8

A astronomia, o estudo do firmamento e o Spectrum parece terem sido feitos uns para os outros. As potencialidades gráficas do Spectrum trazem esta ciência à vida. Esta obra dá ênfase aos aspectos visuais da informática aplicada à astronomia.

O livro não se destina especificamente aos astrónomos, mas aos possuidores de um Spectrum que desejem expandir os seus interesses informáticos a outros campos.

O autor introduz-nos com simplicidade nos vários campos da astronomia, desde o acompanhar a órbita de um planeta até aos satélites. A elevada clareza dos gráficos permitirá também simular o movimento das estrelas, para qualquer noite de datas à escolha.

Todos somos prisioneiros na Terra. Por isso esperamos que os programas deste livro entusiasmem o início de novas explorações de mundos desconhecidos.

Todos os programas deste livro foram verificados e testados pelo Gabinete Verbo de Informática.

BIBLIOTECA VERBO DE INFORMÁTICA

ASTRONOMIA NO ZX SPECTRUM M. GAVIN

MAURICE GAVIN

ASTRONOMIA

NO ZX SPECTRUM

VERBO

BIBLIOTECA DE INFORMÁTICA

ASTRONOMIA NO ZX SPECTRUM

MAURICE GAVIN

Astronomia
no ZX Spectrum

Verbo

Título do original inglês:
ZX Spectrum astronomy
Tradução de
Raul Monteiro de Sousa Machado
© Copyright Maurice Gavin 1984
Direitos reservados para a Língua Portuguesa
Editorial Verbo, S. A. R. L. — Lisboa/São Paulo
Composto por Fotocompográfica
Impresso por Empresa Litográfica do Sul
em Dezembro de 1985
N.º Ed. 1661
Dep. Legal n.º 10493/85

Índice

Prefácio **11**
Notas sobre programas **17**
Introdução **19**
1 Tempo **21**
2 Esferas dentro de esferas **41**
3 A Lua **70**
4 Os satélites **85**
5 Órbitas do Sistema Solar **101**
6 Os planetas **133**
7 Sistemas estelares **192**
8 Catálogos estelares **211**
9 Mais programas **259**
10 Pormenores da programação do Spectrum **295**

Sumário

CAPÍTULO 1

Tempo
Medida do tempo: diversos calendários — Calendário *Spectrum:* imprime o calendário para qualquer ano posterior a 1582 — Data juliana: calcula o número do dia juliano para qualquer data — Dia da semana: identifica o dia da semana para uma data desejada — Intervalo entre dias: o intervalo entre dois momentos quaisquer desde poucos minutos até vários séculos — Tempo local sideral: calcula o «tempo das estrelas» para qualquer data e hora — Medidor de reacções: determina qual o nosso tempo de reacção para melhorarmos as nossas observações.

CAPÍTULO 2

Esferas dentro de esferas
A esfera celeste e as posições coordenadas — Esfera celeste (imagem tridimensional): imagens 3D através da impressora *ZX* — Ponto estelar: para descobrir em que sítio uma dada estrela ou planeta serão encontrados no céu — Seguidor de estrelas: traça o caminho de uma estrela numa representação do céu para um período de 24 horas.

CAPÍTULO 3

A Lua
Fases da Lua: as fases da Lua durante um mês — Fases da Lua: traça as órbitas da Terra e da Lua rodando uma à volta da outra, com completa descrição de cada fase — Fases da Lua em UDGs: programa que utiliza o conjunto de caracteres UDG do *Spectrum*.

CAPÍTULO 4

Os satélites

Lancemos os nossos próprios satélites — Órbita da Terra: coloca o nosso satélite em órbita à volta da Terra — Órbita de satélite: ou a maneira de colocar um satélite em órbita em redor de qualquer planeta.

CAPÍTULO 5

Órbitas do Sistema Solar

Observatório: simula a escala e os movimentos relativos dos planetas à volta do Sol — Lei de Bode — Órbitas de Kepler: demonstra as duas primeiras leis de Kepler — Órbita Foci: traça o segundo foco — Órbita de cometas: órbitas excêntricas — Cometa Halley: a descrição de uma órbita completa (1948-2023) — Órbita de Plutão: desenha as posições relativas de Neptuno e de Plutão de 1880 a 2128, isto é, uma órbita completa de Plutão — Apex solar: movimento helicoidal de um planeta em direcção ao apex solar.

CAPÍTULO 6

Os planetas

Sistema Solar: vista do nosso sistema a partir da superfície de qualquer dos planetas e em data à nossa escolha — Efemérides planetárias: programa que regista a posição dos planetas no céu para qualquer data — As luas de Marte: apresentação animada de Marte e das suas luas — Satélites de Júpiter: identificação e apresentação das posições dos quatro satélites galileanos para qualquer data — Os anéis de Saturno: simulação de Saturno e dos seus anéis — Anéis de Saturno: breve apresentação — Desenho de Saturno: um exemplo de CAD — *Computer Aided Design*, ou desenho com auxílio de computador — Planetas através do telescópio: tamanhos relativos dos planetas — Globo em *pixels*: traça um globo com divisões de 10° de latitude e de longitude — Projecção de um globo: como o anterior, mas usando linhas.

CAPÍTULO 7

Sistemas estelares

Órbitas de sistemas triplos: coloca duas estrelas companheiras em órbita de uma estrela base — Órbita de um sistema binário: uma situação mais normal, com uma estrela orbitando outra — Espirais, com várias opções — Galáxia: simulação da Via Láctea.

CAPÍTULO 8

Cartas estelares

Carta de estrelas: amostragem de um simples mapa de estrelas — Desenho de constelações: serve-se dos códigos CHR$ para apresentá-las — Magnitudes estelares: mostra os diferentes brilhos das estrelas — Gráficos estelares: constrói formas complexas — Estrelas relampejantes: duas maneiras de apresentar estrelas cintilantes — Startrax ou como as constelações alteram as suas formas ao longo de milhares de anos — Magnitude estelar ou lista da magnitude das estrelas.

CAPÍTULO 9

Mais programas

O Catálogo de Messier: para descobrir os falsos cometas — Telescópio: informações acerca de telescópios, binóculos, máquinas fotográficas e a astronomia — Teste de estrelas: um questionário — Elipses nas mais variadas formas — Mapa mundial do *Spectrum*: um mapa do planeta em CHR$ CODE.

CAPÍTULO 10

Pormenores da programação do Spectrum

Detecção de erros de entrada — Renumeração de linhas — A impressora *ZX* — Tratando de LLISTS.

Para B, C, J e J

Prefácio

A astronomia, ou estudo do firmamento, e o *Spectrum* parece terem sido feitos um para o outro! O excelente potencial gráfico do *Spectrum* significa que pode dar vida a assuntos maçadores como as leis de Kepler ou de Bode.

Este livro realça o aspecto visual da informática aplicada à astronomia; talvez dessa forma desagrade a certos puristas que só pretendem ver na astrocomputação um débito interminável de números até à enésima potência. Os computadores estão hoje, porém, intimamente ligados às técnicas de comunicação; e, tal como o BASIC é uma linguagem de computador muito aceitável, uma representação gráfica a complementar os números puros e frios é uma importante ajuda para a assimilação rápida de factos e conceitos.

Esta obra não se destina especificamente aos astrónomos, mas sim aos utilizadores do *Spectrum* interessados em expandir os seus conhecimentos informáticos a novos campos. Mantiveram-se as explicações matemáticas ou trigonométricas usadas em certos programas ao nível mínimo aceitável. Não é preciso ter conhecimentos sobre tais assuntos para executar os programas — basta digitá-los e fazer um RUN. Dão-se ainda pormenorizadamente as explicações genéricas do funcionamento de cada programa, sempre que pareça apropriado, e incluímos informações relevantes sobre astronomia.

Nos nossos dias tem-se em geral a impressão de que tudo o que acontece em ciência é de hoje. Sob vários aspectos, esta ideia é positiva, pois significa que há cada vez mais pessoas a interessar-se pelo que se vai fazendo. Mas a astronomia tem uma longa história e possui padrões, fórmulas e cálculos descobertos há séculos (mesmo antes do invento do telescópio) que ainda hoje estão em uso. Um exemplo clássico deste facto é a escala de

magnitudes estelares de Hiparco de Niceia (século II a. C.), ainda em uso depois de 2110 anos. E não é só a astronomia que é uma ciência antiga, a informática é mais velha do que se pensa!

Somos todos prisioneiros nesta bela ilha que é a Terra — um minúsculo calhau vogando através do cosmo. Temos esperança de que alguns dos programas incluídos neste livro levem o utilizador a aventurar-se na exploração visual de outros mundos, alargando assim a sua experiência intelectual.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Peter Duffett-Smith, pelos seus algoritmos utilizados nos dois programas de efemérides planetárias, e a James Weightman, que escreveu a maior parte do programa dos satélites juvianos para este livro, baseando-se num algoritmo da autoria de Jean Meeus.

Caso não seja expressamente declarado, todas as ilustrações deste livro são da responsabilidade do autor.

Notas explicativas

As notas seguintes destinam-se a fornecer alguma orientação sobre a estrutura desta obra e sobre os aspectos relevantes para os utilizadores do *Spectrum*.

Compatibilidade entre os «Spectrum» de 16 k e de 48 k

Se bem que os programas deste livro tenham sido escritos num *Spectrum* de 48 k, devem correr no modelo de 16 k sem modificação (à excepção do programa de «Cartas estelares», do capítulo 8, que só caberá no micro de 48 k). A memória total necessária para executar os outros programas não deverá exceder em cada um os 7 k — mais que suficiente para os 9 k de memória disponível do *Spectrum* de 16 k. Não se incluem rotinas em código máquina, e os poucos PEEKs e POKEs empregados são compatíveis com ambas as versões do *Spectrum*.

Os programas

Os caracteres gráficos do *Spectrum* e o grupo UDG de CHR$ 128 a CHR$ 164 inclusive são designados por CHR$ CODE nas listagens, quando incluídos em programas. Este facto não afecta a execução dos programas, e é preferível por várias razões — nunca põe em causa qual o carácter que se pretende utilizar.

Tanto quanto possível, procurou-se assegurar que as listagens fossem iguais às que aparecem no *écran* à medida que se vão digitando os programas.

Se bem que seja pouco provável que um programador compreenda perfeitamente a técnica de outro, ser-lhe-á útil se aqui clarificarmos alguns aspectos por detrás das listagens dos programas.

1. O *écran* do *Spectrum* e as listagens (LLIST) estão limitadas a um máximo de 32 caracteres por linha, incluindo o número desta.

2. As linhas de instruções ou declarações múltiplas não ajudam à legibilidade.

3. Só se podem usar 19 caracteres (dentro das aspas) numa declaração PRINT em cada linha, antes que a frase ultrapasse o limite e continue na nova linha.

4. As declarações REM constituem importante ajuda na análise do programa. Não subscrevemos a noção comummente aceite de que a qualidade de um programa deve ser apreciada pelo seu comprimento. Um programa deverá fazer o máximo com o mínimo de dispêndio de esforço, especialmente se tiver de ser digitado pelo utilizador. Tal significa que as nossas instruções PRINT são por vezes muito curtas, e somente as informações estritamente necessárias à execução do programa aparecem na apresentação vídeo.

Detecção de erros

De forma geral, a detecção de erros nos INPUTs é mantida a um nível mínimo: inclui alguns exemplos muito úteis no capítulo 10, que se podem introduzir nos programas, se assim o desejarmos. Se um programa «rebentar» por causa de uma entrada ilógica, pouco se perde normalmente — se bem que tal facto possa abalar o nosso orgulho —, e o programa pode recomeçar com uma instrução GOTO (inclui-se nas notas de cada programa a existência de quaisquer condições especiais).

COPYs com a impressora «ZX»

Todos os programas foram concebidos para fornecer uma boa imagem em *écran*, tanto a preto e branco como a cores, de modo que o texto e os gráficos surgem com nitidez. Assim, podem-se enviar cópias legíveis para a impressora *ZX* nunca esquecendo que esta impressora só dará registos a preto e branco, sem tonalidades intermédias. De notar igualmente que, embora se tenham usado apresentações inversas (BORDER 0; PAPER 0; INK 9), isto é, *écran* preto com imagens brancas ou de cores claras, de modo a dar uma impressão tão real quanto possível do céu nocturno, os resultados, quando enviados para a impressora

ZX, sairão sempre «preto no branco», reflectindo o negativo da imagem do tubo catódico da televisão.

No caso de não se dispor da impressora *ZX*, ou se esta não estiver ligada ao computador, os programas passarão por cima das instruções COPY, LLIST e LPRINT, sempre que estas apareçam, ignorando-as e passando à fase seguinte. Não se sabendo como retirar as ordens de impressão do programa, é mais seguro deixá-las tal como estão.

Alterações

Nenhum dos programas deste livro é sagrado. Cada qual deverá fazer as suas próprias alterações sempre que tal seja necessário e o desejar, personalizando assim o produto acabado.

Por exemplo, usámos pouquíssimas vezes a instrução BEEP, simplesmente porque associamos a astronomia com noites passadas em absoluto silêncio, sob um maravilhoso céu estrelado. Se o leitor sentir que os BEEPs são necessários em alguns dos programas, para além dos que incluímos, pode e deve inseri-los a seu contento.

Velocidade de execução

Escreve-se muito nas revistas especializadas sobre o tempo gasto na execução de conjuntos de rotinas, como teste à velocidade de trabalho de tal ou tal computador. Quando um programa está à procura de informação, ou a fornecê-la, essa rapidez pode ser importante. Mas nenhum dos programas deste livro é desse género, de modo que o problema não se coloca. A velocidade de operação do *Spectrum*, para a maior parte das tarefas da astronomia de amadores, é mais que suficiente.

Como exemplo do que se afirma, o programa das «Efemérides planetárias» do capítulo 6 leva cerca de 20 segundos a calcular e a imprimir no *écran* todas as posições dos planetas — de Mercúrio a Plutão — de um modo geral com uma precisão de poucos minutos de arco para qualquer data escolhida. Um matemático experiente levaria entre 15 a 20 minutos por planeta para realizar a mesma tarefa manualmente.

Do «Spectrum» ao céu nocturno

Alguns dos programas têm uma componente de observação, e esperamos sinceramente que cada um se sinta encorajado a abandonar de quando em quando o seu *Spectrum* para localizar as estrelas e os planetas referidos nesses programas, servindo-se quer de uns binóculos quer de um telescópio. Obter-se-ão assim do computador resultados muito mais compensadores.

Por relativamente pouco dinheiro poderá obter-se um telescópio pequeno e, no entanto, de surpreendente utilidade. Deve ter-se em conta não a magnificação (que não passa de um subproduto do arranjo óptico do instrumento) e, sim, a abertura da lente principal — ou do espelho, se se tratar de um telescópio de reflexão.

Qualquer solução que melhore a fraquíssima abertura do olho humano (7 mm no máximo, quando adaptada à escuridão), produzirá resultados espectaculares. Por exemplo, um telescópio refractor de 60 mm de abertura (da lente) capta pelo menos 70 vezes mais luz que o olho humano — isto é, $(60/7)^2$ — de modo que corpos nocturnos muito ténues se tornam imediatamente visíveis.

Aviso! De modo nenhum se deverá apontar um telescópio ou uns binóculos para o Sol! Isso provocará de imediato cegueira permanente. Esta regra aplica-se mesmo no caso de o instrumento estar dotado dos chamados «filtros solares», os quais não oferecem qualquer protecção; não só podem partir-se sob o calor do Sol como deixam passar radiações perigosas.

Notas sobre programas

Nas impressoras maiores (*Epson, Seikosha,* etc.), o 1 (um) e o l (L minúsculo) parecem-se muito. É preciso cuidado ao introduzir os programas, de modo a assegurar que se digita o símbolo correcto.

Também algumas impressoras *(Epson)* não incluem o símbolo cardinal (#), que aparece nas listagens dos programas substituído pelo símbolo da libra (£) ou pelo dos direitos de autor (©). Ao introduzir os programas, estes devem ser correctamente digitados como na realidade se pretende (# e ©).

Em certos programas, pede-se para introduzir o ano, o mês e o dia. Repare-se em que as vírgulas não fazem parte da entrada. O INPUT correcto é:

Ano ENTER Mês ENTER Dia ENTER

Se o número do dia ou do mês forem inferiores a 10, poderá introduzir-se um espaço ou um «0» em primeiro lugar, mas tal não é necessário. A data completa aparecerá por baixo da linha do pedido de entrada, «aaaa,mm,dd».

Os programas em que tal sucede são: «Tempo local sideral», «Ponto estelar AltAz», «Seguidor de estrelas» «Sistema Solar» e «Efemérides planetárias».

Quando se introduzirem certos números em três destes programas — «Tempo local sideral» (entrada da longitude), «Ponto estelar AltAz» (entrada da declinação ou da latitude) e «Seguidor de estrelas» (entrada da declinação ou latitude), repare-se em que se devem colocar os prefixos «+» ou «−» antes do número pretendido.

Introdução

Por volta das 7 da tarde de 25 de Setembro de 1983, um domingo, gozando merecido repouso depois de dactilografar este livro, começámos a pensar se o planeta Júpiter estaria visível no céu ainda crepuscular. Da última vez que o observáramos, semanas atrás, o planeta estava baixo para sudoeste, e a situação não melhorara de certeza. A rapidez era essencial, e impunha-se uma célere utilização de vários programas incluídos nesta obra.

Primeiro activámos a fita com o programa das «Efemérides planetárias», e introduzimos (a pedido do *Spectrum*) a data, «1983.9.25». Pouco mais de 20 segundos depois os cálculos estavam completos, pelo que fizemos uma COPY para a impressora *ZX* das posições de todos os planetas.

Executámos de seguida o programa «Seguidor de estrelas», com Júpiter localizado na ascensão recta (AR) 16 h 15 m e com declinação de $-20{,}8^{o}$, dados que introduzimos a pedido do *Spectrum,* juntamente com a nossa latitude ($+51{,}2^{o}$ N). O programa parou durante o traçado (PLOT) às 18.00 horas t.m.G., e fizemos nova cópia. Esta indicava que Júpiter estaria no azimute 211^{o} (na direcção su-sudoeste), e a uma altura de $+12^{o}$ acima do horizonte. Havia ainda uma hipótese de ver Júpiter, mas só enquanto o céu estivesse brilhante, antes de as estrelas se tornarem visíveis!

Por fim, executámos o programa dos «Satélites de Júpiter», introduzindo a data e seleccionando o traçado para intervalos de duas horas. Fizemos uma cópia da imagem do *écran* resultante. Seguiu-se uma pequena corrida para o fundo do jardim, onde o telescópio está montado de forma permanente. A sorte estava do nosso lado! Num intervalo entre os topos dos telhados, lá estava Júpiter, com quatro obedientes luas em linha irregular — mas todas claramente visíveis através do telescópio. Olhando para a folha impressa pela *ZX* com os satélites juvianos, identificámo-

-los como Europa, Io, Calisto, o próprio Júpiter e, do outro lado do planeta, um solitário Ganimedes. Todos estavam exactamente nos locais preditos para essa data e hora.

Cerca de 20 minutos mais tarde, às 18.20 t.m.G., Júpiter desapareceu por detrás das chaminés, não sem que antes parte da família Gavin se entretivesse a espreitar o firmamento através do telescópio. Esta descrição serve para demonstrar que, mesmo sob pressão, os programas podem encadear-se rapidamente de modo a obterem-se as informações relevantes para as observações, o que torna a astronomia muito mais agradável. Esperamos sinceramente que eles também contribuam para o vosso divertimento.

CAPÍTULO 1

Tempo

O TEMPO E O CALENDÁRIO

O tempo não é só o trabalhar do relógio. Se o tempo não existisse, não haveria Universo. O tempo é fundamentalmente uma medida de *alteração* da posição de um objecto (isto é, do movimento) — quer se trate de um electrão em órbita à volta do núcleo atómico quer do afastamento das galáxias desde os primórdios do Universo, do *big bang* inicial.

Por sorte, o tempo parece-nos tão natural como o simples acto de respirar. O tiquetaque do relógio é um agradável aviso caseiro da sucessão dos acontecimentos, medidos em segundos, minutos e horas. Os calendários, por seu lado, conferem certa ordem aos acontecimentos que ultrapassem um período de 24 horas.

Os astrónomos servem-se de todos os sistemas familiares de medição do tempo mas aplicam-lhes algumas variantes.

O relógio chamado Terra

A Terra, já considerada como um perfeito marcador de tempo com o seu período de rotação de 24 horas, apresenta, porém, pequenas irregularidades, que podem ser detectadas com os modernos e ultraprecisos relógios atómicos. Na verdade, o homem teve de conceber, não só anos «de salto» (bissextos), pois cada ano tem na verdade 365,2422 dias, como «segundos de correcção», que compensam as irregularidades da rotação do Planeta. Estes últimos só são aplicados a intervalos desencontrados, de um ano ou mais, e a sua necessidade não pode ser prevista com qualquer certeza.

A Terra pode ser comparada com um patinador de gelo em rotação. Se este estender os braços, a velocidade de rotação diminui — o giro é convertido num «momento angular». No caso da Terra, parece que as alterações climatéricas (como as séries sucessivas de depressões no Atlântico Norte durante vários

meses) provocam ligeiras perturbações nos movimentos angulares do Planeta, daí resultando a necessidade da aplicação dos tais «segundos de correcção». Não se provou ainda de forma definitiva que este fenómeno suceda na realidade, mas vale a pena relembrar aqui que uma única trovoada de Verão sobre Portugal liberta mais energia que a de uma simples bomba H — tal é a força dos fenómenos meteorológicos.

O calendário

Os 365 dias do ano (366 nos anos bissextos) são distribuídos por semanas de sete dias, por meses de 28 a 31 dias, e o conjunto agrupa-se em anos de doze meses. O «mês» é provavelmente uma divisão resultante do movimento de rotação da Lua à volta da Terra. As quatro fases do nosso satélite, isto é, os intervalos entre a lua nova, quarto crescente, lua cheia, quarto minguante e novamente lua nova, ocupam cerca de sete dias cada.

A reforma gregoriana do calendário

Sabe-se que Júlio César é o responsável pela introdução do calendário que permitia a existência de anos de correcção de quatro em quatro anos, de modo a eliminar-se o quarto de dia (cerca de 6 horas) ganho em cada ano. Este método assumia que cada ano tem 365,25 dias, mas mais tarde provou-se que na realidade o ano tem *menos* 0,0078 dias (11.23 minutos) do que se supunha. Tal valor parece trivial para um só ano, mas com o passar dos séculos leva a um erro de vários dias no início do novo ano. No século XVI o assunto foi finalmente levado a sério, pois o erro atingia já 10 dias.

Em Outubro de 1582, o papa Gregório XIII realizou nova reforma do calendário, que ficou conhecida pelo seu nome e que veio substituir o calendário de César (conhecido por «juliano»). Os países católicos adoptaram-no imediatamente, mas os protestantes demoraram algum tempo (em Inglaterra, o calendário gregoriano só foi adoptado em 1752 e na Suécia em 1844). Na prática, esta reforma consistiu em suprimir pura e simplesmente os dias compreendidos entre 5 e 14 de Outubro (inclusive), de modo que

ao dia 4 de Outubro se seguiu 15 de Outubro. Deste modo, o calendário foi ajustado ao decurso normal do tempo anterior à introdução do calendário juliano. A segunda medida tomada pelo papa foi a de se certificar de que não se verificaria mais nenhum erro de futuro; todos os anos cujo número de ordem fosse divisível por 100, mas não por 400, não deveriam ser anos bissextos. Isto significa que 1700, 1800, 1900, 2100, etc., não podiam ser anos de correcção, enquanto que 1600 e 2000 passariam a ser anos bissextos (repare-se que 1700, 1800, etc., eram anos de correcção no calendário juliano). Simples, mas efectivo. O antigo erro de 11,23 minutos está assim reduzido para cerca de 26 segundos entre o ano civil (tal como é aceite pelos vários governos) e o *ano trópico* ou ano verdadeiro. Estes 26 segundos de erro podem ser corrigidos no calendário omitindo um ano bissexto em cada 3334 anos, pelo que podemos deixar essa preocupação para as gerações futuras! Pode, pois, verificar-se que o papa Gregório (e o seu conselheiro astronómico Clavius) era um homem com a chamada «visão do futuro».

Pelo facto de os países protestantes só mais tarde terem adoptado o calendário gregoriano, é muito raro depararem-se-nos os acontecimentos de Outubro de 1582 nos livros americanos (de computação). Um dos últimos Estados a adoptar o calendário gregoriano foi a U.R.S.S., em 1917.

O assunto aqui exposto é importante para qualquer historiador, que se debruce sobre assuntos quer políticos quer astronómicos. O calendário usado por uma testemunha ocular tem de ser cuidadosamente verificado antes de determinar qual a data a que ela se está a referir.

Com toda esta informação, podemos iniciar alguns programas importantes para o calendário e para a medição do tempo.

CALENDÁRIO «SPECTRUM»

Este programa imprime no *écran* um calendário colorido, quatro meses de cada vez, para qualquer ano pretendido depois de 1582 — o ano em que foi introduzida a reforma gregoriana do calendário, actualmente em uso.

O programa

A parte essencial do programa é a linha 10, na qual o número do dia juliano, como se usa chamar, é calculado através da variável j(m) para o primeiro dia de cada mês, usando o primeiro ciclo FOR/NEXT m. Este cálculo é mais adiante comparado (na linha 130) com o número do dia juliano para cada dia, medindo a variável jx perante o número do dia juliano para o primeiro dia do mês seguinte:

```
130 IF  jx=j(m+1)  THEN GOTO 190
```

isto é, inicia um novo mês. Deste modo, cada mês tem o número correcto de dias, e têm-se em conta os anos bissextos (29 de Fevereiro) em intervalos de 4, 100 e 400 anos.

A brevidade da rotina do número do dia juliano (uma só linha) é conseguida com a lógica de Boole, em que as porções entre parênteses só são calculadas se forem verdadeiras, produzindo um resultado nulo caso sejam falsas. A linha 140 identifica o dia da semana, isto é, segunda-feira, terça-feira, etc.

A linha 220 é um GOTO condicional, para apresentar as restantes duas páginas do calendário que começam, respectivamente, em Maio e Setembro. É importante que as linhas 311 e 313, um pouco estranhas, não sejam emendadas, pois de outro modo o programa não passará da primeira página, que cobre o período de Janeiro a Abril. O valor do segundo ciclo FOR/NEXT m (linha 60) é actualizado através da variável a na linha 311. O GOTO condicional da linha 220 repete este ciclo m até que m=12+1 (estranhamente, é sempre +1 mais do que o valor actual do ciclo) para Dezembro, de modo que o programa fará sempre GOTO 313 (300+13) e cumprirá um novo ciclo (re-RUN).

As declarações REM identificam a estrutura geral do programa. Na maior parte, estão relacionadas com a complexa apresentação em *écran* e com a formatação. Cada número de dia juliano aparece por instantes na última linha do *écran* e, porque o dia juliano começa ao meio-dia (pormenor explicado mais

adiante, neste capítulo), no programa sobre o dia juliano, aparece um valor de 0,5 em cada número. Veja-se a figura 1.1 para verificar um exemplo de uma página do «Calendário *Spectrum*.»

O programa tem um par de truques úteis. Em primeiro lugar, o uso de n$, no início, serve dois propósitos: dar um título a um possível LLIST (impressão da listagem) e à apresentação em *écran*. Em segundo lugar, reserva espaço por meio de DIM a$(30), para ser usado na linha 40:

```
40 PRINT ...d$+a$+d$...
```

em lugar do que é vulgar:

```
PRINT ...d$+ «30 espaços vazios» +d$
```

```
C A L E N D A R I O     Z X

1984          Jan                 Fev
D      1   8  15  22  29      5  12  19  26D
S      2   9  16  23  30      6  13  20  27S
T      3  10  17  24  31      7  14  21  28T
Q      4  11  18  25      1   8  15  22  29Q
Q      5  12  19  26      2   9  16  23      Q
S      6  13  20  27      3  10  17  24      S
S      7  14  21  28      4  11  18  25      S

          Mar                 Abr
D      4  11  18  25      1   8  15  22  29D
S      5  12  19  26      2   9  16  23  30S
T      6  13  20  27      3  10  17  24      T
Q      7  14  21  28      4  11  18  25      Q
Q   1  8  15  22  29      5  12  19  26      Q
S   2  9  16  23  30      6  13  20  27      S
S   3 10  17  24  31      7  14  21  28      S

Dia Juliano= 2445820.5
```

Figura 1.1. *Exemplo de página do «Calendário* Spectrum».

em que d$ contém as letras iniciais dos dias da semana do carácter 37 para a frente. Veja-se a linha 6 para o conteúdo completo de d$. O resto de d$ contém os nomes dos meses.

A linha 210 dá-nos a opção para copiar (COPY) a apresentação em *écran*, uma página de cada vez, através da instrução INKEY$.

```
    2 REM ************************
    3 LET n$="CALENDARIO ZX"
    4 REM ************************
    5 DIM a$(30): DIM j(12): DIM e
$(12,3): LET a=1
    6 LET d$="JanFevMarAbrMaiJunJu
lAgoSetOutNovDezDSTQQSS"
    7 INPUT "Ano= ";y: IF y<1583 T
HEN  GO TO 7
    8 LET yy=y/100: LET y1=INT yy:
 LET yt=y/400: LET y4=INT yt
    9 REM ************************
   10 FOR m=1 TO 12: LET j(m)=INT
(365.25*(y-(m<3)))+INT (30.6001*(
m+1+12*(m<3)))-y1+y4+1720996.5+1+
(1 AND yy=y1 AND yt<>y4 AND m<3)
   12 LET e$(m)=d$(m*3-2 TO m*3)
   15 NEXT m
   20 CLS : LET z=1: LET zz=0
   24 REM ************************
   25 REM  Disposicao inicial do
   26 REM           Ecran
   27 REM ************************
   30 FOR n=1 TO 13: PRINT  PAPER
n/2-1; INK 9;(" " AND n=11)+n$(n)
+" ";: NEXT n
   40 PRINT : PRINT : PRINT y: FOR
 f=0 TO 1: FOR n=1 TO 7: PRINT  P
APER 7-n; INK 9;d$(36+n)+a$+d$(36
+n): NEXT n: PRINT : PRINT : NEXT
 f
   50 PRINT AT 2,9;e$(a);AT 2,22;e
$(a+1);AT 11,9;e$(a+2);AT 11,22;e
$(a+3)
   54 REM ************************
```



```
   55 REM   Formatacao do Ecran
   56 REM ************************
   60 FOR m=a TO a+3: LET xx=1
   80 IF m=3 OR m=4 OR m=7 OR m=8
OR m=11 OR m=12 THEN  LET xx=10:
LET zz=0
   90 IF m=3 OR m=7 OR m=11 THEN
LET z=1
  100 FOR d=1 TO 31
  110 LET jx=j(m)+d-1
  120 IF m=12 THEN  GO TO 140
  130 IF jx=j(m+1) THEN  GO TO 190
  140 LET q=INT (jx-5)-7*INT ((jx-
5)/7)+1
  150 LET x=q+1: IF q=1 THEN  LET
x=x-q+1: LET z=z+3
  160 PRINT AT x+xx,z+zz; PAPER 7-
q;(" " AND m/2=INT (m/2))+(" " AN
D d<10); INK 9;d
  170 PRINT AT 21,0;"Dia Juliano=
";jx
  180 NEXT d
  190 NEXT m
  194 REM ************************
  195 REM           MENU
  196 REM ************************
  200 PRINT #0;"Prima z=COPY, c=me
ses  seguintes": PAUSE 0
  210 IF INKEY$="z" THEN  COPY
  215 REM ** proximos 4 meses **
  220 GO TO 300+M
  311 LET a=a+4: GO TO 20
  313 RUN : REM depois do 12o mes
  315 REM ************************
9990 SAVE "zxcal" LINE 1
```

DATA JULIANA

Os astrónomos interessam-se naturalmente por acontecimentos verificados muito longe da Terra e que por vezes têm uma periodicidade muito pouco relacionada com o nosso calendário. A referenciação desses fenómenos através da data em que ocorrem seria um processo cansativo, de modo que em astronomia se recorre a um processo muito simples de contagem do tempo, designado por número do dia juliano, ou DJ para abreviar.

A data de referência deste sistema é o meio-dia de 1 de Janeiro de 4713 a. C. Qualquer data tem o seu próprio DJ com início ao meio-dia — normalmente, um número de sete dígitos sempre maior que 2 400 000. O DJ atrás referido foi aprovado em 17 de Novembro de 1858 e usa-se por vezes como uma referência designada por «dia juliano modificado» (DJM).

A rotina seguinte calcula o DJ para qualquer data introduzida posterior a Outubro de 1582 — o mês em que o calendário actual (gregoriano) entrou em vigor. Podem incluir-se dias decimais no DJ, de modo que um acontecimento cronometrado até ao décimo de segundo, para um determinado dia, pode ser escrito como um número simples (se bem que longo). Por exemplo:

DJ no 2445470,501 = 16 de Maio de 1983 (segunda-feira), 0 h 01 m 26,4 s (t.m.G.),

isto é, 1 minuto e 24,6 segundos depois da meia-noite, na segunda-feira 16 de Maio de 1983.

Compreende-se facilmente que, para efectuar cálculos astronómicos, o DJ é muito mais prático que as datas que usamos no dia-a-dia, e a sua importância é ainda maior nas operações com computadores.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Data Juliana (0hrTU)
="";
 11 REM ************************
```



```
 30 LET D$="SabDomSegTerQuaQuiS
exJanFevMarAbrMaiJunJulAgoSetOut
NovDez"
 40 INPUT "Ano ";Y,"Mes ";M,"Di
a ";D
 50 LET M$=D$(M*3+19 TO M*3+21)
100 GO SUB 1000: LET J=JJ+D
160 LET Q=J-7*INT (J/7)+1
170 LET E$=D$(3*Q-2 TO 3*Q)
200 PRINT J+1720996.5
300 PRINT Y;" ";M$;" ";D;"=";E$
;: PRINT : GO TO 1
909 REM ************************
910 REM Calculo do Dia Juliano
911 REM          numero...
912 REM ************************
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1030 LET JJ=INT (365.25*(Y-(M<3)
))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3)))-
Y1+Y4
1040 IF YY=Y1 AND YT<>Y4 AND M<3
 THEN  LET JJ=JJ+1
1050 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "diaJ"
```

CALENDÁRIO JULIANO

Este programa é uma variante do da «Data juliana», e apresenta no *écran* um calendário do dia juliano completo, para o mês pretendido de qualquer ano posterior a Outubro de 1582. Identifica igualmente o dia da semana — realçando os domingos em INVERSE. Ver a figura 1.2

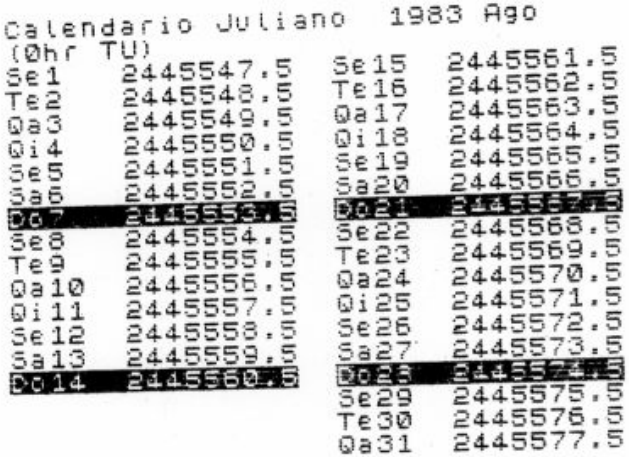


Fig. 1.2 *Exemplo do «Calendário juliano», com o número do dia juliano para cada dia.*

O programa tem em conta o número real de dias do mês que se selecciona. O DJ é imprimido totalmente e relacionado às 0 h TU (t.m.G.), isto é, indica a meia-noite. Como o DJ tem início ao meio-dia (do dia anterior), inclui-se o valor 0,5 na resposta. 0,5 representa as 12 horas entre a meia-noite e o meio-dia; a meia-noite representa o início do *dia civil*.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Calendario Juliano";
 11 REM ************************
 30 LET D$="TeQaQiSeSaDoSeJanFe
vMarAbrMaiJunJulAgoSetOutNovDez"
 39 REM ************************
 40 INPUT "Ano ";Y,"Mes ";M
 41 REM ************************
 50 LET M$=D$(M*3+12 TO M*3+14)
 60 PRINT AT 0,20;Y;" ";M$;'"(0
hr TU)"
 100 GO SUB 1000
 110 LET X=0: LET A=0
 115 FOR D=1 TO 31: LET J=JJ+D
 120 IF D>14 THEN  LET X=14: LET
 A=3: REM X,A Para a formatacao
do ecran
 149 REM ************************
 150 IF J=J1+1 THEN  STOP
 151 REM ************************
 160 LET Q=J-7*INT (J/7)+1
 170 LET E$=D$(2*Q-1 TO 2*Q)
 180 INVERSE 0
 189 REM ************************
 190 IF E$="Do" THEN  INVERSE 1
 191 REM ************************
 200 PRINT AT 1+D-X,X+A;E$;D;
 210 PRINT TAB X+6+A;J+.5
 220 NEXT D: STOP
 909 REM ************************
 910 REM Calculo do Dia Juliano
 911 REM        numero...
 912 REM ************************
1000 LET ED=1720996: LET M1=M+1
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1020 IF YY=Y1 AND YT<>Y4 AND M<3
 THEN  LET ED=ED+1
1030 LET JJ=ED+INT (365.25*(Y-(M
<3)))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3)
))-Y1+Y4
1040 IF YY=Y1 AND YT<>Y4 AND M<3
```

```
 THEN  LET ED=ED-1
1050 LET J1=ED+INT (365.25*(Y-(M
1<3)))+INT (30.6001*(M1+1+12*(M1
<3)))-Y1+Y4
1060 RETURN
9900 REM **********************
9990 SAVE "calJ"
```

DIA DA SEMANA

Em que dia da semana nasceu?

Quando é que o Natal cairá numa quinta-feira?

Este simples programa responde a tais problemas, identificando uma data entrada e relacionando-o com o respectivo dia da semana — segunda, terça, quarta, etc. É uma rotina ideal para ser incorporada num programa maior, sob a forma de sub-rotina, quando houver necessidade de cálculos deste tipo.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Dia da semana= ";
  11 REM ************************
  30 LET D$="SabDomSegTerQuaQuiS
ex"
  40 INPUT "Ano ";Y;"  Mes no. "
;M,"dia ";D;: GO SUB 1000
 160 LET Q=J-7*INT (J/7)+1
 170 LET E$=D$(3*Q-2 TO 3*Q)
 300 PRINT D;"/";M;"/";Y;"= ";E$
;: PRINT : GO TO 1
 909 REM ************************
 910 REM Calculo do dia juliano
 911 REM          numero...
 912 REM ************************
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1030 LET J=D+INT (365.25*(Y-(M<3
)))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3)))
-Y1+Y4+(1 AND YY=Y1 AND YT<>Y4 A
```



```
ND M<3): RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Dds"
```

INTERVALO ENTRE DIAS

O programa seguinte calcula com precisão o intervalo entre duas datas, em dias, horas e minutos. As datas entradas podem ser espaçadas de poucos minutos até vários séculos.

A parte importante do programa é a linha 10, em que se processa um DJM para cada data. Ambas possuem o seu DJ exclusivo, e o programa tem em consideração os anos bissextos (29 de Fevereiro) com intervalos de 4, 100 e 400 anos. Se se introduzir uma data não válida, será corrigida para a data verdadeira, para que o intervalo possa ser computado.

```
Exemplo 1
1983/6/18 20 h 48m
1934/10/8 12 h 26m
Dias de intervalo=
17785.349
                  17785d 8h 22m


Exemplo 2
2012/3/21 15 h 32m
1601/5/11 10 h 26m
Dias de intervalo=
150064.21
                  150064d 5h 6m


Exemplo 3  (datas iguais)
1983/3/1 12 h 43m
1983/2/29 12 h 43m
Dias de intervalo=
0
                  0d 0h 0m
```

Figura 1.3

Exemplo a)

1983 Fev 33 (não válida) = 1983 Mar 5 (válida)

Exemplo b)

1984 Fev 33 (não válida) = 1984 Mar 4 (válida)

As duas datas necessárias podem ser introduzidas por qualquer ordem. A linha 70 assegura um resultado sempre positivo. O mês deve ser introduzido numericamente — Janeiro=1, Fevereiro=2, etc. A figura 1.3 mostra resultados típicos deste programa.

```
  9 REM ************************
 10 REM   Intervalo entre Dias
 11 REM ************************
 20 DIM J(2): FOR x=1 TO 2
 40 INPUT "Ano ";Y;" mes ";M;"
dia ";D,"hr(0-23) ";H;" min ";mn
 50 PRINT Y;"/";M;"/";D;" ";H;"
 h ";MN;"m": LET D=D+H/24+MN/140
0
 60 GO SUB 1000: NEXT x
 70 LET dia=ABS (J(1)-J(2))
 80 PRINT "Dias de intervalo= "
,dia
 90 LET hora=24*(dia-INT dia):
LET min=60*(hora-INT hora)
100 PRINT ,INT dia;"d ";INT hor
a;"h ";INT min;"m";'': GO TO 1
909 REM ************************
910 REM Calc. do Dia Juliano no
911 REM ************************
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1030 LET J(x)=D+INT (365.25*(Y-(
M<3)))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3
)))-Y1+Y4+(1 AND YY=Y1 AND YT<>Y
4 AND M<3): RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "intdias"
```


TEMPO LOCAL SIDERAL

Os relógios domésticos, que usam um período de 24 horas (ou dois de 12 horas), reflectem a passagem diária do Sol no céu. O Sol deverá estar aproximadamente a sul ao meio-dia (e dizemos «aproximadamente» porque a órbita da Terra à roda da nossa estrela não é um círculo perfeito, é, sim, ligeiramente elíptica). Isto significa que a velocidade orbital da Terra variará com as estações do ano, enquanto a rotação do Globo em redor do seu eixo é praticamente constante. O resultado destes fenómenos é que o Sol tem uma dessincronização de mais ou menos 15 minutos em relação à sua passagem do meio-dia no meridiano sul (culminação superior do Sol).

As estrelas, pelo contrário, mantêm virtualmente uma sincronização perfeita, pois, devido à sua enorme distância, a variação da velocidade orbital da Terra não acarreta quaisquer consequências. As estrelas regressam ao mesmo ponto do céu (para um mesmo local fixo) quatro minutos mais cedo em cada dia, quer a luz do Sol impeça de as ver ou não. O tempo sideral ou estelar baseia-se, pois, num relógio que se adianta precisamente quatro minutos em relação aos relógios de uso comum.

O conhecimento do tempo sideral para qualquer data e hora é muito importante para os astrónomos, para planearem as suas futuras sessões de observação (se a meteorologia o permitir...). As melhores observações ocorrem quando a região do céu a observar se situa para sul do telescópio no hemisfério norte (e para norte no hemisfério sul) e à maior altura possível; as estrelas cintilantes, devido a perturbações na atmosfera, são mais raras bastante acima do horizonte.

Este curto programa calcula o tempo sideral (local) depois de algumas perguntas obterem resposta. Por exemplo, se o tempo sideral for calculado como 6 h 44 m, Sírius — a estrela mais brilhante do céu — estará a sul, pois este tempo coincide com a ascensão recta (que se explica no próximo capítulo) para Sírius.

```
 9 REM ************************
10 REM   Tempo Local Sideral
11 REM ************************
```

```
 15 PRINT  PAPER 6;"TLS= AR das
 estrelas para Sul do seu local"
 20 INPUT "Sua Longitude lll.l:
 Greenwich=0-(oeste)+(leste)"; L
INE L$: LET L=VAL L$
 30 IF L$(1)<>"-" AND L$<>"+" O
R ABS L>180 THEN  GO TO 20
 40 PRINT  PAPER 5;"Tempo Local
 Sid(TLS)/Long:       ";L$;CHR$ 1
30;
 50 PRINT  PAPER 5;("W" AND L$(
1)="-")+("E" AND L$(1)="+")
 59 REM ************************
 60 INPUT "Data aaaa,mm,dd";TAB
 5;Y;TAB 10;MM;TAB 13;D
 61 REM ************************
 70 IF MM>12 OR D<0 OR D>31 THE
N  GO TO 60
 75 PRINT D;"/";MM;"/";Y,
 79 REM ************************
 80 INPUT "TMG/TU:hh.mm";TAB 7;
 LINE E$: LET E=VAL E$
 81 REM ************************
 85 IF E>24 THEN  GO TO 60
 90 PRINT "TMG=";: LET T=INT E+
((E-INT E)/60*100)
 100 LET M=MM: IF M>2 THEN  LET
M=M+1: GO TO 120
 110 LET Y=Y-1: LET M=M+13
 120 LET J=INT (365.25*Y)+INT (3
0.6001*M)+D+1720982
 130 LET G=6.63627+6.570982E-2*(
J-2443144)
 140 LET TS=G-INT (G/24)*24
 150 LET S=L/15+T+TS+T/1436*4
 160 IF S>24 THEN  LET S=S-24
 170 IF S<0 THEN  LET S=S+24
 180 LET ST=INT (S*100)/100
 199 REM ************************
```



```
 200 LET H=T: GO SUB 300: PRINT
',"TLS= ";: LET H=ST: GO SUB 300
 210 PRINT : PRINT : GO TO 60
 299 REM ************************
 300 PRINT INT H;"h";INT ((H-INT
 H)*60+.5);"m",: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "TLSid"
```

MEDIDOR DE REACÇÕES

Parece apropriado incluir este programa na secção destinada ao tempo, se bem que ele esteja mais relacionado com a impressão muito variável causada no nosso cérebro por intervalos de tempo muito curtos. Porque o olho humano está sempre disponível para servir como detector sensitivo no telescópio (e os fotodetectores são muito caros, complexos e geralmente difíceis de encontrar), o observador (e os seus olhos) continuará a ser peça fundamental na astronomia.

As ocultações — a medida do aparecimento e desaparecimento de uma estrela por detrás da Lua ou de um asteróide — podem conter resultados precisos de alto valor científico acerca do movimento ou do diâmetro desse corpo celeste. Este trabalho é quase exclusivamente levado a cabo por astrónomos amadores, com os seus pequenos telescópios. É importante, por isso, saber qual a chamada «equação pessoal» de cada observador, e que mais não é que o reflexo da sua precisão, para se poderem ajustar os resultados das suas medições — de preferência, a uma precisão de 0,1 segundos.

O programa

Este programa serve-se do «relógio» de 50 hertz do *Spectrum*, iniciado com o POKE 23672,0 na linha 45, para testar os seus tempos de reacção a uma série de ocultações simuladas, compostas tanto por aparecimentos como por desaparecimentos. Cada resultado é representado de forma audível, visível e numérica (através de um gráfico de barras colorido). Cada

acontecimento inicia-se com uma pausa aleatória (PAUSE) colocada na linha 30, para se evitar qualquer antecipação. Se se fizer batota — premindo antecipadamente a tecla «p» — ou for tão lento que se demore mais de 0,44 segundos, recebe-se um aviso, e o resultado é ignorado. A ROM do *Spectrum* também tentará fazer batota, saltando linhas se a PAUSE 1 da linha 21 for omitida, mas isso não será adicionado ao resultado obtido.

A parte essencial do programa está nas linhas 45 e 100 — que aplicam respectivamente um POKE ao medidor para que este comece e vão buscar (PEEK) a resposta. Limitando as instruções entre estes dois, um ciclo INKEY$ adiciona <0,02 segundos ao resultado, para que os dados possam ser processados. O tempo de reacção poderá ser 10 a 20 vezes mais lento que aquele valor. A figura 1.4 mostra um resultado típico.

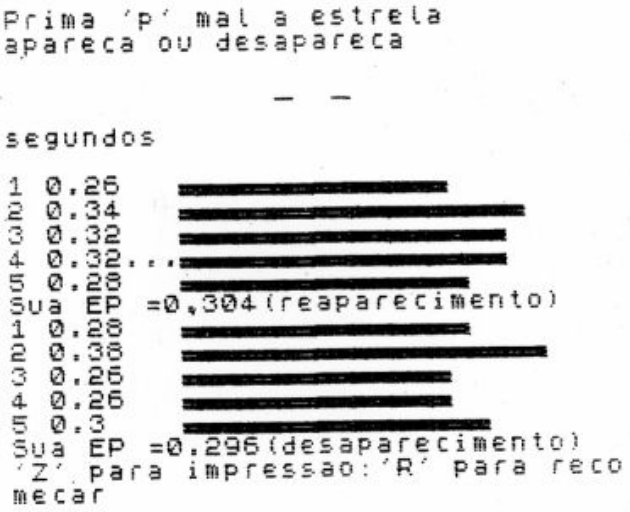


Figura 1.4 *Resultados típicos dos tempos de reacção de um indivíduo. O cérebro reage invariavelmente com maior lentidão nas reaparições (média de 0,324 segundos) do que nos desaparecimentos (média de 0,308 segundos), como o exemplo demonstra.*

Até para os não astrónomos este teste é interessante! Sabem quais os vossos tempos de reacção?

```
    2 REM ************************
    3 PRINT "Medidor de Reaccoes"
: REM     ************************
    4 PRINT '"Equacao Pessoal   :
10 ocultacoes simuladas."
    5 FOR i=1 TO 7: PAUSE 20: PRI
NT AT 9,0; INK i;"          5 reap
aricoes...";AT 11,4;"e depois, 5
 ocultacoes!": NEXT i: PAUSE 200
    6 PRINT ''"Se o seu tempo for
 >.44seg ou = =0seg o resultado
sera ignorado."
    7 PRINT #0; FLASH 1;"Prima um
a tecla para comecar...": PAUSE
0
    8 BORDER 0: PAPER 0: INK 7: C
LS : LET tt=0
   10 PRINT "Prima 'p' mal a estr
ela"''"apareca ou desapareca"
   12 PAUSE 200: PRINT AT 9,0; FL
ASH 1;"segundos"
   14 REM ************************
   15 LET d=0: LET x=0: FOR z=0 T
O 1: LET tt=0: FOR f=1 TO 5
   20 PRINT AT 7,14;"_   _"
   21 PAUSE 1
   25 IF x=0 THEN  GO TO 30
   26 PLOT 127,112
   30 PAUSE 200+RND*300
   40 PLOT  OVER d;127,112
   44 REM ************************
   45 POKE 23672,0
   50 IF INKEY$="p" THEN  GO TO 1
00
   60 GO TO 50
```

```
 100 LET t=(PEEK 23672)/50
 101 REM **********************
 110 PRINT AT 10+x+f,0;f;" ";
 120 IF t=0 OR t>.44 THEN  PRINT
 "Muito rapido/lento": LET q=3+t
*20: GO SUB 260: PRINT AT 10+f+x
,0;"Pronto...              ": GO TO
 20
 130 PRINT t
 140 FOR n=9 TO t*50+9
 150 PRINT AT f+x+10,n; INK t*20
-3;CHR$ 140: NEXT n: LET q=20*t:
 GO SUB 260
 160 INPUT  FLASH 1;"prima ENTER
", LINE z$
 170 LET tt=tt+t: NEXT f
 180 PRINT "Sua EP ="; FLASH 1;t
t/5; FLASH 0;("(re" AND x=0)+("(
des" AND x<>0)+"aparecimento)"
 190 IF x=0 THEN  LET q=3: GO SU
B 260: INPUT  FLASH 1;"seguem-se
 desaparecimentos-prima ENTER",
LINE z$
 200 LET d=1: LET x=6: NEXT z
 210 PRINT "'Z' para impressao:'
R' para recomecar"
 220 LET q=1: GO SUB 260
 229 REM **********************
 230 IF INKEY$="" THEN  GO TO 23
0
 240 IF INKEY$="z" THEN  COPY
 250 RUN
 251 REM **********************
 260 FOR v=-30 TO 40 STEP q: BEE
P .01*q,v: NEXT v: RETURN
9900 REM **********************
9990 SAVE "teste"
```


CAPÍTULO 2

Esferas dentro de esferas

O *Spectrum* serve-se de um sistema bidimensional de coordenadas para executar as instruções PRINT E PLOT no *écran*; os astrónomos usam um processo virtualmente idêntico para representar o céu acima das nossas cabeças. Contudo, enquanto a imagem do *Spectrum* na TV é muito pequena e plana, o firmamento envolve-nos completamente num raio de 360º, tanto horizontal como verticalmente. Um hemisfério encontra-se sobre as nossas cabeças, e outro debaixo dos pés, formando ambos uma esfera perfeita.

O cálculo de posições nesta esfera é relativamente complexo e requer o uso quase constante da trigonometria. Está para além da finalidade desta obra a explicação das matemáticas envolvidas: na verdade, excluímos deliberadamente a teoria subjacente, de modo que o leitor digite simplesmente os programas e obtenha resultados sem necessitar de possuir conhecimentos de matemática ou de trigonometria.

Os astrónomos usam um certo número de sistemas de coordenadas. Um dos que são mais facilmente compreensíveis estabelece a relação entre o nosso horizonte local e as estrelas, à medida que estas vão passando pelo céu. O processo em causa envolve, por exemplo, a conversão da posição de uma estrela de um sistema para outro. Seguem-se um par de programas experimentais (experimentais só na sua apresentação, diga-se) que explicam este relacionamento. Se, pelo contrário, se preferir antes uma breve descrição teórica do assunto, procure-se a secção intitulada «A esfera celeste — breve explicação», regressando aos programas.

A esfera celeste (imagens 3D)

A esfera celeste, dispositivo muito apreciado pelos astrónomos, é de difícil descrição numa página plana, de modo que faremos

duas tentativas para reconstruir uma imagem tridimensional através do *Spectrum*. Não é de admirar que a ilusão não funcione — é apenas uma experiência. Testámos pessoalmente ambos estes processos com razoável sucesso, mas certos factores podem estar fora do seu domínio.

O primeiro processo implica o desenho (DRAW) de duas imagens separadas no *écran* da televisão, observando o resultado através de filtros coloridos. Obviamente, terá de ser utilizado um aparelho a cores, e pode ser necessário ajustar o contraste e as tonalidades das cores para se obter o melhor efeito.

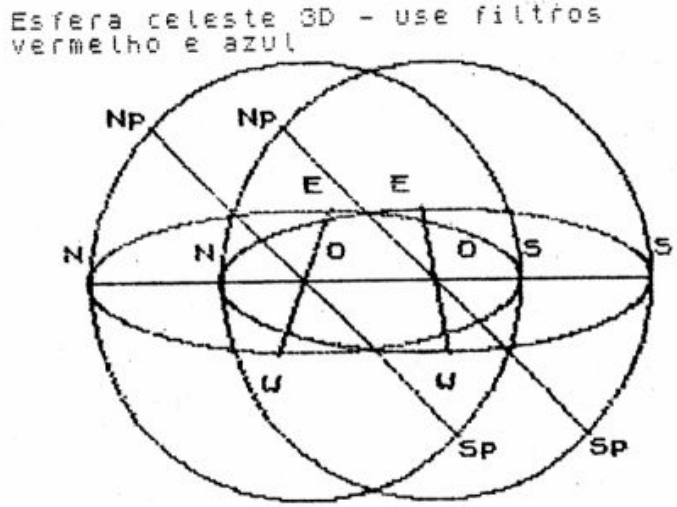


Figura 2.1 *Esta imagem aparece em três dimensões, quando vista através de filtros coloridos de vermelho e azul, numa televisão a cores. O programa introduz as cores necessárias em cada uma das figuras.*

A figura 2.1 mostra uma cópia do *écran* depois de executado este programa. A «COPY» é naturalmente monocromática, e só não revela que a apresentação em *écran* usa duas cores INK sobre uma só cor geral para o fundo (PAPER). As duas imagens

sobrepostas são desenhadas em cores de INK distintas, sendo a imagem direita em vermelho (INK 2) e a esquerda em azul (INK 1). Deverá reparar-se em que, com excepção da linha leste/oeste e das letras E e W, ambas as imagens são idênticas, mas deslocadas uma da outra na horizontal. Cabe aqui um pequeno aparte: para designar o ponto cardeal oeste usa-se neste livro a letra W, do termo inglês «west», mais vantajosa graficamente; o Leste é indicado pela letra E (este), o Norte por N e o Sul por S. A cor de fundo da imagem é magenta (PAPER 3). Estas três cores foram escolhidas com bastante cuidado, e não devem ser alteradas até a experiência ter sido completada de acordo com o programado.

A observação dos resultados

São precisos dois filtros profundamente coloridos — um vermelho e o outro azul — para observar a imagem na televisão. É importante realçar que devem ser *profundamente* coloridos; filtros de cores leves não têm qualquer utilidade neste caso. Para o teste a cor do filtro deve desaparecer completamente em frente à TV, enquanto provoca um fortalecimento da cor contrastante. Ou seja, o filtro azul deve mostrar claramente a imagem vermelha, e vice-versa. Os filtros podem ser de celofane ou de acetato — em camadas se tal for necessário para aprofundar a respectiva cor. Um quadrado de 5×5 cm será o tamanho ideal para cada filtro.

A imagem do *écran* deverá ser observada de uma distância compreendida entre os 1,2 m e os 2,4 m, dependendo do tamanho do *écran*, com o filtro vermelho em frente do olho direito e o azul no olho esquerdo. As duas imagens coloridas deverão dar a impressão de se fundirem numa única, a meio caminho entre o observador e o televisor. Pode ser necessária uma certa dose de paciência, antes que o cérebro aceite as duas imagens coloridas e discordantes como uma só.

Toda a imagem, excepto a linha oval do horizonte, a linha E/W e as marcas E e W, deverá surgir num único plano. Deve parecer que as linhas do horizonte e E/W se projectam quer na

nossa direcção quer para longe, em referência ao mencionado plano. Do mesmo modo, a letra W deve aparecer perto de nós, enquanto a letra E ficará mais afastada. Repare-se que o título do programa permanece fixo sobre o *écran* da TV, por a cor ser preta (INK 0); como o preto é, na realidade, a ausência de cor, os filtros não têm efeito sobre esta parte da imagem, não se verificando aqui o efeito 3D.

As limitações

Apesar da relativa complexidade da operação de COPY do *écran*, a imagem tem de continuar simples, com o menor número possível de intersecções das linhas das duas imagens coloridas.

Esta necessidade deriva do facto de o *Spectrum* só aceitar uma cor INK por cada quadrado de carácter. Quando sobrepomos uma segunda cor, essa porção da imagem, inicialmente a vermelho (INK 2), tornar-se-á azul (INK 1), caso caia no mesmo quadrado. Isto significa que algumas partes da imagem se tornam visíveis com o filtro errado, o que leva a imagem tridimensional a surgir fragmentada.

Para minimizar este inconveniente, desenha-se em primeiro lugar a imagem vermelha; quando vista através do filtro azul, desempenha um papel secundário, aparecendo muito ténue. A imagem principal (em azul) destaca-se com nitidez, com o menor número possível de linhas espúrias sobre a imagem vermelha, de modo a não constituir um elemento de distracção. Apesar da fraca intensidade da imagem vermelha da direita, esta torna-se efectiva quando interligada à azul da direita, permitindo uma ilusão tridimensional.

Todas as televisões a cores produzem várias tonalidades (ou seja, uma cor mais o branco) e sombras (a cor mais o preto) a partir de uma mistura de três cores primárias — vermelho, azul e verde — servindo-se dos três «canhões» de cor do tubo catódico. Para assegurar uma separação máxima de cores nas imagens 3D, só se usam essas cores primárias. A cor de fundo deve passar através de ambos os filtros, de modo a causar o menor cansaço possível aos olhos do observador. Daí a nossa escolha das cores:

azul (INK 1), vermelho (INK 2) e, para o segundo plano, magenta — o azul mais vermelho —, a que corresponde a instrução PAPER 3.

O programa

O programa é bastante directo, e serve-se de suficientes declarações REM para auxiliar o leitor — basta introduzi-lo, fazer um RUN e observar os resultados. As duas imagens coloridas são desenhadas entre as linhas 60 e 140, com as variáveis a e a1 proporcionando a necessária separação, e servindo-se do mesmo ciclo FOR/NEXT f.

