridade obrigatória.

1.3. ENQUADRAMENTO DIDÁCTICO

A aquisição de imagens no âmbito da Astronomia permite a utilizar e explorar a diversos níveis muitos conceitos adquiridos nas disciplinas que constam do currículo formal. De facto, muitas são as áreas do saber que recorrem, de forma mais ou menos directa, a diferentes domínios do corpo de conhecimentos da Astronomia.

Assim, podem vir a explorar-se:

- a *Física* , por exemplo:
    - a *Óptica*, ao utilizar instrumentos que vão servir para a observação e registo de imagem: "olho humano", binóculos, telescópio, máquinas fotográficas; na compreensão de que a luz visível é uma fracção mínima da radiação que atinge a Terra, etc.;
    - a *Dinâmica,* que vai fazer parte da linguagem que os alunos vão utilizar para descrever o Universo cuja constante evolução podem observar, simular ou investigar;
- a *Química* no estudo da estrutura da matéria, na compreensão de que no Universo se criam os elementos que vão ser os "tijolos" da vida e percepção do que forma as grandes estruturas das galáxias; para os alunos com escolaridade mais elevada, a interpretação dos espectros é sempre motivo para rever conceitos relacionados com a estrutura do átomo e conduzir à consciencialização de que poderemos, de facto, ser formados por "poeira das estrelas";
- a *História* sempre ligada à nomenclatura utilizada e a algumas das actividades que podem ser realizadas pelos alunos do século XXI (onde se augura a colonização de Marte), no sentido de incutir uma visão histórica desde a Astronomia grega, a partir do século VI a.C., recuando

para a arque-astronomia, passando pelos Descobrimentos onde a Astronomia foi tão necessária e, por isso, tão desenvolvida;

- a *Geografia*,, relativamente aos conceitos de latitude, longitude, coordenadas, etc.;
- a *Geologia*, na interpretação de formações geológicas observadas nos planetas rochosos ou no estudo dos meteoritos que nos podem dar pistas para a origem do nosso Sistema Solar;
- a *Língua Portuguesa* vai ser a ferramenta com que os alunos vão ter de expressar as suas opiniões, por escrito ou oralmente; os Lusíadas, obra cujo estudo se inicia no nono ano do Ensino Básico, são de interpretação difícil e quase sempre motivo de rejeição do "ler", mas algumas passagens podem ser exploradas pela procura das data, hora ou local de uma descrição, onde Camões tão bem utilizou os seus conhecimentos de Astronomia[1];
- as disciplinas de *Expressão Plástica* são um meio de representar o que se vê e sente[2]. Vão sempre estar presentes no modo como os modelos das estruturas do universo vão ser construídos e divulgados;
- as *Tecnologias Informáticas* terão sempre lugar ao longo da pesquisa de informação e do armazenamento e tratamento de dados.

Para concluir este resumo de contextos que, de modo algum, pretende ser exaustivo, falta ainda fazer menção ao facto incontestável de que a exploração de imagens no âmbito da Astronomia vai utilizar, com certeza, a *Matemática*, na aplicação de conceitos de geometria, cálculo, estatística, entre outros.

---

[1] Em Anexos ver Actividade XII
[2] Em Anexos ver Actividade XI

1.4. OBJECTIVO GERAL

Um dos objectivos da aquisição da imagem é desenvolver competências:

- desenhar o que está a ser observado a olho nu ou com um instrumento apropriado (binóculo ou telescópio) implica ter de aplicar escalas, ser um observador atento e cuidadoso, planificar a observação de modo a identificar os objectos que vão ser registados e, posteriormente, tirar conclusões sobre todo o processo;
- fazer o registo da imagem com filme ou digitalmente implica saber utilizar equipamento mais ou menos sofisticado, aplicar conhecimentos de relações tempo/quantidade de informação registada, analisar e comparar os registos efectuados com a informação obtida por investigação bibliográfica;
- no âmbito do desenvolvimento global do aluno, não podemos esquecer as competências desenvolvidas no trabalho em grupo, na partilha de ideias e conhecimentos e também o gosto pela investigação científica e pela competição da descoberta.

Outro objectivo pode ser o da exploração da própria imagem no âmbito da Astronomia, que muito mais do que uma consequência do trabalho desenvolvido para a aquisição das mesmas, pode constituir uma base para aplicação na observação, análise e interpretação de situações reais, necessárias à construção dos saberes multidisciplinares que os alunos deverão adquirir ao longo da sua escolaridade, dos quais se referiram alguns na secção 1.3.

1.5. EXPERIÊNCIA PESSOAL

Ao longo da minha vida profissional (nem sempre ligada à Educação) sempre tive contacto com a investigação e exploração de dados obtidos na realização de experiências relacionadas com factos concretos.

Durante os 25 anos de carreira como profissional de Educação, poucos foram os alunos que revelaram já terem conhecimentos e interesse em Astronomia. No entanto, desde os alunos mais novos (primeiro ciclo do Ensino Básico) até aos meus próprios colegas de profissão, falar em Astronomia sempre foi assunto motivador de diálogo e procura de respostas. Ultimamente, o desenvolvimento dos telescópios pequenos com maior qualidade, possibilitou nos últimos anos observar realmente, o que no passado só se podia ver em artigos da especialidade.

Falar de Astronomia, desde os primeiros anos de escolaridade, em particular no que respeita a olhar e contemplar o céu e a identificar as suas efemérides, tornou-se uma forma de conseguir atrair a atenção, dialogar sobre os conhecimentos de cada um e a partir daí explorar um grande número de conceitos que de outro modo se tornavam mais abstractos na sua aplicação.

A unidade didáctica "Nós e o Universo", foi introduzida recentemente no programa do oitavo ano do Ensino Básico na disciplina de Ciências Físico-Químicas. O modo como os alunos participam na discussão desta unidade levou a que a metodologia que passei a utilizar fosse direccionada para trabalho de projecto. Foi extremamente gratificante o sucesso e a forma inovadora que os alunos encontraram para apresentar os respectivos trabalhos. Daqui, a criar e dinamizar um núcleo de investigação em Astronomia, foi um processo rápido e frutuoso pois a adesão dos alunos e da comunidade escolar, apesar de não ser numerosa tem revelado muita qualidade.

Pelo exposto, pensei que seria interessante partilhar a forma como tenho orientado as actividades no âmbito da Astronomia e assim abrir perspectivas diferentes da forma de ser docente ou discente.

1.6. ORGANIZAÇÃO DESTE TRABALHO

O equipamento necessário à realização das actividades que proponho fazer é muito diversificado, de modo a existir sempre a possibilidade de explorar os conteúdos da Astronomia conforme a disponibilidade da escola.

A secção 2.1 apresenta algumas actividades possíveis de se realizarem mesmo em situações em que não exista equipamento de astronomia. Pode construir-se material muito simples para ser utilizado nas observações que feitas a olho nu e registadas com desenhos podem conduzir a uma exploração multidisciplinar do material elaborado. A observação de eclipses da Lua ou mais raramente do Sol é sempre uma ocasião para ser participada quer pelo núcleo de Astronomia quer pelos ocasionais interessados pelo fenómeno. Assistir a uma "chuva de estrelas" pode servir de problema da vida real onde as técnicas de observação e registo seguem uma metodologia científica. Uma noite de observação é muitas vezes uma situação onde se pode desenvolver o diálogo informal entre o professor e o aluno, permitindo posteriormente, um ambiente da sala de aula mais propício à aprendizagem.

Na secção 2.2 as actividades propostas são concretizadas com recurso de uma máquina fotográfica não automática (lente com abertura de, pelo menos, 1.8), com tripé e disparador manual, para registar objectos e acontecimentos no âmbito da Astronomia.

Na secção 2.3 sugere-se a realização de algumas actividades para utilizar os binóculos (apoiados num tripé) onde, recorrendo ao registo em desenho ou fotografia se pode explorar os movimentos dos satélites de Júpiter ou os pormenores que o nosso satélite não desvenda a olho nu.

Na secção 2.4 as actividades apresentadas já utilizam as potencialidades da amplificação de um pequeno telescópio (com e sem motorização). Com este recurso já se pode observar: alguns aspectos da superfície de Júpiter; o sistema

de anéis de Saturno assim como alguns dos seus satélites; identificar o planeta Urano pelo seu movimento relativo; identificar as fases de Vénus; estrelas que afinal são duplas; pontos luminosos difusos que afinal são centenas de milhares de estrelas juntas e até galáxias vizinhas. Nesta secção também se explora a imagem recorrendo a fotografias obtidas através do telescópio.

Na secção Anexos são propostas algumas actividades que podem ser realizadas seguindo as indicações de um protocolo cuja organização é explicada na secção 1.7.

1.7. APRESENTAÇÃO DAS ACTIVIDADES

A apresentação de uma actividade é constituída por uma descrição dos aspectos mais relevantes que podem ser explorados com a sua realização sendo, pontualmente, inserido em anexo um protocolo que orienta os elementos participantes na sua execução. Esta descrição está orientada da seguinte forma:

- inicia-se pelo *título da actividade* fazendo referência ao *público alvo* a quem se dirige;
- sob a forma de um *resumo* a actividade é apresentada nos aspectos mais relevantes, no que respeita às finalidades e conclusões que se pretendem tirar com a sua execução e na abordagem de alguns *conteúdos* que possam ser explorados ao longo da realização. Sempre que for necessário, o significado de termos específicos será apresentado em rodapé. Dependendo da tarefa e caso seja pertinente, poderá haver uma referência ao *passado histórico* que pode revelar como a astronomia já era desenvolvida na antiguidade e o modo como os conceitos sobre o Universo foram evoluindo;

A grande maioria das imagens apresentadas foram obtidas durante a realização de actividades com os alunos dos Núcleos de Astronomia das Escolas, nomeadamente o Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela nas actividades que utilizam a imagem através de telescópio. Quando não foi possível trabalhar com imagens obtidas pelos próprios alunos recorreu-se a imagens obtidas na Internet ou a software específico.

Todos os protocolos que fazem parte de Anexos foram organizados do seguinte modo:

- definem-se os *objectivos*;
- faz-se uma listagem de *material* a utilizar, de modo a que seja fácil decidir se a actividade pode ser realizada com os recursos da escola;

- no *procedimento experimental* descreve-se, de uma forma que procura ser clara e completa, o modo de realizar a actividade assim como a forma de registar as observações efectuadas;
- no *regista* e *investiga,* o protocolo procura fornecer quadros orientadores para o registo dos dados obtidos e sua análise posterior, de modo a conduzirem às conclusões que se pretendem com a realização da actividade;
- caso se aplique, o protocolo da actividade insere um *experimenta mais* que tem a finalidade de propor mais tarefas, onde os alunos podem aplicar as competências que desenvolveram ao longo da realização da actividade ou apresenta um questionário onde se poderá avaliar do grau de concretização dos objectivos propostos e/ou permitir um alargamento dos conhecimentos que possam estar relacionados com a actividade.

CAPÍTULO 2

2.1. ASTRONOMIA A OLHO NU

"(...) Identificar estrelas é mais ou menos tão útil (ou inútil...) como saber os nomes das flores silvestres do bosque. A navegação faz-se, hoje em dia, com satélites apropriados. Já não há senão amadores de vela que por vezes levantam os olhos para o céu a fim de se orientarem; uma ou duas constelações são suficientes para encontrarem a estrela Polar.

A verdadeira motivação é outra. Ela tem a ver com o prazer. O prazer de transformar um mundo desconhecido e indiferente num mundo maravilhoso e familiar. Trata-se de domesticar o céu para o habitar e nos sentirmos em casa.

(...) É a olho nu que é preciso começar a olhar para o céu. Como em tudo o que vale a pena será preciso tempo e perseverança. Não será suficiente identificar uma constelação para a conhecer. É preciso encontrá-la vinte vezes em regiões celestes diferentes. Progressivamente, ela integrar-se-á na paisagem, estará na nossa vida e será associada às nossas recordações. E, acima de tudo, quando voltar a época da sua visibilidade, experimentaremos ao encontrá-la, fiel, no seu lugar próprio do céu, o mesmo prazer que ao ouvir na Primavera o canto das andorinhas ou ao sentir o odor das flores das acácias."

Hubert Reeves
In Prefácio "*Pequeno Guia do Céu*"

2.1.1. A NOSSA ESCOLA E O NORTE - O Sol e as estrelas podem ajudar a descobrir onde estamos[1].

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 2.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Pode determinar-se a direcção Norte / Sul que permite relacionar a escola com os pontos cardeais.

Com a planta da escola colocada no pátio da escola, de forma a poder marcar a sombra projectada por um palito durante todo o dia.

[1] Em Anexos ver Actividade I

Ao longo do dia, a sombra do palito sobre a planta da escola, (figura 1), vai sendo menor durante o decorrer da manhã e depois aumenta novamente durante a tarde.

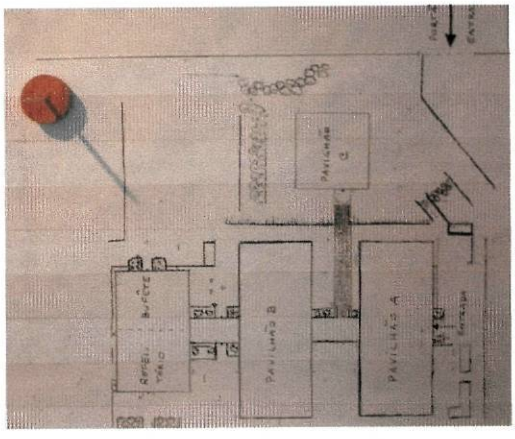


Figura 1: Sombra de um palito sobre a planta da Escola Secundária da Cidadela (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

A sombra menor é projectada quando o Sol se encontra no ponto cardeal Sul (meio dia local), apontando para o Norte geográfico. A direcção determinada permite relacionar os edifícios da escola com os pontos cardeais e portanto identificar a posição do meridiano do lugar.

O processo descrito, também permite que os alunos o possam aplicar para determinar a orientação das suas casas, e portanto identificar a posição dos pontos cardeais em relação à planta do lugar onde moram. Relacionar os pontos cardeais com o local de observação, facilita, por exemplo, a identificação no céu, de uma constelação assinalada numa carta celeste.

Na figura 2 pode ver-se **outro processo** (diferente do processo utilizado na Actividade I) para determinar a direcção Norte/Sul, processo este que utiliza a sombra projectada por um suporte universal no pátio da escola.

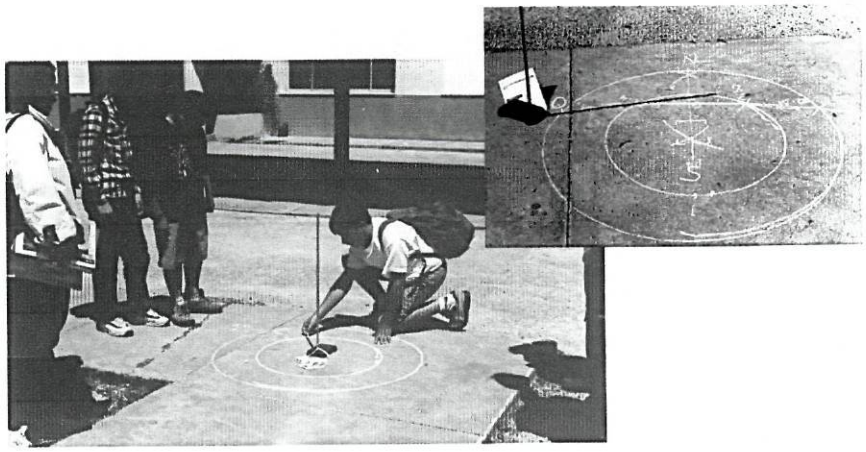


Figura 2: Determinação da direcção Norte/Sul na escola (Actividade realizada com os elementos do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária Ibn Mucana - Março de 1999).

Durante a noite pode confirmar-se a direcção Norte determinada pela posição da estrela Polar.

A realização desta actividade permite explorar conteúdos de Geometria (por exemplo, desenhar a bissectriz de um segmento de recta), de Trigonometria (por exemplo, determinar a tangente de um ângulo) e de Geografia (a rosa-dos-ventos). Mesmo a disciplina de História pode explorar conhecimentos sobre a época dos Descobrimentos, realçando a importância da Ursa Menor e do Sol para a determinação da latitude e data do ano.

2.1.2. CONHECER O CÉU - Pela minha mão posso encontrar "estradas" entre as estrelas?[1]

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do quarto ano do 1.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Numa actividade de observação nocturna podemos desenhar constelações (referenciando as separações angulares aos dedos da mão, figura 3), dos "caminhos" entre as suas estrelas de menor magnitude.

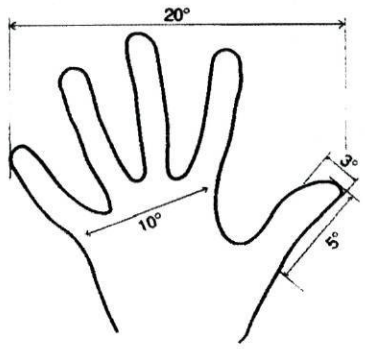


Figura 3: Com o braço estendido, a mão pode servir de escala em graus para referenciar separações angulares.

Podemos identificar alguns objectos do céu, como por exemplo, os planetas, pela característica do seu movimento em relação às estrelas.

A variação de posição relativa dos planetas, pode ser identificada nas fotografias da figura 4, onde, constatamos que Júpiter muda a sua posição relativamente à constelação do Touro (o conjunto de estrelas em forma de *V* à esquerda de Júpiter) e ao enxame aberto das Plêiades.

[1] Em Anexos ver Actividade II

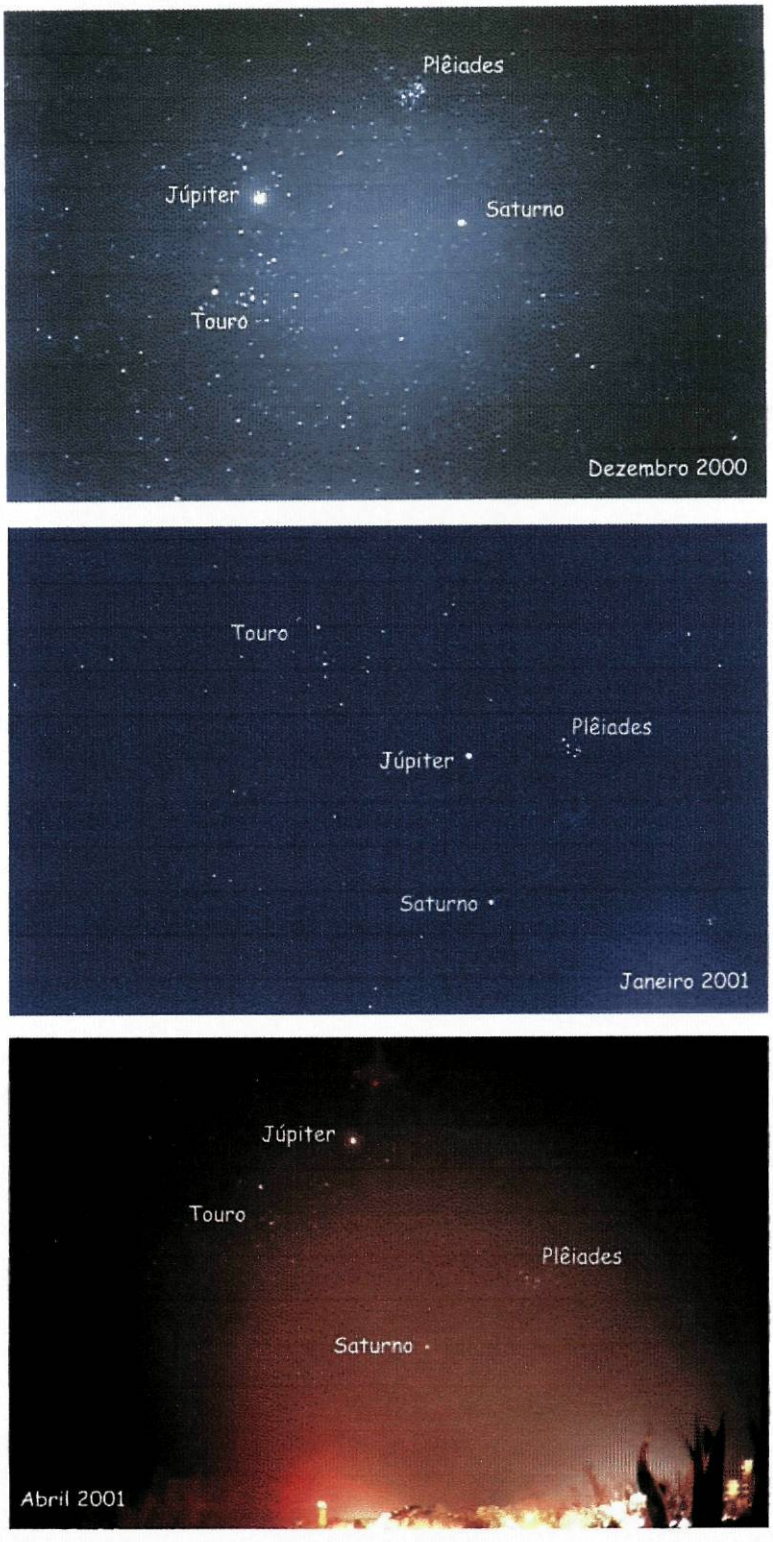


Figura 4: Constelação de Touro e Plêiades – Fotografias obtidas com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 20 s. Filme Fuji 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

Recorrendo a um software especializado podemos simular uma zona do céu, figura 5, e imprimir uma carta celeste.

Figura 5: Esquema com a constelação de Orion ao centro (Simulação obtida com o software Starry Night Pro).

O recurso a cartas celestes permite identificar as várias constelações visíveis numa determinada hora e época do ano. Desenhar a constelação utilizando a mão como escala, pode ser uma actividade que permita o desenvolvimento de capacidades de observação, resolução espacial e rigor esquemático.

O registo fotográfico vai mostrar as cores de alguns objectos celestes assim como permitir a percepção daqueles cuja magnitude é superior à do limite de visibilidade a olho nu. Este facto deve-se há integração de fotões durante a exposição prolongada (para estrelas do equador celeste, utilizando uma lente de 50mm, não se deve exceder 20 segundos de exposição, de forma a evitar que as estrelas deixem de ser pontos e se apresentem como traços que registam o movimento aparente da esfera celeste).

No exemplo da figura 6, que mostra a constelação de Orion, onde se pode ver a cor vermelha da nebulosa (de emissão) de Orion e a cor alaranjada de Betelgeuse (gigante vermelha)

Figura 6: Constelação de Orion - fotografia obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Janeiro de 2001).

A observação do céu a olho nu pode ser utilizada para explorar a nossa consciência de seres terrestres pertencentes a um sistema solar que está num cantinho da via-láctea, uma das incontáveis galáxias do Universo. Pode ser um meio, para que no futuro, haja maior participação na conservação e melhoria da qualidade de vida do nosso planeta.

Ao longo do ano, a Terra, no seu movimento de translação, vai ocupando diferentes posições onde o céu visível durante a noite se torna bastante diferente. Mesmo durante uma noite, pode constatar-se o movimento de rotação da Terra, pelo movimento aparente da esfera celeste, o que faz com que, em cada hora, haja 15° do céu que desaparecem a Oeste e 15° do céu que aparecem a Este.

Pelo exposto, orientar-se no céu, é uma tarefa que precisa da identificação das estrelas mais brilhantes e do conhecimento do método de localização "de estrela em estrela", de forma que seguindo nas diferentes direcções (figura 7), podemos observar as diferentes áreas em que o céu foi dividido (as constelações). Ter este conhecimento foi fundamental na Época dos Descobrimentos. Conhecer o céu era o único meio de conhecer a posição; quando se estava num oceano desconhecido, os marcos terrestres não existiam.

Imaginemo-nos numa cidade, onde conhecer prédios ou jardins é uma forma de nos levar de uma ponta à outra. Numa noite de observação também é preciso conhecer algumas estrelas ou constelações mais brilhantes para depois seguindo nas várias direcções podermos identificar outros astros.

Por exemplo, no nosso hemisfério é sempre importante encontrar o Norte e para isso temos de encontrar a estrela Polar, que ao contrário do que muitos pensam não é uma estrela muito brilhante, nem fácil de identificar.

Para encontrar a estrela Polar procuramos a constelação Ursa Maior, sempre visível na nossa latitude, e com estrelas de baixa magnitude, figura 7.

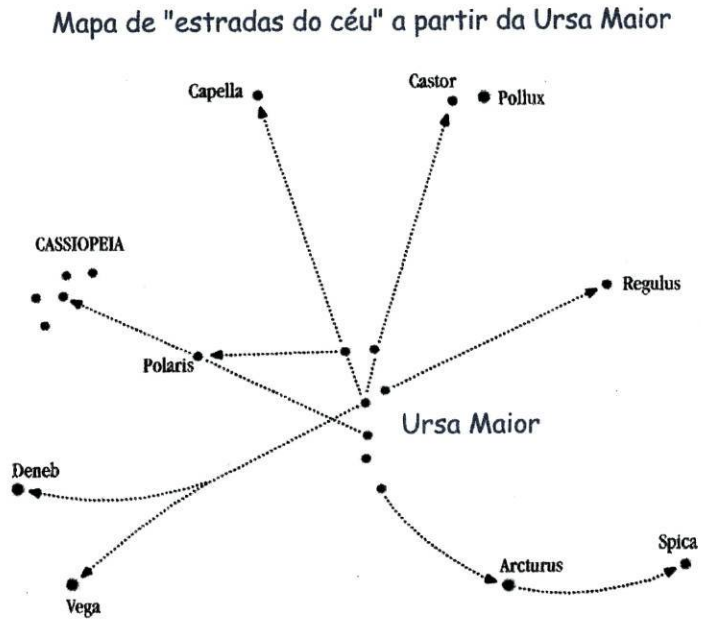


Figura 7: Esquema de uma área do céu que permite encontrar várias estrelas de baixa magnitude a partir da constelação Ursa Maior, sempre visível em Portugal (Adaptado de *Nightwatch - A Practical Guide to Viewing the Universe*).

Outros mapas para servir de orientação em diferentes épocas do ano, podem ser consultados na Actividade II.

Não podemos esquecer que a Terra, ao longo do seu movimento de translação, varia a sua posição relativamente ao Sol. Deste modo, ao longo do ano, a noite permite a observação de regiões diferentes da nossa Galáxia.

2.1.3. EXPERIMENTAR A HISTÓRIA - Como os gregos mediram distâncias e tamanhos no Sistema Solar?[1]

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 3.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Hoje podemos dizer, com toda a certeza, que o nosso planeta é praticamente esférico pois a era espacial permite observar a Terra a partir do espaço, conforme podemos ver na figura 8.

Figura 8: Imagem do sistema Terra-Lua obtida pela sonda Galileu Orbiter 1992 (Adaptado de: http://www.solarviews.com).

No entanto, em 300 a.C., os Gregos já conheciam a forma esférica da Terra. Alguns factos contribuíam para que esta hipótese tivesse sido elaborada sem a possibilidade de observar a Terra a partir do espaço. O primeiro de todos foi a constatação da curvatura da superfície terrestre quando se observavam os

[1] Em Anexos ver Actividade III

barcos a desaparecer gradualmente no horizonte: primeiro o casco e só depois as velas, mesmo estando a mar calmo.

Outra evidência da esfericidade da Terra, podia ser constatada durante os eclipses lunares: a sombra projectada pela Terra no disco lunar era sempre circular, o que só poderia acontecer se a Terra fosse esférica.

Além destes factos, os marinheiros relatavam as diferenças das alturas atingidas no céu, pelas estrelas, Lua e Sol, em diferentes latitudes.

Para além do conhecimento da esfericidade da Terra, também se sabia que o Sol devia estar muito longe do nosso planeta, pois os seus raios luminosos, ao atingirem a Terra, tinham uma direcção paralela.

Eratóstenes de Cirena (275-194 d.C.), ciente dos factos descritos anteriormente, utilizou a altura do Sol no céu para estimar as dimensões da Terra.

Sendo Director da Biblioteca de Alexandria, tinha lido que na cidade de Siena, no Alto Egipto, existia um poço cujo fundo era iluminado pelo Sol (facto que só podia acontecer se o Sol estivesse no *zénite*), uma vez por ano, no solstício de Verão. Ora, em Alexandria, o Sol nunca atingia o *zénite* e portanto existiam sempre sombras.

Mediu a sombra de um obelisco, figura 9, no solstício de Verão, quando a sombra tem o comprimento mínimo atingido ao longo do ano.

Figura 9: Gravura exemplificando o obelisco de Alexandria (Adaptado de: http//www.astro.washington.edu/labs/erathosthenes.htlm).

Sabendo que as caravanas de camelos, que andavam cerca de 100 estádios por dia, demoravam cerca de 50 dias a percorrer a distância de Alexandria a Siena, estimou que esta distância seria cerca de 5000 estádios.

Em Alexandria, Eratóstenes mediu o ângulo de 7,2° formado pelo objecto e pelos raios solares que projectavam a sombra no solstício de Verão.

Para medir o ângulo pode-se usar a tangente ou medir directamente, como se exemplifica na figura 10.

Figura 10: Medir ângulos directamente.

Considera-se o ângulo suficientemente pequeno para que a função tangente tenha o mesmo valor que o arco em radianos. Conforme se pode ver na figura 11, o comprimento do segmento $\overline{BC}$, é aproximadamente igual ao arco subentendido pelo ângulo BÔC.

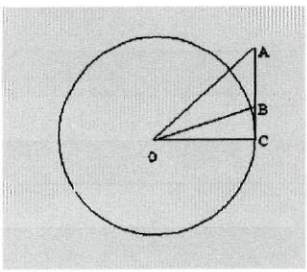


Figura 11: Aproximações para ângulos muito pequenos.

Considerando agora o esquema da figura 12, podemos perceber como Eratóstenes estimou o perímetro do meridiano que passa por Alexandria, utilizando a relação:

$$\frac{P_{meridiano}}{d_{Siena-Alexandria}} = \frac{360^{o}}{7{,}2^{o}}$$

Onde d é a distância entre Siena e Alexandria.

Como o valor do ângulo medido corresponde a 1/50 de uma circunferência, então a circunferência da Terra seria de $5\,000 \times 50 = 250\,000\,estádios$, ou seja 39 375 km (considerando que um estádio vale aproximadamente 157,5 m).

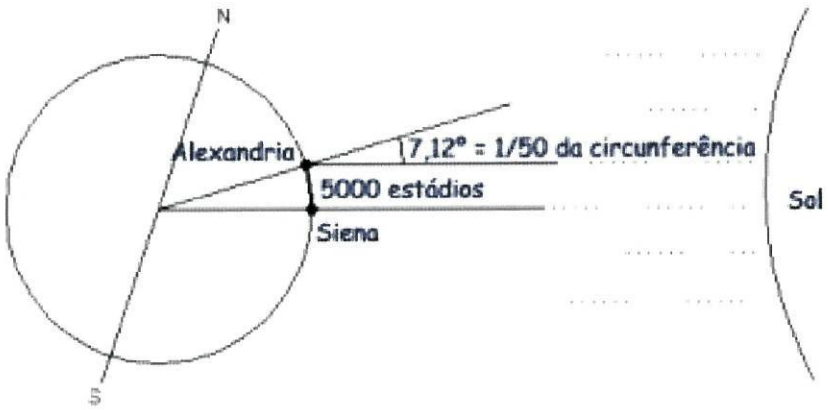


Figura 12: Esquema que representa a relação entre a sombra de um objecto em Alexandria e o raio da Terra.

O resultado obtido (tendo em conta que o valor hoje admitido é de 40 008 km, temos um erro de 1,6%) é mais significativo pelo processo utilizado do que pelo valor estimado, pois os erros que afectaram os diferentes dados em que baseou o seu cálculo compensaram-se:

- A distância entre Siena e Alexandria foi sobrestimada;
- As duas cidades não estão no mesmo meridiano;
- Siena não se encontra sobre o trópico de Câncer, mas sim mais ao norte;
- O valor do ângulo é menor do que o estimado;
- A Terra não ser esférica.

Para estimar a distância da Lua à Terra precisamos primeiro de ter ideia da relação de dimensão entre aqueles astros.

Este cálculo também foi executado à mais de 2000 anos. Aristarco de Samos (cerca de 310-230 d.C.), ao observar um eclipse da Lua, mediu o tempo que a Lua demorava a desaparecer completamente na sombra projectada pela Terra e o tempo em que a Lua se mantinha na sombra da Terra. Dividindo o segundo intervalo de tempo pelo primeiro, calcula-se quantos diâmetros lunares tem o diâmetro da sombra projectada pela Terra. Estimou que a Terra era cerca de 3 vezes maior que a Lua (note que considerando os raios do Sol paralelos, a sombra projectada pela Terra é um cilindro cujo diâmetro é o mesmo do da Terra).

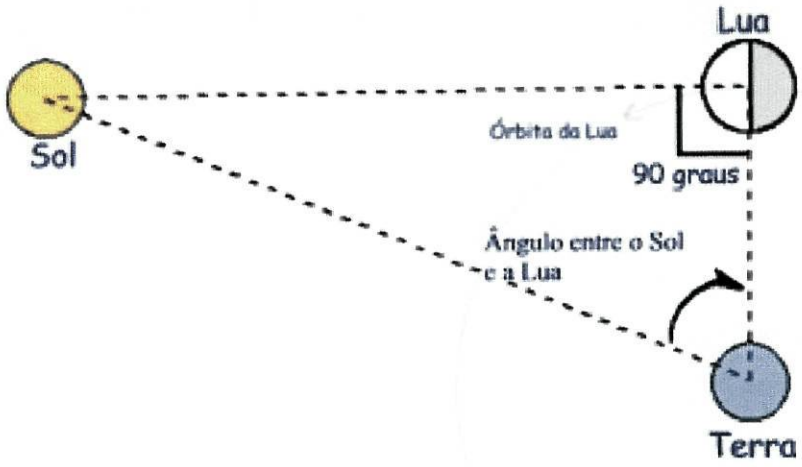
Este método incorre no erro de que nem sempre a Lua atravessa a sombra da Terra ao longo do seu diâmetro.

Aristarco de Samos viveu antes Eratóstenes e portanto só determinou a razão entre os diâmetros da Terra e da Lua.

Sabendo que a Lua no céu é observada com um diâmetro angular de aproximadamente 0,5°, pôde estimar a distância da Terra à Lua em função diâmetros lunares (aproximadamente 120 diâmetros lunares).

Conhecendo o diâmetro da Terra (sabendo o valor do perímetro de um meridiano e aplicando a relação $perímetro = 2\pi r$, facilmente se calcula o raio da Terra) podemos então ficar a conhecer o valor do diâmetro da Lua e depois estimar a distância da Terra à Lua.

Aristarco de Samos considerava que o Sol estava muito distante da Terra (já referimos anteriormente que este facto era do conhecimento dos Gregos). Então, para se apresentar ao observador com o mesmo diâmetro angular que o da Lua, devia ser muito grande e tal facto seria mais natural a Terra orbitar o Sol (pois este astro seria muito maior que a Terra) do que o contrário. Este facto



Geometria do sistema Terra-Sol-Lua na 1ª quadratura

Figura 13: Esquema que representa a geometria que permite estimar a distância da Terra ao Sol.

permitia , por um método geométrico, estimar a distância do Sol à Terra. Quando a Lua estivesse em quadratura (quarto crescente ou minguante) o ângulo Terra-Lua-Sol seria de 90°. Conforme podemos exemplificar no esquema da figura 13, sabendo a distância da Terra à Lua e medindo o ângulo Lua-Terra-Sol, (Aristarco mediu 87°), temos os parâmetros necessários para, utilizando a trigonometria, estimar a distância do Sol à Terra (Aristarco calculou $distância_{Terra-Sol} = 19 \times distância_{Terra-Lua}$).

O modelo é correcto mas na prática é muito difícil saber quando a Lua está de facto em quadratura.

O valor estimado por Aristarco foi bastante inferior ao real mas, não deixa de ter valor pela aplicação de conceitos (por exemplo a Terra orbitar o Sol), que só passado cerca de 1800 anos foram considerados correctos.

Depois de obtermos um valor para a distância da Terra ao Sol e sabendo que, figura 14, o diâmetro aparente do disco solar é quase idêntico ao diâmetro aparente do disco lunar (pode ser verificado pela existência dos eclipses totais do Sol).

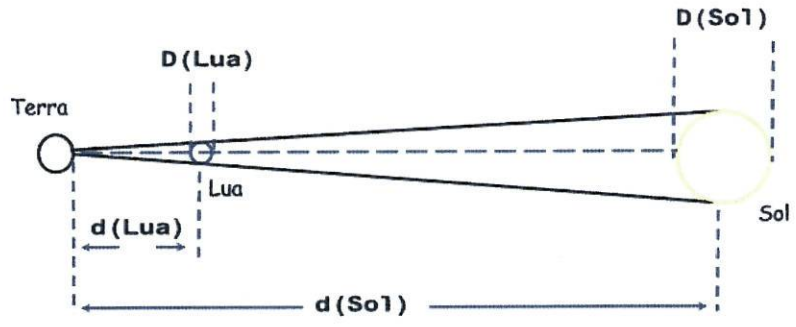


Figura 14: Esquema que mostra a semelhança entre os diâmetros aparentes do Sol e da Lua. O espaço disponível em qualquer página não permite que o desenho seja uma representação à escala.

Podemos estimar o diâmetro do Sol aplicando a relação:

$$\frac{D_{Sol}}{D_{Lua}} = \frac{d_{Sol}}{d_{Lua}}, \text{ ou seja, } D_{Sol} = D_{Lua} \times \frac{d_{Sol}}{d_{Lua}}$$

2.2. EXPLORAÇÃO DA IMAGEM NO ÂMBITO DA ASTRONOMIA

2.2.1. A MINHA CONSTELAÇÃO - Imagem de uma área do céu com recurso a máquina fotográfica apoiada em tripé e tempo de exposição até 25 segundos.

PÚBLICO ALVO: Alunos desde o 2.º ciclo do Ensino Básico.

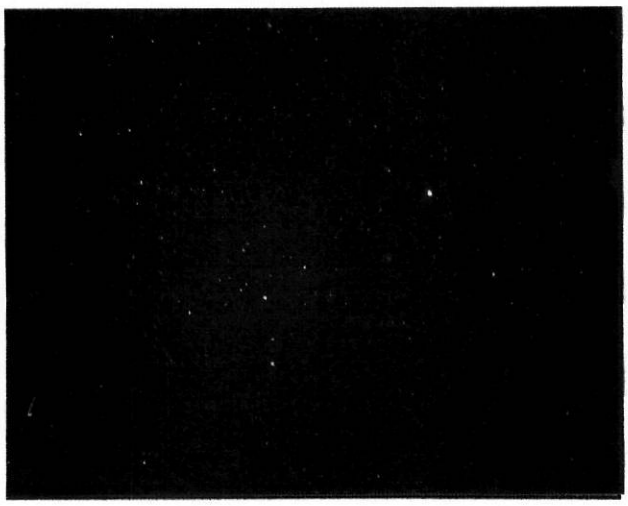
RESUMO: Cada aluno tira uma fotografia, figura 15, registando as condições em que foi efectuado (tipo de máquina, rolo, tempo de exposição, etc.). O registo é explorado através de: mitos, asterismos, etc.

Constelação: (CÃO MAIOR) CANIS MAJOR

Fotógrafo: ANA CLARA Ano: 2º Turma: D N.º 2 Idade: 14 Data: 05 / 04 / 99 Hora: 23

Marca do rolo: KODAK Sensibilidade da película: 1600 Tempo de exposição: 25 s Local de observação: ESBARRA - ALENTEJO

Condições de observação: BOA, SEM TURBULÊNCIA



Observações: A ESTRELA SIRIUS É A MAIS BRILHANTE DO CÉU, SIRIUS NÃO É, NA REALIDADE, ESTRELA MAIS BRILHANTE, MAS PARECE-NOS A NÓS PORQUE SE ENCONTRA APENAS A 8,6 ANOS-LUZ DE DISTÂNCIA M41 é um enxame aberto. Representa um dos cães de ORIÃO o outro é o Cão Menor (CANIS MINOR)

Figura 15: Folha modelo para descrever a constelação estudada (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

Há estruturas que já se podem identificar quando há maior integração de fotões, (figura 16).

Figura 16: Pormenor da figura 2 - nebulosa de Orion.

Posteriormente podemos construir uma maqueta, figura 17, da constelação como forma de divulgação dos conhecimentos adquiridos com esta actividade. Na construção da maqueta será aplicado o conceito de escala de forma a que cada estrela fique a uma distância diferente e a cor da estrela representada classifique a estrela pela sua temperatura.

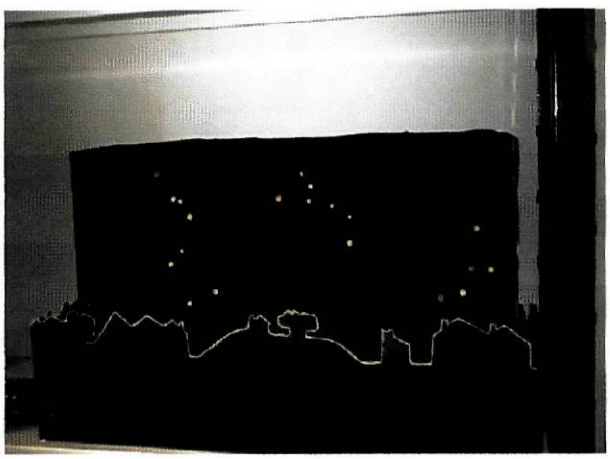


Figura 17: Caixa de constelação. Cada "estrela" está colada a uma estaca com o comprimento que represente as respectivas distâncias relativamente à Terra e tem a cor que representa o tipo de estrela (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela para o IV Fórum Ciência Viva - Março 1999).

2.2.2. *QUE CORES POSSO VER NO CÉU - Desfocar é colorir*

PÚBLICO ALVO: Alunos desde o 3.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Uma fotografia com tempo de exposição prolongado também pode ser explorada para definir melhor a cor das estrelas. Estas imagens devem ser obtidas com um tempo de exposição de cerca de 20 minutos, desfocando a máquina fotográfica ao fim de cada 3 minutos, desde o infinito até à distância mínima marcada na objectiva. O traço correspondente à estrela, com origem no movimento aparente da esfera celeste, fica cada vez mais largo e portanto a cor torna-se mais visível (figura 18).

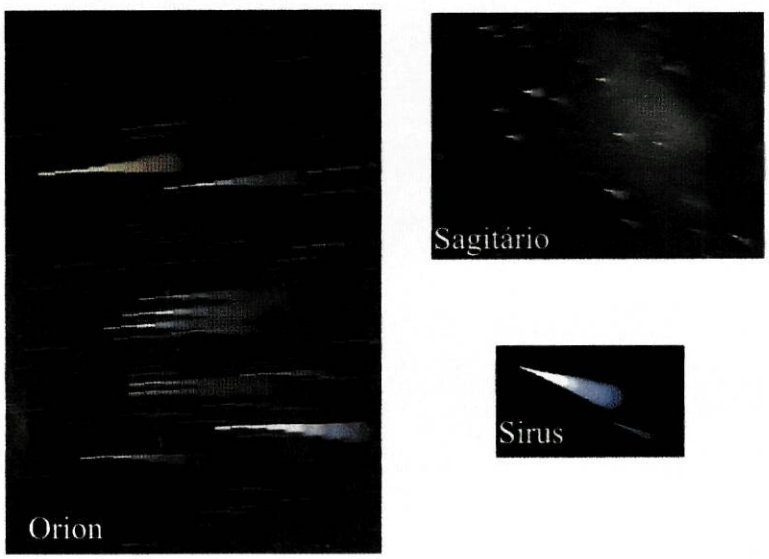


Figura 18: Imagens de constelações, obtidas com câmara reflex, 50 mm, tempo de exposição 21 min (Adaptado de Sky & Telescope -. - Setembro 1998).

Utilizando a cor das estrelas podemos inferir algumas características das estrelas como por exemplo a temperatura, figura 19,

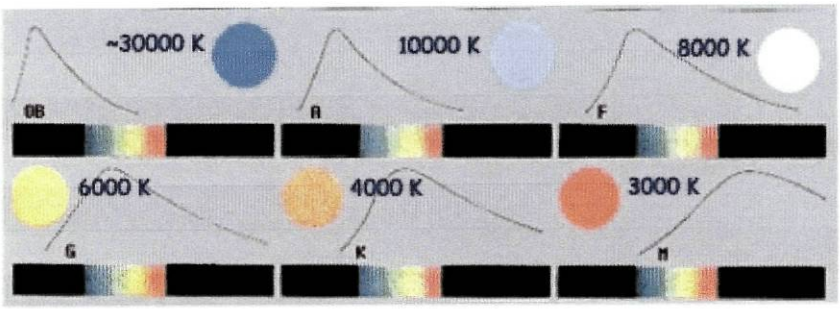


Figura 19: Esquema que relaciona a cor de uma estrela com a sua temperatura superficial e com a sua classe espectral (Adaptado de: http://www.fsc.ufsc.br).

A idade pode ser inferida pela cor, quanto mais para o vermelho mais velha é a estrela e a partir destas considerações, abordar alguns conceitos sobre "vida e morte das estrelas".

2.2.3. AS EFEMÉRIDES - Eclipses, chuva de meteoros, cometas, etc.

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 2.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: As efemérides são sempre acontecimentos que permitem o convívio, o espírito de trabalho de grupo, o gosto quer pela investigação necessária na preparação da actividade quer no tratamento dos dados e sua posterior divulgação.

Um eclipse da Lua, figura 20, é sempre uma oportunidade de rever os conceitos de movimento orbital e de como a Terra pode ocultar a luz do Sol na Lua, no caso de um eclipse lunar.

Figura 20: Eclipse da Lua de 18 de Janeiro de 2000. Sequência de fotografias desde a entrada até à saída do cone de sombra da Terra, obtidas com máquina reflex f=200 mm com tripé, abertura 4.5 e exposição automática. Filme Fuji 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

Ou da relação tão especial distâncias/dimensões do Sol, Terra e Lua, que permite que a Lua, sendo tão pequena, possa ocultar o Sol numa pequena faixa da Terra, no caso de um eclipse solar, figura 21.

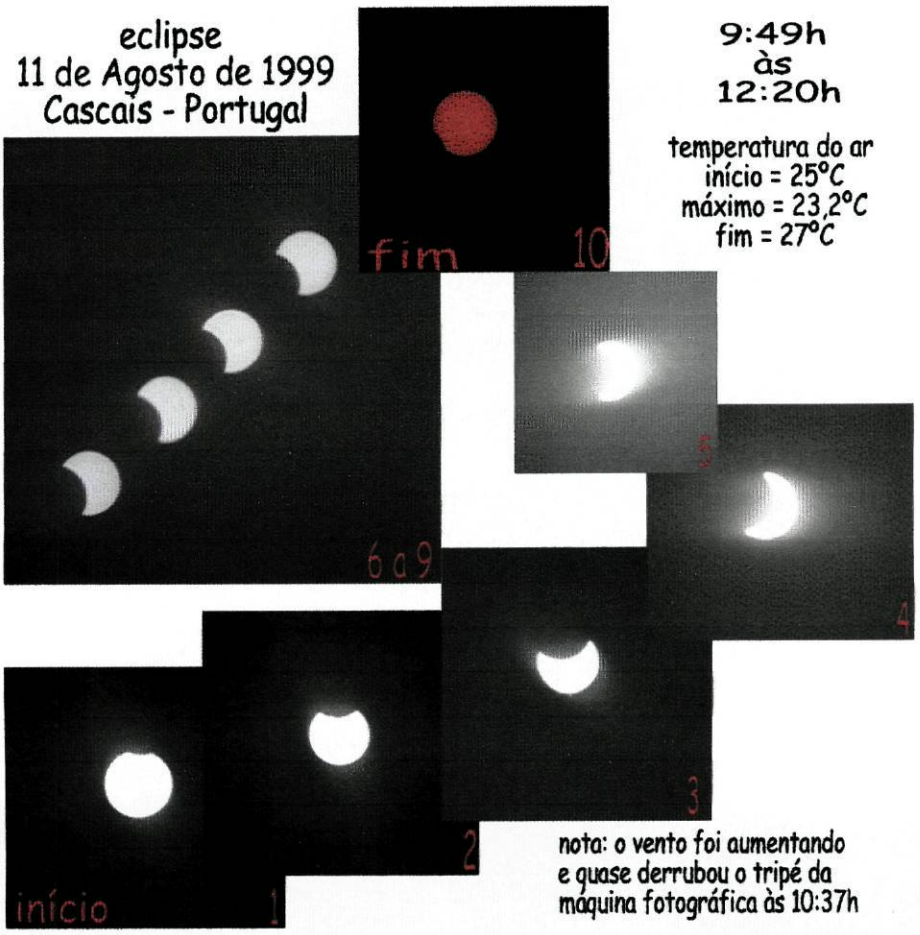


Figura 21: Eclipse total do Sol de 11 de Agosto de 1999. Sequência de fotografias obtidas com máquina reflex f=50 mm, com tripé, abertura 11 e exposição automática. Filme Fuji 200 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

Outra efeméride é uma "chuva de estrelas", nome vulgar de um fenómeno que acontece sempre que a Terra atravessa o lugar onde ficaram as partículas perdidas resultantes da aproximação de um cometa ao Sol.

Podemos ter um espectáculo como o das Leónidas, figura 22 (a Terra, no seu movimento de translação, atravessa o rasto do cometa Temple-Tuttle) onde os alunos chegaram a contar cerca de 1300 meteoros numa hora.

Mesmo quando o número de meteoros não é o esperado, a noite é sempre

Figura 22: Leónidas - 18/19 de Novembro de 1999. Fotografia de um meteoro em Touro, obtida com máquina reflex f=50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 3 min. Filme Fuji 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

uma oportunidade para que os alunos dos centros urbanos tomem contacto com um céu sem poluição luminosa, onde o reconhecimento das constelações familiares se torna um desafio, tantas são as estrelas visíveis.

Outro fenómeno raro, é a passagem de um cometa suficientemente luminoso para que se possa observar a olho nu. Em 1997 tivemos a passagem do cometa Hale-Bopp, figura 23, que proporcionou meses de um céu diferente.

Quem olhasse para Oeste, pouco depois do sol se pôr, à direita de

Figura 23: Cometa Hale-Bopp - fotografia em Cassiopeia, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 20 s. Filme Fugi 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Básica Visconde de Juromenha - 1997).

Cassiopeia, observaria que o cometa Hale-Bopp ocupava cerca de 10° do céu e podíamos distinguir a cabeleira e, em algumas fotografias, as duas caudas (a de iões e a de poeiras).

2.2.4. OBJECTOS DO CÉU PROFUNDO - mesmo sem amplificar podemos identificar enxames abertos nebulosas e galáxias...

PÚBLICO ALVO: Alunos desde o 2.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: O recurso à integração da luz por meio de fotografia com exposição de cerca de 20 s (para evitar que as estrelas fiquem registados com um traço, devido ao movimento aparente da esfera celeste), num filme com sensibilidade de pelo menos 400 ASA, permite a "descoberta" de alguns objectos do *céu profundo*[1]:

Todas as imagens desta secção foram obtidas em actividades realizadas pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela.

Por exemplo nebulosas, figura 24.

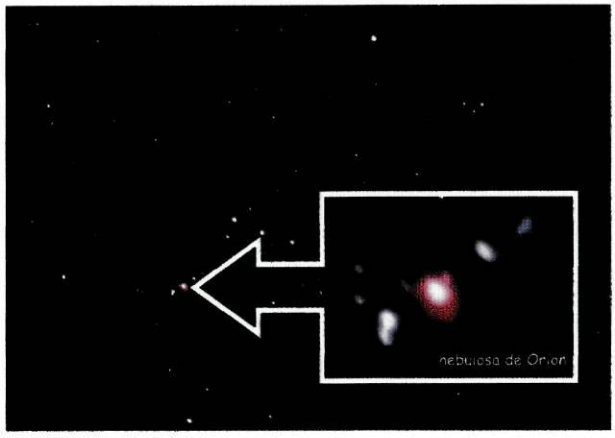


Figura 24: Constelação de Orion - fotografia da nebulosa de Orion, M42, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Janeiro de 2001.

[1] Objectos astronómicos que não pertencem ao Sistema Solar nem são estrelas individuais.

Por exemplo enxames abertos, figura 25.

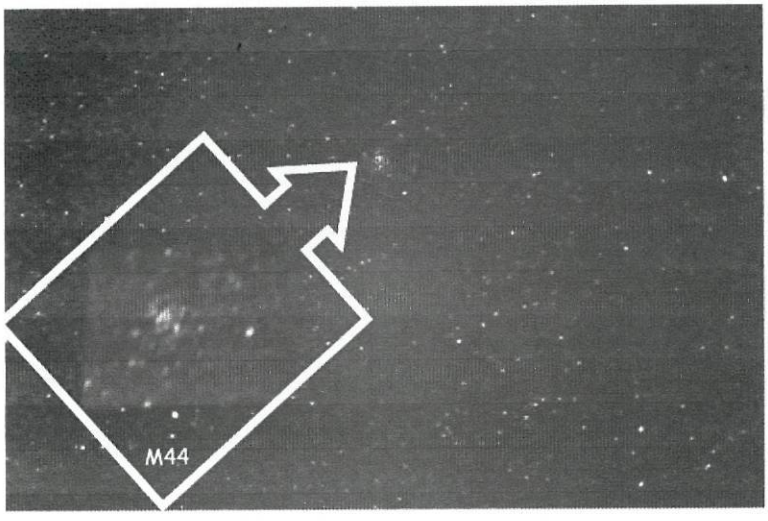


Figura 25: Constelação de Caranguejo - fotografia do enxame aberto de Presépio, M44, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Janeiro de 2001.

Por exemplo galáxias, figura 26.

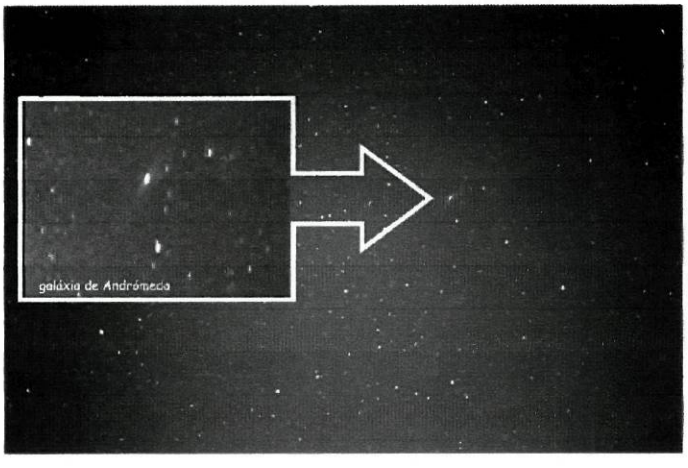


Figura 26: Constelação de Andrómeda - fotografia da galáxia de Andrómeda, M31, obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Dezembro de 2000.

Para se fazer a identificação dos objectos do céu profundo ou de estrelas menos conhecidas, pode recorrer-se a software que simula o céu numa determinada data, hora e local, ou a cartas celestes.

Figura 27: Constelação de Ursa Maior - simulação obtida pelo software Starry Night Pro, do céu no horizonte Norte, em Lisboa, às 22 horas locais de 15 de Outubro de 2000.

Comparando a figura 27, com a imagem real da constelação, figura 28, podemos identificar as estrelas e os objectos do céu profundo registados na fotografia,

Figura 28: Constelação de Ursa Maior - fotografia obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 25 s. Filme Fuji 800 ASA. Outubro de 2000.

A fotografia da constelação Ursa Maior pode servir como escala para se relacionar milímetros numa fotografia com graus de separação angular no céu (para a nossa latitude, a constelação de Ursa Maior é uma constelação sempre visível e com bastantes estrelas de baixa magnitude facilmente observáveis em céus com alguma poluição luminosa). Conhecendo as separações angulares entre algumas estrelas podemos construir uma escala em graus, figura 29.

Se, na imagem da figura 29, os 5° de separação angular entre Merak e

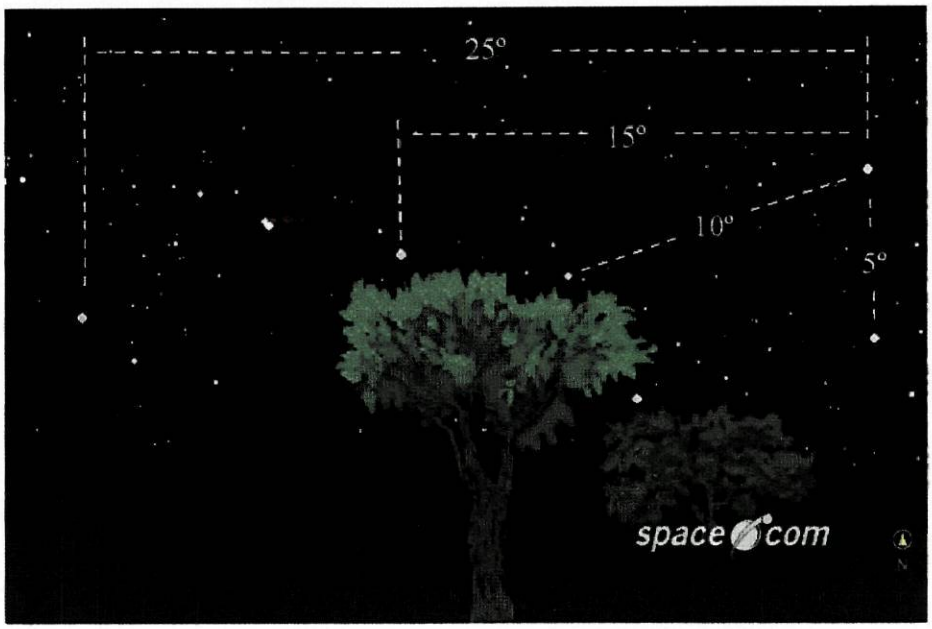


Figura 29: Esquema obtido a partir de uma simulação no Starry Night Pro onde estão indicadas algumas separações angulares.

Dubhe corresponderem a 22 mm na fotografia da figura 28, podemos estabelecer uma escala (válida para todas as fotografias obtidas com a máquina fotográfica que foi utilizada para obter a fotografia da figura 28) para estimar distâncias angulares, aplicando a relação:

$$(no\ céu)^{\circ} = (na\ fotografia)mm \times \frac{5^{\circ}}{22\ mm} \qquad [1]$$

Por exemplo a imagem da região da constelação de Sagitário na figura 30,

Figura 30: Marte e Constelação de Sagitário (Junho de 2001). Fotografia cedida por João Basílio.

pode ser explorada, figura 31. no âmbito da Astronomia.

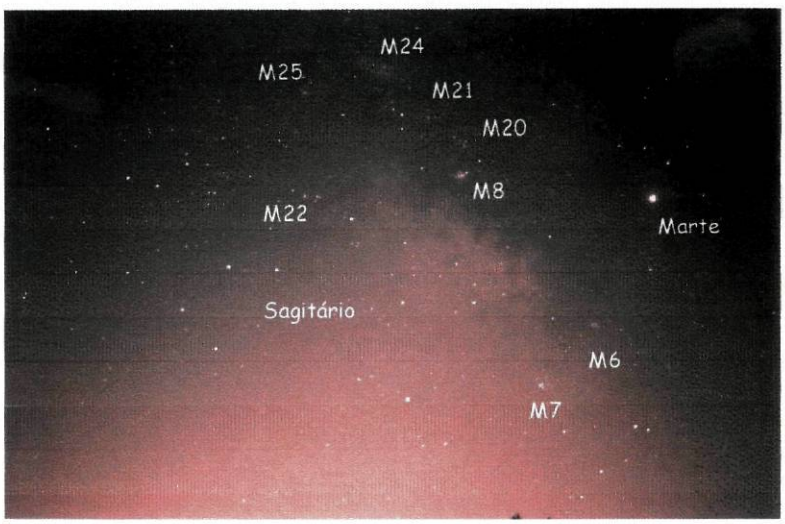


Figura 31: Identificação dos objectos do céu profundo registados na imagem, por comparação com uma carta celeste. Fotografia cedida por João Basílio.

Podemos estimar a distância angular entre Marte e M8 medindo a separação em milímetros na fotografia e aplicando a relação [1] obter a separação em graus no céu.

2.2.5. A TERRA GIRA - A imagem da Ursa Menor regista o movimento aparente da Esfera Celeste.

PÚBLICO ALVO: Alunos desde o 2.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Uma das formas através das quais é possível inferir do movimento de rotação da Terra assenta na obtenção de uma fotografia da Ursa Menor, figura 32.

Figura 32: Constelação de Ursa Menor - fotografia obtida com máquina reflex 50 mm com tripé, abertura 1.8 e exposição de 15 min. Filme Fuji 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Janeiro de 2001).

Esta imagem, deve ser obtida utilizando uma máquina fotográfica reflex com uma lente objectiva que permita registar a constelação por inteiro (ou pelo menos o asterismo[1] facilmente reconhecível), apoiada num tripé e com disparador que possibilite um tempo de exposição entre 10 e 60 minutos. Uma imagem deste tipo permite obter um registo das estrelas que nos aparece na forma de traços que correspondem ao movimento aparente da esfera celeste.

---

[1] Pequenos conjuntos de estrelas dentro de uma constelação (*As três Marias*) ou figuras auxiliares definidas com estrelas de várias constelações (*O Triângulo de Verão*).

Será, também, interessante, registar a data, a hora e o local de obtenção da fotografia.

A partir da imagem da figura 32, para além da percepção do movimento de rotação da Terra, é possível obter outras informações.

2.2.5.1. **Período de rotação da Terra**

Vamos determinar qual o centro dos arcos de circunferência registados:

- desenhar, com o auxílio de um compasso e de uma régua, a bissectriz de dois ou três arcos;
- o ponto de encontro dos segmentos de recta que representam as bissectrizes indica o pólo celeste.

O centro correspondente aos arcos não deve coincidir com a estrela Polar, pois esta, actualmente, está desviada cerca de 4' do pólo celeste.

Em seguida, com um transferidor, medimos o ângulo que corresponde a diferentes traços (note-se que, quanto maior a distância ao centro, maior será o comprimento do arco). Fazemos a média dos valores obtidos para reduzir o erro introduzido.

Conhecido o ângulo médio, m, e o tempo de exposição da fotografia, Δt, podemos calcular o período de rotação, T, através da equação:

$$T = \frac{\Delta t \times 360}{m} \qquad [2]$$

onde,

T = período do movimento de rotação da Terra (horas);

Δt = tempo de exposição da fotografia (em horas);

m = ângulo médio correspondente aos arcos medidos (em graus).

2.2.5.2. **Velocidade angular de rotação da Terra**

Com o resultado obtido em [2] podemos calcular a velocidade angular de rotação, *W*:

$$W = \frac{360}{T}$$

onde,

W = velocidade angular de rotação experimental (em graus/hora).

O valor obtido pode ser comparado com o resultado teórico de 15 graus/hora correspondente ao total de 360 graus nas 24 horas do dia.

Utilizando o mesmo processo, se tirarmos fotografias centradas nos quatro pontos cardeais, (por exemplo na figura 33 a máquina fotográfica aponta para SW), podemos ter a percepção dos paralelos celestes.

Figura 33: Traços de estrelas no Cabo da Roca. A Constelação de Orion está por cima do rochedo mais a Oeste sendo importante notar que as estrelas do "cinturão de Orion" têm, aproximadamente, declinação zero e portanto indicam o equador celeste.

(Adaptado de www.milcores.pt/jr_daybreak2000).

O movimento de rotação das guias da constelação Ursa Menor pode servir para estimar a hora de observação. Esta constelação sempre foi utilizada para orientação pois a sua posição no céu muda durante o ano e ao longo da noite. O nocturlábio, figura 34, é um instrumento simples que permite compreender a importância da Ursa Menor para a orientação, durante a noite, na época dos Descobrimentos.

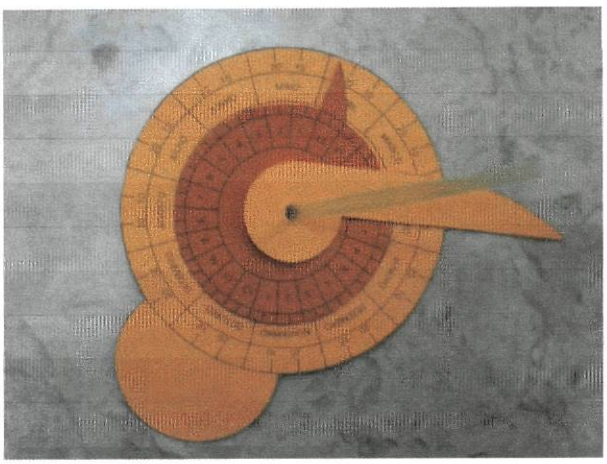


Figura 34: Nocturlábio construído pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela segundo protocolo fornecido pelo Programa Ciência Viva.

O instrumento deve ser calibrado para a época do ano, rodando os dois círculos graduados até marcar correctamente o dia e o mês correspondentes à data da observação.

Segurando o nocturlábio pelo semicírculo sem graduação, na vertical, devemos ver a estrela Polar pela palhinha, *o*, para colocarmos a peça mais longa, apontador, *b*, na direcção de Kochab (estrela β da constelação de Ursa Menor).

Depois é só ver qual é o valor que o apontador, *b*, assinala no círculo graduado. Este valor indica a hora da observação (figura 35).

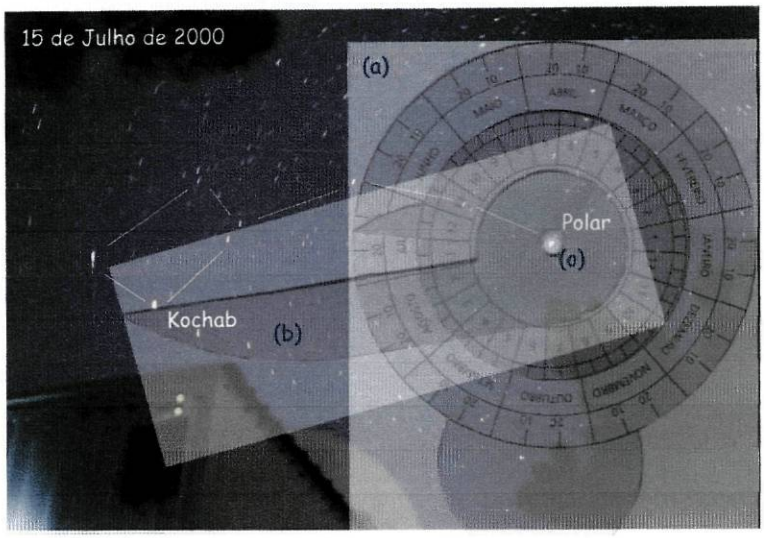


Figura 35: Esquema para utilizar o nocturlábio. Os círculos graduados, *a*, devem marcar o mês e o dia da observação. Pelo orifício, *o*, vemos a estrela Polar. O apontador, *b*, está na direcção de Kochab e marca no disco graduado a hora da observação.

2.2.6. TRANSLAÇÃO NO SISTEMA SOLAR - De que forma a Lua muda o seu aspecto?[1] Porquê o movimento retrogrado de Marte?

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 4º ano do 1.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: A Lua é sempre um dos objectos do céu mais interessantes de observar, quer pela sua proximidade o que permite facilmente a sua observação a olho nu ou com tele-objectivas (figura 36), quer pela variedade de aspectos (fases) que vai revelando ao longo da sua órbita à volta da Terra.

A observação das fases lunares é uma actividade muito fácil de realizar pois

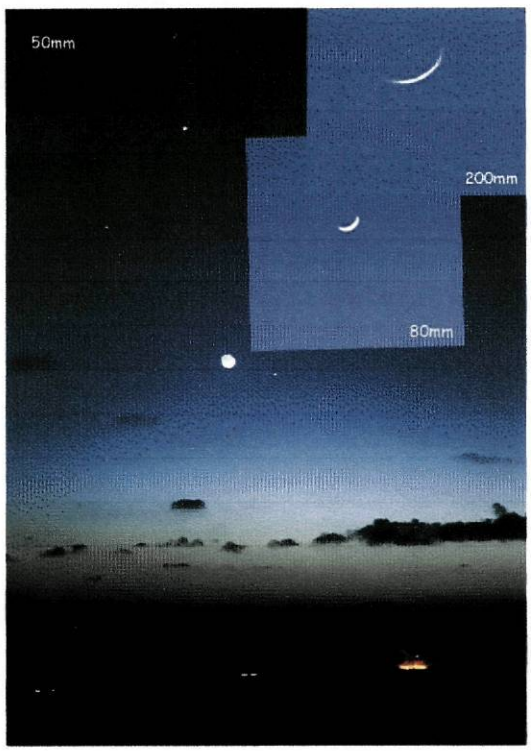


Figura 36: Lua crescente, Júpiter e Saturno em 25 de Abril de 2001. Fotografia obtida com máquina reflex e zoom, abertura 4.6 e exposição automática. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

a regularidade com que a Lua se mostra aos olhos dos observadores na Terra

[1] Em Anexos ver Actividade IV.

todos os meses permite repetir uma determinada tarefa, caso não tenha sido possível a sua concretização, no dia escolhido.

Esta actividade desenvolve a capacidade de abstracção do aluno para poder inferir da relação entre a posição relativa Lua/Terra/Sol e a iluminação do disco lunar.

Observar a Lua ao longo de uma lunação[1], permite reconhecer alguns aspectos mais significativos da superfície lunar, como os mares e as montanhas, que por serem formados por materiais diferentes reflectem mais ou menos a luz do Sol.

A posição da Lua na sua órbita em torno da Terra pode ser esquematizada na figura 37.

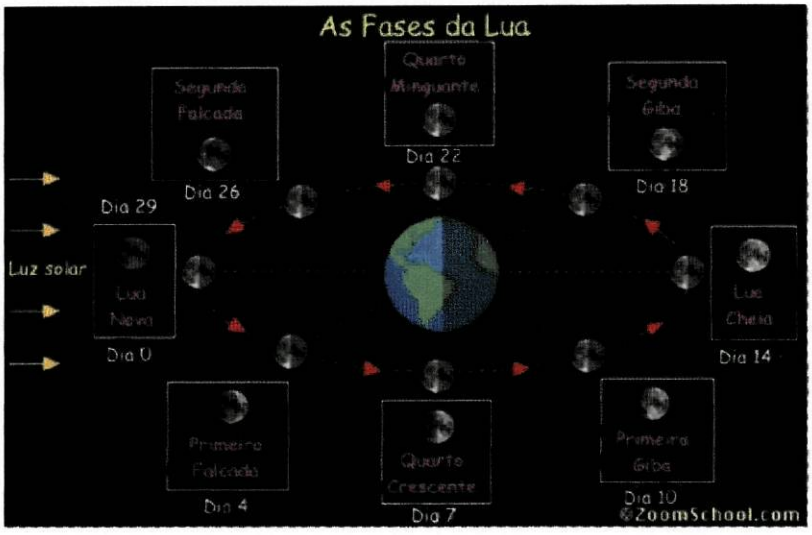


Figura 37: Esquema adaptado que permite relacionar a posição da Lua e o aspecto que mostra à Terra.

Os alunos percebem que o nosso satélite apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra, pois não notam variação na posição relativa das áreas claras e escuras. Este facto deve-se, ao período ser o mesmo para o movimento de translação e para o movimento de rotação. Mas quando se observa a Lua através

[1] Tempo necessário para que a Lua regresse à mesma fase (29,5 dias)

de um telescópio (capítulo 2.4.2) constatamos que na realidade podemos ver mais de 50% da sua superfície.

As fases da Lua são uma consequência do movimento de translação e podem, também, ser observadas e registadas nos outros planetas. São mais evidentes nos planetas interiores que como na Lua mostram desde a *fase cheia* até à *fase nova* passando por todas as outras (constatar as fases de Vénus e a sua variação de diâmetro angular (figura 65) foi para Galileu mais uma prova do sistema heliocêntrico)

Tendo os planetas órbitas cada vez mais afastadas do Sol menores são as suas velocidades orbitais. Neste sentido a posição do planeta em relação à Terra dá origem a movimentos curiosos, figura 38.

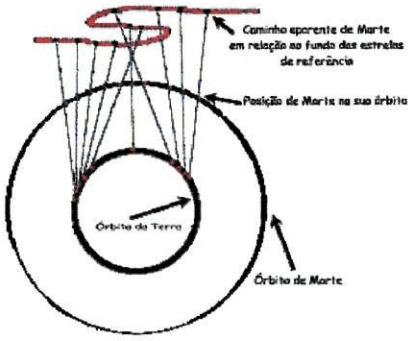


Figura 38: Esquema que permite visualizar a causa do movimento retrógrado aparente de Marte (Adaptado de: http//:www.fsc.ufsc.br).

Parece que o planeta volta para trás, em relação ao fundo de estrelas tomadas como referência, no seu caminho - *movimento retrógrado.*

Podemos registar com alguma facilidade o *movimento retrógrado* de Marte, pois é o planeta exterior mais próximo da Terra. Neste sentido o movimento retrógrado projecta-se na região do céu oposta ao Sol, contrariamente ao que se

passa com os planetas interiores e é mais amplo do que para os planetas exteriores mais afastados.

Fotografando Marte como se fez na figura 30, com intervalos de tempo de cerca de 15 dias, no período anterior à conjunção até depois desta, podemos constatar que o planeta muda o sentido do seu movimento em relação a uma estrela (por exemplo, na figura 39, Antares, estrela α da Constelação Escorpião a Oeste de Marte) ou em relação a uma constelação (na figura 30 podemos considerar, por exemplo, a constelação de Sagitário a Este de Marte). Não tendo possibilidade de fotografar o planeta pode simular-se o movimento recorrendo a um software especializado, figura 39.

Figura 39: Simulação obtida pelo software Starry Night Pro, do movimento retrógrado do planeta Marte em 2001. A vermelho está registado o caminho seguido pelo planeta em relação às estrelas que servem de referência.

2.2.7. *O SOL DESAPARECE - Numa fase de um eclipse do Sol, qual a percentagem da área oculta do disco solar?*[1]

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 9º ano do 3.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: A Lua, ao realizar o seu movimento de translação, pode ocultar a luz do Sol numa pequena faixa de alguns quilómetros sobre a superfície da Terra e dar origem a um eclipse do Sol. Os eclipses solares têm lugar devido a uma série de circunstâncias que relacionam distâncias entre os astros com os respectivos tamanhos. Todos os meses, a Lua passa entre o Sol e a Terra, mas, devido à inclinação da sua órbita (≈ 5º em relação à eclíptica), a maioria das Luas Nova não tapa a luz do Sol sobre a Terra, portanto, não dá origem a um eclipse.

Um observador, vê o Sol eclipsado, quando está numa região da superfície da Terra atingida pelo cone de sombra (vê um eclipse total do Sol) ou pelo cone de penumbra (vê um eclipse parcial do Sol). Dado que os planos das órbitas da Terra e da Lua não coincidem e o facto das suas órbitas serem elípticas faz com que varie a distância relativa do Sol, da Terra e da Lua. Assim, o observador pode ver diferentes tipos de eclipses do Sol:

- se o Sol está mais perto e a Lua mais afastada, o disco desta não cobre totalmente o disco solar, dando origem a um *eclipse anular* na zona de observação atingida pelo cone de sombra e, como sempre, a um *eclipse parcial* na zona atingida pelo cone de penumbra;
- se o Sol está mais longe e a Lua mais perto, o disco desta cobre totalmente o disco solar, dando origem a um *eclipse total* na zona de observação atingida pelo cone de sombra e, como sempre, a um *eclipse parcial* na zona atingida pelo cone de penumbra.

---

[1] Em Anexos ver Actividade V

Pelos factos anteriormente descritos, um eclipse do Sol é sempre um fenómeno raro e só visível em pequenas áreas da superfície da Terra.

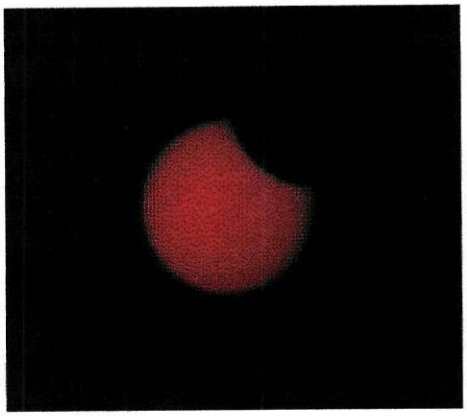


Figura 40: Sol parcialmente eclipsado em 11 de Agosto de 1999 - - fotografia obtida com máquina reflex, f/50 mm, com filtro. Filme Kodak 200 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

No entanto, o recurso do registo de imagem na Internet ou mais raramente, como no caso do eclipse do Sol de 11 de Agosto de 1999, figura 40, que foi visível em algumas regiões da Europa, permite a sua exploração aplicando conhecimentos de trigonometria que os alunos já têm a partir do 9º ano de escolaridade.

Durante um eclipse podemos registar a evolução da ocultação do disco solar pela Lua. Este fenómeno é faseado desde o primeiro contacto dos dois discos até à ocultação completa do disco solar (caso do eclipse total do Sol) passando por todas as fases intermédias como se exemplifica na figura 41.

Consideremos o esquema da figura 41, para calcular a percentagem oculta do disco solar.

Figura 41: Esquema da ocultação do disco solar pela Lua.

Podemos estimar a porção do disco solar que está oculta, se considerarmos que a área oculta é uma função do ângulo ao centro AÔB (figura 42).

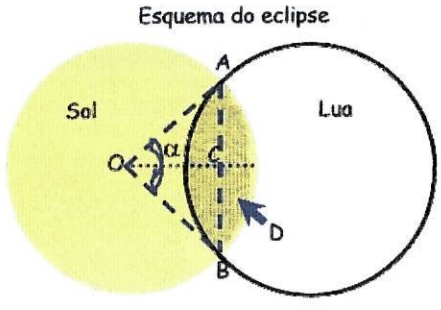


Figura 42: Esquema que relaciona a área oculta *D* com o ângulo α.

A área *D* que fica oculta, figura 42, é o dobro da área, *E*, do disco solar (figura 43).

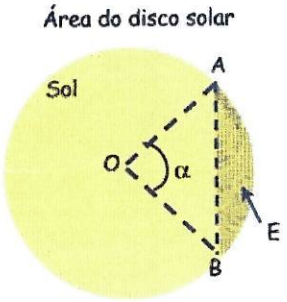


Figura 43: Esquema do disco solar que mostra a área *E*, que representa metade da área oculta.

Para estimar o valor da área, *E*, temos de considerar a área, *G*, do sector circular formado pelo ângulo α em radianos na figura 44.

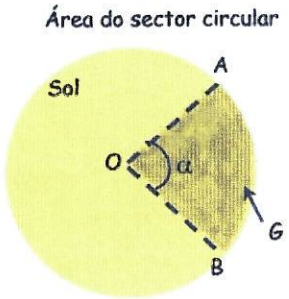


Figura 44: Esquema que representa a área, *G*, do sector circular definido pelo ângulo α.

Calcula-se esta área, *G*, pela a relação:

$$G = \frac{\pi}{360}\alpha \times r^2 \qquad \text{com } \alpha \text{ em graus}$$

Depois de estimar a área, *G*, do sector circular representado na figura 44, vamos calcular a área, *T*, do triângulo AOB esquematizada na figura 45.

Para calcular a área, *T*, do triângulo AOB, vamos atentar no triângulo AOF.

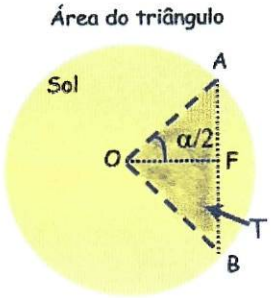


Figura 45: Esquema que representa a area, *T*, ao triângulo AOB.

Neste triângulo:

$$\frac{\overline{AF}}{\overline{OA}} = sen\frac{\alpha}{2} \qquad [3]$$

e

$$\frac{\overline{OF}}{\overline{OA}} = \cos\frac{\alpha}{2} \qquad [4]$$

Consideremos agora a área, *T*, do triângulo AOB:

$$T = \frac{\overline{AB} \times \overline{OF}}{2} = \overline{AF} \times \overline{OF}$$

Utilizando as relações [3] e [4], a equação anterior reduz-se a:

$$T = \overline{OA} sen\frac{\alpha}{2} \times \overline{OA}\cos\frac{\alpha}{2}$$

com $\overline{OA} = r$ toma a forma: $T = r^2 sen\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}$

Sabendo que *sen 2α = 2 senα cosα*, podemos escrever:

$$T = \frac{r^2}{2} sen\alpha$$

Podemos agora estimar a área, *E*, da figura 42:

$$E = G - T$$

$$E = \frac{\pi}{360}\alpha \times r^2 - \frac{r^2}{2} sen\alpha$$

$$E = \frac{r^2}{2}\left(\frac{\pi}{180}\alpha - sen\alpha\right)$$

como para a área oculta temos $D = 2 \times E$

podemos escrever:

$$D = r^2\left(\frac{\pi}{180}\alpha - sen\alpha\right) \qquad \text{com } 0^o \le \alpha \le 180^o$$

então a área visível pode ser estimada pela equação:

$$Área\ visível = \pi r^2 - D = r^2\left(\pi - \frac{\pi}{180}\alpha + sen\alpha\right) \qquad \text{com } 0^o \le \alpha \le 180^o$$

a percentagem da área oculta calcula-se pela relação:

$$P_{oculta} = \frac{r^2\left(\frac{\pi}{180}\alpha - sen\alpha\right)}{\pi r^2} \times 100$$

$$P_{oculta} = \frac{\frac{\pi}{180}\alpha - sen\,\alpha}{\pi} \times 100$$

$$P_{oculta} = \left(\frac{\alpha}{180} - \frac{sen\alpha}{\pi}\right) \times 100$$

A percentagem da área oculta do disco solar em função do ângulo AÔB medido, está resumida na tabela 1:

Tabela 1: Percentagem da área oculta do disco solar em função do ângulo ao centro correspondente.

$A\hat{O}B$	30°	60°	90°	120°	150°	180°
P_{oculta}	0,8%	5,7%	18%	39%	67%	100%

Podemos calcular a percentagem da área visível do disco solar pela expressão:

$$P_{visível} = \frac{r^2\left(\pi - \frac{\pi}{180}\alpha + sen\alpha\right)}{\pi r^2} \times 100$$

$$P_{visível} = \frac{\pi - \frac{\pi}{180}\alpha + sen\alpha}{\pi} \times 100$$

$$P_{visível} = \left(1 - \frac{\alpha}{180} + \frac{sen\alpha}{\pi}\right) \times 100$$

2.3. A ASTRONOMIA COM BINÓCULOS

Observar com binóculos, é o segundo passo para conhecer o céu. Permite observar com mais pormenor as crateras na Lua e, se os binóculos estiverem fixos num tripé (para reduzir a vibração provocada pelo movimento involuntário dos braços), já podemos ver os satélites de Júpiter, começar a detectar objectos do céu profundo que sejam mais extensos e de maior brilho como algumas nebulosas, muitos enxames abertos e até a galáxia de Andrómeda começa a mostrar-se como uma mancha alongada difusa.

O binóculo mais utilizado na observação astronómica é o modelo 7x50 (o primeiro número indica a amplificação e o segundo representa o diâmetro de uma das objectivas em milímetros).

Com esta objectiva pode-se *captar 51 vezes mais luz* do que podemos receber a olho nu, cuja pupila tem uma diâmetro máximo de 7mm:

$$\frac{Área\ da\ ojectiva}{Área\ da\ pupila\ (máx)} = \frac{\pi R^2}{\pi r^2} = \frac{25^2}{3{,}5^2} = 51$$

Nas condições ideais de observação, isto é, com baixa poluição luminosa, talvez observemos estrelas até à magnitude[1] 10, enquanto na observação a olho nu o limite é até à magnitude 6. Deste modo, as cerca de 2000 estrelas que se podem ver a olho nu num determinado momento, podem aumentar para cerca de 40000 estrelas visíveis.