```
  9 REM ************************
 10 REM  Esfera Celeste 3D/TV
 11 REM ************************
 20 BORDER 3: PAPER 3: INK 0: C
LS : REM paper=magenta (azul+ver
melho)
 30 PRINT "Esfera Celeste 3D-
 use filtrosVermelho e Azul"
 40 LET a=112: LET a1=160: LET
b=80: LET c=79
 50 REM ************************
 60 INK 2: REM Imagem direita
 61 REM          vermelha
 70 REM ************************
 80 CIRCLE a1,b,c
 90 PLOT a1-c,b: DRAW c*2,0
100 PLOT a1,b: DRAW -60,60: DRA
W 120,-120
110 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
120 LET x=SIN f*c: LET y=COS f*
c/3: PLOT a1+x,b+y: NEXT f
130 REM GOSUB/rotina de titulos
140 IF a=a1 THEN  GO SUB 220: I
NK 0: PAPER 7: STOP
150 REM ************************
160 INK 1: REM Imagem direita
```

```
161 REM          azul
170 REM ************************
180 LET a1=a: GO TO 80
190 REM ************************
200 REM     Letras azuis E/W
210 REM ************************
220 PLOT a1,b: DRAW 10,28: DRAW
-20,-56
230 PRINT AT 7,14;"E";AT 16,12;
"W";AT 10,3;"N";AT 10,15;"O";AT
10,24;"S"
240 PRINT AT 4,5;"PN";AT 19,21;
"PS"
250 REM ************************
260 REM   Letras vermelhas E/W
270 REM ************************
280 INK 2: PLOT 160,b: DRAW -5,
28: DRAW 10,-56
290 PRINT AT 7,18;"E";AT 16,20;
"W";AT 10,9;"N";AT 10,21;"O";AT
10,30;"S"
300 PRINT AT 4,11;"PN";AT 19,27
;"PS"
310 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "esfera3D"
```

ESFERA CELESTE – IMAGEM 3D COM OS OLHOS EM X

Este segundo programa destina-se a produzir uma imagem tridimensional — mais uma vez da esfera celeste —, mas seguindo uma técnica completamente diferente. Neste caso, a televisão a cores não desempenha papel especial, cabendo esse desempenho à impressora *ZX*. Quem não dispuser de uma destas poderá usar a cópia do *écran* representada na figura 2.2 para realizar a experiência.

O método implica a preparação de dois desenhos, obtidos de pontos de vista diferentes, representando um objecto que pareça ter certa profundidade. Quando se colocam tais desenhos lado a lado e os observamos cruzando os olhos (dai o nome de «olhos em X»), cria-se uma ilusão da fusão dos dois numa única imagem, proporcionando o pretendido efeito 3D. As estatísticas indicam que cerca de um terço das pessoas pode realizar este movimento ocular sem prejuízo dos olhos, de modo que esperamos que o mesmo aconteça pelo menos a um terço de possuidores de *Spectrums!*

Como este é o único processo de se ver imagens 3D sem qualquer ajuda visual, a sua inclusão neste livro parece-nos perfeitamente justificada. O sistema tem o mérito (quando comparado com o da TV a cores e dos filtros acima estudado) de possibilitar o desenho de imagens de grande complexidade, pois não se põe o problema da sobreposição das imagens com diferentes INKs.

Tanto as duas cópias a produzir na impressora *ZX* como a introdução do próprio programa devem ser feitas com certos cuidados (use-se a figura 2.2 como auxiliar). A nota no canto inferior esquerdo de cada uma das cópias mostra a posição relativa de cada uma das imagens; os centros dos dois círculos devem estar separados entre si por uma distância compreendida entre os 70 e os 100 mm; dimensão precisa não constitui factor crítico. De importância vital é o facto de as duas linhas N/S que correm horizontalmente em ambas as imagens terem de ser paralelas. Com uma régua, verifique-se se assim é antes de colar firmemente a cópia a uma folha de papel branco e grosso.

Observação da imagem

A cópia montada para observação deve ser colocada à distância normal de leitura, ou um pouco mais afastada se a iluminação for boa, e de modo a que nenhuma sombra incida sobre ela. Deve ser observada bem de frente — nem inclinada nem rodada. Cruzem-se os olhos, porventura pondo um dedo por instantes entre a face e o papel; as duas imagens devem fundir-se numa única.

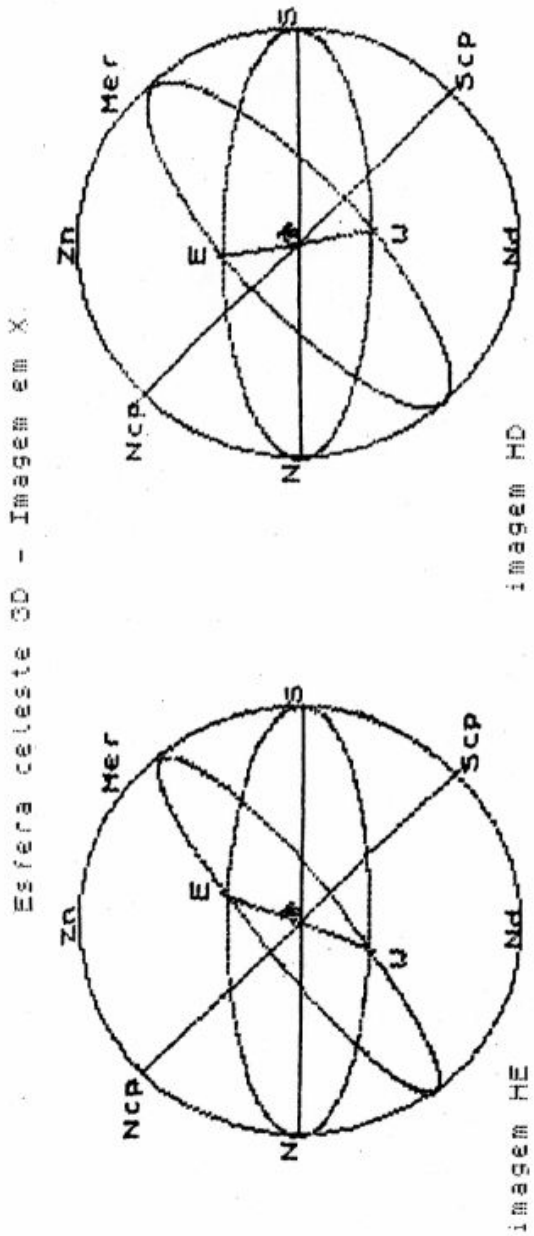


Figura 2.2 *Segura-se o livro à distância normal de leitura ou um pouco mais afastado, e cruzam-se os olhos enquanto olhamos para a página. As duas figuras separadas devem fundir-se numa única, proporcionando uma imagem tridimensional e com profundidade de campo.*

Este método exige que os olhos convirjam para um ponto intermédio, continuando no entanto focados sobre o papel. Os resultados são mais fáceis de obter se a concentração não for demasiada, e haja atenção para que sejam breves os períodos de observação.

O programa

O programa é uma modificação do da «Esfera celeste 3D». Mesmo não dispondo de uma impressora *ZX*, vale a pena escrevê-lo, pois as suas características tridimensionais revelam-se até no *écran*, à medida que o desenho vai aparecendo. Querendo modificar o programa anterior para produzir esta versão, começa-se por apagar as linhas 20 e 30 e acrescentar como comando directo:

BORDER 7: PAPER 7: INK 9: CLS: LIST ENTER

Terá de se introduzir uma nova linha 20, contendo os DATA para um homenzinho obtido a partir de POKEs sobre o UDG CHR$ 154. Coloca-se esta personagem no centro do *écran*, em FLASH (em lugar da letra O), representando o nosso observador no centro da esfera celeste. Neste programa desenham-se duas elipses, para representar o horizonte e o equador celeste. Este último aparece em duas versões, de acordo com o INPUT da linha 275, isto é, imagem esquerda ou imagem direita, inclinado 45º em relação à horizontal. As variáveis t (inclinação) e zx (eixo semimaior) controlam a forma da elipse e a variável z é mantida fixa para a inclinação. A linha 500 permite a obtenção de uma cópia ou nova execução do programa (re-RUN) para a segunda cópia através de uma só tecla accionando a instrução INKEY$.

```
  9 REM ************************
 10 REM  Esfera Celeste 3D - X
 11 REM ************************
 20 DATA 24,8,62,93,157,20,20,5
4: FOR f=0 TO 7: READ a: POKE US
```

```
R CHR$ 154+f,a: NEXT f
  30 PRINT "Esfera Celeste 3D/ I
magem em X"
  35 PRINT AT 1,15;"Zn";AT 21,15
;"Nd";AT 11,5;"N";AT 11,26;"S";A
T 11,16; FLASH 1; OVER 1;CHR$ 15
4
  40 PRINT AT 4,6;"Ncp";AT 3,22;
"Mer";AT 19,23;"Scp"
  45 PRINT #0; FLASH 1;"Desenho
do horizonte"
  50 REM ************************
  70 LET a1=128: LET b=80: LET c
=79
  80 CIRCLE a1,b,c
  90 PLOT a1-c,b: DRAW c*2,0
 100 PLOT a1,b: DRAW -60,60: DRA
W 120,-120
 110 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
 120 LET x=SIN f*c: LET y=COS f*
c/3: PLOT a1+x,b+y
 125 NEXT f
 259 REM ************************
 260 REM  input imagem HD ou HE
 261 REM ************************
 275 INPUT "Imagem HD u HE? (d/e
)";c$
 276 PRINT AT 21,0;"imagem "+("H
D" AND c$="d")+("HE" AND c$<>"d"
)
 280 IF c$<>"d" THEN  PLOT a1,b:
 DRAW 10,28: DRAW -20,-56: PRINT
 AT 7,17;"E";AT 16,24;"W"
 285 IF c$="d" THEN  PLOT a1,b:
DRAW -5,28: DRAW 10,-56: PRINT A
T 7,15;"E";AT 16,16;"W"
 300 PRINT #0; FLASH 1;;"Estrela
  ref. no equadorceleste"
```



```
 400 LET t=18: LET z=50: LET zx=
61
 410 IF c$="d" THEN  LET t=30: L
ET zx=60
 420 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
 421 LET t=1/SIN ((.1+t)/180*PI)
 430 FOR n=0 TO PI*2 STEP .02
 440 LET aa=SIN n*zx
 450 LET bb=COS n*zx/t+aa/z
 460 PLOT INT (a1+aa),INT (b+bb)
 470 NEXT n: INPUT ""
 499 REM ************************
 500 PRINT #0;"Prima c=COPY, n=n
ova imagem": PAUSE 0
 510 IF INKEY$="c" THEN  COPY
 520 RUN
9900 REM ************************
9990 SAVE "esf3DXX"
```

A ESFERA CELESTE – BREVE EXPLICAÇÃO

A letra O (o homenzinho do último programa) representa um observador colocado no meio de uma esfera. Este observador está num plano horizontal, sobre a intersecção das linhas N/S e E/W. O ponto acima da sua cabeça é designado por zénite (Zn ou Z), e o que está abaixo dos pés chama-se nadir (Nd ou Z'). Através do homem passa um segundo plano, vertical, chamado meridiano (Mer), marcado por N, Zn, S, Nd, etc.

O observador pode definir qualquer ponto na esfera em termos de «azimute» (horizontal), começando no ponto norte e passando por E=90º, S=180º, W=270º, e por qualquer ponto intermédio entre estes. A posição relativa à vertical mede-se em «altura», desde os 0º (horizonte) até aos 90º (zénite). Pode inclusivamente servir-se de valores negativos, ou seja, a altura do nadir é de −90º. O zénite e o nadir são, efectivamente, os pólos do sistema

horizontal de coordenadas. Todos estes pontos de referência são fixos — o nosso observador está na verdade em sua casa.

A esfera do sistema horizontal de coordenadas é partilhadda por uma segunda esfera, designada por esfera celeste ou estelar. Esta está normalmente inclinada em relação à primeira (a não ser que o observador viva no Pólo Norte da Terra!) e tem um sistema exactamente igual de medição de ângulos, que são, porém, designados por nomes diferentes. Se o nosso observador residir a uma latitude de 45º norte, o eixo da esfera celeste (que se mantém paralelo ao eixo da Terra) passa através dele fazendo um ângulo definido pela linha Np (Ncp no programa «olhos em X») e Sp (ou Scp). A Estrela Polar indica o pólo norte celeste no firmamento.

Inclinado a 90º sobre o eixo polar situa-se o plano equatorial, que corta o observador pelas linhas E/W. No programa da «Esfera celeste 3D», esta linha desenha-se como se fosse uma estrela nascendo a leste, atingindo a sua maior altura ao cruzar o meridiano sul e finalmente pondo-se a oeste. A progressão da estrela continua mesmo para baixo do horizonte do observador, e 23 horas e 56 minutos mais tarde regressará ao mesmo ponto a leste (no *Spectrum*, este percurso é acelerado para cerca de um minuto!). Utiliza-se o período assim definido para a determinação do tempo sideral (estelar), que tem um atraso permanente de 4 minutos em relação ao tempo terrestre, baseado nas 24 horas. Ao fim de 365 dias (um ano), as sucessivas diferenças de 4 minutos somam 24 horas, de modo que os dois regressam à sincronização. Deste modo, com o correr das estações teremos sempre um diferente céu estrelado.

A esfera celeste é dividida horizontalmente por uma linha paralela ao equador celeste, a que se chama «declinação» (Dec), e que costuma ser representada pela letra grega *delta*. Faz parte de um sistema de localização semelhante ao das coordenadas horizontais, o «sistema horizontal fixo». A declinação mede-se em graus desde 0º (equador celeste) até aos 90º (pólo celeste); a sul do equador, estes valores são negativos. As linhas que correm a 90º sobre as da declinação são designadas por «ascensão recta»

(AR), e são semelhantes às linhas da longitude na Terra, mas medem-se em horas em lugar de graus. Cada hora de AR é igual a 15º, de modo que 24 horas=360º — o mesmo que um círculo completo da esfera celeste. As linhas de AR medem-se da direita para a esquerda (do ponto vernal para leste), ou seja, segundo o sistema dextrógiro.

A AR de uma estrela quando cruza o meridiano marca também o tempo sideral nesse momento. Vale a pena fixar este facto. Basta calcular o tempo sideral para determinado dia e hora (usando o programa «Tempo sideral») para se ficar a saber quais as estrelas que estão a sul; podemos servir-nos de um atlas estelar como guia. Como as estrelas (bem como o Sol, a Lua e os planetas) estão na sua maior altura (culminação superior) ao cruzar o meridiano, podemos observá-las nas melhores condições, especialmente através de um telescópio.

PONTO ESTELAR

É frequente surgir a necessidade de ter de localizar-se uma determinada estrela ou planeta no céu, e é para isso que serve o programa seguinte. A sua pequena extensão pressupõe que se conhecem previamente as coordenadas estelares, em termos de ascensão recta e de declinação. No caso de uma estrela, um bom atlas, como o *Norton*, dará as informações necessárias, e para os planetas poderemos obter dados no *Sky and Telescope* ou ainda no *BAA Handbook*, por exemplo. Como alternativa, as posições dos planetas podem ser preditas pelo programa «Efemérides planetárias», do capítulo 6.

Conversão de coordenadas equatoriais em horizontais

O programa converte as coordenadas equatoriais da estrela ou do planeta (AR e Dec) em coordenadas horizontais, isto é, azimute e altura acima do horizonte. A figura 2.2 clarifica a inter-relação das esferas incluídas nos dois sistemas de coordenadas. Outros

factos relevantes para o programa: a data e a hora da observação e a latitude a que ela irá ser feita. Toda esta informação consta do INPUT inicial do programa.

A secção seguinte da listagem, das linhas 80 a 120, processa o tempo sideral antes do INPUT do nome da estrela, etc. A entrada da AR assume a forma, por exemplo:

12.56 (12 h 56 m)

O ponto décimal tem de ser incluído. A linha 300 converte este valor em horas e horas décimais através da variável rh. As linhas 410 e 390 executam a conversão em coordenadas horizontais pela aplicação das variáveis az (azimute) e al (altura).

A aplicação dos resultados

Os resultados do programa são impressos na secção final (linha 440) e incluem o nome da estrela e as coordenadas da posição, AR e Dec, realçadas por meio de um PAPER 5. Se a estrela estiver abaixo do horizonte, a linha 445 aplica um FLASH a esta informação.

O programa oferece então a opção de se introduzir uma nova data ou uma nova estrela para a data em memória. Se for esta última a escolhida, cumpre-se a instrução GOTO 130, e terão de se introduzir os dados novos no INPUT respectivo. Normalmente, são necessárias informações sobre um certo número de estrelas ou planetas, para uma mesma data e hora, e esta escolha acelera o processo — cada resultado sucessivo provoca um desfilamento (SCROLL) do *écran*. Veja-se a figura 2.3.

Temos, pois, o azimute e a altura de um certo número de astros, quer impressos pela *ZX* quer apresentados na TV. Como iremos localizá-los no céu? É necessário um pouco de «trabalho de campo», feito num local propício, porventura o jardim ou o terraço, sendo importante que a linha do horizonte esteja desobstruída (ver figura 2.4).

Se se escolherem para o programa algumas das estrelas mais luminosas, poderemos identificá-las com facilidade servindo-nos de um atlas estelar ou de uma cópia do programa «Carta estelar».


```
Jupiter AR=23.11 Dec=-6.20
5/5/1986:20h 0m lat=+38.45
Tempo Sideral (TLS)10h53m
azimute=352     altura=-58
Estrela abaixo do horizonte
--------------------
```

```
Jupiter AR=-1.0037544 Dec=-6.20
5/5/1986:20h 0m lat=+12.37
Tempo Sideral (TLS)10h53m
azimute=298     altura=-77
Estrela abaixo do horizonte
--------------------
Chave C=COPY D=Nova data S=Nova
          JUPITER
```

Figura 2.3 *Azimute e altura de Júpiter, à mesma hora do mesmo dia, mas para latitudes diferentes.*

O esquivo planeta Mercúrio

O planeta Mercúrio demonstra a necessidade de se ter uma linha de horizonte desimpedida. Invariavelmente, só podemos observar este astro num céu brilhante no período de uma hora que engloba o nascer do Sol ou o ocaso, em que as estrelas de nada nos servem para o localizar; o seguimento da posição de Mercúrio num atlas estelar poderá, pois, ser inútil.

No hemisfério norte, a altura do ano mais favorável para descobrir este planeta são as noites primaveris, no céu oriental, e também o poderemos ver numa manhã de Outono, antes do nascer do Sol, para ocidente. No hemisfério sul, as épocas favoráveis são as inversas, isto é, o Outono para a observação da noite e a Primavera para a matinal. Repare-se que Mercúrio nunca está a mais de 20º do Sol.

Encontram-se a AR e a declinação de Mercúrio no *BAA Handbook*, em que a «elongação», ou distância do Sol em graus, permitirá efectuar uma busca bem sucedida. Como alternativa, o programa «Efemérides planetárias», do capítulo 6, serve para predizer a AR e a Dec de Mercúrio, e o programa «Sistema

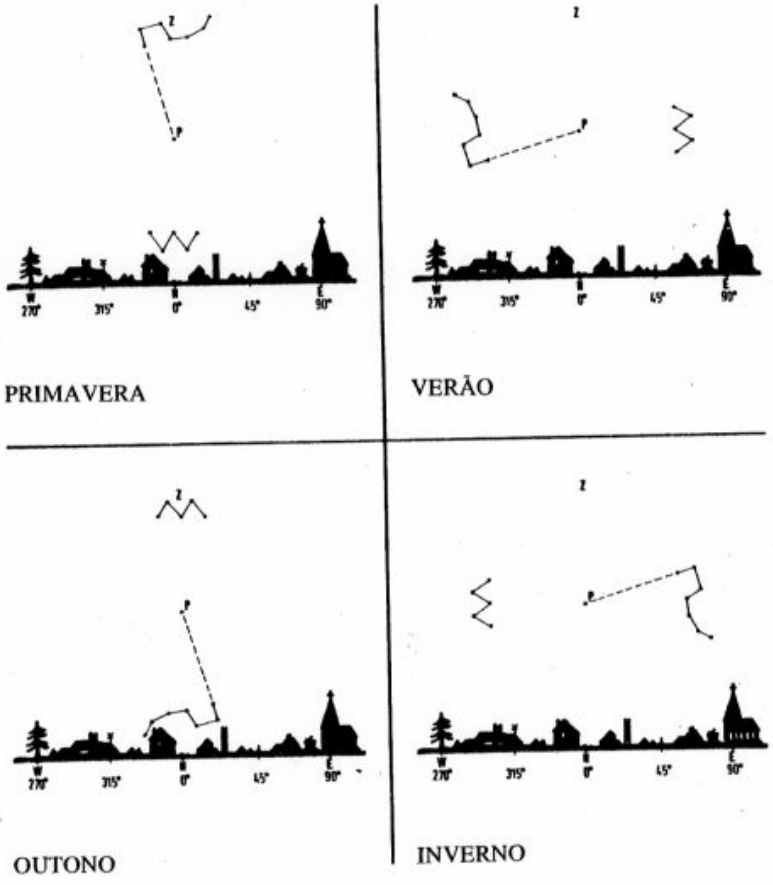


Figura 2.4 *Horizonte local cerca da meia-noite.*

Os esboços mostram a Ursa Maior e a Cassiopeia (o «W») para cada uma das estações do ano, com a Estrela Polar (P) entre as duas e fixa acima do azimute norte. A altura da Estrela Polar acima do horizonte é igual à latitude do observador (cerca de 39º para Lisboa). A letra Z marca o zénite, exactamente por cima da cabeça do observador.

A linha tracejada, a partir da alfa e da beta da Ursa Maior, ajuda à identificação da Estrela Polar. Devem memoriar-se pontos notáveis do horizonte, para futura referência, a partir de um ponto de observação fixo e o mais favorável possível.

Solar» (também do capítulo 6) dá elongação precisa. É aconselhável efectuar estes cálculos para um certo número de dias, digamos para intervalos de três dias, antes que os resultados sejam transferidos para o programa «Ponto estelar», pois em várias ocasiões as observações não são favoráveis.

Nota: O famoso astrónomo Copérnico (1473-1543), se bem que o tentasse inúmeras vezes, nunca conseguiu observar o planeta Mercúrio. Este infortúnio poderá atribuir-se porventura às neblinas habituais do rio Vístula, em Thorn, Polónia, onde Copérnico residia. Com este programa, podemos obter muito maior sucesso.

```
  9 REM ************************
 10 REM   Ponto Estelar AltAz
 11 REM ************************
 30 RESTORE : DATA 0,16,16,124,
16,16,0,124: FOR f=0 TO 7: READ
d: POKE USR CHR$ 144+f,d: NEXT f
 60 INPUT "Data aaaa,mm,dd";TAB
 5;Y;TAB 10;MM;TAB 13;D: IF MM>1
2 OR D<0 OR D>31 THEN  GO TO 60
 65 INPUT "Tempo local:hora (0-
23)";TH,TAB 11;"  min (0-59)";MI
: LET TT=TH+MI/60
 69 REM ************************
 70 REM  Dia Jul/Tempo Sideral
 71 REM ************************
 80 LET YY=Y: LET M=MM
 90 IF M>2 THEN  LET M=M+1: GO
TO 110
100 LET Y=Y-1: LET M=M+13
110 LET J=INT (365.25*Y)+INT (3
0.6001*M)+D+1720982
120 LET G=6.63627+6.570982E-2*(
J-2443144): LET TS=G-INT (G/24)*
24
```

```
 129 REM ************************
 130 INPUT "Nome da estrela/plan
eta",A$
 140 INPUT "Asc.Recta (hh.mm)";T
AB 10;AR
 150 INPUT "Dec(";CHR$ 144;"dd.d
)";TAB 4; LINE D$
 160 LET DC=VAL D$: IF ABS DC>=9
0 THEN  LET DC=DC-.1
 180 INPUT "Latitude ?(";CHR$ 14
4;"11.1)";TAB 9; LINE L$
 181 REM ************************
 190 LET L=VAL L$: IF ABS L>=90
THEN  LET L=L-.1
 280 PRINT  PAPER 5;A$;" AR=";AR
;" Dec=";D$
 290 PRINT D;"/";MM;"/";YY;":";T
H;"h ";MI;"m lat=";L$;CHR$ 130
 300 LET c=360: LET r=180/PI: LE
T LR=1/r: LET f=100/60: LET DR=d
c/r: LET RH=INT AR+(AR-INT ar)*f
 310 LET T=TT
 330 LET S=T+TS+T/1436*4
 340 IF S>24 THEN  LET S=S-24
 350 IF S<0 THEN  LET S=S+24
 360 LET ST=INT (S*100)/100
 369 REM ************************
 370 REM   Calc. azimute,altura
 371 REM ************************
 380 LET HR=((S-RH)*15)/R
 390 LET AL=R*ASN (SIN DR*SIN LR
+COS DR*COS LR*COS HR)
 400 LET AR=AL/R: LET V=SIN HR
 410 LET AZ=R*ACS ((SIN DR-SIN L
R*SIN AR)/(COS LR*COS AR))
 420 IF V>0 THEN  LET AZ=C-AZ
 440 PRINT "Tempo Sideral (TLS)"
;: LET H=ST: GO SUB 530: PRINT
PAPER 6;"azimute=";INT (.5+AZ);C
```



```
HR$ 130,"altura=";INT (.5+AL);CH
R$ 130
 445 IF AL<0 THEN  PRINT  FLASH
1;"Estrela abaixo do horizonte"
 469 REM ************************
 470 REM       Seleccao
 471 REM ************************
 480 PRINT #1;"Chave C=COPY D=No
va data S=Nova Estrela L=Nova la
titude"
 485 PRINT "--------------------"
 490 PAUSE 0: LET b$=INKEY$
 500 GO TO (b$="l")*180+(b$="c")
*510+(b$="s")*130+(b$="d")*60
 510 COPY : GO TO 490
 519 REM ************************
 520 REM  horas decimais= hr mn
 521 REM ************************
 530 PRINT INT H;"h";INT ((H-INT
 H)*60+.5);"m ": RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "ponto" LINE 1
```

SEGUIDOR DE ESTRELAS

Este programa expande o anterior («Ponto estelar») e, servindo-se de todo o *écran* e das cores do *Spectrum,* traça o caminho de uma estrela ou planeta no céu para um período de 24 horas. Inclui DATA sobre vinte estrelas brilhantes seleccionadas de modo a cobrirem quase toda a esfera celeste, o que simplifica de forma apreciável a procura de informações relevantes sobre elas. O programa oferece a opção de omitir estes DATA, que poderão ser incluídos mais tarde. Deste modo, a listagem é reduzida em cerca de um terço. Para o fazer, omite-se a linha 125 e todas as linhas depois da 1000.

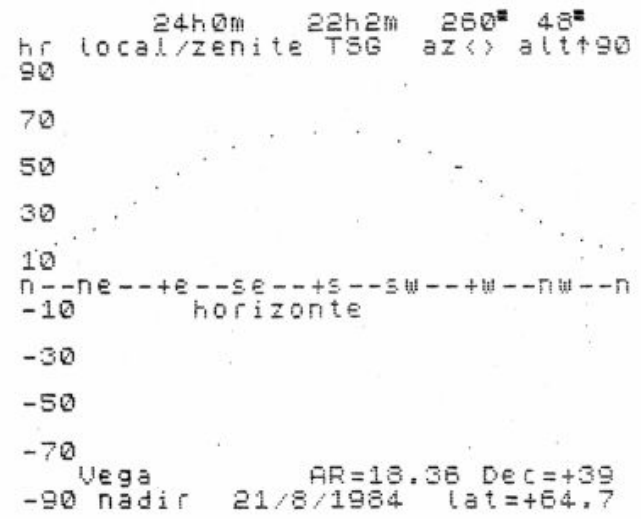


Figura 2.5 *Caminho diário percorrido pela estrela Vega (alfa da Lira) através dos céus de Reiquejavique, marcado a intervalos horários. O traço curto assinala o início e o fim do traçado, à meia-noite t.m.G.*

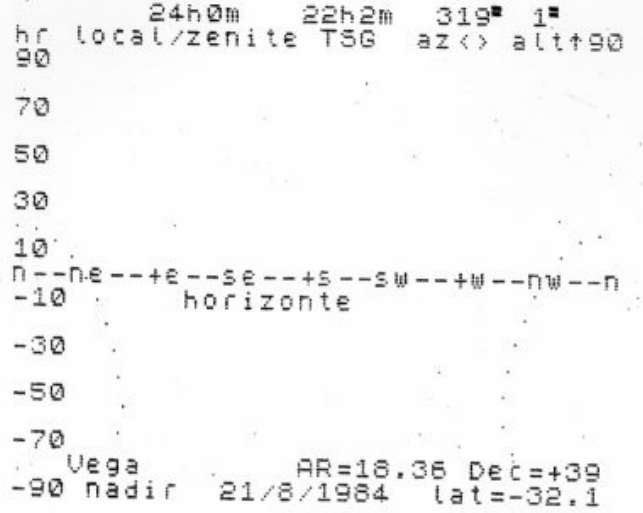


Figura 2.6 *Vista de Perth (Austrália), Vega aparece por pouco tempo acima do horizonte norte.*

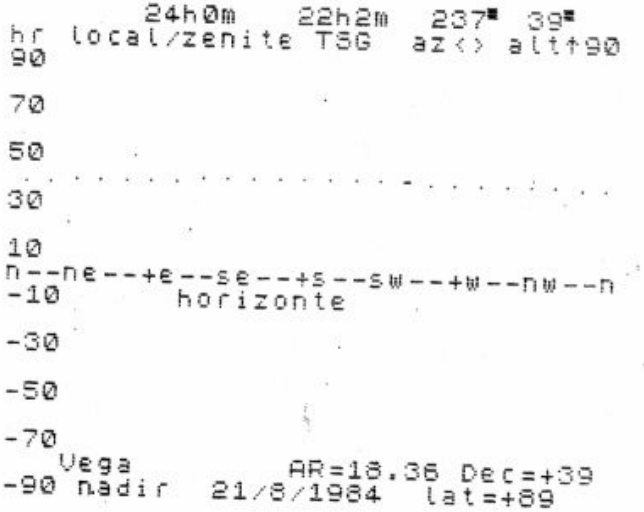


Figura 2.7 *Perto do Pólo Norte, Vega mantém-se a uma altura quase constante acima do horizonte.*

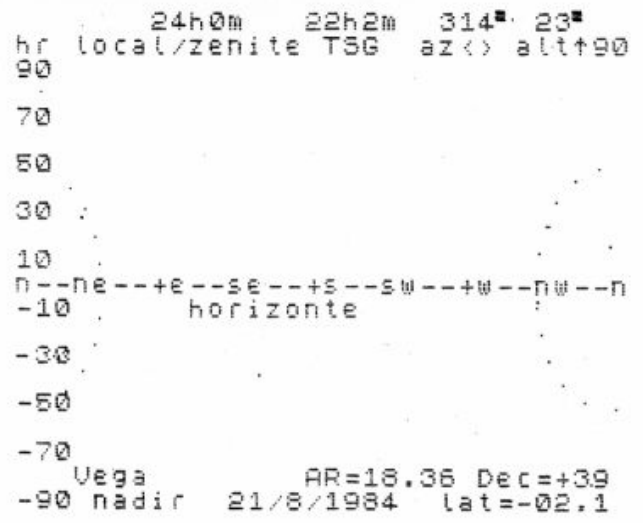


Figura 2.8 *Em Nairobi (Quénia), Vega circula sobre o horizonte norte, no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio.*

Exemplos de teste

Os exemplos de cópias do *écran,* nas figuras 2.5, 2.6, 2.7 e 2.8, mostram uma estrela (Vega) num certo dia (21 de Agosto de 1984), traçada durante um período de 24 horas para várias latitudes, que são:

+64,7º N, aproximadamente a latitude de Reiquejavique, Islândia
−32,1º S, Perth, Austrália
+89,0º N, perto do Pólo Norte
−02,1º S, Nairobi, Quénia.

Introdução da informação

Qualquer uma das 20 estrelas listadas pode ser seleccionada introduzindo simplesmente o número respectivo, como se vê na figura 2.9. Não é necessário conhecer as coordenadas da estrela

(AR e Dec) na esfera celeste, pois estas estão armazenadas como DATA no programa e são imediatamente usadas nos cálculos. Se a estrela que nos interessa não consta da listagem, faz-se INPUT 21 e introduz-se o nome, a AR e a Dec quando tal for solicitado pelo computador. Podemos obter todos estes dados em qualquer atlas estelar. Se desejarmos introduzir um planeta, usamos novamente INPUT 21 mas consultando antes um almanaque astronómico ou servindo-nos do programa das «Efemérides planetárias», do capítulo 6, para determinar a sua localização na data pretendida.

No.	Nome	Cons.	AR	Dec.
1	Rigel	Ori	05.13	-08
2	Regulus	Leo	10.07	+12
3	Spica	Vir	13.24	-11
4	Aldebaran	Tau	04.34	+16
5	Betelgeuse	Ori	05.54	+7
6	Mizar	UMj	13.23	+55
7	Polaris	UMi	02.07	+89
8	Pollux	Gem	07.44	+28
9	Castor	Gem	07.33	+32
10	Pleiades	Tau	03.46	+24
11	Cor Caroli	CVn	12.55	+38
12	Altair	Aql	19.49	+09
13	Vega	Lyr	18.36	+39
14	Deneb	Cyg	20.41	+45
15	Procion	CMi	07.38	+05
16	Sirius	CMj	06.44	-17
17	Capella	Aur	05.15	+46
18	Arcturus	Boo	14.15	+19
19	Antares	Sco	16.28	-26
20	Mira	Cet	02.18	-03
21	???(sua estrela)		??.??	???

Figura 2.9 *Selecção de uma estrela pelo número. A opção 21 permite o INPUT de uma estrela ou planeta alternativos.*

Podemos aplicar qualquer data ao INPUT, mas para as estrelas, que se consideram fixas na esfera celeste, não há necessidade de preocupação com o ano, pois elas tendem a repetir a mesma disposição no mesmo dia de cada ano: desta maneira, repetem-se a si próprias no início e no fim da rotina de

PLOT para iguais dias de cada ano. Isto não sucede com os planetas, que são verdadeiros «vagabundos» do céu.

A apresentação em «écran»

Para a representação do firmamento, usa-se uma projecção de Mercator, de modo que é inevitável uma certa distorção ao transpor a superfície esférica para o *écran* plano da TV — recordemo-nos como a Antárctida e a Gronelândia nos parecem tão grandes nos mapas escolares que usam este tipo de projecção.

O zénite está a $+90^{o}$ (o ponto imediatamente acima da cabeça do observador), e o nadir a -90^{o} (o ponto abaixo dos pés), definindo assim linhas imaginárias no topo e no fundo do *écran*. Os 360^{o} do horizonte circundante, nos 0^{o} de altura, estão assinalados pelos pontos cardeais N, E, S, W e de volta ao N, numa linha colocada no meio do *écran*, que pretende estabelecer a separação entre o céu e o chão abaixo dele.

A estrela ou planeta é traçada a intervalos de uma hora, usando uma INK 9 para contrastar com a cor do PAPER, de modo que o seu percurso se torna visível mesmo quando está abaixo do horizonte do observador. O intervalo de traçamento pode ser alterado para qualquer outro valor mudando o STEP da linha 320, que é definido neste programa como 1 — uma hora.

Costas distantes

A menos que o leitor tenha vivido no hemisfério oposto e esteja familiarizado com o céu nocturno, o movimento extremamente preciso de uma estrela desenhado por este programa poderá surpreendê-lo. Por exemplo, uma estrela como Vega mover-se-á de leste para oeste no hemisfério norte, no sentido dos ponteiros do relógio; mas no hemisfério sul deslocar-se-á no sentido oposto. A partir do equador, estrelas há que sobem na vertical até ao zénite desde o horizonte ocidental, parecendo «dar um salto» (lembremo-nos de que se trata de uma linha e não de um ponto) através do *écran*, para se porem a oeste. No Pólo Norte, todas as estrelas e planetas se deslocam da esquerda para a direita numa linha paralela ao horizonte, nunca nascendo nem apresentando ocaso. O mesmo se aplica ao Pólo Sul, mas aqui o movimento é

o inverso, da direita para a esquerda. As estrelas que se recusam a nascer no Pólo Norte estão permanentemente acima do horizonte no Pólo Sul, e vice-versa.

Todos estes efeitos podem ser demonstrados pelo programa. Uma estrela que nunca se põe para determinada latitude é designada por «circumpolar», e obviamente o Sol (que é a estrela mais próxima) será colocado na «terra do Sol da meia-noite» para certas latitudes (+ ou −) durante o Verão desse hemisfério.

```
  9 REM **********************
 10 REM   Seguidor de Astros
 11 REM **********************
 30 RESTORE : DATA 0,16,16,124,
16,16,0,124: FOR f=0 TO 7: READ
d: POKE USR CHR$ 144+f,d: NEXT f
 40 POKE 23609,100: DIM z$(32*1
0)
 50 PRINT "Entre o seguinte:"
 60 INPUT "Data aaaa,mm,dd";TAB
5;Y;TAB 10;MM;TAB 13;D: IF MM>1
2 OR D<0 OR D>31 THEN  GO TO 60
 69 REM **********************
 70 REM  Dia Jul/Tempo Sideral
 71 REM **********************
 80 CLS : LET YY=Y: LET M=MM
 90 IF M>2 THEN  LET M=M+1: GO
TO 110
 100 LET Y=Y-1: LET M=M+13
 110 LET J=INT (365.25*Y)+INT (3
0.6001*M)+D+1720982
 120 LET G=6.63627+6.57098E-2*(J
-2443144): LET TS=G-INT (G/24)*2
4
 125 GO TO 1000: REM Catalogo Es
telar
 130 INPUT "Nome da estrela/plan
eta",A$: IF LEN A$>10 THEN  PRIN
T #0; FLASH 1;"Muito grande!": P
AUSE 100: GO TO 130
```

```
 140 INPUT "Asc.Recta(hh.mm)";TA
B 10;AR
 150 INPUT "Declinacao(";CHR$ 14
4;"dd.d)";TAB 12; LINE D$
 155 IF D$(1)<>"+" AND D$(1)<>"-
" THEN  GO TO 150
 160 LET DC=VAL D$
 170 IF ABS DC>89.9 THEN  GO TO
150
 180 INPUT "Latitude ?(";CHR$ 14
4;"11.1)";TAB 14; LINE L$
 185 IF L$(1)<>"+" AND L$<>"-" T
HEN  GO TO 180
 190 LET L=VAL L$
 200 IF ABS L>89.9 THEN  GO TO 1
80
 209 REM ************************
 210 REM  Impressao da Projeccao
 211 REM          do ceu
 212 REM ************************
 220 BORDER 0: PAPER 1: INK 9: C
LS
 230 PRINT AT 1,0;"hr local/zeni
te TSG  az<> alt^90"
 240 PRINT  PAPER 4;AT 11,0;z$:
FOR n=1 TO 20 STEP 2: PAPER 4 AN
D n>10
 250 PRINT AT n+1,0;100-n*10
 260 NEXT n
 270 PRINT AT 11,0;"n--ne--+e--s
e--+s--sw--+w--nw--n-10       hor
izonte"
 280 PRINT  PAPER 5;AT 19,3;A$;"
 AR=";AR;" Dec=";D$
 290 PRINT "-90 nadir  ";D;"/";M
M;"/";YY;"  lat=";L$: PAPER 1
 300 LET c=360: LET r=180/PI: LE
T LR=1/r: LET f=100/60: LET DR=d
c/r: LET RH=INT AR+(AR-INT ar)/f
```



```
 309 REM ************************
 310 REM Loop Princ. Tempo T=hrs
 311 REM ************************
 320 FOR T=0 TO 24 STEP 1: BEEP
01,40
 330 LET S=T+TS+T/1436*4
 340 IF S>24 THEN  LET S=S-24
 350 IF S<0 THEN  LET S=S+24
 360 LET ST=INT (S*100)/100
 369 REM ************************
 370 REM Calc. do azimute/altura
 371 REM ************************
 380 LET HR=((S-RH)*15)/R
 390 LET AL=R*ASN (SIN DR*SIN LR
+COS DR*COS LR*COS HR)
 400 LET RA=AL/R: LET V=SIN HR
 410 LET AZ=R*ACS ((SIN DR-SIN L
R*SIN RA)/(COS LR*COS RA))
 420 IF V>0 THEN  LET AZ=C-AZ
 429 REM ************************
 430 REM   Desenho do percurso
 431 REM    da estrela no ceu
 432 REM ************************
 440 PRINT AT 0,7;: LET H=T: GO
SUB 530: PRINT AT 0,15;: LET H=S
T: GO SUB 530
 445 PRINT AT 0,22;INT AZ;CHR$ 1
30;TAB 27;INT AL;CHR$ 130;" "
 450 LET Z=AZ/5.7*4: LET A=AL/5*
4: PLOT Z,A+84: NEXT T
 460 DRAW  FLASH 1;1,0
 469 REM ************************
 470>REM   Opcoes de Seleccao
 471 REM        & Beep
 472 REM ************************
 480 PRINT #1;"D=Nova data   S=N
ova estrela    C=COPY L=Nova lat
itude"
 490 FOR n=.1 TO 5 STEP .1: BEEP
```

```
 n/100,n*10: NEXT n: PAUSE 0
 500 POKE 23693,56: GO TO (INKEY
$="1")*180+(INKEY$="c")*510+(INK
EY$="s")*1000+(INKEY$="d")*60
 510 COPY : GO TO 490
 519 REM ************************
 520 REM   horas decimais=hr mn
 521 REM ************************
 530 PRINT INT H;"h";INT ((H-INT
 H)*60+.5);"m ": RETURN
 999 REM ************************
1000 REM  Catalogo das Estrelas
1001 REM ************************
1010 CLS : RESTORE 2000: GO TO 2
100
1014 REM ************************
1015 REM    input no da estrela
1016 REM ************************
1020 INPUT "seleccione a estrela
 por no ";t: IF t<1 OR t>21 THEN
  GO TO 1020
1030 IF t=21 THEN  GO TO 130
1040 LET a$=k$(t): LET AR=VAL r$
(t): LET d$=t$(t): LET DC=VAL d$
(2 TO ): IF d$(1)="-" THEN  LET
DC=-DC
1050 GO TO 180
1999 REM ************************
2000 REM    Nomes das Estrelas
2001 REM ************************
2010 DATA "Rigel","Regulus","Spi
ca","Aldebaran","Betelgeuse","Mi
zar","Polaris","Pollux","Castor"
2020 DATA "Pleiades","Cor Caroli
","Altair","Vega","Deneb","Proci
on","Sirius","Capella","Arcturus
","Antares","Mira"
2024 REM ************************
2025 REM      Constelacoes
```



```
2026 REM ************************
2030 DATA "Ori","Leo","Vir","Tau
","Ori","UMj","UMi","Gem","Gem"
2040 DATA "Tau","CVn","Aql","Lyr
","Cyg","CMi","CMj","Aur","Boo",
"Sco","Cet"
2044 REM ************************
2045 REM  AR e Dec das estrelas
2046 REM ************************
2050 DATA "05.13","-08","10.07",
"+12","13.24","-11","04.34","+16
","05.54","+7","13.23","+55"
2060 DATA "02.07","+89","07.44",
"+28","07.33","+32","03.46","+24
","12.55","+38","19.49","+09"
2070 DATA "18.36","+39","20.41",
"+45","07.38","+05","06.44","-17
","05.15","+46","14.15","+19","1
6.28","-26","02.18","-03"
2089 REM ************************
2090 REM  Listagem das Estrelas
2091 REM ************************
2100 DIM k$(20,11): DIM e$(20,4)
: DIM r$(20,6): DIM t$(20,3)
2105 PRINT  PAPER 5;"No Nome
     Con    A.R.    Dec"
2110 FOR f=1 TO 20: READ k$(f):
PRINT (" " AND f<10);f;" ";k$(f)
: NEXT f
2120 FOR f=1 TO 20: READ e$(f):
PRINT AT f,16;e$(f): NEXT f
2130 FOR f=1 TO 20: READ r$(f),t
$(f): PRINT AT f,22;r$(f);t$(f):
 NEXT f
2140 PRINT  PAPER 6;"21 ???(sua
estrela)   ??.?? ??? "
2150 GO TO 1020
9900 REM ************************
9990 SAVE "registo" LINE 1
```

CAPÍTULO 3

A Lua

O Sol, fonte da vida, merece sempre a maior atenção, e a razão para tal não é difícil de encontrar — o estado do tempo. O Sol domina completamente a cena, e o homem não tem qualquer domínio sobre esses fenómenos.

Ao contrário, a Lua não tem estes problemas de relações públicas; é provavelmente o primeiro objecto do céu que leva as mentes jovens a interrogar-se — «O que será?», «Onde é que está?». Para muita gente, a Lua personifica tudo o que é estranho e misterioso, ou que sai fora dos limites familiares da vida de cada um, e no entanto é a primeira pedra para a exploração de um maravilhoso universo. Mesmo que nunca possamos visitar pessoalmente esses lugares, podemos aprender a conhecê-los, e até observá-los com a modesta ajuda de uns binóculos ou de um pequeno telescópio. A Lua é o perfeito ponto de partida para a astronomia de amadores.

AS FASES DA LUA

A Lua é o nosso vizinho mais próximo no espaço, e o único mundo (para além da Terra, claro) em que o Homem pôs o pé: nos finais da década de 60, nas missões *Apollo*. O programa que se segue é dos mais pequenos deste livro, mas as capacidades gráficas do *Spectrum* compensam sobremaneira essa brevidade. As fases completas da Lua, desde a lua nova até à lua cheia e de volta ao princípio (através de um crescente em diminuição), são apresentadas graficamente, cobrindo um período de um mês. As figuras 3.1 e 3.2 são exemplos típicos.

O aparecimento da Lua

Os artistas têm o hábito de incluir a Lua, em crescente, nos seus trabalhos, mas invariavelmente pintam-na de forma errada. As fases da Lua são medidas da lua nova até à próxima lua nova, e na verdade a Lua é invisível nesta última fase devido à sua

aparente proximidade do Sol. A lua nova só se pode ver quando passa directamente em frente do Sol, de modo que aparece a sua silhueta.

A lua nova retratada pelos pintores é na realidade o primeiro aparecimento do crescente, cerca de dois dias depois da fase, e surge sempre no céu brilhante a oeste, como se fosse uma letra C ao contrário. O crescente *cresce* nos dias que se seguem, tornando-se cada vez mais brilhante à medida que a superfície iluminada vai aumentando; ao mesmo tempo, a Lua afasta-se para a esquerda, fugindo da linha ocidental do céu. Cerca de catorze dias depois, a Lua surge como um disco muito brilhante, localizado a sul à meia-noite — é a lua cheia. Encontra-se neste momento directamente oposta ao Sol — que se esconde abaixo do horizonte a norte. Continuando a deslocar-se para a esquerda, sobre o firmamento estrelado, a sua face vai diminuindo, até que catorze dias depois desaparece na alvorada luminosa, não sem primeiro ter encolhido até um fino crescente — que desta vez é a letra C não invertida. Os astrónomos costumam ver esta fase como se fosse um arco — uma seta disparada por ele atingiria o Sol. Os artistas que tomem nota deste pormenor!



Figura 3.1 *A Lua com «um dia» de idade.*



Figura 3.2 *A Lua na fase intermédia «segunda giba», a seguir à lua cheia.*

O programa

O programa usa um simples ciclo FOR/NEXT d para desenhar (DRAW) os dois arcos que representam cada uma das fases. A linha 80 começa por aplicar um PLOT a um ponto de referência, a partir do qual começa o DRAW, e depois traça o limbo brilhante, que é o mais próximo na direcção do Sol. A linha 70 usa uma instrução PRINT condicional para identificar este limbo com a expressão «direcção do Sol», ou só «Sol», enquanto a linha 110 traça o «terminador», isto é, a linha de nascer ou pôr do Sol na superfície da Lua.

Porque a Lua é um globo quase perfeitamente esférico, o limbo é desenhado com o valor de pi (através da variável P na linha 40), aparecendo portanto como um semicírculo. A linha 50 torna este valor negativo depois do 14.º dia (lua cheia), para que o arco inicial seja desenhado na esquerda do *écran* em vez de o ser no lado direito, e com a curvatura oposta. A fórmula da linha 110 controla a linha do terminador, desde o semicircular (lua nova ou cheia) até à linha recta (quarto crescente ou

minguante). As linhas 90 e 100 asseguram que o arco do terminador é desenhado com uma curvatura positiva (para a direita) ou negativa (para a esquerda).

A Lua é efectivamente um globo e, se bem que a linha do terminador avance cerca de 13º por dia (28 dias × 12,86 = 360º) se vista da Terra, no programa provoca-se um retardamento desta deslocação, para que o movimento diário do terminador não seja constante; assim, ele parece avançar mais rapidamente nas fases de quarto crescente e quarto minguante, enquanto se encontra mais ou menos no centro do disco. Por alturas da lua nova ou lua cheia, vê-se o terminador sob ângulos tão pequenos que o seu movimento real aparece comprimido — ao ponto de tornar difícil a determinação da verdadeira lua nova ou cheia, podendo este erro ser de cerca de um dia.

O programa simula este efeito somente através da fórmula da linha 110. Como experiência, tente-se alterar a variável x na linha 30 e o valor na fórmula (a última parte da expressão), isto é, 25.

O programa tem a intenção de indicar as várias fases da Lua, e não se pretendeu dar particular precisão à forma exacta da linha do terminador ou aos precisos intervalos do ciclo mensal. Estes dois aspectos não estão, aliás, relacionados; damos a seguir a explicação.

O verdadeiro perfil da linha do terminador é uma elipse, mas em vez dela usa-se o comando DRAW do *Spectrum* (em que a terceira parte da expressão produz a curvatura), que proporciona resultados mais rápidos. Os erros assim apresentados pelo arco, quando comparados com uma elipse, não são excessivos. A maior percentagem de erro surge junto às regiões polares do desenho, nas latitudes compreendidas entre os 60º e os 75º, e mesmo assim só para poucos dias por alturas do quarto crescente ou do quarto minguante. Considera-se este compromisso perfeitamente aceitável.

O ciclo FOR/NEXT d da linha 40 processa o período de 28 dias necessário para representar o ciclo mensal das fases. Este período é divisível por quatro, de modo que se pode apresentar

facilmente cada fase da Lua. Na realidade, o «período sinódico médio» da Lua (a média entre os dias que passam entre as luas novas e as cheias) é de 29 d 12 h e 44 m, ou seja, cerca de 29,53059 dias (mês sinódico), o que significa que o programa é executado cerca de 5% mais depressa que o movimento real da Lua.

```
  9 REM ************************
 10 REM       Fase da Lua
 11 REM ************************
 30 LET X=2.5: LET R=PI/180
 40 FOR D=0 TO 28: LET P=PI
 50 CLS : IF D>14 THEN  LET P=-
P
 60 PRINT "FASE DA LUA - DIA ";
D
 70 PRINT AT 12,25-(25 AND D>14
);">> SOL"
 80 PLOT 128,10: DRAW 0,130,P
 90 LET B=D-7
100 IF B>7 THEN  LET B=B-14
110 DRAW 0,-130,X*ATN (R*B*25)
120 PAUSE 50: NEXT D: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "faseM"
```

FASES DA LUA – EM ÓRBITA

Este programa baseia-se no anterior («Fases da Lua»), mas vai mais longe: desenha tanto a Terra como a Lua em órbita à volta daquela, e fornece uma descrição completa de cada fase. Esta última característica é conseguida por uma instrução condicional PRINT na linha 290. A linha 310 processa as condições de potenciais eclipses, e a linha 320 calcula a linha do terminador das posições imediatamente anteriores às luas crescente e minguante. As declarações REM são numerosas, para indicar a estrutura geral do programa.

O sistema Terra/Lua

A Lua é o satélite que possui a maior relação de massa com o corpo que orbita (a Terra).

A massa de um satélite tem um valor normalmente situado entre 1/1 000 000 e 1/4000 do primário, mas a Lua tem 1/80 da massa da Terra. Pode afirmar-se assim que a Terra e a Lua se comportam como um sistema planetário binário, cada um orbitando o outro em redor de um centro de gravidade comum. Este último ponto não está situado no centro do planeta (como sucede em todos os outros planetas), mas sim a meio caminho do núcleo, a cerca de 2400 km sob a superfície, e numa linha que une os centros dos dois astros.

O programa simula esta situação, mas para maior clareza os diâmetros da Terra e da Lua foram ampliados 100 vezes. Se assim não fosse, a verdadeira escala no *écran* do *Spectrum* reduziria os dois planetas a alguns *pixels,* tornando-os virtualmente invisíveis. Um pequeno ponto relampejante na superfície da Terra indica o centro de gravidade do sistema Terra/Lua, e é produzido pela linha 250 com o comando OVER 1.

Sombras e eclipses

As sombras da Terra e da Lua são cones projectados na direcção oposta à do Sol. No caso da Lua, a sombra pode cair sobre a superfície da Terra (na altura da lua nova). Um observador colocado exactamente sob esse cone veria o Sol completamente bloqueado pelo satélite, fenómeno que se designa por «eclipse total do Sol»: durante estes eclipses, o dia transforma-se em noite e vêem-se as estrelas com nitidez. Este tipo de eclipse é raro e de muito curta duração — poucos minutos se passam até a rotação axial da Terra e a progressão orbital da Lua afastarem a sombra, que se desloca a uma velocidade de 2250 km/h. Só o avião supersónico *Concorde* pode (e já o fez) manter-se dentro da sombra de um eclipse solar, dilatando o acontecimento até 40 minutos, enquanto atravessa todo um continente.

Os eclipses da Lua sucedem quando a sombra da Terra cai sobre a superfície do nosso satélite. O fenómeno só pode ocorrer

durante as fases de lua cheia e, devido ao enorme tamanho da sombra da Terra, mesmo estando a 340 000 km de distância (afastamento médio da Lua) a Lua pode ser completamente envolvida na escuridão. Potencialmente, e desde que o céu esteja limpo, metade da população do mundo (no hemisfério que estará na escuridão) pode assistir ao espectáculo, em contraste com os poucos milhares de privilegiados que conseguem testemunhar um eclipse total do Sol.

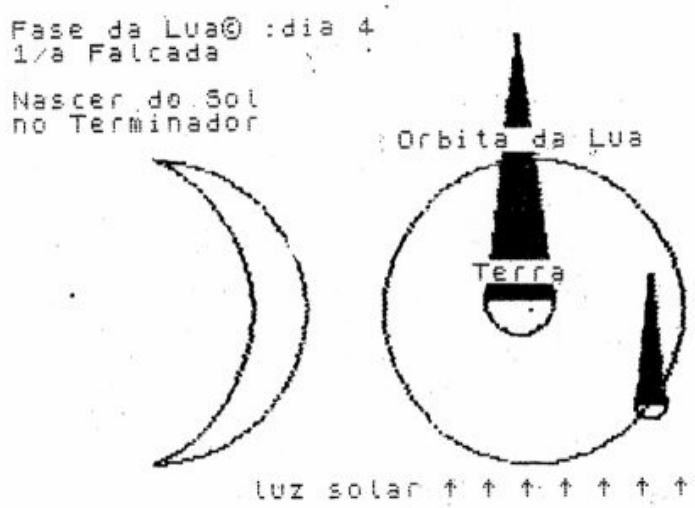


Figura 3.3 *A apresentação fraccionada mostra as fases da Lua, com a Terra e o seu satélite orbitando em torno de um centro de gravidade comum.*

Os eclipses não sucedem em todas as luas novas ou luas cheias porque a Lua e a sua órbita se dirigem mais acentuadamente para o Sol do que para a Terra. Só quando a Lua cruza a linha entre a Terra e o Sol (eclíptica), num momento designado por «novilúnio» e num ponto da sua órbita chamado «nodo» (ou muito próximo deste), se poderá verificar um eclipse.

O programa

Depois de o programa ter sido introduzido e executado, apresenta-se o ciclo mensal completo. Oferece-se então a opção para INPUT de qualquer dia ou dia decimal, que será apresentada no *écran*. O GOTO condicional da linha 470, muito «económico», volta a executar o programa (isto é, GOTO 0) se se introduzir um dia <0 ou >28. Podem fazer-se cópias da apresentação em *écran* em qualquer momento da execução do programa, bastando para tal fazer:

BREAK: COPY: CONTINUE

Repare-se que este programa decorre num silêncio abençoado, mas se tal facto nos enervar, poderemos incorporar os BEEPs que quisermos no meio das instruções, bem como inserir as cores que acharmos mais convenientes.