Outra vantagem dos binóculos consiste na sua *amplificação*. Quando, por exemplo, se diz que um binóculo *amplia 7 vezes (7x)*, isto significa que um

[1] Magnitude: escala onde uma estrela de magnitude n é 2,512 vezes mais brilhante que uma estrela de magnitude $n+1$.

objecto observado através desse binóculo passa a ser visto com um tamanho aparente 7 vezes superior ao que tinha à vista desarmada.

Na observação com binóculos os alunos devem estar preparados para o aspecto com que vão observar os objectos escolhidos. Devem saber que as imagens que estão nos livros de Astronomia, são obtidas com grandes telescópios, tempos de exposição longos e tecnologia digital. Os binóculos devem servir de ferramenta para descobrir o que por vezes fica registado numa fotografia com algum tempo de exposição (como por exemplo nas figuras 48, 49, 50 e 51) ou então procurar objectos assinalados nas cartas celestes. Neste sentido, as tabelas 2, 3, 4 e 5 indicam alguns objectos do céu profundo que se podem observar com binóculos, para os quais são indicadas as respectivas coordenadas celestes[1], figura 46.

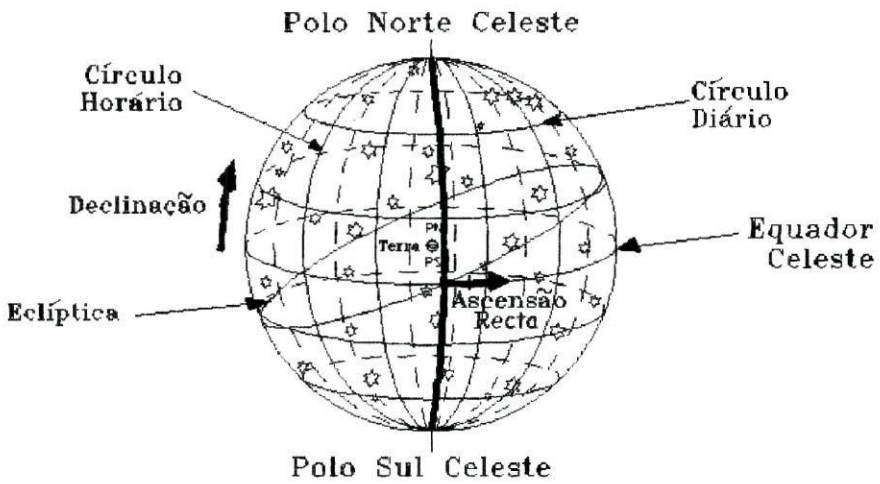


Figura 46: Esquema da esfera celeste onde estão representados os círculos de referência das coordenadas equatoriais. Adaptado de: http://www.fsc.ufsc.br.

[1] Sistema de coordenadas muito semelhante às coordenadas geográficas que permite referenciar a posição de um objecto na esfera celeste tomando por base um círculo fundamental, como por exemplo, o equador celeste, nas coordenadas equatoriais.

2.3.1. ENXAMES E BERÇOS DE ESTRELAS

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 2.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Nas tabelas 2, 3 e 4, estão indicados alguns objectos interessantes de observar numa dada região do céu em latitudes próximas da nossa, bem como a época do ano mais favorável para o fazer:

Tabela 2: Objectos que se podem observar com binóculos no Inverno (ascensão recta[1] entre 1 e 7 horas).

Declinação[2] superior a 30° N	*Perseus* Enxame aberto duplo de Perseu *Andromeda* Galáxia de Andrómeda
Declinação entre 0° e 30° N	*Gemini* Enxame aberto M35 *Taurus* Enxame aberto das Plêiades Enxame aberto das Híades
Declinação entre 0 e 30° S	*Canis Major* Enxame aberto M41 *Monoceros* Enxame aberto NGC2232 *Orion* Nebulosa de Orion, M42

[1] Medida de arco sobre o equador celeste (0 a 24 h), a partir do ponto vernal, para Este, até ao meridiano que passa pelo objecto (figura 46).

[2] Medida de arco (-90° a 90°) do meridiano que passa pelo objecto, desde o equador celeste até ao objecto considerado (figura 46).

Tabela 3: Objectos que se podem observar com binóculos na Primavera (ascensão recta entre 7 e 13 horas).

Declinação entre 0° e 30° N	*Cancer* Enxames abertos Presépio *Coma Berenices* Enxame aberto Cabeleira de Berenice
Declinação entre 0 e 30° S	*Puppis* Enxame aberto M47

Tabela 4: Objectos que se podem observar com binóculos no Verão (ascensão recta entre 13 e 19 horas).

Declinação entre 0 e 30° S	*Sagittarius* Enxame aberto NGC6530 e Nebulosa Lagoon Enxame globular M22 Enxame aberto M25 *Scorpius* Enxame aberto M7 Enxame aberto Borboleta Enxame aberto NGC6231

Tabela 5: Objectos que se podem observar com binóculos no Outono (ascensão recta entre 19 e 1 horas).

Declinação superior a 30° N	*Cyganus* Enxame aberto M39

Realizar uma actividade cujo objectivo é observar, com binóculos, objectos do céu profundo, como por exemplo nebulosas (algumas, como por exemplo M42, são regiões de formação de estrelas) ou enxames abertos de estrelas (agrupamento de estrelas relacionadas que se originaram na mesma nuvem de hidrogénio), permite desenvolver capacidades de orientação espacial e o gosto pela descoberta tão fundamental no ensino das ciências experimentais.

A observação com binóculos, também aplica técnicas de leitura de mapas e utiliza o método de localização "de estrela em estrela" explicado na secção 2.1.2, como se pode ver na figura 47.

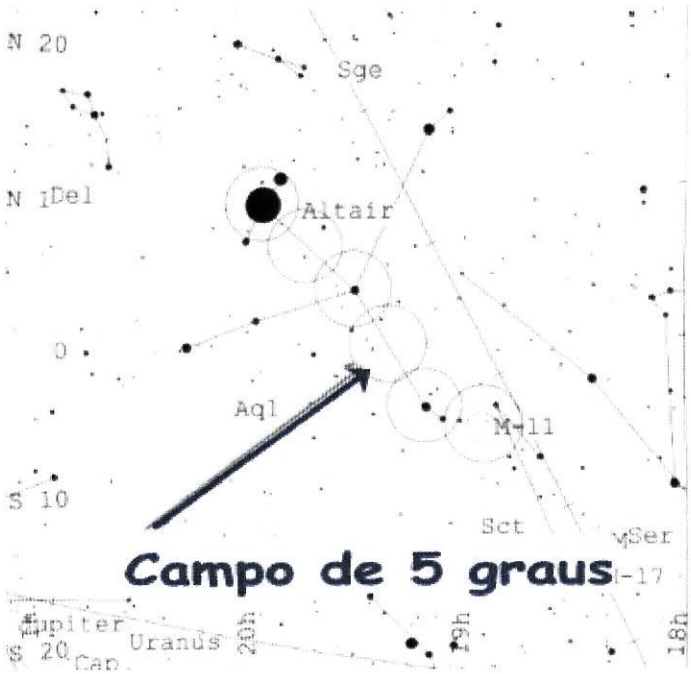


Figura 47: Esquema que mostra o processo de encontrar M11 (enxame aberto Pato Selvagem na constelação de Escudo) a partir de Altair, uma estrela fácil de encontrar por ter baixa magnitude.

Ao aplicar processo, "de estrela em estrela", os alunos desenvolvem capacidades para trabalhar com campos de observação reduzidos e cartas celestes pormenorizadas, que vão ser muito úteis quando iniciarem a observação com telescópio.

As figuras seguintes são exemplos do aspecto que alguns objectos celestes têm quando são observados com binóculos.

Por exemplo a **galáxia** espiral Andrómeda, uma das galáxias mais próxima da nossa, mostra o aspecto da figura 48.

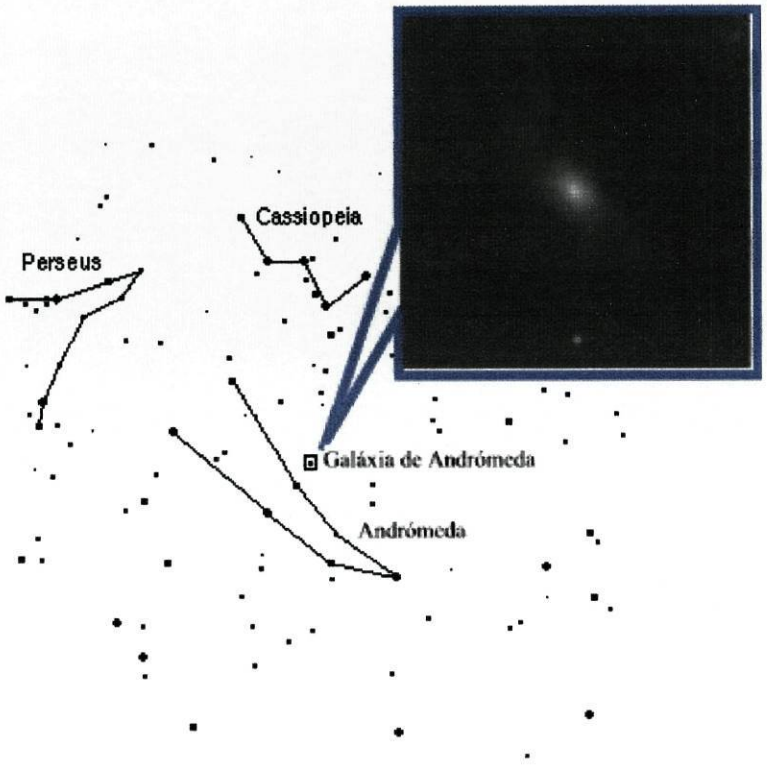


Figura 48: M31 - galáxia de Andrómeda observada com binóculos.
Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com/binosky/binosky.html.

Uma **nebulosa**, figura 49, tem o aspecto de uma mancha leitosa, cuja cor vermelha (característica do hidrogénio), só é revelada numa fotografia com algum tempo de exposição (ver figura 31).

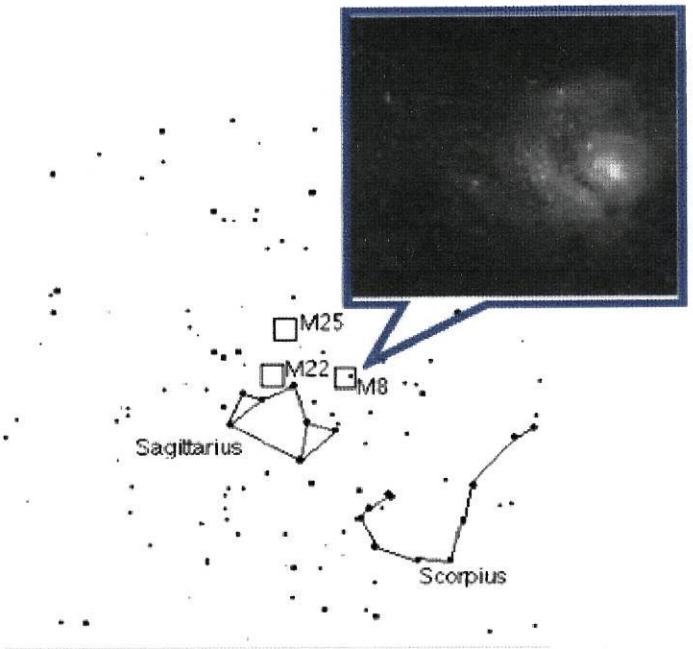


Figura 49: M8 – Nebulosa de emissão Laguna observada com binóculos.
Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com/binosky/binosky.html.

Os **enxames abertos** são agrupamentos de estrelas mais ou menos dispersos. São objectos do céu profundo que, pelo seu diâmetro angular, não se podem ver no seu todo quando observados por um telescópio, pelo que a amplificação dada pelos binóculos é mais adequada para a sua observação.

Podemos ver um exemplo do aspecto de um **enxame aberto** jovem, figura 50, onde ainda é possível ver a nébula que deu origem às estrelas.

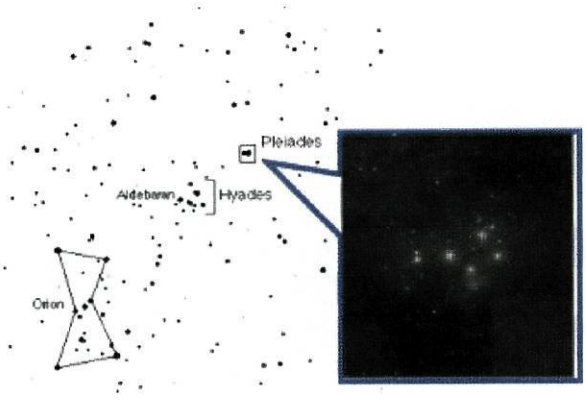


Figura 50: M45 – enxame aberto de Plêiades observado com binóculos. Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com/binosky/binosky.html.

O **enxame** duplo de Perseu, figura 51, é também um objecto muito interessante de observar através dos binóculos e, em locais com baixa poluição luminosa, pode ser percebido a olho nu, como uma mancha luminosa entre Cassiopeia e Perseu.

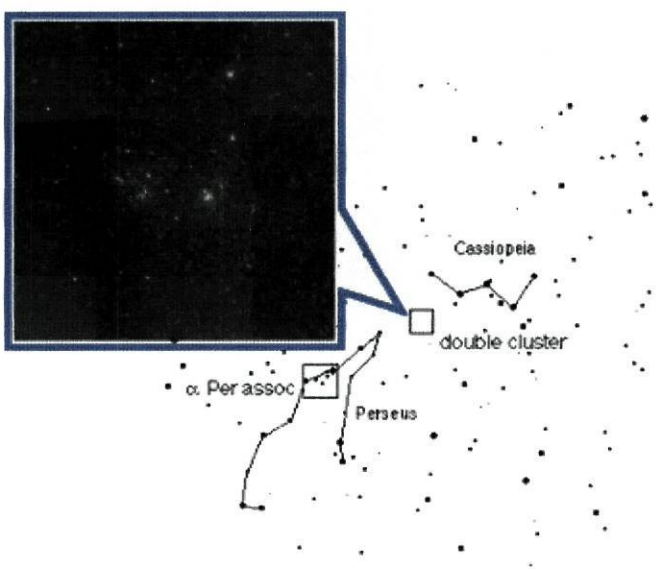


Figura 51: Enxame duplo de Perseu observado com binóculos. Esquema adaptado: http://www.lightandmatter.com/binosky/binosky.html.

2.3.2. AS "LUAS" DE JÚPITER E OS MARES NA LUA

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 2.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Os binóculos já permitem realizar algumas observações impossíveis de fazer a olho nu.

Nem sempre é fácil fotografar através de binóculos o que não impede que a observação não possa ser registada desenhando os objectos visíveis no campo dos binóculos. Mesmo porque, antes do advento da fotografia, desenhar era o único processo de registar as observações.

Esses registos permitiram tomar conhecimento das observações feitas por Galileu do movimento relativo dos satélites de Júpiter, das manchas na superfície do Sol e dos relevos lunares.

2.3.2.1. Luas de Júpiter

A observação do planeta Júpiter com binóculos, figura 52, já permite distinguir os seus quatro maiores satélites tal como Galileu o fez.

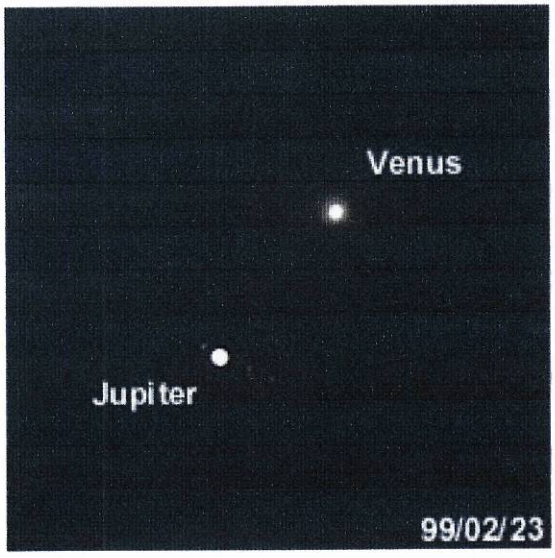


Figura 52: Observação através de binóculos de satélites de Júpiter. Imagem cedida por António Cidadão.

Se fizermos observações, espaçadas no tempo, dos satélites galelianos, podemos constatar a variação da sua posição relativa.

Desenhar a posição dos satélites de Júpiter em relação ao planeta central, como está exemplificado na figura 53, pode ser uma actividade a realizar com os alunos.

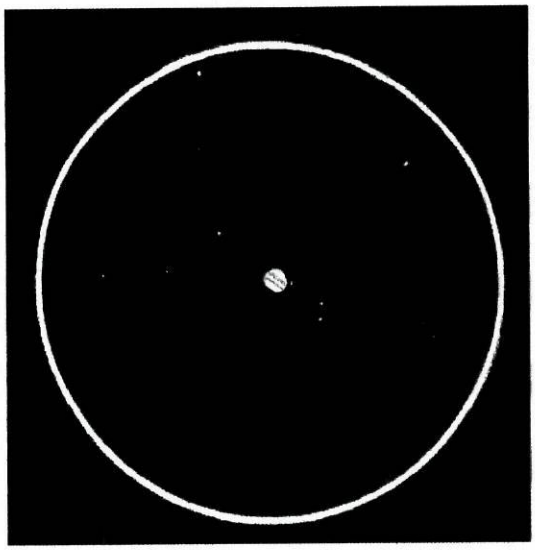


Figura 53: Desenho de Júpiter observado com binóculos. Esquema adaptado: http://www.comnet.ca/~nowlan/heaven/planets/.

2.3.2.1. **Mares na Lua**

Outro corpo celeste que, quando observado com binóculos, revela sempre novos aspectos ao longo de um mês, é a Lua.

Na observação a olho nu já se podiam perceber zonas mais claras e zonas mais escuras na superfície da Lua, mas, a sua observação com binóculos, figura 54, permite ver com mais pormenor os aspectos diferenciados e realçados pela inclinação dos raios solares ao longo das fases da Lua.

Já se conseguem distinguir melhor as crateras de impacto e os mares, mais escuros, devido à sua natureza basáltica.

Figura 54: Fotografia da Lua cheia obtida por projecção de uma das oculares do binóculo (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

2.4. ASTRONOMIA COM PEQUENO TELESCÓPIO

Observar o céu com um pequeno telescópio permite "espreitar" um pouco do Universo que, até recentemente, era apenas visível para os profissionais que tinham acesso aos grandes telescópios. Porém, hoje, já é possível, ter numa escola instrumentos que pela sua qualidade, permitem, além da observação, obter imagens em película ou em CCD[1].

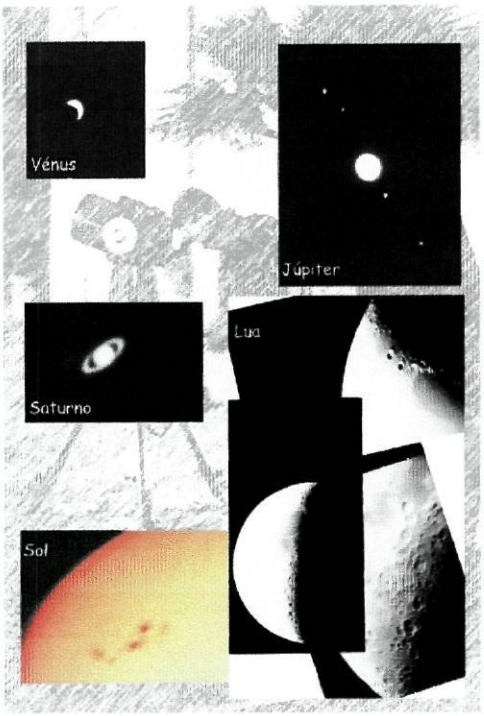


Figura 55: Imagens de Vénus, Júpiter, Saturno, Lua e Sol, obtidas durante observações realizadas pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela (1999-2001).

A figura 55 mostra algumas imagens obtidas com um telescópio LX200, f/10, motorizado, utilizando oculares de 10 mm ou 25 mm de distância focal (as imagens do Sol[2] foram obtidas com um filtro Thousand Oaks 2+).

---

[1] Charge Coupled Device

[2] **Nunca se deve olhar directamente para o Sol** a olho nu e muito menos através de qualquer instrumento de amplificação. Deve optar-se por métodos de observação indirecta ou utilizar um filtro de qualidade.

A utilização de um telescópio deve ter por base o conhecimento de algumas características ópticas do instrumento.

A *abertura* de um telescópio é o diâmetro da objectiva:

- no caso dos telescópios reflectores, figura 56 e 57, a objectiva é um espelho situado na parte posterior do tubo óptico.

Figura 56: Telescópio reflector de Newton.

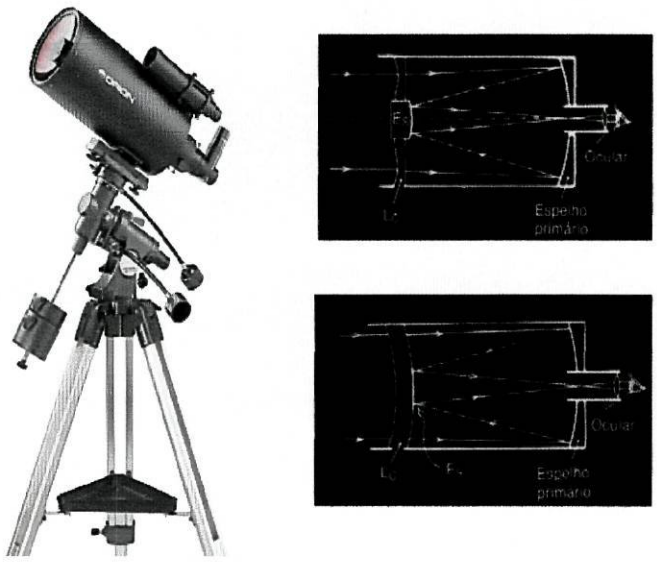


Figura 57: Telescópio catadióptrico. O esquema superior representa o tipo de Schmidt-Cassegrain e o esquema inferior o tipo de Maksutov--Cassegrain.

- no caso dos telescópios refractores, figura 58, a objectiva é uma lente situada na parte anterior do tubo óptico.

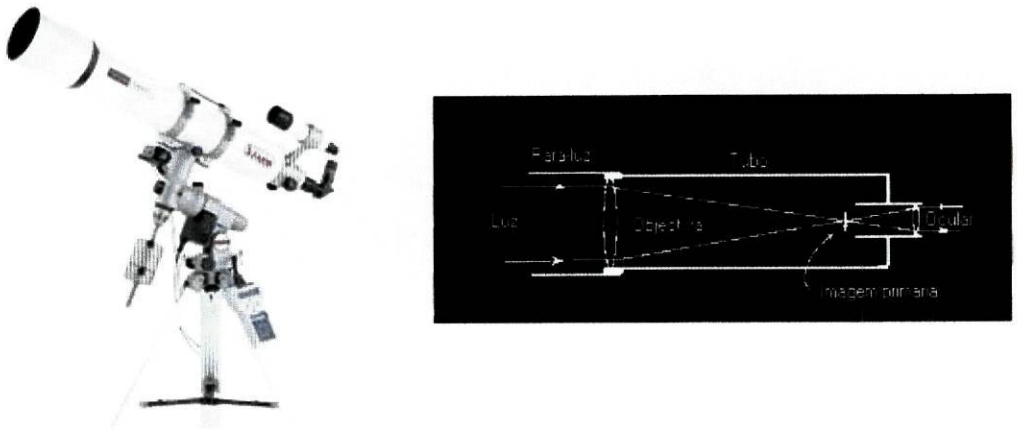


Figura 58: Telescópio refractor.

A *distância focal* do telescópio está associada ao comprimento do tubo óptico. A *distância focal* da objectiva é a distância entre a objectiva e o plano focal enquanto a *distância focal* da ocular é a distância da ocular e esse mesmo plano.

A *abertura*, relacionada com a quantidade de luz que o instrumento pode captar e a *distância focal* da objectiva, são dois valores importantes para o cálculo da *amplificação angular*, do *poder resolvente* e da *razão focal* do telescópio:

- *amplificação angular* de um telescópio depende da ocular utilizada. Sendo f a *distância focal* da ocular e F a *distância focal* da objectiva podemos estimar a *amplificação* A do telescópio pela expressão:

$$A = \frac{F(mm)}{f(mm)}$$

Podemos então dizer que o objecto observado está aumentado *A vezes.*

A *amplificação* só por si não é importante pois muito aumento com baixa captação de luz não permite observações com qualidade (ver **tabela 6**).

- *poder resolvente* é um valor importante, na medida em que indica o limite (separação angular mínima) para se observar dois objectos distintos. A expressão que permite calcular o *poder resolvente*, PR, de um telescópio está relacionada com o diâmetro da objectiva, D:

$$PR = \frac{116}{D(mm)} \qquad \text{em segundos de arco}$$

- A *razão focal* de um telescópio relaciona a *distância focal* da objectiva, F, com o diâmetro da objectiva, D:

$$F/D = \frac{F(mm)}{D(mm)}$$

é uma característica que permite saber se um telescópio é "rápido" (F/D < 6) ou "lento" (F/D > 10):

  - o primeiro, para a mesma ocular capta mais luz e tem maior campo de visão e portanto nas astrofotografias (para objectos do céu profundo, normalmente pouco luminosos) precisa de menos tempo de exposição;
  - o segundo com um campo de visão menor e baixa luminosidade é conveniente para a observação de planetas.

Outra grandeza útil é a *magnitude limite* que também está relacionada com a abertura do telescópio.

Na tabela 6 apresenta-se uma tabela com exemplos de características ópticas de telescópios mais comuns:

Tabela 6: Exemplos de características ópticas de alguns telescópios

Diâmetro da objectiva	Poder de resolução	Magnitude máxima	Amplificação máxima aconselhada
50mm	2,32"	10,3	100x
80mm	1,45"	11,3	160x
100mm	1,20"	12,0	200x
150mm	0,77"	12,7	300x
200mm	0,57"	14,0	400x

2.4.1. *OS PLANETAS - Aspectos da superfície, satélites e fases*[1]

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 3.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: O telescópio é um instrumento fundamental para a observação mais pormenorizada dos planetas. Os três planetas mais distantes do Sistema Solar só podem ser observados com telescópio: Urano, cuja magnitude está no limite da visibilidade a olho nu, reduz-se a um pequeno disco verde azulado; Neptuno mostra-se como um minúsculo globo esverdeado no campo de um telescópio de 200 mm e uma amplificação de pelo menos 200x; Plutão só se consegue observar num telescópio com pelo menos 250 mm de distância focal que usualmente não faz parte do equipamento de uma escola.

2.3.2.1. **Júpiter**

Quando se tenta registar a imagem de Júpiter numa película fotográfica há que estabelecer o compromisso entre obter uma imagem não saturada do disco de Júpiter ou obter a imagem dos satélites.

Figura 59: Júpiter - imagem obtida por projecção da ocular, telescópio LX200 amplificada 100x com adaptador para máquina reflex e exposição de 5 s. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Abril de 2001).

[1] Em Anexos ver Actividade VI

No caso da fotografia da figura 59, a imagem do disco de Júpiter ficou saturada mas os satélites galileanos aparecem bem definidos.

Uma observação menos atenta poderia levar-nos a concluir que dos quatro satélites registados na figura 59, o mais próximo de Júpiter corresponderia a Io, depois Europa, Ganímedes e por fim o mais afastado Calisto. Se obtivéssemos outra imagem com um intervalo de tempo de 2 horas, o satélite que tivesse modificado mais a sua posição relativa, seria Io. Por outro lado também pode inferir-se que o menos brilhante será Calisto (pois dos quatro galileanos é o de menor albedo[1]).

Comparando com a simulação, figura 60, obtida no software Starry Night Pro podemos identificar os satélites.

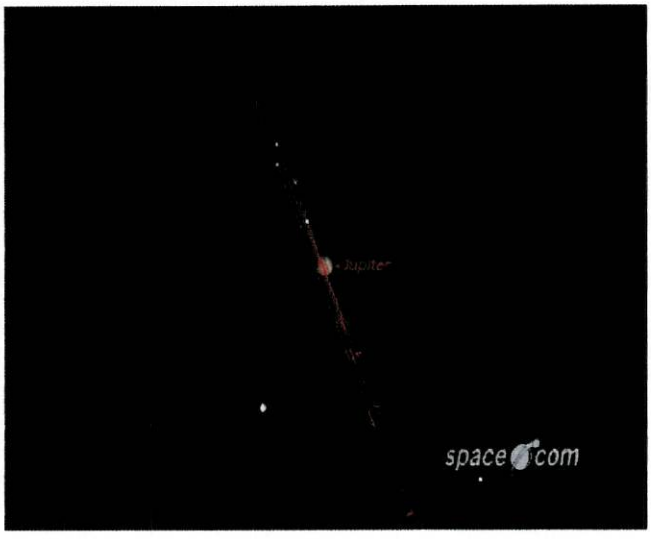


Figura 60: Simulação, obtida pelo software Starry Night Pro, de Júpiter observado através de uma ocular de 10 mm. Neste Software pode escolher-se a amplificação, o dia, a hora, o local e se se pretende visualizar as órbitas dos satélites para se poderem identificar.

Assim, pela ordem de afastamento crescente a Júpiter temos: Io, Europa, Calisto (pelo seu brilho menor foi uma hipótese certa) e Ganímedes.

---

[1] Fracção da radiação incidente que um planeta reflecte para o espaço.

Se a escola possuir uma câmara CCD podem obter-se imagens de Júpiter com grande definição, figura 61, as quais permitem identificar alguns aspectos da superfície joviana como por exemplo as bandas, a grande mancha vermelha, etc..

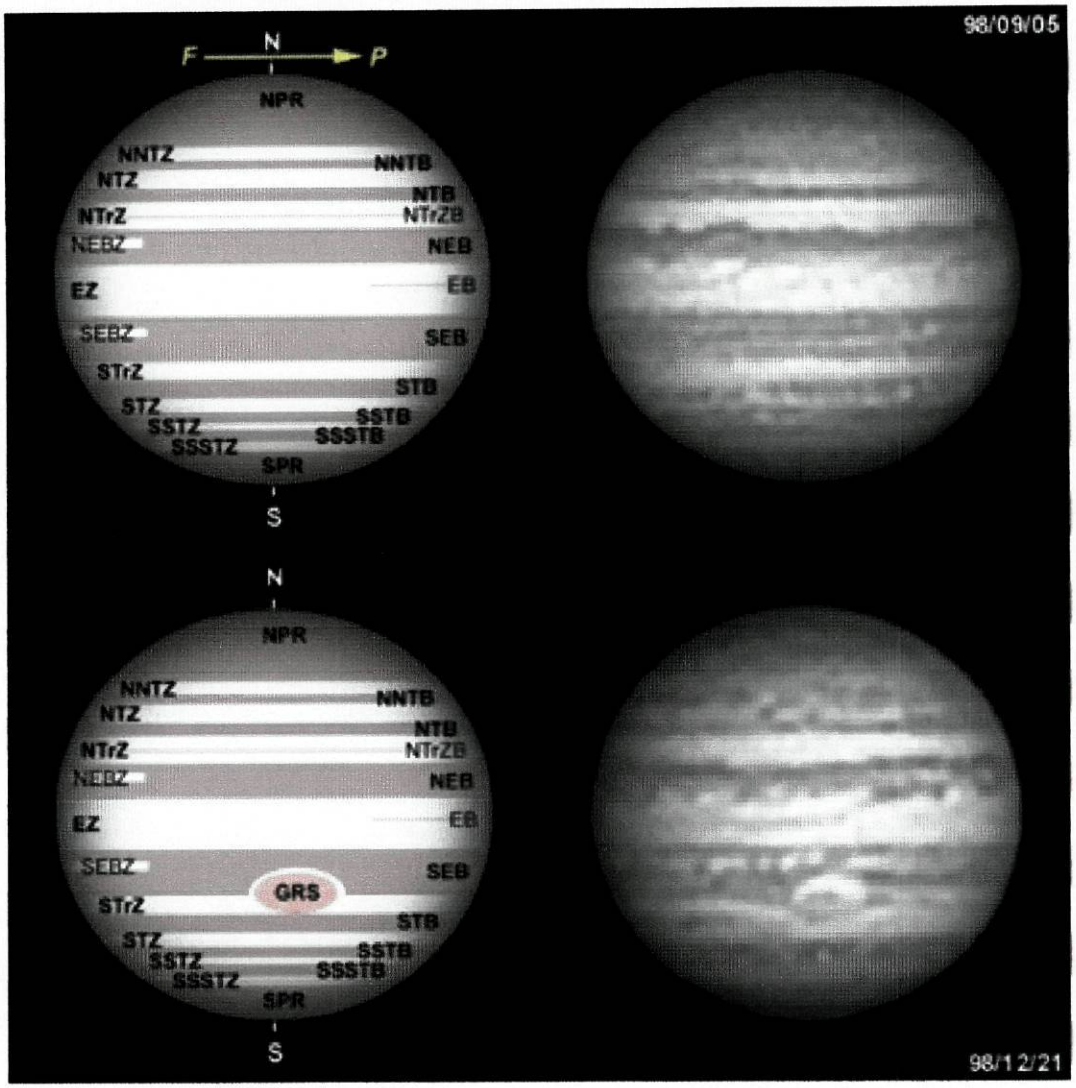


Figura 61: Júpiter imagem obtida com CCD. Podem identificar-se, zonas (cor clara), faixas (cor escura), a Grande Mancha Vermelha (GRS). Imagem cedida por António Cidadão.

2.3.2.2. **Saturno**

Na observação do planeta Saturno o aspecto mais evidente é o anel que rodeia o planeta, figura 62.

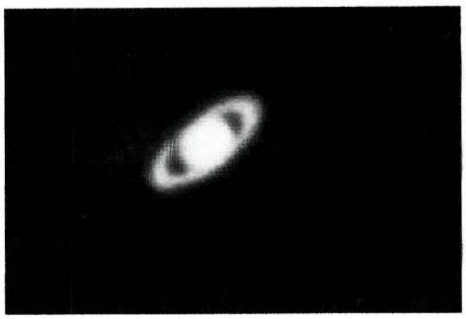


Figura 62: Saturno - imagem obtida por projecção da ocular, telescópio LX200 amplificada 100x com adaptador para máquina reflex e exposição de 5 s. Filme Kodak 800 ASA (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Fevereiro de 2001).

Apesar de se saber que todos os planetas gasosos possuem anéis de menor ou maior dimensão, Saturno é o único, que, a partir da Terra, com telescópios, permite a observação de um sistema de anéis. Com um telescópio de abertura superior a 80 mm e uma ampliação de pelo menos 120x, pode notar-se, em ocasiões de boa observação, a separação no meio do anel (divisão de Cassini), assim como já é possível identificar Titã, o maior satélite do planeta. Ao longo dos anos pode registar-se a variação aparente da inclinação dos anéis (figura 63).

Uma imagem de Saturno (figura 62) permite identificar os anéis registados

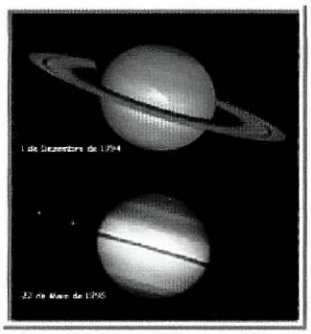


Figura 63: Imagens de Saturno obtidas pelo HST em datas diferentes. Adaptado de: www.hawastcoc.org/solar/eng/homepage.htm.

e calcular a inclinação do eixo de rotação do planeta em relação à sua órbita (ver Actividade VI).

2.3.2.3. **Vénus**

Observar Vénus em fase, figura 64, também é uma actividade que se pode fazer com um telescópio.

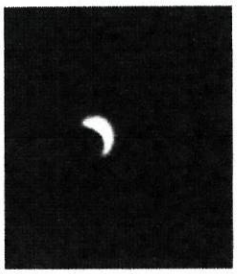


Figura 64: Vénus - imagem obtida por projecção da ocular, telescópio LX200 amplificada 100x com adaptador para máquina reflex e exposição de 5 s. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - Março de 2001).

As fases de Vénus foram pela primeira vez observadas por Galileu (1564-1642). Foi mais um dos testes que ajudou a cimentar a teoria heliocêntrica desde que não se duvidasse da imagem dada por uma luneta.

Figura 65: Vénus observado através de telescópio. Adaptado de: http://www.quicklinks.on.ca/~maple/planets/mercven.html.

Constatar que um planeta mostrava fases como a Lua e variava o seu diâmetro angular, figura 65, era uma prova de que Vénus é um astro com uma órbita à volta do Sol e interior à órbita da Terra.

A observação destas fases pode recriar um pouco da história da astronomia, pela estimativa da distância relativa de Vénus à Terra. No século XVIII as distâncias relativas dos planetas eram melhor conhecidas do que as suas distâncias absolutas.

O método utilizado para estimar a distância de Vénus ao Sol e à Terra também se aplica a Mercúrio, mas estando este planeta muito mais próximo do Sol torna-se muito mais difícil obter os dados necessários.

A geometria do sistema planetário interior, pode ser esquematizada pela figura 66, no caso ser observada a partir do lado norte do plano orbital.

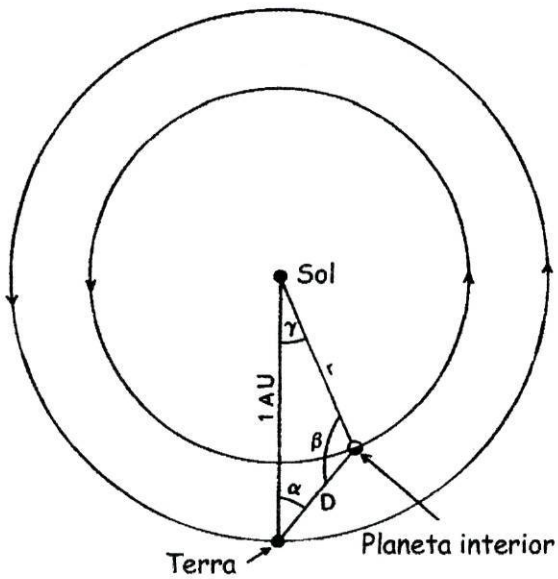


Figura 66: Esquema da posição relativa do sistema Sol-Terra-Vénus. Note-se que apesar de γ poder ter qualquer valor entre 0 e 360°, β não pode ultrapassar 180° e α ainda é mais limitado, atingindo o valor máximo (elongação máxima) para β=90°. Adaptado de *Challenges of Astronomy*.

Relacionando a distância angular de Vénus ao Sol, α, o ângulo de fase[1] de Vénus, β, a distância de Vénus ao Sol, r, e a distância Terra-Sol, $r_T \approx 1$ u.a., pela lei do seno da geometria plana:

$$\frac{sen\alpha}{sen\beta} = \frac{r}{r_T}$$

que, expressa em *u.a.*, toma a forma:

$$r \approx \frac{sen\alpha}{sen\beta}$$

Observando a figura 66, também podemos escrever a relação $\gamma = 180 - (\alpha - \beta)$ considerando a soma dos ângulos internos de um triângulo.

Como $sen(180 - \theta) = sen\theta$, usando uma relação análoga à anterior, agora para D, podemos obter:

$$D = \frac{sen\gamma}{sen\beta} = \frac{sen(\alpha + \beta)}{sen\beta} \quad \text{em u.a.}$$

Para resolver esta equação precisamos de conhecer α e β.

Considerando Vénus, α, é muito aproximadamente a longitude celeste entre o planeta e o Sol (Vénus tem uma inclinação do plano orbital $\approx$ 3,4°, portanto muito próximo da eclíptica), e β varia com a posição relativa Terra-Vénus-Sol, estando pois relacionado com a fase que Vénus apresenta.

[1] ângulo de fase: ângulo formado pelas direcções planeta-Sol e planeta-Terra.

Para determinar directamente α temos de medir a separação angular entre Vénus e o Sol. Este processo pode ser feito com um telescópio (sempre protegido com um filtro solar) mas também podemos recorrer a um software específico. Para determinar β podemos recorrer a uma interpretação geométrica da fase de Vénus (figura 67):

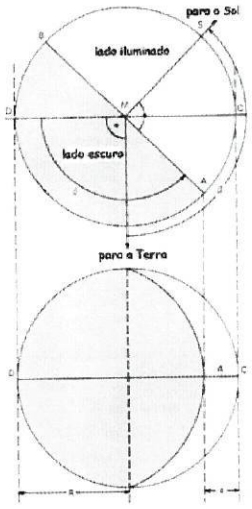


Figura 67: A figura superior representa um corte de Vénus no plano Terra-Sol. A figura inferior representa o disco do planeta visto da Terra. Adaptado de *Challenges of Astronomy*.