```
  9 REM ************************
 10 REM       Fases da Lua
 11 REM ************************
 15 BORDER 7: PAPER 7: INK 9: C
LS
 20 LET G=192: LET H=69: LET J=
55: LET K=52: LET M=100: LET Z=0
 29 REM ************************
 30 REM     LOOP PRINCIPAL
 31 REM ************************
 40 FOR D=0 TO 28
 49 REM ************************
 50 REM     Desenho da Orbita
 51 REM          da Lua
 52 REM ************************
 60 CLS : CIRCLE G,H,J
 69 REM ************************
 70 REM      Desenho da Lua
 71 REM          em Orbita
 72 REM ************************
 80 LET P=PI: LET A=(D-7)/14*P
 90 LET C=G+J*COS A
100 LET E=H+J*SIN A
110 CIRCLE C,E,5.5
```

```
119 REM ************************
120 REM      Desenho da Terra
121 REM           em Orbita
122 REM ************************
130 LET C1=G-6*COS A
140 LET E1=H-6*SIN A
150 CIRCLE C1,E1,13
159 REM ************************
160 REM     Desenho da sombra
161 REM           da Lua
162 REM ************************
170 FOR N=.5 TO 5
180 PLOT C+N,E: DRAW 0,K-10*N
190 PLOT C-N,E: DRAW 0,K-10*N
200 NEXT N
209 REM ************************
210 REM     Desenho da sombra
211 REM          da Terra
212 REM ************************
220 FOR N=.5 TO 13
230 PLOT C1+N,E1: DRAW 0,M-8*N
240 PLOT C1-N,E1: DRAW 0,M-8*N
250 PLOT  OVER 1;G,H
260 NEXT N
269 REM ************************
270 REM   Descricao das Fases
271 REM ************************
280 PRINT  PAPER 5;"Fase da Lua
";CHR$ 127;" :dia ";D
290 PRINT  FLASH 1;("Lua Nova"
AND (D=0 OR D=28))+("1/a Falcada
" AND D=4)+("Quarto Crescente" A
ND D=7)+("1/a Giba" AND D=11)+("
2/a Giba" AND D=18)+("2/a Falcad
a" AND D=24)+("Quarto Minguante"
 AND D=21)+("Lua Cheia" AND D=14
)
299 REM ************************
300 REM  Eclipses e Terminador
```



```
301 REM ************************
310 PRINT  FLASH 1;("Eclipse do
 Sol possivel" AND (D=0 OR D=28)
)+("Eclipse da Lua possivel" AND
 D=14)
320 PRINT ("Nascer do Sol" AND
D<14)+("Por do Sol" AND D>14): P
RINT "no Terminador"
330 PRINT  INK 2;AT 11,22;"Terr
a";AT 5,18;  INK 1;"Orbita da Lua
"
335 PRINT  PAPER 6;AT 21,8;"luz
 solar ^ ^ ^ ^ ^ ^ ^"
339 REM ************************
340 REM     Desenho do limbo
341 REM          brilhante
342 REM ************************
350 IF D>14 THEN  LET P=-P
360 PLOT J,14: DRAW 0,J*2,P
369 REM ************************
370 REM  Desenho do Terminador
371 REM ************************
380 LET B=D-7: LET X=2.5
390 IF B>7 THEN  LET B=B-14
400 LET N=X*ATN (PI/180*-B*25)
410 PLOT J,14: DRAW 0,J*2,N
419 REM ************************
420 REM   Saida do Loop (z=1)
421 REM ************************
430 IF Z=1 THEN  GO TO 450
440 PAUSE 300: NEXT D: LET Z=1
450 INPUT "Seleccione o dia ";D
459 REM ************************
460 REM    Goto Condicional
461 REM ************************
470 GO TO (D>=0 AND D<=28)*60
9900 REM ************************
9990 SAVE "lua" LINE 1
9999 REM 10,10,10,100
```

FASES DA LUA EM UDGs

Quando as várias fases da Lua tiverem de ser apresentadas em rápida sucessão, e se para tal um simples quadrado de carácter for suficiente, pode ser útil servirmo-nos do conjunto de símbolos gráficos que no *Spectrum* se designam por UDGs. Como se compreende, não é possível representar qualquer fase intermédia concebível, mas consegue-se um efeito agradável com uma selecção criteriosa.

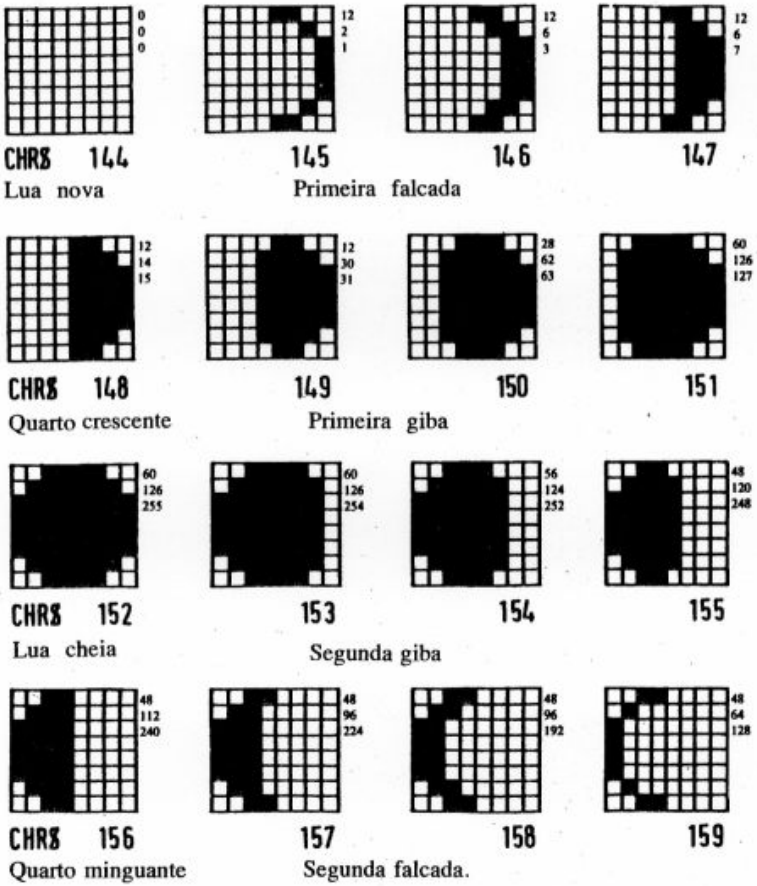


Figura 3.4

O programa seguinte, incorporável num outro maior como sub-rotina (ver as «Luas de Marte», no capítulo 6), foi concebido com a intenção acima referida. Define seis caracteres UDG do CHR$ 144 ao CHR$ 159 inclusive, e as sucessivas fases vão da «lua nova» (CHR$ 144) até à «lua cheia» (CHR$ 152), continuando até finalizar num pequeno crescente (CHR$ 159), que sucede imediatamente antes da próxima «lua nova». A figura 3.4 mostra em pormenor cada posição de *pixel* do conjunto completo.

A redefinição dos dezasseis caracteres exige uma operação POKE sobre 128 itens de DATA (16×8 linhas). Neste programa os DATA contêm somente 48 valores — o suficiente para as primeiras três linhas de cada carácter. Como a secção inferior de cada um destes é uma imagem reflectida da porção superior, o programa faz a necessária duplicação dos DATA introduzidos, como se indica na figura 3.5.

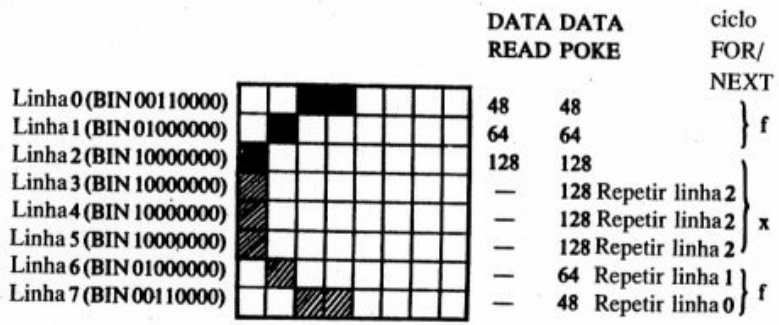


Figura 3.5 *Fase crescente final (segunda falcada) — CHR$ 159.*

A execução do programa (RUN)

Introduz-se a listagem completa e faz-se RUN, para apreciar os resultados. As linhas 110 a 220 definem o novo carácter UDG e, a partir da linha 1000, aparece uma demonstração de PRINT que apresenta as alterações diárias das fases da Lua (ver a figura 3.6).

Repare-se que a fase crescente é impressa cada vez mais para a *esquerda* — afastando-se do Sol — em cada dia representado, até

à fase de crescente final colocada logo à *direita* do Sol. A lua cheia é impressa à máxima distância do Sol, no centro da imagem. Estes pormenores simulam correctamente o aparecimento e o movimento de todas as luas principais do Sistema Solar, que se movam no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, tal como é visto de cima (para o norte) da órbita da Lua.

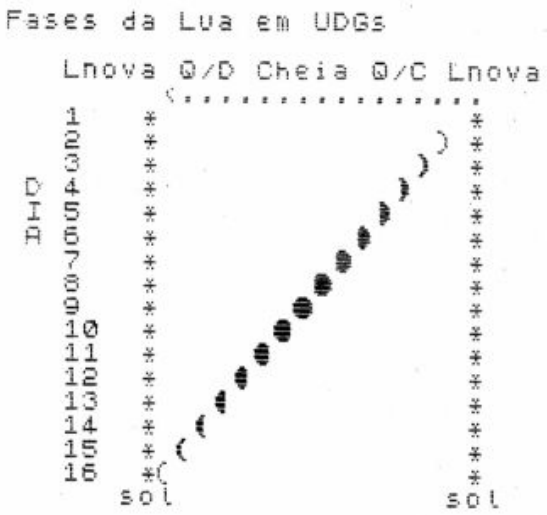


Figura 3.6

Novos gráficos

Eis um processo para redesenhar quaisquer caracteres deste tipo:

1) Esboça-se o novo desenho numa folha de papel quadriculado.
2) Introduzem-se como comando directo no *Spectrum* os valores BIN:
   PRINT BIN 00000110 ENTER (valor decimal 6 — linha 0)
   PRINT BIN 00000111 ENTER (valor decimal 7 — linha 1)

   PRINT BIN 00001111 ENTER (valor decimal 15 — linha 2)
3) Substituem-se os novos valores nos DATA, lembrando sempre que os primeiros três valores são para o CHR$ 144, e que os três últimos valores se destinam ao CHR$ 159.

```
  99 REM ************************
 100 REM  UDGs das Fases da Lua
 101 REM ************************
 110 DATA 0,0,0,12,2,1,12,6,3,12
,6,7,12,14,15,12,30,31,28,62,63
 120 DATA 60,126,127,60,126,255,
60,126,254,56,124,252,48,120,248
 130 DATA 48,112,240,48,96,224,4
8,96,192,48,64,128
 139 REM ************************
 140 REM    Poke/Luas em UDGs
 141 REM ************************
 150 FOR n=0 TO 15: FOR f=0 TO 1
 160 READ p
 170 POKE USR CHR$ (144+n)+f,p
 180 POKE USR CHR$ (144+n)+7-f,p
 190 NEXT f
 200 READ c: FOR x=2 TO 5
 210 POKE USR CHR$ (144+n)+x,c
 220 NEXT x: NEXT n
 999 REM ************************
1000 REM   Teste de Impressao
1001 REM ************************
1010 BORDER 1: PAPER 1: INK 6
1020 CLS
1030 PRINT "Fases da Lua em UDGs
"
1040 PRINT AT 20,6;"sol";TAB 23;
"sol";AT 2,3; INK 5;"Lnova Q/D C
heia Q/C Lnova"
1045 PRINT AT 7,1;"D";AT 8,1;"I"
;AT 9,1;"A"
```

```
1050 FOR n=0 TO 15: LET z=n+4
1060 PRINT AT 3,23-n;"<."
1070 PRINT AT z,3;n+1;AT z,7;"*"
1080 PRINT AT z,24;"*"
1090 PRINT AT z,23-n; PAPER 0; I
NK 5;CHR$ (144+n): PAUSE 50: NEX
T n
1100 INK 0: PAPER 7: STOP
9900 REM **********************
9990 SAVE "luaUDG"
```


CAPÍTULO 4

Os satélites

O lançamento do *Sputnik I* pela U.R.S.S. em 1957 deu início à Era Espacial e adicionou logo uma nova palavra ao vocabulário do dia-a-dia — «satélite». Do ponto de vista astronómico, a palavra é um sinónimo de «lua», e a nossa Lua (com L grande, é claro) é o único satélite natural da Terra.

Depois do *Sputnik I,* literalmente milhares de satélites artificiais foram colocados em órbita em redor da Terra, e alguns foram mesmo colocados a girar à volta de outros planetas, como Vénus, Marte e a nossa Lua. Numa noite com céu limpo é hoje raro passarem-se 30 minutos sem se verificar o aparecimento de um satélite, no seu silencioso caminho à volta da Terra — um ponto luminoso descrevendo um rápido e pouco pronunciado arco por entre as estrelas.

Os satélites mais brilhantes são normalmente os que andam em órbitas mais baixas, movendo-se de oeste para leste através do céu (e nunca no sentido oposto). Os satélites colocados em órbitas polares (que passam sobre os pólos Norte e Sul em cada revolução) são usualmente mais ténues, e estão perfeitamente alinhados com o eixo terrestre, de modo que o seu movimento se verifica numa direcção precisa, sul/norte ou norte/sul.

O lançamento de um satélite custa milhões de contos, de modo que é melhor, antes de tentar concorrer a um lugar no Controle de Missões em Houston, praticar bastante no programa de simulação que se segue!

A ÓRBITA DA TERRA

Este programa permite conceber um modelo teórico que coloca um satélite em órbita em redor da Terra. É necessário o INPUT de dois parâmetros, a velocidade inicial do satélite e a sua altitude inicial acima da superfície terrestre, de modo que teremos à nossa disposição milhares de permutações para experimentar, em que

não há duas precisamente idênticas. A órbita é desenhada (PLOT) em tempo real, e a apresentação em *écran* é automaticamente reconvertida para uma escala conveniente caso a nossa órbita saia dos limites da visão.

Para permitir que a imagem do satélite seja o maior possível, à medida que vai andando em redor da Terra, só se desenha metade da órbita — já que a outra metade é precisamente a imagem reflectida da primeira. Assim, não há vantagem em se traçar a órbita completa. Mal se completa a primeira metade, o programa indica o valor do período orbital inteiro, em minutos, horas e dias, na parte superior do *écran*. Durante o traçado da órbita, no canto inferior esquerdo da imagem, vai sendo assinalado o «tempo gasto» em minutos, e as posições coordenadas relativas *x* e *y* são igualmente indicadas. O canto inferior direito mostra permanentemente a velocidade e a altitude iniciais, tal como foram introduzidas.

Como os cientistas espaciais muito bem sabem, é difícil conseguir uma inserção em órbita bem sucedida logo à primeira tentativa. É essencial uma coordenação perfeita entre a altitude inicial e a velocidade, em particular se se pretender uma órbita circular.

Existe ainda um outro problema a ter em consideração. O satélite não terá em princípio problemas em orbitar o centro da Terra (que é o centro do campo gravitacional terrestre), mas por vezes o próprio planeta coloca-se no caminho do satélite, e este acaba por chocar com a superfície. Se tal for o caso, o *Spectrum* emite um BEEP de aviso, e fica a aguardar novas instruções (INPUTs).

Há outra hipótese de falha: se a velocidade inicial for demasiado alta, o satélite perder-se-á no espaço. Este programa não reconhece essa possibilidade, e manter-se-á a reescalar o sistema de coordenadas, através da linha 560 (se...YY>175), de cada vez que o satélite atingir o topo do *écran*, esperando sempre que ele regresse à Terra. Neste caso, terá de se fazer um BREAK seguido de novo RUN. Incluiu-se uma opção para a COPY do *écran*, no caso de órbitas bem sucedidas.

O traçado de Kepler

Este programa desenha as órbitas de acordo com as leis do movimento planetário de Kepler (que se aplicam a qualquer corpo celeste menor que orbite outro maior), com um traçado elíptico e em que o centro da Terra ocupa um dos focos. O satélite acelera quando se aproxima da Terra, para compensar o aumento do campo gravitacional a que está submetido. Com os seguintes INPUTs, verifica-se que o programa fornece resultados de apreciável precisão, que o creditam como simulação bastante boa de um objecto em órbita à volta da Terra:

1)	Altitude inicial	200 milhas
	Velocidade inicial	286 milhas/minuto
=	Período orbital	88 minutos

Este é o período mínimo para os satélites mais baixos, como o *Sputnik I*.

2)	Altitude inicial	240 250 milhas
	Velocidade inicial	37 milhas/minuto
=	Período orbital	27,37 dias (período sideral médio)

Isto corresponde ao nosso satélite natural — a Lua.

Exemplos de teste

Estes INPUTs representam órbitas perfeitamente circulares. As mais das vezes, porém, a órbita é elipsoidal. Se o desenho da órbita toca no extremo esquerdo do *écran*, o conjunto não é reescalado, e a operação de PLOT continua a efectuar-se, passando a uma imagem reflectida a desenvolver-se para a direita, de modo a ser mantido o maior tamanho da imagem. A cópia do *écran* (figuras 4.1, 4.2 e 4.3) mostra resultados típicos deste programa.

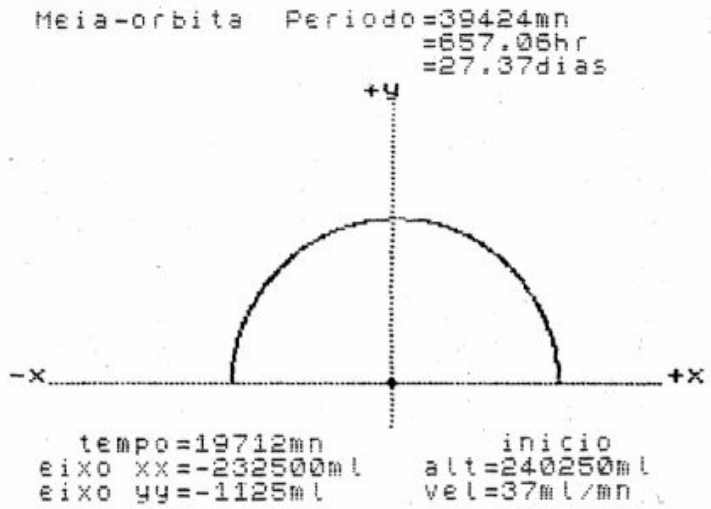


Figura 4.1 *Esta órbita simula a do nosso satélite natural, a Lua.*

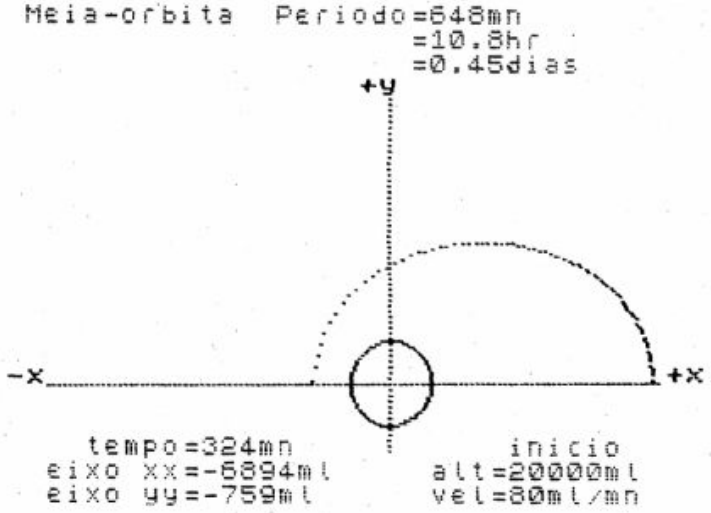


Figura 4.2 *Órbita típica traçada a partir do apogeu (ponto adjacente a +x).*

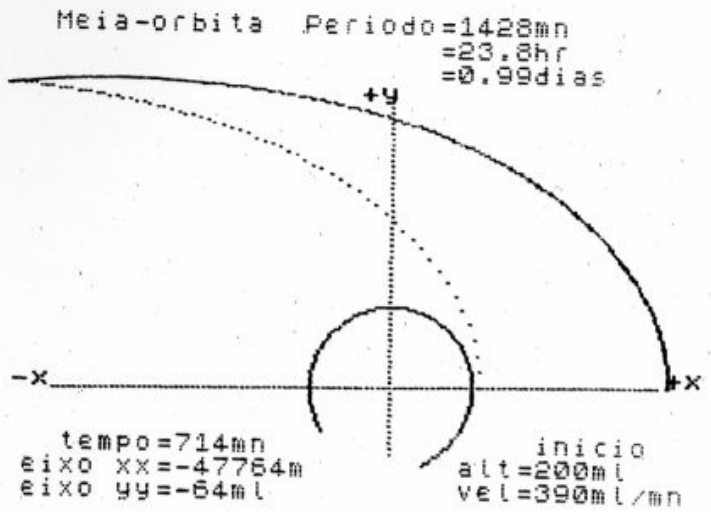


Figura 4.3 *Órbita típica com início junto ao planeta (perigeu). O traçado é repetido, em imagem reflectida, para a porção esquerda da apresentação, em direcção ao ponto mais afastado (apogeu).*

Comando de missão

A título de experiência, tente-se «desenhar» as órbitas para os programas espaciais de Russos e Americanos, no campo das comunicações de longo alcance. O Ocidente colocou satélites geostacionários à distância suficiente da Terra para terem um período orbital de 24 horas, e de modo a ficarem fixos sobre o equador numa determinada longitude. Esta pareceu a melhor solução, e até foi proposta pela primeira vez por Arthur C. Clarke em 1940, num artigo da revista *Wireless World*.

A solução adoptada pelos Soviéticos foi, ou era até 1970, a de mandar naves para órbitas altamente elípticas mas com o mesmo período orbital de 24 horas. Como foi demonstrado, estes satélites estão sempre a alterar a velocidade, de acordo com a sua distância à Terra, e mantêm-se moderadamente estacionários (não são necessárias antenas de seguimento) durante umas poucas horas por dia, quando se encontram no ponto de apogeu (a parte

mais remota da órbita). Com estes dados, já se pode ensaiar no *Spectrum,* tendo em conta todas as permutações possíveis.

```
  9 REM ************************
 10 REM    Orbitando a Terra
 11 REM ************************
 15 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
LS
 20 LET SE=7912/2: LET HW=32.12
 40 LET DN=.68181818: LET Z=1
 70 LET G=HW*DN*SE*SE: LET T=0
 80 INPUT "Altitude acima da Te
rra em      milhas>>>>>",EH
 90 INPUT "Velocidade em milhas
/min",SP: IF SP>999 THEN  GO TO
90
 91 REM ************************
100 LET TM=2/Z: LET H=TM
120 LET W=SP: LET X=EH+SE
140 LET Y=0: LET V=0
154 REM ************************
155 REM  Apresentacao Inicial
156 REM ************************
160 FOR N=0 TO 255 STEP 2
170 PLOT  INK 5;140,N-100
180 PLOT  INK 5;N,40: NEXT N
190 PRINT AT 16,0;"-x";AT 16,30
;"+x";AT 3,16;"+y"
200 PRINT AT 19,24;"inicio";TAB
20;"alt=";EH;"mi";TAB 20;"vel="
;INT W;"mi/mn"
204 REM ************************
205 REM    Desenho da Terra
210 CIRCLE  INK 4;140,40,30*Z
211 REM ************************
220 LET R=X: LET S=Y
230 LET H4=H/4
240 LET X=X+H4*V: LET Y=Y+H4*W
260 GO SUB 440
```



```
270 LET X=R: LET Y=S
280 LET H2=H/2
290 LET V=V+H2*B: LET W=W+H2*C
310 GO SUB 500
320 FOR T=0 TO 4E6 STEP TM
330 LET X=X+H*V: LET Y=Y+H*W
350 GO SUB 440
360 IF D>SE THEN  GO TO 390
364 REM ************************
365 REM   Quedas de Satelites
366 REM ************************
370 FOR n=45 TO -30 STEP -15: B
EEP .5,n-30: NEXT n: PRINT  INK
7;AT 0,0;"Velocidade baixa -QUED
A em ";t;" min"
380 GO TO 610
381 REM ************************
390 LET V=V+H*B: LET W=W+H*C
410 GO SUB 500: NEXT T
440 LET E=X*X+Y*Y
450 LET D=SQR E: LET A=-G/E
470 LET B=A*X/D: LET C=A*Y/D
490 RETURN
499 REM ************************
500 PRINT AT 19,2;"tempo=";T;"m
in."
510 PRINT "eixo xx=";INT X;"mi
"
520 PRINT "eixo yy=";INT Y;"mi
"
521 REM ************************
530 LET XX=(X/125*Z)+140
540 LET YY=(Y/125*Z)+40
550 IF X<0 AND Y<0 THEN  GO TO
590
554 REM ************************
555 REM   Conversao da Escala
556 REM para o tamanho do Ecran
557 REM ************************
```

```
 560 IF XX>255 OR XX<-255 OR YY>
175 THEN  LET Z=Z/2: CLS : PRINT
  INK 7;"Nova Escala": GO TO 100
 569 REM **********************
 570 PLOT  BRIGHT 1; INK 6;XX,YY
 571 REM **********************
 580 RETURN
 590 FOR n=0 TO .5 STEP .02: BEE
P n/4,n/5: NEXT n
 594 REM **********************
 595  REM Periodo Orbital e Menu
 596 REM **********************
 600 PRINT  INK 6;AT 0,0;"Meia-O
rbita  Periodo=";T*2;"mn";AT 1,2
0;"=";INT (T/.3)/100;"hr";AT 2,2
0;"=";INT (T/.3/24)/100;"dias"
 609 REM **********************
 610 PRINT #0; INK 5;"Prima C=CO
PY N=Proxima Orbita": PAUSE 0
 620 IF INKEY$="c" THEN  COPY
 630 RUN
 631 REM **********************
9990 SAVE "orbitaT" LINE 1
```

ÓRBITA DE SATÉLITES

Este programa baseia-se no anterior, «Órbita da Terra», mas vai mais longe, pois permite projectar a órbita de um satélite à volta de qualquer planeta, incluindo a nossa Lua.

Para além de ter de introduzir-se a altitude e a velocidade iniciais, é necessário fornecer ao computador dados sobre o próprio planeta, a saber, o diâmetro (em quilómetros) e a massa relativa comparada com a da Terra (Terra=1). Estas informações constam do *display* inicial (figura 4.4), mas nós não estamos limitados a elas. Vários dados têm de ser testados, incluindo características exóticas como diâmetros minúsculos e massas excessivas. Não se espere que o programa aceite todas as

permutações possíveis, especialmente as de planetas «maciços». Uma computação insuficiente aliada a órbitas muito rápidas produzirá resultados bem estranhos.

```
No  Nome    Diam(Km)  Massa-Terra=1
 1  Lua       3476        0.165
 2  Mercuri   4878        0.377
 3  Venus     12104       0.902
 4  Terra     12756       1
 5  Marte     6794        0.379
 6  Palas     532         .022
 7  Jupiter   142800      2.69
 8  Saturno   120000      1.19
 9  Urano     52000       0.93
10  Neptuno   48400       1.22
11  Plutao    3000        0.2
12  ???       ???         ???
Introduza numero do planeta
```

Figura 4.4 *Exemplos de mundos possíveis para a órbita de um satélite.*

O programa reconhece um satélite numa órbita parabólica ou hiperbólica (abertas), e como tal destinado a perder-se no espaço. Do mesmo modo, o *Spectrum* emite um BEEP de aviso se a velocidade inicial de injecção for muito baixa, o que levará o satélite a chocar com a superfície do planeta.

O programa reconhece inclusive um planeta (Saturno), e desenha o seu sistema de anéis circulares, se o seu nome for introduzido no N$. Para melhor clareza, convém colocar o satélite fora dos anéis saturninos.

Não se utiliza o comando CLS, excepto para um novo planeta, de modo que se podem sobrepor múltiplas órbitas, até se conseguir uma que satisfaça os nossos propósitos. As informações apresentadas nos cantos da imagem indicam-nos, começando pelo topo esquerdo, os dados do planeta, o período orbital (em minutos, horas e dias) e, no fundo do *écran,* o tempo gasto em minutos, as posições coordenadas relativas x e y e a altitude e a velocidade iniciais em quilómetros (km/mn). Inclui-se uma opção de COPY para a impressora *ZX*. Ver as figuras 4.5, 4.6 e 4.7 para os exemplos.

Este programa é um excelente meio de familiarização, com as luas de Júpiter ou de Saturno, de campo gravitacional muito mais forte que o da Terra. Por exemplo, Io, uma das luas de Júpiter, tem uma distância ao centro do planeta semelhante à da da Lua em relação à Terra. No entanto, o período orbital de Io é de 1,8 dias, enquanto o da Lua é de 27,3 dias (períodos siderais médios). Podem executar-se alguns exemplos com dados retirados de bons livros de astronomia, mas não se deve esperar grande precisão, pois os resultados têm de ser considerados mais como informação do que como tese.

```
  9 REM ************************
 10 REM  Orbitas de Satelites
 11 REM ************************
 20 GO SUB 1000: REM  Data
 21 REM ************************
 30 LET N$=A$(N)
 40 LET K=D(N): LET M=M(N)
 50 IF N<12 THEN  GO TO 90
 60 INPUT "Nome do planeta ";N$
 70 INPUT "Diametro do planeta/
Km ";K: IF K>150000 OR K<500 THE
N  GO TO 70
 80 INPUT "Gravidade do planeta
(Terra=1.00)";M
 81 REM ************************
 90 IF zz=0 THEN  CLS
100 LET RD=K/2: LET GV=M*32.12
110 LET Z=1: LET CN=60*60/5280
120 LET T=0: LET G=GV*CN*RD*RD
130 INPUT "Altitude do satelite
 acima de"'(N$);" Km ";HI
140 INPUT "Velocidade do sateli
te(Km/seg)";VL
150 IF zz=1 THEN  CLS : LET zz=
0
160 IF VL>9999 THEN  GO TO 140
170 LET DISCO=(RD/125*16)*Z
180 IF DISCO>40 THEN  LET Z=Z/2
```



```
: GO TO 170
190 IF N$="Saturno" AND DISCO*2
.5>40 THEN  LET Z=Z/2: GO TO 170
200 PRINT  PAPER 4;AT 1,0;N$
210 PRINT  INK 5;"diam=";K;"Km"
'"grav=";M;"xT"
220 LET TM=.125/Z: LET H=TM
230 LET W=VL: LET X=HI+RD
240 LET HO=X: LET Y=0: LET V=0
244 REM ************************
245 REM    Grelha de Ecran
246 REM ************************
250 FOR N=0 TO 255 STEP 2
260 PLOT 140,N-100
270 PLOT N,40: NEXT N
280 PRINT AT 16,0;"-x";AT 16,30
;"+x";AT 3,16;"+y"
290 PRINT AT 19,23;"inicial:";A
T 20,19;"alt=";HI;"Km";AT 21,19;
"vel=";INT W;"Km/s"
294 REM ************************
295 REM   Desenho do Planeta
296 REM ************************
300 INK 5
310 FOR J=0 TO PI/2 STEP .1
320 LET PX=INT (SIN J*DISCO)
330 LET PY=INT (COS J*DISCO)
340 PLOT 140-PX,40+PY
345 DRAW 0,-PY*2
350 PLOT 140+PX,40+PY
355 DRAW 0,-PY*2: NEXT J
360 CIRCLE 140,40,DISCO: INK 9
374 REM ************************
375 REM  Se Saturno, desenhar
376 REM            aneis
377 REM ************************
380 IF N$="Saturno" THEN  FOR N
=1.5 TO 2.5 STEP .2: CIRCLE 140,
40,DISCO*N: NEXT N
```

```
 381 REM ************************
 390 LET R=X: LET X=X+H/4*V
 400 LET S=Y: LET Y=Y+H/4*W
 410 GO SUB 580
 420 LET X=R: LET V=V+H/2*B
 430 LET Y=S: LET W=W+H/2*C
 440 GO SUB 610
 448 REM ************************
 449 REM      Loop Principal
 450 FOR T=0 TO 4E4 STEP TM
 451 REM ************************
 460 LET X=X+H*V: LET Y=Y+H*W
 470 GO SUB 580
 474 REM ************************
 475 REM Perda/Queda de Satelite
 476 REM ************************
 480 IF X>0 AND Y>(2*HO) THEN  P
RINT  FLASH 1; PAPER 2;AT 0,0;"V
el. elevada-PERDIDO no espaco":
GO TO 510
 490 IF D>RD THEN  GO TO 530
 500 PRINT  FLASH 1; PAPER 3;AT
0,0;"Velocidade baixa-QUEDA em "
;T;"mn"
 510 FOR N=45 TO -30 STEP -15: B
EEP .5,N-30: NEXT N
 520 PAUSE 50: PLOT  FLASH 0;XX,
YY: GO TO 740
 521 REM ************************
 530 LET V=V+H*B: LET W=W+H*C
 540 PAPER 0
 550 GO SUB 610
 559 REM ************************
 560 NEXT T: REM Loop Principal
 561 REM ************************
 570 GO TO 130
 580 LET E=X*X+Y*Y: LET D=SQR E
 590 LET A=-G/E: LET B=A*X/D
 600 LET C=A*Y/D: RETURN
```



```
 610 PRINT AT 19,0;"tempo=";T;"m
n  "
 620 PRINT "x ax=";INT X;"Km "
 630 PRINT "y ax=";INT Y;"Km "
 640 LET XX=(X/125*16*Z)+140
 650 LET YY=(Y/125*16*Z)+40
 660 IF X<0 AND Y<0 THEN  GO TO
690
 670 IF XX>255 OR XX<-255 OR YY>
175 THEN  LET Z=Z/2: CLS : PRINT
 AT 0,0;P$;AT 0,0;"RECONVERSAO="
;Z: GO TO 170
 679 REM ************************
 680 PLOT XX,YY: REM plot satel.
 685 RETURN
 689 REM ************************
 690 FOR n=0 TO .5 STEP .02: BEE
P n/4,n/5: NEXT n
 700 LET HR=INT (T/.3)/100: LET
DY=INT (T/.3/24)/100
 710 PRINT  PAPER 6;AT 0,0;" Mei
a-orbita-  periodo=";T*2;"mn"
 720 PRINT  PAPER 6;AT 1,22;"
     ";AT 2,22;"          "
 730 PRINT  PAPER 6;AT 1,22;"=";
HR;"hr";AT 2,22;"=";DY;"di"
 734>REM ************************
 735 REM            MENU
 736 REM ************************
 740 PRINT #0; INK 9; PAPER 4;"z
=COPY:p=novo Planeta
o=nova Orbita                  "
 750 PAUSE 0: IF INKEY$="o" THEN
  PRINT AT 0,0;P$: GO TO 130
 760 IF INKEY$="z" THEN  LPRINT
: COPY : GO TO 750
 770 RUN
 999 REM ************************
1000 REM     Data em Memoria
```

```
1001 REM **********************
1005 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
LS : RESTORE
1010 LET zz=1: DIM P$(32)
1015 DIM a$(12,7): DIM d(12): DI
M m(12)
1020 DATA "Lua",3476,.165
1030 DATA "Mercurio",4878,.377
1040 DATA "Venus",12104,.902
1050 DATA "Terra",12756,1.00
1060 DATA "Marte",6794,.379
1070 DATA "Palas",532,.022
1080 DATA "Jupiter",142800,2.69
1090 DATA "Saturno",120000,1.19
1100 DATA "Urano",52000,.93
1110 DATA "Neptuno",48400,1.22
1120 DATA "Plutao",3000,.2
1121 REM **********************
1122 REM    Titulos Iniciais
1123 REM         Seleccao
1124 REM **********************
1125 PRINT '' PAPER 6;"Programa
de Modelos de Satelites"''
1130 PRINT  PAPER 5;"No Nome   D
iam(Km) Massa-Terra=1"
1140 FOR N=1 TO 11: READ A$(N),D
(N),M(N)
1150 PRINT (" " AND N<10);N;" ";
1155 PRINT A$(N);TAB 12;D(N);TAB
 23;M(N)
1160 NEXT N: PRINT  PAPER 6;"12
???      ???        ???     "
1170 PRINT "Entre numero do plan
eta"
1180 INPUT N: IF N<0 OR N>12 THE
N  GO TO 1180
1200 RETURN
9900 REM **********************
9990 SAVE "OrbSat" LINE 1
```

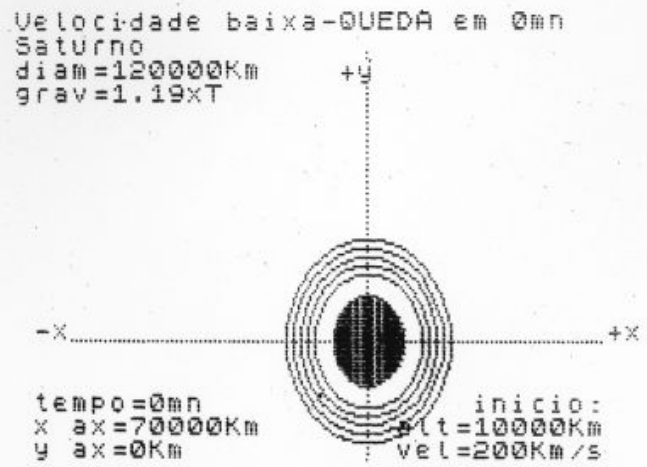



Figura 4.5 *O programa reconhece o planeta Saturno, pelo que desenha o respectivo sistema de anéis. Infelizmente, este satélite foi lançado dentro dos anéis e com insuficiente velocidade, o que provoca a sua queda imediata na superfície do planeta.*

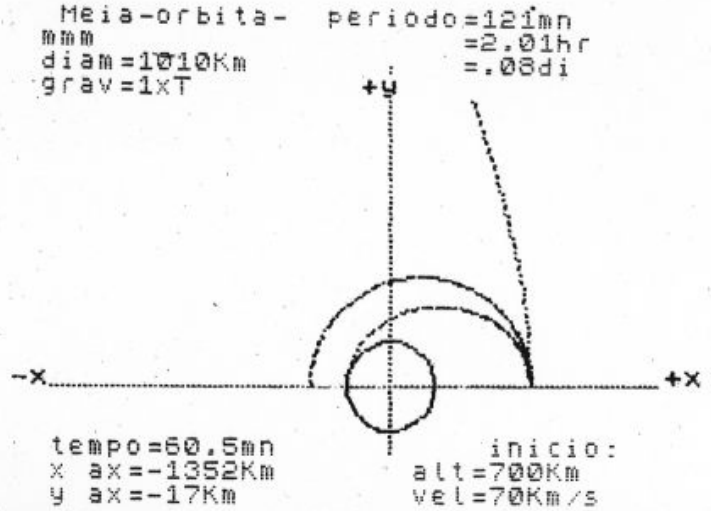


Figura 4.6 *A terceira tentativa de colocação em órbita do satélite num pequeno mundo hipotético foi bem sucedida. Nas duas outras, um dos satélites chocou contra o lado oposto do globo, enquanto o segundo acabou por se perder no espaço.*

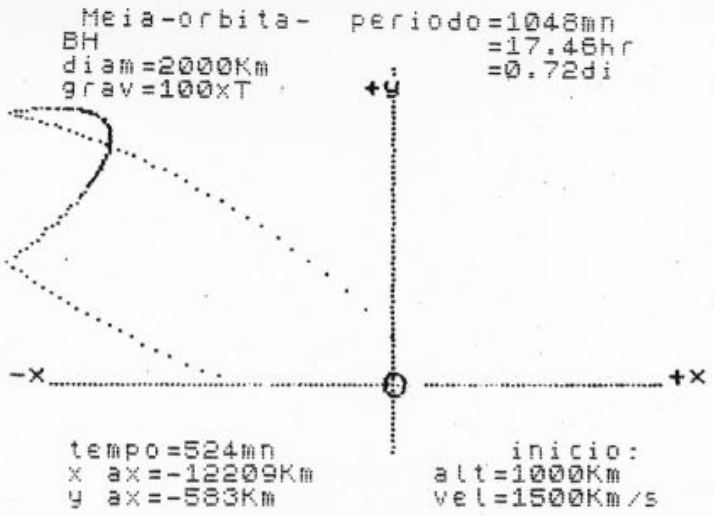


Figura 4.7 *Órbita bem estranha, à volta de um mundo incrível, com uma densidade 26 000 vezes superior à terrestre. Este mundo mítico é mesmo assim leve quando comparado com a estrela LP 768-500, com a sua densidade de 2800 toneladas por centímetro cúbico. As estrelas de neutrões e os «buracos negros» são infinitamente mais densos.*

CAPÍTULO 5

Órbitas do Sistema Solar

A astronomia e as órbitas ligam tão bem como morangos e natas batidas. Se de repente acabassem as órbitas, todo o Universo, tal como o conhecemos, colapsaria instantaneamente! É o movimento perpétuo da lua em redor do planeta, do planeta à volta da estrela, desta em volta do centro da galáxia, e assim por diante, que confere ao Universo a sua forma e existência. E não nos esqueçamos também de que até as maiores galáxias são compostas pelas mais pequenas coisas da Criação — os electrões em órbita ao redor do núcleo atómico.

As órbitas são a personificação do movimento perpétuo, conceito que desde sempre empolgou a imaginação do Homem, e que este nunca conseguiu dominar, pois aparentemente tenta sempre obter qualquer coisa em troca de nada. O mais sofisticado motor a reacção concebido pelo Homem é um mecanismo rudimentar quando comparado com os biliões de órbitas da Lua em redor da Terra — que se desenrolam com uma precisão que faz corar de inveja qualquer técnico de engenharia. Mas a Natureza não é impetuosa, e de resto tem tempo — mais precisamente, todo o tempo do Universo — para fazer as coisas como deve ser.

Numa análise final, órbita significa sobrevivência — sobrevivência de um corpo fraco perante o seu vizinho poderoso, ávido de engolir quem quer que se atreva a aproximar-se demasiado. A órbita é a fina corda de salvação que o corpo mais fraco segura para conseguir manter as distâncias, e que é perfeitamente balanceada pela força gravitacional do corpo maior, que se recusa a desfazer a ligação. No caso do Sol, a sua massa (proporcional à sua gravidade) é 1000 vezes maior que a de todos os planetas e luas em conjunto. A estes só resta andar eternamente em órbita à volta do «astro rei».

O *Spectrum* e as suas capacidades gráficas tornam fácil o traçado teórico de algumas destas órbitas.

PLANETÁRIO

Em 1715, o conde de Orrery construiu para si próprio o modelo do Sistema Solar que ainda hoje costuma ser conhecido por «planetário». Nessa época, só se conheciam os seis planetas que vinham desde a Antiguidade (de Mercúrio a Saturno), pelo que o modelo do conde era um tanto ou quanto limitado. Úrano, Neptuno e Plutão ainda estavam por descobrir. Cada planeta era um globo suspenso num arame horizontal, que derivava de um outro globo central, a representar o Sol — o comprimento do arame indicava o raio da órbita. Todo este conjunto estava contido numa magnífica estrutura de madeira trabalhada; uma manivela punha os planetas em movimento.

O programa

O programa que se segue é uma versão informatizada do modelo do conde de Orrery, e simula a escala e o movimento relativo dos planetas à volta do Sol. Usam-se duas escalas separadas, uma para os planetas de Mercúrio a Marte e outra para os de Júpiter a Neptuno, seleccionáveis pelo INPUT de 1 ou 5.

Incluído na apresentação do *écran* está um temporizador, que vai contando as semanas à medida que os planetas avançam ao longo das respectivas órbitas, a partir da linha de partida. Observe-se como é mais lento o progresso dos quatro planetas exteriores, que, na realidade, não estão sujeitos a campos gravitacionais elevados, como por exemplo o que sujeita Mercúrio.

As figuras 5.1 e 5.2 mostram dois exemplos de cópias.

A linha 25 contém os DATA para os raios das órbitas, que são DIMensionados e lidos (READ) para o *array* a(f) na linha 50. As variáveis h e g correspondem, respectivamente, às posições coordenadas de PLOT vertical e horizontal, para o Sol e para os centros das órbitas. As linhas 60 e 70 imprimem as duas opções de selecção, e a linha 90, economicamente, sobreimprime a que

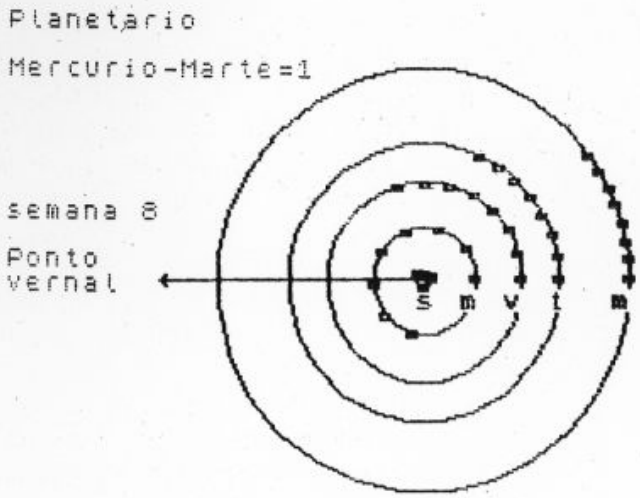


Figura 5.1 *Modelo planetário dos planetas tipo «Terra».*

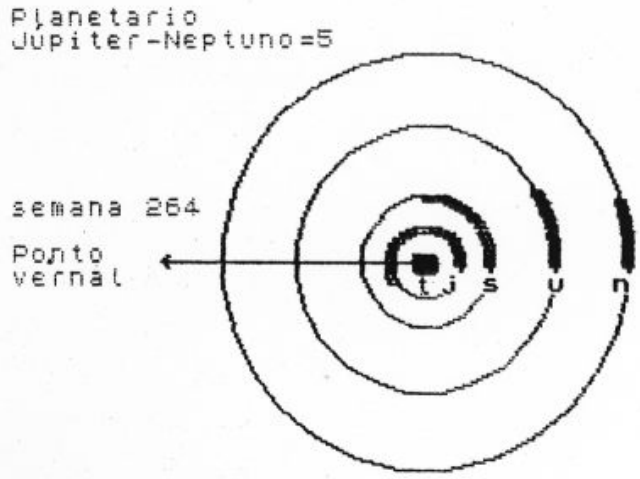


Figura 5.2 *Modelo planetário dos planetas gasosos gigantes.*

não é seleccionada com o b$ de 24 espaços vazios. A linha PRINT remanescente serve para titular a apresentação que se segue, sem ter de recorrer-se ao comando CLS. As linhas 120 a 130 usam um ciclo FOR/NEXT n para executar os círculos (CIRCLE) das órbitras seleccionadas. Repare-se como o valor da variável b afecta a instrução FOR/NEXT n:

se b=1 então FOR n=1*1 (isto é, 1) TO 1+4 (isto é, 5)
ou
se b=5 então FOR n=1*5 (isto é, 5) TO 5+4 (isto é, 9)

Um ciclo semelhante FOR/NEXT n é utilizado nas linhas 180 a 240 para executar o CIRCLE dos planetas em órbitra. O STEP na instrução FOR/NEXT d da linha 150 fiscaliza o comprimento da execução do programa.

A apresentação em «écran»
A imagem será mais perfeita quando apresentada num *écran* preto, através do comando directo:

```
BORDER 0 PAPER 0: INK 7: CLS: RUN
```

As órbitas estão suficientemente afastadas para não se servirem do mesmo quadrado de carácter. Para maior clareza, pode colorir-se cada uma delas de maneira diferente, pela seguinte alteração da linha 130:

```
CIRCLE INK n-(b AND b=5)+1; g,h,a(n): NEXT n
```

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Planetario"
 11 REM ************************
 25 DATA 19,36,50,76,3,13,24,48
,75
 30 BRIGHT 1: DIM b$(24)
 40 LET h=83: LET g=171
 50 DIM a(9): FOR f=1 TO 9: REA
D a(f): NEXT f: RESTORE
```



```
 59 REM ************************
 60 PRINT "Jupiter - Neptuno=5"
 70 PRINT "Mercurio - Marte =1"
 71 REM ************************
 80 INPUT "escolha 1 ou 5",b: I
F b<>1 AND b<>5 THEN  GO TO 80
 90 PRINT AT b/5+1,0;b$
100 PRINT AT 10,0;"Ponto"'"Vern
al <";TAB 21;"*"
110 PLOT g-5,h: DRAW -90,0
120 FOR n=1*b TO b+4
130 CIRCLE g,h,a(n): NEXT n
140 PRINT AT 12,21;("s m v t  m
" AND b=1)+("tj s  u  n" AND b=5
)
144 REM ************************
145 REM   Desenho dos Planetas
146 REM        em orbita
147 REM ************************
150 FOR d=1 TO 400 STEP 50/b
170 PRINT  FLASH 1;AT 8,0;"sema
na ";INT (1+d/50*b^2.7)
180 FOR n=1*b TO b+4
190 LET v=1/a(n)^1.4*100
200 LET e=d/400*v*PI
210 LET c=g+a(n)*COS e
220 LET s=h+a(n)*SIN e
230 CIRCLE INT c,INT s,1.5
240 NEXT n: NEXT d: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "planetario"
```

A LEI DE BODE-TITIUS

Em 1772, o astrónomo alemão Johann E. Bode demonstrou que uma simples progressão matemática (0+4, 3+4, 6+4, 12+4,...) podia explicar a distância média dos sucessivos planetas ao Sol, em que a Terra tinha um valor de 10 (6+4). Nessa altura, só se

conheciam seis planetas e adaptavam-se todos à regra que a partir dai ficou a ser conhecida por «lei de Bode-Titius» (G. D. Titius, 1729-1796, o cientista que descobriu essa lei exponencial em 1766, que em 1772 foi confirmada e dada a conhecer por Bode).

A descoberta de Úrano por detrás de Saturno, em 1781, e do planetóide Ceres, situado entre Marte e Júpiter, em 1801, confirmaram a lei adaptando-se perfeitamente a ela. Contudo, Neptuno (descoberto em 1846) e Plutão (em 1930) não estavam de acordo com a teoria de Bode-Titius: Plutão ocupava a órbita que a Lei atribuía a Neptuno, como o curto programa a seguir demonstra. Conseguiremos nós melhorar a Lei de Bode-Titius, dando uma melhor explicação para o fenómeno?

O programa

A metade superior do écran LISTa e desenha (DRAW) arcos semiorbitais, calculados a partir da variável 'bode' (z+4); na metade inferior, surgem-nos os valores lidos por um READ sobre os DATA. A imagem é escalada para o tamanho máximo da rotina DRAW, em que PI=semicírculo, e o programa pára com uma mensagem de erro (integer out of range) ao tentar desenhar o arco final para Plutão, de acordo com a lei de Bode-Titius. A verdadeira órbita de Neptuno, indicada na metade inferior esquerda da imagem, cabe dentro das órbitas de Úrano e Neptuno, tal como previsto por Bode, e aparece na imagem superior. O estudo dos valores numéricos apresentados no *écran* confirmam este facto, como o mostra a figura 5.3.

Nota: Este programa, ao demonstrar a Lei de Bode-Titius, refere-se às distâncias médias dos planetas ao Sol. A maior parte das órbitas planetárias não são circulares, mas ligeiramente elípticas — o que é mais acentuado no caso de Plutão, que chega a entrar dentro da órbita de Neptuno. O programa «Órbita de Plutão», mais adiante neste capítulo, explica integralmente esta ocorrência.


```
 Lei de Bode
Mercurio  4
Venus     7
Terra     10
Marte     16
Ceres     28
Jupiter   52
Saturno   100
Urano     196
Neptuno   388
Plutao    772
 Dist Real
Mercurio  3.9
Venus     7.2
Terra     10
Marte     15.2
Ceres     26.5
Jupiter   52
Saturno   95.4
Urano     192
Neptuno   301
Plutao    395
```

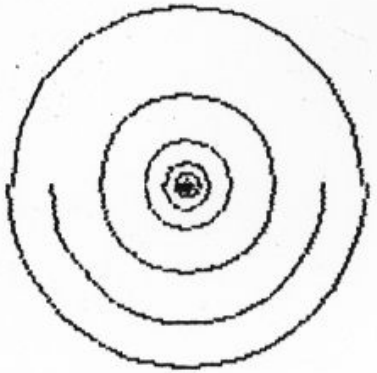


Figura 5.3

```
  9 REM ************************
 10 REM        Lei de Bode
 11 REM ************************
 20 LET x=185: LET y=88
 30 LET z=0: DIM a$(32*11)
 40 PRINT  PAPER 6;a$; PAPER 1;
a$; FLASH 1
 50 PRINT AT 0,1;"Lei de Bode"
 60 PRINT AT 11,1; INVERSE 1;"D
ist Real"
 70 FLASH 0: PAPER 6: INK 9
 80 FOR n=1 TO 10
 90 LET bode=z+4
100 READ p$,a
110 PRINT AT n,0;p$;TAB 9;bode
120 PRINT AT n+11,0; PAPER 1;p$
;TAB 9;a
130 PLOT x-a/6,y
140 DRAW a/3,0,PI
```

```
150 PLOT x-z/6,y
160 DRAW z/3,0,-PI
170 LET z=z+z
180 IF n=1 THEN  LET z=3
190 NEXT n: STOP
200 DATA "Mercurio",3.9,"Venus"
,7.2,"Terra",10,"Marte",15.2,"Ce
res",26.5,"Jupiter",52,"Saturno"
,95.4,"Urano",192,"Neptuno",301,
"Plutao",395
9900 REM **********************
9990 SAVE "bode"
```

ÓRBITAS DE KEPLER

Johannes Kepler, discípulo de Tycho Brahe, descobriu entre 1609 e 1618 que os planetas e todos os outros corpos orbitais se regiam por três leis (leis do movimento planetário):

1) Os planetas descrevem órbitas planas à volta do Sol; estas órbitas são elipses em que o Sol ocupa um dos focos.