Quanto menor for o ângulo β, maior se nos apresenta o disco de Vénus. Se o raio de Vénus for R, e a representar a fracção iluminada de R, (figura 67), podemos relacionar os dois valores pela equação:

$$\cos\beta = \frac{a-R}{R}$$

Atribuindo diferentes valores para *a* podemos construir um quadro de referência (figura 68):

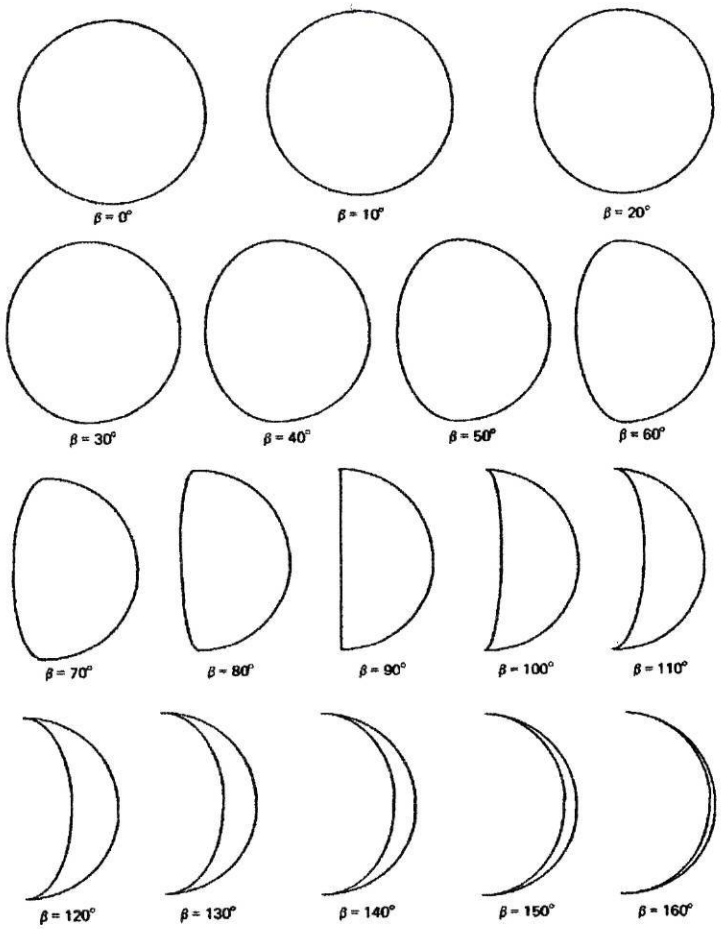


Figura 68: Representação de uma sucessão de fases de Vénus em função do ângulo β. Adaptado de *Challenges of Astronomy*.

Para estimar r e D vamos considerar a figura 69, como sendo a imagem de Vénus obtida através de um telescópio no dia 20 de Março de 2001 com uma ocular de 10 mm, sendo o valor da separação angular Vénus-Sol obtida por simulação:

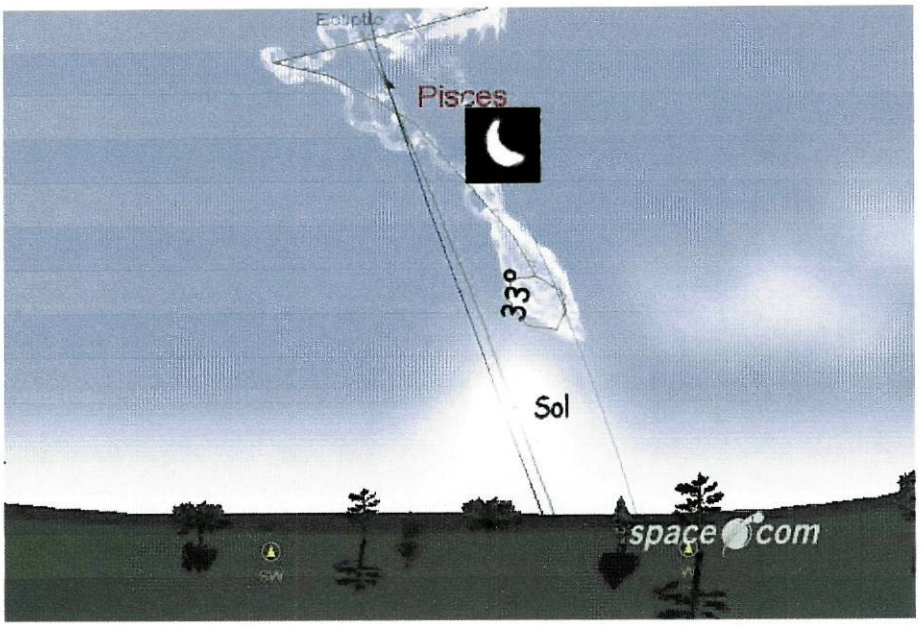


Figura 69: Simulação, obtida pelo software Starry Night Pro, das posições relativas do Sol e Vénus em 5 de Março de 2001.

Considerando a imagem de Vénus da figura 69 e comparando-a com a figura 68 relativa às fases daquele planeta, podemos estimar para o ângulo β o valor aproximado de 130°. O ângulo α medido por simulação tem o valor de 33°.

Aplicando a equação $$r = \frac{sen\alpha}{sen\beta} = 0{,}71\ u.a.$$

Por fim:

$$D = \frac{sen(\alpha + \beta)}{sen\beta} = 0{,}39\ u.a.$$

2.3.2.4. **Marte**

Quando se observa o planeta Marte a olho nu (figura 30), o que se destaca, é a sua cor avermelhada. Já os antigos conheciam o planeta pela sua tonalidade vermelha, e muitas vezes o confundiam com Antares (nome cujo significado é *rival de Marte*), a estrela α da constelação de Escorpião, pois esta também mostra uma cor avermelhada e quase sempre tem magnitude semelhante à do planeta (só perto da conjunção o planeta mostra uma magnitude maior).

Quando a observação de Marte é feita recorrendo a um telescópio, o planeta apresenta-se como um pequeno disco manchado e alaranjado (figura 70). Pode notar-se a calote de gelo nos pólos.

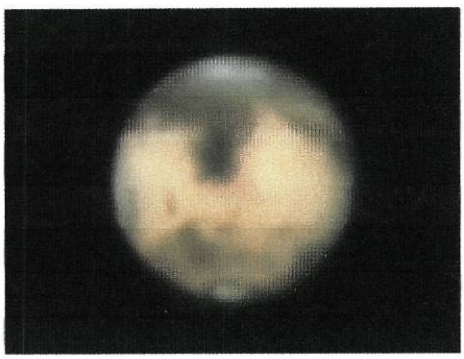


Figura 70: Marte - imagem obtida em 1999. Adaptado de: http://www.asahi-net.or.jp/~rt6k-okn/event.htm.

2.3.2.5. **Mercúrio**

A observação do planeta Mercúrio através de telescópio, figura 71, é difícil e pode ser perigosa. Sendo o planeta mais próximo do Sol, é preciso ter cuidado na sua observação, por se encontrar pouco afastado da nossa estrela (na observação do Sol deve usar-se um filtro adequado no telescópio).

Este planeta interior só se consegue observar algum tempo antes do pôr do Sol ou algum tempo depois do nascer do Sol.

Figura 71: Mercúrio imagem obtida através de telescópio. Adaptado de: http://www.quicklinks.on.ca/~maple/planets/mercven.html.

É possível observar os planetas durante o dia mas é uma actividade que não se recomenda fazer quando se trabalha com muitas crianças, pelo perigo que apresenta uma observação muito próxima do Sol (a observação do Sol pode causar danos irreversíveis na retina).

Apesar do exposto, há outras formas de realizar actividades relativas a este planeta, recorrendo a imagens obtidas pelos satélites. Por exemplo, podemos ter o registo de um trânsito de Mercúrio (passagem do planeta à frente do disco solar) e utilizar essas imagens para estimar o tamanho do planeta.

A figura 72, mostra uma imagem do trânsito de Mercúrio, obtida pelo satélite TRACE em 1999.

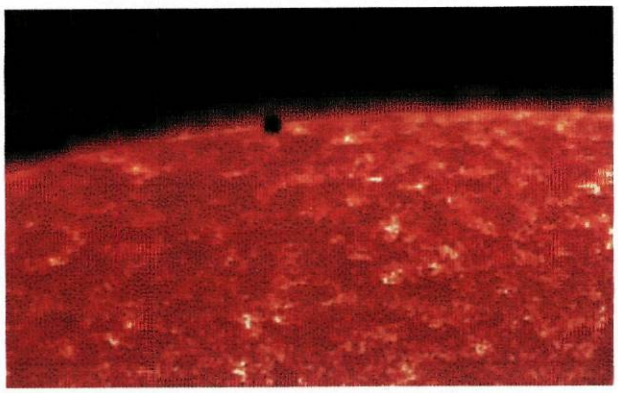


Figura 72: Mercúrio em trânsito. Imagem obtida pelo satélite Trace. Adaptado de: www.astronomynow.com.

Com esta imagem e conhecendo a distância da Terra ao Sol e a Mercúrio, podemos estimar o diâmetro deste planeta (ver figura 14):

$$diâmetro\ de\ Mercúrio = \frac{diâmetro\ aparente\ de\ Mercúrio\ (mm)}{Diâmetro\ do\ disco\ solar\ (mm)} \times \frac{0{,}613\,u.a.}{1\,u.a.} \times 1400000\,km$$

Onde Diâmetro do Sol $\cong$ 1 400 000 km

Distância Terra-Sol = 1 u.a.

Distância Terra-Mercúrio $\cong$ 0,613 u.a.

Para realizar esta actividade precisamos de medir o diâmetro aparente de Mercúrio. Neste sentido, é conveniente ampliar a imagem e imprimi-la em tons de cinzento para melhorar o contraste. O diâmetro do disco solar estima-se pelo processo utilizado na figura 81 para calcular o raio do disco lunar.

2.4.2. *A LUA - Altura das montanhas[1] e área dos mares[2]*

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 3.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Observar a Lua utilizando a amplificação de um pequeno telescópio é sempre fascinante. As "manchas" claras e escuras que se podem ver a olho nu, (figura 73), são agora "mares" (leitos secos de lava denominados *maria*), planícies, crateras e cordilheiras.

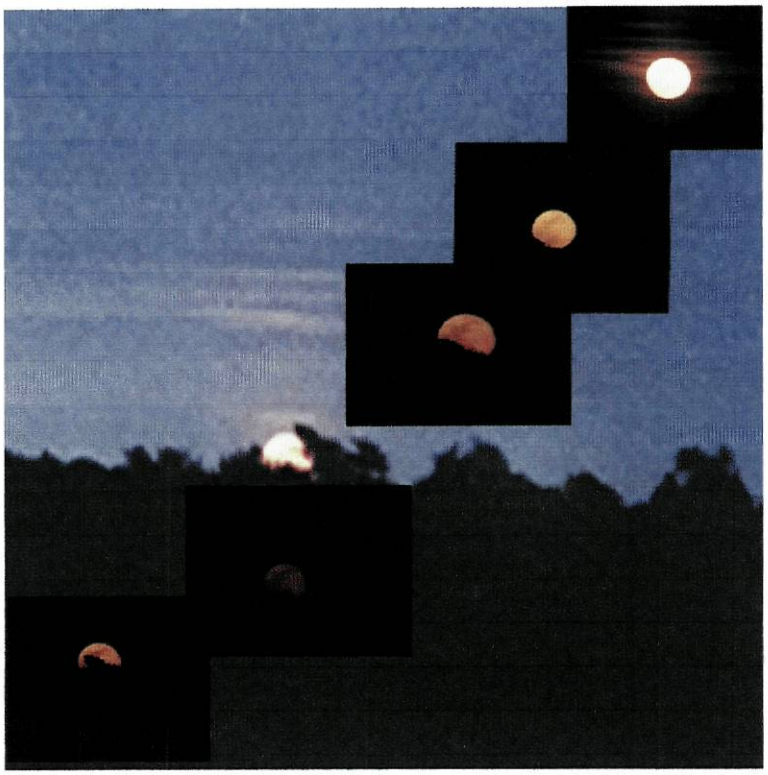


Figura 73: Lua a nascer no dia 9 de Abril de 2001- fotografia obtida máquina reflex 200 mm, abertura 4.6 e exposição automática. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

[1] Em Anexos ver Actividade VII.
[2] Em Anexos ver Actividade VIII.

A semelhança com o relevo da Terra torna-se óbvia, figura 74. As montanhas na Lua têm diversas origens, desde rebordos provocados por matéria ejectada aquando dos impactos de meteoritos, quer por enrugamento durante a formação das bacias de impacto, ou por material vulcânico.

Figura 74: Lua crescente em 29 de Abril de 2001- fotografia obtida com máquina reflex, através de telescópio LX200, por projecção directa, com e sem lente de Barlow. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

A altura actual das montanhas na Lua é semelhante à das montanhas terrestres, ou seja, relacionando-as com o diâmetro do planeta as primeiras são proporcionalmente mais elevadas.

Quando se observa a Lua através de um telescópio, figura 75, pode perceber-se que a Lua mostra sempre a mesma face pois o período do seu movimento de rotação tem o mesmo valor que o período do seu movimento de translação.

Pelas imagens obtidas da Lua cheia em datas diferentes podemos constatar a diferença do diâmetro aparente do disco lunar, (figura 75).

Figura 75: Lua - imagens obtidas no perigeu e no apogeu. Imagens cedidas por António Cidadão.

Esta diferença só pode existir porque a Lua varia a sua distância à Terra enquanto realiza o seu movimento de translação. De facto, obedecendo à primeira lei de Kepler a órbita da Lua é uma elipse. Por este facto, também podemos ver mais de 50% da superfície lunar pois, pela segunda lei de Kepler, a Lua tem maior velocidade de translação no perigeu do que no apogeu.

Assim sendo, a correspondência entre o tempo de rotação e de translação deixa de existir, permitindo ver um pouco mais a Este e a Oeste[1] do disco lunar (figuras 76 e 77). Devido à inclinação do plano da órbita lunar em relação à eclíptica (5° 08') e à inclinação do eixo de rotação em relação à perpendicular (6° 41'), também podemos ver um pouco mais da superfície lunar para Norte e para Sul[2] (note na figura 75, que é diferente, a distância em relação ao limbo, da cratera de impacto ao Sul do disco lunar).

Figura 76: Libração a Oeste - Imagens da Lua que permitem constatar a distância ao limbo da cratera assinalada pela seta. Imagens cedidas por António Cidadão.

Figura 77: Libração a Este - Imagens da Lua que permitem constatar a distância ao limbo da cratera assinalada pela seta. Imagens cedidas por António Cidadão.

[1] Libração em longitude: observar mais de 50% da superfície lunar para Este e para Oeste.
[2] Libração em latitude: observar mais de 50% da superfície lunar para Norte e para Sul.

Galileu (1564-1642) foi quem primeiro registou a existência de relevo lunar e descreveu um processo de estimar a altura das montanhas da Lua relacionando-as com a sombra projectada na superfície do planeta.

Reproduzamos de um modo geral, o processo utilizado por Galileu. Assim, escolhemos a fase quarto crescente dado que as sombras estão mais acentuados no centro do disco lunar. Deve escolher-se uma formação que esteja próxima do centro da Lua para reduzir ao mínimo a deformação causada pela curvatura do astro. O mais conveniente será uma formação na orla de uma cratera plana onde o tamanho desta possa servir como escala para medir o comprimento da sombra.

Considerando o esquema da figura 78 podemos escrever a seguinte relação:

$$tg\varphi = \frac{h}{l} \qquad [5]$$

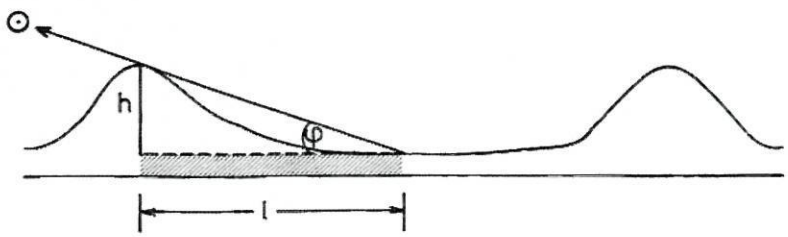


Figura 78: Esquema de uma cratera (em corte) onde se pode ver altura da montanha, *h*, o comprimento da sombra, *ℓ*, e a altura do Sol no limita da sombra. Adaptado de *Challenges of Astronomy*.

Vamos esquematizar a posição da cratera na Lua, (figura 79), num ponto mais afastado do terminador[1] de modo a podermos relacionar mais facilmente os triângulos rectângulos *CDE* e *ABC* e obter a relação:

$$sen\varphi = \frac{d}{R} \qquad [6]$$

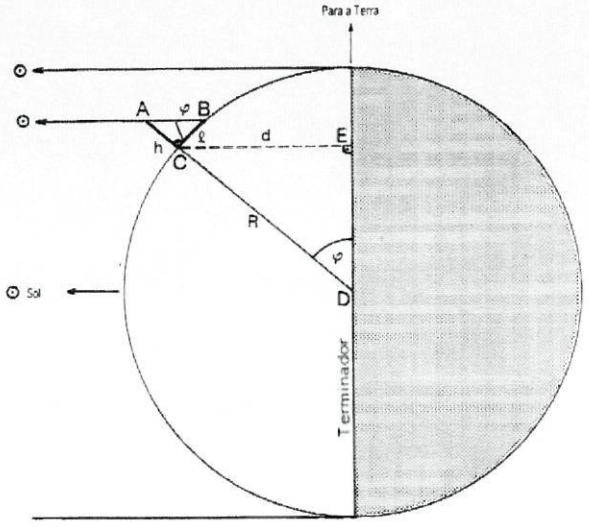


Figura 79: Lua, em corte no plano definido pela cratera, a Terra e o centro da Lua. *R* é o raio lunar e *d* é a distância medida a partir do plano definido pelo terminador. Adaptado de *Challenges of Astronomy*.

De um modo geral, $\varphi \approx 10°$. Podemos considerar que, para ângulos desta ordem de grandeza, os valores das funções seno e tangente são aproximadamente iguais. Utilizando esta aproximação podemos escrever:

$$\frac{h}{l} \approx \frac{d}{R}$$

que permite estimar a altura do relevo através da relação:

$$h = l \times \frac{d}{R} \qquad [7]$$

[1] Terminador é a linha meridiana que separa a área iluminada da área escura.

Os valores ℓ, d e R no disco lunar podem ser medidos no telescópio determinando o intervalo de tempo que estas distâncias demoram a cruzar o retículo da ocular do telescópio. Se a Lua estiver exactamente sobre o equador celeste, o tempo, Δt, que leva qualquer comprimento de arco, Δq, a atravessar a ocular será:

$$\Delta t(s) = \frac{\Delta q(arcs)}{15} \qquad [8]$$

como a Lua geralmente tem uma declinação δ diferente de zero, demora um tempo diferente a atravessar a ocular do telescópio:

$$\Delta t(s) = \frac{\Delta q(arcs)}{15 \times \cos\delta} \qquad [9]$$

Resolvendo a equação [9] em ordem a Δq obtemos um valor angular.

Podemos estimar a altura das montanhas na Lua medindo ℓ, d e R numa fotografia da Lua como por exemplo a da figura 80.

Figura 80: Lua crescente - fotografia obtida no sistema afocal através de telescópio LX200, amplificada 48x, com adaptador para máquina reflex e exposição automática. Filme Kodak 800 ASA (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela - ERAA 2000).

Como exemplo, consideremos a cratera (Teófilo), assinalada pela seta na figura 80, cujos bordos originam uma sombra sobre o fundo da cratera. Está em boas condições para o cálculo da altura do bordo da cratera, pois está perto do centro da superfície lunar e perto do terminador.

Ampliando a imagem do crescente lunar, figura 81, calculámos o raio, R, da imagem da Lua utilizando a construção das mediatrizes de duas cordas do disco lunar.

Depois medimos a distância, d, da cratera ao terminador e o comprimento, ℓ, da sombra do bordo da cratera:

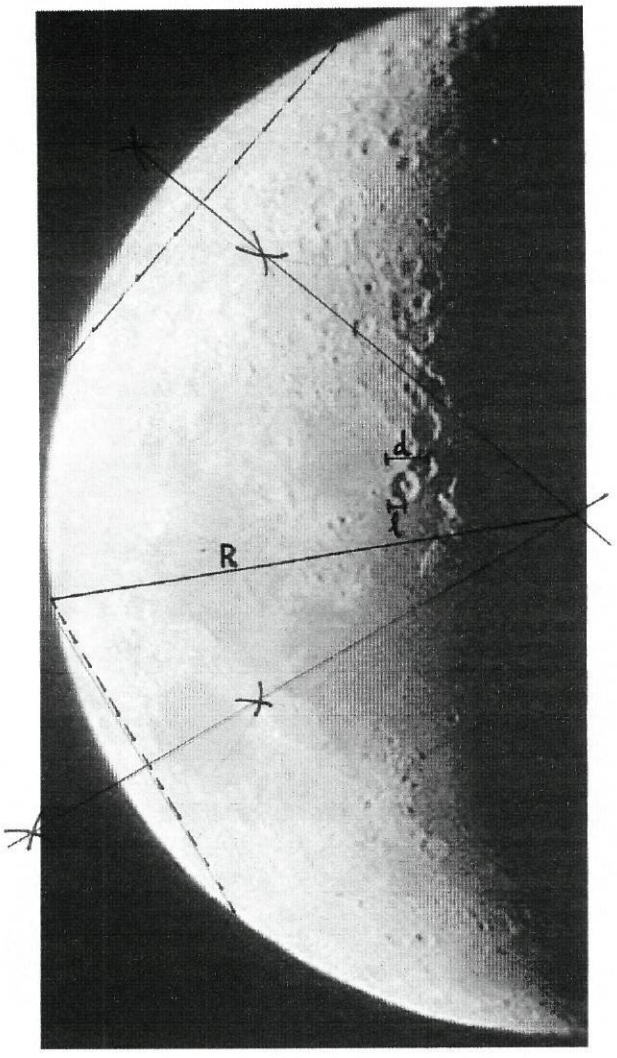


Figura 81: Ampliação da imagem da Lua com o esquema das construções necessárias à determinação da altura dos bordos da cratera Teófilo.

R = 117 mm d = 9 mm ℓ = 3 mm

Com aqueles valores e aplicando a relação [7] calculámos a altura *h*:

$$h \approx 3 \times \frac{9}{117} \approx 0{,}23\ mm$$

utilizando o factor de escala $\frac{1738\ km}{117\ mm} = 14{,}85\ km/mm$

transformamos o valor da altura, *h*, em unidades reais e obtemos:

$$h = 0{,}23\ mm \times 14{,}85\ km/mm = 3{,}4\ km$$

Temos então uma altura típica dos bordos de uma cratera. Na prática a altura de uma cratera na Lua varia entre 2 e 6 km.

A relação diâmetro/profundidade de uma cratera também é uma grandeza que se pode determinar. Neste caso o diâmetro é o dobro do comprimento da sombra (2 x 3 mm), o que dá neste caso um factor $\frac{6\ mm}{0{,}2\ mm} = 30$. Este valor indica uma cratera com um fundo muito plano e não um fundo curvo como poderíamos supor pela imagem observada no telescópio.

Para estimar o erro relativo introduzido no cálculo da altura de uma montanha lunar vamos considerar a expressão:

$$h = \frac{l \times d}{R}$$

então podemos escrever $\frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta R}{R}$

admitindo que $\Delta l \approx \Delta d \approx \Delta R \approx 0{,}5\ mm$ **e** $R >> l$ *e* $R >> d$

podemos considerar que $\frac{\Delta l}{l} >> \frac{\Delta R}{R}$ *e* $\frac{\Delta d}{d} >> \frac{\Delta R}{R}$

o que permite escrever $\frac{\Delta h}{h} \cong \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta d}{d}$

Utilizando outra vez o exemplo da cratera Teófilo pode estimar-se o erro relativo introduzido no cálculo da altura dos bordos da cratera:

$$\frac{\Delta h}{h} \cong \frac{0{,}5}{3} + \frac{0{,}5}{9} \cong 0{,}22 = 22\%$$

Podemos também estimar a área de formações geológicas lunares utilizando uma grelha construída por forma a permitir relacionar uma superfície esférica com uma superfície circular e que, portanto, tem em consideração os efeitos da projecção de uma esfera num plano. Utilizando uma composição desta grelha com uma fotografia da Lua Cheia, figura 82 podemos então estimar por exemplo a área do *Mare Crisium* assinalado pela seta.

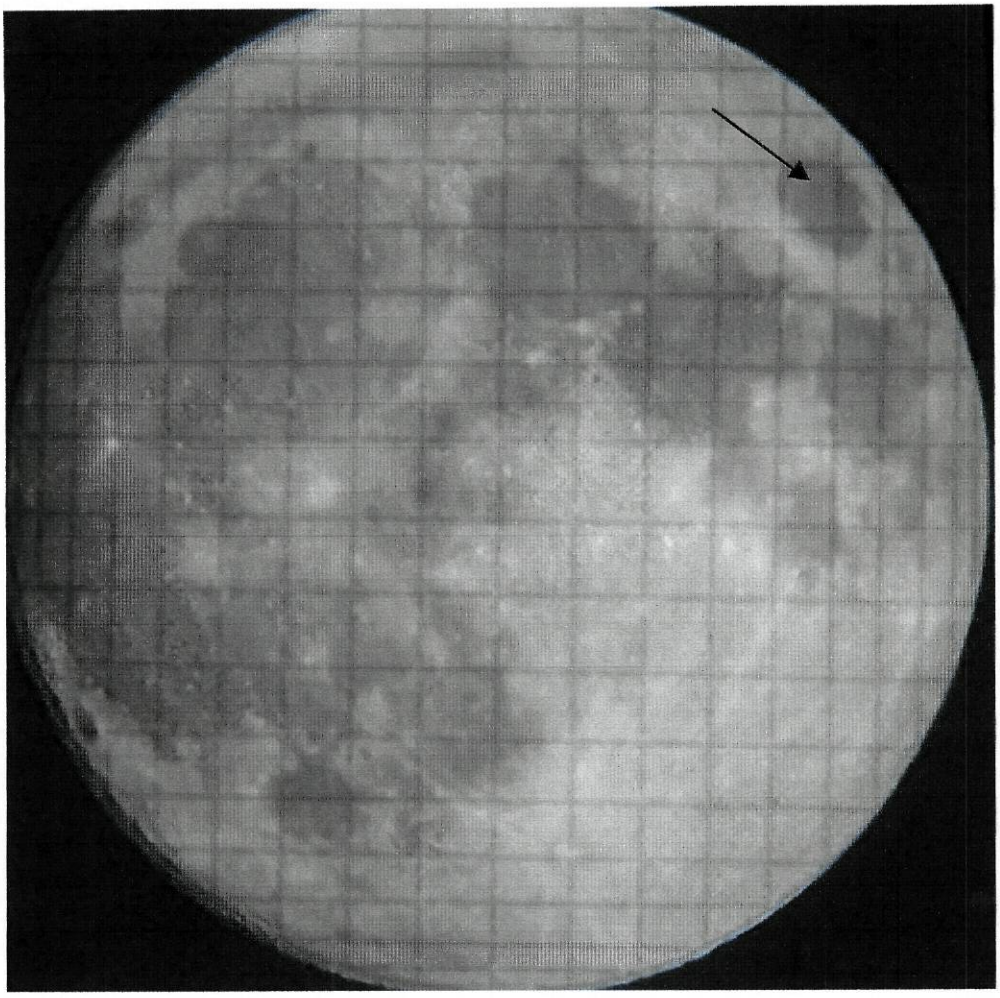


Figura 82: Composição de uma imagem da Lua Cheia com a grelha de transformação de uma superfície esférica numa superfície circular.

Considerando a relação entre o diâmetro real da Lua e o diâmetro do disco lunar na fotografia podemos obter o valor da área do quadrado central (neste caso 267km x 267km). Com esta escala e estimando cerca de quadrado e meio para a superfície ocupada pelo *Mare Crisium* , podemos dizer que esta formação lunar tem uma área aproximada de 107 000 km^2.

2.4.3. O SOL - Manifestações da sua actividade - manchas solares e protuberâncias[1].

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 3.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Uma das actividades em que a imagem se revela, mais uma vez, um auxiliar precioso, prende-se com a estrela mais próxima de nós. De facto, podemos inferir alguns dados relativos à actividade solar, observando o número de manchas e o respectivo tamanho. Quando é o Sol o alvo das nossas observações nunca são demais as chamadas de atenção para as questões relacionadas com a segurança. Nunca se deve olhar directamente para o Sol nem observá-lo com equipamento óptico sem filtros. Tais procedimentos causam danos irreversíveis na retina (note que o buscador do telescópio já queimou muitos ombros de observadores que se esqueceram de o remover do telescópio).

Um processo seguro para observar o Sol, está ilustrado na figura 83. É possível ver a utilização de um filtro entre o Sol e a objectiva.

Figura 83: Observar o Sol por telescópio com filtro solar Hα. Imagem cedida por João Porto - NAAPAA.

[1] Em Anexos ver Actividade IX

Dependendo do tipo de filtro utilizado, assim se podem observar diferentes tipos de manifestações da actividade solar.

Por este processo podem observar-se e registar, em película ou CCD proeminências[1], figura 84 e figura 85.

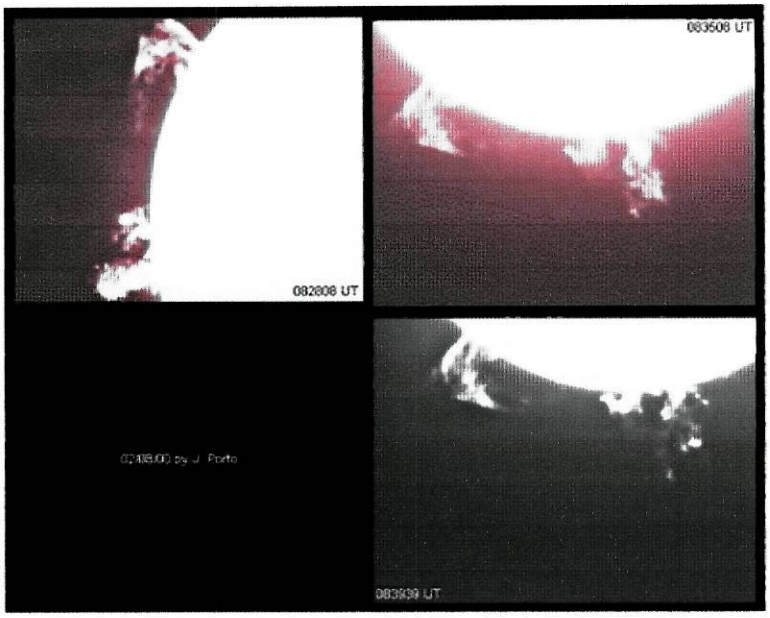


Figura 84: Imagens do limbo solar cedidas por João Porto - NAAPAA.

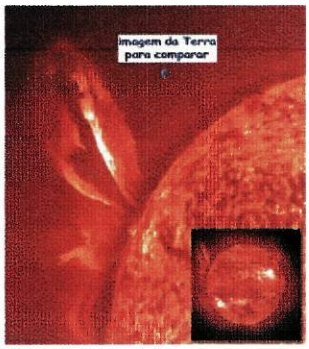


Figura 85: Imagem de uma proeminência. Adaptado de: http://sohowww.nascom.nasa.gov.

[1] Ejecções de massa solar.

Também se pode realizar a observação e registo das manchas na superfície do Sol projectando a imagem num ecrã, figura 86.

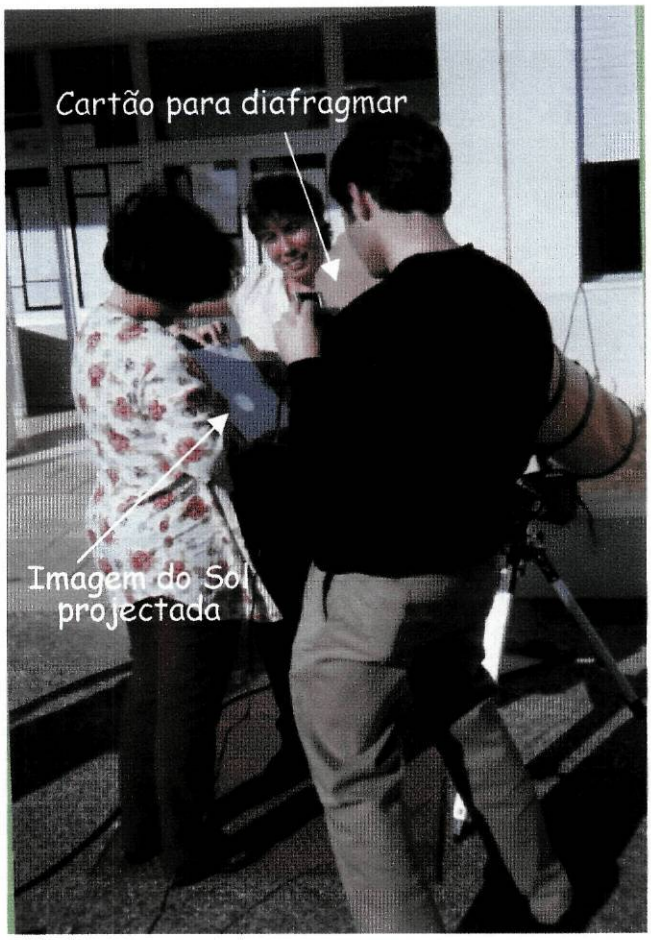


Figura 86: Preparação do telescópio para uma aula de observação da actividade solar (Actividade realizada na Escola Secundária da Cidadela em Junho de 2000).

A figura 87, apresenta uma imagem obtida por um telescópio reflector tipo Newton munido de uma ocular (25mm) e diafragmado (note que na observação do Sol a entrada de luz no telescópio não deve ter um diâmetro superior a 5 cm).

Figura 87: Eclipse total do Sol de 11 de Agosto de 1999 - Fotografia obtida pela projecção em ecrã da imagem formada pela ocular de 25 mm dum telescópio reflector (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

No caso particular apresentado na figura acima, é possível acompanhar a progressão do eclipse se se atentar na distância da mancha solar assinalada pela seta em relação à área oculta do disco solar (na imagem mais à esquerda ainda são visíveis três manchas solares enquanto na imagem da direita só são visíveis duas manchas solares).

Como se referiu, a imagem pode servir múltiplos fins. Assim, recorrendo a imagens que registam o aspecto da superfície do Sol, figura 88, podemos estabelecer uma relação entre a ordem de grandeza do tamanho das manchas visíveis e o diâmetro do disco solar.

Como já foi descrito no capítulo 2.4.2, pode utilizar-se como escala, uma grelha que permite fazer a transformação de uma superfície esférica para uma superfície circular.

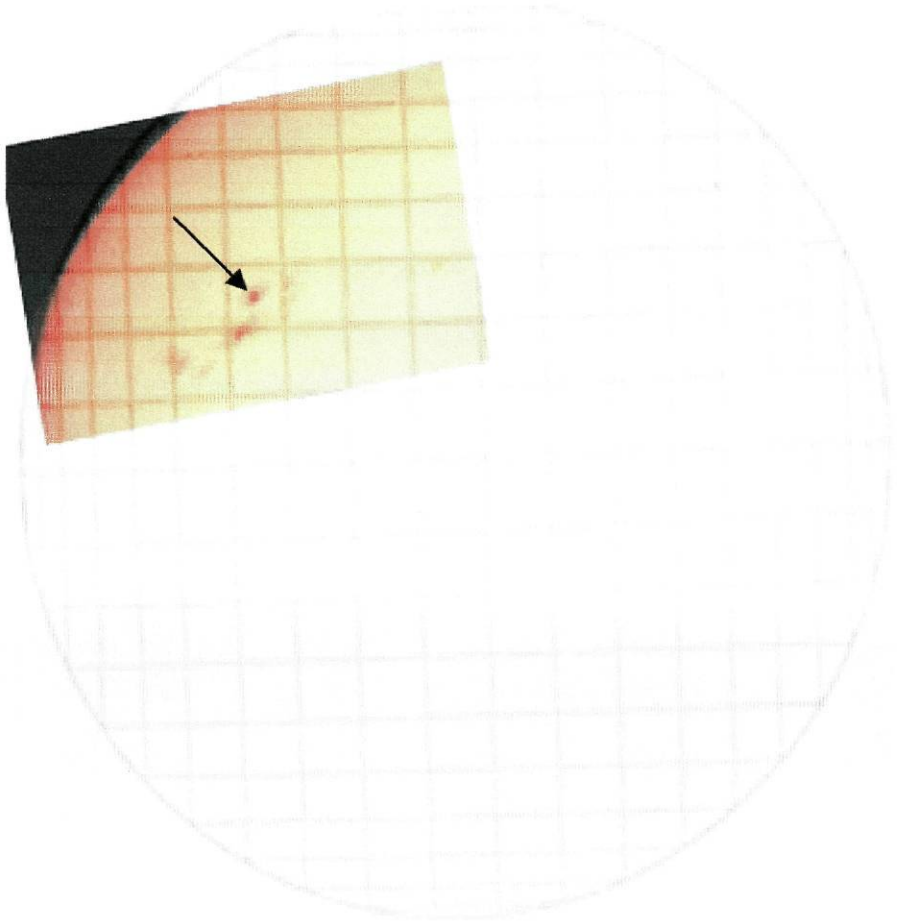


Figura 88: Pormenor de fotografia do Sol em 2 de Abril de 2001 sobreposta a uma Grelha de transformação de uma superfície esférica em circular. A escala é de aproximadamente 1 mm/100 000 km (Actividade realizada pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

A grelha foi dimensionada por forma a apresentar um diâmetro de 140 mm (o diâmetro do Sol é cerca de 1 390 000 km). Assim, é possível estimar a área aproximada de uma determinada mancha solar e estabelecer comparações sempre interessantes estimulantes e entusiasmantes. De facto, considerando que a cada quadrado com um milímetro corresponde uma área de 100 000 km, à mancha solar assinalada pela seta devem corresponder cerca de doze Terras.

Outra actividade que é possível realizar tendo por base imagens do Sol, tem a ver com o movimento de rotação da nossa estrela. De facto, se se fizerem observações sequenciadas, tendo o cuidado de efectuar os respectivos registos (desenho sobre a grelha ou em fotografia) das manchas solares em dias sucessivos, podemos dispor de dados que poderão servir para analisar não só o movimento de rotação do Sol, como também a velocidade com que o mesmo ocorre. Se não for possível obter directamente as imagens pode recorrer-se à Internet, figura 89.

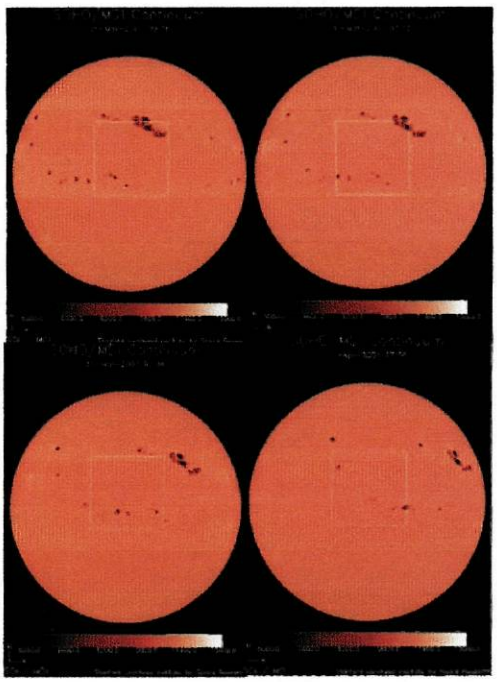


Figura 89: Imagens do Sol de 29 de Março a 1 de Abril. Adaptado de: http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/latestimages.

Sobre uma grelha para o Sol, impressa em transparência (acetato), semelhante à que se apresenta na figura 90,

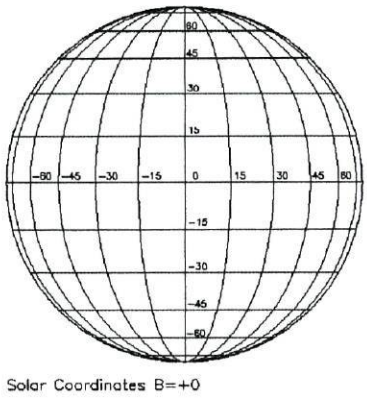


Figura 90: Grelha de projecção de uma superfície esférica numa superfície plana. Adaptado de: http://sohowww.nascom.nasa.gov.

desenhamos, a posição de uma mancha que esteja registada numa imagem do Sol em dias sucessivos (como se exemplifica na figura 91 a mancha assinalada pela seta).

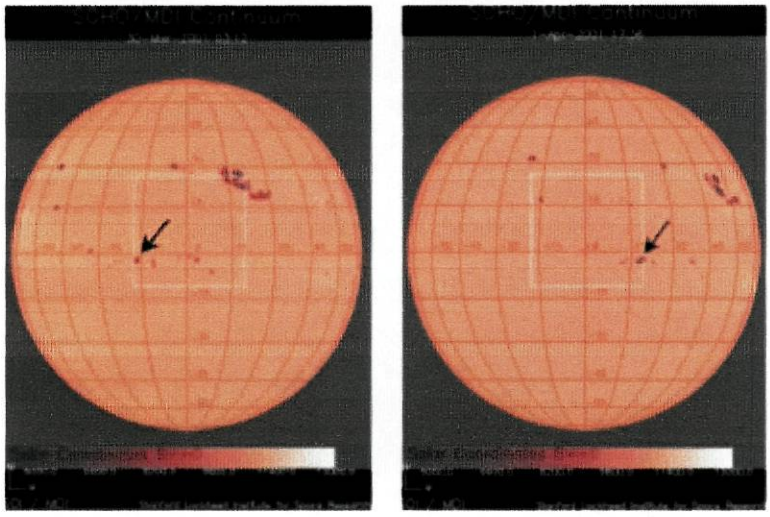


Figura 91: Imagens do Sol com as grelhas a fim de estimar o deslocamento sobre a superfície solar de uma mancha (assinalada pela seta).

Comparamos a posição na grelha da mancha que seleccionámos, figura 91 e determinamos o deslocamento angular, $\Delta\alpha$, da mancha sobre a superfície solar.

Conhecendo o intervalo de tempo, Δt, decorrido entre a obtenção das duas imagens é possível estimar-se o seguinte:

2.4.3.1. **Velocidade de rotação angular do Sol**

Utilizando a relação

$$v_{rotação} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}(°/dia)$$

pode estimar-se o valor da velocidade de rotação angular do Sol.