2) A velocidade de deslocação dos planetas sobre a órbita é tal que o raio vector que une o planeta ao Sol descreve áreas iguais em tempos iguais (o raio vector é o ângulo sob que se vê o planeta a partir do Sol em qualquer ponto da órbita) — estudem-se as figuras 5.4 e 5.5.

3) A razão entre os cubos dos semieixos maiores e os quadrados dos tempos de revolução sideral (período orbital) é a mesma para todos os planetas (terceira lei, descoberta em 1618, dez anos depois da primeira e segunda leis).

O programa que agora nos surge demonstra as duas primeiras leis de Kepler do movimento planetário, desenhando órbitas elípticas em que o espaçamento entre os PLOTs individuais é efectuado a intervalos de tempo iguais. O *pixel* desenhado (que representa o planeta em órbita) é visto a «acelerar» quando passa perto do Sol (o pequeno CIRCLE no centro do *écran*), especialmente quando a órbita se torna mais elíptica (com maior

excentricidade). Este facto é calculado em função dos valores da velocidade inicial introduzidos (INPUT).

Estes últimos valores do INPUT são puramente arbitrários. Com efeito, quanto maior o valor mais circular será a órbita, e quanto menor mais ela será excêntrica (figura 5.6), caso em que o planeta passará mais perto do Sol (menor periélio). A primeira posição traçada marca o ponto de «afélio», isto é, o ponto da órbita mais afastado do Sol. O periélio é o ponto de passagem a menor distância da estrela.

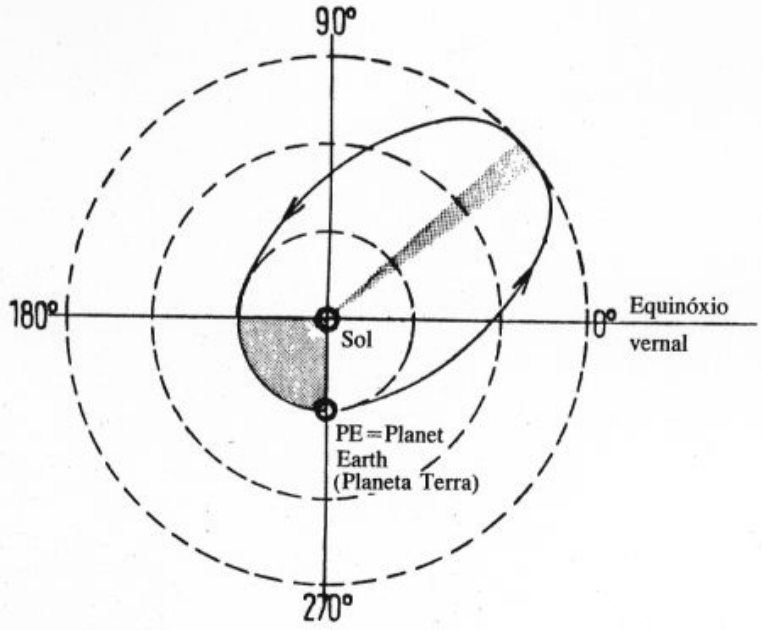


Figura 5.4 : *Primeira e segunda leis de Kepler dos movimentos planetários. Um planeta PE (aqui representado numa órbita altamente elíptica para maior clareza) varre áreas iguais (sombreado) em espaços de tempo iguais; a sua velocidade muda constantemente, de acordo com a distância pontual ao Sol.*

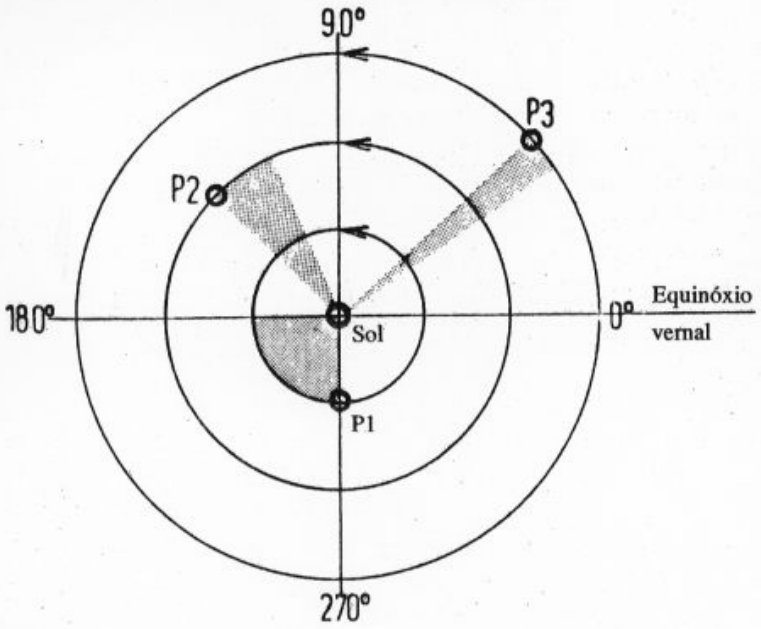


Figura 5.5 *Terceira lei de Kepler do movimento planetário.*

Cada planeta varre uma área (sombreada) em intervalos de tempo proporcionais ao raio da órbita. Neste sistema solar simplificado, com as órbitas igualmente espaçadas, o planeta P1 cobre um quadrante inteiro enquanto P2 varre 0,35 de quadrante (1/2 ↑ 3) e P3 cobre 0,19 de quadrante (1/3 ↑ 3).

Se se fizer um INPUT <=12, começam a acontecer coisas estranhas aos resultados traçados, que nada têm a ver com as leis de Kepler e, sim, com limitações do próprio programa. Deixámos estas deliberadamente, para demonstrarem três efeitos que um corpo pode sofrer ao orbitar ou ao passar perto de um planeta maciço.

Um INPUT de 12 provocará uma rotação de toda a órbita, com a posição de afélio (e também a de periélio, se bem que isso não seja óbvio) a mover-se no sentido dos ponteiros do relógio. Este

efeito simula a rotação orbital de qualquer planeta, mas, mesmo no caso de Mercúrio, o planeta mais próximo do Sol, este fenómeno só é detectável ao fim de centenas de órbitas completas (ver a figura 5.7).

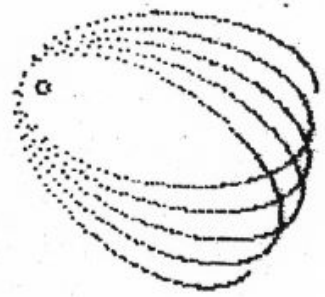
```
Orbitas de Kepler:15
```



```
x=997.574797
y=-0.84938826
```

Figura 5.6 *Valores de INPUT menores produzem órbitas mais elípticas.*

```
Orbitas de Kepler:12
```



```
x=772.790672
y=-657.283781
```

Figura 5.7 *Rotação da órbita.*

Um INPUT de 10 levará à captura do corpo para uma órbita mais pequena e rápida. É ideia aceite que inúmeros cometas foram capturados para órbitas menores depois de terem passado suficientemente perto do maciço planeta Júpiter, o mesmo sucedendo, mas em menor grau, com o planeta Saturno. Este facto assume a existência de um terceiro corpo, que o nosso programa não contempla, mas mesmo assim é interessante mostrar os seus efeitos (como poderá ver-se na figura 5.8).

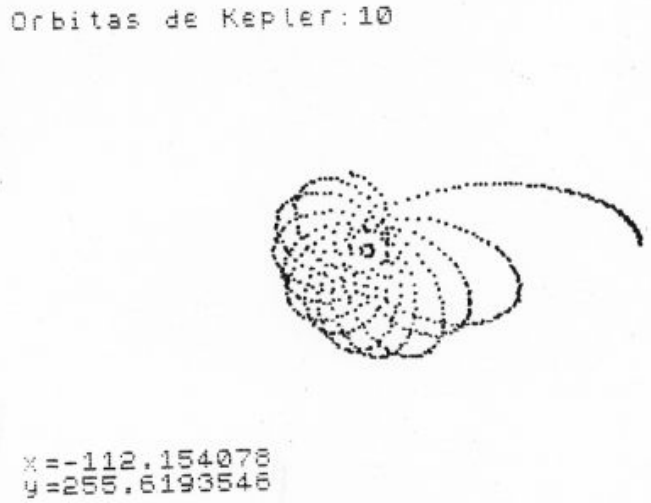


Figura 5.8 *Órbita maior capturada para uma órbita menor.*

Um INPUT de 7 ou menor fará com que o planeta passe tão perto do Sol que é ejectado para fora do Sistema Solar, fenómeno que é designado por manobra de *sling-shot* (estilingue). Na verdade nenhum planeta se submeteria a tamanha indignidade — se tal coisa sucedeu, foi há biliões de anos atrás —, pois hoje não há lugar para planetas rebeldes. No entanto, os cientistas espaciais servem-se deste efeito para enviar naves de um planeta para outro, num jogo de «bilhar espacial» que aproveita um

pouco do campo gravitacional do planeta hospedeiro para acelerar o veículo às elevadas velocidades impossíveis de conseguir com os foguetes de fabrico terrestre.

Uma explicação

Porque é que o programa produz estes efeitos? A resposta é bem simples: porque não calcula com suficiente precisão a posição do planeta quando este está próximo do Sol (no periélio). O erro, por mais pequeno que seja, é adicionado aos cálculos seguintes, dando origem aos efeitos apresentados. A situação não melhora quando, no ponto de periélio, a coordenada vertical y a ser traçada passa de valores positivos para negativos. De qualquer forma, estamos aqui perante um caso de utilização de uma desvantagem potencial no bom sentido, mesmo que as matemáticas empregadas não sejam as mais elegantes!

Alterações ao programa

Depois de ter executado o programa uma poucas de vezes, podemos alterar (uma de cada vez) algumas das variáveis. A mais importante a modificar é a h, que controla os intervalos STEP nos ciclos FOR/NEXT que servem o RUN do programa. Se h for tornado menor, a órbita será traçada com maior precisão, especialmente no ponto de periélio. Contudo, o PLOT passa a ser extraordinariamente lento quando o planeta estiver próximo do afélio. É uma questão de compromisso que só depende de nós.

Este programa é utilizado um certo número de vezes em outros locais desta obra, normalmente com determinadas modificações que se adaptam aos resultados que se pretendam.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Orbitas de Kepler:";
 11 REM ************************
 30 INPUT "velocidade (5 a 30)"
;w
 40 PRINT w: CIRCLE 128,85,2
 50 LET h=.5: LET g=1000000
 60 LET x=g/1000: LET y=0
```

```
 70 LET i=h/4: LET v=0
 80 LET r=x: LET s=y
 90 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
100 GO SUB 200
110 LET x=r: LET y=s: LET o=h/2
120 LET v=v+o*b: LET w=w+o*c
130 GO SUB 300
140 FOR t=0 TO 400 STEP h
150 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
160 GO SUB 200
170 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
180 GO SUB 300: NEXT t: STOP
200 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
220 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
240 LET c=a*y/d: RETURN
300 PLOT x/10+128,y/10+85
305 PRINT AT 20,0;"x=";x'"y=";y
310 RETURN
9900 REM **********************
9990 SAVE "kepler"
```

ÓRBITAS MULTIFOCAIS

No programa anterior, «Órbitas de Kepler», fez-se referência ao facto de o Sol estar num dos focos de uma elipse. Onde é que se situará o segundo foco (conhecido por «vazio»)?

Muito simplesmente, está localizado num ponto a igual distância do Sol e do periélio (o ponto da órbita mais próximo da estrela). Se já se introduziu o programa das «Órbitas de Kepler», basta efectuar pequenas modificações depois da linha 300 para obter esta versão modificada, a que chamámos «Órbitas multifocais». Este último programa desenhará a posição do segundo foco depois de ter sido traçada uma semiórbita e portanto já se saber qual a posição do periélio. A figura 5.9 dá um exemplo.

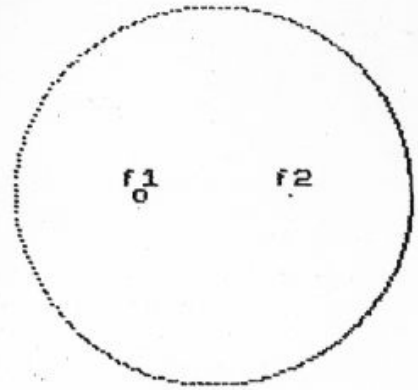


Figura 5.9 *O programa traça o segundo foco (ou «vazio») de qualquer órbita elíptica seleccionada. O Sol situa-se no primeiro foco (f1).*

A importância do programa reside no facto de que mostra que o *Spectrum* é capaz de traçar uma órbita verdadeiramente elíptica. Pode efectuar-se um teste simples para verificar os resultados: faz-se um RUN e mede-se, quer no *écran* vídeo quer numa cópia (quem dispuser da impressora *ZX*), o perímetro do triângulo definido por um qualquer ponto da órbita e pelos dois focos. Independentemente do ponto da órbita escolhido, o perímetro será sempre o mesmo.

O que se fez foi seguir o mesmo procedimento (ao contrário) do jardineiro que desenha um canteiro para flores perfeitamente oval (ou seja, elíptico). O homem usa duas estacas (que representam os focos) e um fio comprido ligado a elas, mantendo-o sempre esticado enquanto o vai seguindo com um objecto pontiagudo que traça a elipse no solo — o fio esticado define sempre um triângulo de igual perímetro, tal como sucede nas nossas medições do resultado do programa.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Orbitas Multifocais
";
 11 REM ************************
 30 INPUT "velocidade (13-30)";
w
 40 PRINT w;AT 10,15;"f1": CIRC
LE 128,85,2
 49 REM ************************
 50 LET h=.4: LET g=1000000
 60 LET x=g/1000: LET y=0
 70 LET i=h/4: LET v=0
 80 LET r=x: LET s=y: LET z=0
 90 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
100 GO SUB 200
110 LET x=r: LET y=s: LET o=h/2
120 LET v=v+o*b: LET w=w+o*c
130 GO SUB 300
140 FOR t=0 TO w*7 STEP h
150 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
160 GO SUB 200
170 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
180 GO SUB 300: NEXT t: STOP
200 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
220 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
240 LET c=a*y/d: RETURN
300 PLOT x/10+128,y/10+85
304 REM ************************
305 REM   Desenho do 2/o Foco
306 REM ************************
310 IF x<0 AND y>=-50 AND x>z T
HEN  PLOT 228+x/10,85: PRINT AT
10,(228+x/10)/8-1;"f2"
320 LET z=x
330 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "focais"
```


ÓRBITAS DE COMETAS

Trata-se aqui da segunda variação do programa das «Órbitas de Kepler». Desta vez, lidamos com órbitas altamente excêntricas, que estão em geral relacionadas com movimentos de cometas e meteoros. Pensa-se que as chuvas regulares de meteoros (as estrelas cadentes da atmosfera terrestre), como as Perseidas, que sucedem todos os anos entre 8 e 14 de Agosto, são provocadas pela passagem da Terra através dos restos deixados pelas caudas de cometas.

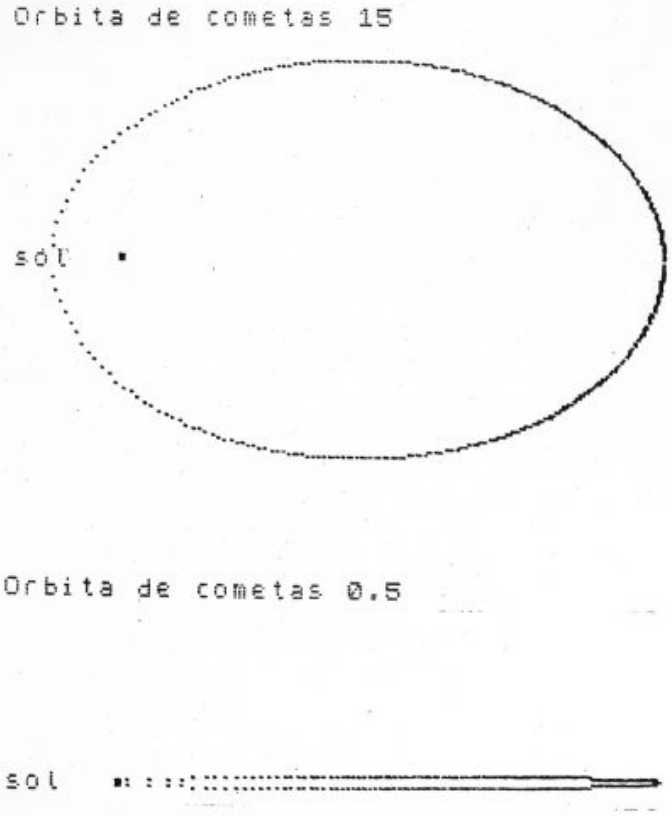


Figura 5.10 *Dois extremos de uma órbita de cometa, desde a vista de cima (oval perfeita) até à altamente excêntrica (diferentes valores de INPUT).*

O programa permite o INPUT de valores compreendidos entre 0.5 (órbita altamente excêntrica, constituída quase por duas linhas paralelas) e 17 (uma oval perfeita), que enche todo o *écran* do *Spectrum* (ver a figura 5.10). Só se traça metade da órbita, para evitar os efeitos irregulares (se bem que interessantes) do cálculo das posições dos cometas nas proximidades do Sol. A metade inferior da órbita é uma imagem reflectida da superior, e as linhas 200 e 210 processam ambas as partes. O programa pára (STOP) quando y se torna negativo, depois de ter calculado uma semiórbita.

O programa demonstra cabalmente a 2.ª lei de Kepler, a dos movimentos planetários e orbitais (ver o programa das «Orbitas de Kepler»), realçando o facto de que qualquer cometa passa a maior parte do tempo a velocidades lentas, quando está longe do Sol, só despertando para uma actividade intensa quando efectua a chamada passagem de periélio.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Orbita de Cometas";
 11 REM ************************
 30 INPUT "valor (.5 a 17)";w
 35 PRINT AT 0,18;w' PAPER 5;"p
erielio           afelio"
 40 PRINT AT 11,0;"sol": CIRCLE
40,83,1
 49 REM ************************
 50 LET h=.2: LET g=1e6
 60 LET x=g/1e3: LET y=0
 70 LET i=h/4: LET v=0
 80 LET r=x: LET s=y: LET z=0
 90 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
100 GO SUB 160
109 REM ************************
110 FOR t=0 TO 300
120 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
130 GO SUB 160
140 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
```



```
150 GO SUB 190: NEXT t: STOP
160 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
170 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
180 LET c=a*y/d: RETURN
190 IF y<0 THEN  STOP
199 REM ************************
200 PLOT 40+x/5,y/5+83
210 PLOT 40+x/5,-y/5+83
211 REM ************************
220 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "orbitcom"
```

O COMETA HALLEY

O cometa Halley é sem dúvida o mais famoso de todos os tempos, e a sua actual visita ao Sistema Solar apresenta os seus momentos mais interessantes entre Novembro de 1985 e Março de 1986. O programa seguinte não poderia pois vir mais a propósito.

1066 e depois

Edmundo Halley (1656-1742) não descobriu o cometa, mas foi o primeiro astrónomo a verificar que os cometas brilhantes avistados em 1531, 1607 e 1682 tinham todos praticamente as mesmas características orbitais, não podendo deixar de ser afinal um único cometa que reaparecia a intervalos de cerca de 76 anos.

Podemos hoje recriar as passagens do cometa Halley desde o ano 466 a. C., consultando registos chineses dessa época, mas a referência mais famosa da história europeia ao cometa é sem dúvida a da Tapeçaria de Bayeux, datada de 1066, com a inscrição «ISTIMIRANT STELLA». Todas as posteriores passagens do cometa Halley, depois deste ano, foram registadas, o que é um acontecimento muito pouco natural, pois a longevidade dos cometas costuma medir-se em centenas de anos em lugar de milhares. Só se pode concluir que o Halley é um corpo celeste de

apreciáveis dimensões, para poder resistir a tantas visitas ao interior do sistema solar e ao calor relativamente intenso com que o Sol o irradia.

Neste momento, o leitor estará a fazer esta pergunta: como é que os cometas conseguem passar tantas vezes perto dos planetas sem colidir com estes? Bem, os cometas (ou melhor, os sobreviventes ao fim de mais de 5000 milhões de anos) aprenderam a evitar os planos orbitais que todos os planetas ocupam, deslocando-se através de órbitas de enorme inclinação. O cometa só demora poucos dias a atravessar a zona perigosa, na sua passagem de periélio.

O programa

Este programa descreve uma órbita completa do cometa Halley, com início em 1948 — ano em que iniciou a sua actual viagem em direcção à Terra e ao Sol, partindo de um ponto bastante para lá da órbita de Plutão. O Halley regressará a esta posição de afélio por volta de 2023. A passagem de periélio ocorrerá a 9 de Fevereiro de 1986, e o programa faz uma breve pausa (PAUSE) neste ponto (ver a figura 5.11).

A meio do mês de Novembro, o cometa apareceu como um objecto binocular imediatamente abaixo das Plêiades.

Este programa é uma variante do das «Órbitas de cometas», mas só produz uma órbita especifica, determinada pela instrução da linha LET w=4.5. Mais uma vez, só se calcula e traça metade da órbita — a viagem para o Sol —, mas cada posição coordenada x e y é introduzida em dois *arrays*, x(t) e y(t). Estes são depois usados num segundo ciclo FOR/NEXT, para traçar a viagem do cometa no seu regresso ao espaço profundo.

É necessário adicionar uma PAUSE 10 a este segundo FOR/NEXT, para se reduzir a velocidade do traçado à que já se tinha usado no primeiro ciclo. Isto indica a rapidez com que o *Spectrum* pode traçar posições de *pixel*, desde o momento em que a posição corrente foi calculada e memorizada num *array*. Premindo uma tecla qualquer para cancelar a instrução PAUSE, ver-se-á o que acontece.

Apresentação em «écran»

No topo do *écran* indica-se o ano referido à posição corrente do cometa na imagem — o próprio cometa é representado por um *pixel* de cor diferente conforme se trate da viagem para o Sol ou da de regresso ao espaço, através do uso de gráficos inversos num *écran* negro (BORDER 0: PAPER 0: INK 9).

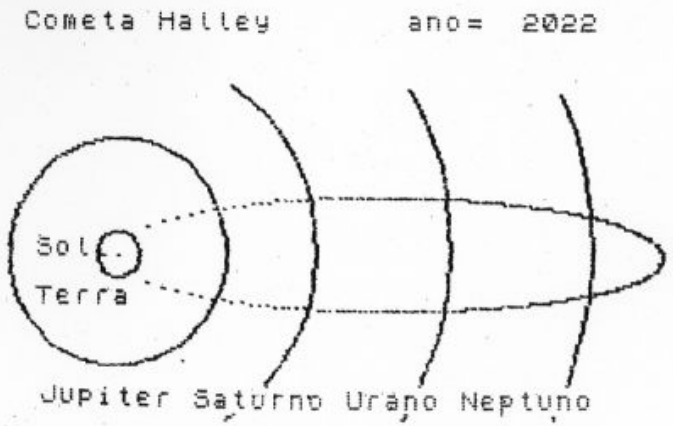


Figura 5.11 *Caminho percorrido pelo cometa Halley, durante um período de 75 anos. Passagem mais próxima do Sol: Fevereiro de 1986.*

```
  9 REM ************************
 10 REM      Cometa Halley
 11 REM ************************
 20 BORDER 0: PAPER 0: INK 7: C
LS : PAPER 5: INK 9
 30 PRINT "Cometa Halley
ano=    "; FLASH 1;" "
 40 PAPER 1
 50 PRINT AT 11,1;"Sol"
 60 PLOT 40,80: GO SUB 390
 70 PAPER 5
 74 REM ************************
 75 REM        Variaveis
 76 REM ************************
```

```
 80 LET w=4.5
 90 DIM x(170): DIM y(170)
100 LET h=.212: LET g=1e6
110 LET x=g/1e3: LET y=0
120 LET i=h/4: LET v=0
130 LET r=x: LET s=y: LET z=0
140 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
150 GO SUB 230
154 REM ************************
155 REM       Loop Principal
156 REM ************************
160 FOR t=1 TO 170
170 LET yr=1948+INT (t/4.5)
180 PRINT AT 0,26;yr
190 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
200 GO SUB 230
210 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
220 GO SUB 260: NEXT t: STOP
230 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
240 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
250 LET c=a*y/d: RETURN
260 PLOT  INK 4;40+x/5,y/5+80
270 LET x(t)=x/5: LET y(t)=y/5
280 IF y<0 THEN  GO TO 300
290 RETURN
299 REM ************************
300 PLOT  OVER 1;40+x/5,y/5+80
301 REM ************************
310 PRINT #0; FLASH 1;"Cometa n
a passagem de perielio  "
320 PAUSE 300: INPUT ""
325 REM ************************
326 REM   Regresso ao espaco
327 REM         distante
328 REM ************************
330 FOR t=169 TO 1 STEP -1
340 LET yr=2023+INT (-t/4.5)
350 PRINT AT 0,26;yr
360 PLOT  INK 6;40+x(t),-y(t)+8
0
```



```
370 PAUSE 10: NEXT t: STOP
379 REM ************************
380 REM   Disposicao inicial/
381 REM     Arco da Orbita
382 REM ************************
390 CIRCLE 40,80,8
400 CIRCLE 40,80,40
410 FOR n=1 TO 3: READ a,b: PLO
T 40+a,20: DRAW 0,120,b: NEXT n
411 REM ************************
420 PRINT AT 13,1;"Terra"
430 PRINT AT 18,1;"Jupiter Satu
rno Urano Neptuno": RETURN
440 DATA 40,2,105,1.1,160,.9
9900 REM ************************
9990 SAVE "halley"
```

Ver em Apêndice dados sobre o aparecimento do cometa Halley.

A ÓRBITA DE PLUTÃO

Em 21 de Janeiro de 1979, Plutão cedeu a Neptuno a discutível honra de ser o planeta mais afastado do Sol, ao imiscuir-se para dentro da órbita de Neptuno. O «título» só voltará a pertencer a Plutão em Março de 1999, quando este mais uma vez cruzar a órbita do seu vizinho, desta vez para o exterior do Sistema Solar.

É muito pouco provável que venha a verificar-se uma colisão entre estes dois planetas, pois a órbita de Plutão tem uma inclinação de 17º em relação ao plano orbital genérico dos outros planetas, incluindo o de Neptuno. Durante este período de vinte anos (79/99), Plutão subirá até 10 UA (10 unidades astronómicas = 10 × a distância da Terra ao Sol, que é de 149,5 milhões de quilómetros) acima da órbita de Neptuno — espaço suficientemente grande para quase conter a órbita completa do planeta gigante Júpiter. Os próprios planetas Neptuno e Plutão estão bastante separados entre si; a última vez que Neptuno ultrapas-

sou Plutão foi depois de 1890, enquanto ambos se moviam lentamente ao longo das suas órbitas, que são de 165 e 248 anos respectivamente.

Apresentação em «écran»

O programa seguinte traça à escala as posições relativas de Plutão e de Neptuno desde 1880 até 2128 — uma órbita completa do primeiro. Incluem-se vistas de cima e em corte lateral das órbitas sobrepostas, com um pequeno círculo central a piscar que pretende representar a órbita da Terra (cujo centro, obviamente, é o Sol). A passagem dos anos é registada no canto superior direito da imagem, e Plutão é assinalado por um *pixel* verde sobre fundo escuro (nas televisões monocromáticas, será uma sombra mais escura). O fundo é determinado por PAPER 0: BORDER 0.

A imagem apresenta uma breve PAUSE para imprimir seis comentários com interesse, relativos a datas relevantes da progressão dos dois planetas.

A órbita elíptica de Plutão

A órbita de Neptuno é a menos excêntrica das de todos os planetas do Sistema Solar, sendo um círculo quase perfeito. Devido a este facto, os requisitos do programa para a traçar são mínimos — basta a linha 340 para calcular e desenhar (PLOT) a sua órbita, em que a variável f serve para incrementar a posição de PLOT.

A maior parte do programa, a partir da linha 110, destina-se a calcular a órbita elíptica de Plutão, que tem a maior excentricidade de entre as de todos os planetas principais, com um valor de 0,25. Plutão move-se mais depressa quando está mais perto do Sol (daí o espaçamento maior das posições de PLOT) mas, como a apresentação é à escala, e se verifica a sobreposição com a órbita de Neptuno, o facto pode não ser evidente nessa altura.

As linhas 300 e 310, que se encarregam de traçar a progressão orbital de Plutão, parecem quase idênticas, à excepção da expressão final da linha 310:

«... y/200+10»

em que /200 comprime o eixo vertical, ou y, num factor de 200, de modo que, em vez de se traçar uma segunda elipse completa, ela apareça reduzida a uma vista em corte, como se verifica na parte inferior da imagem.

Experiências com a apresentação de Plutão

Depois de ter executado o programa várias vezes, e de ter feito uma COPY do *écran* (quem dispuser da impressora *ZX*, claro), que deverá ser igual à da figura 5.12, gravamos (SAVE) o programa em fita magnética ou noutro meio adequado. Só depois desta operação de segurança será conveniente iniciar a alteração de algumas das variáveis, para ver que resultados se podem obter, pois qualquer modificação poderá arruinar definitivamente a trabalho de introdução da listagem. Daí a recomendação da gravação prévia.

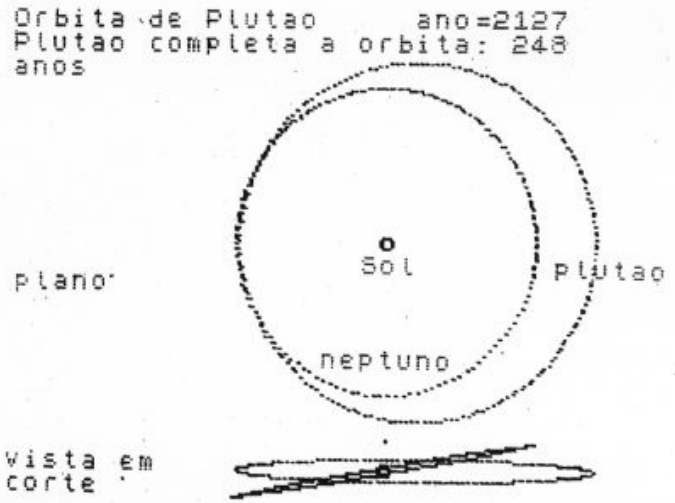


Figura 5.12 *As órbitas de Plutão e Neptuno, observadas de locais diferentes.*

Poderemos testar as seguintes variáveis:

xx coordenada x (horizontal) do Sol

yy coordenada y (vertical) do Sol
f STEPs de posição e de incremento do PLOT de Neptuno (linhas 110 e 340)
h valor do SETP para o ciclo FOR/NEXT principal
t ciclo principal FOR/NEXT com início no valor 0 (começo na posição das 3 horas)
w excentricidade relativa da órbita de Plutão

Os valores 13 (linhas 300 e 310) e 55 (linha 340) controlam os raios das órbitas de cada um dos planetas.

```
  9 REM ************************
 10 REM    Orbita de Plutao
 11 REM ************************
 20 LET t=0: BORDER 0: PAPER 0:
INK 7: CLS : GO SUB 400
 30 PRINT  INK 5;"Orbita de Plu
tao"
 40 PRINT AT 11,0;"plano";TAB 1
6;"Sol";TAB 25; INK 5;"plutao"
 50 PRINT AT 15,14;"neptuno"
 60 PRINT ''''"vista em"'"corte
"
 70 LET xx=140: LET yy=92
 80 PLOT xx-55,0: DRAW 110,20,.
1: DRAW -110,-20,.1
 84 REM ************************
 85 REM Orbita da Terra (flash)
 86 REM ************************
 90 CIRCLE  FLASH 1;xx,yy,2
100 CIRCLE  FLASH 1;xx,10,2
101 REM ************************
105 REM   Elipse da Orbita de
106 REM         Plutao
109 REM ************************
110 LET f=12.3: LET w=28.7
120 LET h=.8: LET g=1e6
```



```
130 LET x=g/1000: LET y=0
140 LET i=h/4: LET v=0
150 LET r=x: LET s=y
160 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
170 GO SUB 260
180 LET x=r: LET y=s: LET o=h/2
190 LET v=v+o*b: LET w=w+o*c
200 GO SUB 300
210 FOR t=0 TO 155 STEP h
220 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
230 GO SUB 260
240 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
250 GO SUB 300: NEXT t: STOP
260 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
270 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
280 LET c=a*y/d: RETURN
289 REM ************************
290 REM    Desenho da Orbita
291 REM         de Plutao
292 REM ************************
300 PLOT  INK 4;x/13+xx,y/13+yy
310 PLOT  INK 4;x/13+xx,y/200+1
0
320 LET tt=1880+INT (t*1.6): PR
INT AT 0,21;"ano=";tt
329 REM ************************
330 REM    Desenho da Orbita
331 REM        de Neptuno
332 REM ************************
340 PLOT  BRIGHT 1;xx+COS f*55,
yy+SIN f*55: LET f=f+.05
349 REM ************************
350 REM  Gosub para Comentarios
351 REM ************************
360 IF tt=1888 OR tt=1929 OR tt
=1979 OR tt=1999 OR tt=2040 OR t
t=2127 THEN  GO SUB 500
370 RETURN
399 REM ************************
```

```
 400 REM Comentarios aos Strings
 401 REM **********************
 410 LET b$="1889-Neptuno ultrap
assa Plutao"
 420 LET c$="1930-Descoberta de
Plutao"
 430 LET d$="Plutao dentro da or
bita  de Nep-tuno - Jan 1979"
 440 LET e$="Plutao fora da orbi
ta de Neptuno - Mar 1999"
 450 LET f$="Neptuno completa a
orbita: 164  anos"
 460 LET g$="Plutao completa a o
rbita: 248   anos"
 470 DIM a$(53): RETURN
 489 REM **********************
 490 REM       Comentarios
 491 REM       condicionais
 492 REM **********************
 500 PRINT  BRIGHT 1;AT 1,0;(b$
AND tt=1888)+(c$ AND tt=1929)+(d
$ AND tt=1979)+(e$ AND tt=1999)+
(f$ AND tt=2040)+(g$ AND tt=2127
)
 510 PAUSE 250: PRINT AT 1,0;a$:
 RETURN
9900 REM **********************
9990 SAVE "plutao"
```

O APEX SOLAR

Mesmo quando nos sentamos tranquilamente a trabalhar com o *Spectrum*, estamos a mover-nos rapidamente através do Universo. Mais ainda, essa deslocação não se realiza numa única e constante direcção, desenvolvendo-se numa série de voltas em

espirais rodopiantes. O conjunto destes movimentos é o somatório dos seguintes factores:

1) Rotação do eixo da Terra
2) Rotação da Terra sobre o eixo Terra/Lua
3) Translação da Terra à volta do Sol
4) Rotação do Sol em redor da Galáxia
5) Rotação da Galáxia dentro do Grupo Local de Galáxias (GLG)
6) Rotação do GLG à volta do Superaglomerado de Galáxias da Virgem (SAGV)
7) Rotação do SAGV em redor do Universo

Esta é a teorização da maior parte dos astrónomos e cosmólogos sobre o assunto, mas observe-se que as categorias 5 e 6 não passam de pura especulação, e a categoria 7 é improvável dentro das concepções actualmente aceites sobre a criação do Universo que perfilham a ideia da megaexplosão primordial *(big bang)*, e de acordo com a qual todos os grupos de galáxias ainda se estão a afastar do ponto dessa explosão. Parte-se do princípio, de que o Universo é «fechado», o que levará as galáxias a uma posição de descanso, após o que inverterão o seu movimento, regressando ao ponto do *big bang* inicial — neste caso, todas as galáxias estarão a orbitar esse ponto, mesmo que o seu movimento se verifique numa linha recta, para fora e depois para dentro (com uma só órbita no máximo). A situação faz lembrar um projéctil que volte a entrar para dentro do cano da arma que o disparou!

De regresso à Terra

O programa que temos a seguir é muito menos abstracto, e combina as categorias 3 e 4 acima descritas, para mostrar o movimento de parafuso de um planeta em direcção a um ponto do firmamento, que se situa perto da estrela Vega, e que é conhecido pelo Apex Solar. Este é a direcção no espaço em que o Sol se está a mover, a uma velocidade de 275 km/seg., à medida que vai também orbitando a nossa galáxia. As coordenadas do chamado

Apex-Padrão, internacionalmente reconhecido, são ascensão recta=270º e declinação=+30º.

O Sol é a linha recta que atravessa o *écran*, e o traço helicoidal representa o percurso do planeta, cuja órbita pode ser inclinada de acordo com o efeito pretendido. As várias hélices têm modestas características tridimensionais, de que podemos ver um exemplo na figura 5.13.

As duas condições de INPUT controlam a inclinação da órbita, 1 para uma vista quase em corte e 10 para a vista de cima, enquanto o INPUT do planeta altera o raio da órbita. O período da apresentação é puramente arbitrário, e é só controlado pelo raio da órbita meramente para indicar que a hélice será mais fina e decorrerá num período mais curto no caso de uma órbita mais pequena.



Figura 5.13 *Movimento helicoidal de um planeta através do espaço.*

```
  5 BORDER 0: PAPER 0: INK 9
  9 REM ************************
 10 CLS : PRINT "Apex Solar",
 11 REM ************************
 15 PRINT "inclinacao= ";
```



```
 20 INPUT "1 a 10",z: PRINT z
 25 PRINT ,"planeta= ";
 30 INPUT "1 - 5",d: PRINT d',"
periodo = ";: LET d=d*10: LET x=
100
 40 FOR f=0 TO PI*9 STEP .1
 45 PRINT AT 2,23;INT (d*f)
 50 LET a=x-f*5+x: LET b=f*3+d
 60 PLOT  INK 6; OVER 1;a,b
 70 PLOT  INK 4;a+SIN f*d,b+COS
 f*d/z
 80 NEXT f: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "apex"
```

CAPÍTULO 6

Os planetas

O homem localizou, desde a Antiguidade, cinco planetas ou vagabundos do céu — Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter e Saturno. A cada um foi atribuída determinada característica da natureza humana, admirada ou temida — tal como o baptismo de Marte de «planeta vermelho», por invocação do deus da guerra. Num nível mais prático, o Homem suspeitava que se trata também de mundos semelhantes ao seu, se bem que demasiado afastados para que os visse com clareza. Em 1609, Galileu Galilei, servindo-se do seu telescópio (pela primeira vez que se utilizou este instrumento óptico em astronomia), confirmou esses factos. Hoje, temos câmaras de televisão que pousam na superfície de Marte, directamente comandadas por um *joystick* ligado a um computador, e operado a 165 milhões de quilómetros de distância, na Terra. Tal é o avanço da tecnologia.

Saibamos já que, embora os ambientes planetários sejam muito mais hostis à vida humana do que pensavam os nossos antepassados, os planetas continuam a ser objectos fascinantes da família solar.

Os programas que se seguem congregam vários assuntos, desde a simulação de uma imagem da superfície marciana até ao cálculo das posições precisas dos planetas no céu, para localização, passando pelo uso do *Spectrum* nessa novíssima técnica que é o CAD *(Computer Aided Design),* para avaliação das imagens planetárias como se as víssemos através de um pequeno telescópio.

O SISTEMA SOLAR

Querendo fazer uma viagem até outros mundos através do *Spectrum,* este programa permite «ver» o sistema solar como o observaríamos a partir da superfície de qualquer planeta (Terra

incluída), e isto em qualquer data à escolha. Podemos mesmo ultrapassar o legendário Ícaro, observando os planetas «comodamente» instalados na superfície do Sol ou, se o preferirmos, a partir de Júpiter, durante o sobrevoo de uma nave espacial.

O programa contém todos os dados necessários ao cálculo das várias posições planetárias («longitude eclíptica»), com o nome da constelação em que cada um deles aparece e a separação angular em relação ao Sol («elongação solar»). Os resultados são apresentados tanto em tabelas como sob forma gráfica — esta última através de uma simulação de uma faixa panorâmica de céu com 360º, centrada no Sol.

Os cálculos e a apresentação das imagens levam apenas alguns segundos a surgir, e são até deliberadamente retardados para que a informação seja perfeitamente assimilada. Aproveitam-se em larga medida as capacidades gráficas e de cor do *Spectrum,* e existe uma opção de cópia do *écran* para a transposição dos resultados para a impressora *ZX.*

A apresentação — de Mercúrio a Neptuno

A imagem inicial lista os planetas e desenha as respectivas órbitas em duas escalas — uma para os planetas de rocha, «tipo Terra», de Mercúrio a Marte, e a outra para os distantes «planetas gasosos gigantes», de Júpiter a Neptuno. Apesar da simplicidade, o programa é suficientemente preciso para se identificarem os planetas como se estivéssemos no jardim da nossa casa, partindo do princípio, claro está, de que o «ponto de observação» é a Terra e que se escolheu uma noite de céu limpo. Um atlas estelar ajudará a descobrir as constelações.

As excepções à apresentação gráfica são os planetas remotos, Úrano, Neptuno e Plutão, ténues demais para serem observados sem o auxílio de um telescópio, e que mesmo assim não se conseguem distinguir das estrelas. Plutão foi excluído do programa por ter uma órbita altamente elíptica e inclinada a 17º sobre o plano geral das órbitas planetárias, que se designa por eclíptica (note-se que o pólo norte da eclíptica se encontra na constelação do Dragão, e faz com o pólo norte celeste um ângulo

de 23º 27′). Assume-se portanto que as órbitas são circulares e de inclinação zero — Mercúrio e Marte revelam-se os menos precisos, e mesmo assim só ao fim de largos períodos de tempo.

O resultado de um programa deste tipo designa-se por «efemérides» e pode revestir-se de certo interesse a discussão dos princípios subjacentes a este trabalho.

O plano do sistema solar pode ser comparado a um gigantesco relógio com oito ponteiros de vários comprimentos, cujas extremidades representam os planetas principais. Cada ponteiro varrerá aproximadamente a mesma área para um mesmo intervalo de tempo (a sombreado nas figuras 5.4 e 5.5, capítulo anterior). Portanto, quanto mais afastado estiver do Sol, mais devagar se moverá o planeta e mais tempo despenderá a completar uma órbita.

Conhecendo a posição dos planetas numa data ou época de referência, basta avançar ou recuar os ponteiros para os localizar em qualquer outra data — do passado, presente ou futuro. Se o ponto de observação for o Sol, cada planeta aparecerá sobreposto ao pano de fundo das constelações, ou signos, do zodíaco, numa posição igual à da latitude heliocêntrica do planeta. No caso de se observar o céu a partir da superfície de um planeta, o computador efectuará as necessárias triangulações para deduzir as posições corrigidas. Com os exemplos de imagens do *écran* da figura 6.1 verificar-se-ão os resultados.

O programa

As declarações REM mostram a estrutura geral do programa, e os DATA são mantidos a partir da linha 1000. Este programa foi originalmente concebido para um *Sinclair ZX 81*, e foi deste que nos ficou o gosto de dividir os *string arrays* para dados!

É bom fazer (duas vezes!) a verificação de que se introduziu correctamente todos estes *arrays* — o menor erro levará de certeza a resultados incorrectos.

Nas representações gráficas, a «*» simboliza o Sol, e o «h» (do nome clássico grego Hermes) indica Mercúrio, para não haver confusões com o «m» de Marte. A longitude eclíptica (long. ecl)

dá a distância angular do planeta a partir do porto vernal (ponto a partir do qual se começa a medir a ascensão recta, ou seja, os 0º), e a elongação solar (elong) dá a distância angular ao Sol (que tem elongação 0º). O sinal menos (número negativo) indica que o planeta está à direita do Sol.

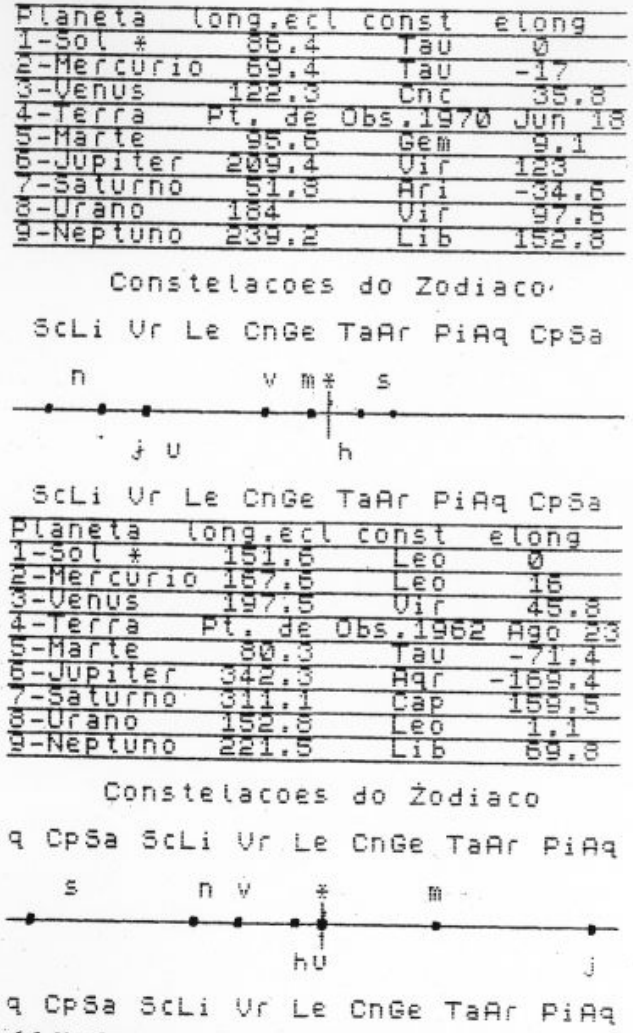


Figura 6.1 *Verifique-se o programa comparando-o com estes resultados.*

As linhas 420 e 440 separam os planetas em dois grupos — o dos que estão perto do Sol (planetas interiores) e o dos que se encontram mais afastados (planetas exteriores), isto a partir do ponto de observação escolhido — e calcula as respectivas posições de acordo com essa divisão. Ao fazer um teste, verificar-se-á que, quando observados da Terra, os planetas interiores Mercúrio e Vénus nunca se afastam muito do Sol, enquanto os exteriores se encontram em qualquer ponto da eclíptica. A máxima elongação (oriental ou ocidental) de Mercúrio em relação ao Sol é de 27°, e a de Vénus nunca excede os 47°. Obviamente, para Neptuno todos os planetas se tornam em interiores e, vistos da sua superfície, os planetas de Mercúrio a Marte nunca se afastam mais do que uma fracção de grau do Sol, sendo virtualmente indetectáveis para um neptuniano!


```
  9 REM ************************
 10 REM      Sistema Solar
 11 REM ************************
 20 BRIGHT 1: GO SUB 1000
 29 REM ************************
 30 REM   Disposicao Inicial
 31 REM         do Ecran
 32 REM ************************
 40 LET L=1: CLS : BORDER RND*3
 50 PRINT PAPER 5;"Sistema Sola
r ";CHR$ 127;"                "
 60 PRINT AT 14,10;"mvt m
js u n";AT 15,9;"*";AT 15,21;"*"
 70 PRINT AT 19,0; PAPER 4;"pla
netas de rocha"; PAPER 5;" plane
tas de   "; PAPER 4;TAB 17; PAPE
R 5;" gas gigantes  "; PAPER 4;T
AB 17; PAPER 5;TAB 31;" ";
 80 LET a=0: LET ax=23
 90 FOR n=1 TO 9: BEEP .1,9: IF
 n=6 THEN PAUSE 50: GO SUB 800:
PAUSE 50: LET a=96: LET ax=20/17
 100 CIRCLE 75+a,51,a(n)*ax
 110 PRINT AT n,0; PAPER 6-(2 AN
D n>1)+(1 AND n>5);y$(n): NEXT n
 120 GO SUB 790

 129 REM ************************
 130 REM     Seleccao do Ponto
 131 REM       de Observacao
 132 REM ************************

 140 INPUT "Introduza numero do
planeta",k: IF k<1 OR k>9 THEN G
O TO 140
 150 BORDER k/2: LET j=k
 160 PRINT PAPER 1;AT 10,0;b$
 170 PRINT AT 11,0; PAPER 0; INK
 7;"     Constelacoes do Zodiaco
   "
 180 PLOT 0,40: DRAW INK 4;255,0

 189 REM ************************
 190 REM     Entrada da Data
 191 REM ************************
 200 INPUT "Data (aaaa,mm,dd)";T
AB 6;y;TAB 11;m;TAB 14;d: IF y<1
00 THEN LET y=y+1900: IF m>12 OR
 d>31 THEN GO TO 200
 210 LET k$=o$(m*3-2 TO m*3)
 220 PRINT AT k,10; FLASH 1;"Pt.
```

```
 de Obs."; FLASH 0; PAPER 6-(2 A
ND k>1)+(1 AND k>5); INK 9;y;" "
+k$+" ";d;" "+(" " AND d<10)
 230 PRINT PAPER 5;AT 0,0;"Plane
ta  long.ecl const  elong "

 239 REM ************************
 240 REM  Salto anos/epoca-dias
 241 REM ************************
 250 IF y/4=INT (y/4) THEN LET L
=0
 260 IF m>2 THEN LET b=(m+1)*30.
6-62-L: GO TO 280
 270 LET b=(m-1)*(63-L)/2
 280 LET dy=INT (b+d)
 290 LET ed=INT ((y-ep)*u+dy+.5)
 300 REM Pos.seleccion.planeta
 310 LET pp=c*(ed/t(j))+l(j)
 320 LET qe=(pp/e-INT (pp/e))*e

 329 REM ************************
 330 REM      Loop Principal
 331 REM ************************
 340 FOR n=1 TO 9: IF n=9 AND n=
j THEN GO TO 710
 350 IF n=j THEN NEXT n
 360 LET p=c*(ed/t(n))+l(n)
 370 LET q=(p/e-INT (p/e))*e
 380 IF j=1 THEN GO TO 440

 389 REM ************************
 390 REM Calc.Planet. Interiores
 391 REM ************************
 400 IF a(n)<a(j) THEN LET el=18
0+qe+r*ATN ((a(n)*SIN ((qe-q)/r)
)/(a(j)-a(n)*COS ((qe-q)/r)))

 409 REM ************************
 410 REM Calc.Planet. Exteriores
 411 REM ************************
 420 IF a(n)>a(j) THEN LET el=q+
r*ATN (SIN ((q-qe)/r))/(a(n)-COS
 ((q-qe)/r))
 430 GO TO 450
 440 LET el=q
 450 IF el<=0 THEN LET el=el+e
 460 IF el>e THEN LET el=el-e
 470 IF el>e OR el<=0 THEN GO TO
 450
 480 LET el=INT (.5+el*10)/10
```



```
 489 REM ************************
 490 REM      Elongacao Solar
 491 REM ************************
 500 IF n=1 THEN LET sol=el
 510 IF j=1 THEN LET sol=0
 520 LET b=INT ((el-sol)*10)/10
 530 IF b>180 THEN LET b=b-e
 540 IF b<-180 THEN LET b=b+e
 550 IF el>=e THEN LET el=el-e
 560 LET v=1+INT (el/30)
 570 PRINT AT n,0;y$(n);
 580 PRINT TAB 11;(" " AND el<9)
;(" " AND el<99);el;TAB 20;c$(v*
4-3 TO v*4);
 590 PRINT TAB 25;(" " AND b>-10
0);(" " AND b>=0 AND b<10);(" "
AND b>=10 AND b<100);b

 599 REM ************************
 600 REM  Print Zodiaco/Planetas
 601 REM ************************
 610 GO TO (n=1)*620+(n<>1)*650
 620 LET w=30-sol/12: IF w>=0 TH
EN LET w=w+1
 630 LET r$=m$(w TO )+m$( TO w)
 640 PRINT INK 7; PAPER 2;AT 13,
0;r$;AT 20,0;r$
 650 LET z=0: LET nn=n/2
 660 IF nn=INT nn THEN LET z=3
 670 PRINT INK 7; PAPER 1;AT 15+
z,b/12-16;z$(n)

 679 REM ************************
 680 REM     Desenho da Posicao
 681 REM          dos Planetas
 682 REM ************************
 690 INK 9: PLOT INT (132-b/1.5)
,44-n: DRAW 1,1: DRAW 0,-1
 700 BEEP .02,n*3: NEXT n

 709 REM ************************
 710 REM  Fim do Loop Principal
 711 REM ************************
 720 IF j=1 THEN PLOT 130,38: DR
AW INK 6;4,4: GO TO 740
 730 PLOT 132,32: DRAW INK 6;0,1
5
 740 GO SUB 790
 750 PRINT #0;"Prima ■=copy, ■=c
ontinuar": PAUSE 0
 760 IF INKEY$="z" THEN COPY : I
```

```
NPUT "": GO TO 750

 769 REM ************************
 770 GO TO 40: REM reRUN
 779 REM ************************
 780 REM     gosub "linhas"
 790 FOR n=175 TO 90 STEP -8: PL
OT 0,n: DRAW 255,0: NEXT n: RETU
RN
 800 CIRCLE 171,51,2: PLOT 171,5
3: DRAW -90,33: PLOT 171,49: DRA
W -90,-33: RETURN

 999 REM ************************
1000 REM     Data & Variaveis
1001 REM ************************
1010 DIM a(9): DIM l(9): DIM t(9
): DIM y$(9,10): DIM b$(32*11)
1020 LET u=365.2654
1030 LET ep=1975: LET e=360
1040 LET r=180/PI: LET rr=e/PI
1050 LET c=e/u
1060 LET F=1e3: LET G=1e4
1070 LET o$="JanFevMarAbrMaiJunJ
ulAgoSetOutNovDez"
1079 REM *codigos dos planetas**
1080 LET z$="*hvtmjsun"
1089 REM ***signos do zodiaco***
1090 LET m$=" Le CnGe TaAr PiAq
CpSa ScLi Vr"
1099 REM **Long(Epoca-1975.0)***
1100 LET l$="000000320663109750
995342496293552141041732057832499
915"
1109 REM ****periodo em anos****
1110 LET t$=".00001,24085.615211
.00001,880911.86229.45884.012164
.79"
1119 REM *raios orbitais em UAs*
1120 LET a$="000001003871007233O
100000152370520280953881918183005
79"
1130 LET p$="1-Sol *   2-Mercuri
o3-Venus   4-Terra   5-Marte   6
-Jupiter 7-Saturno 8-Urano   9-N
eptuno "
1140 LET c$="Psc Ari Tau Gem Cnc
 Leo Vir Lib Sco Sgr Cap Aqr "

1145 REM ************************
1147 REM       Loop dos Data
```



```
1149 REM ************************
1150 FOR n=1 TO 9: LET x=n*6
1160 LET a(n)=VAL a$(x-5 TO x)/G
1170 LET l(n)=VAL l$(x-5 TO x)/F
1180 LET t(n)=VAL t$(x-5 TO x)
1190 LET y$(n)=p$(n*10-9 TO n*10
)
1200 NEXT n: RETURN

1209 REM ************************
1210 REM Fim das subrotinas/data
9900 REM ************************
9990 SAVE "$solar" LINE 20
```

EFEMÉRIDES PLANETÁRIAS

Estamos aqui perante um caso de maior ou menor precisão. Se introduzirmos um programa mais rigoroso que o das efemérides planetárias a seguir descrito, o comprimento aumentará de forma alarmante. Um aumento de dez vezes em precisão, digamos de 10′ (minutos) de erro de arco para 1′, fará ampliar três vezes o comprimento da listagem (LLIST). Qualquer dos graus de precisão colocará um planeta no mesmo campo telescópico de um instrumento de amplificação de imagem a nível de amador, mesmo que este seja de ×50, desde que se aponte correctamente para as devidas coordenadas celestes. Tornar-se-ia logo evidente que o objecto é mesmo um planeta, pois o seu disco seria visível na perfeição (com a possível excepção de Úrano e Neptuno, que só ao fim de um par de noites veríamos moverem-se contra o

pano de fundo das verdadeiras estrelas, daí se podendo concluir estarmos na presença de um planeta).

Há ainda um aspecto mais pertinente a considerar: no caso de querermos introduzir pelo teclado uma listagem de um livro ou revista, sucede chegarmos a situações em que se torna muito difícil detectar qualquer erro, especialmente no caso de fórmulas complexas. Esta é a razão principal da brevidade relativa das listagens deste livro.

Ocultações

Provavelmente o aspecto mais complexo quanto a cálculos de efemérides é o da resolução das ocultações (a passagem da Lua ou de um planeta em frente a uma estrela). O astrónomo profissional necessita quase sempre de calcular as posições de um astro com tal precisão que terá de ter em conta (através de um INPUT) a sua verdadeira posição de observação sobre a superfície terrestre, com limites inferiores a um metro. Como é óbvio, só se poderá meter tal programa num computador maior, ou num minicomputador, bastante para além das possibilidades de um micro como o *Spectrum*. A perfeição tem sempre o seu preço — tanto no campo da matemática como no do *hardware*.

É claro, estas afirmações serão imediatamente contestadas pelos utilizadores do *Spectrum* associado às *microdrives* ou ao sistema FDD *(Floppy disk drive)*, mais recente. Desejamos-lhes somente boa sorte. A dedicação e a perseverança produzirão os seus frutos!

Elementos orbitais

Falaremos a seguir sobre dois aspectos relacionados com o próximo programa. Qual é a precisão possível, e que limitações ela implicará? Façamos em primeiro lugar uma comparação com o programa do «Sistema Solar», considerando-o relativamente pouco preciso — cerca de um grau de desvio (para mais ou menos) da verdadeira posição do astro, porque só se usam três parâmetros nos cálculos, a saber:

1) O período em anos.
2) O raio da órbita em UA (unidades astronómicas).
3) As posições em órbita para uma data de cada época (1975.0).

De acordo com o que já dissemos, só se considerarão órbitas circulares de inclinação zero, o que não corresponde precisamente à realidade. Para maior rigor, teremos de introduzir mais três elementos orbitais:

4) A excentricidade da órbita
5) A inclinação em relação à eclíptica (o plano orbital da Terra)
6) A localização do nodo ascendente (ponto em que uma órbita inclinada cruza a eclíptica na direcção norte).

Para o programa que agora nos interessa, a data da época foi actualizada para 1980.0 em relação à alínea 3, considerando igualmente as restantes (4, 5, e 6).

No que respeita à excentricidade, este programa só resolve a equação de Kepler até ao primeiro grau, para órbitas elípticas de excentricidade à roda de 0,1. Marte, Mercúrio e Plutão, em ordem crescente, têm valores superiores a este, de modo que as suas posições são calculadas com menor precisão que as dos outros planetas.

A localização dos planetas

Considerando como finalidade última deste programa a localização dos planetas no céu, este objectivo apresenta poucos problemas, à excepção de Plutão. Na realidade, este é tão ténue em termos estelares — magnitude da ordem de 14 —, que poucos astrónomos amadores o conseguiram fotografar. Para se estudar este esquivo planeta, necessitamos de um telescópio com cerca de 30 cm de abertura (observação visual), ou de um com 10 cm se só quisermos fotografá-lo. Apesar destes inconvenientes, mantivemos Plutão nos cálculos do programa, a título de interesse geral, se bem que os resultados para ele obtidos indiquem um erro de 0,5° na posição calculada. Se nos servirmos de uma

máquina fotográfica de 35 mm acopulada a um telescópio com 60 cm de comprimento focal, é ainda possível registar a imagem de Plutão (se bem que num dos limites do negativo), apontando o instrumento para a localização no céu indicada pelo programa. Uma das razões adicionais para as grandes imprecisões acerca de Plutão é a sua actual passagem de periélio, que acaba por ser acentuada pelas limitações do programa, visto que este coloca o planeta por detrás (para oeste) da sua verdadeira posição

Perturbações

Em favor do factor brevidade, acabámos por ignorar um outro parâmetro, que diz respeito às perturbações planetárias — a influência gravitacional que qualquer dos planetas exerce sobre os outros, e que os faz desviar das suas órbitas teóricas à volta do Sol. A simples inclusão deste factor em relação aos dois maiores culpados (Júpiter e Saturno), sem sequer se considerarem os outros planetas, implicaria pelo menos mais duas páginas de programa.

Com todas estas omissões, a precisão dos cálculos atinge poucos minutos de AR (tempo) e de Dec (arco), para todos os planetas à excepção de Mercúrio e Plutão.

Execução do programa

Depois de introduzido e feito um RUN, é aconselhável uma comparação da imagem em *écran* com os dois exemplos apresentados nas figuras 6.2 e 6.3. Os dados do nosso programa terão de corresponder precisamente aos das datas nelas indicadas. No que respeita à AR e à Dec, apresentadas respectivamente em s (segundos de tempo) e em " (segundos de arco), os valores deverão ser aceites com as reservas acima expostas sobre a precisão do programa. Ficamos, pois, bastante longe de situações absurdas provocadas por certos programas de efemérides que exigem o INPUT da data aproximada à hora e ao minuto, quando os erros previstos excedem um dia de movimento do planeta contra o fundo estrelado do céu.