2.4.3.2. **Período de rotação do Sol**

Tendo para referência, manchas que estejam no centro do disco solar de forma a minimizar os erros introduzidos pela correcção necessária à projecção de uma esfera num círculo, pode estimar-se o valor do período de rotação equatorial do Sol, através da relação

$$T = \frac{\Delta t}{\Delta\alpha} \times 360\ (dias)$$

A imagem de proeminências, figura 92, também pode ser explorada, no

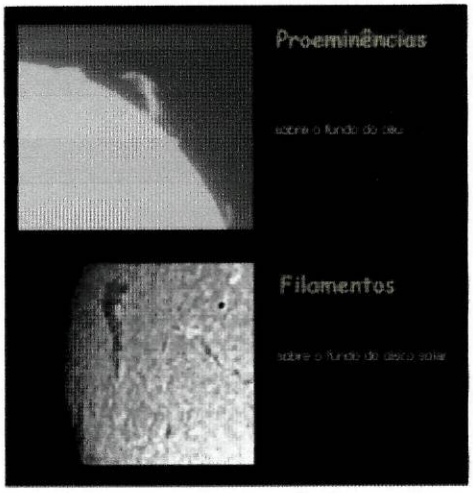


Figura 92: Proeminências e filamentos. Imagens cedidas por João Porto - NAAPAA.

sentido de aplicar e desenvolver conceitos de dimensão no sistema solar, figura 85, e de compreender as consequências da actividade solar sobre a vida na Terra, figura 93:

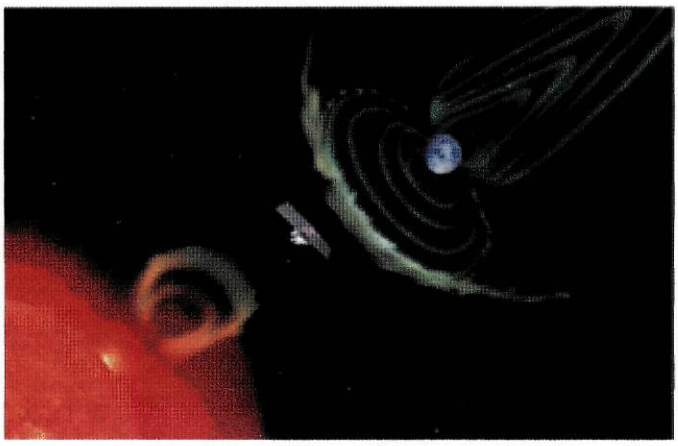


Figura 93: Esquema de uma ejecção de massa coronal (EMC), cujas partículas carregadas viajando com uma velocidade da ordem de 700 km/s atingem a Terra passados dois ou três dias. Imagem cedida por João Porto- - NAAPAA.

Outra actividade pode utilizar a velocidade das partículas da EMC, para estimar o tempo que demoram a atingir a Terra.

Imagens de auroras boreais, figura 94, também podem servir para estudar fenómenos que têm origem na interacção das partículas carregadas, provenientes do Sol, com as camadas superiores da atmosfera da Terra, ionosfera.

Este estudo pode motivar, por exemplo, a discussão sobre transições electrónicas nos diferentes átomos constituintes do ar.

Figura 94: Aurora boreal no Alaska. Imagem obtida numa apresentação de João Porto sobre o 23.º ciclo solar.

As cores vermelha e verde estão relacionadas com o oxigénio e a cor azul com o nitrogénio.

2.4.4. OBJECTOS DO CÉU PROFUNDO[1]

PÚBLICO ALVO: Alunos a partir do 3.º ciclo do Ensino Básico.

RESUMO: Genericamente a designação "céu profundo" é usada para todos os objectos astronómicos que não pertencem ao Sistema Solar nem são estrelas individuais.

Realizar fotografias de objectos do céu profundo é um procedimento que requer alguma persistência e equipamento adequado. Para além das películas (ou emulsões) fotográficas, pode recorrer-se a uma outra alternativa, surgida há poucos anos, as câmaras CCD (sigla formada pelas iniciais de *Charge Coupled Device*). De facto, em vez de emulsões fotográficas, estas utilizam um dispositivo electrónico sensível à luz. Estes dispositivos apresentam uma elevada sensibilidade e o seu aparecimento permitiu melhorar a níveis impressionantes as fotografias obtidas por astrónomos amadores equipados com telescópios de pequena e média abertura (100 mm a 350 mm). Até então, estas fotografias estavam reservadas à Astronomia profissional e eram realizadas recorrendo a gigantescos telescópios (que, na altura, teriam entre 1 a 5 metros de abertura). Há também a hipótese de se recorrer a Quickcam, câmaras utilizadas para obter imagens em tempo real do que se está a observar pelo telescópio.

A utilização de câmaras CCD apresenta algumas vantagens bem como alguns inconvenientes. Entre as vantagens podemos referir a sua elevada eficiência quântica (ou seja, registam até 90% dos fotões incidentes no sensor) ao passo que a película fotográfica apenas regista 2 a 5%. Outra vantagem tem que ver com o facto de uma câmara CCD apresentar um sinal de saída (vulgarmente conhecido por "output") quase directamente proporcional ao número de fotões incidentes, ou seja, aos tempos de exposição, não apresentando, portanto, falha

[1] Em Anexos ver Actividade X

de reciprocidade. Esta linearidade quase perfeita revela-se, portanto, uma grande vantagem. Por outras palavras, devido à sua grande sensibilidade à luz, os elementos de imagem (*pixels*), dos sensores CCD apresentam um sinal de saída elevado perante uma luminosidade relativamente baixa, Assim, considerando os pontos atrás referidos, facilmente se depreende que, recorrendo a esta tecnologia, é possível obter fotografias do céu profundo com poucos minutos de exposição ao contrário do que sucede se se utilizarem emulsões fotográficas que, pelo contrário, requerem dezenas de minutos ou mesmo horas de exposição. O sensor CCD transforma uma imagem num ficheiro de computador o que permite a sua optimização, recorrendo a software apropriado. Assim, tanto se realçam aspectos relevantes da imagem como se eliminam eventuais defeitos.

Apesar das vantagens referidas, a utilização de câmaras CCD apresenta alguns inconvenientes. De facto, a necessidade de utilizar um computador pessoal para a obtenção de imagens, a reduzida dimensão da superfície sensível à luz (4 mm x 6 mm numa câmara CCD típica em contraponto com os 24 mm x 36 mm disponibilizados por uma fotografia clássica, utilizando o rolo de 35 mm) bem como o facto de a superfície sensível apresentar um número relativamente pequeno de elementos de imagem (*pixels*) ao longo do comprimento e da largura, apresentam-se como desvantagens quando se recorre a esta técnica.

Como atrás se disse, obter imagens com algum pormenor de objectos do céu profundo só é possível com longos tempos de exposição, telescópios de grande abertura e quase nenhuma poluição luminosa. Neste sentido, numa escola é difícil de realizar este tipo de actividade pois, normalmente, não existe um observatório fixo (o telescópio tem de ser posto em estação em cada observação), os telescópios geralmente não têm motorização (impedimento para longos tempos de exposição) e a poluição luminosa é sempre uma constante (as escolas geralmente estão inseridas em zonas altamente urbanizadas e quase

sempre muito *mal* iluminadas[1]). Por outro lado, a observação de objectos do céu profundo é uma vertente muito importante da exploração de conceitos e actividades em Astronomia e uma das etapas pelas quais, qualquer grupo de alunos acaba por passar no percurso efectuado à descoberta do céu nocturno. Assim, em dada altura, é importante estimular a observação deste tipo de objectos nas escolas mesmo perante condições físicas, técnicas e instrumentais menos favoráveis.

Mesmo que não se recorra a qualquer forma de registo (em emulsão fotográfica, em Quickcam ou CCD), a observação destes objectos (nos quais normalmente se inserem os enxames globulares, enxames abertos menos extensos, nebulosas, galáxias e também estrelas duplas ou múltiplas) feita através do telescópio, é sempre uma actividade que desenvolve o gosto pela descoberta e pelo conhecimento do céu. Os alunos poderão aplicar na observação deste tipo de objectos algumas "técnicas" básicas de exploração do céu já anteriormente utilizadas. Estimula-se também a correcta leitura, exploração e interpretação de cartas celestes treinando-se, consequentemente, a orientação espacial. De facto, a observação de objectos do céu profundo permite explorar uma miríade de conceitos e técnicas em Astronomia e, também, confrontar algumas concepções alternativas e ideias pré-concebidas com que geralmente os professores se deparam quando trabalham com os seus alunos. Poder-se-ão assim aprofundar os conhecimentos que se prendem, por exemplo, com as imagens (e respectivas características) observadas através de diferentes instrumentos e sua relação com as amplificações utilizadas e o campo observado.

As imagens que vamos utilizar nesta secção têm algumas características particulares e são apresentadas como mote e estímulo, exemplificando o nível que

---

[1] Tanto em termos de planeamento e enquadramento urbanístico como em termos de escolha de lâmpadas e formato de candeeiros e suportes.

os astrónomos amadores podem, hoje em dia, almejar alcançar. Entre a observação directa (sem registo) e os produtos finais que aqui se apresentam, longo e diverso será o percurso tal como diversas são as finalidades a que os observadores poderão querer chegar dependendo dos seus interesses específicos. Num contexto escolar as opções poderão ser mais ou menos restritas e/ou restringidas, conduzindo a resultados muito diversificados (umas vezes melhores outras, com certeza, menos conseguidos) mas nada impede que se partilhem, debatam e retirem ilações e inferências dos trabalhos e resultados feitos e obtidos por pessoas que não têm necessariamente formação específica em Astronomia ou Astrofísica, tudo isto sem que se ponha em causa a pertinência dos eventuais trabalhos feitos por alunos e professores neste domínio.

Apresentam-se, então, imagens obtidas recorrendo às seguintes metodologias ou suportes (que, por sua vez, poderão ser escolhidas de acordo com a melhor adequação às características específicas dos objectos observados e/ou em estudo e que permitem registá-los da forma mais eficiente e frutuosa):

- emulsão ou película fotográfica;
- câmara de videoconferência - Quickcam (figura 95);
- câmara CCD (figura 95).

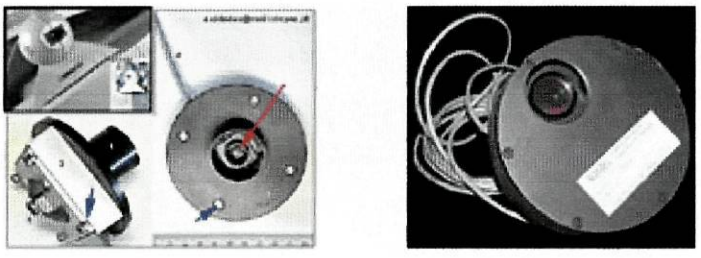


Figura 95: Exemplos de câmaras que aplicam tecnologia digital. À esquerda uma câmara de videoconferência adaptada e, à direita, uma câmara CCD.

É de referir que as imagens apresentadas em seguida foram obtidas em observatórios fixos localizados em zonas de pouca poluição luminosa, como o da figura 96, tendo-se utilizado telescópios do tipo exemplificado no início deste capítulo, figura 97.

Figura 97: Grupo ARGO nos EUA. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com.

Figura 96: Observatório ARGO nos EUA. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com.

2.4.4.1. **Imagens de estrelas duplas**

A estrela epsilon na constelação de Lira (ε Lyr), figura 98, é talvez a mais famosa "estrela quádrupla" (sistema físico de estrelas ligadas pela gravidade, orbitando em torno do centro de massa comum). É também conhecida como "dupla dupla".

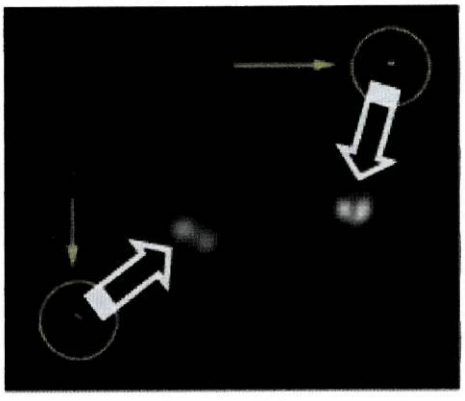


Figura 98: Epsilon em Lira - Imagem obtida por Quickcam. Adaptado de: http://pub.weborama.fr/fcgi-bin/aiar.fcgi.

A observação com binóculos já permite distinguir duas estrelas que, por sua vez, se conseguem resolver cada uma delas através de um telescópio de 114 mm com grande ampliação.

Albireu na constelação Cisne (β Cyg), figura 99, é um exemplo de dupla óptica (estrelas que não constituem um sistema físico - parecem estrelas duplas mas apenas porque observadas a partir da Terra estão na mesma direcção).

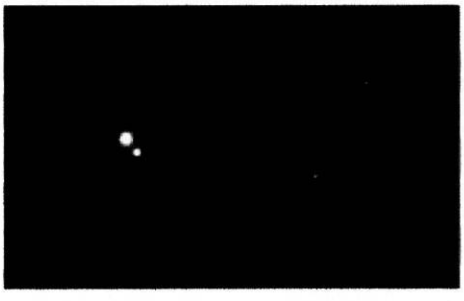


Figura 99: Albireu em Cisne - Imagem obtida por Quickcam. Adaptado de: http://pub.weborama.fr/fcgi-bin/aiar.fcgi.

O telescópio permite distinguir a estrela mais brilhante, de cor alanranjada (gigante) e a companheira, de cor azul, com menor brilho.

A estrela Polar na constelação Ursa Menor (α UMi), figura 100.

Figura 100: Polar em Ursa Menor - Imagem obtida por Quickcam.
Adaptado de: http://pub.weborama.fr/fcgi-bin/aiar.fcgi.

Trata-se de uma dupla física formada por uma supergigante amarela 3300 vezes mais brilhante que o Sol, e por uma estrela branco-azulada com muito menor brilho. Só se consegue resolver esta dupla através de um telescópio com grande ampliação e numa noite com baixa turbulência, devido à diferença de brilho considerável entre as duas estrelas.

2.4.4.2. **Imagens de enxames de estrelas**

Enxames são agrupamentos de estrelas ligadas gravitacionalmente e que se movem juntas no espaço. As estrelas que os constituem formaram-se em conjunto a partir de grandes nuvens de hidrogénio.

Conforme as suas características podemos classificar os enxames em abertos e globulares.

Um *enxame aberto* contém geralmente entre algumas dezenas e poucos milhares de estrelas, na sua maioria jovens, com elevadas temperaturas superficiais e situam-se no plano galáctico. O enxame duplo de Perseu, figura 101, apesar de muito dispersos, são um bom exemplo deste tipo de enxame.

Um *enxame globular*, figura 102, contém muito mais estrelas que um enxame

Figura 101: NGC 869 - Enxame aberto duplo de Perseu. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/.

aberto, geralmente centenas de milhares de estrelas e em casos excepcionais, mais de um milhão. São os objectos mais velhos que se podem observar na galáxia (cerca de dez mil milhões de anos), constituídos por estrelas velhas de temperaturas superficiais baixas, geralmente gigantes vermelhas. Encontram-se no halo da galáxia.

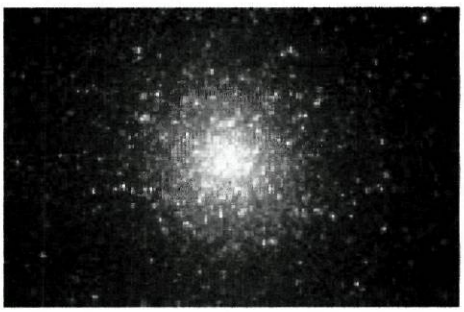


Figura 102: M13 - Enxame globular em Hércules. Adaptado de: http://www.astrosurf.com/legault/.

2.4.4.3. **Imagens de nebulosas**

Na nossa Galáxia cerca de 90% da sua massa forma as estrelas e só aproximadamente 10% faz parte do material interestelar. Este é constituído por gás e poeiras na proporção de 99% para a matéria gasosa e só 1% para as poeiras cujas dimensões são da ordem do mícron. A matéria gasosa tem cerca de 70% de hidrogénio e 28% de hélio sendo os restantes 2% formados por alguns elementos pesados que resultaram da explosão de estrelas de grande massa de gerações anteriores. O meio interestelar só pode ser observado quando absorve, emite ou reflecte a luz das estrelas (nebulosa). Assim vamos utilizar algumas imagens como exemplos de diferentes tipos de nebulosas de acordo com os processos que as tornaram visíveis:

- *nebulosa escura* é uma nuvem de gás e poeira cuja dimensão, apesar de ter uma densidade extremamente baixa ($<10^6$ átomos/cm^3), bloqueia totalmente a luz das estrelas mais distantes situadas na sua direcção. Um exemplo deste tipo de nebulosa é a Cabeça de Cavalo, figura 103, na Constelação de Orion.

Figura 103: Nebulosa Cabeça de Cavalo. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/.

- *nebulosas de reflexão,* como o nome indica, reflectem a luz de estrelas muito brilhantes relativamente próximas. Um exemplo deste tipo é a Nebulosa Cabeça de Bruxa, figura 104. A nuvem reflecte a luz da estrela Rigel da Constelação Orion. A sua cor azul, para além de ser o reflexo da cor azul de Rigel (a estrela está para a direita da nebulosa cerca de uma largura da fotografia), também se deve à dispersão da luz nos grãos de poeira, que nesta nuvem molecular, é mais eficaz nos comprimentos de onda azuis (de modo semelhante o céu na Terra é azul, só que neste caso os agentes dispersores são as moléculas de oxigénio e nitrogénio).

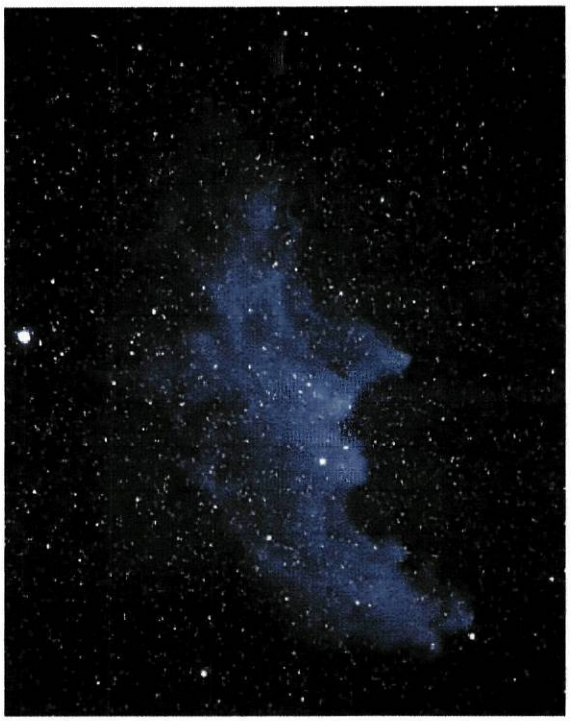


Figura 104: Nebulosa Cabeça de Bruxa. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/.

- *nebulosas de emissão*, são formadas por grandes massa de gás, principalmente hidrogénio excitado, (H^+ ou HII), pela radiação muito intensa das estrelas próximas (estrelas que emitem na região do UV). Na recombinação dos átomos de hidrogénio, a transição do terceiro para o segundo nível, emite, ($H\alpha$), na região do vermelho. Esta radiação atravessa com mais facilidade o meio interestelar e por isso é mais fácil de detectar a longas distâncias. Dois exemplos deste tipo de nebulosa são as Nebulosas de Orion e Laguna, figura 105, respectivamente na Constelação de Orion e na Constelação de Sagitário.

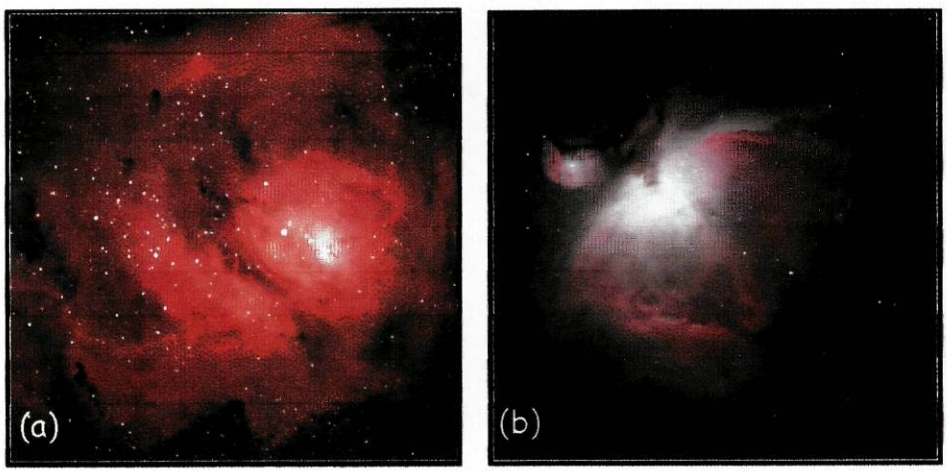


Figura 105: (a) - Nebulosa Laguna na Constelação de Sagitário. (b) - Nebulosa de Orion na Constelação de Orion. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/.

- *nebulosas planetárias*, são o resultado da ejecção de matéria na parte final da evolução de uma estrela com uma massa solar. Esta ejecção pode conter cerca de metade da massa da estrela e expande-se no espaço colidindo com o gás do meio interestelar, excitando-o e originando a nebulosa. No centro existe uma anã branca. Um exemplo deste tipo de nebulosa é a Nebulosa Anel, na Constelação de Lira, figura 106.

Figura 106: M57 - Nebulosa Anel na Constelação de Lira. Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/.

- *restos de Supernovas*, são o resultado da explosão de uma estrela de grande massa (mais de oito massas solares), no fim da sua evolução. A massa remanescente forma uma estrela de neutrões (se a estrela que explodiu tem cerca de trinta massas solares dá origem a um buraco negro). A matéria ejectada, expande-se com uma velocidade na ordem de milhares de quilómetros por segundo e colide com os átomos do meio interestelar, excitando-os e provocando a luminosidade. Um exemplo deste tipo de nebulosa é a Nebulosa Caranguejo na Constelação de Touro, figura 107.

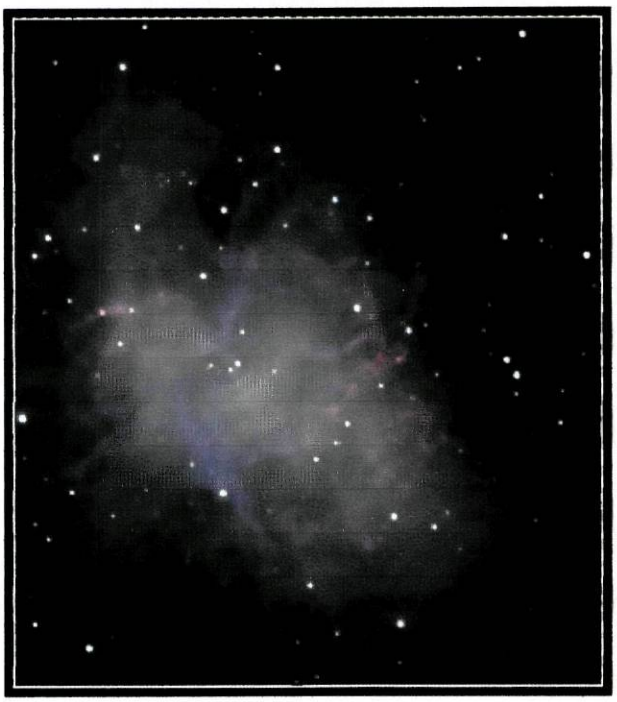


Figura 107: M1 - Nebulosa Caranguejo na Constelação de Touro.
Adaptado de: http://willmclaughlin.astrodigitals.com/.

2.4.4.4. **Imagens de galáxias**

As maiores estruturas do Universo são: galáxias, enxames de galáxias e superenxames de galáxias. As galáxias são enormes agrupamentos de estrelas, enxames de estrelas e matéria interestelar.

As galáxias classificam-se pela sua forma. Dentro de cada tipo agrupam-se as que mostram aspecto semelhante.

Embora existam várias classificações, a mais simples é a de Edwin Powell Hubble (1889-1953) que divide as galáxias em quatro tipos principais: *espirais, espirais com barra, elípticas* e *irregulares.*

- As *galáxias espirais,* (figura 108), caracterizam-se pelos braços arqueados a emergir directamente do núcleo e mostram nebulosas brilhantes.
- As *galáxias espirais com barra,* (figura 109), diferenciam-se das anteriores porque os braços emergem de uma barra que passa pelo núcleo. (As *galáxias lenticulares* estão entre as espirais e as elípticas pois têm disco e núcleo, mas não se conseguem diferenciar os braços).
- As *galáxias elípticas,* (figura 110), têm a forma de um elipsóide mais ou menos achatado, não têm braços espirais e quase não contêm gás interestelar nem poeiras. Deste modo, nestas galáxias há pouca possibilidade de se formarem novas estrelas.
- As *galáxias irregulares,* (figura 111), são assim denominadas, porque, pelo seu aspecto, não se enquadram em nenhum dos tipos anteriores.

A nossa Galáxia é do tipo espiral.

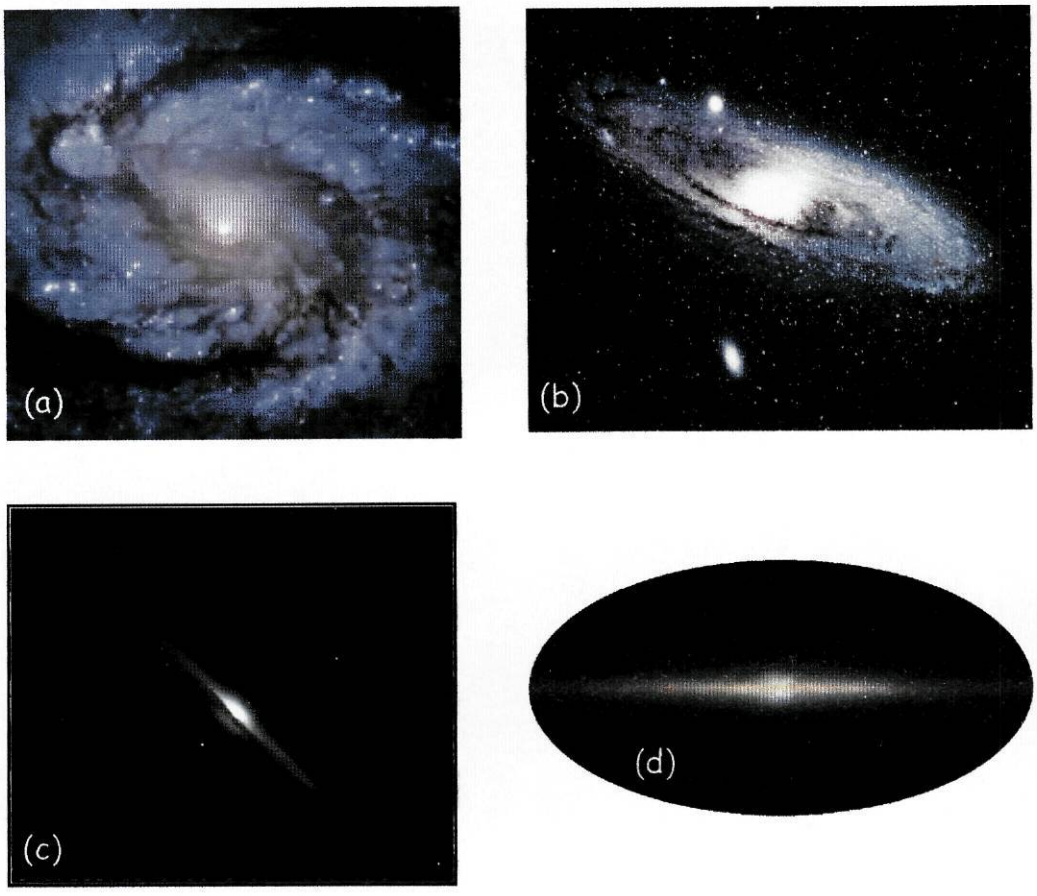


Figura 108: Exemplos de galáxias espirais vistas segundo diferentes orientações: (a) M100. (b) M31 (galáxia de Andrómeda). (c) NGC 4565 (galáxia Agulha). (d) imagem do plano da nossa Galáxia, obtida no IV, pelo satélite COBE. Adaptado de: http://www.zenite.nu/menu28/vis_e01.htm.

Figura 109: NGC 1365 - galáxia espiral com barra. Adaptado de: http://www.zenite.nu/menu28/vis_e01.htm.

Figura 110: M87 - galáxia elíptica. Adaptado de: http://www.zenite.nu/menu28/vis_e01.htm.

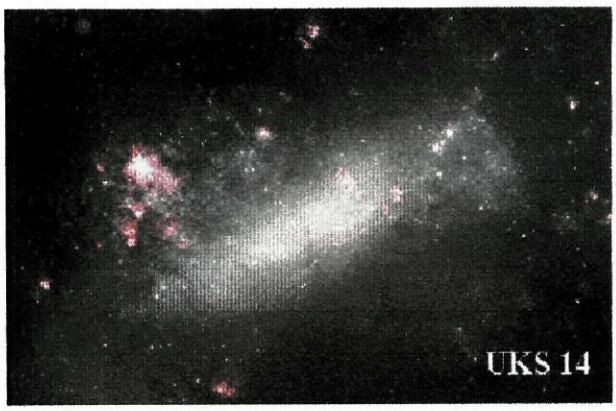


Figura 111: Grande Nuvem de Magalhães - galáxia irregular. Adaptado de: http://www.zenite.nu/menu28/vis_e01.htm.

A figura 112 mostra a imagem de uma galáxia espiral, NGC 5746 a 90 000 000 a.l.[1] (uma das galáxias mais distantes, da qual se conseguiu uma imagem) e de uma galáxia irregular, Sagittarius Dwarf, à distância de 6 000 a.l. (é considerada actualmente a galáxia mais próxima, ficando a cerca de um terço da distância à Grande Nuvem de Magalhães que, até 1994, era considerada como sendo a galáxia mais perto da nossa).

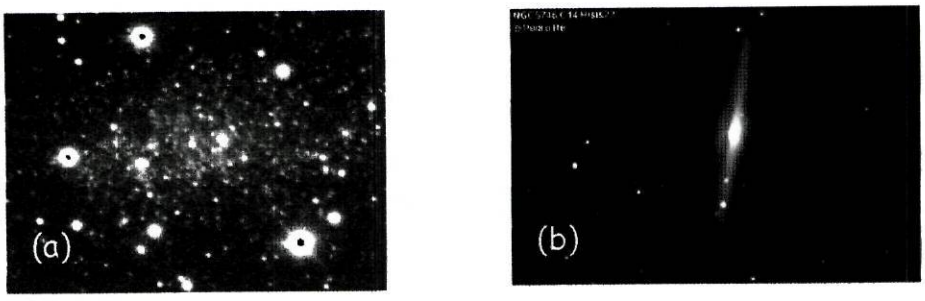


Figura 112: (a) galáxia irregular Sagittarius Dawrf. (b) galáxia espiral NGC 5746. Adaptado de: http://www.zenite.nu/menu28/vis_e01.htm.

O registo em imagem de uma galáxia pode ser um meio de identificar uma *supernova,* estrelas que explodem na fase final das suas vidas (figura 113).

O seu brilho pode aumentar até ser tão brilhante como o da galáxia a que pertencem.

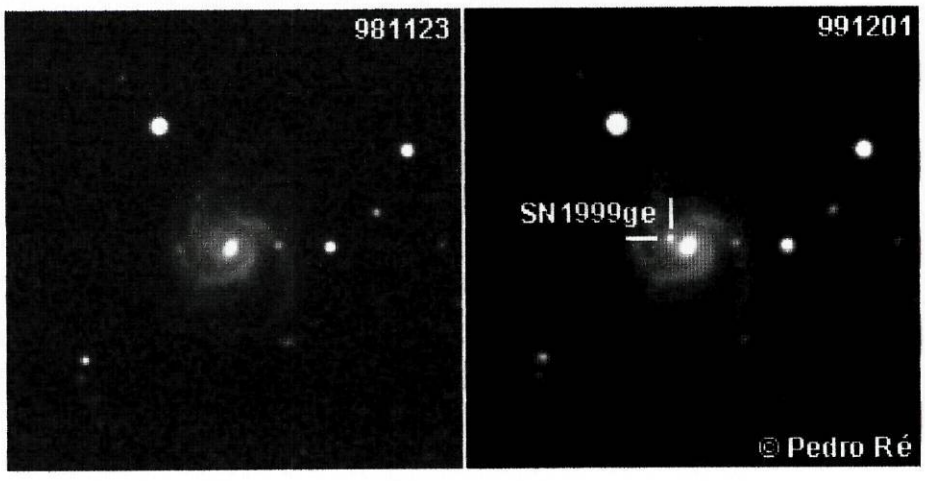


Figura 113: Supernova. Imagem cedida por Pedro Ré.

[1] 1 ano-luz (1 a.l.) são $9{,}46 \times 10^{12}$ km.

Este aumento é muito rápido, levando menos de um dia. As *supernovas* têm uma magnitude típica da ordem de -19 e por isso são visíveis a milhões de anos-luz. As *Supernovas Tipo Ia*, resultam da explosão de uma anã branca que acretou matéria de uma estrela com a qual forma um binário. São conhecidas por terem sempre a mesma luminosidade intrínseca (faróis do espaço). Daí que, a variação no seu brilho aparente é resultado do seu maior ou menor afastamento, permitindo, por isso, determinar a distância da galáxia a que pertencem. Este método pode ser utilizado até cerca de 1000 Mpc[1]. Até 20 Mpc utilizam-se as estrelas Cefeidas (estrelas variáveis com um período muito regular e tanto maior quanto maior for a magnitude absoluta[2] média). Para objectos mais próximos utiliza-se o método da paralaxe.

Tabela 7: Exemplos de alguns objectos do céu profundo e respectivas distâncias

Tipo de objecto	Distância a que os objectos se encontram de nós	
	os mais próximos	os mais afastados
Enxames abertos	150 anos-luz (Híades)	12 000 anos-luz (NGC 2324)
Enxames globulares	7 000 anos-luz (M4)	80 000 anos-luz (M54)
Nebulosas planetárias	500 anos-luz (NGC 7293)	6 000 anos-luz (NGC 6818)
Nebulosas difusas	1 200 anos-luz (M78)	180 000 anos-luz (Nebulosa Tarântula)
Galáxias	6 000 anos-luz (Sagittarius Dwarf)	90 milhões de anos-luz (NGC 5746)

[1] 1 parsec (1 pc) são 3,26 a.l..

[2] Magnitude absoluta: brilho de uma estrela colocada à distância padrão de 10 parsecs (32,6 a.l.)

CAPÍTULO 3.

3.1. CONCLUSÃO

"Assi passando aquellas regiões
Por onde duas vezes passa Apolo.
Dous invernos fazendo & dous verões
Em quanto corre dhum ao outro Polo:
Por calmas, por tormentas & opressões
Que sempre faz no mar o yrado Eolo,
Vimos as Vrsas a pesar de Iuno
Banharemse nas agoas de Neptuno."

Luís de Camões
In V, 15 *"Os Lusíadas"*

Este trabalho, "A imagem no âmbito da Astronomia", não pretende ser um curso de Astronomia, nem um manual sobre aquisição e tratamento de imagem. O objectivo principal que orientou a sua elaboração foi considerar a *imagem no âmbito da Astronomia* uma ferramenta de trabalho no Ensino pré-universitário. Sendo a Astronomia tão abrangente nos conteúdos que permite explorar, pode converter-se no núcleo de partida para a realização de muitas tarefas inseridas nas disciplinas curriculares do Ensino Básico e Secundário. A Astronomia, mesmo quando "se perdia" pelos mitos e augúrios, utilizou a observação, o registo e a formulação de previsões, etapas que ainda hoje são essenciais na evolução da ciência moderna.

Os nossos alunos do Ensino Básico e Secundário nem sempre estão habituados a questionar o que observam à sua volta. Nasceram envolvidos pelos meios de comunicação audiovisual, quase exclusivamente virados para uma aprendizagem passiva, que hoje é criticada no *clássico professor transmissor de conhecimentos.* Vivendo em zonas urbanas, perderam a oportunidade do contacto com a Natureza que, na sua diversidade, estimula a observação, desenvolve a

curiosidade e explora as capacidades de formular hipóteses e de questionar resultados.

Neste sentido, proporcionando a observação do céu aos alunos e analisando as suas reacções:

... Que "estrela" tão brilhante é aquela?

... Como é que a "stora" sabe que é um planeta?

... Onde está a estrela Polar?

... O que é aquele grupo de estrelas tão juntinhas?

constata-se como a Astronomia pode ser aplicada na resolução de problemas simples.

Utilizar binóculos, telescópio, computador, máquinas fotográficas e outros equipamentos auxiliares de observação e registo, permite desenvolver atitudes que contribuam para o desenvolvimento global do aluno, futuro cidadão interveniente e participante das questões ambientais e sócio-humanitárias:

- sentido de responsabilidade (...*"stora", já coloquei o telescópio em estação!*);
- partilha de conhecimentos (...*se contares "quatro punhos" a partir das guias da Ursa Maior encontras a estrela Polar!*);
- perseverança na realização de tarefas (...*já encontrei a galáxia de Andrómeda!*);
- gosto pela pesquisa (...*a fotografia que tirei mostra a nebulosa de Orion!*);
- capacidade de apresentar informação recolhida, seleccionada, interpretada, analisada e organizada (...*mãe, vou mostrar os meus trabalhos no Parque das Nações!*);

A realização de actividades de observação do céu, está geralmente condicionada pelo funcionamento regular dos tempos lectivos, pela pouca disponibilidade dos encarregados de educação, pelos próprios alunos ocupados com os "trabalhos de casa", pelas condições atmosféricas e finalmente pela localização urbana da escola. Pelo exposto, o recurso à imagem, obtida no âmbito da Astronomia, para base de trabalho é um meio de ultrapassar algumas das dificuldades enumeradas.

Obter imagens no âmbito da Astronomia permite desenvolver muitas das capacidades que são consideradas essenciais para atingir a grande maioria dos objectivos gerais das Ciências.

Explorar imagens no âmbito da Astronomia, permite aplicar conceitos básicos da maioria das Ciências para resolver problemas simples.

Na elaboração desta dissertação, depois de se efectuar uma pesquisa sobre as muitas actividades que se podem realizar no contexto da Astronomia, seleccionaram-se algumas que tivessem em conta as disponibilidades da Escola e permitissem cumprir alguns dos objectivos inerentes às ciências experimentais. Por esta razão, o Capítulo 2 foi dividido em secções, de acordo com os equipamentos disponíveis: algumas actividades que podem ser realizadas a olho nu, outras utilizando binóculos outras ainda que necessitam de telescópio.

Quando se faz o registo da observação, este pode ser efectuado desenhando ou obtendo a imagem com recurso a uma máquina fotográfica.

A secção "Objectos do céu profundo" recorre a imagens de alta resolução que fazem parte da maioria das obras de divulgação de Astronomia, obtidas com meios de observação e registo mais sofisticados.

Os Anexos são constituídos pelos protocolos de algumas actividades, que podem servir de base de trabalho, mas que devem ser aferidos (testados e modificados) para o aluno que os vai utilizar.

Na Bibliografia foram incluídas obras literárias consultadas, publicações periódicas da especialidade, endereços electrónicos que permitiram a obtenção de imagens (no caso em que tais imagens não puderam ser captadas pelos intervenientes na realização das actividades) e software específico utilizado na simulação de efemérides.

3.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não posso deixar de expressar que este trabalho pode ser a conclusão de uma etapa de formação pessoal, mas é, certamente, o início de uma prática lectiva mais interactiva e mais conducente ao desenvolvimento, nos alunos, da consciência do seu lugar no Cosmos e do seu contributo para a preservação de uma *vida com qualidade* na Terra.

BIBLIOGRAFIA

Obras Literárias

Cuesta, R., Diez, E., 1998, *Apuntes de Astronomia prática*, Eqipo Sirius, S.A.

Dickinson,T., 1998, *Nightwatch - A Practical Guide to Viewing the Universe*, Afirefly Book, Lda., Canada.

Ferreira, M., Almeida, G., 1999, *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, 5ª Edição, Plátano Edições Técnicas.

Garfinkle, R., 1994, *Star-Hopping-Your Visa to Viewing the Universe*, Cambridge University Press.

Hoskin M., 1999, *The Cambridge Concise History of Astronomy*, Cambridge University Press.

Kaufmann, W.J., 1999, *Universe: Magnificent Cosmos*, 5th Edition, W. H. Freeman & Co..

Lacroux, J., Berthier D., 1994, *Guia Prático de Astronomia*, 1ª Edição, Gradiva Publicações Lda..

Levy, D. H., 1998, *Observar o Céu*, 1ª Edição, Edições Atena, Lda..

Paiva, M., 1998, *Mimando Descartes Eu, telescópio*, Edições Livro Branco, Lda..

Pellequer, B., 1990, *Pequeno Guia do Céu*, Gradiva

Roy, A. E., Clarke, D., *Astronomy: principles and pratice*, Third Edition,

Scholsser, W., Schmidt-Kaler, T., Milone, E.F., 1991, *Challenges of Astronomy - Hands-on Experiments for the Sky and Laboratory*, Springer-Verlag New York Inc..

Silva, L.P., 1972, *A Astronomia de Os Lusíadas*, Junta de Investigações do Ultramar - Lisboa.

Publicações periódicas

Guillaume C., 2001, *Le Guide du Ciel 2001-2002*, NATHAN

Ryan, J., *Sky Wise - Refraction*, pág. 108, April 2001/ Volume 101 / Number 4, Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation.

Sky & Telescope

Astronomy

Astronomy Now

Ciel & Espace

Astronomia de Amadores

O Observatório

Software especializado

SkyMap

Starry Night Pro

The Sky

Orbits

Skyglobe

Endereços na World Wide Web

http://www.k12.edu

http://www.astro.washington.edu

http://www.owu.edu

http://www.zenite.nu

http://www.amtsqym-sdbg.dk

http://www.asahi.nt.or.jp

http://www.astro.wisc.edu

http://www.astrocam.org

http://www.astronomynow.com

http://www.astropix.com

http://www.astrosurf.com/legault

http://www.astrosurf.com/cidadão

http://www.astrosurf.com/re

http://www.fsc.ufsc.br

http://geocities.com

http://www.gettysburg.edu/academics/physics/clea/CLEAhome.html

http://imagine.gsfc.nasa.gov

http://www.leguideduciel.com

http://www.solarviews.com

http://solar_center.stanford.edu

http://www.space.com

http://www.space.jpl.nasa.gov

http://www.sun.com

http://www.to-scorpio.com

http://www.willmclaughlin.astrodigitals.com

http://www.astro.physics.uiowa.edu

ANEXOS

A NOSSA ESCOLA E O NORTE - O Sol e as estrelas podem ajudar a descobrir onde estamos

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- ☞ Orientar a escola em relação aos pontos cardeais.
- ☞ Verificar a direcção norte pela posição da estrela Polar.
- ☞ Relacionar o comprimento da sombra com a altura do Sol e a duração dos dias.

MATERIAL NECESSÁRIO

- 🛠 planta da escola;
- 🛠 rolha (0,5 cm de altura) e palito;
- 🛠 lápis, régua e compasso.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1º- Colocar a folha com a planta da escola num lugar do pátio onde haja sol durante o maior número de horas (manhã e tarde);

2º- Marcar o lugar escolhido de modo a poder repetir o processo anterior sem alterar a posição da folha;

3º- Colar (com uma cola fraca para se poder remover facilmente) na folha a rolha com o palito (figura 1), de forma a que a sombra projectada pelo palito esteja sempre dentro dos limites da folha;

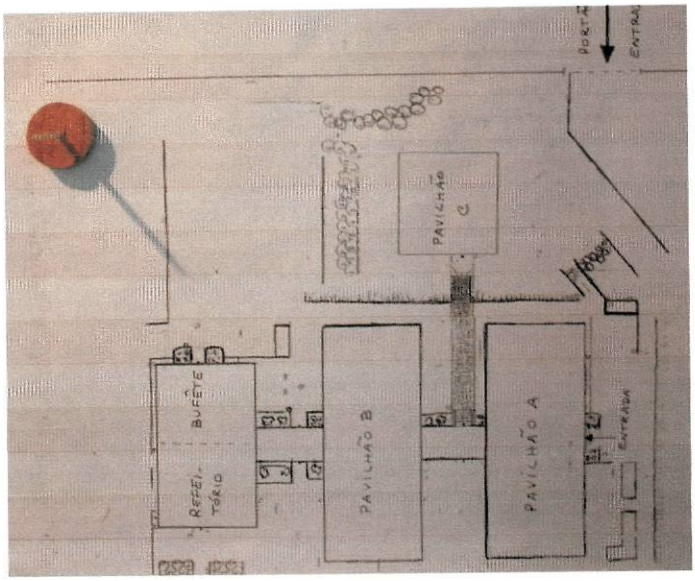


Figura 1

4º- Em todos os intervalos colocar a folha no lugar do pátio escolhido e marcar, com um lápis, onde termina a sombra projectada pelo palito (recomenda-se começar a meio da manhã e terminar a meio da tarde);

5º- Depois de se terem marcados todos os pontos, retirar com cuidado a rolha e com o auxílio de um compasso centrado no círculo onde a rolha esteve, desenhar uma circunferência que passe por uma sombra marcada pela manhã e outra marcada durante a tarde;

6º- Unir com uma régua os dois pontos determinados anteriormente e dividir geometricamente ao meio, o segmento de recta desenhando a bissectriz. Esta, vai indicar a direcção Norte/Sul em relação à escola (o Norte está no sentido das sombras projectadas pelo palito);

7º- Durante a noite verificar se a estrela Polar está na direcção que foi determinada com o auxílio da sombra do palito na folha de papel e com a planta da escola.

REGISTA

- a data, a hora e o comprimento da sombra na tabela 1;
- completa a tabela 1 efectuando os cálculos necessários.

INVESTIGA

? durante um dia, a que horas, aproximadamente, obtiveste a sombra menor;

? a essa hora, qual era a altura do Sol (em graus).

EXPERIMENTAR MAIS

- repete a actividade ao longo do ano (em Janeiro, em Março e em Junho);
- compara a altura do Sol (em graus) e relaciona este facto com os dias serem maiores ou menores.

NOTA: Se não souberes calcular um ângulo através da sua tangente desenha numa folha de papel milimétrico a altura da ponta do palito (OP) e a sombra que ele projecta (OS). Une as extremidades (SP) e com o auxílio de um transferidor, mede o ângulo $O\hat{S}P$.

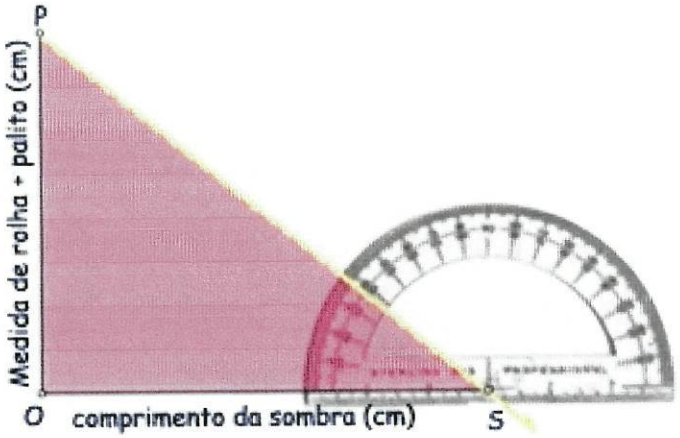


TABELA 1

Registo de sombras projectadas e alturas do Sol

Momento da observação		Comprimento		Altura do Sol (graus)
Data	Hora	Objecto (cm)	Sombra (cm)	

CONHECER O CÉU - Pela minha mão posso encontrar "estradas" entre as estrelas

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- ☞ Identificar constelações como sendo áreas do céu.
- ☞ Conhecer alguns astros e relacionar a sua posição relativa de modo a facilitar a identificação da zona do céu.
- ☞ Utilizar escalas.

MATERIAL NECESSÁRIO

- 🛠 folhas para registar os objectos observados;
- 🛠 lápis e lanterna com luz vermelha (coberta com papel celofane vermelho);
- 🛠 lápis e lanterna com luz vermelha (coberta com papel celofane vermelho);
- 🛠 mapas 1,2,3,4 e 5;
- 🛠 mapa com o céu visível nas horas da observação.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1º- Identificar uma área do céu com uma constelação;

2º- Desenhar a constelação na folha de registo, utilizando a escala da mão (ver quadro 1);

3º- Registar propriedades observadas nos astros como a sua cor, brilho relativo, etc.

REGISTA

- as estrelas que formam a constelação que escolheste;
- a data, a hora e condições atmosféricas (existência de nuvens, humidade, vento, etc);
- a posição relativa dos astros que estás a desenhar.

INVESTIGA

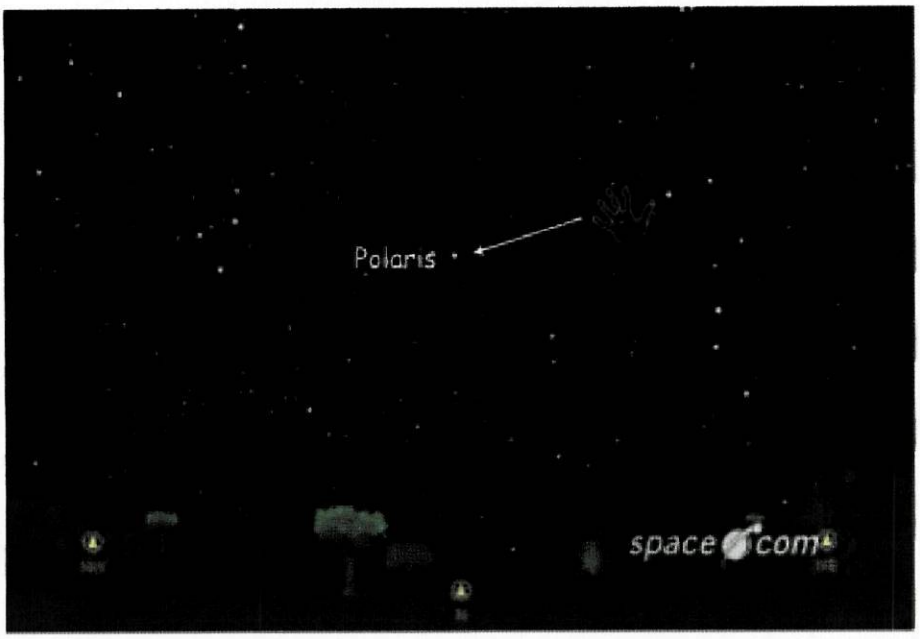
? o nome dos astros que desenhaste;

? a distância a que se encontram da Terra.

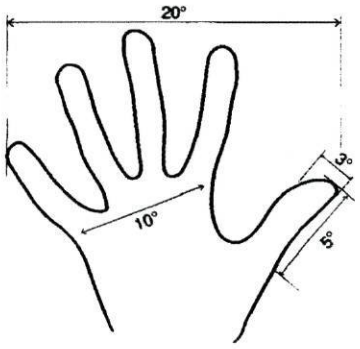
EXPERIMENTAR MAIS

- repete a actividade ao longo do ano (em Janeiro, em Março e em Junho);
- verifica a alteração das constelações visíveis e procura a explicação deste facto.

QUADRO 1

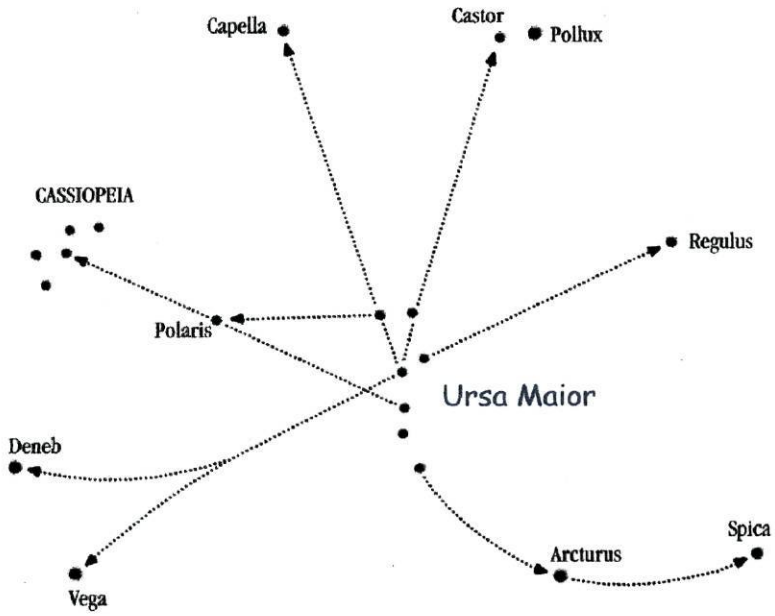


Utilizar a mão para estimar em graus, distâncias no céu

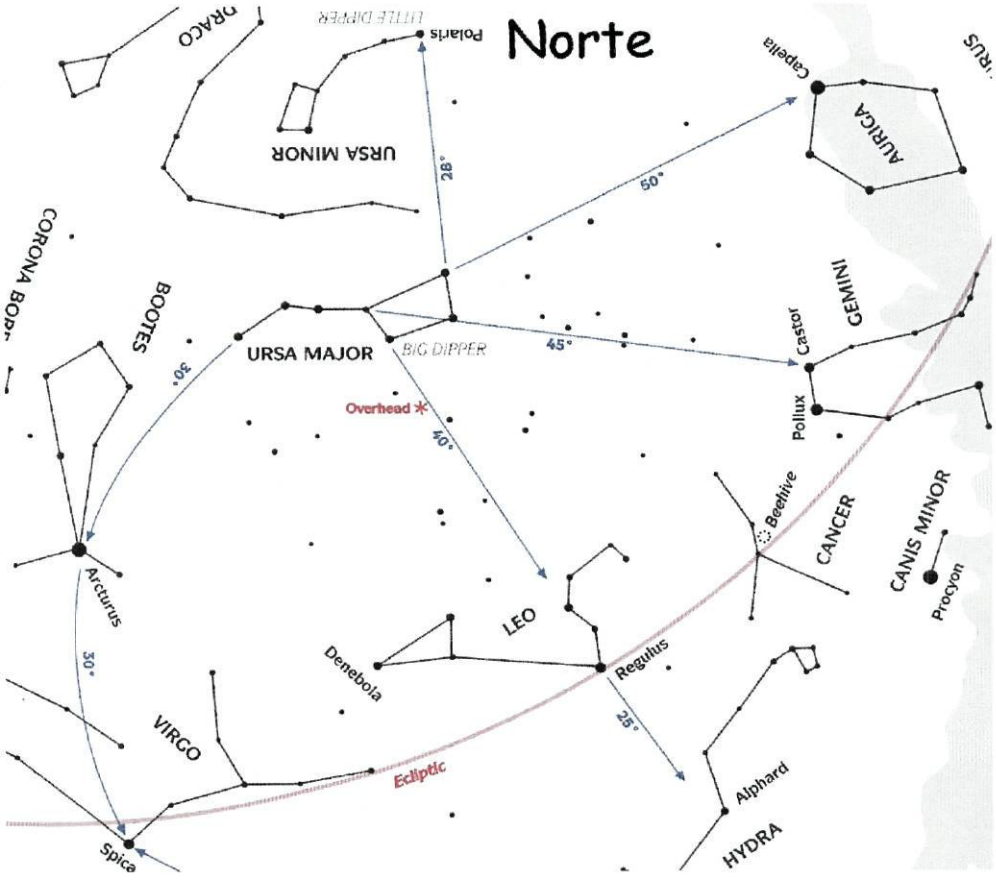


Mapa 1

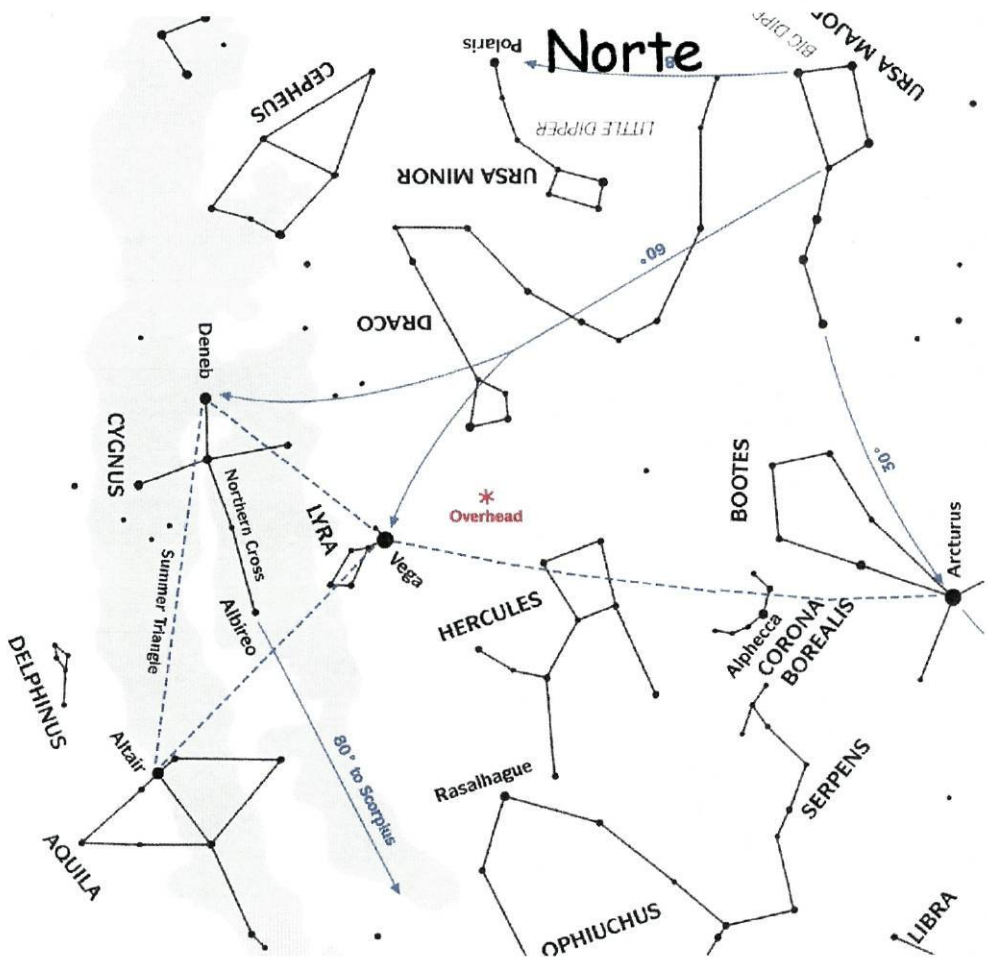
Mapa de "estradas do céu" a partir da Ursa Maior



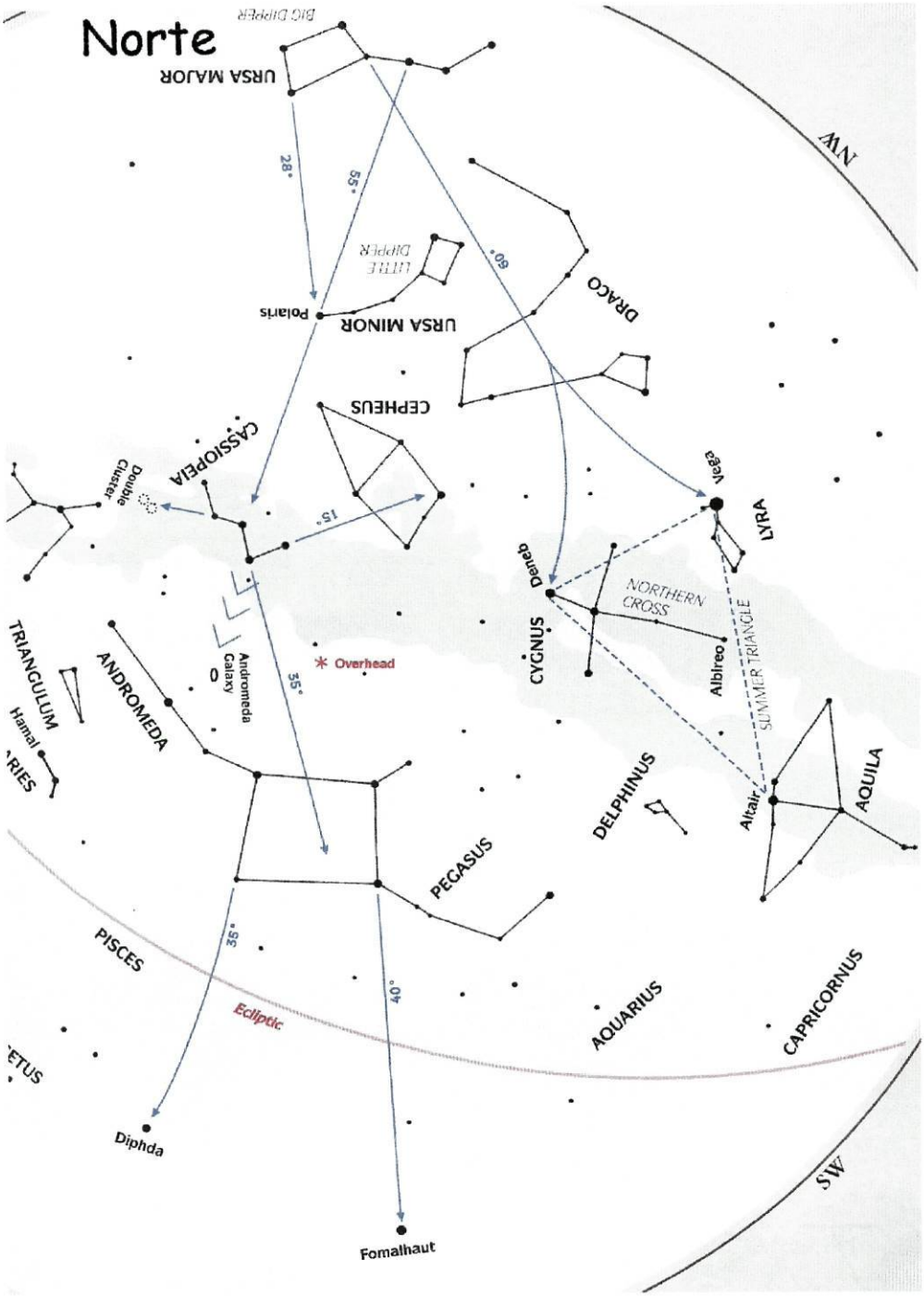
Mapa 2 - Primavera



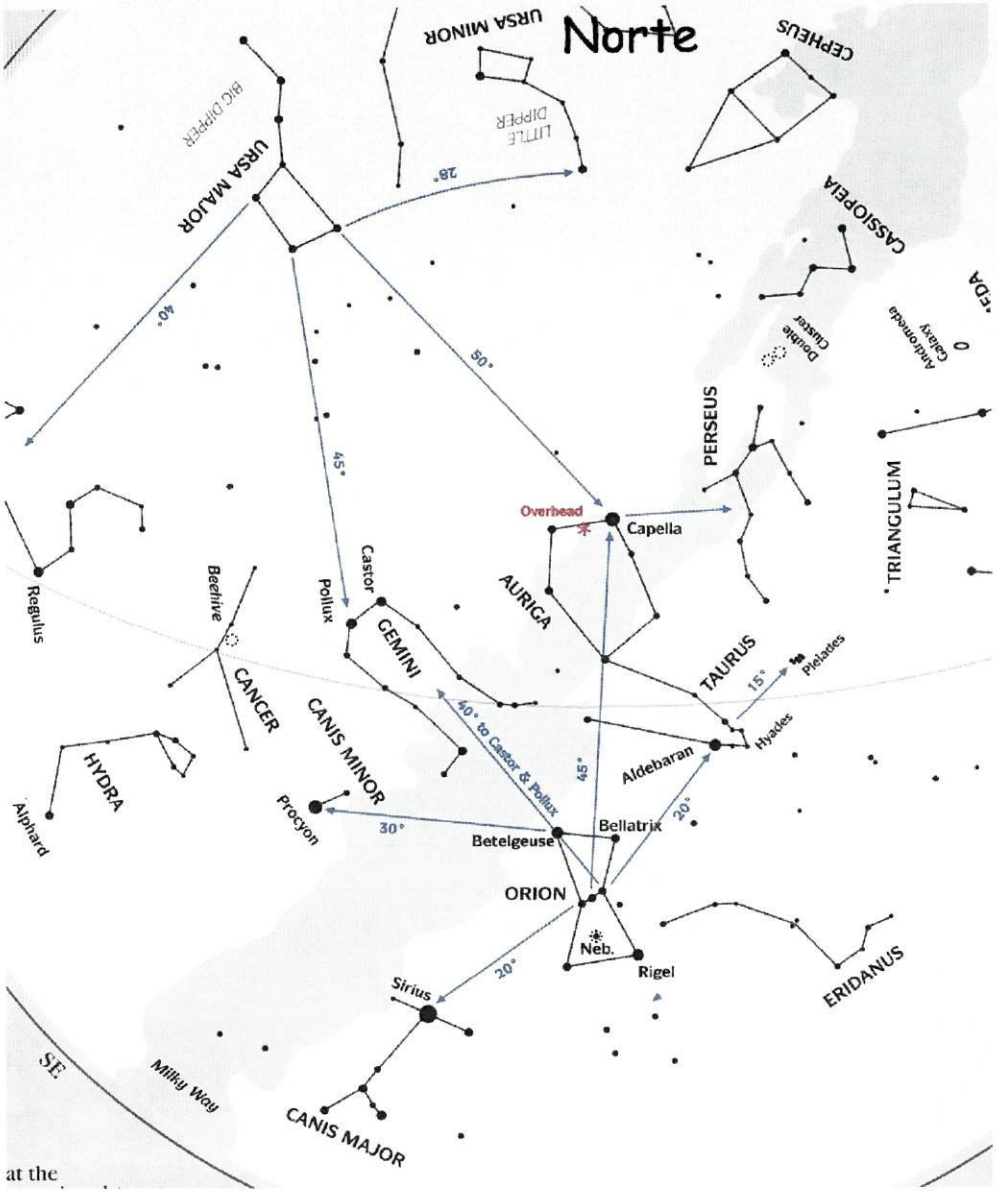
Mapa 3 - Verão


Norte
Polaris
CEPHEUS
URSA MINOR
LITTLE DIPPER
URSA MAJOR
BIG DIPPER
60°
DRACO
Deneb
CYGNUS
Northern Cross
Summer Triangle
LYRA
Vega
Overhead
BOOTES
30°
Arcturus
HERCULES
Alphecca
CORONA BOREALIS
DELPHINUS
Albireo
Altair
80° to Scorpius
Rasalhague
SERPENS
AQUILA
OPHIUCHUS
LIBRA

Mapa 4 - Outono



Mapa 5 - Inverno



Folha de Registo da área do céu observada

Constelação:_____

Data: _____; **Hora:** _____;
Observador: _____;
Localidade: _____ **Latitude:** _____ **Longitude:** _____
Condições de observação (poluição luminosa, transparência, etc.):
_____
Desenho:

FAZER HISTÓRIA: descobrir o valor do raio da Terra e estimar a distância à Lua

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Relacionar a sombra projectada pelo Sol em lugares com diferentes latitudes, para se estimar o valor do raio da Terra.
- Realizar actividades em parceria com outras escolas.
- Registar as diferentes fases de um eclipse lunar.
- Utilizar uma imagem da Lua parcialmente eclipsada para estimar o tamanho relativo Lua/Terra.
- Simular processos utilizados ao longo da História para determinar distâncias e tamanhos relativos no Sistema Solar.

MATERIAL NECESSÁRIO

- suporte universal, cordel e transferidor;
- fotografias com o registo das fases do eclipse.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Procedimento 1 - Para estimar o raio da Terra:

a) Contacta com escolas que estejam o mais próximo possível do meridiano da tua escola (ou seja, que tenham, aproximadamente, a mesma longitude) para realizarem esta actividade no mesmo dia em que a fizeres na tua.

b) Determina a hora do meio dia local (internet, software ou almanaque);

c) Utilizando o suporte universal, mede, ao meio dia local, o ângulo formado pelos raios solares e pelo suporte universal, conforme se pode ver na figura 1. Regista o valor que encontraste assim como o valor encontrado pela escola com a qual estás a trabalhar.

Figura 1: Procedimento para obter o ângulo formado pelos raios solares e pelo suporte universal.

d) Opta por um dos esquemas (o da figura 2 ou o da figura 3) tendo em atenção a posição das duas escolas em relação ao Trópico de Câncer.

- se ambas as escolas se situam acima do Trópico de Câncer (figura 2), subtrai os valores dos ângulos medidos em cada uma delas.

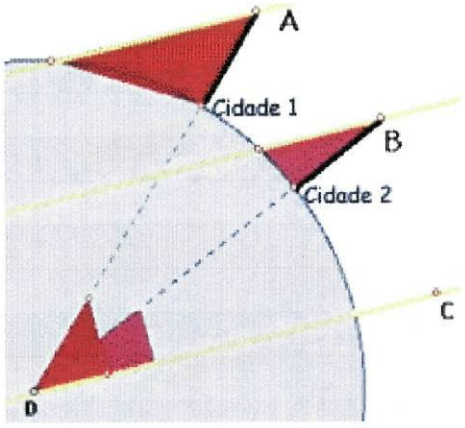


Figura 2: Esquema que mostra a relação dos ângulos medidos em dois lugares ao norte do trópico de Câncer (C).

- se as escolas se situam uma acima e outra abaixo do Trópico de Câncer (figura 3), adiciona os valores dos ângulos medidos em cada uma delas.

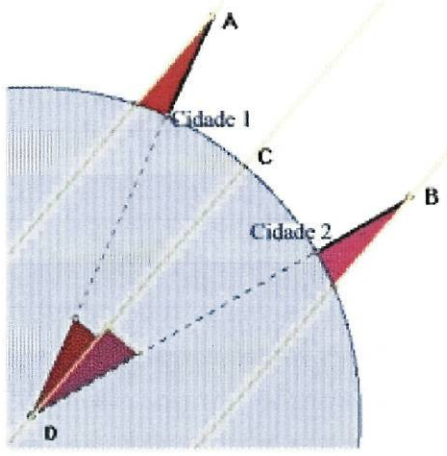


Figura 3: Esquema que mostra a relação dos ângulos medidos em dois lugares: um ao norte e outro ao sul do trópico de Câncer (C).

e) Utilizando um mapa calcula a distância (em km) entre os dois locais.

f) Estima o valor do perímetro (médio) da Terra aplicando a seguinte relação:

$$Perímetro\ médio\ da\ Terra = \frac{distância\ entre\ os\ dois\ locais}{ângulo\ calculado\ no\ passo\ d)} \times 360°$$

g) Calcula o valor médio do raio da Terra.

Nota: $Perímetro = 2\pi r$

Procedimento 2 -. Para estimar o tamanho relativo Lua-Terra.

a) Regista diferentes fases de um eclipse lunar, utilizando uma máquina fotográfica com tripé;

b) Determina o diâmetro do disco lunar e o diâmetro do disco da sombra projectada pela Terra recorrendo a uma imagem da Lua parcialmente eclipsada, (Caso não tenha sido possível obteres imagens do eclipse, utiliza a Imagem B ou qualquer outra imagem que possas obter de uma outra fonte).

Nota: Para determinar os diâmetros referidos podes optar por um de dois processos:

- processo 1 (menos rigoroso) - *Por tentativas* (utlizando o computador e a imagem digitalizada da Lua parcialmente eclipsada ou, utilizando um compasso), experimenta diferentes circunferências até conseguires *completar as circunferências* que limitam a Lua e a sombra da Terra (por exemplo, como se fez na Imagem A);
- processo 2 (mais rigoroso) - Estima o raio dos discos utilizando o processo geométrico explicado na *Actividade VIII* (estimar a altura de um relevo lunar).

c) Sabendo o raio da Terra (estimado no Procedimento 1), considera:

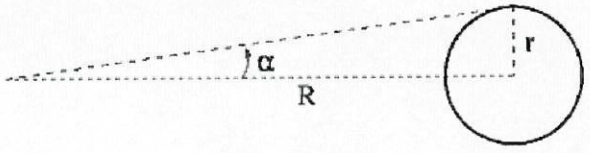
$$diâmetro_{Terra} = 2 \times raio_{Terra}$$

d) Calcula o raio da Lua:

$$factor\ de\ escala = \frac{diâmetro_{sombra\ da\ Terra}\ (cm)}{diâmetro_{Lua}\ (cm)}$$

$$raio_{Lua}\ (km) = \frac{raio_{Terra}\ (km)}{factor\ de\ escala}$$

e) Sabendo que o diâmetro aparente da Lua no céu é ≈ 0,5°, calcula a distância média da Lua à Terra:



$$tg\ (\alpha) = r / R$$

$$Distância_{Terra-Lua} = \frac{raio\ médio_{Lua}}{tg\ 0{,}5}$$

REGISTA

- na tabela 1, os valores que te permitiram calcular o valor médio do raio da Terra;
- na tabela 2, os valores que te permitiram calcular o valor médio da distância Terra/Sol e o valor médio do raio do Sol.

INVESTIGA

? qual o erro cometido no cálculo do valor médio do raio da Terra;

? qual o erro cometido no cálculo do valor médio da distância Terra/Lua.

EXPERIMENTAR MAIS

- Estima o valor do raio médio da Terra, repetindo o Procedimento 1 trabalhando em parceria com outras escolas;
- Verifica o valor da relação de tamanhos entre a Lua e a Terra recorrendo a outras imagens do eclipse lunar;
- Estima a distância Terra / Sol, (Tabela 2), utilizando o valor encontrado para a distância Terra / Lua (utiliza um software, tipo Starry Night Pro, para simular a Lua em quadratura, Figura 4, e mede o ângulo formado pela Lua,Terra e Sol);
- Determina o valor médio do diâmetro do Sol, utilizando o processo que te permitiu estimar o diâmetro da Lua, sabendo que o diâmetro angular aparente do Sol é o mesmo que o da Lua.

IMAGEM A

(por tentativas traçaram-se diferentes circunferências até estas corresponderem aos diâmetros da Lua e da sombra projectada pela Terra).

Nota: círculos traçados no computador

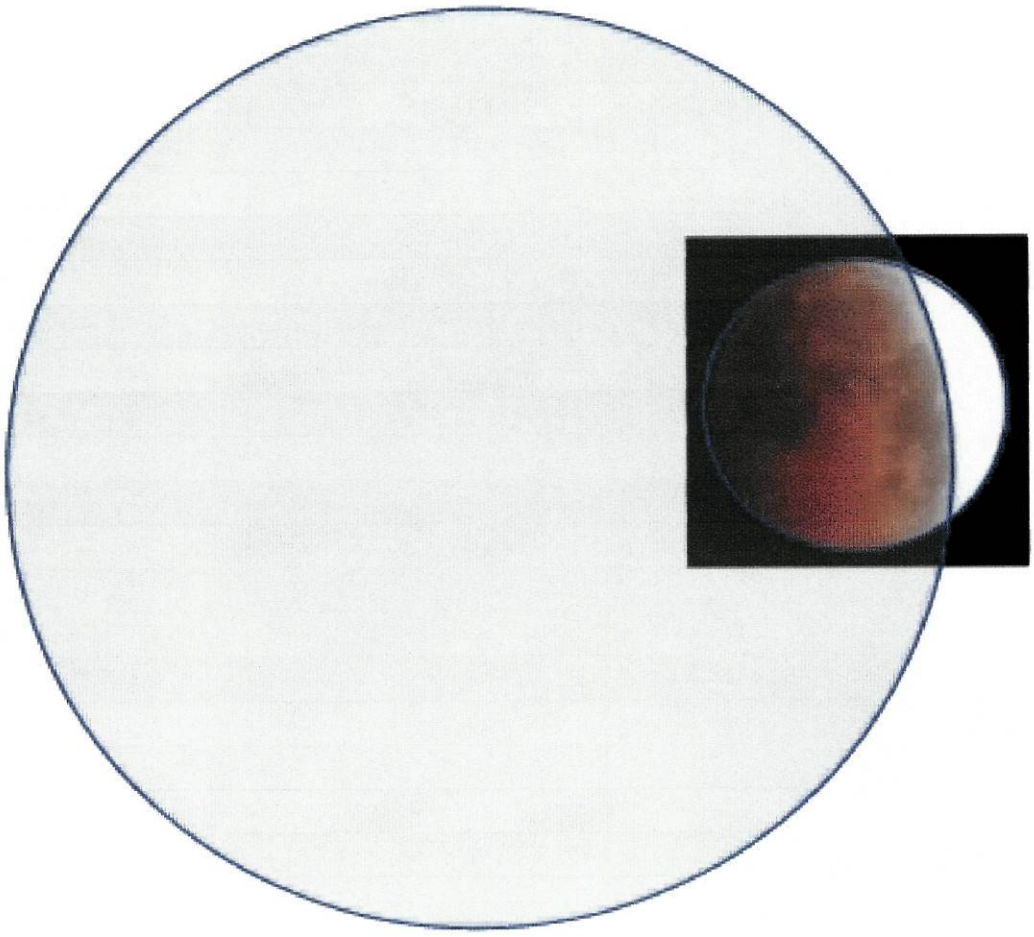


IMAGEM B

Eclipse total da Lua - 18 de Janeiro de 2000

(Imagem obtida pelo Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela)

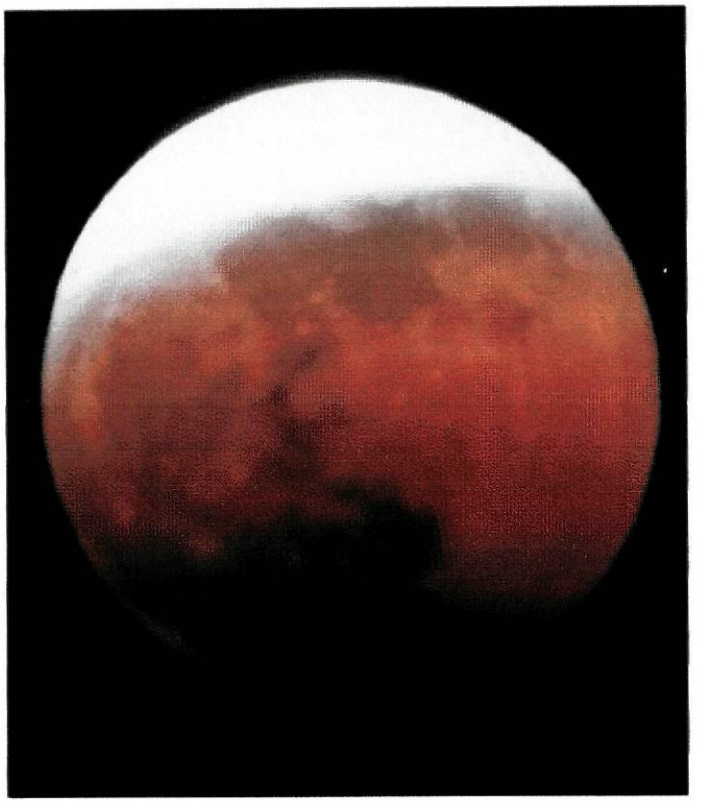


Tabela 1

Dados locais	*A nossa escola*	*Outra escola*	
Latitude			A latitude é a medida em graus do lugar ao equador(Podemos encontrar o seu valor num mapa mundo)
Comprimento da sombra			O comprimento da sombra do suporte universal
Ângulo solar			Ângulo calculado a partir do valor medido nas duas escolas como se exemplifica na figura 1
distância N/S			É a distância, medida na perpendicular, entre o paralelo da nossa escola e o paralelo da outra escola
Perímetro			Perímetro de um meridiano. Este valor estima-se com base nos dados anteriores: $Perímetro\ (km) = distância\ N/S\ (km) \times \frac{360^\circ}{(ângulo\ solar)^\circ}$
Raio da Terra			$Raio\ da\ Terra = \frac{Perímetro}{2\pi}$
% erro			Traduz quanto o valor encontrado se afasta do valor do raio da Terra (6.378 km)

Tabela 2

$\cos \hat{a}ngulo_{Lua,Terra,Sol}$	$dist\hat{a}ncia_{Terra-Sol} = \frac{\cos \hat{a}ngulo_{Lua,Terra,Sol}}{dist\hat{a}ncia_{Terra-Lua}}$	$raio\ m\acute{e}dio\ do\ Sol = tg\ 0{,}5 \times dist\hat{a}ncia_{Terra-Sol}$

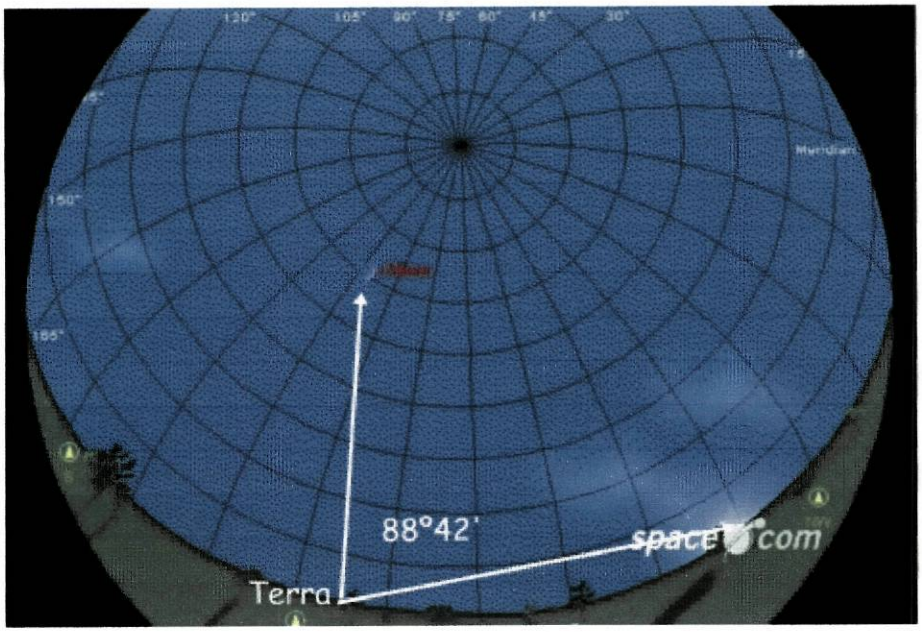


Figura 4: Lua em quadratura ao pôr do Sol em 29 de Maio de 2001.

Astronomia a olho nu
Actividade IV

A LUA E AS SUAS FASES- Como a Lua muda o seu aspecto?

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Identificar as fases da Lua.
- Compreender a causa das fases da Lua.

MATERIAL NECESSÁRIO

- lápis e folha de protocolo.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

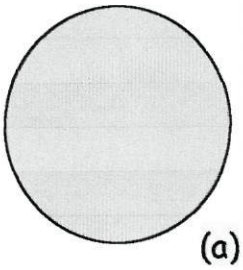
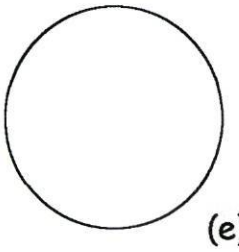
1º- Iniciar as observações da Lua logo a seguir à Lua Nova;

2º- Desenhar o aspecto da Lua pelo menos três vezes antes e depois da Lua Cheia (com intervalos de 3 ou 4 dias);

3º- Representar alguns aspectos mais significativos da superfície da Lua.

REGISTA

✎ a data, a hora e alguns aspectos mais significativos da superfície da Lua.

Lua Nova  (a)	_____ (b)	_____ (c)	_____ (d)
Lua Cheia  (e)	_____ (f)	_____ (g)	_____ (h)

(a)_____

(b)_____

(c)_____

(b)_____

(d)_____

(e)_____

(f)_____

(g)_____

(h)_____

INVESTIGA

? se, durante o dia, podes observar a Lua;

? no caso de ser possível observar a Lua durante o dia, se essa observação foi feita no período anterior ou posterior à Lua Cheia;

? que nome se dá às fases da Lua (podes consultar o livro "Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas").