```
Efemerides Planetarias ©
        Data=1985 Jun 21
Planeta   Ascen.Recta   Declinacao
Mercuri   07h02m 05s   +24° 38' 32"
Venus     02h49m 35s   +13° 19' 32"
Marte     06h34m 48s   +24° 07' 22"
Jupiter   21h17m 11s   -16° 32' 27"
Saturno   15h24m 19s   -16° 17' 08"
Urano     16h59m 15s   -22° 44' 53"
Neptuno   18h07m 15s   -22° 15' 14"
Plutao    14h27m 18s   +03° 17' 30"
```

Figura 6.2 *Posições dos planetas no solstício de Verão de 1985.*

```
Efemerides Planetarias ©
        Data=2014 Dez 25
Planeta   Ascen.Recta   Declinacao
Mercuri   18h50m 29s   -25° 03' 34"
Venus     19h16m 25s   -23° 28' 16"
Marte     21h11m 17s   -17° 29' 25"
Jupiter   09h37m 45s   +15° 01' 42"
Saturno   15h53m 04s   -18° 16' 48"
Urano     00h48m 42s   +04° 30' 18"
Neptuno   22h25m 11s   -10° 39' 26"
Plutao    18h31m 26s   -19° 34' 09"
```

Figura 6.3 *Posições dos planetas no dia de Natal de 2014.*

O uso de atlas estelares

Para melhores resultados práticos, especialmente se se não estiver familiarizado com o céu nocturno, recomenda-se que as posições previstas sejam traçadas num bom atlas estelar, como o *Norton*, o *Tirion* ou o *Palomar Sky Atlas*. Caso se use um telescópio de pequenas dimensões, o *Tirion* é o mais aconselhado, pois está impresso numa escala maior.

Para confundir um pouco o assunto, cada atlas é normalmente preparado para uma época diferente. Isto significa que as grelhas de referência da AR e da Dec são ligeiramente diferentes, o mesmo sucedendo com as posições aparentes neles traçadas. Na prática, os erros calculados podem exceder os valores da grelha de referência entre 1950,0 para o *Norton* e 2000 para o *Tirion* — tais são as respectivas datas de época.

Verificando o passado

Depois de praticar com algumas datas actuais, se possível copiando-as para a impressora *ZX*, experimente-se introduzir algumas datas do passado. O programa mantém a precisão esperada (cerca de um grau) durante vários séculos, e os erros de base são provocados porque não incluímos os efeitos das perturbações. Pretendendo introduzir uma data anterior a 15 de Outubro de 1582, adicionam-se dez dias a essa data, para a referenciar ao actual calendário gregoriano (ver o capítulo 1).

Indicamos a seguir um exercício relacionado com datas históricas com interesse. Pelo programa descobriremos onde estavam alguns dos planetas, servindo-nos do auxílio de um atlas estelar.

Façamos um INPUT das datas:

1610 Janeiro 10	Galileu descobre as luas de Júpiter (data aproximada).
1610 Fevereiro 8	O então ignorado planeta Úrano dentro do campo estrelado de Júpiter.
1659 Novembro 28	Huyghens descobre o Sirtis Maior em Marte, às 19 h deste dia. Graças a esta observação, a rotação de Marte é determinada com uma aproximação de 1/50 do segundo.
1781 Março 13	Herschel descobre Úrano.
1846 Setembro 23	J. G. Galle descobre Neptuno, a partir da posição teórica prevista por Adams e Le Verrier, considerando as perturbações causadas sobre Úrano.
1930 Fevereiro 10	Plutão descoberto por C. W. Tombaugh, ao fim de dez anos de pesquisas.

É pura coincidência que os acontecimentos acima descritos (à excepção de Neptuno no Aquário) ocorram todos sobre a constelação do Touro e, para Plutão, na vizinha Gémeos. Tem interesse especular sobre a possibilidade de Galileu, com o seu telescópio de inferior qualidade, descobrir Úrano, 170 anos antes de F. W. Herschel, como certos historiadores sugerem. Muitos astrónomos famosos, entre as datas indicadas (1610 e 1781), observaram Úrano, classificando-o como estrela. Só o superior telescópio reflector de Herschel lhe permitiu observar o planeta como um minúsculo disco, que se foi movento contra o fundo estrelado nos sucessivos dias de observação.

Pode, pois, demonstrar-se que o programa tem o seu interesse prático, para a localização dos planetas no firmamento e na confirmação de determinados acontecimentos históricos. Foram já sugeridas as seguintes possibilidades para a estrela de Belém:

a) Uma estrela a nascer, ou «nova».
b) Um cometa.
c) Uma conjunção de planetas brilhantes.

A alínea c) pode ser introduzida no programa, apesar de não se tratar da hipótese ideal, pois a determinação de uma conjunção de planetas é uma questão de pesquisa de possibilidades para um grupo de pelos menos três desses astros, em determinada data. Os quatro planetas mais luminosos são Vénus, Marte, Júpiter e

Saturno, e Júpiter tem obrigatoriamente de ser um dos candidatos à conjunção. Podem introduzir-se datas negativas no programa, como por exemplo −11, que representa o ano 12 a. C.

Uma solução mais elegante para este problema consiste em reestruturar o programa, utilizando ciclos FOR/NEXT e/ou dias de incremento para imprimir no *écran* as ocorrências de conjunções, com início numa data prestabelecida — digamos 1 de Janeiro do ano 10 a. C., e estendendo-se até 1 de Janeiro de 10 d. C. Os planetas de um grupo só darão lugar a uma verdadeira conjunção se não estiverem separados de mais de 1º uns dos outros.

```
  9 REM ************************
 10 REM  Efemerides Planetarias
 11 REM ************************
 20 REM gosub --> Data/Planetas
 30 GO SUB 2000
 39 REM ************************
 40 REM      Titulos Iniciais
 41 REM ************************
 50 BORDER 0: PAPER 5: INK 9: C
LS : PRINT  PAPER 4;"    Efemeri
des Planetarias ";CHR$ 127;"
 "
 60 PRINT '': PRINT  PAPER 6;b$
 70 FOR f=1 TO 8: PRINT  PAPER
6;b$: PRINT a$(f*7-6 TO f*7)
 80 NEXT f
 90 PRINT  PAPER 1;AT 4,0;"Plan
eta  Ascen.Recta  Declinacao"
 99 REM ************************
100 REM Gosub --> input de data
101 REM ************************
110 GO SUB 1000
119 REM ************************
120 REM      Posicao da Terra
121 REM ************************
130 LET we=98.83354
140 LET ee=.016718
```



```
150 LET z=cd*ed/1.00004: GO SUB
770: LET Ne=z
160 LET z=Ne+we-102.596403: GO
SUB 770: LET Me=z
170 LET z=Ne+rr*.016718*SIN (Me
/ra)+we: GO SUB 770: LET Le=z
180 LET ve=Le-102.596403
190 LET Re=(1-ee^2)/(1+ee*COS (
ve/ra))
199 REM ************************
200 REM  Posicoes dos Planetas
201 REM ************************
220 FOR n=1 TO 8: REM Loop Prin
cipal
230 LET z=cd*ed/x(1,n): GO SUB
770: LET Np=z
240 LET Mp=Np+x(2,n)-x(3,n)
250 LET z=Np+rr*x(4,n)*SIN (Mp/
ra)+x(2,n): GO SUB 800: LET Lp=z
260 LET vp=Lp-x(3,n)
270 LET Rp=x(5,n)*(1-x(4,n)*x(4
,n))/(1+x(4,n)*COS (vp/ra))
280 LET Psi=ra*ASN (SIN ((Lp-x(
7,n))/ra)*SIN (x(6,n)/ra))
290 LET yx=Lp-x(7,n)
300 LET y=SIN (yx/ra)*COS (x(6,
n)/ra)
310 LET x=COS (yx/ra)
320 LET ct=ra*ATN (y/x)
330 LET q=ct: GO SUB 820: LET c
t=q
340 LET L1=ct+x(7,n)
350 LET R1=Rp*COS (psi/ra)
360 IF n>2 THEN  GO TO 430
369 REM ************************
370 REM   Planetas Interiores
371 REM     Mercurio/Venus
372 REM ************************
```

```
 380 LET LL=Le-L1
 390 LET A=ra*ATN ((R1*SIN (LL/r
a))/(Re-R1*COS (LL/ra)))
 400 LET z=180+Le+A: GO SUB 800:
 LET Lam=z
 410 GO TO 470
 419 REM ************************
 420 REM   Planetas Exteriores
 421 REM      Jupiter/Plutao
 422 REM ************************
 430 LET LL=L1-Le
 439 REM ************************
 440 REM   Longitude Ecliptica
 441 REM ************************
 450 LET z=L1+ra*ATN ((Re*SIN (L
L/ra)/(R1-Re*COS (LL/ra)))): GO
SUB 800: LET Lam=z
 459 REM ************************
 460 REM   Latitude Ecliptica
 461 REM ************************
 470 LET Bet=ra*ATN (R1*TAN (Psi
/ra)*SIN ((Lam-L1)/ra)/(Re*SIN (
(L1-Le)/ra)))
 479 REM ************************
 480 REM  Coordenadas Eclipticas
 481 REM         Equatoriais
 482 REM ************************
 490 LET la=Lam/ra
 500 LET ec=23.441884/ra
 510 LET be=Bet/ra
 520 LET y=SIN la*COS ec-TAN be*
SIN ec: LET x=COS la
 530 LET RH=ra*ATN ((SIN la*COS
ec-TAN be*SIN ec)/(COS la))
 539 REM ************************
 540 REM    Gosub Quadrante
 541 REM ************************
 550 LET q=rh: GO SUB 820: LET r
h=q
```



```
 570 LET rx=rh/15: LET ry=INT rx
 579 REM ************************
 580 REM   Impressao no Ecran
 581 REM ************************
 590 PAPER 5: PRINT AT n*2+4,9;
 600 PRINT ("0" AND ry<10);ry;"h
";
 610 LET mx=60*(rx-INT rx): LET
my=INT mx: PRINT ("0" AND my<10)
;my;"m ";
 620 LET sx=INT (60*(mx-INT mx)+
.5): PRINT ("0" AND sx<10);sx;"s
"
 630 LET DC=ra*ASN (SIN be*COS e
c+COS be*SIN ec*SIN la)
 640 PRINT AT n*2+4,21;
 650 IF dc<0 THEN  PRINT "-";
 660 IF dc>0 THEN  PRINT "+";
 670 LET dc=ABS dc
 680 PRINT ("0" AND ABS dc<10);I
NT dc;CHR$ 130;
 690 LET dm=60*(INT ABS dc-ABS d
c)
 700 PRINT ("0" AND ABS dm<10);I
NT ABS dm;CHR$ 39;
 710 LET ds=60*(INT ABS dm-ABS d
m)
 720 PRINT ("0" AND ABS ds<10);I
NT ABS ds;CHR$ 34
 729>REM ************************
 730 NEXT n: PRINT #0; PAPER 1;"
 desenho dos planetas no atlas
  estelar"
 740 PRINT #0;"Prima c=COPY n=No
va data": PAUSE 0
 750 IF INKEY$="c" THEN  COPY :
INPUT "": GO TO 740
 760 GO TO 50: REM ****reRUN****
 770 REM **Alcance 0-360 graus**
```

```
 780 LET z=c*(z/c-INT (z/c))
 790 RETURN
 800 REM ***Numeros Positivos***
 810 LET z=z-(c AND z>c)+(c AND
z<0): RETURN
 820 REM *******Quadrante*******
 830 IF x<0 THEN  LET q=q+180: R
ETURN
 840 IF y>0 THEN  RETURN
 850 LET q=q+c: RETURN
1000 REM ****Entrada da data****
1010 INPUT "Data aaaa,mm,dd";TAB
 5;y;TAB 10;m;TAB 13;d
1020 IF m<1 OR m>12 OR d>31 THEN
  GO TO 1010
1030 LET m$="JanFevMarAbrMaiJunJ
ulAgoSetOutNovDez": LET m$=" "+m
$(m*3-2 TO m*3)+" "
1040 LET d$=STR$ y+m$+STR$ d
1050 INPUT (d$+"  Data OK?(s/n)"
);q$
1060 IF q$="n" THEN  GO TO 1000
1070 PRINT  PAPER 7;AT 2,9;"Data
=";d$
1080 REM *****Dias da Epoca*****
1110 LET J=INT (365.25*(y-(m<3))
)+INT (30.6001*(m+1+12*(m<3)))+d
-INT (y/100)+INT (INT (y/100)/4)
+1720996.5: LET ed=J-2444238.5
1130 RETURN
1999 REM ************************
2000 REM     Data em Memoria
2001 REM       e Variaveis
2002 REM ************************
2010 REM     Periodo em Anos
2020 DATA .24085,.61521,1.88089,
11.86224,29.45771,84.01247,164.7
9558,250.9
2030 REM **Longitude na Epoca***
```



```
2040 DATA 231.2973,355.73352,126
.30783,146.966365,165.322242,228
.070855,260.3578998,209.439
2050 REM *Perielio da Longitude*
2060 DATA 77.1442128,131.2895792
,335.6908166,14.0095493,92.66539
74,172.7363288,47.8672148,222.97
2
2070 REM ****Excentricidade*****
2080 DATA .2056306,.0067826,.093
3865,.0484658,.0556155,.0463232,
.0090021,.25387
2090 REM ****Eixo Semimaior*****
2100 DATA .3870986,.7233316,1.52
36883,5.202561,9.554747,19.21814
,30.10957,39.78459
2110 REM *******Inclinacao******
2120 DATA 7.0043579,3.394435,1.8
498011,1.3041819,2.4893741,.7729
895,1.7716017,17.137
2130 REM ****Nodo Ascendente****
2140 DATA 48.0941733,76.4997524,
49.4032001,100.2520175,113.48883
41,73.8768642,131.5606494,109.94
1
2150 REM ***Nomes dos Planetas**
2160 LET a$="MercuriVenus  Marte
  JupiterSaturnoUrano  NeptunoPl
utao "
2170 REM **dim/load data array**
2180 DIM x(7,8): FOR n=1 TO 7
2190 FOR f=1 TO 8: READ x(n,f)
2200 NEXT f: NEXT n: DIM b$(32)
2210 REM ******variaveis********
2220 LET c=360: LET cd=c/365.242
2: LET ra=180/PI: LET rr=c/PI
2230 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "efemerides" LINE 40
```

AS LUAS DE MARTE

Nas *Viagens de Guliver,* publicadas em 1735, o autor, Jonathan Swift, brincava com os astrónomos contemporâneos atribuindo superior instrumentação e importantes descobertas ao mítico povo de Liliput. Ao mesmo tempo, Swift conseguiu provar que não era um matemático qualquer.

Os Liliputianos descobriram (entre outras coisas) «duas estrelas menores, ou satélites... à volta de Marte... a uma distância deste compreendida entre três e cinco vezes o diâmetro do planeta... com períodos de 10 e 21 horas respectivamente...»

Como a duração do «dia» marciano (24 h 37 m) fora deduzida por G. D. Cassini em 1666, Swift devia saber que a sua imaginada lua mais próxima deveria, quando vista da superfície de Marte, nascer a oeste e pôr-se a leste poucas horas depois. A segunda lua estaria virtualmente fixa nos céus marcianos, já que o seu período orbital praticamente igualava o da rotação do planeta.

142 anos mais tarde, em 1877, o professor Asaph Hall, servindo-se do telescópio refractor de 66 cm do Observatório Naval de Washington, transformou a ficção de Swift em realidade. Descobriu as duas luas de Marte, verificando que a interior orbitava o planeta mais depressa que o período de revolução do primário e que a mais afastada se quedava sobre uma mesma paisagem marciana durante quase três «dias», passando por todas as fases, de lua nova a lua cheia, duas vezes seguidas. Os períodos orbitais sinódicos actualmente aceites são de 7 h 39 m para Fobos e de 30 h 21 m para Deimos.

A apresentação em «écran»

O programa que se segue mostra todos estes factos de forma animada, em que tanto a escala como os movimentos relativos dos três corpos estão correctos. Incorporada na imagem, aparece uma original projecção dos céus de Marte vistos da superfície do planeta vermelho, na qual surgem as luas nas suas várias fases, à medida que percorrem as suas órbitas. A figura 6.4 mostra uma imagem típica.

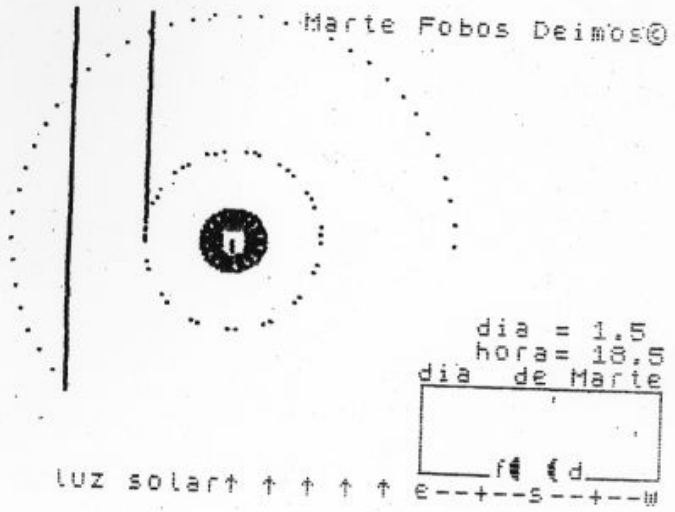


Figura 6.4 *As posições de Fobos e Deimos são assinaladas pelas respectivas sombras, à medida que orbitam Marte. No canto inferior direito, mostra-se uma vista da superfície de Marte, ao meio-dia local e com o Sol a sul. Deimos está a oeste. Como sucede com muitos dos programas deste livro, os resultados só podem ser devidamente apreciados a cores e durante a animação que os caracteriza.*

Em relação à imagem principal, o ponto de observação está no espaço, sobre a calote gelada do pólo norte do planeta. A luz do Sol vem do fundo do *écran,* projectando a sombra de Marte para o espaço superior da imagem. Uma linha de longitude, a piscar sobre a superfície planetária, dá conta da lenta rotação de Marte e mostra-nos onde se situa o nosso observador. Fobos e Deimos andam à volta do seu primário e o programa também vai desenhando as respectivas sombras.

No canto inferior direito do *écran* temos a miniprojecção do céu e de parte da superfície de Marte. O ângulo de visão cobre o horizonte meridional, de leste a oeste, e por ele passam o Sol e as duas luas, em movimento perfeitamente sincronizado com o da

imagem principal. As luas (marcadas com f para Fobos e d para Deimos) apresentam as suas fases, que podem ser relacionadas com a indicação da passagem do tempo no topo da projecção, em dias e horas.

Fobos e Deimos

A representação animada começa com um colorido pôr do sol no primeiro dia — Fobos e Deimos situam-se a sul, portanto centrados na miniprojecção. Fobos (o Medo) move-se rapidamente para a esquerda, antecipando-se à rotação do planeta, e o seu ocaso verifica-se a breve trecho, por sobre o horizonte ocidental. Ao contrário, Deimos (o Terror) desloca-se lentamente em direcção a oeste, mantendo-se no céu por mais de 30 horas marcianas antes de ser ultrapassado pelo Sol neste processo. Nos dias que se seguem, Fobos mover-se-á várias vezes de oeste para leste sobre os céus, ao mesmo tempo que Deimos só efectua uma outra reaparição até ao fim da execução do programa.

É aconselhável fazer vários RUN do programa, de preferência numa televisão a cores, para melhor percepção das sucessivas apresentações em *écran*. Referimos a seguir os pormenores que se revestem de maior interesse.

Quando um dos satélites aparece no topo do *écran*, apresenta-se sob a forma de um disco completamente iluminado (ou em lua cheia). Quando o mesmo astro se coloca no fundo da imagem, retrata uma lua nova, entre o Sol e Marte, pois na realidade ela não está iluminada, e desaparece com brevidade. Se essa lua nova ocorrer durante o «dia» marciano, o ponto que a representa passa muito depressa perto do Sol, sendo necessário estar bastante atento ao evoluir da miniprojecção. O conjunto de caracteres UDG CHR$, do CHR$ 144 até ao CHR$ 159, encontra-se definido no programa de maneira a representar as fases das luas em fases diferentes.

O tempo de execução do programa é controlado pelo ciclo FOR/NEXT n da linha 280, desenvolvendo-se durante cinco dias, e em que PI*10 é igual a dez arcos semicirculares de rotação planetária, dispostos em intervalos de meia hora cada pela

instrução STEP PI/24. Experimente-se executar o programa com outros valores em lugar dos 10 e 24 nesta linha. Note-se que qualquer tempo de execução superior a cinco dias faz perder a sincronização do satélite Fobos.

É também possível alterar o tamanho de Marte e das duas órbitas, com a variável «escala» da linha 110. As variáveis «marte», «fo» e «de» atribuem o diâmetro a Marte e os valores aos raios orbitais de Fobos e Deimos, respectivamente (em quilómetros), pelo que não convém alterá-los.

```
  9 REM ************************
 10 REM       Luas de Marte
 11 REM ************************
 20 RESTORE : GO SUB 2000
 29 REM ************************
 30 REM         Variaveis
 31 REM ************************
 40 DIM a$(3): DIM d$(13)
 50 LET m$="de Marte"
 60 LET n$="Marte Fobos Deimos"
 70 LET x=83: LET y=92: LET d=0
: LET p=0: LET ceu=0: LET sk=1
 80 LET h=0
 90 LET dd=4.7: LET pp=4.7
100 LET m1=4: LET m2=4
110 LET q=203: LET escala=290
120 LET marte=6790/2/escala
130 LET m=marte-1
140 LET ph=9350/escala
150 LET de=23487/escala
159 REM ************************
160 REM     Titulos Iniciais
161 REM ************************
170 BORDER 0: PAPER 0: CLS
180 PRINT AT 12,9;n$;AT 15,22;
INK 4;"hora=";AT 14,22; INK 6;"d
ia ="
190 PRINT  PAPER 6; INK 9;AT 16
,19;m$+"dia "''''''"luz solar^ ^
```

```
^ ^ ^ "; PAPER 2; INK 5;"e--+--s
--+--w"
 200 LET pa=5: GO SUB 740
 209 REM ************************
 210 REM Disco marciano e sombra
 211 REM ************************
 220 FOR n=0 TO 9: PRINT  PAPER
1;AT n,9;a$: NEXT n
 230 OVER 0: CIRCLE x,y,marte
 240 FOR n=0 TO PI*2 STEP PI/24
 250 PLOT x,y: DRAW  INK 2;COS n
*m,SIN n*m: NEXT n: PRINT AT 12,
5;d$+d$; BRIGHT 1; PAPER 7;AT 10
,10;" "
 260 PRINT AT 0,13;n$;CHR$ 127
 269 REM ************************
 270 REM     Loop Principal
 271 REM ************************
 280 FOR n=0 TO PI*10 STEP PI/24
 290 IF h>24 THEN  LET h=h-24
 300>PRINT AT 15,28;h;"   "
 310 BEEP .01,40: LET h=h+.5
 320 PRINT AT 14,28;sk-.5;"   "
 329 REM ************************
 330 REM  Calc. Rotacao de Marte

 331 REM ************************
 340 LET cn=COS n: LET cm=cn*m
 350 LET sn=SIN n: LET sm=sn*m
 360 IF ceu/24=INT (ceu/24) THEN
  LET pa=3: GO SUB 740: GO SUB 6
90
 370 GO SUB 850
 379 REM ************************
 380 REM  Calc. Orbitas/Parte 1
 381 REM ************************
 390 LET dc=COS d: LET ds=SIN d
 400 LET pc=COS p: LET ps=SIN p
 409 REM ************************
```



```
 410 REM  Calc. das Luas no Ceu
 411 REM ************************
 420 OVER 1: LET ddc=COS dd: LET
 dds=SIN dd: LET ppc=COS pp: LET
 pps=SIN pp: LET ceu=ceu+1
 429 REM ************************
 430 REM  Calc. Orbitas/Parte 2
 431 REM ************************
 440 LET dx=x+dc*de
 450 LET dy=y+ds*de
 460 LET px=x+pc*ph
 470 LET py=y+ps*ph
 479 REM ************************
 480 REM Longit. Marciana(flash)
 481 REM ************************
 490 FOR f=0 TO 1: PLOT x,y: DRA
W  INK 2;cm,sm: GO SUB 780
 500 INK 9
 509 REM ************************
 510 REM   Desenho das Orbitas
 511 REM ************************
 520 PLOT dx,dy
 530 DRAW 0,175-dy-(96 AND dy<y
AND dx>x-13 AND dx<x+13)
 540 PLOT px,py
 550 DRAW 0,175-py-(96 AND py<y
AND px>x-13 AND px<x+13)
 560 NEXT f
 570 PLOT dx,dy: PLOT px,py
 589 REM ************************
 590 REM   Gradacao da orbita
 591 REM          da lua
 599 REM ************************
 600 LET d=d+.105: LET p=p+.425
 610 LET dd=dd+.026: LET pp=pp-.
295
 620 LET m1=m1+1.069: LET m2=m2+
 252
 630 IF m1>15 THEN  LET m1=m1-16
```

```
 640 IF m2>15 THEN  LET m2=0
 650 OVER 0: NEXT n
 654 REM **********************
 655 REM    reRUN  Programa
 660 PRINT #0; FLASH 1;"Prima um
a tecla para repetir": PAUSE 0:
GO TO 30
 679 REM **********************
 680 REM  Projeccao do mini-ceu
 681 REM **********************
 690 PRINT AT 16,19;
 700 IF sk<>INT sk THEN  PRINT
PAPER 6; INK 9;"dia  "+m$: LET p
a=5
 710 IF sk=INT sk THEN  PRINT  P
APER 5; INK 9;"noite"+m$: LET pa
=1
 720 LET sk=sk+.5
 729 REM **********************
 730 REM Desenho da caixa do ceu
 731 REM **********************
 740 FOR k=17 TO 20: PRINT  PAPE
R pa;AT k,19;d$: NEXT k
 750 INK 9: PLOT 154,9: DRAW 100
,0: DRAW 0,30: DRAW -100,0: DRAW
 0,-30
 760 PRINT  BRIGHT 1; PAPER 0; I
NK 7;AT 20,23;"f   d"
 770 RETURN
 779 REM **********************
 780 REM Desenho do Sol marciano
 781 REM **********************
 790 INK 9: IF sm<0 THEN  PLOT q
+cm*4.2,10+ABS sm*2.4: DRAW 0,1
 799 REM **********************
 800 REM Desenho das luas no ceu
 801 REM **********************
 810 IF dds<0 THEN  PLOT q+ddc*5
0,12+ABS dds*20: DRAW 0,1
```



```
 820 IF pps<0 THEN  PLOT q+ppc*5
0,10+ABS pps*20: DRAW 0,1
 830 INK 0: RETURN
 839 REM **********************
 840 REM  Impressao/Fases da Lua
 841 REM **********************
 850 PRINT  PAPER 0; INK 7; BRIG
HT 1;AT 20,24;CHR$ (144+ABS m1)+
" "+CHR$ (144+m2): RETURN
1999 REM **********************
2000 REM  Data das fases da lua
2001 REM        em UDGs
2002 REM **********************
2010 DATA 0,0,0,12,2,1,12,6,3,12
,6,7,12,14,15,12,30,31,28,62,63
2020 DATA 60,126,127,60,126,255,
60,126,254,56,124,252,48,120,248
2030 DATA 48,112,240,48,96,224,4
8,96,192,48,64,128
2039 REM **********************
2040 REM    poke das luas UDG
2041 REM **********************
2050 FOR n=0 TO 15: FOR f=0 TO 1
2060 READ p
2070 POKE USR CHR$ (144+n)+f,p
2080 POKE USR CHR$ (144+n)+7-f,p
2090 NEXT f
2100 READ c: FOR x=2 TO 5
2110 POKE USR CHR$ (144+n)+x,c
2120 NEXT x: NEXT n: RETURN
2129 REM **********************
2130 REM    Fim das luas UDG
9900 REM **********************
9990 SAVE "marte" LINE 1
```

OS SATÉLITES DE JÚPITER

Em 1609, o italiano Galileu Galilei usou o seu recém-construído telescópio (inventado no ano anterior pelo holandês Han Lipershey) no estudo dos astros. As revelações que imediatamente produziu espantaram o mundo civilizado, caindo porém no desagrado da Igreja.

Uma das descobertas causou particular e grave consternação: «o planeta Júpiter têm quatro luas em órbita ao seu redor...» — a prova de que nem todos os corpos celestes se situavam em redor da Terra, o que significava que esta não era afinal o centro do Universo. Numa época em que as ciências tinham atingido elevado nível por toda a Europa, a Itália auto-excluiu-se assim das discussões verificadas nas décadas seguintes. Nos nossos dias, qualquer pessoa pode ter o prazer de descobrir as luas de Júpiter, com um modesto par de binóculos, e este programa contribui para essa realidade.

Apesar do escasso comprimento deste programa, do tipo do das «Efemérides», a precisão é mais do que suficiente para permitir localizar e identificar os quatro satélites galileanos, em qualquer data e hora. As predições coincidem integralmente com as publicadas na *Sky and Telescope* e no livro *BAA Handbook*, qualquer deles verdadeiras autoridades neste tipo de trabalho.

O traçado das luas

O programa tem uma boa apresentação em *écran*, com a imagem bem estruturada, e é melhor quando visto a cores. Depois de introduzido e de se ter posto a correr, o computador pede a introdução da data, oferecendo a seguir a opção de apresentação das luas em intervalos de duas horas ou como estarão à meia-noite (zero horas de tempo universal), isto para um período de 12 dias. A imagem (ver as figuras 6.5 e 6.6) permite a observação das várias luas a andar «para a frente e para trás» sobre o planeta Júpiter, que se considera fixo na linha central do *écran*.

O movimento bi-horário das luas é pequeno mas perfeitamente apresentado, particularmente para as duas mais interiores, Io e

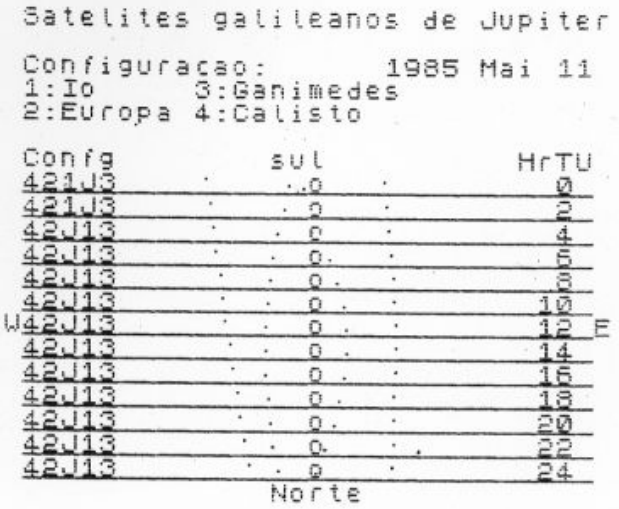


Figura 6.5 *Posições dos satélites de Júpiter, para um dia escolhido, marcadas a intervalos de 2 horas.*

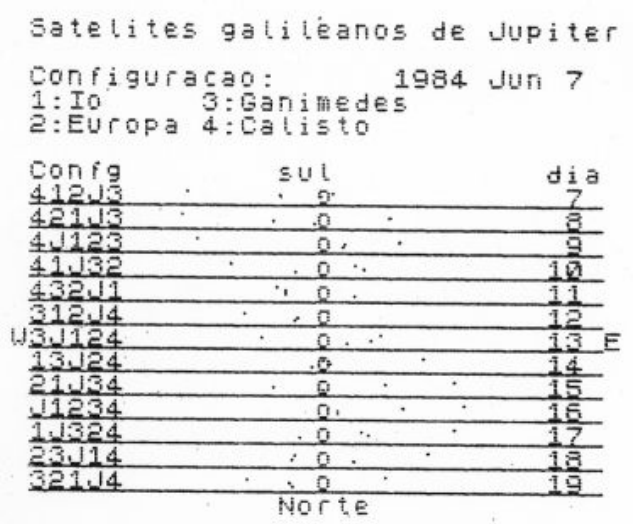


Figura 6.6 *Traçado dos satélites, à meia-noite, durante doze dias. O movimento diário das luas é muito mais acentuado.*

Europa. O movimento diário dos satélites (realizado após um INPUT «d») é muito mais acentuado que a opção anterior, e para ajudar a identificar cada um deles, apresenta-se a chamada «configuração» sob a forma de vários números no meio da letra 'J', para Júpiter. Os números representam a ordem dos satélites contados a partir do planeta, e em que 1=Io, 2=Europa, etc. Como é natural, e atendendo a que o programa calcula as posições aparentes tal como são vistas da Terra, não será de estranhar o facto de os satélites aparecerem em sucessões estranhas, como por exemplo 132J4, provocadas pelo facto de a «observação» do sistema planetário jupiteriano ser feita em corte. Uma vista de cima mostraria todas as luas descrevendo círculos perfeitos à volta de Júpiter, mantendo as suas posições em relação ao planeta: 1, 2, 3 e 4.

A localização de Júpiter no céu

Normalmente, vemos o planeta Júpiter no céu a pouca altura, para os lados de su-sudoeste quando observado de Portugal e do resto do hemisfério norte, depois do lusco-fusco, e essa posição permanecerá mais ou menos constante nos próximos anos, sempre com tendência a estar cada vez mais baixo sobre o horizonte meridional. As melhores noites para o observar são as do Verão e do Outono, e as condições para o hemisfério sul são ainda mais favoráveis. É a «estrela» mais brilhante nessa região do céu, e qualquer par de binóculos poderosos ou um pequeno telescópio revelá-lo-á como um minúsculo disco, rodeado por pequenos pontos luminosos (os satélites), que se movem ao longo das horas e dos dias de acordo com o programa. Em caso de noite encoberta, poderemos servir-nos da possibilidade de COPY que o programa contém, mandando para a impressora ZX a posição relativa dos satélites, e que se mostrará útil quando finalmente se encontrar um céu bem limpo (INPUT «c»).

```
 9 REM ************************
10 REM  Satelites de Jupiter
11 REM ************************
```



```
 20 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
LS
 30 DIM x(5): DIM t$(5): DIM x$
(30)
 40 DEF FN z(i)=i-360*INT (i/36
0)
 50 LET t$="1234J": LET s$=""
 60 LET r1=PI/180
 70 LET m$="JanFevMarAbrMaiJunJ
ulAgoSetOutNovDez"
 79 REM ************************
 80 REM  Titulos/Input da data
 81 REM ************************
 90 PRINT  PAPER 5;AT 1,1;"Sate
lites galileanos de Jupiter"
 100 INPUT "Ano: ";yr
 110 PRINT : PRINT "Ano = ";yr
 120 LET d$=STR$ yr
 130 INPUT "Mes (1-12) :  ";mh:
IF mh<1 OR mh>12 THEN  GO TO 130
 140 LET m$=m$(mh*3-2 TO mh*3)
 150 PRINT "Mes = ";m$
 160 LET d$=d$+" "+m$
 170 INPUT "Dia: ";dy: IF dy<1 O
R dy>31 THEN  GO TO 170
 180 PRINT "Dia = ";dy
 190 PRINT "Periodo de intervalo
=";
 200 INPUT "horas ou dias(h/d)";
a$
 210 IF a$="h" THEN  PRINT "2hrs
"
 220 IF a$<>"h" THEN  PRINT "dia
rio"
 230 PRINT #0; FLASH 1;"Data OK
(s/n)": PAUSE 0: IF INKEY$="n" T
HEN  GO TO 10
 240 LET d$=d$+" "+STR$ dy
```

```
 249 REM ************************
 250 REM  Composicao dos Titulos
 251 REM ************************
 260 CLS
 270 PRINT  PAPER 5;AT 1,1;"Sate
lites galileanos de Jupiter"
 280 PRINT  INK 4;AT 3,1;"chave.
configuracao:"," 1:Io      3:Gani
medes"," 2:Europa 4:Calisto"
 290 PRINT  PAPER 5; INK 1;AT 3,
20;d$+(" " AND LEN d$<11)
 300 INK 6: PRINT AT 7,1;"Confg"
 310 PRINT AT 7,27;("HrTU" AND a
$="h")+(" dia" AND a$<>"h"): INK
 9
 320 PRINT  INK 3;AT 7,14;"sul";
AT 14,0;"W";AT 14,31;"E";AT 21,1
4;"Norte"
 329 REM ************************
 330 REM Calc.dias/salto de anos
 331 REM ************************
 340 LET m=mh: LET y=yr
 350 IF mh>=3 THEN  GO TO 370
 360 LET m=m+12: LET y=y-1
 370 LET f=INT (y/100)-INT (y/40
0)
 379 REM ************************
 380 REM  Calculo do Dia Juliano
 381 REM ************************
 390 LET a=INT (365.25*(y+4712))
-2415020
 400 LET b=INT ((367*(m-1)+5)/12
)
 409 REM ************************
 410 REM     Loop Principal
 411 REM interv. diarios de 2hrs
 412 REM ************************
 420 LET hr=0: FOR c=0 TO 12
```



```
 430 LET d=dy+hr/24+a+b-f-.5
 439 REM ************************
 440 REM Calc. posicoes das luas
 441 REM ************************
 450 LET M=FN z(358.476+.9856003
*d)
 460 LET N=FN z(225.328+.0830850
*d)
 470 LET J=FN z(221.647+.9025179
*d)
 480 LET aa=1.92*SIN (M*r1)+.02*
SIN (2*M*r1)
 490 LET bb=5.537*SIN (N*r1)+.16
7*SIN (2*N*r1)
 500 LET K=J+aa-bb
 510 LET delta=SQR (28.07-10.406
*COS (K*r1))
 520 LET psi=ASN (SIN (K*r1)/del
ta)/r1
 530 LET u1=FN z(84.5506+203.405
863*(d-delta/173)+psi-bb)
 540 LET u2=FN z(41.5015+101.291
632*(d-delta/173)+psi-bb)
 550 LET u3=FN z(109.977+50.2345
169*(d-delta/173)+psi-bb)
 560 LET u4=FN z(176.3586+21.487
9802*(d-delta/173)+psi-bb)
 570 LET x(1)=5.906*SIN (u1*r1)
 580 LET x(2)=9.397*SIN (u2*r1)
 590 LET x(3)=14.989*SIN (u3*r1)
 600 LET x(4)=26.364*SIN (u4*r1)
 610 LET x(5)=0
 619 REM ************************
 620 REM    Impressao de Jupiter
 621 REM       Desenho da Lua
 622 REM ************************
 630 PAPER 1
 640 PRINT AT c+8,1;x$;AT c+8,16
```

```
; INK 6;"o"
 650 PRINT AT c+8,28;
 660 IF a$="h" THEN  PRINT (" "
AND hr<10);hr
 670 IF a$<>"h" THEN  PRINT (" "
 AND dy<10);dy
 680 FOR n=1 TO 4: PLOT  OVER 1;
131-4.5*x(n)/2,n+105-c*8: NEXT n
 690 FOR o=1 TO 5
 700 LET max=x(1): LET t=1
 710 FOR n=2 TO 5
 720 IF x(n)>max THEN  LET max=x
(n): LET t=n
 730 NEXT n
 740 LET s$=s$+t$(t): LET x(t)=-
50
 750 NEXT o
 760 PRINT  PAPER 1;AT c+8,1;s$:
 LET s$=""
 770 PLOT 8,104-c*8: DRAW 239,0
 780 IF a$<>"h" THEN  LET dy=dy+
1
 790 IF a$="h" THEN  LET hr=hr+2
 800 BEEP .1,30: NEXT c
 809 REM ************************
 810 REM   Menu- COPY ou RUN
 811 REM ************************
 820 PRINT #0;"Prima c=COPY r=RU
N": PAUSE 0
 830 IF INKEY$="c" THEN  LPRINT
: COPY : INPUT "": GO TO 820
 840 RUN
9900 REM ************************
9990 SAVE "SatJup" LINE 1
```


OS ANÉIS DE SATURNO

Saturno é o mais espectacular de entre os planetas, e representou a fronteira do sistema solar até 1781. É um mundo gelado, em que o Sol não passa de brilhante estrela nos seus céus, mas tal afastamento não impediu o homem de tentar obter imagens o mais próximas possível. As bem sucedidas missões das sondas *Voyager* enviaram fotografias muito nítidas, especialmente as obtidas em Agosto de 1981 (muito mais esclarecedoras que qualquer das obtidas por telescópios colocados na Terra) e que foram tiradas de bastante «perto»: 1450 milhões de quilómetros do planeta.

O magnífico astro anelado sempre impressionou quer os neófitos quer os especialistas em astronomia. Este programa e os dois que se seguem destinam-se a satisfazer vários graus de interesse e demonstram também as capacidades gráficas do *Spectrum*.

«Anéis de Saturno» é provavelmente a simulação mais precisa que até hoje se tentou realizar num microcomputador caseiro e talvez seja mesmo de qualidade superior às programadas em máquinas maiores, com excepção das concebidas pelo Laboratório Planetário da N. A. S. A.

Apresenta uma imagem a toda a largura do *écran*, com supressão das linhas «escondidas» e na qual o globo e o sistema de anéis são traçados com absoluta perfeição de escala. Podemos inclinar o planeta em qualquer ângulo até 90º e, se se indicar um ângulo de 0º, o planeta é desenhado como se fosse visto directamente sobre o plano equatorial, com os anéis representados por estreita linha (vista lateral). No caso de escolhermos 90º de inclinação, o computador apresenta uma vista polar, com o sistema anelar a rodear completamente o planeta. Podemos escolher um ponto de observação a norte ou a sul da referência de inclinação; um INPUT «s» mostrará a parte inferior dos anéis, o equador e o pólo então visível.

A sequência de traçado do planeta é a seguinte:

1) Verificação do tamanho da imagem; mudança de escala se a inclinação for maior do que 43º.

2) Desenho do globo, com correcção do achatamento aparente de acordo com a inclinação.
3) Desenho do equador, com compensação para a inclinação.
4) Desenho do sistema de anéis semitransparente.
5) Traçado dos anéis interiores sobre a imagem do globo, de acordo com o ponto de observação N/S.
6) Desenho da divisão de Cassini no meio do sistema anelar, no sentido dextrógiro para a observação norte.
7) Supressão da divisão de Cassini se esta estiver «por detrás do planeta.
8) Desenho do ponto do pólo visível, em correcção do achatamento aparente conforme a inclinação.

Utilização do comando SCREEN$

O programa têm uma opção de COPY, para impressão da imagem completa na *ZX* ou para a gravação do desenho em fita magnética, através da instrução SCREEN$. Esta última é a simplicidade personificada — basta premir a tecla «p» e pôr o gravador a trabalhar para efectuar a gravação da imagem criada. O ângulo de inclinação é automaticamente gravado junto com o título da imagem, por exemplo «sat −23.4». Para recriar o desenho, faz-se LOAD «sat −23.4» SCREEN$, e o *Spectrum* localizará e apresentará a versão desejada.

Saturno e as simulações em computador

Ao contrário de algumas imprecisas representações computorizadas de Saturno, o globo não é circular (à excepção da vista polar), de modo que não se pode usar a instrução CIRCLE para desenhar o planeta. Esta forma oval (ou melhor, de esferóide achatado) deve-se à elevada velocidade de rotação axial de Saturno, que dá uma volta sobre si mesmo em 10 h 14 m (dia de Saturno), provocando o aumento do diâmetro equatorial e o achatamento dos pólos (este é de cerca de 1/10, o maior do Sistema Solar).

O *Spectrum* desenha o globo e o sistema de anéis através do comando PLOT, servindo-se de uma rápida rotina de traçado de elipses. No caso do próprio planeta, a redução do achatamento de

10 % até zero (círculo perfeito) é aplicada progressivamente, acompanhando as variações da inclinação de 0º a 90º. Ao mesmo tempo, as posições do equador e do pólo visível são traçadas de acordo com a inclinação do planeta e com o achatamento calculado pelo computador.

Como o vemos da Terra, a inclinação do planeta é limitada a um máximo de 26,73º (inclinação da órbita de Saturno), tanto nas direcções norte como sul, com uma correcção de mais ou menos 0,49, conforme as posições relativas da Terra e de Saturno para determinado momento. Deste modo, qualquer inclinação superior a 28º representará um ponto de observação extraterrestre.

O programa

As declarações REM indicam a estrutura geral do programa. No caso do DRAW do globo e dos anéis só é necessário calcular o perfil de um quadrante da respectiva elipse, bastando a seguir formar imagens reflectidas para os restantes três quadrantes, que serão desenhadas sequencialmente. Esta rotina assegura a rapidez da execução do comando DRAW, dado que o número de cálculos necessários é bastante reduzido. Para a rotina do traçado da divisão de Cassini (espaço vazio com cerca de 3000 km entre o anel exterior e o anel médio), o programa desenha uma elipse completa, o que acarreta certa lentidão na execução, compensada porém pela precisão alcançada.

```
  9 REM ************************
 10 REM   Os Aneis de Saturno
 11 REM ************************
 20 LET sc=1: BORDER 0: PAPER 0
: INK 6: CLS
 30 PRINT "Saturno";CHR$ 127;
 40 INPUT "inclinacao(0";CHR$ 1
30;"a 90";CHR$ 130;")",z
 50 IF z>43 THEN  LET sc=.66
 60 INPUT "inclinacao N ou S(n/
s)";a$
 70 LET ob=1.1*z/100
```

```
 80 LET oe=.89+(.11*ob)
 90 IF a$="s" THEN  LET z=-z
100 PRINT TAB 17;"inclinacao=";
z;CHR$ 130
110 LET e=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
115 LET p=COS ((.1+z)/180*PI):
IF a$="s" THEN  LET p=-p
120 LET x=255/2: LET y=88
130 LET r=54*sc: LET h=126*sc
140 GO SUB 360
149 REM ************************
150 REM   Desenho do Sistema
151 REM          de aneis
152 REM ************************
160 FOR f=0 TO 1.58 STEP .01
170 LET c=INT (SIN f*h)
180 LET d=INT (COS f*h/e)
190 PLOT x+c,y+d
200 DRAW -c/3,-d/3
210 PLOT x-c,y+d
220 DRAW c/3,-d/3
230 PLOT  OVER 1;x-c,y-d
240 DRAW c/3,d/3
250 DRAW  OVER 1;0,1
260 PLOT  OVER 1;x+c,y-d
270 DRAW -c/3,d/3
280 DRAW  OVER 1;0,1
290 NEXT f: GO SUB 460
299 REM ************************
300 REM  menu-COPY/CONT/SCREEN$
310 PRINT #0;"Prima x para COPY
"'" c para CONTinuar"
320 PRINT #1;TAB 1;"s para SAVE
""sat ";STR$ z;"""": PAUSE 0
330 IF INKEY$="x" THEN  COPY :
INPUT "": GO TO 310
340 IF INKEY$="s" THEN  INPUT "
": SAVE "sat "+STR$ zSCREEN$ : I
NPUT "": GO TO 310
```



```
350 RUN
359 REM ************************
360 REM     Desenho do Globo
361 REM          achatado
370 FOR f=0 TO 1.420 STEP .019
380 LET a=INT (SIN f*r)
390 LET b=INT (COS f*r*oe)
400 PLOT x+a,y+b: DRAW 0,-b*2
410 PLOT x-a,y+b: DRAW 0,-b*2
420 NEXT f
429 REM ************************
430 REM   Desenho do equador
440 FOR f=PI*.5 TO PI*1.5 STEP
1: PLOT  OVER 1;x+SIN f*r,y+COS
f*r/e: NEXT f: RETURN
449 REM ************************
450 REM Desenho da Divisao de
451 REM         Cassini
460 LET cd=2.1
470 FOR f=0 TO PI*2 STEP .03: P
LOT  OVER 1;x+SIN f*r*cd,y+COS f
*r*cd/e: DRAW  OVER 1;2,0: NEXT
f
479 REM ************************
480 REM Apaga CD atras do globo
485 IF ABS z>26 THEN  GO TO 570
490 FOR f=0 TO 1.42 STEP .01
500 LET a=INT (SIN f*r)
510 LET b=INT (COS f*r*oe)
520 IF a$="s" THEN  LET b=-b
530 PLOT x+a,y: DRAW 0,b
540 PLOT x-a,y: DRAW 0,b
550 NEXT f
559 REM ************************
560 REM      Polo visivel
570 PLOT  OVER 1;x,y+r*p*oe
580 RETURN
9900 REM ***********************
9990 SAVE "saturno"
```

SATURNO E OS ANÉIS

Este programa é semelhante ao antecedente, mas reduzimo-lo ao mínimo de maneira a só mostrar um perfil do planeta e do seu sistema de anéis. Serve para demonstrar como se pode escrever um programa pequeno, e no entanto, satisfatório. Consultem-se as figuras 6.7 e 6.8 para verificar as cópias de imagem em papel.



Figura 6.7 *Saturno com os anéis, visto na inclinação máxima.*

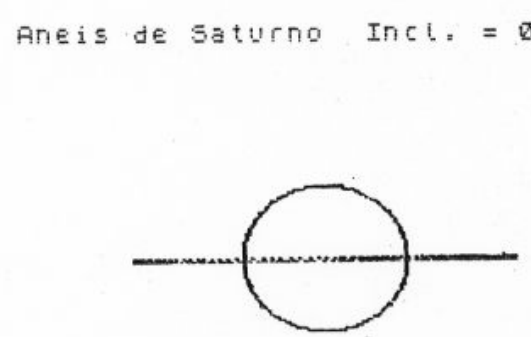


Figura 6.8 *Saturno e os anéis vistos de perfil (inclinação 0º).*

O programa

Esta listagem permite simular o aspecto de Saturno e dos seus anéis, inclinados para qualquer ângulo à escolha entre os 0º e os 90º. Se introduzirmos o valor 0, o planeta é desenhado como se fosse visto sobre o equador, com os anéis em corte. Introduzindo 90º, surge uma perspectiva polar, e neste caso o sistema anelar rodeia completamente o planeta. Qualquer ângulo intermédio inclinará o globo de forma correspondente. Quando o vemos da Terra, a imagem limita-se a valores de inclinação compreendidos entre 0º e 26,73º, tanto nas direcções norte como sul, com a correcção de 0,49 correspondente às posições relativas do nosso planeta e de Saturno nas respectivas órbitas no momento da observação.

Para maior simplicidade, não se tentou suprimir o sistema de anéis quando passa por detrás do planeta, e deixa-se ao critério de cada um qual a porção dos anéis que ficará mais próxima do observador. O *Spectrum* pode exercer certa influência nesta escolha inicial, pois desenha em primeiro lugar a secção inferior do globo.

O computador traça o globo e o sistema de anéis servindo-se do comando PLOT, que processa uma versão modificada do programa da «Elipse», apresentado no capítulo 9. No caso do planeta, a redução do achatamento de 10% para 0 (círculo completo) é aplicada progressivamente, acompanhando a variação da inclinação dos 0º aos 90º.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Aneis de Saturno";
 11 REM ************************
 30 INPUT "inclinacao(0";CHR$ 1
30;"-90";CHR$ 130;")",z
 40 PRINT TAB 17;"inclinacao=";
z;CHR$ 130
 50 LET ob=1.1*z/100
 60 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
 70 LET x=128: LET y=88
 80 LET r=30: LET h=70
```

```
 90 GO SUB 180
 99 REM ************************
100 REM     Desenho do Sistema
101 REM           de Aneis
102 REM ************************
110 FOR n=1 TO 1.6 STEP .1
120 FOR f=0 TO PI*2 STEP .05
130 LET sx=INT (SIN f*h)
140 LET cy=INT (COS f*h/z)
150 PLOT x+sx/n,y+cy/n
160 NEXT f: NEXT n: STOP
169 REM ************************
170 REM     Globo achatado de
171 REM           Saturno
172 REM ************************
180 FOR f=0 TO PI*2 STEP PI/100
190 PLOT INT (x+SIN f*r),INT (y
+COS f*r*(.89+(.11*ob)))
200 NEXT f: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "aneissat"
```

DESENHO DE SATURNO

Os amantes da observação de Saturno sabem que é conveniente desenhar previamente o perfil do planeta e do seu sistema de anéis, antes de qualquer espreitadela pelo telescópio. Para se conseguir este esboço, é sabido que a maior dificuldade reside na correcção da geometria dos anéis. Sem esse trabalho de preparação, podem perder-se bastantes horas ao telescópio tentando desenhar essas elipses tão subtis, verdadeiro teste para o mais experiente dos artistas. No entanto, desiludam-se os não familiarizados com as observações telescópicas, se pensarem que o programa lhes poupará o tempo de trabalho com o instrumento. As cambiantes de sombras e de formas dos anéis são demasiado numerosas para que as simulemos através de um mero programa

de computador, que nunca pretenderá ser mais do que simples auxiliar, se bem que proporcione bastantes horas de divertimento se não se pretender gastá-las agarrado ao telescópio.

O programa, muito curto, baseia-se na rotina do «Anéis de Saturno» e destina-se especialmente a ser reproduzido pela impressora *ZX*, produzindo imagens de perfil com 100 mm de largura, quando medida ao longo do eixo maior do sistema de anéis. Devido ao facto de a impressora *ZX* não poder traçar imagens tão largas, o sector esquerdo do sistema anelar aparece «dobrado» sobre si próprio.