EXPERIMENTAR MAIS

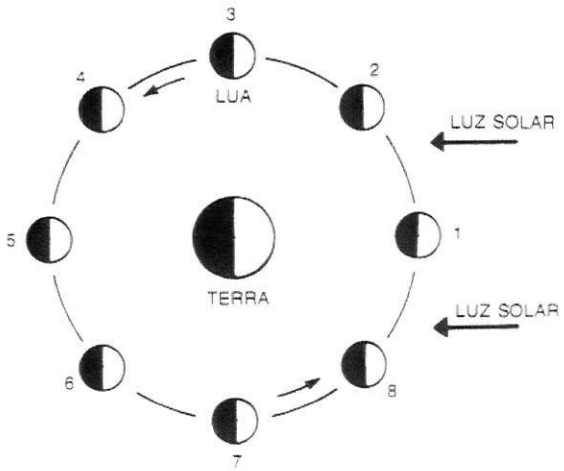


Figura 1: *O* sistema Terra/Lua observado por um astronauta ao Norte do plano orbital da Lua.

? O número 1 na Figura 1 corresponde à Lua Cheia ou à Lua Nova?

? O número 5 na Figura 1 corresponde à Lua Cheia ou à Lua Nova?

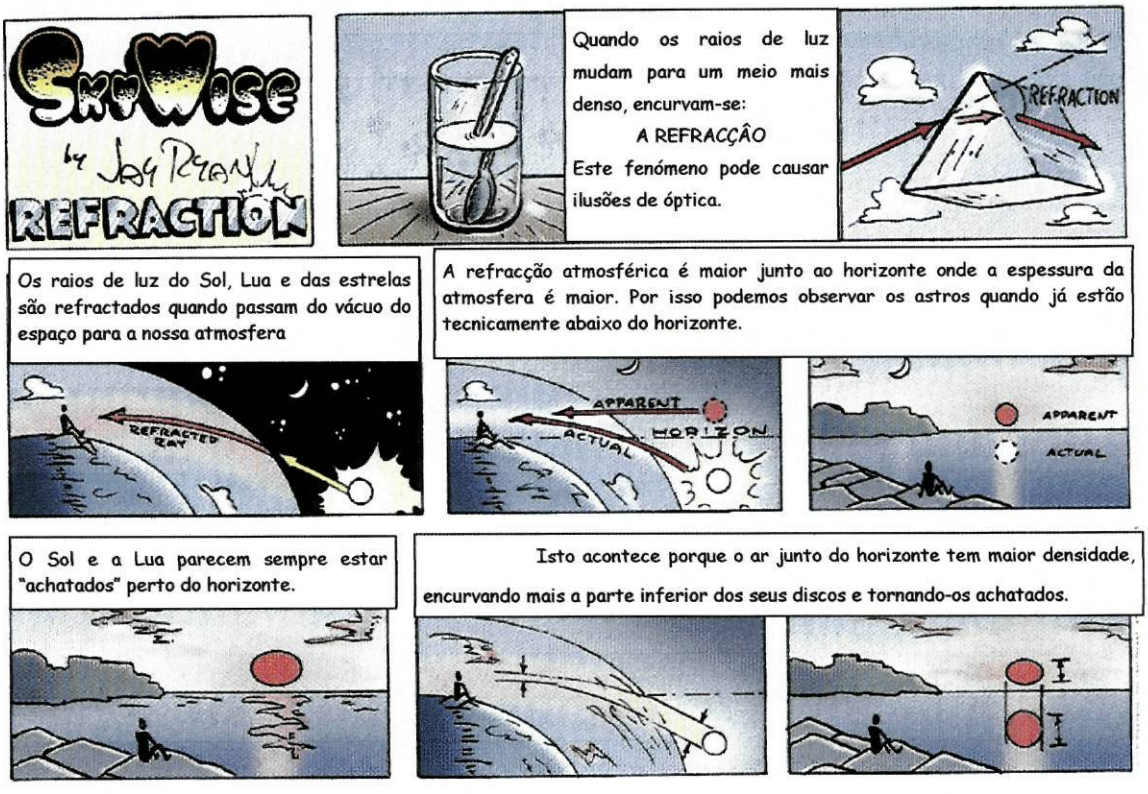
? Utiliza as letras de *a* a *g* (que legendaste em REGISTA) por forma a estabeleceres uma correspondência com as posições de 1 a 8 (figura 1)

1 - _____ 2- _____ 3 - _____ 4 - _____ 5 - _____ 6 - _____ 7 - _____ 8 - _____

- Se estivesses na Lua na posição 1 observavas "Terra Cheia" ou "Terra Nova"?_____
- Desenha a Lua na posição 7 conforme a observarias se estivesses no pólo Sul da Terra._____

SABIAS PORQUÊ?

[1]...o Sol e a Lua parecem maiores e achatados quando estão no horizonte?



[1] Adaptado da publicação "Sky & Telescope" de Abril de 2001.

ECLIPSES - Como o Sol se esconde da Terra?

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Investigar eclipses solares.
- Registar as diferentes fases de um eclipse.
- Estimar a percentagem oculta do disco solar.

MATERIAL NECESSÁRIO

- folhas de registo 1 e 2;
- fotografias com o registo das fases do eclipse;
- fotocópia de uma folha quadriculada em acetato.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1º- Utilizar uma máquina fotográfica com tripé e registar as diferentes fases de um eclipse (não esquecer de usar um filtro na objectiva ou usar o método da projecção em ecrã);

2º- Sobre uma cópia da fotografia do Sol parcialmente eclipsado determinar o centro do disco solar (ver REGISTA);

3º- Desenhar o triângulo AOB (ver REGISTA);

4º- Desenhar a altura [OF] do triângulo AOB (ver REGISTA).

REGISTA

- na **Folha de Registo 1**, a data, a hora e condições atmosféricas (existência de nuvens, humidade, vento, etc.).
- na **Folha de Registo 2**, os diferentes passos do procedimento experimental conforme o exemplo da figura 1.

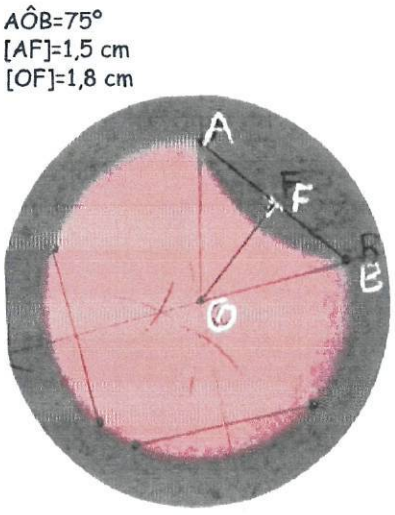


Figura 1: Construções geométricas sobre a imagem do Sol parcialmente eclipsado.

INVESTIGA

? se há eclipses do Sol em todas as Luas Nova;

? qual a justificação para a tua resposta anterior.

EXPERIMENTAR MAIS

- Estima a percentagem do disco solar visível numa imagem do Sol parcialmente eclipsado (figura 2), utilizando uma transparência quadriculada (fotocópia de uma folha quadriculada em acetato).
- Depois de colocares a transparência sobre a imagem do Sol parcialmente eclipsado (no conjunto das imagens obtidas, para as várias fases do eclipse, deves utilizar nesta tarefa, pelo menos uma onde possas contar quadrículas em metade do disco solar), conta as quadrículas correspondentes a metade do disco solar. Multiplica o valor encontrado por dois e obténs o valor, em número de quadrículas, da área total do disco solar.
- Depois de teres o valor em quadrículas da área total do disco solar, podes estimar em todas as outras imagens, com as várias fases do eclipse, a percentagem visível do disco solar e em seguida a correspondente percentagem oculta:

$$\%\ visível = \frac{número\ de\ quadrículas\ na\ parte\ visível\ do\ disco\ solar}{número\ de\ quadrículas\ da\ área\ total\ do\ disco\ solar} \times 100$$

$$\%\ oculta = 100 - \%\ visível$$

- Utiliza a figura 2 para realizar esta tarefa.

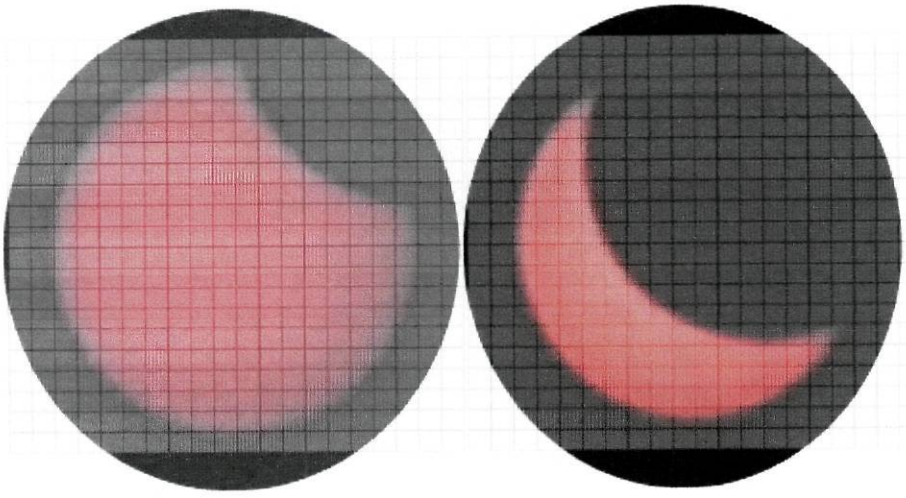
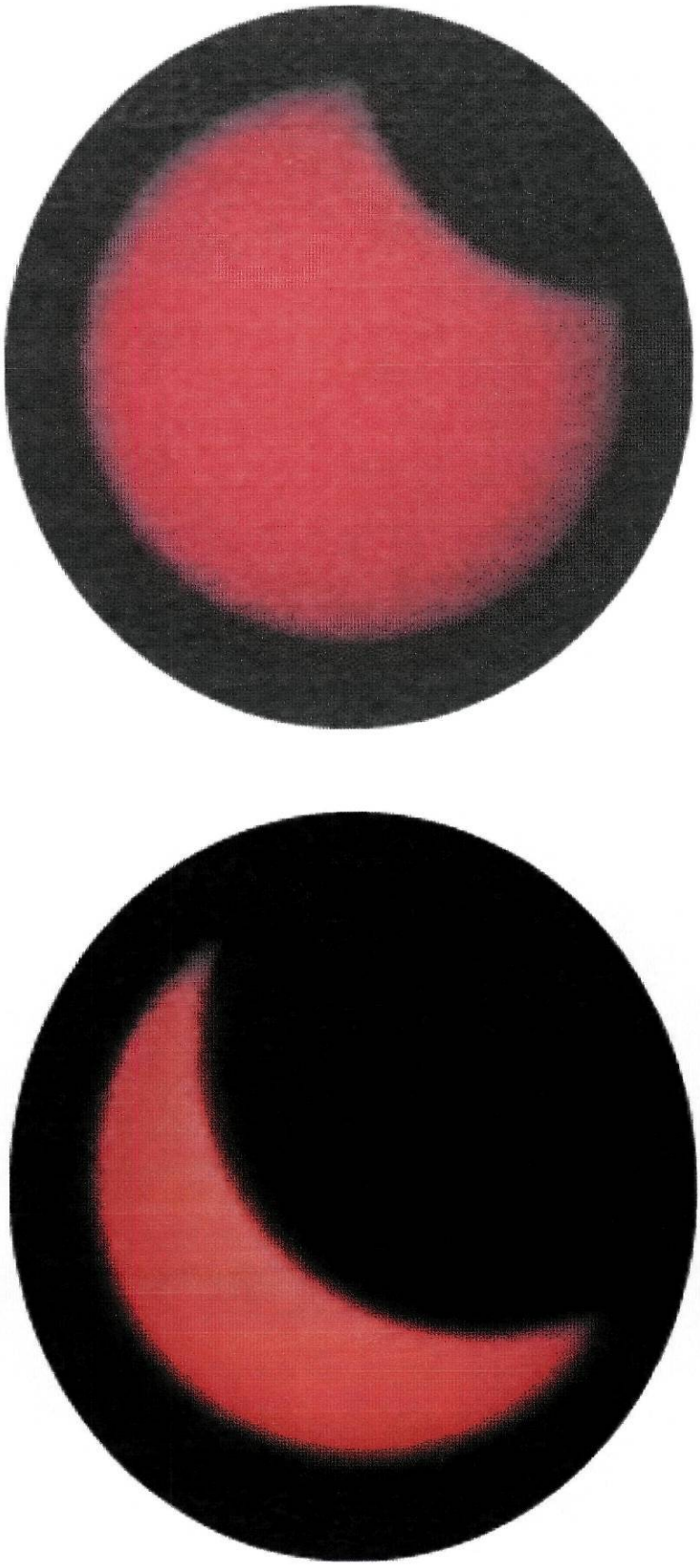


Figura 2: Duas imagens do Sol parcialmente eclipsado com uma transparência quadriculada sobreposta.

Imagem do Sol parcialmente oculta pela Lua

Eclipse de 11 de Agosto de 1999



Folha de Registo 1

Data: __/__/____;

Hora: __:__;

Condições atmosféricas (existência de nuvens, humidade, vento, etc):_____

_____

_____Desenho.

Hora: __:__;

Condições atmosféricas (existência de nuvens, humidade, vento, etc):_____

_____

_____Desenho.

Hora: __:__;

Condições atmosféricas (existência de nuvens, humidade, vento, etc):_____

_____

_____Desenho.

Hora: __:__;

Condições atmosféricas (existência de nuvens, humidade, vento, etc):_____

_____

_____Desenho.

Hora: __:__;

Condições atmosféricas (existência de nuvens, humidade, vento, etc):_____

_____

_____Desenho.

Folha de Registo 2

GRANDEZA		IMAGEM 1	IMAGEM 2
Raio do disco solar (r)	r		
Ângulo (graus)	$\alpha = A\hat{O}B$		
Seno do ângulo	$sen\alpha$		
Área oculta do disco solar	$r^2 \times \left(\frac{\pi}{180}\alpha - sen\alpha\right)$		
% da área oculta do disco solar	$\left(\frac{\alpha}{180} - \frac{sen\alpha}{\pi}\right) \times 100$		

Astronomia
Actividade
VI
Com telescópio
registo fotográfico

OBSERVAR SATURNO- Estimar a inclinação de Saturno. Identificar que anéis ficaram registados na imagem

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- ☞ Estimar a inclinação do eixo de rotação de Saturno em relação à sua órbita tendo como base uma imagem do planeta.
- ☞ Identificar que anéis ficaram registados numa imagem de Saturno.

MATERIAL NECESSÁRIO

- 🛠 Imagens de Saturno;
- 🛠 Régua e máquina de calcular.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1°- Considera a figura 1.

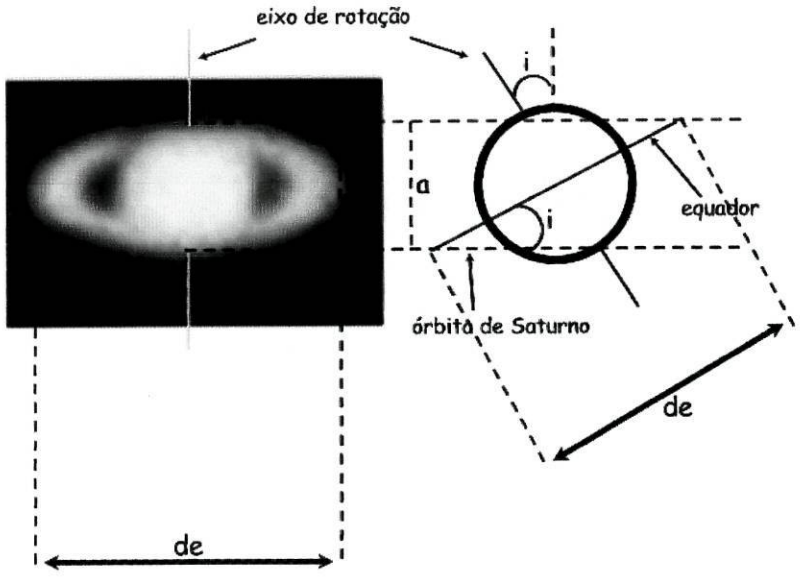


Figura 1: Inclinação aparente dos anéis de Saturno. Imagem de Saturno obtida através do telescópio e respectivo esquema do planeta visto de perfil. (Actividade do Núcleo de Astronomia da Escola Secundária da Cidadela).

2°- Mede sobre a imagem 1 o diâmetro exterior, *de*.

3°- Mede sobre a imagem 1 a largura, a, dos anéis.

4°- Considera que, o *ângulo* i corresponde à inclinação do eixo de rotação do planeta em relação à perpendicular e é igual, ao ângulo formado pelo equador (plano dos anéis) com o plano da órbita. Podes calcular o seu valor pela relação

$$i = arcsen\frac{a}{de}$$

REGISTA

- os valores medidos para a largura, *a*, dos anéis e para o diâmetro, *de*, exterior dos anéis.
- o valor calculado para o *ângulo i*.

Imagem	a (cm)	de (cm)	i (graus)

EXPERIMENTAR MAIS

- Só os anéis mais brilhantes de Saturno ficam registados na imagem. Dependendo da qualidade da imagem assim podes detectar mais ou menos anéis;
- Considera a figura 2;

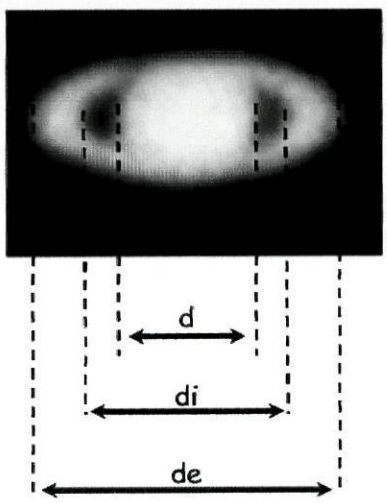


Figura 2: Saturno

- Considera a figura 3;

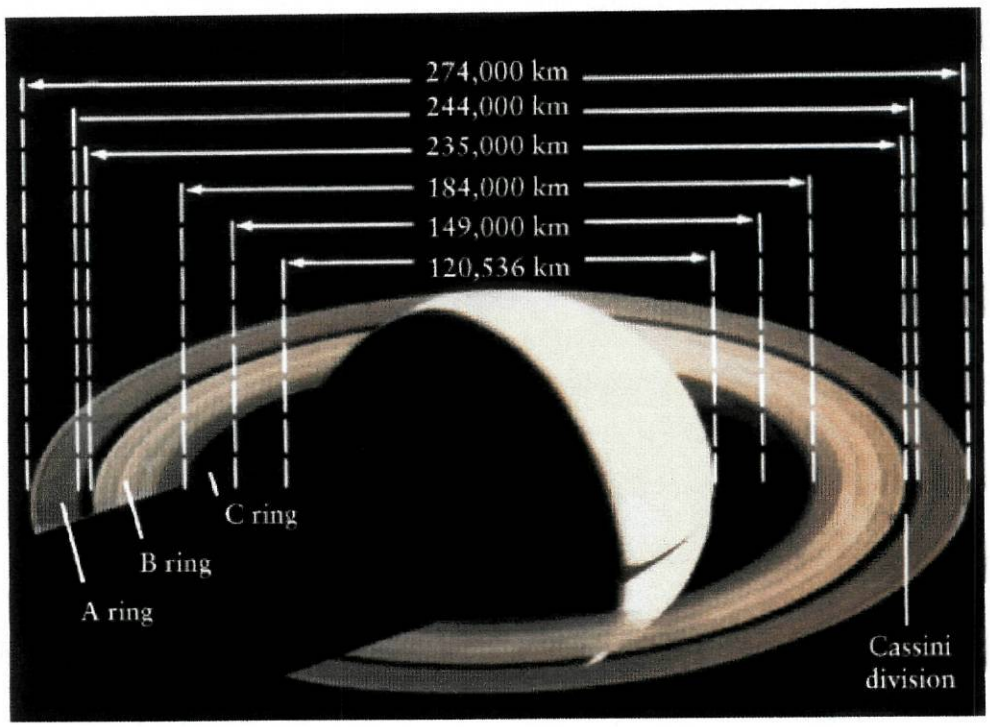


Figura 3: Dimensões de Saturno e dos anéis mais brilhantes.

- Sobre uma imagem do planeta mede os valores de *d*, *di* e *de*, respectivamente, diâmetro do planeta, diâmetro interno do anel e diâmetro externo do anel (ver figura 2);
- Calcula

$$Di = 120\,000 \times \frac{di}{d} \qquad \text{e} \qquad De = 120\,000 \times \frac{de}{d}$$

com Di, De = diâmetros reais, interior e exterior do anel registado (em km)

di, de = diâmetros sobre a imagem, interior e exterior do anel registado (em cm);

d = diâmetro sobre a imagem do disco do planeta (em cm)

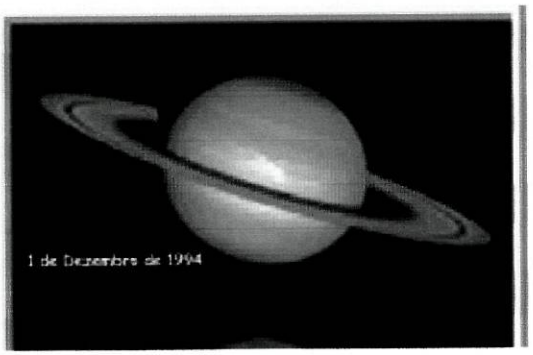
- Compara os resultados obtidos com a figura 3 e estima que zona do sistema de anéis foi registada na imagem.

IMAGEM 1

d (cm)	di (cm)	de (cm)	Di (km)	De (km)

Anéis registados:_____

IMAGEM 2



d (cm)	di (cm)	de (cm)	Di (km)	De (km)

Anéis registados:_____

CONHECER A LUA- Identificar a topografia da Lua e estimar áreas

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Identificar relevos lunares.
- Estimar a área ocupada pelo relevo identificado utilizando uma grelha da projecção de uma esfera num círculo.

MATERIAL NECESSÁRIO

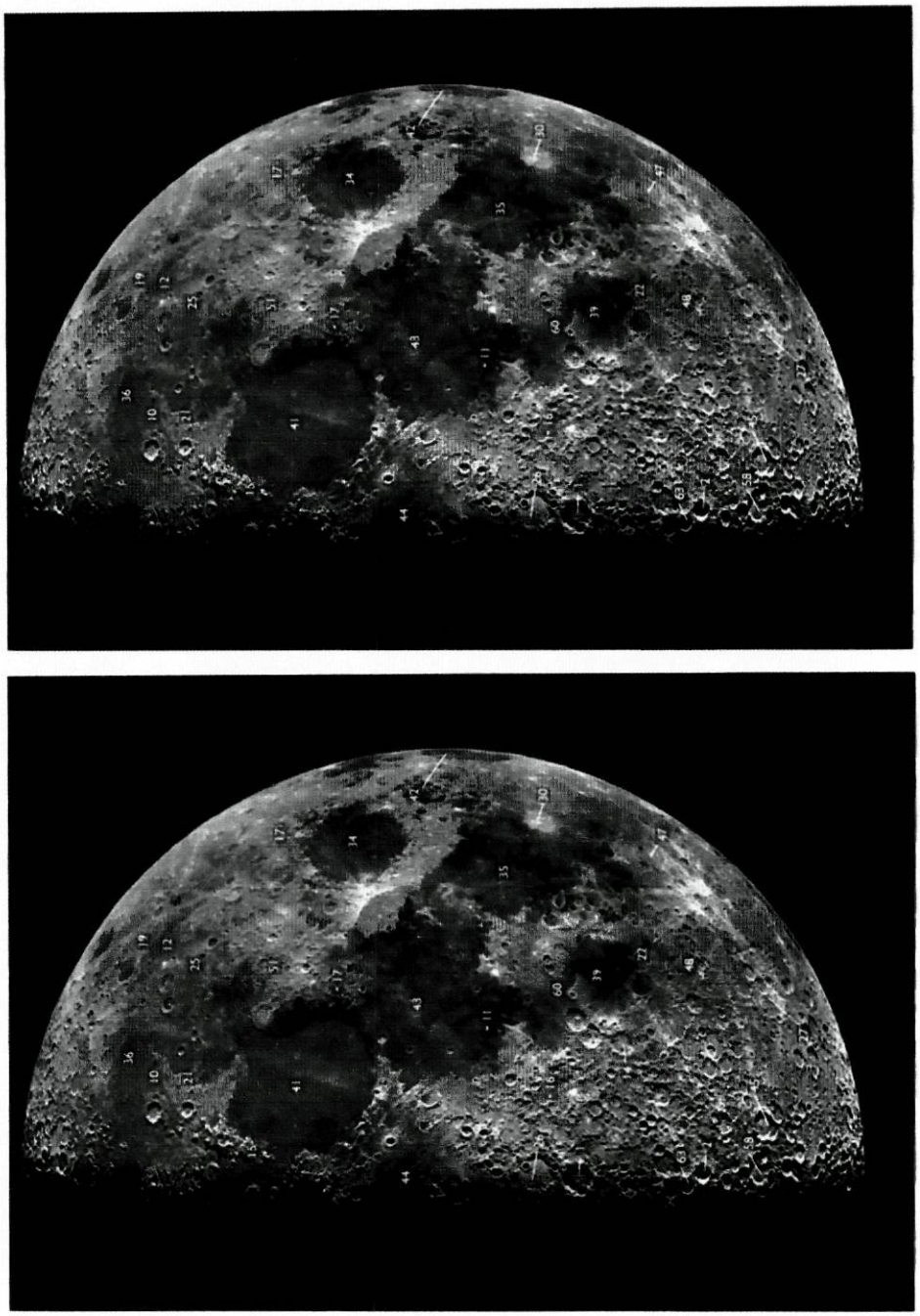
- imagens fotográficas com a Lua Cheia (Imagem 1);
- mapa com a cartografia da Lua (Imagem 2);
- imagens fotográficas da superfície lunar + grelha de projecção de uma esfera num círculo.

IMAGEM 1

LUA CHEIA

IMAGEM 2

RELEVOS DA LUA



RELEVOS DA LUA

37	Mare Humorum	46	Oceanus Procellarum	55	Schiaparelli	Locais de Alunagem: Apollo:	
38	Mare Imbrium	47	Petavius	56	Schiller		
39	Mare Nectaris	48	Piccolomini	57	Sinus Iridum		
40	Mare Nubium	49	Platus	58	Stöfler	•11	Apollo 11
41	Mare Serenitatis	50	Plato	59	Straight Wall	•12	Apollo 12
42	Mare Smythii	51	Posidonius	60	Theophilus	•14	Apollo 14
43	Mare Tranquillitatis	52	Ptolemaeus	61	Tycho	•15	Apollo 15
44	Mare Vaporum	53	Purbach	62	Walter	•16	Apollo 16
45	Maurolychus	54	Pythagoras	63	Werner	•17	Apollo 17

RELEVOS DA LUA

37	Mare Humorum	46	Oceanus Procellarum	55	Schiaparelli	Locais de Alunagem: Apollo:	
38	Mare Imbrium	47	Petavius	56	Schiller		
39	Mare Nectaris	48	Piccolomini	57	Sinus Iridum		
40	Mare Nubium	49	Platus	58	Stöfler	•11	Apollo 11
41	Mare Serenitatis	50	Plato	59	Straight Wall	•12	Apollo 12
42	Mare Smythii	51	Posidonius	60	Theophilus	•14	Apollo 14
43	Mare Tranquillitatis	52	Ptolemaeus	61	Tycho	•15	Apollo 15
44	Mare Vaporum	53	Purbach	62	Walter	•16	Apollo 16
45	Maurolychus	54	Pythagoras	63	Werner	•17	Apollo 17

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1º- Tira uma fotocópia da Imagem 1;

2º- Compara as formações geológicas na fotografia da Lua com as que estão identificadas na Imagem 2.

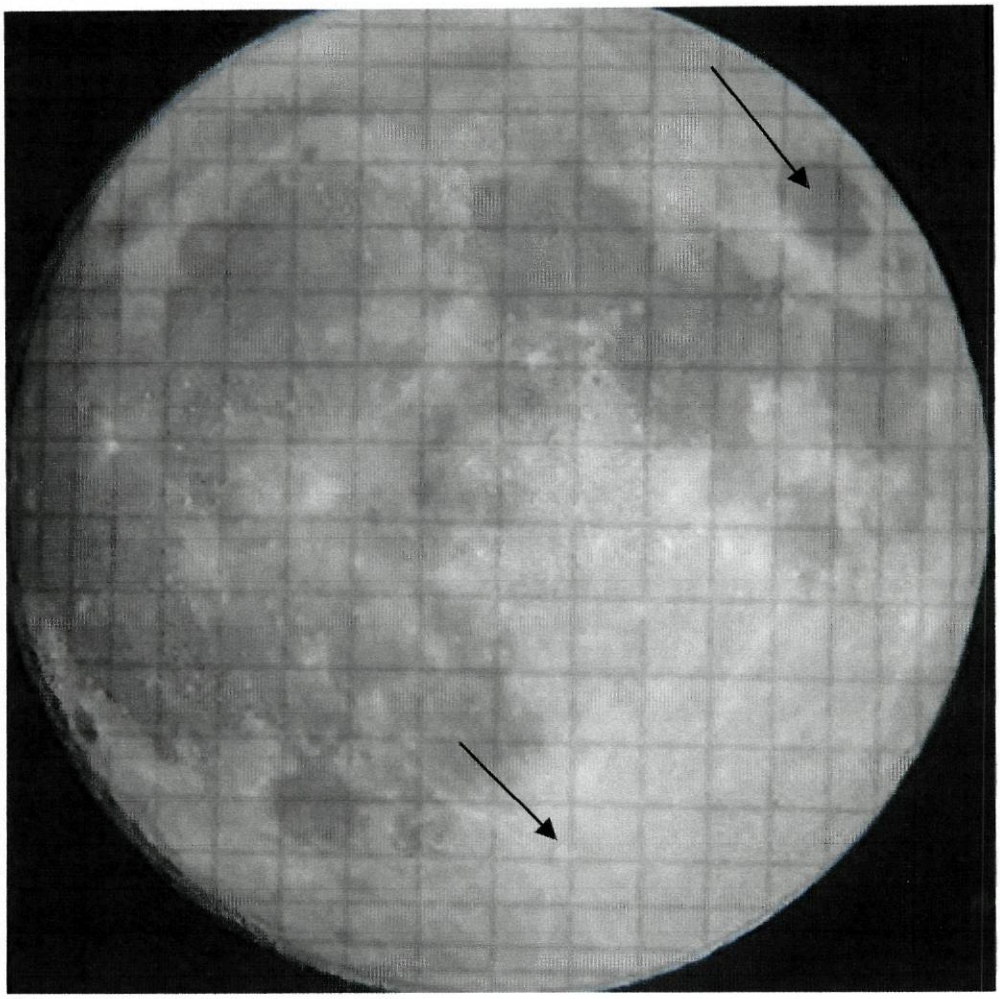
REGISTA

✐ Identifica as formações geológicas na cópia da fotografia da Lua e escreve o número correspondente.

Formação identificada	Número

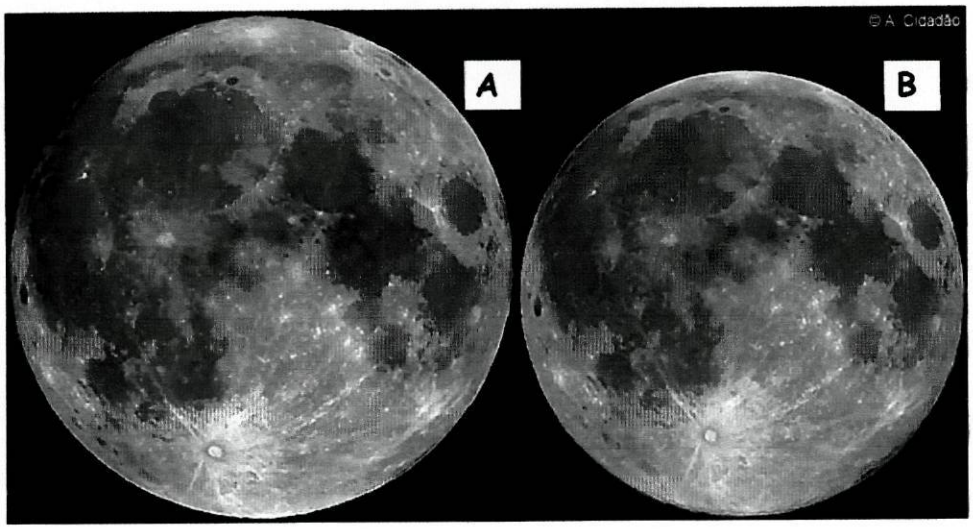
INVESTIGA

? Qual é o tamanho de algumas formações geológicas que identificas na imagem em baixo (cada quadrado tem as dimensões de 267 km x 267 km).



EXPERIMENTAR MAIS

- repete o *procedimento experimental* utilizando outras fotografias.
- considera as imagens *A* e *B* em baixo e identifica qual representa a Lua no apogeu e qual representa a Lua no perigeu.



A:_____

B:_____

Astronomia
Actividade
VIII
Com telescópio
registo fotográfico

CONHECER A LUA- Estimar a altura de uma montanha na Lua

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Identificar relevos lunares.
- Estimar a altura da montanha identificada.

MATERIAL NECESSÁRIO

- imagens fotográficas da superfície lunar, *Imagem 1, 2* e *3;*
- régua, compasso e lápis.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1º- Utiliza uma imagem da Lua, ampliada para ocupar uma folha A4;

2º- Escolhe uma formação perto do terminador que tenha uma sombra bem definida;

3º- Com a régua mede a sombra e identifica-a com a letra *l*;

4º- Com a régua mede a distância da formação geológica que causa a sombra e identifica-a com a letra *d*;

5º- Determina o centro do disco lunar com a construção auxiliar de duas cordas e respectivas mediatrizes. Mede o raio do disco lunar e identifica-o com a letra *R* (considera o exemplo da figura 1).

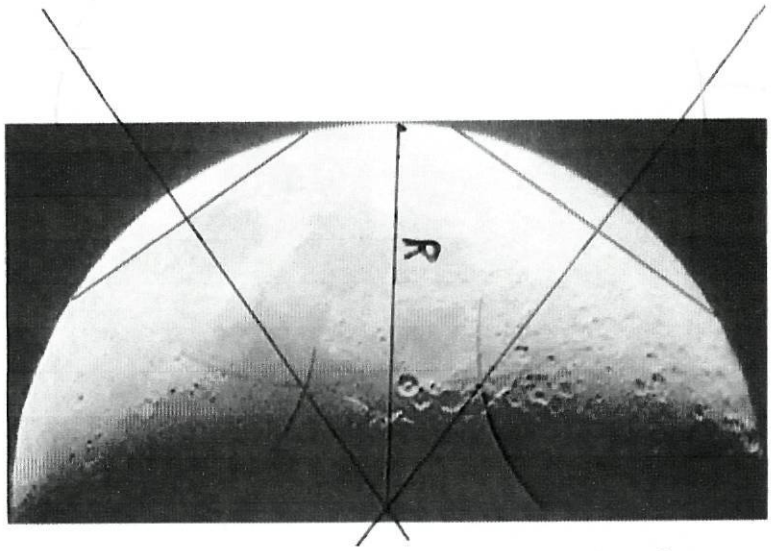


Figura 1: Construção geométrica que permite identificar a posição do centro de um círculo.

CALCULA

✍ a altura *h* da formação geológica que escolheste, utilizando a equação:

$$h \approx \frac{l_1 \times d_1}{R}$$

INVESTIGA

? numa cratera, a relação entre a altura do bordo e o seu tamanho.

IMAGEM 1

Lua em Quarto Crescente (Região Norte)

IMAGEM 2

Lua em Quarto Crescente (Região Sul)

IMAGEM 3

Lua em Quarto Crescente

Astronomia
Actividade
IX
Com telescópio
registo fotográfico

OBSERVAR O SOL- Estimar a área ocupada por uma mancha solar e a altura de uma proeminência

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Observar a superfície do Sol.
- Calcular factores de escala.
- Utilizar escalas.
- Estimar a área ocupada pelas manchas solares.
- Estimar a altura de uma proeminência.

MATERIAL NECESSÁRIO

- Imagens fotográficas da superfície solar, *Imagens 1, 2 e 3;*
- Grelhas de projecção de uma esfera num círculo, *Grelhas 1 e 2.*

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1º- Faz uma fotocópia da página 2 ou 3 deste protocolo;

2º- Faz um acetado da página 4 ou 5 deste protocolo (se for necessário reduz ou amplia a Grelha para se sobrepor às imagens do Sol);

Nota: como o Sol tem de diâmetro cerca de 1 400 000 km, se a grelha tiver 20 quadrados de diâmetro, cada quadrado independentemente do seu tamanho ou posição na Grelha, tem de lado o valor equivalente a 1 400 000 / 20 = 70 000 km;

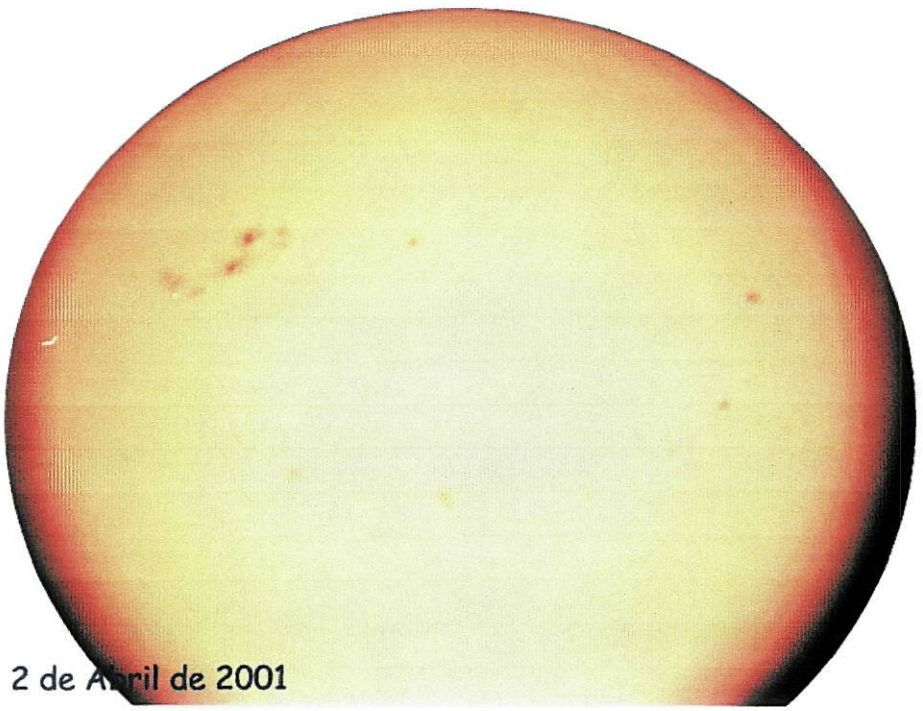
3º- Calcula a escala da Grelha considerando que o diâmetro do Sol tem o valor aproximado de 1 400 000 km;

4º- Estima o tamanho das manchas solares nas imagens do Sol;

5º- Compara o tamanho da mancha solar com o tamanho da Terra ao lado da *Grelha 1.*

IMAGEM 1

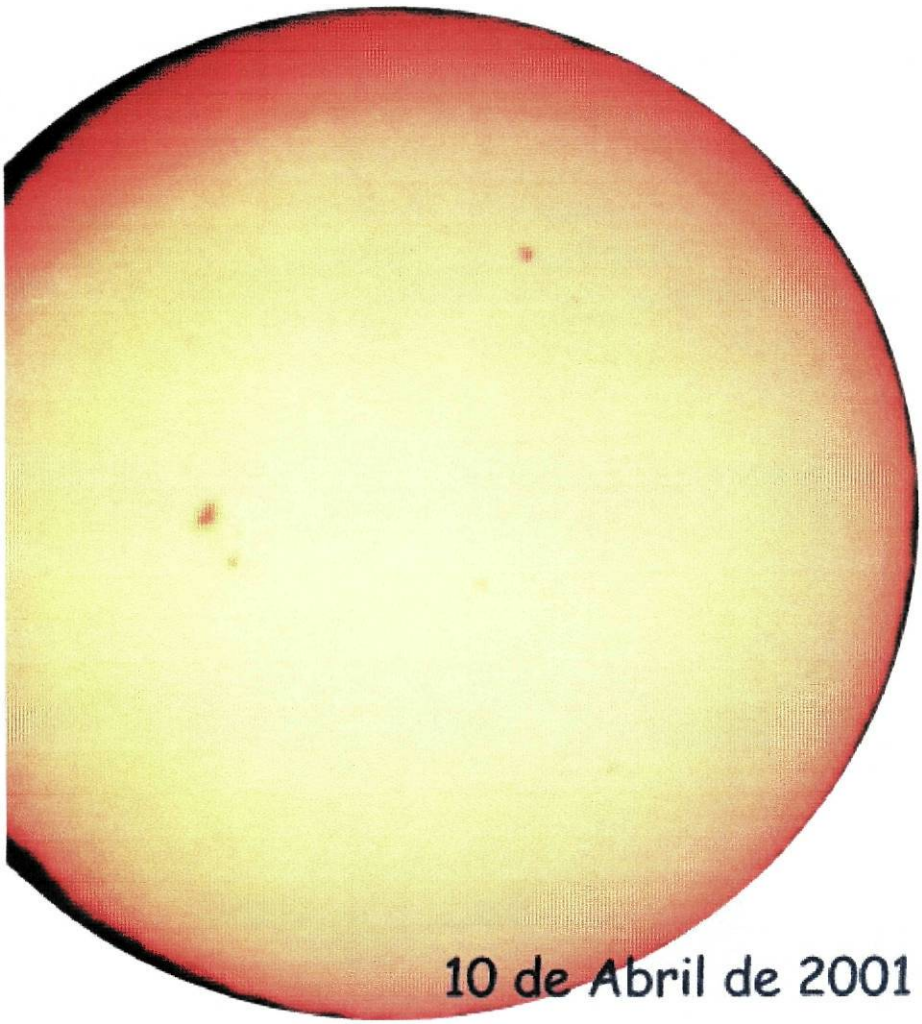
SOL em 2 de Abril de 2001



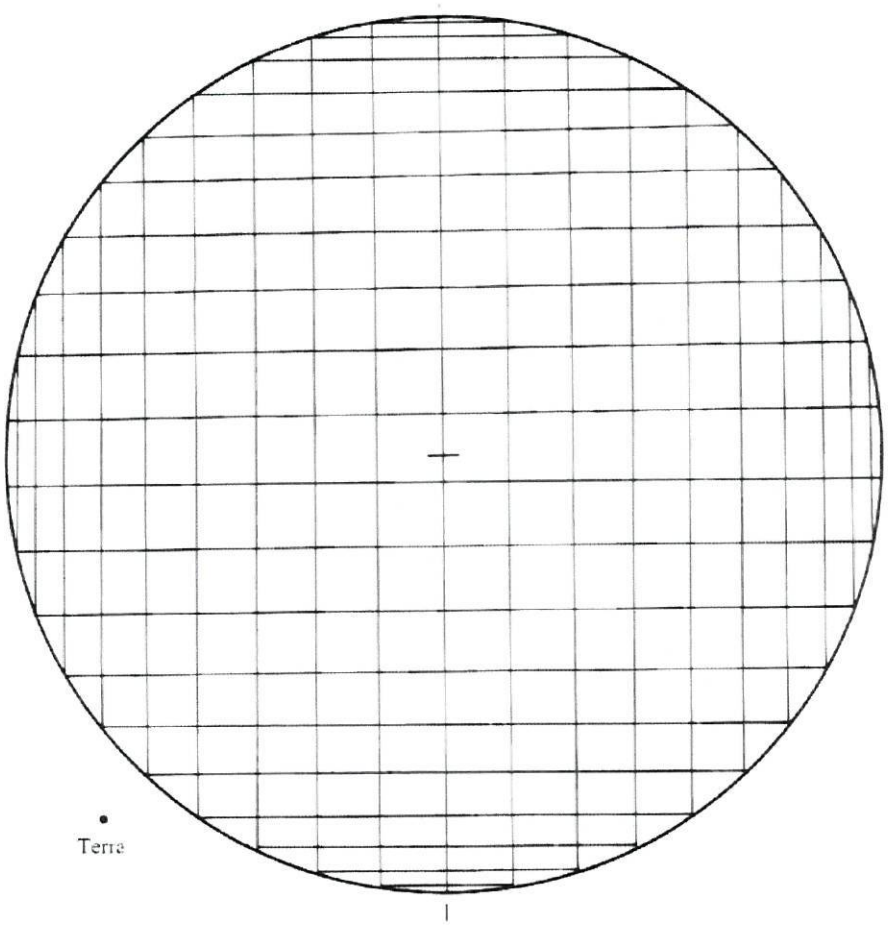
2 de Abril de 2001

IMAGEM 2

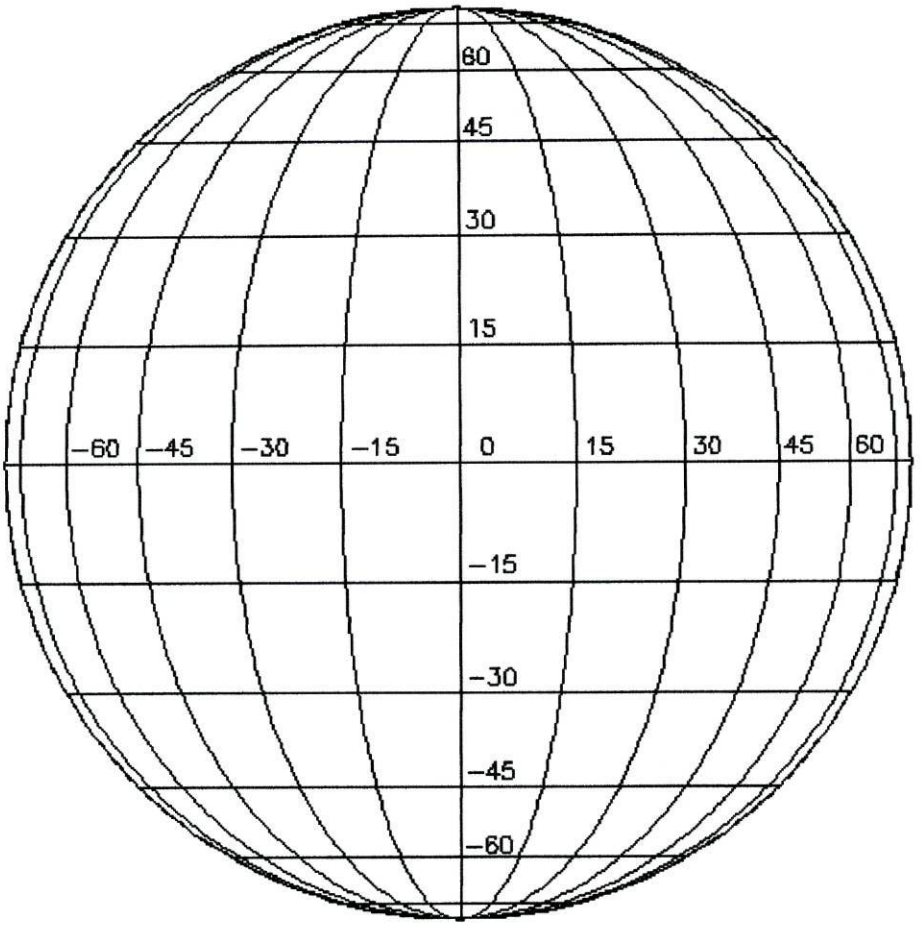
SOL em 10 de Abril de 2001



GRELHA 1



GRELHA 2



Solar Coordinates B=+0

Nota: Grelha para projectar a superfície esférica do Sol num plano. Se desejar mais rigor utilize as grelhas específicas para cada mês disponíveis no site: http://solar-center.stanford.edu/images/sungrid.

REGISTA

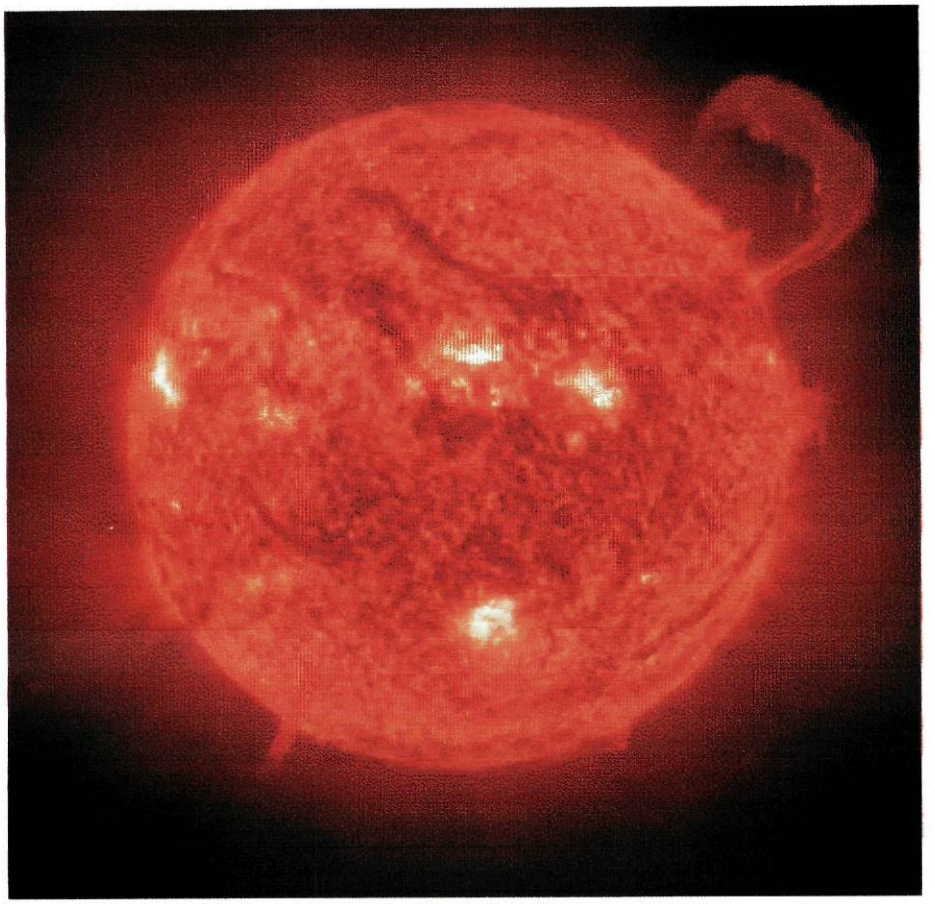
✎ Identifica as manchas solares na cópia da fotografia da Sol

Mancha identificada	Área estimada

INVESTIGA

? a que altura chega uma proeminência.

IMAGEM 3



Nota: Mede o diâmetro do disco solar e aplica a relação:

$$Altura\ real\ da\ proe\min ência = \frac{D_{Sol}(km)}{d_{Sol}(mm)} \times h_{proem}(mm)$$

com D_{Sol} = diâmetro real do Sol (1392000 km)

d_{Sol} = diâmetro do Sol na imagem (mm)

$h_{proem.}$ = altura da proeminência na imagem (mm)

EXPERIMENTAR MAIS

- como construir a grelha de forma a fazer corresponder os pontos da superfície de uma esfera, com os pontos de uma superfície plana circular?

Consideremos o problema de projectar uma superfície esférica num plano (em particular a projecção será paralela com direcção perpendicular ao plano). Para facilitar o estudo, consideramos a superfície esférica unitária centrada na origem de um referencial cartesiano O.n. e consideremos o plano $x = a$

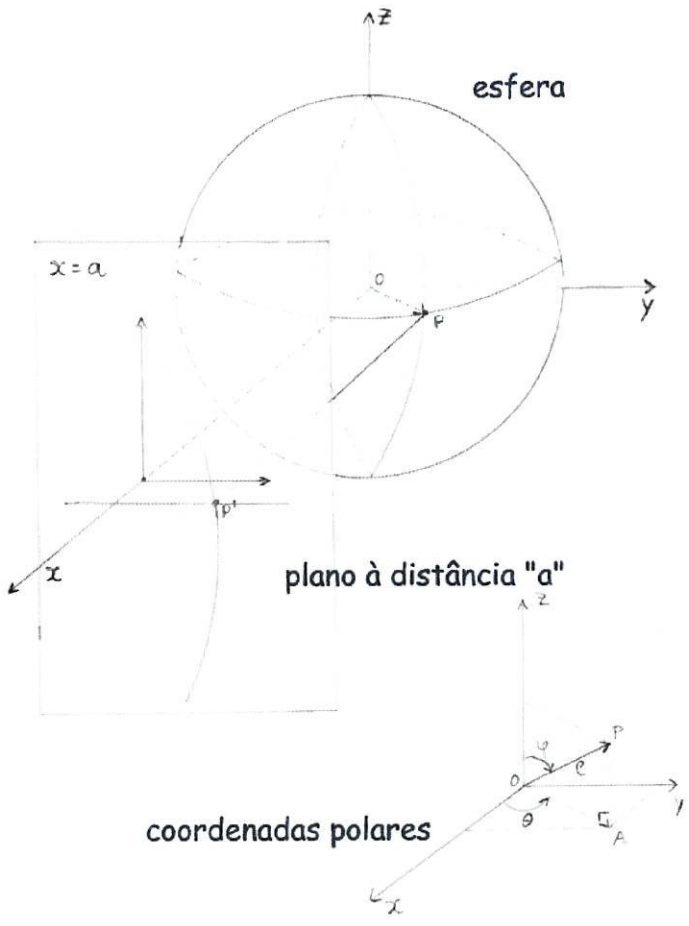


Figura 1: esquema da projecção de uma esfera num plano e a relação entre o sistema de coordenadas cartesianas e esféricas.

Seja $P(x,y,z)$ um ponto genérico da superfície esférica. O seu projectado, *P'*, será tal que $P'(x,y,z)$.

Assim um ponto da superfície esférica de coordenadas (x,y,z) será tal que o seu projectado no plano pode ser descrito por (y,z)

Usando coordenadas esféricas (figura 1) para representar P.

$$P(x,y,z) \Rightarrow P(\rho,\theta,\varphi)$$

Considerando o esquema das coordenadas polares podemos escrever:

$$\frac{\overline{OA}}{\rho} = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = sen\varphi$$

onde $\overline{OA} = \rho\ sen\varphi$

Como $\frac{x}{\overline{OA}} = \cos\theta$; $\frac{y}{\overline{OA}} = sen\theta$; $\frac{z}{\rho} = \cos\varphi$

Podemos escrever $P = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ onde $\begin{aligned} x &= \rho\cos\theta\ sen\varphi \\ y &= \rho\ sen\theta\ sen\varphi \\ z &= \rho\cos\varphi \end{aligned}$

Se a esfera tiver raio unitário, ($\rho = 1$) implica que

$$P = (\rho,\theta,\varphi) \Rightarrow P = (1,\theta,\varphi) \Rightarrow P'(sen\theta\ sen\varphi, \cos\varphi)$$

Vamos agora considerar o projectado do meridiano e de um paralelo como podemos ver na figura 2:

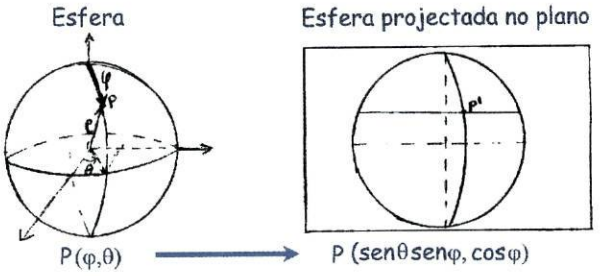


Figura 2: esquema do projectado de um meridiano e de um paralelo.

Obtemos um meridiano variando φ e mantendo θ fixo $(\theta = \theta_0)$.

Representamos $P = (1, \theta_0, \varphi) \Rightarrow P' = (sen\theta_0 sen\varphi, \cos\theta)$

e em (y,z) temos $\frac{y^2}{sen^2\theta_0} + z^2 = 1$ onde substituindo y e z

$$\frac{(sen\theta_0 sen\varphi)^2}{sen^2\theta_0} + \cos^2\varphi = 1$$ é a equação de uma elipse

o projectado de um meridiano é um arco de elipse com centro na origem e semieixo menor igual $a\ sen\theta_0$.

Para obter o vértice da elipse consideramos $\varphi = \pi/2$, e $P'_1(sen\theta, 0)$.

Nota: se $sen\theta_0 = 0$ é uma recta e se $sen\theta_0 = 1$ é uma circunferência

Obtemos um paralelo fixando φ, $(\varphi = \varphi_0)$ e variando θ

Podemos escrever:

$$P = (1, \theta, \varphi_0) \Rightarrow P'(sen\theta \; sen\varphi, \cos\varphi_0)$$

o projectado de um paralelo é um segmento de recta de comprimento $2\, sen\varphi_0$.

VIAGEM AO PASSADO – Estimar a data da detecção da explosão da supernova que deu origem à Nebulosa Caranguejo

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Obter informações sobre alguns objectos do céu profundo.
- Trabalhar com escalas e velocidades.
- Fazer análise estatística de resultados.

MATERIAL NECESSÁRIO

- 2 imagens fotográficas da *Nebulosa Caranguejo* (obtidas em datas diferentes: *Imagem 1* em 1942 e *Imagem 2* em 1976);
- folhas de papel vegetal;
- régua e lápis;
- folha de registo (aluno);
- folha de registo (professor).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1º- Na imagem 1 (fotografia correspondente à observação feita em 1942), une por meio de um segmento de recta, os pontos correspondentes às estrelas assinaladas pelas letras A e B e os pontos correspondentes às letras C e D;

2º- Repete o procedimento anterior para a imagem 2 (fotografia correspondente à observação feita em 1976);

3º- Mede a distância entre as estrelas C e E em cada uma das imagens e faz o seu registo no quadro 1;

4º- Calcula a escala de cada fotografia em segundos de ângulo por milímetro (considera que a distância angular entre C e E é 576");

5º- Compara as imagens 1 e 2 e tenta encontrar em ambas a extremidade brilhante de 10 filamentos que correspondam à expansão da nébula (área a branco). Nota: usa como pontos de referência as estrelas de fundo. Assinala as extremidades dos filamentos com os números 1 a 10 (na imagem 1) e 1' a 10' (na imagem 2);

6º- Mede, com precisão, a distância (em mm) de cada ponto de 1 a 10 (na imagem 1) e de 1' a 10' (na imagem 2) ao centro da nébula (assinalado pelo cruzamento dos dois segmentos de recta traçados no procedimento descrito em 1 e em 2) e faz o registo de cada medição no quadro 1;

7º- Utilizando a escala, transforma os valores (mm) calculados no passo 6 em valores angulares (");

8º- Calcula as diferenças 1' - 1, 2' - 2, ..., 10' - 10;

9º- Calcula a velocidade de expansão ("/ano) para cada extremidade dos 10 filamentos, dividindo os valores obtidos no passo 8 pela diferença (em anos) das datas em que foram obtidas as duas fotografias (neste caso, 34 anos);

10°- Considerando que a velocidade de expansão da nébula tem sido constante, estima o número de anos que decorreu desde a explosão da estrela, dividindo os valores obtidos no passo 6 para 1' a 10', pela velocidade de expansão calculada no passo 9;

11°- Regista com uma cruz, na folha de grupo, os valores (anos) que obtiveste no passo 10;

12°- Analisa o conjunto de resultados que constam na folha de grupo e, utilizando o valor modal, determina a data em que a explosão foi detectada;

13°- Supondo que a nebulosa Caranguejo são os restos da explosão de uma supernova que foi detectada em 1054 (cerca de 920 anos antes da data de obtenção da imagem 2) e compara esta data com a que obtiveste no passo 12.

REGISTA

✎ Utiliza o quadro 1 para registar os valores obtidos em cada um dos passos do procedimento.

INVESTIGA

? que tipo de estrela poderá ter originado a nebulosa Caranguejo?

? que objecto do céu profundo é o resultado da morte de uma estrela com massa da ordem de grandeza do nosso Sol?

? que outros objectos do céu profundo são resultado da morte de estrelas?

? como classificas as nebulosas M42 e M8 (consulta bibliografia específica)?

FOLHA DE REGISTO (aluno)

Quadro 1

Imagem 1			Imagem 2			$x'-x$ (")	$v=\frac{x'-x}{37}$ ("/ano)	$t=\frac{x'}{v}$ (anos)
Filamento	d (mm)	x (")	Filamento	d' (mm)	x' (")			
1			1'					
2			2'					
3			3'					
4			4'					
5			5'					
6			6'					
7			7'					
8			8'					
9			9'					
10			10'					

Nota: Utiliza uma folha de papel vegetal, presa com fita cola, sobre as imagens para desenhares as marcações necessárias e obteres as medidas que vais registar no Quadro 1.

IMAGEM 1

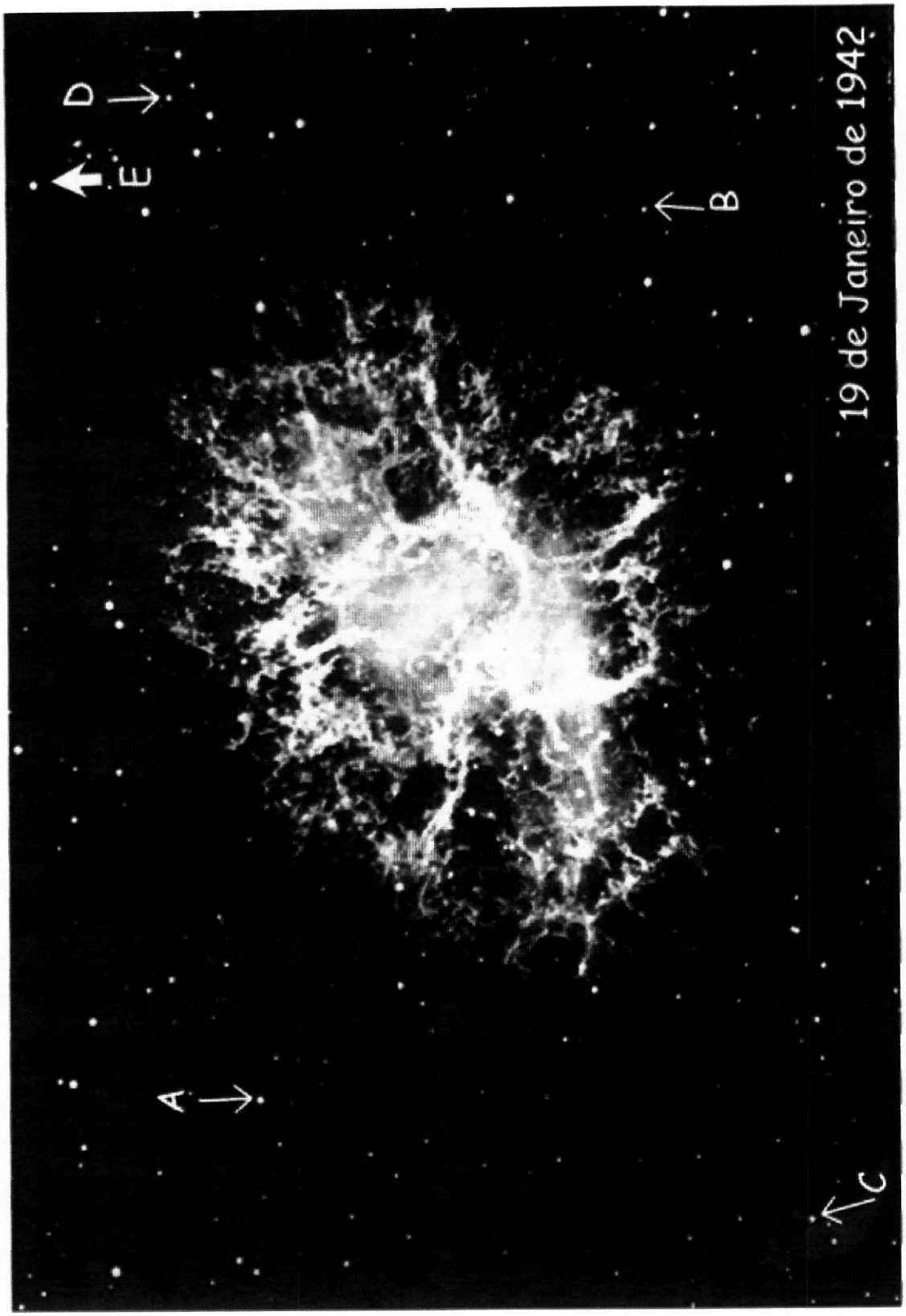
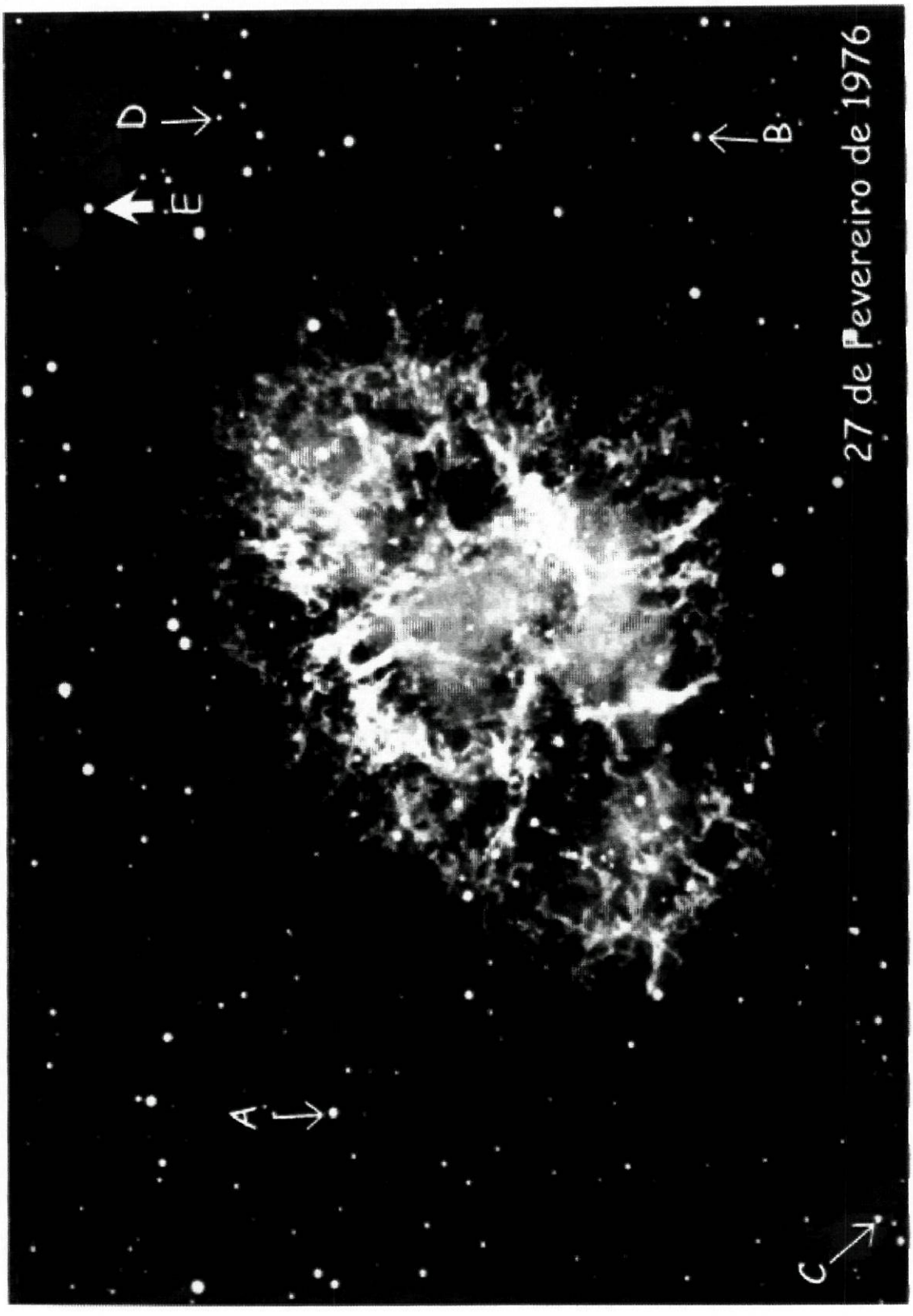
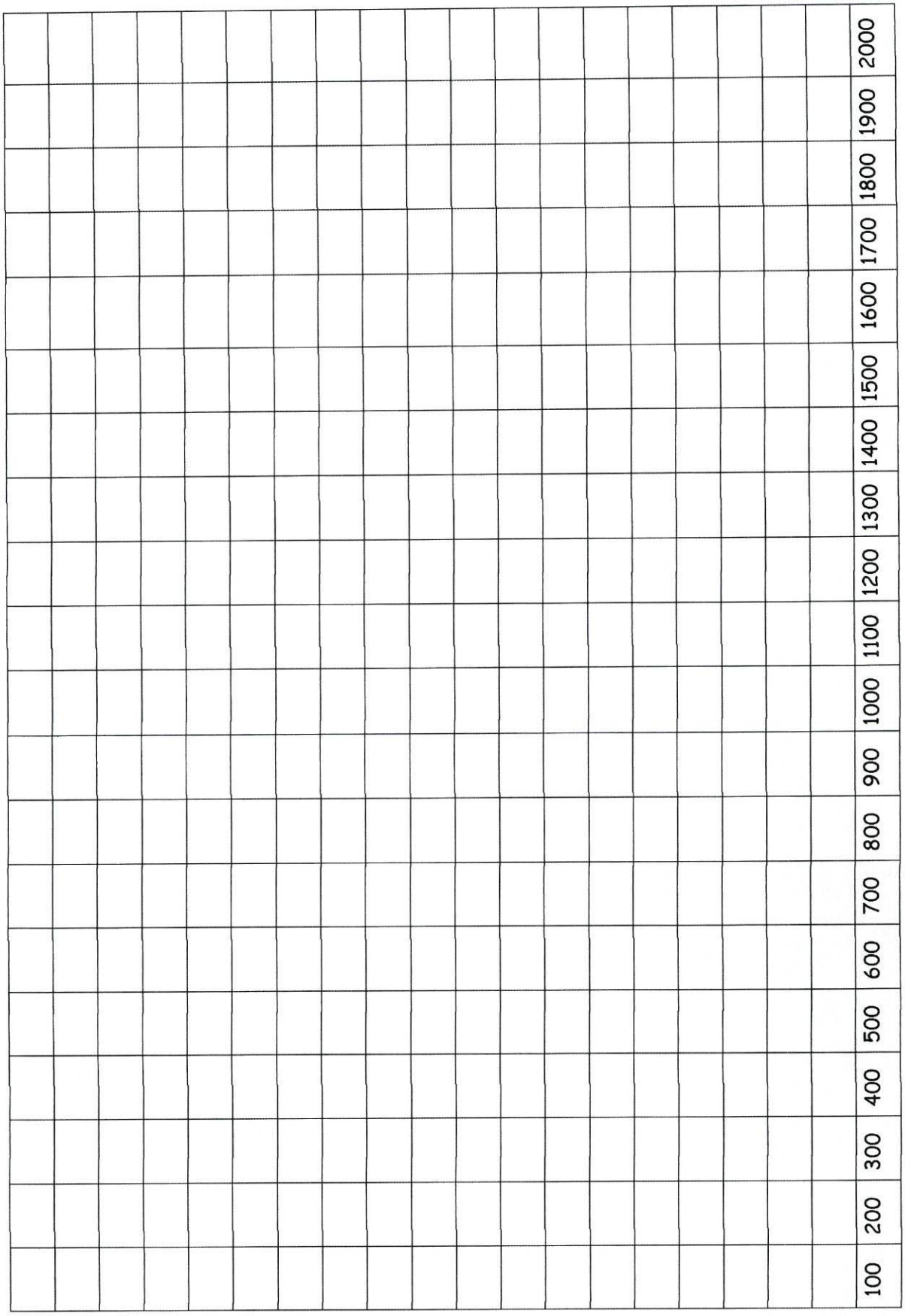


IMAGEM 2



FOLHA DE REGISTO (professor)

Tempo em anos decorridos desde a explosão da estrela



Astronomia
Actividade
XI
e as Artes Visuais

A LUA E AS ESTRELAS ESTÃO EM TODA A PARTE...
em bandeiras,
em quadros famosos...

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Explorar conceitos de Astronomia no contexto das Artes Visuais.
- Identificar imprecisões na representação dos astros, tendo em conta os conhecimentos adquiridos no âmbito da Astronomia.

MATERIAL NECESSÁRIO

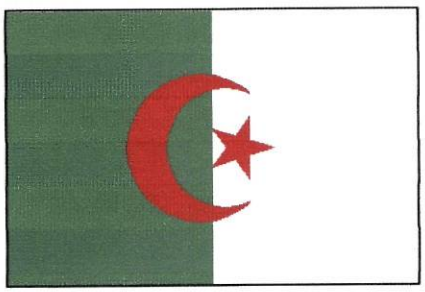
- Fichas de trabalho.

REGISTA

- Utiliza os espaços em branco das fichas de trabalho para responderes às questões propostas.

FICHA DE TRABALHO - Bandeiras

Todos nós, já desde muito pequenos, nos habituámos a ver a Lua no céu. Às vezes **parece que lhe roubaram um pedaço**. Pode, então, aparecer-nos como na bandeira da **Argélia** ou da República do **Uzebequistão**, ambos países do Hemisfério Norte.



ARGÉLIA

UZEBEQUISTÃO

Do ponto de vista histórico, estético e simbólico as bandeiras estão até muito bonitas. Mas do ponto de vista astronómico há uma delas que tem uma pequena "falha".

? Consegues descobrir qual das bandeiras é? _____

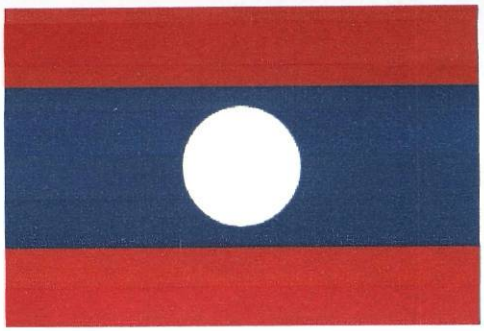
? Por que razão? (Discussão oral)

? Já agora, em que fase se encontra a Lua na bandeira da Argélia se vista por um observador situado no:

- hemisfério norte? _____

- hemisfério sul? _____

Sabendo que a Lua também está representada na bandeira do **Laos** (Hemisfério Norte), indica:



LAOS

? **em que fase** se encontra? _____ _____

? **nesta fase, qual a** posição da Lua em relação ao Sol e à Terra?

_____

? **nesta fase,** que tipo de **eclipse** pode ocorrer, **do Sol** ou **da Lua**,?

_____

? Que **constelação** está representada na bandeira do Alaska?

_____

? Que **estrela** é esta? _____

_____

ALASKA

Nota: Há quem diga que o **Crescente** visível nas bandeiras de alguns países não corresponde à **Lua** mas sim ao planeta **Vénus**...

FICHA DE TRABALHO - Quadros famosos

Este quadro, "*Starry Night*" ("Noite Estrelada"), é da autoria do pintor holandês Van Gogh (1853-1890) e foi pintado em Saint-Rémy, França (Hemisfério Norte).

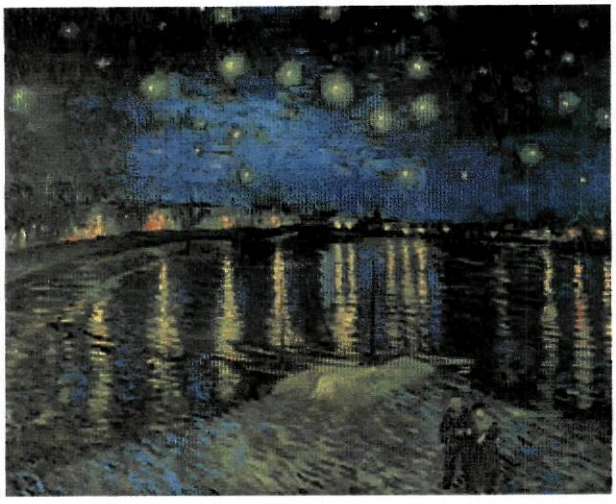
Para além das estrelas, é possível observar-se a **Lua** (há quem diga tratar-se de Vénus).

? Que **fase da Lua** é visível neste quadro de Van Gogh?

_____

À direita encontra-se um outro quadro de Van Gogh: "Starry Night over the Rhone" ("Noite Estrelada sobre o Reno"). Aqui não aparece a Lua...

Vê-se bem uma constelação muito conhecida.



? Consegues **identificar** a constelação? _____

? **Une por meio de traços as estrelas** que constituem essa constelação. Obténs, assim, **uma figura**. Achas que é parecida com algum objecto, animal, figura do teu quotidiano? Qual?_____

_____

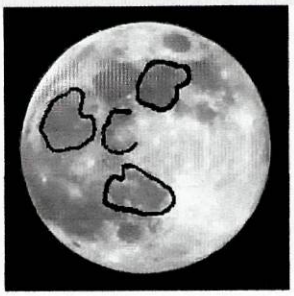
EXPERIMENTAR MAIS

Observa esta fotografia da **Lua Cheia** (à direita) e tenta encontrar um desenho, uma imagem, uma figura, que te faça lembrar alguma coisa.

Talvez, de início, não tenhas notado nada de especial...

Mas, olhando mais atentamente, quase podes ver...

...uma CARA!



...ou, então, DUAS CRIANÇAS!

Podes, agora, fazer as tuas próprias sugestões...

Nota: Usa uma caneta para fazeres sobressair uma figura que encontres em cada uma das imagens...

Todas as fotografias da Lua foram reproduzidas com autorização do autor. © A. Cidadão

Astronomia e Poesia

Actividade XII

"IMAGENS" DO CÉU DESCRITAS EM LETRAS...

por Camões, em "Os Lusíadas"

Data: __/__/____

Grupo de trabalho: _____

OBJECTIVOS

- Explorar conceitos de Astronomia no contexto da poesia.
- Identificar referências astronómicas nas estâncias do poema.
- Relacionar conhecimentos de Astronomia com as descrições feitas pelo poeta.
- Aplicar conhecimentos em Mitologia para identificação de personagens no poema.

MATERIAL NECESSÁRIO

- Ficha de trabalho.

REGISTA

- Utiliza os espaços em branco das fichas de trabalho para responderes às questões propostas.

FICHA DE TRABALHO - *Os Lusíadas*

Camões tinha um conhecimento profundo dos princípios fundamentais da Astronomia praticada no seu tempo. A principal fonte astronómica de *"Os Lusíadas"* foi o *"Tratado da Sphera de Pedro Nunes"*, publicado em 1537. Esta obra, era uma tradução do livro de iniciação na ciência astronómica, a *"Sphaera de Sacrobosco"*. Além da tradução, o ilustre matemático português acrescentou anotações que alteravam o seu conteúdo em alguns pontos. Os manuais náuticos, conhecidos como *Regimentos*, utilizados pelos nossos marinheiros na época dos Descobrimentos, tinham a tradução para português da obra de *Sacrobosco*. Quando estudarem *"Os Lusíadas"* podem encontrar inúmeras referências a conceitos de Astronomia.

(I, 56)

...

Nisto Febo nas águas encerrou,
Co carro de cristal, o claro dia,
Dando cargo à Irmã, que alumiasse
O largo Mundo, enquanto repousasse.

(IV, 75)

...

Estendeu nisto Febo o claro manto
Pelo escuro *Hemisperio* sonolento;
Veio a manhã no céu pintando as cores
De pudibunda rosa e roxas flores.

? São capazes de descobrir quem é *Febo*? _____.

? Quem é que Camões identifica como irmã de Febo? _____.

? Das tuas observações do dia-a-dia, concordas com Camões quando refere que a irmã de Febo se encarrega da tarefa apenas quando Febo repousa? Justifica a tua resposta _____

_____.

? Que acontecimento está descrito em cada uma das estâncias?_____

_____.

? Utiliza os teus conhecimentos de Astronomia para explicar o que origina o movimento aparente de Febo? _____.

(X, 87)

Olha estoutro *debaxo*, que esmaltado
De corpos lisos anda e radiantes,
Que também nele *tem* curso ordenado
E nos seus *axes* correm cintilantes.
Bem vês como se veste e faz ornado
Co largo Cinto de ouro, que estelantes
Animais doze traz afigurados,
Apousentos de Febo limitados.

? Identifica os "*estelantes animais doze*"? _____

_____.

? Por que razão o caminho de Febo está limitado _____

_____.

(X, 89)

Debaxo deste grande Firmamento,
Vês o céu de Saturno, Deus antigo;
Júpiter logo faz o movimento,
E Marte *abaxo*, bélico inimigo;
O claro Olho do céu, no quarto assento,
E Vénus, que os amores traz consigo;
Mercúrio, de eloquência soberana;
Com três rostos, *debaxo* vai Diana.

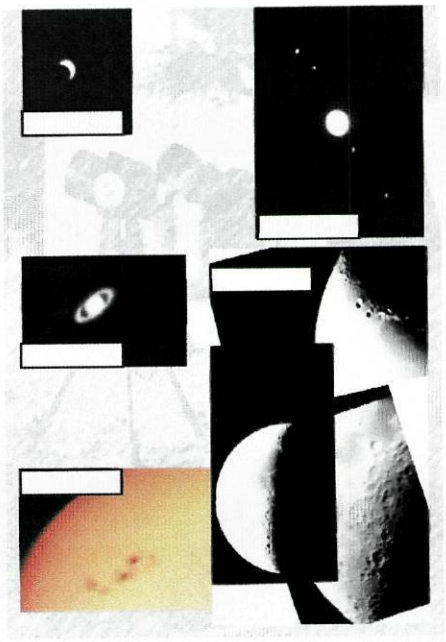


Figura 1

? A que se refere Camões quando utiliza a expressão Firmamento?

_____.

? Quem é Diana? _____.

? Camões nesta estância descrevia o *sistema geocêntrico* ou o *sistema heliocêntrico*? Justifica a tua resposta. _____

_____.

? Na época em que Camões escreveu *Os Lusíadas*, quantos planetas principais eram conhecidos? Por que razão se conheceriam apenas esses?

_____

_____.

? Identifica os astros descritos na estância (X,89) escrevendo as respectivas designações, nos espaços da figura 1, reservados para esse efeito.

(III, 6)

Entre a Zona que o Cancro senhoreia,
Meta Setentrional do Sol luzente,
E aquela que por fria se arreceia
Tanto, como a do meio por ardente,
Jaz a soberba Europa, a quem rodeia,
Pela parte do Arcturo e do Ocidente,
Com suas salsas ondas o Oceano,
E, pela Austral, o Mar Mediterrano.

? Considera o termo "Cancro" utilizado pelo poeta. Actualmente designa-se de outra forma. Qual? _____.

? A estância localiza a Europa na Zona Temperada da Terra. Que outras zonas climáticas são referidas na estância? _____

_____.

? Identifica o Oceano a que Camões se refere. _____.

(V, 15)

Assi, passando aquelas regiões
Por onde duas vezes passa Apolo,
Dous invernos fazendo e *dous* verões,
Enquanto corre dum ao outro Pólo,
Por calmas, por tormentas e opressões,
Que sempre faz no mar o irado Eolo,
Vimos as Ursas, a pesar de Juno,
Banharem-se nas águas de Neptuno.

? Quem é Apolo? _____.

? Identifica a região por onde Apolo passa duas vezes.

_____.

? Por que razão realçará Camões o facto de, só a partir dessa região se verem as Ursas banharem-se no oceano? _____

_____.

EXPERIMENTAR MAIS

Utiliza um Software especializado para descobrir a latitude (quando se navegava na costa ocidental de África) onde a constelação da Ursa Maior quase desaparece no horizonte. _____.