O planeta pode ser inclinado até 27,22°, se bem que o programa aceite INPUTs de 0 a 28. Não podemos introduzir valores negativos, desnecessários de resto, pois o globo é transparente. A correcção do achatamento, de acordo com a inclinação determinada, foi cuidadosamente programada, e o sistema de anéis representa a margem exterior do anel A (a elipse maior) e o limite interior do anel B, que é o da menor elipse. Encontra-se uma cópia típica do resultado na figura 6.9.

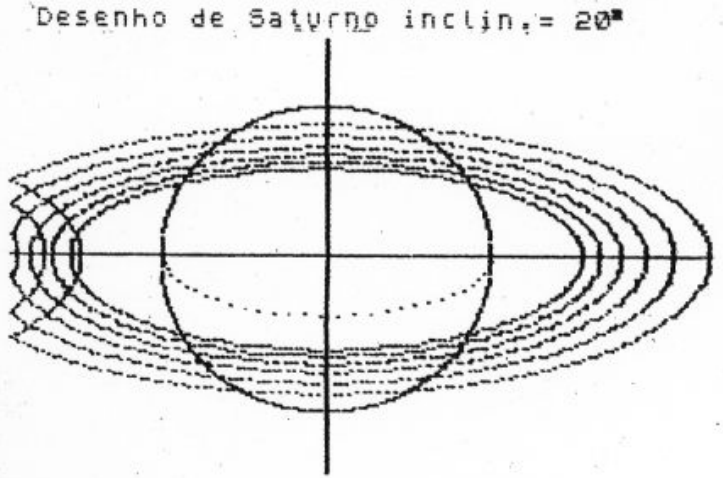


Figura 6.9 *Cópia obtida na impressora* ZX *da imagem típica de Saturno, tal como é visto através do telescópio.*

Computer Aided Design — CAD — desenho assistido por computador

Para guardar qualquer registo permanente da imagem de Saturno, em qualquer fase dentro de um período orbital de 29,5 anos e que cubra uma inclinação orbital compreendida entre 0º e 28º, introduzem-se as seguintes modificações ao programa, para que o *Spectrum*, depois de ligado à impressora, as reproduza imediatamente. Gastam-se cerca de 2 m de papel térmico próprio desta impressora para registar todas as 29 cópias.

Altera-se a linha 170 para:

170 NEXT f: NEXT n: COPY: CLS: LET z=z+1: GOTO 40

Depois, faz-se:

RUN ENTER 0 ENTER

Ver-se-á o *Spectrum* executar um simples e claro trabalho de CAD — desenho assistido por computador. É melhor deixar o micro entregue aos seus próprios circuitos, pois decorrem cerca de 5 minutos até se completar um PLOT de cada imagem, que só depois será copiada. Reduz-se o tempo de PLOT para mais ou menos 90 segundos por imagem se só se desenharem as curvas dos anéis exterior e interior, com maior espaçamento entre as várias posições de PLOT. Para tal, os STEPs dos dois ciclos FOR/NEXT das linhas 120 e 130 precisam de ser alterados para:

120 .... STEP .5
130 .... STEP .04

Se não quisermos que a extrema esquerda do traçado apareça dobrada, aumentamos a escala de imagem, de modo a que caiba toda dentro do *écran*. Alterem-se as variáveis das linhas 80 e 90 para:

x=255/2 r=60 * .9 h=140 * .9


```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Desenho de Saturno  "
;
 11 REM ************************
 30 INPUT "inclinacao(0";CHR$ 13
0;"a 28";CHR$ 130;")",z
 40 IF z>28 THEN  GO TO 30
 50 LET ob=1.1*z/100
 60 PRINT "inclin.= ";z;CHR$ 130
 70 LET e=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
 80 LET x=115: LET y=88
 90 LET r=60: LET h=140
100 GO SUB 190
109 REM ************************
110 REM     Tracado dos Aneis
111 REM ************************
120 FOR n=1 TO 1.6 STEP .1
130 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
140 LET sx=INT (SIN f*h)
150 LET cy=INT (COS f*h/e)
160 PLOT x+sx/n,y+cy/n
170 NEXT f: NEXT n: STOP
179 REM ************************
180 REM      Desenho do Globo
181 REM           achatado
182 REM ************************
190 PLOT 0,y: DRAW 255,0
200 PLOT x,10: DRAW 0,155
210 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
220 PLOT INT (x+SIN f*r),INT (y+
COS f*r*(.89+(.11*ob))): NEXT f
229 REM ************************
230 REM     Desenho do Equador
231 REM ************************
240 FOR f=PI*.5 TO PI*1.5 STEP .
1: PLOT x+SIN f*r,y+COS f*r/e
250 NEXT f: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "saturno"
```

OS PLANETAS ATRAVÉS DO TELESCÓPIO

a) De que tamanho aparece Júpiter quando o vemos através de uns binóculos com uma amplificação de 10×?

b) Mercúrio e Marte poderão surgir por vezes, no telescópio, tão pequenos como Úrano?

c) Quais os limites em tamanho apresentados por Vénus quando está mais longe e mais perto de nós?

O programa seguinte responde-nos a estas perguntas e proporciona uma imagem comparativa dos diferentes tamanhos relativos dos planetas, quando vistos através de telescópios com poderes de amplificação até 300 vezes. Incluída na apresentação em *écran* surge-nos a indicação dos tamanhos máximo e mínimo de cada planeta, em segundos de arco, e um disco correspondente ao INPUT de magnificação (ampliação). A figura 6.10 é um exemplo típico de cópia do *écran* deste programa.

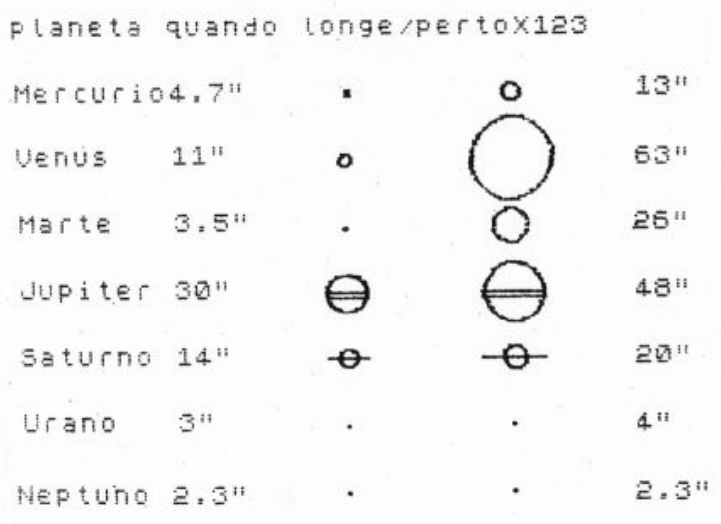


Figura 6.10 *Tamanho relativo de todos os planetas, quando vistos através de um telescópio com uma magnificação de x123.*

A apresentação serve-se de um fundo preto (BORDER 0: PAPER 0: INK 9) e o perfil de cada planeta é colorido através do comando normal INK, na linha 110. Este último corresponde razoavelmente à cor natural de cada um dos planetas — Marte é vermelho, Júpiter e Saturno são amarelos, e assim por diante. No caso de Júpiter, adicionam-se duas cinturas equatoriais, e Saturno aparece com um sistema de anéis visto em corte.

O programa

A estruturação do programa é ao mesmo tempo económica e directa, com os DATA para os diâmetros planetários máximo e mínimo introduzidos na linha 90. A leitura destes realiza-se com a instrução READ da linha 110, em que a variável a indica o diâmetro mínimo e a variável b o diâmetro máximo de cada planeta, ambas processadas pelo ciclo FOR/NEXT n em relação aos sete planetas.

A instrução CIRCLE das linhas 130 e 140 executa o traçado do perfil de cada planeta, imediatamente após a leitura dos DATA (READ a, b), modificados, claro, de acordo com o INPUT da magnificação através da variável c. As linhas 160 a 250 executam o PLOT e o DRAW das cinturas e anéis de Júpiter e Saturno, respectivamente, corrigindo-as de acordo com a escala. Os nomes dos planetas são impressos no *écran* pela linha 40, pois é frequentemente mais prático usar esta técnica do que aplicar um ou vários DATA/READ. Repare-se nos três apóstrofos (''') entre os nomes dos planetas, que obrigam ao aparecimento de duas linhas em branco debaixo de cada um dos nomes.

Interpretação dos resultados

A interpretação dos resultados é obrigatória, caso se pretenda retirar algum significado deles. O programa limita-se a indicar os tamanhos máximo e mínimo de cada planeta, quando vistos da Terra por meio de um telescópio.

O diâmetro mínimo só sucede quando o astro está no afastamento máximo da Terra, num ponto designado por «conjugação superior», em que o Sol está entre nós e o planeta em causa.

Nesta posição, é impossível observá-lo, devido à sua proximidade do Sol. Esta restrição não se aplica necessariamente aos radioastrónomos, pois estes, durante os períodos de conjugação superior, podem comunicar (nos dois sentidos) com a sonda espacial *Viking* pousada na superfície de Marte, com as ondas de rádio apontadas um ou dois graus para um dos lados do Sol.

As melhores observações

Os planetas, de Marte a Neptuno, aparecem no seu maior tamanho quando se situam a sul, por volta da meia-noite, proporcionando as melhores observações. A órbita de Marte é suficientemente excêntrica para que o diâmetro máximo se não verifique em cada «oposição», isto é, no ponto em que o planeta está oposto ao Sol. No caso de Mercúrio e Vénus, como estão mais próximos do Sol que a Terra, podem por vezes parecer passar em frente da posição normal do Sol, o que é designado por «conjunção inferior» (Sol — planeta — Terra). Também nesta situação, é impossível observar esses dois planetas, pois apresentam sempre o seu maior diâmetro quando estão mais próximos da Terra, sendo ao mesmo tempo «ofuscados» pelo brilho do Sol. Em ocasiões extremamente raras, as silhuetas de Mercúrio ou de Vénus podem ser vistas (só com equipamento especial) passando em frente do disco solar.

Na maior parte das vezes, as observações dos planetas tendem a verificar-se quando os seus diâmetros se situam em valores médios, entre o máximo e o mínimo. A maior variação de diâmetro aparente cabe ao planeta Vénus, que é, aliás, o que está mais perto da Terra. Naturalmente, a menor variação é a de Neptuno, o mais afastado de nós.

```
  9 REM ************************
 10 REM   Os Planetas atraves
 11 REM      do telescopio
 12 REM ************************
 20 LET d=120: LET e=180: BORDE
R 0: PAPER 0: INK 9: CLS
```



```
 30 PRINT  PAPER 5;"planeta qua
ndo longe/perto"
 40 PRINT  PAPER 1;''"Mercurio"
''''"Venus"''''"Marte"''''"Jupiter"
''''"Saturno"''''"Urano"''''"Neptun
o"
 50 INPUT "magnificacao X";c
 60 IF c>300 THEN  GO TO 50
 70 PRINT  PAPER 3;AT 0,26;"X";
c
 80 REM Data=Diam.planeta="arco
 90 DATA 4.7,13,11,63,3.5,26,30
,48,14,20,3,4,2.3,2.3
100 FOR n=1 TO 7
110 READ a,b: INK 5+(1 AND n>3
AND n<6)+(1 AND n=3)
120 PRINT AT n*3,8;a;CHR$ 34;TA
B 28;b;CHR$ 34
129 REM ************************
130 CIRCLE d,INT (170-n*24),INT
(a*c/500)
140 CIRCLE e,INT (170-n*24),INT
(b*c/500)
150 NEXT n
151 REM ************************
155 REM  Cintura Jup/Aneis Sat
160 LET r=c/18: LET x=c/9
170 LET r1=c/11: LET x1=c/5.5
180 PLOT d,73-c/d
190 DRAW r,0: DRAW -x,0: DRAW 0
,c/50: DRAW x,0
200 PLOT d,50
210 DRAW r,0: DRAW -x,0
220 PLOT e,50
230 DRAW r1,0: DRAW -x1,0
240 PLOT e,73-c/d
250 DRAW r1,0: DRAW -x1,0: DRAW
0,c/50: DRAW x1,0
```

```
 259 REM ************************
 260 PRINT #0; FLASH 1;"Prima c
para continuar": PAUSE 0: RUN
9900 REM ************************
9990 SAVE "discplan"
```

GLOBO EM «PIXELS»

Desde a invenção do telescópio e da descoberta de que os planetas são mundos de forma parecida com a da Terra, os astrónomos dividiram cada um dos globos nas habituais linhas de latitude e longitude, atribuindo-lhes pólos norte e sul e um equador próprios. De entre os planetas gasosos gigantes (Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno), só o primeiro, e o segundo em menor grau, são representados com esses sistemas, não havendo interesse prático em o atribuir aos outros dois. Nenhumas marcas reconhecíveis foram detectadas em Úrano ou em Neptuno, para além de faixas polares ou bandas equatoriais, devido, claro está, à sua grande distância. Só muito raramente Saturno mostra quaisquer marcas típicas e permanentes da sua superfície, reveladas durante os seus períodos de rotação, restando-nos assim o relativamente próximo planeta Júpiter (que fica a distâncias compreendidas entre quatro a seis vezes a do Sol à Terra). É possível observarem-se inúmeros pormenores do seu enorme disco através de um telescópio de amador, mas há um senão.

Júpiter, como é um mundo gasoso em rápida rotação, não possui pontos de referência fixos, e só o topo nebuloso da sua atmosfera turbulenta se revela. Para além disto, a velocidade de rotação da zona nebulosa equatorial é superior à das zonas de maior latitude, o que deforma o planeta, que em vez de ser esférico mostra um perfil de esferóide achatado. Devido a estes factos, e se bem que se possa conceber um sistema de grelhas de longitude e de latitude através dos gráficos do *Spectrum*, que irá ao ponto de calcular as correcções para as formas achatadas de Júpiter e de Saturno, o problema não era precisamente o que

tínhamos em mente. Torna-se, pois, necessário aproximarmo-nos mais das vizinhanças da Terra.

Marte, Mercúrio e a Lua

Os quatro planetas interiores, de Mercúrio a Marte (Terra incluída), têm todos superfícies rochosas. Só Vénus, graças ao seu eterno manto de nuvens, não revela essa característica.

Juntemos a este grupo a Lua, na sua qualidade de planeta companheiro da Terra, e poderemos dividi-los a todos em fatias regulares de latitude e de longitude, como numa projecção de um globo. Com interesse para os astrónomos amadores destacam-se Marte e, obviamente, a Lua. Marte é o único planeta que mostra marcas permanentes sobre o seu disco em constante rotação, e um telescópio caseiro revelará igualmente variações de estações do ano.

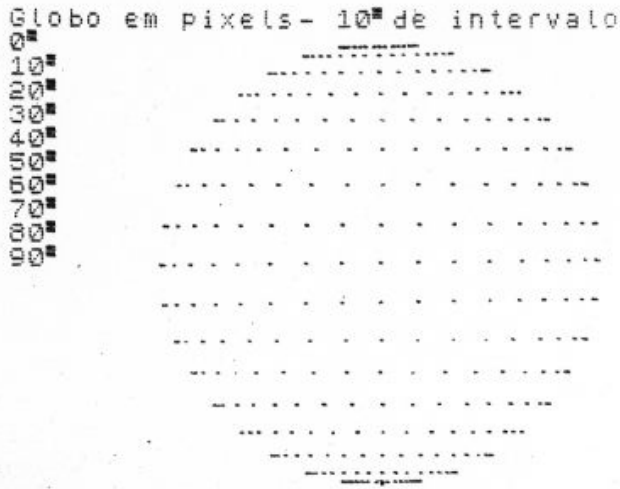


Figura 6.11 *Traçado de precisão de um globo, com intervalos de 10° de latitude e de longitude.*

Os dois programas seguintes são particularmente úteis na conversão das usuais projecções planas de Mercator em imagens esféricas, tornando mais fácil o reconhecimento dos pontos notáveis da superfície destes planetas, especialmente as que aparecem nas regiões do limbo, isto é, próximo dos limites dos respectivos discos.

O programa

A curta rotina do «Globo em *pixels*» serve para dividir, com a instrução PLOT, um globo em intervalos de 10º de latitude e de longitude. A figura 6.11 é um exemplo dessa possibilidade. A escala da COPY produzida pela impressora *ZX* dá-nos um disco com 5 cm de diâmetro — tamanho reconhecido pelos especialistas de astronomia de amador como o mais indicado para desenhar os planetas Marte e Vénus, na sua forma básica.

O programa usa dois ciclos FOR/NEXT para o PLOT de cada *pixel* — o ciclo z para as linhas de longitude (verticais) e o ciclo n para as de latitude (horizontais). Os resultados são de apreciável rigor, tanto na imagem do *écran* como na da impressora *ZX*. A separação de cada *pixel* é comandada pelos STEPs dos ciclos FOR/NEXT da seguinte forma:

```
FOR z = .001 TO 91 STEP 10
```

em que STEP 10 determina cada 10º de longitude. Apesar de estes STEPs serem de intervalos precisos de 10º cada, o valor resultante é o de uma sequência:

0,001, 10,001, 20,001, 30,001, 40,001, etc.

A soma de 0,001 [1/1000 do grau, ou 3,6″ (segundos) de arco] não tem efeito visível nas posições traçadas, mas garante que o programa não rebentará ao calcular o valor de SIN (seno) 0, que é um número infinito.

O ciclo n assume a forma:

```
FOR n=0 TO PI * 2 STEP 1/r * 10 (linhas de latitude)
```


em que PI * 2 origina um círculo completo e STEP 1/r * 10 equivale a um intervalo em STEP de 0,175 desde (1/(180/PI))*10, o qual produz os necessários espaçamentos de latitude de 10º.

As linhas de latitude são paralelas ao equador, enquanto as linhas curvas da longitude irradiam dos pólos. O PLOT destas últimas é fiscalizado pela variável c da linha 60, e que vai produzir a curvatura na linha 90.

Simulação de Júpiter

Com muito poucas alterações ao programa é possível simular o globo achatado de Júpiter; neste caso, teremos de expandir as regiões equatoriais e manter as coordenadas polares, ou verticais, sem alteração. Façamos a linha 90 como se segue:

```
90 LET b=COS n*80/c*1.08
```

É o último valor da expressão (*1 .08) que provoca a expansão pretendida. A figura 6.12 mostra a forma de Júpiter.

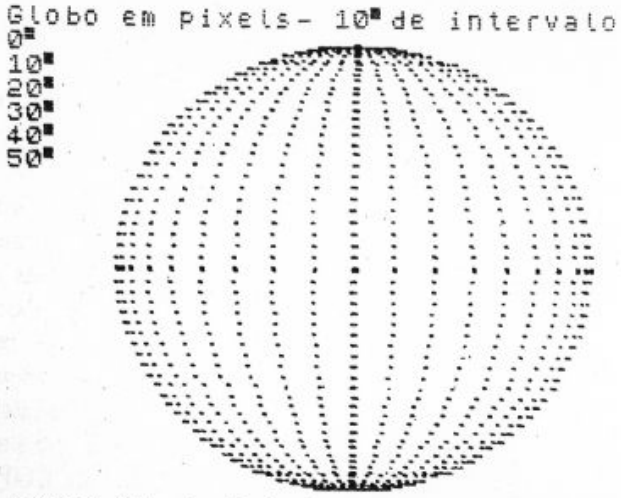


Figura 6.12 *Esferóide achatado do planeta Júpiter, aqui traçado após redução do valor de STEP para 1, no ciclo FOR/NEXT z.*

```
  2 REM ************************
  3 REM      Globo em Pixels
  4 REM ************************
 10 BORDER 0: PAPER 0: INK 5: CL
S
 20 PRINT  PAPER 1;"Globo em pix
els- 10";CHR$ 130;"de intervalo"
 30 LET r=180/PI
 40 FOR z=.001 TO 91 STEP 10
 50 PRINT INT z;CHR$ 130
 60 LET c=1/SIN (z/r)
 70 FOR n=0 TO PI*2 STEP 1/r*10
 80 LET a=SIN n*80
 90 LET b=COS n*80/c
100 PLOT  INK 6;INT (137+b),INT
(85+a)
110 NEXT n: NEXT z: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "globopixel"
```

PROJECÇÃO DO GLOBO

Este programa desenha um globo dividido em linhas de latitude e longitude, a intervalos de 10º, em vez de usar *pixels* simples para assinalar cada divisão, como no programa anterior.

A listagem não produz resultados tão precisos como a rotina atrás mencionada, pois serve-se do comando DRAW, o qual, se bem que reaja com rapidez, é incapaz de reproduzir as linhas elípticas necessárias, limitando-se a desenhar simples arcos. Os maiores erros aparecem nos limites do disco e nas regiões polares. No entanto, a simulação é bastante realista, e tem-se a opção de ver uma imagem polar ou uma representação lateral ou equatorial. Podemos inclinar esta última para norte ou para sul até um máximo de 12º. Veremos exemplos típicos de COPYs do *écran* nas figuras 6.13 e 6.14. Como habitualmente, as declarações REM indicam a estrutura genérica do programa.


```
  9 REM ************************
 10 REM  Projeccao de um Globo
 11 REM ************************
 20 REM *** Titulos iniciais **
 30 BORDER 5: PAPER 5: CLS : PR
INT  PAPER 4;"Projeccao de Globo
 [10";CHR$ 130;"interv.]"
 40 LET a=148: LET b=80: CIRCLE
a,b,b
 49 REM ************************
 50 REM   Calculo da reducao
 51 REM ************************
 60 DIM x(9): DIM y(9)
 70 FOR n=1 TO 9: READ y(n)
 80 LET x(n)=63*(1.24*ATN (PI/1
80*n*10.5)): NEXT n
 90 DATA 79,75,70,64,56,47,36,2
7,0: RESTORE
 99 REM ************************
100 REM         Seleccao
101 REM ************************
110 INPUT "Polar ou Equatorial
(p ou e)";a$: GO TO (a$="e")*120
+(a$="p")*270
119 REM ************************
120 REM    Desenho dos arcos
121 REM       de longitude
122 REM ************************
130 PRINT "[max inclin.=12";CHR
$ 130;"]"'"equatorial ";
135 INPUT "inclinacao(-s)";k: I
F ABS k>12 THEN  GO TO 135
140 PRINT k;CHR$ 130: LET k=k/1
4
150 FOR n=0 TO 36 STEP 2
160 LET f=n-18: LET g=2.71
170 LET h=g*ATN (PI/180*-f*7.3)
180 PLOT a,0: DRAW 0,b*2,h
190 NEXT n
```

```
199 REM ************************
200 REM     Desenho das linhas
201 REM          de latitude
202 REM ************************
210 PLOT a-b,b: DRAW b*2,0,k
220 FOR n=1 TO 9: LET c=y(n)
230 PLOT a+1-x(10-n),b+x(n)
240 DRAW c*2,0,k
250 PLOT a+1-x(10-n),-b+x(n)
260 DRAW c*2,0,k: NEXT n: STOP
269 REM ***********************
270 REM     Desenho dos raios
271 REM          de longitude
272 REM ***********************
280 PRINT "Polar"
290 FOR n=0 TO 72 STEP 2
300 LET d=n/36*PI: LET z=b*SIN
d: LET yy=b*COS d
310 PLOT a,b: DRAW z,yy: NEXT n
319 REM ************************
320 REM     Desenho dos aneis
321 REM          de latitude
322 REM ************************
330 FOR n=1 TO 9
340 CIRCLE a,b,x(n): NEXT n
350 STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "globo" LINE 1
```




Figura 6.13 *O globo pode ser desenhado de um ponto de vista polar ou equatorial. Este último pode ser inclinado até +/− 12°.*

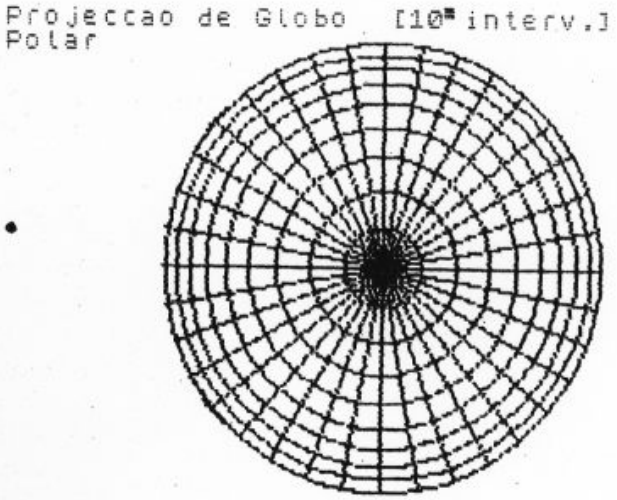


Figura 6.14 *Ponto de vista polar.*

CAPÍTULO 7

Sistemas estelares

O nosso Sol é uma estrela média e pouco interessante, comparada com os restantes astros do Universo. A evolução e a sobrevivência das formas de vida na Terra dependem, porém, da luz e do calor emitidos constantemente nas últimas centenas de milhões de anos, sem a mínima interrupção e sem quaisquer variações espectaculares. O Sol é também uma estrela razoavelmente pequena em termos estelares, o que lhe augura confortável longevidade. Em geral, as estrelas maiores queimam os seus *stocks* de combustível a velocidades alarmantes.

Os astrónomos conceberam uma escala, designada de «magnitude absoluta», para catalogarem as estrelas de acordo com o brilho que teriam se estivessem todas à mesma distância da Terra. Esta escala coloca-as todas a uma distância de 10 parsecs, ou seja, a cerca de 33 anos-luz de nós (mais precisamente, 1 parsec = 3,26 anos-luz = 30,8 * 10 ↑ 12 km).

Dificilmente veríamos, mesmo numa noite escura e límpida, o nosso Sol colocado a tal distância, em que teria a magnitude aparente de 4,7 (ver o programa «Magnitudes Estelares» do capítulo 8 para uma explicação da magnitude aparente). Em contraste, a estrela Rigel, da constelação de Orionte, teria à mesma distância uma magnitude de −7, ofuscando o próprio planeta Vénus nas suas melhores aparições. No extremo oposto da escala, e para mostrar como o nosso Sol é vulgar, temos a estrela mais próxima da Terra (sem contar com o Sol, claro), a Proxima Centauri (anã vermelha), que, colocada a 10 parsecs, diminuiria o seu brilho dos habituais 10,7 para cerca de 15,0.

O Sol é também uma estrela bastante conservadora, pois não possui qualquer estrela companheira em órbita à sua volta — no lugar desta, tem uma simpática família de planetas. Estas duas situações não se excluem mutuamente, como poderia parecer à

primeira vista, mas o simples facto de compartilhar o complexo campo gravitacional de duas estrelas poderia lançar a confusão nas distâncias orbitais, tornando muito confusos os fenómenos meteorológicos num hipotético planeta desabitado. Os pequenís-simos programas que se seguem permitem visualizar sistemas duplos e triplos de estrelas companheiras — o tipo de objecto estelar que atrai a atenção dos astrónomos, em lugar das solitárias estrelas de mangitude 4,7.

ÓRBITAS DE SISTEMAS TRIPLOS

Este programa constrói um modelo que coloca duas estrelas companheiras (mais fracas) em órbita ao redor de uma estrela principal. Seleccionamos o diâmetro de cada uma delas e os três podem ser diferentes. A inclinação da órbita variará de um ângulo compreendido entre os 0º (vista de lado) e os 90º (vista de cima, em plano). Estrelas de diâmetros bastante grandes possuem formatos de órbitas especialmente interessantes (INPUTS de 10 a 20) em inclinações orbitais pouco pronunciadas (INPUT de 0 a 20). Nestes casos, talvez assistamos a eclipses estelares.

O programa usa dois ciclos FOR/NEXT, o «f» para calcular a órbita e o «n» para executar o CIRCLE da imagem da estrela ao longo daquela. O ciclo «n» serve-se da instrução OVER para desenhar a estrela, apagá-la e redesenhá-la um pouco adiante, proporcionando uma impressão de movimento ao longo da órbita. Cada estrela deixa atrás de si um rasto, calculado pelos comandos PLOT das linhas 130 e 140. A estrela central só é desenhada uma vez, pela linha 90, e permanece fixa na apresentação.

O programa

A base deste programa é, mais uma vez, uma versão do traçado de elipses. Se omitirmos da linha 120 a variável z (juntamente com o sinal /), todas as órbitas se tornam circulares. É esta variável, através das linhas 30 e 40, que comprime o círculo até à forma elipsoidal, de acordo com o valor do INPUT para a

inclinação. A variável determina o raio máximo da órbita, que pode assumir o valor 60. Este número é necessário para evitar que o programa estoire quando se introduz o valor 90 na inclinação e o valor 20 como diâmetro das estrelas companheiras 2 e 3, o que levaria por vezes o comando CIRCLE a exceder os limites superior e inferior do *écran*. As figuras 7.1 e 7.2 ilustram órbitas típicas.

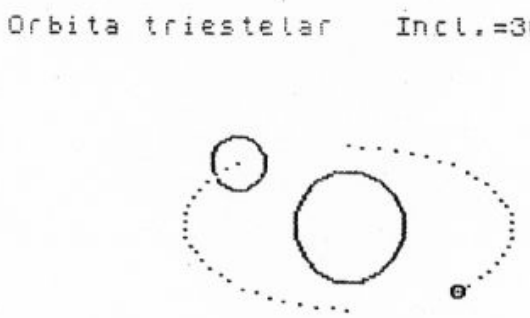


Figura 7.1 *Duas estrelas menores (companheiras) orbitando uma estrela maciça principal.*

Órbitas de Lagrange

Uma órbita única compartilhada por duas estrelas companheiras é relativamente instável. Um tal sistema, aparentemente perfeito, de dois objectos diametralmente opostos, falhará devido a perturbações menores, especialmente as flutuações gravitacionais. Uma das estrelas terá tendência para ultrapassar a outra, com grandes probabilidades de colisão, o que significaria a aniquilação ou a absorção da mais fraca delas.

Depois destas considerações, resta-nos dizer que há efectivamente dois pontos numa órbita nos quais uma estrela menor (ou um planeta, tanto faz para o caso) fica razoavelmente protegida de tal catástrofe. Estes pontos designam-se por pontos de Lagrange. Localizados a cerca de 60 graus à frente ou atrás do outro corpo em órbita, cada um forma um triângulo equilátero

perfeito com a estrela central. Ao fazer o programa, só calculámos uma posição orbital, através das linhas 110 e 120. A posição da segunda estrela é simplesmente reflectida pela linha 170, atribuindo-lhe valores negativos. Para simular duas estrelas colocadas nos pontos de Lagrange, altera-se o programa da seguinte forma:

```
111 LET sx1 = INT (SIN (f + 2) * h)
121 LET cy1 = INT (COS (f + 2) * h/z)
140 PLOT x − sx1, y − cy1
170 CIRCLE x − sx1, y − cy1, d3
```

Adicionando um valor perto de 2 a f nas linhas 111 e 121, faz-se avançar o segundo corpo na sua órbita, de modo a formar um triângulo equilátero definido pelos três corpos. É óbvio que a

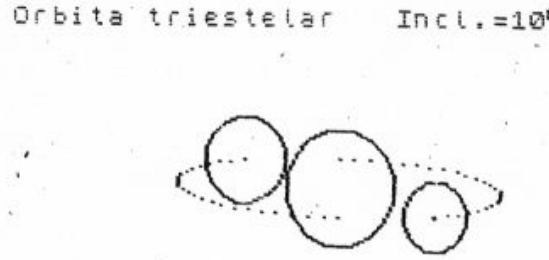


Figura 7.2 *Três estrelas de diâmetros semelhantes, com as órbitas vistas quase de perfil.*

órbita surgirá comprimida para qualquer inclinação diferente dos 90° — a vista de cima.

Devemos referir que, para além de alguns asteróides associados ao planeta Júpiter e à sua órbita, não existem provas de ocorrência de órbitas de Lagrange para as estrelas. Parece lógico assumir que, se tais sistemas existirem, as respectivas órbitas

terão forçosamente de ser grandes em relação aos diâmetros das estrelas, para conferirem certa estabilidade ao conjunto e para que não se verifiquem efeitos de maré nas superfícies dos astros.

```
   9 REM ************************
  10 REM "Orbitas Tri-estelares"
  11 REM ************************
  20 INPUT "inclinacao da orbita
(0";CHR$ 130;"a 90";CHR$ 130;")
";z
  30 PRINT : PRINT "inclinacao=
";z;CHR$ 130
  40 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
  50 INPUT "diam estr.1 (1-20)";
d1
  60 INPUT "diam estr.2 (1-20)";
d2
  65 INPUT "diam estr.3 (1-20)";
d3
  70 LET x=128: LET y=88
  80 LET h=60: CIRCLE x,y,d1
  90 FOR f=0 TO PI*2 STEP .1
 100 LET sx=INT (SIN f*h)
 110 LET cy=INT (COS f*h/z)
 120 PLOT x+sx,y+cy
 130 PLOT x-sx,y-cy
 140 FOR n=0 TO 1: OVER 1
 150 CIRCLE x+sx,y+cy,d2
 160 CIRCLE x-sx,y-cy,d3
 170 OVER 0: NEXT n: NEXT f
 180 STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "tristar"
```


ÓRBITAS DE ESTRELAS DUPLAS (SISTEMA BINÁRIO)

Este programa é, em comparação com o anterior, um tanto ou quanto humilde, mas pelo menos é dado adquirido que cerca de 20% de todas as estrelas visíveis a olho nu são sistemas de estrelas duplas. As associações estelares binárias são, assim, bastante comuns, e o termo começou a ser usado muito antes da sua adaptação à terminologia dos computadores! As COPYs das

```
Orbita de estrela dupla:
inclinacao= 45
```

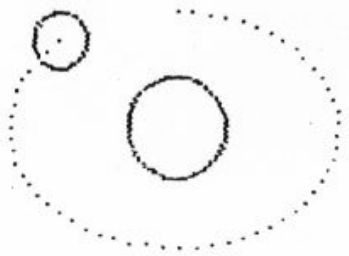


Figura 7.3 *Estrela companheira simples orbitando uma primária muito maior.*

```
Orbita de estrela dupla:
inclinacao=  2
```

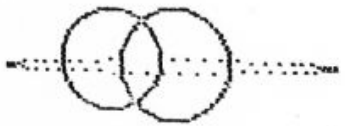


Figura 7.4 *Podem ocorrer eclipses mútuos no caso de pequenos ângulos de inclinação.*

imagens do *écran* mostram resultados típicos do programa, em que se introduziram diferentes valores de INPUT para as inclinações das órbitas e para os diâmetros das estrelas companheiras. Tal como já se mencionou para os sistemas estelares triplos, as baixas inclinações orbitais associadas a grandes diâmetros estelares podem provocar o aparecimento de eclipses. Vejam-se os exemplos dados pelas figuras 7.3 e 7.4.

Centro de gravidade mútuo

Em ambos os programas, a estrela central permanece fixa, o que implica que a massa das estrelas companheiras (ou só uma) é um factor insignificante. Contudo, em alguns sistemas estelares, as massas dos seus componentes não diferem muito, o que leva as duas estrelas a orbitar um mesmo ponto, ou centro de gravidade comum. Veja-se o que se passa na figura 7.5.

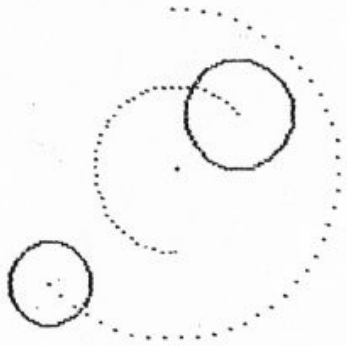


Figura 7.5 *Duas estrelas de massas comparáveis orbitam um centro de gravidade comum, aqui assinalado por um único* pixel.

Um sistema destes tem grandes relações com o programa das «Órbitas múltiplas», se considerarmos as modificações feitas para as órbitas de Lagrange, de modo que será fácil arranjarmos uma outra alteração ao primeiro dos programas. Contudo, e assumindo que já digitámos a listagem das «Órbitas binárias»,

teremos de fazer as seguintes modificações para programarmos um sistema estelar com o centro de gravidade comum:

```
 80 LET h = 60 : PLOT x, y
101 LET sx1 = INT (SIN f * h/2)
111 LET cy1 = INT (COS F * h/z/2)
121 PLOT x - sx1, y - cy1
141 CIRCLE x - sx1, y - cy1, d1
```

O PLOT da linha 80 coloca um único *pixel* no centro de gravidade do sistema. As linhas 101 e 111 calculam a posição orbital da estrela principal, agora deslocada do anterior ponto fixo. O último valor, 2, comanda o raio orbital da estrela central. Com outros valores, de 1 a 5, ver-se-ão outros resultados; um valor inferior a 1 (por exemplo, 0,7) levará a estrela que ocupava o centro a orbitar num plano mais afastado que o da chamada estrela exterior. Atenção para não se colocarem as estrelas fora do *écran*, o que fará estoirar o programa.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Orbita de Estrela Du
pla:";
 11 REM ************************
 20 INPUT "inclinacao da orbita
(0";CHR$ 130;"a 90";CHR$ 130;")"
;z
 30 PRINT : PRINT "inclinacao=
";z;CHR$ 130
 40 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
 50 INPUT "diam estr.1 (1-20)";
d1
 60 INPUT "diam estr.2 (1-20)";
d2
 70 LET x=128: LET y=88
 80 LET h=60: CIRCLE x,y,d1
 90 FOR f=0 TO PI*2 STEP .1
100 LET sx=INT (SIN f*h)
```

```
110 LET cy=INT (COS f*h/z)
120 PLOT x+sx,y+cy
140 FOR n=0 TO 1: OVER 1
150 CIRCLE x+sx,y+cy,d2
170 OVER 0: NEXT n: NEXT f
180 STOP
9900 REM **********************
9990 SAVE "binaria"
```

ESPIRAIS

Não se pode dizer que os programinhas que se seguem tenham relevância para a astronomia... Na verdade, destinam-se apenas a encontrar uma aplicação prática para as espirais que o *Spectrum* tão bem desenha.

Em três áreas, estas formas têm certa ligação com astronomia:

1) A forma espiralada da nossa galáxia, a Via Láctea.

2) As raras e exóticas estrelas duplas que vão perdendo matéria para o espaço, deixando rastos de gás.

3) A sombra de uma estrela dupla em eclipse, ao atravessar o espaço.

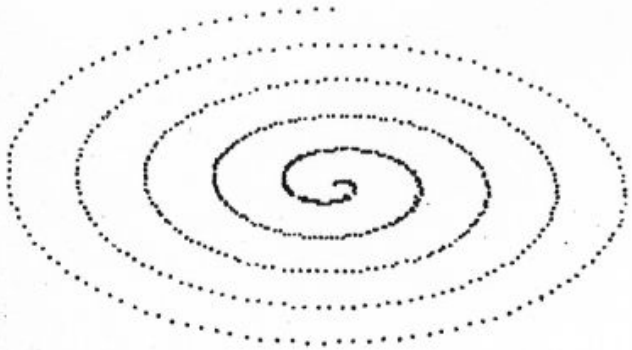
Sombra de estrela dupla em eclipse

O programa básico «Espiral» consegue imitar muito bem a terceira destas opções, para a estrela Algol, da constelação Perseu (a chamada Estrela do Demónio). Neste caso, a pequena estrela companheira tapa a visão da estrela mais brilhante de 70 em 70 horas. Algol dista de nós cerca de 100 anos-luz, pelo que nunca vemos estes eclipses quando eles sucedem; o que na realidade observamos são os acontecimentos passados há 100 anos, ou 12 500 eclipses antes dos actuais. O espaço existente entre Algol e a Terra é cortado a intervalos de 70 horas-luz por este fenómeno de «sombra», numa única espiral contínua, como se irradiasse de um gigantesco disco *long play* centrado em Algol.

O programa descreve só os cinco primeiros lances da sombra, observáveis nas vizinhanças de Algol, até uma distância de cerca de 15 dias-luz dela, a intervalos de uma hora.

Os cálculos (na figura 7.6) colocam-nos perante um interessante paradoxo referente à velocidade finita da luz (e de qualquer forma física), que não pode ultrapassar os 300 000 km/segundo. A velocidade de rotação da estrela companheira de Algol é constante, como as revoluções de um disco de música, e portanto a velocidade da sombra sobre este disco, ao afastar-se do centro, deveria a breve trecho ultrapassar a velocidade da luz, de acordo com um factor multiplicativo que seria da ordem dos milhares nas proximidades da Terra. Parece, pois, correcto afirmar que, enquanto a luz tem uma velocidade finita, a sombra (ou ausência de luz) se pode mover a velocidades ilimitadas. Ou não?

```
Espiral
```



```
  1 PRINT "Espiral"
  2 REM por Maurice Gavin/SM
 10 FOR f=0 TO PI*10 STEP .05
 20 PLOT 140+SIN f*40*f/10,80+C
OS f*40*f/20
 40 NEXT f
```

Figura 7.6

Galáxia espiral

Os programas «Espiral dupla» (figura 7.7) e «Espiral dupla 2» (figura 7.8) simulam a forma espiralada de imensas galáxias — os maiores corpos do Universo conhecido. Só se traçam dois dos chamados «braços», mas algumas galáxias possuem muitos mais.

Os programas são idênticos ao primeiro desta série, o da «Espiral», à excepção de que se incluiu uma segunda linha de PLOT (para o segundo braço), a linha 30. Os valores do seno e do co-seno (SIN e COS) são agora negativos, o que leva a traçar segunda espiral com um desfasamento de 180º da primeira.

A instrução PLOT é controlada pelo ciclo FOR/NEXT f para 5 varrimentos orbitais (PI * 10), com um valor de STEP de 0,05. A alteração do valor do STEP implica um novo intervalo de PLOT. No programa «Espiral dupla 2», os braços estão mais espaçados, pois os valores aplicados à variável f nas linhas 20 e 30 foram comprimidos para:

SIN ... f/5 e COS ... f/10

Como o segundo valor (10) é duplo do primeiro (5), a forma espiral apresenta-se como se estivesse inclinada em relação ao observador, pois o eixo maior (o horizontal) é o dobro do eixo menor (o vertical). Para alterar esta proporção, com valores maiores ou menores, sob a forma:

COS ... f / (novo valor)

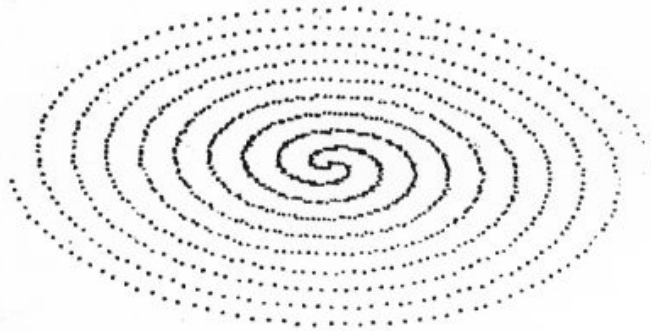
terão de se aplicar valores idênticos às linhas 20 e 30. O programa pode estoirar com algumas das permutas, se estas levarem o traçado a exceder os limites do *écran*.

Espiral Stargas

O último destes programinhas (figura 7.9) realiza o mesmo que o programa «Espiral dupla», mas está mais bem escrito. Aparecem na listagem dois pequenos CIRCLEs representando um sistema binário comprimido, que espalha matéria estelar pelo espaço circundante, à medida que as estrelas orbitam à volta uma da outra em violento conflito. Até hoje, ainda não conseguimos testemunhar tal fenómeno, mas a sua existência foi deduzida da análise de espectros, através dos espectroscópios aplicados aos telescópios gigantes. Querendo dar um pouco mais de realismo ao programa, introduz-se o seguinte comando directo, antes de fazer RUN:

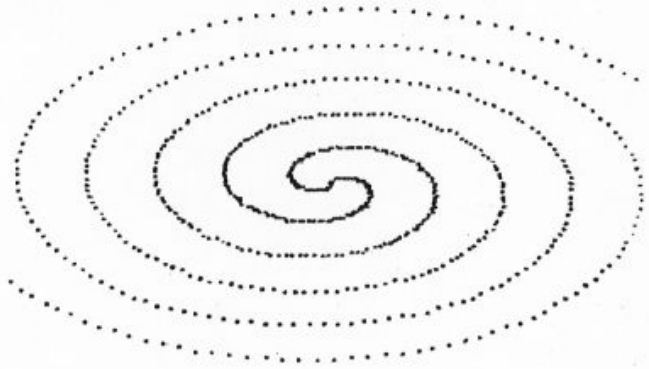
BORDER 0: PAPER 0: INK 2: CLS: RUN

```
Espiral dupla
```



```
  1 PRINT "Espiral Dupla"
  2 REM por Maurice Gavin/SM
 10 FOR f=0 TO PI*10 STEP .05
 20 PLOT 140+SIN f*40*f/10,80+C
OS f*40*f/20
 30 PLOT 140-SIN f*40*f/10,80-C
OS f*40*f/20
 40 NEXT f
```

Figura 7.7



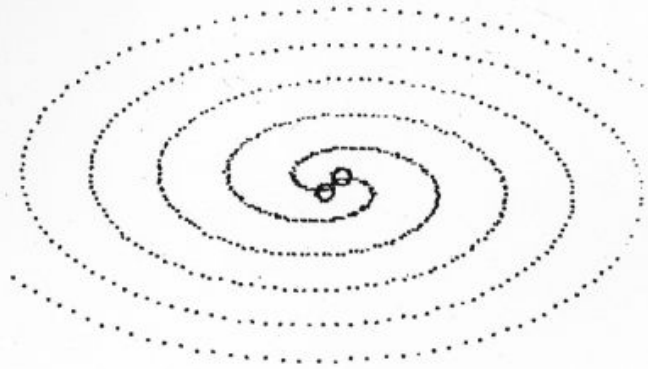
```
  1 PRINT "Espiral Dupla 2"
  2 REM por Maurice Gavin/SM
 10 FOR f=0 TO PI*10 STEP .05
 20 PLOT 140+SIN f*40*f/5,80+CO
S f*40*f/10
 30 PLOT 140-SIN f*40*f/5,80-CO
S f*40*f/10
 40 NEXT f
```

Figura 7.8

Também se podem adicionar alguns «fogos-de-artifício» ao ponto onde nascem os rastos de gás, entre as duas estrelas, com mais uma linha:

```
12 PLOT INK RND * 9; a, b
```

Como esta linha vai afectar o quadrado de carácter que contém as duas estrelas, estas aparecerão envolvidas na acção.



```
  1 PRINT "Espiral de Gas Estel
ar"
  2 REM por Maurice Gavin/SM
  3 LET a=140: LET b=80
  5 CIRCLE a+3,b+3,3
  6 CIRCLE a-3,b-3,3
 10 FOR f=0 TO PI*10 STEP .05
 15 LET x=SIN f*40*f
 16 LET y=COS f*40*f
 20 PLOT a+x/5,b+y/10
 30 PLOT a-x/5,b-y/10
 40 NEXT f
```

Figura 7.9

GALÁXIA

Este programa permite simular a aparência provável da nossa galáxia, a Via Láctea, visto do espaço intergaláctico. Usa-se aqui um tipo de apresentação em «vídeo inverso» (BORDER 0: PAPER 0: INK 7), e a clareza da imagem parece quase fotográfica. As COPYs do *écran* não passam de pobres imitações dos efeitos conseguidos numa televisão a cores (ver as figuras 7.10 e 7.11).

O programa

Podemos inclinar a galáxia até qualquer ângulo compreendido entre 0º (vista lateral) e 90º (vista de cima), através da variável t. O próprio programa está dividido em cinco secções, como se vê pelas declarações REM. Tem o seu interesse debruçarmo-nos um pouco sobre cada uma delas, começando pela rotina do DRAW da galáxia, nas linhas 100 e 150. Temos aqui dois ciclos FOR/NEXT, que executam o PLOT das estrelas, de maneira a formar seis braços da espiral na linha 130 e o centro galáctico na linha 140. O constante uso de RND nesta operação de PLOT produz um efeito de distribuição maciça das estrelas, que se sabe existir na realidade. O comprimento (ou duração) do ciclo FOR/NEXT n é controlado pela variável tt (que por sua vez tem o valor inicial de t — o INPUT da inclinação), de modo a limitar o número de estrelas desenhado nesta secção. Com efeito, para pequenos ângulos de inclinação ver-se-iam muito poucas estrelas, devido à poeira que aparece entre elas, de modo que é propositado o pequeno número delas executado pelo PLOT.

A sequência seguinte à linha 160 faz o PLOT dos chamados «enxames globulares», que constituem conchas esféricas em órbita ao redor do centro galáctico. Cada *pixel* representa centenas de milhares de estrelas.

Comentários à imagem

Esta secção, a partir da linha 220, faz acompanhar a execução do PLOT com comentários apropriados a cada sequência. O comprimento de cada linha de PRINT não excede os 32 caracteres. Desta forma, não é necessário apagar o comentário anterior, bastando imprimir o seguinte sobre aquele. A linha 230 atribui à declaração PRINT o estatuto de sub-rotina GOSUB separada.

A sequência final, que começa na linha 270, procura indicar a imensidade do Universo, efectuando um CIRCLE de 2000 anos-luz de raio centrado no sistema solar (que a esta escala é totalmente invisível). Um telescópio na superfície da Terra pode ver objectos estelares até uma distância de 15 000 000 000 de anos-luz, com uma superfície captadora de somente 508 centí-



Figura 7.10 *A nossa galáxia, a Via Láctea, vista quase de lado. Todas as estrelas vistas da Terra sem qualquer ajuda óptica estão contidas no pequeno círculo à direita.*



Figura 7.11 *Os braços espiralados da galáxia tornam-se evidentes se se der determinada inclinação à imagem do sistema.*

metros (reflector Hale). Isto equivale, para uma apresentação típica deste programa, ver-se num raio de 30 quilómetros à volta do aparelho de TV, a partir de uma partícula subatómica colocada no pequeno círculo à direita da imagem. Essa partícula subatómica teria um diâmetro aproximado de 0,000 000 000 000 01 mm!

```
  9 REM ********************
 10 REM       Galaxia
 11 REM ********************
 20 BORDER 0: PAPER 0: INK 7
 30 CLS : LET z=75: LET x=148:
LET y=80
 39 REM ************************
 40 REM    Seleccao e Titulos
 41 REM ************************
 50 PRINT AT 20,0;"Galaxia""in
clinacao= ";: INPUT "0";CHR$ 130
;"a 90 ";CHR$ 130;t
 60 PRINT t;CHR$ 130;TAB 9;"<
  100000      >": LET tt=t
 65 PRINT #0;"                ano
s-luz"
 70 PLOT 76,3: DRAW  OVER 1;143
,0: GO SUB 230: GO SUB 240
 80 LET t=1/SIN ((.1+t)/180*PI)
 89 REM ************************
 90 REM   Desenho da Galaxia
 91 REM ************************
100 LET q=4+1/t*6
110 FOR n=1 TO tt/10+2
120 FOR f=1 TO z
130 PLOT x+f*(SIN f)+RND*q,y+f*
COS f/t+RND*q-2
140 PLOT x+f*SIN f/4+RND*3,y+f*
COS f/6+RND*2
150 NEXT f: NEXT n
159 REM ************************
```



```
160 REM Desenho dos Aglomerados
161 REM       Globulares
162 REM ************************
170 GO SUB 230: GO SUB 250
180 FOR f=1 TO z
190 PLOT x-10+f*SIN f+RND*20,y-
10+f*COS f+RND*20: NEXT f
200 GO SUB 230: GO SUB 260
210 STOP : REM      Fim
219 REM ************************
220 REM   Comentarios em Ecran
221 REM ************************
230 PRINT AT 0,0;: RETURN
240 PRINT  FLASH 1;"centro gala
ctico+bracos espirais": RETURN
250 PRINT  FLASH 1;" Aglomerado
s globulares vizinhos": RETURN
260 PRINT  FLASH 1;"O=2000 AL c
entrados no Sol, que leva 225M d
e anos  a  orbitar a Via Lactea"
269 REM ************************
270 REM Desenho de um circulo
271 REM     com 2000 AL
272 REM ************************
280 CIRCLE  FLASH 1;x+52,y,3
290 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "galaxia"
```

CAPÍTULO 8

Catálogos estelares

Os catálogos ou mapas estelares são a mercadoria do astrónomo amador, mas o número de estrelas neles registadas não é compatível com a capacidade de memória do *Spectrum* ou de qualquer outro microcomputador. Por exemplo, o *Tirion Star Atlas 2000.0,* referido neste livro pela designação abreviada *Tirion,* contém os registos de mais de 45 000 estrelas e outros corpos do espaço profundo. Só este número excede o do total de *pixels* do *écran* do *Spectrum*. Se tivermos presente que um mapa estelar é constituído por cerca de 99% de espaço vazio, compreenderemos a real extensão do trabalho com o *Spectrum,* pois todas as estrelas do *Tirion* podem ser observadas com uns simples binóculos de 10×50. Um pequeno telescópio consegue revelar milhões de estrelas!

O astrónomo que pretenda aplicar os catálogos estelares ao trabalho em microcomputadores deve concentrar os seus esforços no tratamento de dados ou na rápida paginação dos resultados a apresentar, em lugar de se preocupar com a precisão do desenho de um grande número de estrelas. Os programas que se seguem enquadram-se nesta filosofia.

MAPAS ESTELARES

Só para o «Spectrum» de 48 k

O desenho de mapas estelares não é uma das tarefas mais produtivas para o *Spectrum*. Melhor será consultar um bom livro de referência, como o *Norton* ou o *Tirion*. Para além do mais, os atlas deste tipo têm muito mais precisão no posicionamento dos astros, e é impossível reproduzir em qualquer micro ou mesmo num minicomputador a graduação dos pontos das imagens, relacionada com a magnitude estelar. Estas máquinas são também obrigadas a ignorar todos os DATA dos nomes das estrelas ou dos respectivos códigos, das estrelas variáveis e de outros objectos do espaço longínquo, que constam do *Catálogo Messier* ou do *Novo Catálogo Geral*; caso contrário, a imagem ficaria tão coalhada de pontos que seria impossível a sua interpretação.


```
Constelacoes e  Mapas Estelares
 1 Aquila        16 Draco
 2 Capricornus   17 Orion
 3 Lyra          18 Cassiopeia
 4 Scorpius      19 Leo
 5 Delphinus     20 Canis Major
 6 Cygnus        21 Ursa Major
 7 Sagitta       22 Corvus
 8 Hercules      23 Gemini
 9 Sagittarius   24 Hydra
10 Perseus       25 Virgo
11 Pegasus       26 Andromeda
12 Auriga        27 Cancer
13 Bootes        28 Libra
14 Taurus        29 Serpens
15 Corona Bor    30 Cetus
                 31 Prim.(map.est)
                 32 Verao(map.est)
                 33 Outono(map.est)
                 34 Inver.(map.est)
                 35  mapa celeste
```

Figura 8.1 *Opções do mapa estelar, para selecção por número.*

Apesar de tudo, a apresentação instantânea de um mapa estelar muito simples pode ser útil: como astrónomo, sinto que devo desafiar a qualidade abismal de alguns dos trabalhos publicados neste campo.

Mais importante ainda: este programa demonstra a técnica de tratamento de dados usando os DATA armazenados em grupos CHR$, para executar o PLOT das estrelas.

Na forma final podem seleccionar-se por número (como se indica na figura 8.1) uma de três opções, para apresentar qualquer uma das 30 constelações designadas, sob a forma de padrões estelares, todos correctamente orientados (o norte no topo do *écran,* o leste à esquerda), e usando uma escala adequada. As coordenadas celestes, em AR e Dec, indicam o

centro do *écran*, sendo apresentadas ao mesmo tempo que a escala usada, esta medida em graus.

Como alternativa, poderá apresentar um mapa estelar em escala reduzida de todas as constelações visíveis durante qualquer uma das quatro estações do ano, com indicação do nome de cada constelação à medida que vão sendo desenhadas.

A opção final é um mapa completo das 30 constelações, no qual aparecem todas as 310 estrelas que as compõem, representado como se fosse uma faixa do céu. A reduzida escala desta apresentação realça a limitada capacidade de resolução a que nos referimos no início do capítulo, mas os resultados são mesmo assim satisfatórios.

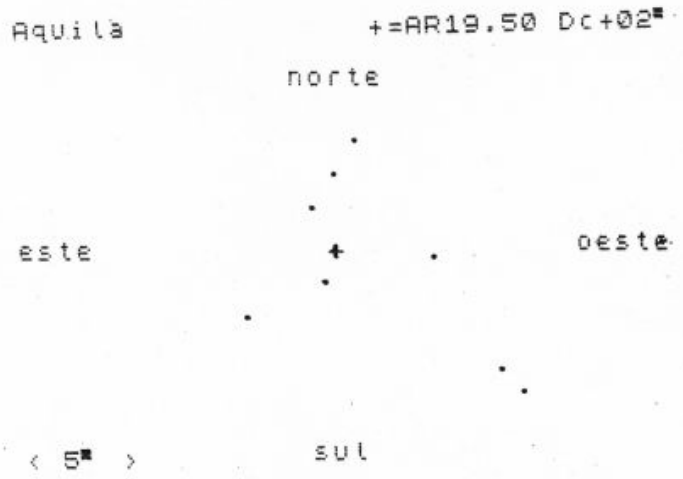


Figura 8.2 *Imagem da Águia (Aql), a primeira das 30 constelações, na escala maior. A impressora* ZX *produz normalmente uma imagem em negativo da que surge no* écran.

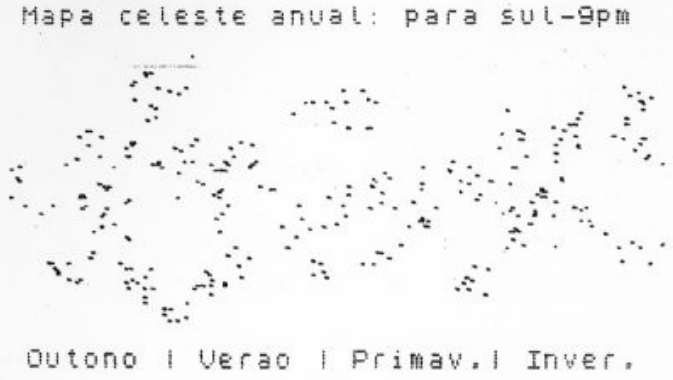


Figura 8.3 *Mapa estelar completo das 30 constelações, com as 310 estrelas. A Ursa Maior (UMa) está no topo ao centro, e na extrema esquerda observa-se Pégaso (Peg).*



Figura 8.4 *Mapa estelar de Inverno, com Orionte no centro em baixo e o Leão (Leo) na extrema esquerda.*



Figura 8.5 *Mapa estelar de Verão, em que a Águia (Aql) aparece no centro à esquerda e Pégaso na extrema direita.*

A COPY do «écran»

Os mapas estelares aparecem em vídeo inverso, pois servimo-nos de um céu preto (PAPER 0) com estrelas brancas (INK 9, para contrastar com a tonalidade do PAPER). O programa tem uma opção de COPY para a impressora *ZX*, mas neste caso os mapas aparecem como imagens em negativo do original — estrelas pretas sobre fundo branco. É melhor ter uma cópia nestas condições, porque a impressora *ZX* não consegue representar uma verdadeira imagem em INVERSE, caso em que o mapa estelar seria 99,9% negro! Tendo em consideração esta limitação da impressora, os mapas estelares dispõem de uma moldura, tomando-se em conta quer a apresentação monocromática quer a colorida, para o caso de só se dispor de um dos tipos de aparelho de televisão. Na páginas seguintes, as figuras 8.2, 8.3, 8.4 e 8.5 dão exemplos de várias COPYs de mapas estelares.

O reconhecimento das constelações

Não se fez qualquer esforço para distinguir as diferentes magnitudes estelares através de tamanhos distintos dos pontos, mas mais adiante explicamos um método para se conseguir essa diferenciação. Os limites da magnitude estelar destes mapas situam-se entre 3,5 e 4,5; querendo ir mais longe, o volume dos DATA aumentaria significativamente e o *écran* ficaria demasiado cheio de pontos. Concebemos a ordem de desenho das estrelas de modo a facilitar o reconhecimento de cada uma das constelações, mas, como o *Spectrum* demora só cerca de um segundo a executar o PLOT de cada uma destas, a velocidade é demasiada para olhos menos atentos! Como ajuda, dispõe-se de um botão de retardador, para quem quiser observar com vagar o traçado das constelações.

A projecção do mapa estelar

É inevitável certa distorção, se bem que ligeira, ao convertermos o céu esférico numa projecção cilíndrica, forma usada para estes mapas estelares, que só se tornaria evidente no caso de as constelações estarem situadas perto dos pólos norte ou sul celestes, pelo que deliberadamente excluímos as dessas latitudes. As constelações incluídas tendem a favorecer a observação a partir das latitudes da Europa e da América do Norte, e vão desde a Ursa Maior (UMa), Cassiopeia e Draco (Dragão), todas centradas a cerca de $+60^{\circ}$ de declinação norte, até ao Escorpião, a cerca de $\mp 35^{\circ}$ de declinação sul. Perto de metade de todas as constelações existentes entre estes limites aparecem no programa. O homem deu nome a 88 constelações, e em Portugal observamos quase dois terços destas.

A preparação do programa

Devido ao uso de grande quantidade de DATA, o programa completo dos «Mapas estelares» torna-se extenso, e dividimo-lo em duas partes.

A primeira chama-se «Carregador de estrelas», e processa a entrada das posições coordenadas x e y de 310 estrelas, dos

nomes das constelações e das coordenadas centrais de cada mapa, de modo a misturá-las formando «mapas compostos». A segunda parte do programa chama-se «Mapas estelares», e destina-se a processar (RUN) todos os DATA entrados na outra parte.

Antes de passarmos aos programas em si, convém explicar como foram preparados os elementos dos DATA. Isto permitirá efectuar modificações ao programa, por exemplo juntar-lhe mais constelações, o que implica o esboço, para usarmos um termo simplista, das estrelas a representar. O *Spectrum* não tem nada a ver com este aspecto, mas um bom catálogo de estrelas é elemento de consulta fundamental.

O esboço das constelações

O método de preparação dos DATA para cada constelação é o seguinte:

1) Marcamos numa folha de papel milimétrico uma grelha com eixos perpendiculares x e y, o da coordenada x medindo de 0 a 63 (eixo horizontal), e o da coordenada y de 0 a 43 (eixo vertical).

2) Marcamos com um «+» o centro do rectângulo assim formado e anotamos à margem do gráfico as coordenadas e o nome da constelação escolhida.

3) Copiamos de um atlas estelar as constelações escolhidas e transferimo-las para o gráfico, preenchendo completamente o quadro sobre o qual assenta o ponto de cada estrela, certificando-nos de que as linhas da grelha do atlas coincidem perfeitamente com as da folha do gráfico, sem excessiva rotação de qualquer deles.

4) Numeramos cada uma das estrelas e elaboramos uma lista das respectivas coordenadas x e y, sob a forma de um número de quatro dígitos, por exemplo 4327.

5) Marcamos na folha uma única letra para codificar (CODE) o número total de estrelas usado para cada constelação: A=1, B=2, até Z=26.

Os DATA das estrelas

A coordenada x (horizontal) aparece em primeiro lugar no número obtido de acordo com a alínea 4) acima mencionada. Nunca se devem trocar as duas metades deste número; caso contrário, a estrela será desenhada no local errado. Com tantas estrelas para traçar, será difícil localizar uma que tenha sido mal equacionada, especialmente não se estando familiarizado com os padrões estelares do firmamento. Mesmo o astrónomo experiente nunca terá demasiado cuidado nesta preparação inicial. A figura 8.6 mostra um esboço típico usado neste programa e elaborado de acordo com as explicações acima dadas.

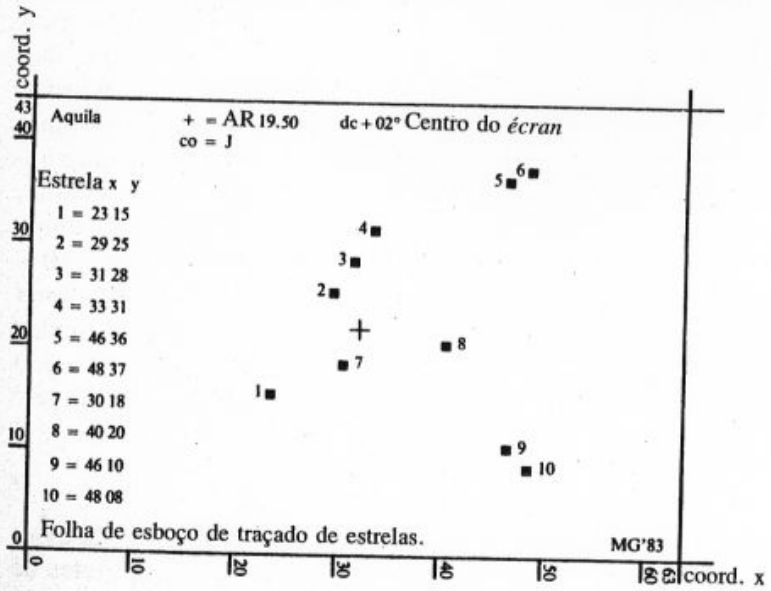


Figura 8.6

A posição coordenada obtida do atlas estelar para o centro do *écran* de cada mapa é um número de cinco dígitos, incluindo o ponto decimal para a ascensão recta (eixo horizontal) e um número de três algarismos, que inclui o prefixo «+» ou «−»,

para a declinação (eixo vertical). O sinal dos graus não aparece nesta última. No exemplo apresentado na página anterior, que é da constelação da Aguia (Aquila, Aql), a AR de 19,5 indica 19 h 50 m, e o programa, na linha 1090, converte este valor para horas mais horas decimais e, por fim, na linha 1140, para graus através de uma multiplicação por 15. Assim, 19 h 50 m=19,8333 h=297,5 graus. A AR não pode exceder 24 porque 24*15=360, ou seja um círculo completo.

É claro que o *Spectrum* tem uma resolução de imagem de 256*176 pixels, enquanto as cartas estelares foram preparadas para uma resolução de 64*44. Considero esta última perfeitamente adequada.

A AR é armazenada no *array* a$, e a Dec no *array* b$, para serem usadas sem mais cálculos nos títulos de cada uma das cartas maiores. Poupa-se também mais memória do computador se armazenarmos os DATA da mesma maneira, evitando-se uma formatação complexa para converter o *array* numérico alternativo nos CHR$ da apresentação. No teste inicial deste programa, experimentámos o armazenamento de DATA através de *arrays* numéricos e de CHR$, e reparámos que o programa corre 10% mais devagar se se usar o armazenamento em CHR$. Como conclusão, pode dizer-se que uma carta completa de 310 estrelas demora cerca de 44 segundos a ser traçada, em lugar de 40 seg, o que considero aceitável, tendo em vista as vantagens conseguidas.

Mapas estelares 1: Carregador de estrelas

Introduzimos o programa «Carregador de estrelas», certificando-nos de que está de acordo com a listagem do livro. Antes de introduzir todos os DATA referentes às 30 constelações e às 310 estrelas, é conveniente fazer alguns RUN de teste, para verificar se tudo está bem. Não deve ser necessário experimentar todas as 30 constelações, de modo que pode alterar-se a variável z da linha 2020 para LET z=2 e depois fazer correr o programa. Este valor permite introduzir só os DATA das duas primeiras constelações (Águia e Capricórnio), lidos na figura 8.7.

O programa foi concebido à prova de erros, e emite um BEEP sempre que se toca no teclado ou se está a proceder à entrada de DATA; assim concentramo-nos na tarefa que tem entre mãos sem estar sempre a olhar para o *écran*. Um par de RUNs de teste, em que podemos introduzir alguns números ao acaso, servirá para vermos se tudo está a correr pelo melhor. Repare-se que o programa contempla as rotinas de SAVE e de VERIFY (gravação e verificação), para os que porventura não conheçam bem o *Spectrum*. A última destas acções assegura que não perdemos todo o seu trabalho no caso de inadvertidamente premirmos uma tecla errada.

```
1999 REM ************************
2000 REM   Programa de LOAD de
2001 REM   dados sobre estrelas
2002 REM ************************
2010 LET z$="": POKE 23609,100
2020 LET z=30: REM *30 constela.
2030 DIM n$(z,11): DIM a$(z,5):
DIM b$(z,3): DIM c$(z,17,4)
2040 FOR n=1 TO z
2050 CLS : INPUT "nome da conste
lacao no";(n),t$: IF LEN t$>11 T
HEN  GO SUB 2230: GO TO 2050
2060 LET n$(n)=t$: PRINT t$
2070 INPUT "AR= ?"; LINE t$: LET
 e=VAL t$: IF e<0 OR e>=25 THEN
 GO SUB 2230: GO TO 2090
2080 LET a$(n)=t$: PRINT "AR";t$
2090 INPUT "Dc= ?"; LINE t$: LET
 e=VAL t$: IF ABS e>=90 THEN  GO
 SUB 2230: GO TO 2090
2100 LET b$(n)=t$: PRINT "Dc";t$
2110 INPUT "co= ?"; LINE h$: IF
CODE h$-64>17 THEN  GO SUB 2230:
 GO TO 2110
2120 LET z$=z$+h$: PRINT "co";h$
2130 FOR f=1 TO CODE h$-64
2140 INPUT (f);"= ?"; LINE t$
```

```
2142 LET e1=VAL t$( TO 2)
2145 LET e2=VAL t$(3 TO )
2150 IF e1<0 OR e2<0 OR e1>63 OR
 e2>43 THEN  GO SUB 2230: GO TO
2140
2160 LET c$(n,f)=t$: PRINT (" "
AND f<10);f;"=";t$: BEEP .1,-10
2170 NEXT f: BEEP 1,1
2180 INPUT "Data OK? (s/n) ou Pa
re e Grave (g)";q$
2190 IF q$="n" THEN  GO TO 2050
2195 IF q$="g" THEN  GO TO 9990
2200 NEXT n: PRINT #0; FLASH 1;"
Lista completa": GO TO 9990
2230 PRINT #0; FLASH 1;"Erro": B
EEP .5,30: PAUSE 100: RETURN
9980 REM **********************
9990 SAVE "mapasest" LINE 2050
9991 REM **********************
9992 BEEP 1,1
9995 PRINT #0;"rebobine a fita:"
'"verifique": VERIFY "mapasest"
9996 BEEP 1,1
```

A introdução dos DATA

Em primeiro lugar, voltamos a atribuir à variável z o seu valor normal: a linha 2020 deverá ser LET z=30 (este número é de importância vital); depois fazemos correr o programa. Introduzimos progressivamente os DATA da figura 8.7; se quisermos desdobramos esta tarefa em mais de uma sessão, para não se tornar cansativa. A opção para gravar o programa depois da entrada dos DATA surge na linha 2195, premindo a tecla «s». Depois da gravação o computador convida a voltar ao princípio da *cassette*, para a verificação (VERIFY). Ouve-se um BEEP no fim de cada SAVE/VERIFY correcto. Se tal não suceder, introduz-se o comando directo GOTO 9990 e repetem-se as rotinas de SAVE e VERIFY até aparecer a mensagem «OK» no

écran. Para carregar o programa (LOAD) na próxima sessão de entrada de DATA, digita-se o comando directo LOAD "" e aciona-se o gravador, em PLAY. Depois de um carregamento bem sucedido, o programa vai automaticamente para a linha 2050, pronto para aceitar os dados da próxima constelação.

Se por qualquer motivo o programa «estoirar», faz-se o comando directo GOTO 2050. Nunca se deverá premir a tecla RUN, ou dar uma instrução de GOTO para um número de linha que não seja o 2050. Se não se tomarem estas duas precauções, perder-se-ão todos os DATA ainda não gravados em fita, ou serão apagados por outros que introduzamos depois.

Após a introdução de todos os DATA, que terão de ser gravados e verificados, passamos a trabalhar com a segunda parte do programa.

Mapas estelares 2

Introduzimos a segunda parte do programa — «Mapas estelares» — e alteramos a linha 9990 para:

```
9990 SAVE «mapasest» LINE 1
```

Esta modificação garante que, gravado e depois carregado o programa, vai sempre para a linha 1. Esta nova porção do programa trata da imagem, da selecção e do desenho dos mapas estelares. Depois de termos a certeza de que a listagem introduzida está correcta, fazemos o comando directo GOTO 1, que inicia a execução. Mais uma vez devemos alertar para nunca se premir a tecla RUN.

O programa

As declarações REM indicam a estrutura geral do programa. O traçado dos mapas das estrelas (PLOT) está dividido em duas partes:

1. Constelações seleccionadas para escala maior.
2. Mapas estelares sazonais e anuais.

1 Aquila
AR 19.50
Dc+02
co=J
1 = 2315
2 = 2925
3 = 3128
4 = 3331
5 = 4636
6 = 4837
7 = 3818
8 = 4020
9 = 4610
10 = 4808

2 Capricornus
AR 21.12
Dc-18
co=L
1 = 5128
2 = 5228
3 = 5025
4 = 4210
5 = 4008
6 = 3510
7 = 2614
8 = 2715
9 = 2418
10 = 2321
11 = 2022
12 = 3521

3 Lyra
AR 19.12
Dc+36
co=F
1 = 4126
2 = 3924
3 = 3927
4 = 3523
5 = 3417
6 = 3718

4 Scorpius
AR 17.10
Dc-34
co=D
1 = 5039
2 = 5137
3 = 5238
4 = 5434
5 = 5429
6 = 5425
7 = 4730
8 = 4429
9 = 4227
10 = 3719
11 = 3606
12 = 3106
13 = 2405
14 = 2110
15 = 2015
16 = 2415
17 = 2515

5 Delphinus
AR 20.54
Dc+13
co=F
1 = 3524
2 = 3724
3 = 3622
4 = 3922
5 = 4017
6 = 3716

6 Cygnus
AR 20.48
Dc+35
co=I
1 = 3433
2 = 2312
3 = 3117
4 = 3926
5 = 4933
6 = 4719
7 = 5610
8 = 4135
9 = 4036

7 Sagitta
AR 20.12
Dc+19
co=D
1 = 3623
2 = 4022
3 = 4220
4 = 4321

8 Hercules
AR 17.30
Dc+28
co=N
1 = 3601
2 = 3617
3 = 4126
4 = 4726
5 = 3833
6 = 4736
7 = 5041
8 = 5112
9 = 5409
10 = 3534
11 = 2621
12 = 2324
13 = 2326
14 = 2023

9 Sagittarius
AR 18.50
Dc-26
co=M
1 = 2233
2 = 2629
3 = 2720
4 = 3029
5 = 3122
6 = 2816
7 = 3420
8 = 4023
9 = 4529
10 = 4615
11 = 4116
12 = 4010
13 = 4106

10 Perseus
AR 03.55
Dc+40
co=H
1 = 3108
2 = 3013
3 = 3119
4 = 3522
5 = 3629
6 = 4032
7 = 4432
8 = 4537
9 = 4740
10 = 4425
11 = 4519
12 = 4616
13 = 2930

11 Pegasus
AR 23.05
Dc+16
co=J
1 = 0819
2 = 1038
3 = 3237
4 = 3218
5 = 4112
6 = 5206
7 = 6112
8 = 3840
9 = 3830
10 = 3632

12 Auriga
AR 05.55
Dc+40
co=I
1 = 4004
2 = 3016
3 = 3227
4 = 3541
5 = 4329
6 = 4726
7 = 4722
8 = 4623
9 = 4912

13 Bootes
AR 15.05
Dc+29
co=J
1 = 5704
2 = 5405
3 = 4707
4 = 3819
5 = 2828
6 = 2634
7 = 3038
8 = 4135
9 = 4122
10 = 4223

14 Taurus
AR 04.45
Dc+15
co=D
1 = 1429
2 = 1940
3 = 3421
4 = 3720
5 = 4020
6 = 3925
7 = 3824
8 = 3726
9 = 5032
10 = 5033
11 = 5133
12 = 4716
13 = 5913
14 = 6012
15 = 4607

15 Corona Bori
AR 16.15
Dc+28
co=G
1 = 4526
2 = 4723
3 = 4520
4 = 4219
5 = 4019
6 = 3720
7 = 3624

16 Draco
AR 18.30
Dc+60
co=N
1 = 3607
2 = 3715
3 = 4113
4 = 4209
5 = 2620
6 = 2430
7 = 2632
8 = 3435
9 = 3437
10 = 3836
11 = 4326
12 = 5225
13 = 5723
14 = 6227

17 Orion
AR 05.55
Dc+01
co=G
1 = 3229
2 = 3532
3 = 3933
4 = 4327
5 = 3715
6 = 3916
7 = 4117
8 = 4315
9 = 4706
10 = 3504
11 = 5221
12 = 5322
13 = 5429
14 = 3910
15 = 5527
16 = 5432
17 = 5337

18 Cassiopeia
AR 01.20
Dc+59
co=G
1 = 2729
2 = 3123
3 = 3724
4 = 3819
5 = 4016
6 = 4114
7 = 4622

19 Leo
AR 11.00
Dc+15
co=H
1 = 5534
2 = 5237
3 = 4532
4 = 4427
5 = 4923
6 = 4916
7 = 5915
8 = 4112
9 = 2628
10 = 2621
11 = 2314
12 = 2407
13 = 1420

20 Canis Major
AR 07.10
Dc-24
co=H
1 = 2612
2 = 3116
3 = 3412
4 = 4618
5 = 4727
6 = 3929
7 = 3619
8 = 3320

21 Ursa Major
AR 11.50
Dc+54
co=N
1 = 2727
2 = 0419
3 = 3122
4 = 3934
5 = 1826
6 = 4127
7 = 1226
8 = 5335
9 = 5628
10 = 6227
11 = 5710
12 = 5609
13 = 4310
14 = 3314

22 Corvus
AR 12.40
Dc-17
co=F
1 = 3422
2 = 3521
3 = 3412
4 = 4213
5 = 4310
6 = 4020

23 Gemini
AR 07.40
Dc+22
co=L
1 = 3029
2 = 3334
3 = 3029
4 = 3620
5 = 3913
6 = 4318
7 = 5212
8 = 5007
9 = 5721
10 = 6021
11 = 5024
12 = 4431

24 Hydra
AR 09.55
Dc-10
co=H
1 = 6040
2 = 6036
3 = 5837
4 = 5640
5 = 5741
6 = 5440
7 = 4736
8 = 4122
9 = 3313
10 = 2816
11 = 2617
12 = 2110
13 = 1310

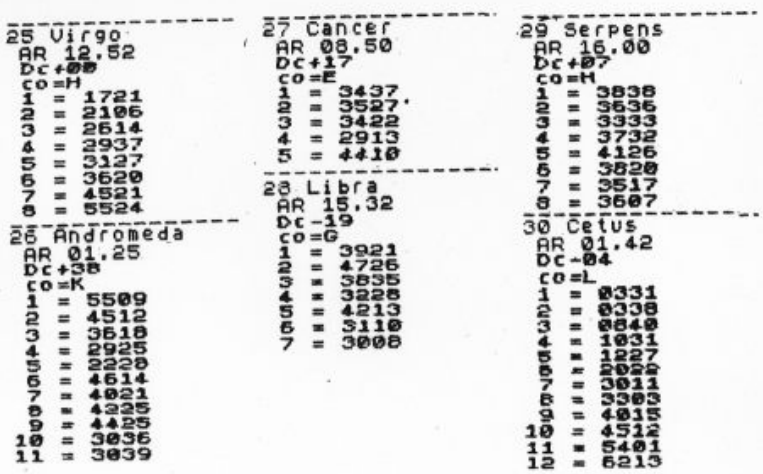


Figura 8.7 *DATA para o programa «Mapa estelar».*

Ao seleccionar uma constelação (INPUT de 1 a 30 inclusive), a variável da linha 170 (LET sc=4) aumenta a escala num factor de 4, de modo que a constelação encha o *écran*. As opções com INPUTs de 31 a 34 inclusive têm uma variável adicional, designada por x1, que assume diferentes valores através do GOTO condicional da linha 120. Esta variável selecciona uma secção do mapa estelar completo de 30 constelações, e prepara-a para apresentação. O mapa do céu — INPUT 35, por opção — representa uma visão completa do firmamento, num raio de 360º. Estabelece-se em 1 a variável sc para os mapas sazonais e em 0,52 para o mapa anual. Certificamo-nos de que na linha 90 introduzimos correctamente «m<1» e «M>1» (na segunda expressão, trata-se de um L minúsculo e não de um 1).

```
  9 REM ************************
 10 REM    Mapas Estelares
 11 REM ************************
 20 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
```



```
LS : DIM e$(32): LET G=100/60
  30 PRINT  PAPER 5;" Constelaco
es e  Mapas Estelares"
  40 LET t$="(mapa estelar)"
  50 LET j=15: LET l=35
  59 REM ************************
  60 REM    Disposicao inicial
  61 REM         e seleccao
  62 REM ************************
  70 FOR n=1 TO z: PRINT AT n-(j
 AND n>j),0+(j AND n>j);(" " AND
 n<10);n;" ";n$(n): NEXT n
  80 PRINT  PAPER 1;AT 16,j;"31
primavera";t$;AT 17,j;"32 verao"
;t$;AT 18,j;"33 outono";AT 19,j;
"34 inverno";AT 20,j; PAPER 4;"3
5 mapa celeste"
  90 INPUT  INK 6;"seleccione o
no:";m: IF m<1 OR m>1 THEN  GO T
O 90
 100 PRINT #0; INK 5;"tracado ra
pido/lento (r/l)": PAUSE 0: CLS
: LET pa=1: IF INKEY$="l" THEN
LET pa=50
 109 REM ************************
 110 REM    Goto Mapa Sazonal
 111 REM ************************
 120 IF m>30 THEN  GO TO m*10
 129 REM ************************
 130 REM    Constelacao unica
 131 REM ************************
 140 PRINT " ";n$(m);"   +=AR";a
$(m);" Dc";b$(m);CHR$ 130;AT 11,
15; INK 4;"+"
 150 PRINT  INK 6;AT 1,13;"Norte
";AT 11,0;"Leste";AT 11,27;"Oest
e";AT 20,13;"Sul": GO SUB 1210
 160 PRINT  INK 4;AT 20,1;"< 5";
CHR$ 130;">"
```

```
170 LET sc=4: REM escala grande
175 FOR n=1 TO CODE z$(m)-64
180 LET dx=VAL c$(m,n, TO 2)
185 LET dy=VAL c$(m,n,3 TO )
190 PLOT dx*sc,dy*sc
195 DRAW  BRIGHT 1;1,1: DRAW 1,
-1: DRAW -1,-1
200 PAUSE pa: NEXT n
209 REM ************************
210 REM       COPY ou MENU
211 REM ************************
220 PRINT #0; PAPER 5; INK 9;"P
rima c para COPY, m para Menu "
225 BEEP .6,40: BEEP .1,30
230 PAUSE 0: IF INKEY$="c" THEN
 COPY : INPUT "": GO TO 220
240 GO TO 20
299 REM ************************
300 REM     Goto Condicionais
301 REM ************************
310 PRINT "primavera";t$,: LET
x1=-3: GO TO 1000
320 PRINT "verao";t$,: LET x1=5
: GO TO 1000
330 PRINT "outono";t$,: LET x1=
13: GO TO 1000
340 PRINT "inverno";t$,: LET x1
=-11: GO TO 1000
350 PRINT "Mapa Celeste anual:
para Sul-9pm": LET hi=150: LET s
c=.52: LET X1=5: GO TO 1030
999 REM ************************
1000 REM     Desenho dos Mapas
1001 REM   Estelares  Sazonais
1002 REM ************************
1010 LET sc=1: LET hi=50
1020 PRINT "< 25";CHR$ 130;">";
PAPER 4;AT 21,0;"leste          s
ul           oeste": GO TO 1060
```



```
1030 FOR n=17 TO 21: PRINT  PAPE
R n-16;AT n,0;e$: NEXT n
1040 PRINT AT 16,0;"outono   ver
ao   primav. inverno"
1050 FOR n=1 TO 3: PLOT n*64,40:
 DRAW 0,10: NEXT n
1060 GO SUB 1210: FOR f=1 TO z
1070 PRINT #0;n$(f)
1080 LET zx=VAL a$(f)
1090 LET x=zx+(zx-INT zx)/G
1100 LET y=VAL b$(f)
1110 FOR n=1 TO CODE z$(f)-64
1120 LET dx=VAL c$(f,n, TO 2)
1130 LET dy=VAL c$(f,n,3 TO )
1140 LET xx=(x1*15-x*20+380+dx)*
sc
1150 IF x1=13 AND xx>480 THEN  L
ET xx=xx-480
1160 LET yy=(y*1.5+hi+dy)*sc
1170 IF xx<0 OR xx>255 OR yy<0 O
R yy>175 THEN  GO TO 1190
1179 REM ************************
1180 PLOT xx,yy: REM Desenho das
 estrelas
1181 REM ************************
1190 NEXT n: PAUSE pa: INPUT "":
 NEXT f: GO TO 220
1199 REM ************************
1200 REM   Desenho do Caixilho
1201 REM     em redor do mapa
1202 REM ************************
1210 PLOT 0,0: DRAW 0,175: DRAW
255,0: DRAW 0,-175: DRAW -255,0:
 RETURN
```

DESENHO DE CONSTELAÇÕES

O programa «Mapas estelares» mostrou uma técnica de introdução de formatos de estrelas directamente para *arrays* DIMensionados através de um INPUT. Este método é aconselhável se pretendemos introduzir elevado número de estrelas e de constelações. O programa «Startrax», que veremos adiante (e que traça duas constelações com poucas estrelas), mantém as posições dos astros em CHR$ numéricos, para serem repartidos.

Este curto programa mostra dois outros métodos de traçado de formatos de estrelas através do uso dos DATA e sob a forma de CHR$ em CODE. Em qualquer dos métodos, a informação aparece na listagem do programa, e permite fácil manipulação. Vejam-se os exemplos das figuras 8.8 e 8.9.

Método 1: armazenamento de DATA

É a maneira convencional de armazenar os DATA, e está adequadamente explicada, se bem que de forma breve, no manual do *Spectrum*. Os DATA só podem ser chamados para processamento pelo comando READ e, depois de lidos, só são reutilizados pela aplicação da instrução RESTORE. No nosso programa, os DATA são lidos (READ) e imediatamente sujeitos a um PLOT, pelo que não há a necessidade de se usar o RESTORE.

Contudo, quando o programa pára (STOP), com a apresentação da mensagem de erro «integer out of range» — o que explicaremos mais à frente —, deve tentar-se reiniciá-lo com um GOTO 1. Esta ordem será ignorada, e em seu lugar aparece a mensagem de erro «out of data», porque os DATA não sofreram qualquer acção de RESTORE. Fazendo RUN, tudo correrá bem, porque esta instrução aplica automaticamente um RESTORE aos DATA. Conclui-se daqui que a sequência DATA/READ/RESTORE deve ser ponderada, especialmente no caso de programas longos, nos quais vários DATA tenham de ser usados em alturas diferentes.

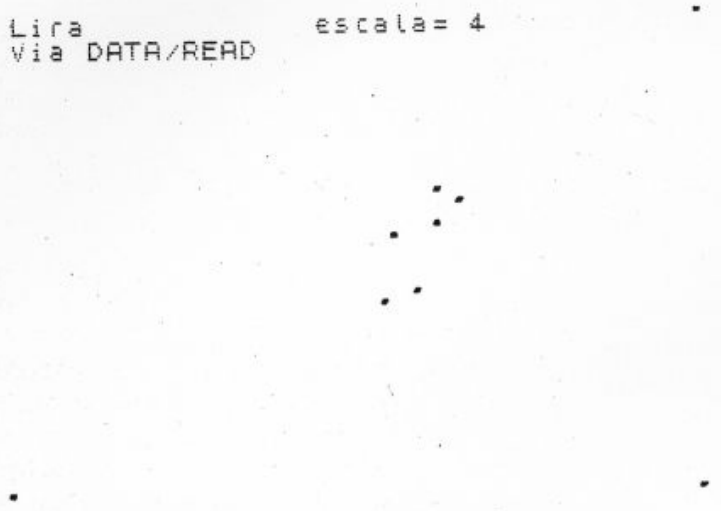


Figura 8.8 *A constelação Lira traçada através de DATA e READ.*

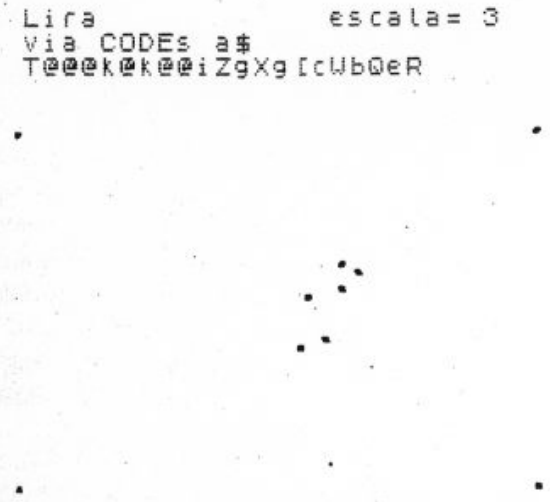


Figura 8.9 *Lira traçada via CHR$ CODE (apresentados na imagem). Introduzem-se estes códigos na linha 210 do programa «Desenho de constelações», em que só o símbolo @ aparece tanto em lugar de @ como de ©.*

No programa «Desenho de constelações», os DATA estão na linha 40, representando a forma de Verão da constelação Lira (Lyr), com seis estrelas, cada uma destas na posição coordenada x e y. Teremos, pois, 12 elementos de DATA; os cantos da imagem são também traçados de modo a indicarem a escala, e a respectiva sequência de DATA é:

0, 0, 63, 43, 0, 43, 63, 0

O total de DATA ascende a vinte itens e o último destes, o vigésimo primeiro, indica o número de estrelas e as posições dos cantos que têm de ser traçadas, factores mantidos no primeiro número da sequência de DATA (10).

A linha 90 lê (READ) o primeiro item dos DATA (10), e a variável c estabelece o comprimento do ciclo FOR/NEXT n da linha 100, para todo o traçado (PLOT). Esta mesma linha também lê as coordenadas x e y a partir dos DATA, e que irão ser traçadas pela linha 110, com cada valor de coordenada multiplicado por 4, que é o valor da variável designada por «escala» (mais adiante explicaremos este pormenor).

Método 2: armazenamento em CHR$ CODE

Este método é, sob vários aspectos, mais elegante que a sequência DATA/READ/RESTORE e baseia-se na sofisticada capacidade do *Spectrum* de repartição de cadeias. É preciso, no entanto, ter muito cuidado com a selecção de um grupo de CHR$ a partir do conjunto que o *Spectrum* põe à nossa disposição, sucedendo haver confusões, provocadas pelas listagens, sobre qual dos CHR$ deve ser considerado. Para se evitarem estes enganos consulte-se, sempre que necessário, o manual do computador.

O conjunto de caracteres ASCII

O *Spectrum* usa o conjunto de caracteres conhecido por ASCII, e qualquer CODE compreendido entre o CODE 32 (espaço em branco) e o CODE 127 (símbolo de direitos de autor) pode ser usado conforme pretendermos. Este conjunto de CHR$ aumenta

se incluirmos o «grupo gráfico», que vai do CODE 128 até ao CODE 143. O «grupo gráfico», o símbolo dos direitos de autor e o CODE 96 (símbolo da Libra) não fazem parte do código ASCII, mas usam-se em programas do *Spectrum* sob a forma de CODEs, sendo mesmo reconhecidos pela impressora *ZX* — o que não sucede com outras impressoras.

Num programa de traçado de estrelas em que a resolução da imagem está limitada a 64 na horizontal e 44 na vertical (um quarto do potencial gráfico do *Spectrum*, como se disse na secção dos «Mapas estelares»), basta um máximo de 64 CODEs para se atingir o pretendido. O CODE 34 — as aspas (") — não pode ser usado dentro de um *string array*, de modo que será melhor considerar o CODE 35 — o símbolo cardinal (#) — como o limite mínimo dos CODEs com utilidade. Teremos o problema muito mais facilitado se nos servirmos das letras maiúsculas e minúsculas, pois deste modo passamos a dispor de um total de 52 CODEs. Como estes podem formar o grosso da cadeia, identificam-se rápida e facilmente, permitindo-nos uma dosagem criteriosa dos CODEs correspondentes às letras grandes e pequenas — do CODE 91 ao CODE 96 —, e dos CODEs que medeiam entre os das letras pequenas e o CODE 127 (os hieróglifos do ASCII).

Os CODEs que normalmente nós próprios usamos, e que se vêem no programa, vão do CODE 64 (c) até ao CODE 127 (©) inclusive, e as linhas 270 e 280 convertem-nos para valores numéricos de x e y.

Deste modo,

```
LET x = CODE a$(n) −64
LET y = CODE a$(n+1) −64
```

Ao subtrair 64 a cada CODE, passamos a dispor de valores entre 0 e 64:

CHR$ @ = CODE 64 −64 = 0 a
CHR$ © = CODE 127 −64 = 63

Estes últimos representam a posição coordenada x, ou horizontal. O conjunto de CODEs para a coordenada vertical y será:

```
CHR$ @ = CODE 64 −64 = 0 a
CHR$ k = CODE 107 −64 = 43
```

A partir da linha 220 o programa demonstra o traçado da forma das estrelas da constelação Lira, processando os CODEs contidos nos caracteres do a$. Este contém 21 caracteres, que codificam precisamente a mesma informação dos DATA da linha 40, e que são exclusivamente usados na primeira parte do programa. A única diferença é que o primeiro carácter do a$, o «T», tem um valor efectivo de 20:

```
CHR$ T = CODE 84 −64 = 20
```

e que serve para determinar o comprimento do ciclo FOR/NEXT n da linha 260:

```
FOR n = 2 TO CODE a$ (1) −64 STEP 2
```

em que n tem um valor sequencial de:

2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20

através do STEP 2 para o valor da coordenada x em a$. Assim, o valor da coordenada y é deduzido a partir dos números ímpares do ciclo

3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21

sob a forma ... CODE a$ (n+1) −64.

A escala da imagem

Torna-se útil, com frequência, alterar a escala do desenho da constelação, por causa das dimensões do *écran*. O programa usa,

para isso, a variável «escala». Na primeira parte da listagem, em que se usam os DATA, e antes do PLOT das posições das estrelas, esta variável é estabelecida com um valor de 4, de modo a alargar a separação entre as estrelas, que acabam por ocupar todo o *écran* até aos marcadores dos cantos. Nesta segunda parte do programa, estabelece-se a escala para um valor inicial de 3, que é alterado, depois do fim do ciclo FOR/NEXT n, pela linha 310:

```
LET escala = escala − 0.5: GOTO 230
```

O GOTO 230 manda o programa de volta ao ciclo FOR/NEXT n, repetindo-se esta instrução até que o programa estoira, com a mensagem de erro «integer out of range», visto que nesse ponto a escala da imagem é tão grande que o programa não consegue executar o PLOT dentro do *écran*.

Antes do fim abrupto da execução, as formas da constelação Lira parecem encolher, até às dimensões de um simples *pixel*, no canto inferior esquerdo do *écran*, para depois aumentarem mais uma vez. No topo superior direito da imagem indica-se o valor momentâneo da escala e verificamos que as sucessivas subtracções de 0,5 a esta variável (que no princípio fora estabelecida no valor 3) a levam a atingir, depois de seis repetições do ciclo n, valores negativos, o que provoca o aumento da imagem acima referido. É assim que a variável «escala» pode assumir valores positivos ou negativos, conquanto os resultados do PLOT pareçam sempre idênticos.

A preparação das cartas estelares

Para a explicação sobre a preparação das cartas estelares, antes de serem transferidas para um programa do *Spectrum*, consulte-se o programa «Mapas estelares». Por agora, basta dizer que, se houver a intenção de usar caracteres para codificar (CODE) as posições das estrelas, teremos de marcar os eixos dos x e dos y com os CHR$, em lugar dos valores numéricos. Seleccionem-se os CHR$ desde o CODE 64 até ao CODE 127 para o eixo dos x

e do CODE 64 até ao CODE 107 para o eixo dos y, de acordo com a explicação anterior.

Mais constelações

Este programa só mostra como traçar as formas da constelação Lira. Para desenhar outros destes agrupamentos de estrelas dispomos de uma maneira simples de manter e seleccionar os DATA sem ter de colocar a informação dentro de *arrays* DIMensionais. Como é muito mais fácil seleccionar uma determinada constelação através dos CHR$ dos *string arrays*, limitaremos a exposição do assunto a este método.

Os CODEs de CHR$ aplicados no «Método 2» são combinados com a selecção condicional, que usaremos no programa «Startrax», para uma série de constelações denominadas da mesma forma — neste caso, a$. Deste modo, e depois de termos esboçado cada constelação no papel milimétrico, convertendo-a numa cadeia de CODEs CHR$, introduzimos estes últimos valores no programa, entre as linhas 200 e 210, sob a forma de um a$. Cada a$ deve ser seguido por uma declaração condicional, e o programa ficará a ser parecido com:

```
201 LET a$ = «T .....»: IF b$(1) = «A» THEN
GOTO 220
202 LET a$ = «L ..... »: IF b$(1) = «D» THEN
GOTO 220
203 LET a$ = «R .....»: IF b$(1) = «C» THEN
GOTO 220
204 LET a$ = «R .....»: IF b$(2) = «u» THEN
GOTO 220
```

As constelações supostamente representadas são, por ordem, (A)quila (10 estrelas), (D)elphinus (6 estrelas), (C)ygnus (9 estrelas) e A(u)riga (9 estrelas). O GOTO condicional da linha 204 selecciona a segunda letra, b$(2), considerando-a como o «u» pequeno em Auriga, para a distinguir do b$(1) em Aquila, na linha 201. A primeira letra em cada a$ codifica (CODE) o

número de caracteres que se seguem, e que neste caso estão representados pelos pontos. As únicas alterações necessárias ao programa são a omissão das linhas 30 a 130 inclusive e da linha 310, bem como a adição da linha 150 (INPUT b$), para seleccionar a constelação a desenhar.

Veja-se o que se passa na figura 8.9.

```
  9 REM ************************
 10 REM  Desenho de Constelacao
 11 REM ************************
 20 REM  #1 Armazenar os Data
         #2 String Array (a$)
 29 REM ************************
 30 REM      Desenho via DATA
 31 REM          em memoria
 32 REM ************************
 40 DATA 10,0,0,63,43,0,43,63,0
,41,26,39,24,39,27,35,23,34,17,3
7,18
 50 BORDER 0: INK 7: PAPER 1: C
LS
 60 LET escala=4
 70 PRINT "Lira","escala= ";esc
ala
 80 PRINT "via DATA/READ"
 90 READ c
100 FOR n=1 TO c: READ x,y
110 PLOT x*escala,y*escala
120 NEXT n
130 PAUSE 100
199 REM ************************
200 REM   Desenho via CODEs a$
201 REM ************************
210 LET a$="T@@@k@k@@iZgXg[cWbQ
eR"
220 LET escala=3
230 PAUSE 100: PAPER 0: CLS
240 PRINT "Lira","escala= ";esc
ala
```

```
 250 PRINT  INK 7;"via CODEs a$"
 260 FOR n=2 TO CODE a$(1)-64 ST
EP 2
 270 LET x=CODE a$(n)-64
 280 LET y=CODE a$(n+1)-64
 290 PLOT x*escala,y*escala
 300 NEXT n
 310 LET escala=escala-.5: GO TO
 230
9900 REM **********************
9990 SAVE "plotest"
```

MAGNITUDES ESTELARES

As estrelas que vemos no céu variam enormemente no brilho, dentro de um factor superior a 100, desde a mais ténue à mais luminosa. Os programas deste livro omitem geralmente essas diferenças, para maior clareza de imagem, e usam um só *pixel* na representação de cada estrela, como por exemplo no programa «Mapas estelares». Há dois processos básicos na operação do *Spectrum* que permitem realçar essas diferenças no *écran*, e podemos incorporar em qualquer programa as três rotinas apresentadas a seguir, com toda a facilidade.

O primeiro método baseia-se no PLOT de *pixels* adicionais, para a formação de uma imagem maior; o segundo serve-se da aplicação progressiva de sombras cada vez mais escuras, por meio de diferentes INKs, para o PLOT de um só *pixel*. Como é óbvio, este último processo só é adequado para apresentações em aparelhos de televisão monocromáticos, e as posições das estrelas têm de estar bem separadas umas das outras, de modo a que não haja duas num mesmo quadrado de carácter, que como sabemos só suporta uma única cor INK. Apesar destas limitações, o segundo processo tem o mérito de ser realista (nas imagens a preto e branco), e mantém as representações das estrelas dentro de um tamanho bem pequeno. O terceiro método combina os dois anteriores — também só se aplica às apresentações monocromáticas, mas tem a maior latitude de graduação do brilho das estrelas.

1 : Desenho de «pixels» extra

Introduzindo e fazendo o RUN da rotina «Magnitudes estelares 1», que a figura 8.10 apresenta, o *écran* fica cheio de imagens estreladas, cada vez mais pequenas à medida que se desce no *écran*, como numa grelha regular. Cada estrela é inicialmente desenhada com um único *pixel*, mas é ampliada pelas rotinas DRAW que se seguem, sob a forma de um ciclo FOR/NEXT n. As estrelas que são traçadas em primeiro lugar (as que têm os valores de n mais baixos na respectiva posição de PLOT) são processadas condicionalmente:

IF n < 3 THEN DRAW 0, 1
IF N < 6 THEN DRAW 1, 0
IF N < 9 THEN DRAW 0, −1

```
3000 PRINT "magnitudes estelares
 "
3010 REM Com desenho de pixels
3011 REM         extras
3020 REM por Maurice Gavin/SM
3030 BORDER 0: PAPER 1: INK 9
3040 LET z=0
3050 FOR n=1 TO 12
3055 REM    Desenho da posicao
3056 REM         da estrela
3060 PLOT z,n*10-150
3065 REM    Desenho da estrela
3066 REM      mais brilhante
3070 IF n<3 THEN  DRAW 0,1
3075 REM    Desenho de estrela
3076 REM         brilhante
3080 IF n<6 THEN  DRAW 1,0
3085 REM    Desenho da estrela
3086 REM      menos brilhante
3090 IF n<9 THEN .DRAW 0,-1
3095 REM Outras estrelas=1 pixel
3100 NEXT n
3200 LET z=z+20: GO TO 3050
```

Figura 8.10

A figura 8.11 mostra com precisão como cada imagem é desenhada, primeiro com um PLOT e depois com o DRAW. Só se adiciona um *pixel* extra por cada linha condicional — o valor 1 em cada instrução DRAW.

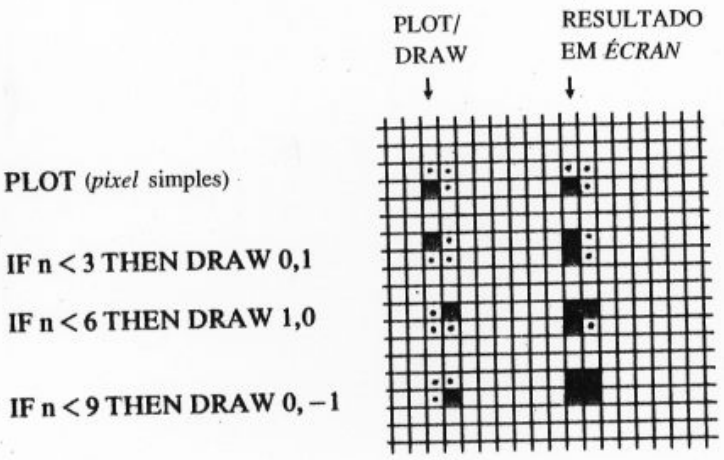


Figura 8.11 *Método de utilização de instruções condicionais DRAW para ampliar um único* pixel, *de modo a obter-se uma estrela mais brilhante, mostrado aqui em quatro etapas. Como os* pixels *simples não são perfeitamente visíveis à distância normal da TV, a imagem aparece ampliada.*

2 : Tom de cor (em monocromático) e traçado de mais «pixels»

Altere-se o programa «Magnitudes estelares 1» para passar a ser o programa da figura 8.12, denominado «Magnitudes estelares 2», e faça-se um RUN. Se se usar uma televisão a cores, ajustam-se os controles de modo a ter uma imagem em preto e branco. Esta mostrará como as tonalidades INK aumentam consideravelmente os limites do brilho das estrelas, em particular as mais ténues. As limitações deste método já anteriormente foram mencionadas.


```
3000 PRINT "magnitudes estelares
"
3010 REM  com desenho de pixels
3011 REM extra+tonalidade de cor
3012 REM       (monocromatico)
3020 REM por Maurice Gavin/SM
3030 BORDER 0: PAPER 1: INK 9
3040 LET z=0
3050 FOR n=1 TO 12
3051 INK 9-n/2: REM tonalidade
3055 REM    Desenho da posicao
3056 REM         da estrela
3060 PLOT z,n*10-150
3065 REM   Desenho da estrela
3066 REM      mais brilhante
3070 IF n<3 THEN  DRAW 0,1
3075 REM    Desenho de estrela
3076 REM          brilhante
3080 IF n<6 THEN  DRAW 1,0
3085 REM   Desenho da estrela
3086 REM     menos brilhante
3090 IF n<9 THEN  DRAW 0,-1
3095 REM Outras estrelas=1 pixel
3100 NEXT n
3200 LET z=z+20: GO TO 3050
```

Figura 8.12

3 : Tom de cor (em monocromático)

A terceira versão (figura 8.13) prepara-se suprimindo todas as linhas condicionais de DRAW da segunda rotina, antes de se fazer o RUN. Uma forma muito prática deste método, para ser incorporada num programa maior (com as limitações já referidas), assumiria o seguinte aspecto:

```
PAPER 0: INK 9: REM tom escuro de quase todas as estrelas
= INK 2
FOR n = 1 TO 12
```

IF n<6 THEN PLOT; INK 8 −n; x(n), y(n):REM estrelas brilhantes.
IF n>5 THEN PLOT; INK 2; x(n), y(n):REM estrelas ténues
NEXT n

O brilho relativo das estrelas é controlado pela expressão

INK 8 −n

para as primeiras cinco estrelas (n<6), e ficará com tonalidades de INK de valores 7, 6, 5, 4 e 3 (a que correspondem, nas cores dos *pixels*, respectivamente branco, amarelo, *ciano*, verde e magenta). O resto das estrelas (n>5) tem uma só cor, de valor 2,

```
3000 PRINT "magnitudes estelares
"
3010 REM    Tonalidade de cor
3011 REM     (monocromatico)
3020 REM por Maurice Gavin/SM
3030 BORDER 0: PAPER 1: INK 9
3040 LET z=0
3045 BRIGHT 1: REM Aumento da
               Tonalidade
3050 FOR n=1 TO 12
3051 INK 9-n/1.5: REM Tom de cor
3055 REM   Desenho da posicao
3056 REM       da estrela
3060 PLOT z,n*10-150
3065 REM Estrela + brilhante=
                    = INK 7,6
3075 REM Estrela brilhante=
                    = INK 5,4
3085 REM Estrela - brilhante=
                    = INK 3,2
3095 REM Estrelas fracas= INK 1
3100 NEXT n
3200 LET z=z+20: GO TO 3050
```

Figura 8.13

a que correspondem *pixels* vermelhos. É possível aumentar estes limites, de maneira a incluir uma estrela muito ténue, se usarmos um valor de INK 1 (*pixel* azul), mas num céu preto (PAPER 0) um único *pixel* dessa cor pode ser indetectável.

Cartas estelares com controle de magnitude

Ao incorporarmos num programa maior qualquer das rotinas descritas, temos de ter cuidado com a ordem do desenho (PLOT) de cada uma das estrelas. As mais brilhantes devem ser listadas em primeiro lugar, seguindo-se as outras em ordem decrescente de brilho. Se uma constelação não tiver estrelas de grande brilho, é necessário fazer vários PLOTs repetidos da mesma estrela antes de passar ao PLOT da seguinte, até que se consiga o tom de INK correcto. Isto significa que temos de listar mais posições aparentes de estrelas do que as que aparecem na imagem.

Para satisfazer esta condição com o primeiro método (desenho de mais *pixels*), teremos de instruir o PLOT com mais instruções condicionais, de modo que determinada constelação salte sobre alguns dos *pixels* extra, que de outro modo ficariam sujeitos ao DRAW. Eis um exemplo:

FOR n = 1 TO 30 : REM 30 constelações
FOR f = 1 TO (número de posições de estrelas) STEP 2
PLOT x (n, f), y (n, f + 1) : REM x,y = coordenadas de estrelas
IF n = 5 AND f = 1 THEN GOTO XXXX : REM a rotina DRAW salta sobre a constelação número 5, estrela 1
IF f < 3 THEN DRAW 0, 1
IF f .....
NEXT f : NEXT n (NB linha XXXX)

GRÁFICOS DE ESTRELAS

Este curto programa de demonstração ensina como obter formas mais complexas, para incorporar em cartas estelares. Estas imagens destinam-se a representar as estrelas mais brilhantes, que aparecerão em padrões geométricos.

O programa

O programa tem três partes, assinaladas pelas declarações REM. A primeira parte, até à linha 7, trata da selecção das imagens, numeradas de 1 a 4, pelo comando INKEY$ da linha 3. A linha 8 tem duas instruções GOSUB; a primeira é condicional na selecção:

GOSUB 100 ou 200 ou 300 ou 400

e aparece sob a forma GOSUB a × 100, em que a é igual ao valor (VAL) da INKEY$ desde a linha 4. A linha apropriada de GOSUB submete a estrela seleccionada ao PLOT e ao DRAW correspondente à sua forma. O programa regressa depois (RETURN) à linha 8, para o segundo GOSUB (GOSUB 1000).

Na terceira secção do programa (a partir da linha 1000) o comando POINT varre a imagem da estrela que saiu do PLOT, ampliando-a para melhor observação. Dois ciclos FOR/NEXT (n e f) cobrem a pequena área do *écran* adjacente às posições coordenadas x e y da imagem da pequena estrela. As linhas 1010 e 1020 assumem a forma:

1010 IF POINT (x + n, y + f) = 1 THEN PRINT . . . « », isto é, o CHR$ 143

1020 IF POINT (x + n, y + f) = 0 THEN PRINT . . . «:», isto é, o CHR$ 58

Se o POINT assumir um valor igual a 1, executa-se um PRINT de um quadrado sólido INK (ou seja, o PLOT de um *pixel* nessa posição). Pelo contrário, se o POINT for igual a 0, o PRINT é de : (isto é, não se traça o *pixel* nessa posição).

A linha 1020 não é realmente necessária para definir a forma da estrela, mas ajuda a localizar a sua posição relativa ao assinalar os pontos que não foram traçados. O programa regressa depois à selecção seguinte.

Podemos adicionar mais formas ao programa, com início na linha 600 e daí para a frente em intervalos de uma centena (700, 800, 900, etc.), para satisfazer o GOSUB condicional da linha 8. Para cada nova forma que quisermos juntar à listagem teremos de alterar o valor 4, inicialmente estabelecido nas linhas 3 e 5. Não esquecer que a instrução final de cada uma das novas secções de PLOT e DRAW deve terminar por um RETURN.

Tem a sua utilidade, embora não seja essencial, esboçar as novas formas das estrelas em papel quadriculado, antes de as introduzir no programa. Basta começar com uma condição PLOT x,y e depois adicionar as instruções DRAW (de preferência com valores bastante pequenos, nunca superiores a 6), fazendo correr o programa para testar a nova forma. Se esta parecer despropositada, altera-se. A meta será necessariamente colocar a nova forma na porção do *écran* varrida pela execução do POINT e depois apresentá-la em versão ampliada.

A incorporação dos resultados no programa «Mapas estelares»

Para representar algumas estrelas mais brilhantes, podemos incorporar na listagem dos «Mapas estelares» uma sub-rotina virtualmente idêntica ao programa anterior. Só necessitaremos das linhas compreendidas entre a 100 e a 499 (mais as que forem precisas para os seus desenhos) para essa sub-rotina, além de algumas outras de controle do funcionamento desta, que se localizarão na área do programa principal, processando o PLOT das estrelas. Poderão ser da seguinte forma:

rotina de PLOT de estrelas em que x e y são coordenadas estelares.

IF n = 1 THEN GOSUB 400: REM estrela mag 0 = a mais brilhante
IF n = 2 THEN GOSUB 100: REM estrela mag 1
IF n = 3 THEN GOSUB 300: REM estrela mag 2
IF n = 4 THEN GOSUB 200: REM estrela mag 3
IF n>4 THEN PLOT x, y : REM mag <=4 = estrela mais ténue

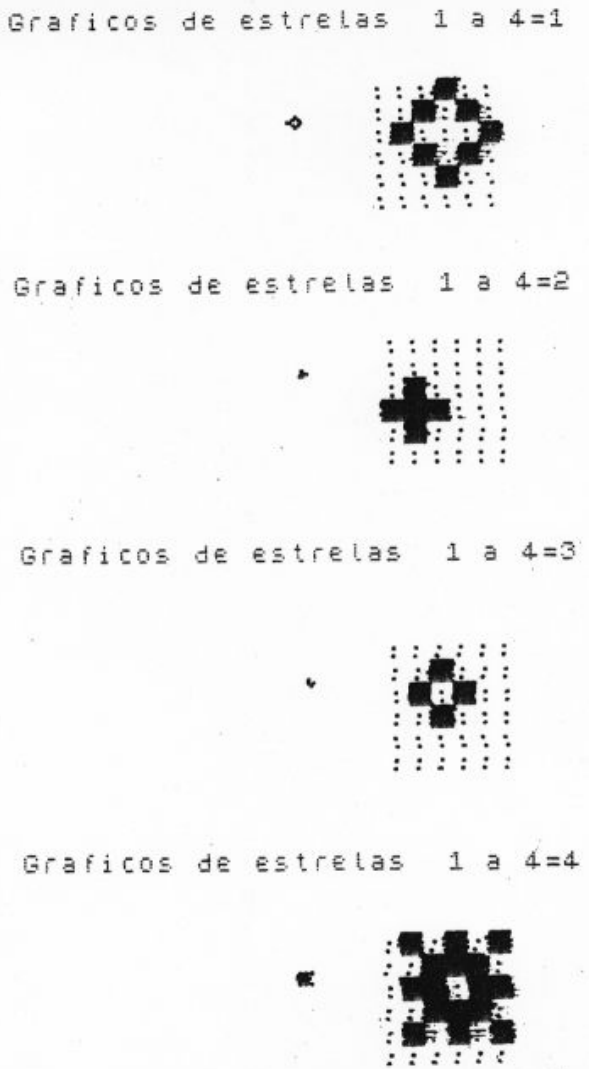


Figura 8.14 *Formas típicas de representação de estrelas brilhantes em mapas estelares computorizados, aqui apresentados em tamanho ampliado, para melhor compreensão. O comando POINT, através de dois ciclos FOR/NEXT, serve para «varrer» as minúsculas imagens verdadeiras, do lado esquerdo, de modo a poderem ser inseridas nos mapas estelares.*

Este raciocínio assume que n é o nome do ciclo FOR/NEXT encarregado do PLOT das posições das estrelas e que necessariamente terá de corresponder ao do programa em presença. Note-se que as estrelas numeradas de 1 a 4 no ciclo descrito se consideram como em ordem decrescente de brilho, não sendo, porém, obrigatório ter a condição GOSUB na mesma ordem, como se vê na figura 8.14. Todas as estrelas numeradas «>4» são traçadas como um único *pixel,* e representam os astros menos brilhantes.

As linhas condicionais exemplificadas são uma das possibilidades de programação de que nos poderemos servir para estes fins, pois as permutações são inúmeras. Suponhamos que as três primeiras estrelas são de magnitude 0 (a mais brilhante), em cada constelação do «Mapa estelar», e que as duas estrelas seguintes terão de ter magnitude 1. Nestas condições, a rotina aparece da seguinte forma:

```
IF n<4 THEN GOSUB 400: NEXT n: REM estrelas 1 a 3 de mag 0
IF n<6 THEN GOSUB 100: NEXT n: REM estrelas 4 e 5 de mag 1
IF n=6 THEN GOSUB 300:          REM estrela 6 de mag 2
```

e assim por diante, seguindo a sequência necessária. Repare-se que as duas primeiras linhas condicionais têm de incluir a instrução NEXT n, para que o programa não passe à próxima linha sem cumprir integralmente a condição estabelecida.

```
  1 REM ************************
  2 PRINT "Graficos de estrelas
";: REM  ************************
  3 PRINT "  1 a 4=";INKEY$
  4 PAUSE 0: LET a=VAL INKEY$
  5 CLS : IF a>4 THEN  RUN
  6 LET x=99: LET y=80
  7 PRINT AT 0,21;a
```

```
  8 GO SUB a*100: GO SUB 1000
  9 PRINT AT 0,0;: GO TO 1
 10 REM **********************
100 PLOT x,y: DRAW 2,2
110 DRAW 2,-2: DRAW -2,-2
120 DRAW -2,2
199 RETURN
200 PLOT x,y: DRAW 0,2
210 PLOT x+1,y+1: DRAW -2,0
299 RETURN
300 PLOT x,y: DRAW 1,1
310 DRAW 1,-1: DRAW -1,-1
399 RETURN
400 PLOT x,y: DRAW 4,0
410 PLOT x+2,y-2: DRAW 0,4
420 PLOT x,y-2: DRAW 4,4
430 PLOT x,y+2: DRAW 4,-4
440 PLOT  OVER 1;x+2,y
499 RETURN
999 REM **********************
1000 FOR n=0 TO 5: FOR f=0 TO 5
1010 IF POINT (x+n-1,y+f-2)=1 TH
EN  PRINT AT 10+f,16+n;CHR$ 143
1011 IF POINT (x+n-1,y+f-2)=0 TH
EN  PRINT AT 10+f,16+n;CHR$ 58
1020 NEXT f: NEXT n: RETURN
9900 REM **********************
9990 SAVE "grafest"
```

ESTRELAS CINTILANTES

Existem dois métodos básicos para pôr uma estrela (um único *pixel*) a relampejar, em sucessivos *flashes* (ligado e desligado), através do comando OVER. Esta apresentação servirá para, num programa de «Mapas estelares», realçar qualquer ponto de especial interesse. Damos a opção de manter a estrela sempre visível ou de fazê-la desaparecer no fim da sequência de *flash*.

Rotina com dois ciclos FOR/NEXT para estrela em «flash»

A rotina seguinte, de uma só linha, demonstra os princípios da utilização de dois ciclos FOR/NEXT. O ciclo «f» comanda o número de *flashes*, enquanto o ciclo «n» serve de interruptor para o comando OVER, estabelecendo as condições de «ligado» ou «desligado» (1 ou 0). É necessário incluir uma breve pausa (PAUSE 10) para que *flash* se torne visível, pois caso contrário o resultado não passaria de rapidíssimo e quase invisível tremeluzir. Deve notar-se que o ciclo acaba com um valor 0: deste modo, a estrela permanece na imagem após o término da rotina. Invertendo os valores do ciclo FOR/NEXT n, isto é, se tivermos

```
....: FOR n = 0 TO 1 : ....
```

(e omitindo a rotina STEP, que aqui se torna supérflua), a estrela desaparecerá no fim da rotina, com um PLOT OVER (posição não traçada do pixel).

```
1000 PRINT «estrela em 'flash'»: FOR f = 0 TO 10: FOR n
     = 1 TO 0 STEP -1: PLOT OVER n; 200, 100: PAUSE
     10: NEXT n: NEXT f
```

Rotina com um único ciclo FOR/NEXT para estrela em «flash»

Esta rotina é provavelmente mais fácil de usar e demonstra a maneira um pouco estranha de funcionamento do comando OVER. Este é, no caso vertente, estabelecido no valor 1 durante todo o processo — limita-se a não traçar (unPLOT) a posição do *pixel*, tornando-o invisível. Porém, se não traçarmos uma posição de *pixel* que estava no estado de «não traçada», através do valor seguinte do ciclo FOR/NEXT, acabamos por trazer de novo o *pixel* ao estado de visibilidade! Deste modo, e durante toda a execução do ciclo FOR/NEXT, o comando OVER assume a forma:

```
OVER 1 ... OVER 0 ... OVER 1 ... OVER 0 ... OVER 1
... OVER 0 ...
```

e a estrela entrará em *flash,* que era o que nós pretendíamos.

Se o ciclo FOR/NEXT tiver um número efectivo ímpar de STEPs (2 TO 10 = 9 STEPs), o comando OVER terminará com um valor de 0, de modo que a estrela ficará visível no fim da rotina, devido ao último PLOT (ver a linha 1000). Se o número de STEPs do ciclo FOR/NEXT for par (1 TO 10 = 10 STEPs), a estrela desaparecerá no final, sujeita a uma condição PLOT OVER 1.

```
1000 PRINT «estrela em 'flash' — ON»: FOR f = 2 TO 10:
PLOT OVER 1; 200,100: PAUSE 10 : NEXT f
1001 PRINT «estrela em 'flash' — OFF»: FOR f = 1 TO 10:
PLOT OVER 1; 200,100: PAUSE 10 : NEXT f
```

STARTRAX (MOVIMENTO ESTELAR PRÓPRIO)

A astronomia, ciência do estudo dos céus e do Universo, considerada o ramo mais antigo do conhecimento, pode ser referenciada até 2000 a. C. com os Caldeus da Ásia Menor. Os agrupamentos de estrelas, ou constelações, que hoje nos são familiares, começaram a ser nomeadas por aquele povo, e é fenómeno notável o facto de 4000 anos depois essas constelações apresentarem virtualmente as mesmas formas que as concebidas pelos astrónomos de antanho — apesar de hoje sabermos que quase todas as estrelas se movem através do espaço, a velocidades da ordem das dezenas de quilómetros por segundo.

Por que razão as constelações não ficarão distorcidas, irreconhecíveis, devido a este movimento aleatório? Muito simplesmente, elas estão tão longe (a distâncias medidas em dezenas ou centenas de anos-luz) que os seus movimentos individuais não são detectados pela vista humana se não tiver nenhuma ajuda. Só uma estrela, Arcturus (alfa do Boieiro), a 36 anos-luz de nós, se moveu apreciavelmente desde que os antigos Gregos desenharam os primeiros mapas estelares, e mesmo assim o seu deslocamento

foi ínfimo, o equivalente ao diâmetro de uma lua cheia, isto é, meio grau. Conhece-se hoje cerca de uma centena de estrelas com movimentos anuais superiores a 0,1″, o que significa que, em 20 000 anos, a estrela percorre no céu um espaço igual ao diâmetro aparente da Lua!

Para vermos as constelações alterarem a sua forma é necessário dispormos de uma escala de tempo de centenas de milhares de anos, e este programa simula essa situação para dois grupos estelares seleccionados — a Ursa Maior e Orionte. Os DATA foram obtidos no livro de Hutchinson *Splendour of the Heavens,* publicado em 1923. Oferece-se a opção de fazer com que as estrelas individuais deixem um «rasto» assinalando o caminho percorrido ou a de ver o resultado de um PLOT dos *pixels* em movimento. A imagem é apresentada em vídeo inverso — BORDER 0: PAPER 0: INK 9.

Para que o PLOT da constelação seleccionada seja o mais suave possível, as posições individuais das estrelas no a$ são introduzidas em *arrays* DIMensionados x e y, que representam as posições coordenadas de cada estrela. Estes *arrays* incorporam os «valores do movimento próprio», como são designados, a partir de um m$. Mais adiante descreveremos pormenorizadamente o modo como se elaboram esses valores de m$.

Poupança de memória

O método de processamento dos DATA na memória do *Spectrum* (RAM) é bastante económico. Se bem que no caso presente não tenhamos necessidade de poupar memória, a técnica reveste-se de certo interesse, especialmente para a programação. Como referimos, o a$ contém as posições das estrelas, que são tratadas como números de 2 bits:

```
Linha 90 09 (coordenada x da estrela 1)
         17 (coordenada y da estrela 1)
         18 (coordenada x da estrela 2)
         22 (coordenada y da estrela 2)
```

e assim por diante, até ao fim do *string array* (estrela 16).

O m$ contém dois números de 1 bit por estrela, para indicar o movimento próprio xx,yy do astro, de modo que o comprimento (LEN) do respectivo m$ é precisamente metade do do a$ que lhe está associado. Tanto o a$ como o m$ são repetidos até ao fim dos DATA, usando-se cada par para uma determinada constelação. Para garantir que se trata dos DATA correctos durante a execução do programa temos de incluir um GOTO condicional imediatamente a seguir a cada par de *string arrays,* ou seja:

```
110 IF b$(1) = «P» THEN GOTO 150
```

e depois o programa salta para fora dos DATA, levando consigo os últimos valores de a$ e de m$ que foram lidos. O último par de *string arrays* não precisa do GOTO condicional, pois parte-se do princípio de que se trata do par seleccionado por defeito. Entre as linhas 110 e 120 há espaço para mais três constelações, concebidas com DATA da nossa autoria, sem necessidade de renumeração ou de utilização de linhas com instruções múltiplas. Recordemos que a primeira letra do b$ (usada para o INPUT do nome da constelação na linha 30) tem de ser incluída no GOTO condicional. O exemplo na linha 110 é «P» para a Ursa Maior (do nome inglês Plough, arado). Como só se exige que a primeira letra esteja correcta, o programa ignorará quaisquer erros de dactilografia do utilizador — precaução necessária, pois há nomes de constelações difíceis de escrever.

A selecção dos DATA

Usamos agora o comprimento (LEN) do m$ para DIMensionar *arrays* x e y, e a rotina da linha 270 serve para introduzir os DATA nesses mesmos *arrays*. No caso de Orionte, com 20 estrelas e 20 posições para cada uma delas a serem computadas para o subsequente PLOT, temos 400 posições x e 400 posições y. Enquanto o *Spectrum* efectua os cálculos necessários, apresenta no *écran* a informação «A CALCULAR», através da pequena rotina da linha 80. Como é natural, pode colocar-se qualquer constelação (ou todas), quer tenha de ser chamada para

apresentação imediata ou não, num *array* DIMensional, mas com 800 *bytes* por constelação tal não nos parece necessário, pelo menos neste programa. No nosso caso, os *arrays* só são reDIMencionados se for chamada para apresentação a constelação alternativa. As linhas 50 e 60 reconhecem esta condição, e saltam directamente para a apresentação se se escolher a mesma constelação, quer na opção de imagem arrastada que na de traçado pontual.

Valores do movimento próprio

A razão de ser deste programa reside nos valores do movimento próprio contidos no m$, que permite às estrelas movimentarem-se em qualquer direcção do *écran* e a qualquer velocidade. O princípio é explicado na figura 8.15.

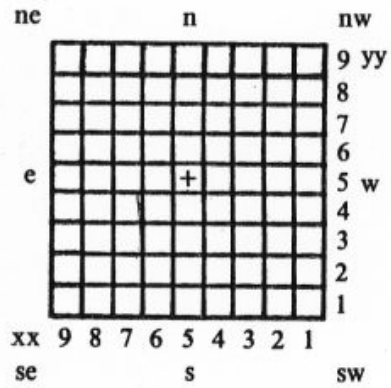
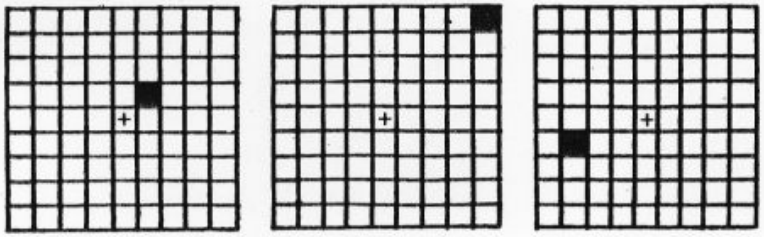


Figura 8.15 *Disposição de grelha para estimativa do movimento relativo das estrelas, no programa «Movimento próprio». O sinal + no centro da grelha marca a posição de descanso (não se exige movimento). As posições coordenadas xx e yy medem-se a partir do canto inferior direito. As posições leste (e) e oeste (w) aparecem invertidas em relação à convenção usual. Em astronomia, é perfeitamente normal representar o céu com o leste para a esquerda do Sul, que é o que sucede nesta figura.*



m$ = "46" m$ = "19" m$ = "84"

Figura 8.16 *Exemplos de valores típicos para este programa. Quanto mais afastadas estiverem as coordenadas do centro da grelha, mais depressa se move a estrela, na direcção do afastamento. Estes valores são incorporados no m$ até que todas as estrelas das constelações tenham sido contempladas.*

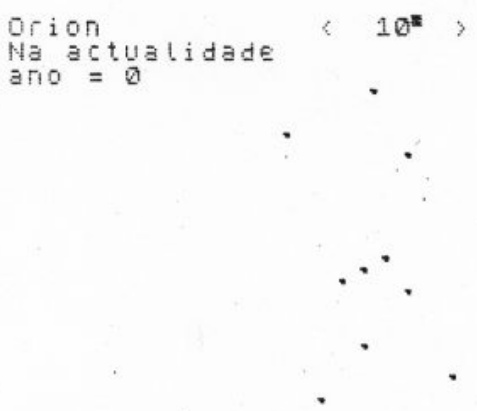


Figura 8.17 *Forma familiar das estrelas da constelação de Orionte, tal como a vemos hoje.*



Figura 8.18 *O movimento aparentemente aleatório das estrelas de Orionte, durante mais de 20 000 anos.*

Divide-se a grelha em nove quadrados horizontais e nove verticais, correspondentes, respectivamente, às coordenadas xx e yy, num total de 81 quadrados. Para se distinguirem dos sistemas de PRINT e PLOT do *Spectrum,* estas coordenadas começam no canto inferior direito. Coloca-se no centro da grelha uma estrela em «descanso», com um valor de coordenadas xx, yy igual a 55. À medida que se coloca uma estrela cada vez mais afastada do centro da grelha, a velocidade aumenta proporcionalmente, no sentido da deslocação determinada. Por exemplo, um valor de 46 indica um pequeno movimento em direcção a NW (o canto superior direito), enquanto um valor de 19 representa a maior deslocação possível para NW. O mesmo se passa com todos os outros pontos cardeais. A figura 8.16 indica alguns valores típicos.

Antes de o valor de m$ ser introduzido nos *arrays* x e y, subtrai-se o valor −5 a cada um dos números. Deste modo, o nosso valor de m$, que era 55, passa a ser 00, o mesmo que ausência de movimento, e 46 passa a ser −1+1. É assim que o

m$ só precisa de conter valores positivos, mesmo que por vezes os valores necessários sejam negativos. A conversão é feita nas linhas 180 e 190. O ciclo FOR/NEXT f da linha 220 atribui os valores aos *arrays* x e y, que são incrementados pelos valores de m$ nas linhas 230 e 250. Na apresentação final, o ciclo FOR/NEXT contém 20 STEPs, e o do meio (STEP 10) representa a forma da constelação seleccionada tal como a observamos nos dias de hoje.

Desta maneira, conseguimos um programa simultaneamente breve e poderoso.

A apresentação da imagem

O método da preparação de cartas estelares no *Spectrum* é descrito com mais pormenor no programa «Mapas estelares». Aqui basta-nos dizer que este exemplo tem uma resolução de imagem de 64*44 posições de *pixel,* contidas nos DATA de a$, e que são ampliados para o total de 256*176 pelo *Spectrum,* ao multiplicar-se cada posição de PLOT da linha 360 por 4. Devemos realçar um pormenor se quisermos acrescentar ao programa as nossas próprias constelações: evitar os limites do *écran* na construção dos mapas estelares de base. O movimento próprio das estrelas, nas suas deslocações, provocará o rebentamento do programa se este tentar executar um único PLOT que seja para além dos limites máximos das coordenadas (255 para x e 175 para y). Para apreciar duas cópias típicas feitas pela impressora ZX, vejam-se as figuras 8.17 e 8.18.

```
  9 REM ************************
 10 REM    Movimento Proprio
 11 REM       das estrelas
 12 REM ************************
 20 LET c$=""
 30 INPUT  FLASH 1;"Ursa Maior
ou Orion (P ou O) ";b$
 40 INPUT "Imagens animadas ou
pontuais    (d ou p) "; LINE t$
 50 IF c$=b$(1) THEN  GO TO 290
```



```
 60 LET c$=b$(1)
 70 BORDER 0: PAPER 0: CLS
 80 INK 9: FOR n=1 TO 9: PRINT
 PAPER n; FLASH 1;AT 5+n,11;"A C
ALCULAR": NEXT n: GO SUB 500
 84 REM ************************
 85 REM     Armazenar Dados
 86 REM ************************
 90 LET a$="0917182225213320361
4472648195321"
100 LET m$="3594938484268484"
110 IF b$(1)="P" THEN  GO TO 15
0
120 LET a$="2533333736313020322
134223214280940113619"
130 LET m$="9449979749799595494
9"
139 REM ************************
140 REM    Calculo da posicao
141 REM       das estrelas
142 REM ************************
150 DIM x(LEN m$,20)
160 DIM y(LEN m$,20)
170 FOR n=1 TO LEN m$ STEP 2
175 LET h=n*2
180 LET d=VAL m$(n)-5
190 LET e=VAL m$(n+1)-5
200 LET a=VAL a$(h-1 TO h)+d
210 LET b=VAL a$(h+1 TO h+2)+e
220 FOR f=1 TO 20
230 LET a=a-d/10
240 LET x(n,f)=a
250 LET b=b-e/10
260 LET y(n,f)=b
270 NEXT f: NEXT n
279 REM ************************
280 REM   Disposicao do Ecran
281 REM ************************
290 CLS : PRINT  INK 6;b$,"<  1
```

```
0";CHR$ 130;" >","no passado rem
oto","ano ="
 300 FOR n=1 TO 20
 310 LET y=-1e5+1e4*n
 320 PRINT AT 2,6;y;"          "
 330 IF t$="d" THEN  FOR f=1 TO
0 STEP -1
 340 IF t$<>"d" THEN  FOR f=0 TO
 1
 349 REM **********************
 350 FOR p=1 TO LEN m$ STEP 2
 360 PLOT  BRIGHT 1; OVER f;x(p,
n)*4,y(p,n)*4
 370 NEXT p
 371 REM   Desenho de estrelas
 372 REM **********************
 380 IF y=0 AND f=0 THEN  GO SUB
 430
 390 IF y=1e5 AND f=0 THEN  GO S
UB 420
 400 PAUSE 1+10*(1-f)
 410 NEXT f
 420 NEXT n: GO SUB 500
 425 GO TO 30
 429 REM **********************
 430 REM  Imprimir Comentarios
 431 REM **********************
 440 PRINT  INK 5;AT 1,0;"Hoje
        ";b$;"         ": PAUSE
 100: GO SUB 500
 450 PRINT  INK 4;AT 1,0;"e no F
UTURO         ": RETURN
 489 REM **********************
 490 REM Moldura em Flash & Beep
 491 REM **********************
 500 FOR v=0 TO 5: FOR k=0 TO 7
STEP -1: BORDER k: BEEP .01,40-k
: NEXT k: NEXT v: RETURN
9900 REM **********************
9990 SAVE "movest" LINE 1
```


MAGNITUDE ESTELAR

Os astrónomos dispõem de uma escala para medir a luminosidade aparente das estrelas, «magnitude estelar». A primeira sistematização deste aspecto foi levada a cabo por Hiparco de Niceia, no ano 127 a. C., em que as «estrelas de maior brilho tinham magnitude 1», e as mais ténues eram de magnitude 6, com quatro intervalos de permeio. O princípio básico manteve-se desde então, mas acrescentaram-se pormenorizações e explicações matemáticas, principalmente as devidas a Pogson, no século passado. Este concebeu uma proporção *(ratio)* de 2,512 para 1 entre uma magnitude e a próxima, que no fundo equaciona uma razão de 100:1 para uma estrela de primeira grandeza comparada com outra de sexta grandeza, quase invisível à vista desarmada. Pogson lembrou também que o logaritmo comum de 2,512 é precisamente 0,4, o que simplifica bastante os cálculos. Teremos também de referir a chamada «lei psicológica fundamental»,,de Fechner e Weber (ambos contemporâneos de Pogson): «as sensações (visuais) são proporcionais ao logaritmo do estímulo».

O programa seguinte, muito curto, usa um simples ciclo FOR/NEXT para imprimir (PRINT) no *écran* uma escala de magnitudes de −26 (o Sol) até +24 (a estrela mais ténue detectada pelo telescópio Hale, de 500 cm, situado no monte Palomar, Califórnia). Também se indica a razão para a estrela Vega (alfa da Lira, com magnitude 0,0), para cada intervalo de magnitude completo. O nosso Sol é 1:2,51E10 (25 000 000 000) vezes mais brilhante que Vega: uma estrela com magnitude −24 acaba por ter uma razão de brilho semelhante a Vega, mas para o lado oposto da escala.

Através da aplicação de uma série de instruções PRINT condicionais, a lista melhora pela indicação de alguns dos corpos mais familiares a que correspondem determinadas magnitudes. A estrela padrão Vega aparece em *flash,* para marcar o meio da escala e ser identificada rapidamente.

O *Spectrum* não usa logaritmos comuns, e sim logaritmos naturais (função LN), com uma base de 2,71828..., de modo que a relação comum de Pogson teve de ser improvisada neste

programa, através da linha 80, para termos um *ratio* de 100:1 sobre cinco magnitudes.

```
   9 REM ************************
  10 REM    Magnitude Estelar
  11 REM ************************
  15 PRINT "Mag Nome","1:ratio"
  20 FOR n=-26 TO 24 STEP 1
  30 PRINT  PAPER 6;("" AND ABS
n<10)+("" AND n=0)+("+" AND n>0)
;n;"";
  34 REM ************************
  35 REM  Impressao Condicional
  36 REM ************************
  37 PAPER 5
  40 PRINT (" Sol" AND n=-26);
  41 PRINT (" Lua Cheia" AND n=-
13);
  42 PRINT (" Venus" AND n=-4);
  43 PRINT (" Sirius" AND n=-1);
  50 PRINT  FLASH 1;("  Vega-(pa
drao)" AND n=0);
  51 PRINT (" Urano" AND n=5);
  52 PRINT (" Neptuno" AND n=8);
  53 PRINT (" Est de Barnard" AN
D n=10);
  60 PRINT (" Plutao" AND n=14);
  61 PRINT  INVERSE 1;(" lim.vis
ual 200""" AND n=19);
  62 PRINT  INVERSE 1;(" fotolim
ite 200""" AND n=24);
  70 PAPER 7
  74 REM ************************
  75 REM    Magnitude Estelar
  76 REM ************************
  80 PRINT TAB 19;EXP (LN 2.5119
3*-n): NEXT n
  90 PRINT : PRINT  INVERSE 1;"2
00""=telescopio de 200 polegadas
": STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "magest"
```


CAPÍTULO 9

Mais programas

Os programas deste capítulo não se enquadram convenientemente nas secção anteriores, de modo que foram aqui agrupados. Se bem que díspares entre si, esperamos que possam ser considerados interessantes.

CATÁLOGO DE MESSIER

A atribuição do nome de alguém a um corpo celeste é honra que não se apaga com o correr do tempo, mas as descobertas feitas ao acaso são raras, sendo necessário um conhecimento íntimo do céu nocturno para tentar entrar para a galeria da fama da astronomia.

Curiosamente, o astrónomo francês Charles Messier (1730-1817) é mais conhecido pelo seu *Catálogo de 104 Objectos não Estelares,* publicado em 1784, do que pelos numerosos cometas que descobriu.

O catálogo continha um aviso contra falsas reclamações sobre direitos de descoberta: cada objecto classificado no *Catálogo Messier* é uma galáxia ou nebulosa remota, que se assemelha a um cometa em todos os pequenos telescópios ou binóculos.

O programa

O programa seguinte, concebido a partir do *Catálogo Messier,* indica como podemos armazenar de forma económica os DATA, sob a forma codificada (CODE) em *string arrays*. O programa oferece duas opções:

1) A listagem de todos os 104 corpos, em sequência numérica e com referência à constelação hospedeira e ao tipo de objecto.

2) Um questionário, em que uma selecção aleatória dos objectos terá de ser aliada à respectiva localização.

Aproveitam-se bem as cores do *Spectrum* para avivar a apresentação e para realçar a pontuação obtida no questionário. Neste último, o título inicial é «ASTRONOMO», que vai sendo cortado aos poucos e poucos conforme as respostas erradas!

Armazenamento de DATA

Os DATA são armazenados da seguinte forma:

a$ = 104 caracteres, dentro dos limites 0 a 9 e A a Y (total=35), para as 35 constelações hospedeiras dos 104 corpos siderais.

c$ = 35 nomes de constelações, sob as abreviaturas correctas da IAU.

k$ = 104 CODEs numéricos, dentro dos limites 0 a 5 (total = 6 CODEs) para a categoria dos corpos.

Contrariamente ao conjunto não estandardizado de CHR$ do *ZX81* (para o qual este programa foi inicialmente concebido), os CHR$ 0 a 9 e A a Y não são consecutivos no conjunto ASCII do *Spectrum*, o utilizado neste livro. Como tal, o a$ é processado de duas formas, para extrair os DATA usados na variável z:

```
270 IF CODE a$(n) < 58 THEN LET z = 1 +VAL a$(n): GOTO 290
280 LET z = CODE a$(n) −54
```

As linhas 410 e 420 funcionam de maneira semelhante. O manual do *Spectrum* indica os valores correspondentes aos vários CODEs. O k$ serve para fornecer um valor usado no GOSUB condicional, isto é:

```
320 GOSUB 100 + VAL k$(n) * 10, o que é o mesmo que
    GOSUB 100, 110, 120, etc.
```

Depois, executa-se o PRINT do tipo do corpo (por exemplo, um «aglomerado aberto») e chega-se ao RETURN. A linha 480 está estruturada de forma idêntica.


```
          Catalogo Messier
          ****************
No    Con  Codi  Tipo

M1    TAU  5  <>  4  nebulosa difusa
M2    AQR  1  <>  2  aglome. globular
M3    CVN  4  <>  2  aglome. globular
M4    SCO  P  <>  2  aglome. globular
M5    SER  R  <>  2  aglome. globular

M6    SCO  P  <>  1  aglomer. aberto
M7    SCO  P  <>  1  aglomer. aberto
M8    SGR  O  <>  4  nebulosa difusa
M9    OFI  I  <>  2  aglome. globular
M10   OFI  I  <>  2  aglome. globular

M11   SCT  Q  <>  1  aglomer. aberto
M12   OFI  I  <>  2  aglome. globular
M13   HER  D  <>  2  aglome. globular
M14   OFI  I  <>  2  aglome. globular
M15   PEG  K  <>  2  aglome. globular
```

Figura 9.1 *Primeira página do* Catálogo de Messier.

```
      Questionario Messier
      ********************

AND AQR AUR CNC CVN CMA CAP CAS
CET COM CIS GEM HID HER LEO LEP
LIR MON OFI ORI PEG PER PUP SGE
                        UMA VIR
VUL PIS ???

 Em que constelacao esta M82.

E' uma(um)galaxia exterior

0 correctas      4 erradas
                 ------> Faltam -6

A resposta e' UMA

Considera-se um <ASTRON>?
```

Figura 9.2 *A apresentação em* écran, *na opção «Questionário».*

A execução do programa (RUN)

Depois de introduzida e executada satisfatoriamente a listagem, o que se verificará comparando os resultados com as COPYs apresentadas nas figuras 9.1 e 9.2, não esquecer de usar CAPS LOCK, pois na opção do Questionário as respostas em letras pequenas não são aceites. Sendo necessária uma pequena «ajuda» o «Catálogo Messier» pode ser impresso «página a página» na impressora *ZX*, com o comando directo:

BREAK ..... COPY ..... ENTER

Depois de ter a folha impressa, prime-se CONTINUE ... ENTER para a página seguinte.

```
  9 REM ************************
 10 REM   Catalogo de Messier
 11 REM       e Questionario
 12 REM ************************
 20 DIM b$(20): INK 9
 30 LET y$="ASTRONOMO"
 40 LET a$="S14PRPPOIIQIDIKROOI
OOOOOOQWOA600TLB222AU5JJ3SMMCVH4
790OGGVVVVP49EE3COON11XOL8JFPUUC
V9VV9VVYDM4EEU999UY7V"
 50 LET C$="AND AQR AUR CNC CVN
 CMA CAP CAS CET COM CIS GEM HID
 HER LEO LEP LIR MON OFI ORI PEG
 PER PUP SGE SGR SCO SCT SER TAU
 TRI UMA VIR VUL PIS ??? "
 60 LET K$="4222211422122221412
412111132125551111110144111115 15
122223555525555122222152354225 55
55555502155535555015"
 70 GO TO 200
100 PRINT "Erro de Mesier!"
105 RETURN
110 PRINT "aglomer. aberto "
```



```
115 RETURN
120 PRINT "aglome. globular"
125 RETURN
130 PRINT "nebul.planetaria"
135 RETURN
140 PRINT "nebulosa difusa "
145 RETURN
150 PRINT "galaxia exterior"
155 RETURN
200 INPUT "Catalogo Messier/Que
stionario? (C ou Q)", LINE l$: C
LS : PAUSE 1
210 IF l$<>"c" AND l$<>"C" THEN
 GO TO 360
219 REM ************************
220 REM       Catalogo
221 REM ************************
230 PRINT TAB 8;"Catalogo Messi
er"
240 PRINT TAB 8;"**************
*": GO SUB 600
250 PRINT "No   Con Codi Tipo"
260 PRINT : FOR n=1 TO 104
270 IF CODE a$(n)<58 THEN  LET
z=1+VAL a$(n): GO TO 290
280 LET z=CODE a$(n)-54
290 LET j=VAL k$(n)
300 BEEP .01,j*10: PAPER j
310 LET x$=c$(z*4-3 TO z*4)
320 PRINT "M";n;TAB 5;x$+a$(n)+
" <> "+k$(n);" ";
330 GO SUB 100+VAL k$(n)*10
340 IF n/5=INT (n/5) THEN  PRIN
T
350 NEXT n: PAPER 7: GO TO 590
359 REM ************************
360 REM       Questionario
361 REM ************************
```

```
 370 LET c=0: LET w=0
 380 FOR n=1 TO 10: CLS
 390 LET r=1+INT (RND*103)
 400 IF r=40 OR r=91 OR r=102 TH
EN  GO TO 390
 410 LET k=VAL k$(r): BORDER k:
LET d=w
 420 IF CODE a$(r)<58 THEN  LET
z=1+VAL a$(r): GO TO 440
 430 LET z=CODE a$(r)-54
 440 LET x$=c$(z*4-3 TO z*4)
 450 PRINT TAB 6;"Questionario M
essier"
 460 PRINT TAB 6;"**************
*****"
 470 PRINT  PAPER k;'c$+b$'" Em
 que constelacao esta M";r;+"."+
(" " AND r<100)+(" " AND r<10)
 480 PRINT '"E' uma(um)";
 490 GO SUB 100+VAL k$(r)*10
 500 INPUT t$: LET t$=t$+" "
 510 IF t$=x$ THEN  LET c=c+1: G
O SUB 600
 520 IF t$<>x$ THEN  LET w=w+1
 530 PRINT ''c;" correctas",w;"
erradas"
 540 PRINT  FLASH 1;AT 15,(d-w)*
15;"------> ";"Faltam ";(n-10)
 550 IF t$<>x$ THEN  BEEP .2,-16
: BEEP .5,-30: PRINT '"A respost
a e' "; FLASH 1;x$;AT 3+INT (z/9
),0;TAB (z-1)*4;x$
 560 PRINT  PAPER n-1;AT 19,0;"C
onsidera-se um <";y$( TO 10-w);"
>?"
 570 PAUSE 300: NEXT n
 580 PRINT  FLASH 1; PAPER 4'"Ac
abou o tempo "+y$+b$( TO 8)
```



```
 584 REM ************************
 585 REM          MENU
 586 REM ************************
 590 GO SUB 600: PRINT #0;"Prima
 uma tecla para continuar": PAUS
E 0: GO TO 200
 600 FOR a=-30 TO 30 STEP 5: BEE
P .1,a: NEXT a: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "messier" LINE 1
```

TELESCÓPIO

Este programa responde às seguintes questões:

1) Qual é a estrela mais ténue visível num telescópio de 6 cm ou num de 6 m?

2) Qual deverá ser a potência máxima e mínima de uma ocular, para observações astronómicas?

3) Porque é que o telescópio Hale de 5 m não serve para observações visuais?

4) Que área, em graus, abrange uma máquina fotográfica de 35 mm?

5) Qual é a resolução fotográfica e visual de um telescópio de 15 cm?

6) Que capacidade astronómica terá a nossa máquina fotográfica ou o nosso telescópio?

A última pergunta é, no fundo, um resumo de quase todas as anteriores.

As respostas

Não há nada de especial a dizer acerca deste programa, para além do facto de ele reunir os números e características de telescópios, binóculos e máquinas fotográficas, no que respeita à sua aplicação em astronomia. Só é necessário introduzir (INPUT) dois dados, a abertura do instrumento em milímetros e o comprimento

```
ASTROSCOPIO OU ASTROGRAFO(maq.)

ABERTURA (mm) = 30 mm
FOCAL/RATIO =   f/4
COMP/F          120 mm
CF/mm/EP =24   x5 POT MIN
CF/mm/EP =2   x60 POT MAX
  :    LENTE:     IMPROP. VISUAL
MENTE

ESCALA NEGATIVO 1718" mm/arco
CAMPO(36X24mm)) 17.18'x11441.88'
RES FOT TRI-X   34.36" arco
LIM. MAGN. FOTOG.          +10.8

RES(DAWES)VISUAL 3.8" arco
LIM. MAGNIT./VIS +9.3

CF/OCULAR =     6 mm     = x20
CF/OCULAR =     15 mm    = x8
CF/OCULAR =     24 mm    = x5
CF/OCULAR =     33 mm    = x3
```

Figura 9.3 *Características astronómicas de uma lente f/4 de 120 mm.*

```
ASTROSCOPIO OU ASTROGRAFO(maq.)

ABERTURA (mm) = 444 mm
FOCAL/RATIO =   f/4.5
COMP/F          1998 mm
CF/mm/EP =27   x74 POT MIN
CF/mm/EP =3.9  x500 POT MAX
TELESCOPIO

ESCALA NEGATIVO 103" mm/arco
CAMPO(36X24mm)) 1.03'x685.98'
RES FOT TRI-X   2.06" arco
LIM. MAGN. FOTOG.          +16.8

RES(DAWES)VISUAL 0.25" arco
LIM. MAGNIT./VIS +15.3

CF/OCULAR =     6 mm     = x333
CF/OCULAR =     15 mm    = x133
CF/OCULAR =     24 mm    = x83
CF/OCULAR =     33 mm    = x60
```

Figura 9.4 *Capacidade astronómica de um telescópio de 44,4 cm de abertura.*

focal, ou razão «f». Esta última é a razão entre o diâmetro da lente (de uma máquina fotográfica, por exemplo) e o comprimento focal, sendo este a distância entre a lente e a imagem por ela formada. A partir destes dois INPUTs, podemos calcular um certo número de características, que o computador apresenta em poucos segundos, e que obrigariam a uma consulta exaustiva de vários livros especializados caso as fôssemos obter por outros meios. Basta introduzir a listagem e fazê-la correr.

O programa

O programa baseia-se na nossa própria experiência de vários anos a espreitar através do telescópio. Só um pormenor — a potência de resolução, ou índice DAWES de uma telescópio — caracteriza um instrumento perfeito, correctamente alinhado, numa noite límpida e livre de perturbações atmosféricas, e operado por um olho experiente. O conjunto das características ou é mais ou menos indiscutível (como uma dada potência de uma ocular) ou pouco problemático, como o limite de magnitude visual atingível numa noite limpa, longe da iluminação de uma cidade.

A figura 9.3 mostra uma COPY da imagem das características de uma máquina fotográfica com 120 mm de comprimento focal e uma razão de abertura de f/4, enquanto a figura 9.4 apresenta os cálculos do programa para o telescópio de que nós próprios nos temos servido. Será útil analisar estes exemplos e as linhas do programa que têm mais interesse, a fim de julgarmos sobre a utilidade do programa.

As duas primeiras linhas saídas da impressora são o resultado do INPUT da abertura e da razão/f, os quais, multiplicados entre si, dão a terceira linha — o comprimento focal. As duas características seguintes correspondem às potências máxima e mínima da ocular do instrumento e dos respectivos comprimentos focais. Repare que aparece depois uma declaração a informar:

«Lente inadequada visualmente»

Esta apresentação consegue-se pela repartição dos A$ e T$ da

linha 20, de acordo com as linhas condicionais 170 e 180. No caso vertente, o comprimento focal é inferior a 300 mm, pelo que a lente não é considerada como um telescópio.

O grupo de quatro itens a seguir refere-se especificamente às capacidade fotográficas do instrumento. Os dados são, por ordem de apresentação, a «escala do negativo», ou o número de segundos de arco por milímetro de filme, a «área em graus para uma máquina fotográfica de 35 mm», o poder de resolução (em segundo de arco) da película *TRI-X* e a estrela mais ténue normalmente registada numa fotografia de exposição guiada, obtida antes dos primeiros alvores.

Seguidamente, aparecem dois itens relacionados com o poder de resolução visual, em segundos de arco (de acordo com a fórmula de Dawes), e com o limite de magnitude visual apresentado pelo instrumento. Repare-se como uma dada lente ou telescópio consegue registar em película fotográfica estrelas até uma magnitude superior em 1,5 à que a vista consegue observar: esta realidade é explicada pelo facto de que os nossos olhos (depois de completamente adaptados à escuridão) não conseguem ver mais pormenores ao fim de um quarto de segundo, por muito que olhe através da ocular, enquanto o filme fotográfico vai lentamente construindo a imagem durante segundos, minutos e mesmo horas, em condições perfeitas. A sensibilidade do olho humano é bastante superior à de um filme de 1000 ASA, mas cansa-se facilmente. Em compensação, o poder de resolução — *pixel* por *pixel* — da vista é muito maior que o de qualquer película, à excepção das muito lentas, digamos de 20 ASA.

A secção final da cópia lista alguns comprimentos focais típicos de oculares, e refere as respectivas potências. Esta listagem é efectuada pelo ciclo FOR/NEXT das linhas 250 a 270. A opção de COPY da imagem do *écran* aparece na linha 290.

Interpretação dos resultados

A experiência diz-nos que qualquer telescópio com um poder de amplificação superior a x500 não tem qualquer utilidade. A atmosfera terrestre nunca está suficientemente calma para suportar um tal poder de amplificação, nem as imagens se manteriam claras e nítidas. A linha 100 estabelece este limite; caso contrário, a linha 90 parte do princípio que o máximo de abertura (em mm) é igual a x2. A potência mínima útil é estabelecida em relação ao diâmetro máximo da pupila humana, que é de 7 mm depois de adaptada à escuridão. Graças à experiência obtida ao fim de numerosos testes, adoptámos um diâmetro de 6 mm; com efeito, se a potência da ocular for muito baixa, nem toda a luz que entra no telescópio alcança a retina, devido ao limite físico do diâmetro da íris do olho.

No caso do telescópio Hale, do monte Palomar (E. U. A.), de 5000 mm de abertura, seria necessário uma ocular com pelo menos x750 de potência para que toda a luz captada entrasse no olho humano, pelos motivos acima mencionados. Na verdade, este telescópio gigantesco não se destina à observação visual: é uma enorme máquina fotográfica para o registo das mais remotas regiões do cosmo.

As variáveis que a seguir se indicam processam as várias fórmulas do programa:

A = abertura em mm
F = razão focal do sistema
FL = comprimento focal do sistema, em mm
L = potência mínima útil da ocular
H = potência máxima útil da ocular
V = limite visual de magnitude estelar
P = escala do negativo fotográfico, em " arco/mm

As duas últimas variáveis são também usadas para:

P/100 = largura de campo, em graus
P/50 = poder de resolução do filme *TRI-X*, em '' arco/mm
V+1.5 = limite fotográfico da magnitude
114/A = resolução visual Dawes

```
4 REM **********************
5 REM Capacidade Astronomica
```

```
   6 REM  de um telescopio ou
   7 REM  maquina fotografica
   8 REM ***********************
  10 CLS : PRINT  PAPER 5;"ASTRO
SCOPIO OU ASTROGRAFO(maq.) "''
  15 PLOT 0,167: DRAW 255,0
  20 LET A$="      IMPROP. VISUAL
MENTE ": LET T$="TELESCOPIO  :
  LENTE:"
  24 REM ************************
  25 REM Input Abertura+ratio/f"
  26 REM ************************
  30 PRINT "ABERTURA (mm) =",
  40 INPUT A: IF A<6 THEN  GO TO
 40
  50 PRINT INT A;" mm","FOCAL/RA
TIO =",: INPUT F
  60 PRINT "f/";F
  64 REM ************************
  65 REM        Formulas
  66 REM ************************
  70 LET FL=INT (A*F)
  80 LET L=INT (A/6)
  90 LET H=INT A*2
 100 IF H>500 THEN  LET H=500
 110 LET V=1.9+INT (LN (A*A)*11)
/10
 120 LET P=INT (206264/FL)
 130 PRINT "COMP/F",FL;" mm"
 134 REM ************************
 135 REM  Potencias min/max da
 136 REM        ocular
 137 REM ************************
 139 PAPER 6
 140 PRINT "CF/mm/EP =";INT (FL/
L+.5); "  x";L;" POT MIN      "
 150 PRINT "CF/mm/EP =";INT (FL/
H*10)/10;"  x";H;" POT MAX      "
```



```
 154 REM ************************
 155 REM   Comentarios em Flash
 156 REM ************************
 160 IF L>=H THEN  PRINT  FLASH
1;T$( TO 10);A$
 170 IF L<H AND A>=25 AND FL>=30
0 THEN  PRINT  FLASH 1;T$( TO 10
);A$( TO 5)
 180 IF L<H AND A<25 OR FL<300 T
HEN  PRINT  FLASH 1;T$(11 TO );A
$
 184 REM ************************
 185 REM    Dados Fotograficos
 186 REM ************************
 190 PAPER 5: PRINT ,,"ESCALA NE
GATIVO",P;CHR$ 34;" mm/arco   "
 200 PRINT "CAMPO(36X24mm))",INT
 (P)/100;CHR$ 130;"x";INT (P*666
)/100;CHR$ 130
 210 PRINT "RES FOT TRI-X",INT (
P*2)/100;CHR$ 34;" arco     "
 220 PRINT "LIM. MAGN. FOTOG.";"
        +";V+1.5
 224 REM ************************
 225 REM      DATA visuais
 226 REM ************************
 229 PAPER 6
 230 PRINT ,,"RES(DAWES)VISUAL "
;INT (11400/A)/100;CHR$ 34;" arc
o     "
 240 PRINT "LIM. MAGNIT./VIS ";"
+";V,,,
 244 REM ************************
 245 REM     Data da Ocular
 246 REM ************************
 250 FOR N=1 TO 6 STEP 1.5
 260 PRINT  PAPER 6;"CF/OCULAR =
",6*N;" mm    = x";INT (FL/6/N)
```

```
 270 NEXT N: PAPER 7
 275 REM **********************
 280 PRINT #0;"Prima z=COPY r=RU
N": PAUSE 0
 290 IF INKEY$="z" THEN  COPY
 300 RUN
9900 REM **********************
9990 SAVE "telesc" LINE 1
```

TESTE ESTELAR

Eis uma curta demonstração de como, através da ligação de algumas perguntas e respostas, se pode programar um questionário bem simples. Como é natural, a matéria não necessita obrigatoriamente de estar relacionada com a astronomia, mas os conceitos de programação, no nosso caso, não poderiam fugir deste tema. O programa, como o apresentamos, só trata de dez estrelas, agrupadas aos pares num a$, o que é realmente muito pouco para finalidades mais sérias. Neste exemplo, Antares é identificada com a Alfa do Escorpião (alfa Scorpii), e Regulus = Alfa Leonis ou Alfa do Leão — os nomes alternativos para cada uma das estrelas. O programa está mesmo a pedir que o aumentemos, porventura com pares de nomes totalmente diferentes ...

O programa

Explica-se a seguir o modo de funcionamento do programa. Em primeiro lugar, estabelece-se um *array* dimensional na linha 30, preparado para aceitar (neste caso) 10 nomes com um comprimento máximo de 13 caracteres cada, de modo a processar o a$ mais comprido — qualquer dos a$(2), a$(6) ou a$(10) têm um total de 13 letras e espaços. Estabelece-se igualmente um DIM b$(13) (*array* simples dimensionado), para receber as respostas através de um INPUT colocado na linha 230.

O computador coloca até dez perguntas, através do ciclo FOR/NEXT f da linha 160; a variável z da linha 270 selecciona um número aleatório entre 1 e 10, e imprime para o *écran* o a$ junto com o número escolhido. O computador decide ainda que a resposta terá de ser:

a$ (z + t)

em que a variável «t» funciona como um interruptor, isto é,

se z = 1 então t = 1
se z = 2 então t = −1

e assim por diante, para os números pares ou ímpares determinados para z, de modo que t assume um valor de 1 ou de −1 conforme o caso. Se se fizer a verificação dos a$(1) a a$(10) nas linhas 40 a 130, comprovar-se-á que o computador identificou cada uma das respostas correctas, agrupando os a$ em pares.

A linha 230 executa o INPUT e o PRINT da resposta, e o «?» é sobreimpresso pela aplicação da instrução PRINT CHR$ 8;b$. As linhas 310 e 320 marcam as respostas e somam os resultados correctos, com a variável «score», que é impressa no fim do ciclo f.

O programa serve-se das condições automáticas de «scroll» por meio de um POKE (POKE 23692,255), e da impressão abaixo da linha 21 do *écran,* de modo que as perguntas e respostas como que «nascem» do fundo da imagem, a seguir ao INPUT da linha 22. Este pormenor é conseguido pela linha 350. Como é habitual, a COPY da imagem é apresentada pela figura 9.5.

Se bem que o computador se esforce por encontrar uma resposta correcta, quer em letras pequenas quer em maiúsculas, o número de permutações possíveis entre 1 e 10 é bastante limitado, de modo que a repetição da mesma pergunta sucede com frequência. O ideal era termos um número mínimo de 30 perguntas, isto é, 15 pares de perguntas/respostas, e ainda mais

se quisermos atingir um certo nível de perfeição. A alteração do programa para a introdução de mais questões acarreta poucas modificações, que podem realizar-se de dois modos.

```
6)Beta Orionis          e' Rigel
Rigel                 esta certo
7)Altair                e' Alfa Aqu
ilae
Alfa Aquilae          esta certo
8)Espiga                e' Alfa Vir
ginis
Alfa Virginis         esta ce#to
9)Canopus               e' Alfa Car
inae
Alfa Carinae          esta certo
10)Alfa Virginis          e' aaaa
Espiga                e'a resposta!
Pontuacao= 8 respostas certas
Tentar de novo?- Prima uma tecla
```

Figura 9.5

1 : Listagem adicional no a$

Este processo é bastante directo, e significa que basta meter mais uns quantos a$ na listagem, como início em a$(11) — partindo do princípio de que as primeiras 10 perguntas/respostas anteriores devem ser mantidas. Explicando melhor: as linhas 40 a 130 terão de ser renumeradas (porventura passando a ser de 40 a 50 inclusive), e acrescentando os novos itens para o a$ a partir da linha 51 :

```
51 LET a$(11) = ''... nome da estrela 6a ...''
52 LET a$(12) = ''... nome da estrela 6b ...''
53 LET a$(13) = ''... nome da estrela 7a ...''
```



```
54 LET a$(14) = ''... nome da estrela 7b ...''
55 LET a$(15) = ''...
```

e assim por diante, até ao fim dos dados a mais. Por último, altera-se o *array* dimensional da linha 30, para se ter em conta as perguntas a incluir:

```
30 DIM a$ (número total em a$, 13): DIM b$(13)
```

e altera-se o último valor da linha 170:

```
170 LET z = 1+INT (RND * número total de perguntas no a$)
```

O programa ficará assim preparado para o RUN (e digo RUN porque todo o programa está contido na listagem).

2 : Sub-rotina de INPUT

Não há real necessidade de incluirmos as perguntas e respostas no programa, pois podemos inseri-las através de uma sub-rotina. O procedimento é o seguinte:

apagam-se as linhas 20 a 130 inclusive;
altera-se a linha 280 (instrução final) para GOTO 1 (em lugar de RUN);
junta-se a sub-rotina 400 DIM a$ (50,13): DIM b$(13).

Estes passos permitem incluir 50 perguntas/respostas — 25 pares — com um comprimento individual máximo de 13 caracteres, incluindo os espaços.

```
410 FOR n = 1 TO 50
420 PRINT n; "  "; LET c$ = " "
430 INPUT c$ : PRINT c$
440 IF C$ = «stop» THEN STOP
450 LET a$(n) = c$
460 NEXT n : STOP
```

A rub-rotina inicia-se com um GOTO 400, e os pares de perguntas/respostas são introduzidos por um INPUT sequencial. Não é necessário usar todos os *arrays* de a$ dimensionados no caso de se esgotarem as perguntas, desde que o último INPUT seja um número ímpar. Basta fazer um INPUT de «stop», o que levará a linha 440 a parar o programa. Este tem de ser gravado com um GOTO 9990, a título de precaução, e depois verificado. Seguidamente, altera-se a linha 170:

```
170 LET z = 1 + INT (RND * (n-1))
```

A variável n é o último valor +1 utilizado no ciclo de INPUT da linha 440. O programa deverá ser gravado e verificado como «versão número 3», através da alteração da linha 9990, que passa a ser :

```
9990 SAVE «teste 3» LINE 1
```

e depois faz-se o comando directo GOTO 9990. Esta emenda assegura o começo automático do programa quando carregado com LOAD "", ou LOAD «teste3» (que será preferível), de modo que se tem de evitar a aplicação do RUN, que neste caso apaga todos os DATA do programa. Como se sabe, nem tudo se perde — em caso de engano, faz-se um novo LOAD, mas desta vez introduz-se GOTO 1.

Com o programa bem gravado em *cassette*, é altura de o testar, com o comando directo GOTO 1.

Outras perguntas

No caso de se ter inicialmente introduzido menos do que o programado número de 50 perguntas/respostas, as que sobraram (ou nos vieram à ideia depois do primeiro INPUT) podem ser adicionadas com um BREAK ao programa seguido pelo comando directo:

```
CLS: GOTO 420
```


que recuperará a rotina de INPUT no ponto em que estava, ao ser feito o BREAK, e que activará de novo o ciclo n.

Mais uma vez, temos a possibilidade de parar o INPUT antes de introduzirmos todos os 50 itens, com a instrução

```
INPUT «stop»
```

seguida do comando directo GOTO 1 para reiniciar o questionário. O valor momentâneo de n actualizará o número máximo aleatório (RANDOM) para a variável z. É aconselhável ir gravando as novas versões, à medida que se vão introduzindo mais perguntas, antes de fazer o respectivo teste ao questionário. Mais vale prevenir do que remediar...

```
  9 REM **********************
 10 REM       Teste Estelar
 11 REM **********************
 20 REM            DATA
 30 DIM a$(38,18): DIM b$(18)
 32 LET a$(1)="Sirius"
 34 LET a$(2)="Alfa Canis Maior
is"
 36 LET a$(3)="Canopus"
 38 LET a$(4)="Alfa Carinae"
 40 LET a$(5)="Rigil Kentaurus"
 42 LET a$(6)="Alfa Centauri"
 44 LET a$(7)="Vega"
 46 LET a$(8)="Alfa Lirae"
 48 LET a$(9)="Capella"
 50 LET a$(10)="Alfa Aurigae"
 52 LET a$(11)="Arcturus"
 54 LET a$(12)="Alfa Bootis"
 56 LET a$(13)="Rigel"
 58 LET a$(14)="Beta Orionis"
 60 LET a$(15)="Achernar"
 62 LET a$(16)="Alfa Eridani"
 64 LET a$(17)="Agena"
 66 LET a$(18)="Beta Centauri"
```

```
 68 LET a$(19)="Altair"
 70 LET a$(20)="Alfa Aquilae"
 72 LET a$(21)="Betelgeuse"
 74 LET a$(22)="Alfa Orionis"
 76 LET a$(23)="Acrux"
 78 LET a$(24)="Alfa Crucis"
 80 LET a$(25)="Aldebaran"
 82 LET a$(26)="Alfa Tauri"
 84 LET a$(27)="Espigá"
 86 LET a$(28)="Alfa Virginis"
 88 LET a$(29)="Antares"
 90 LET a$(30)="Alfa Scorpii"
 92 LET a$(31)="Deneb"
 94 LET a$(32)="Alfa Cygni"
 96 LET a$(33)="Regulus"
 98 LET a$(34)="Alfa Leonis"
100 LET a$(35)="Albireo"
102 LET a$(36)="Beta Crucis"
104 LET a$(37)="Sadr"
106 LET a$(38)="Gama Cucis"
140 LET score=0
149 REM ************************
150 REM     Loop Principal
151 REM ************************
160 FOR f=1 TO 10: LET t=1
170 LET z=1+INT (RND*38)
180 LET q=z/2
190 IF INT q=q THEN  LET t=-1
200 GO SUB 340: REM scroll
210 PRINT f;")";a$(z);" e' ?";
220 LET x$=a$(z+t)
230 INPUT b$: PRINT CHR$ 8;b$
240 GO SUB 300: LET x=z
250 GO SUB 340: PRINT : NEXT f
259 REM ************************
260 REM  Reexecutar o programa
261 REM ************************
270 GO SUB 340: PRINT "Pontuaca
```



```
o= ";score;" respostas certas"
 280 PRINT  FLASH 1;"Tentar de n
ovo?- Prima uma tecla": PAUSE 0:
 RUN
 289 REM ************************
 290 REM  Impressao e Anotacao
 291 REM     das respostas
 292 REM ************************
 300 GO SUB 340: REM ***scroll
 310 PRINT  PAPER 5; FLASH 1 AND
 b$<>x$;x$;
 320 IF b$=x$ THEN  LET score=sc
ore+1: PRINT  PAPER 6; FLASH 1;"
 esta certo": GO TO 340
 330 PRINT  PAPER 5;" e'a respos
ta!"
 339 REM ************************
 340 REM poke+print para scroll
 341 REM ************************
 350 POKE 23692,255: PRINT AT 20
,0: PRINT : RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "testeE"
```

ELIPSES

Do ponto de vista astronómico, a falta de um comando «elipse» no conjunto das instruções do *Spectrum* (e na maioria dos outros microcomputadores) é de lamentar profundamente, mas o problema pode ser contornado com as curtas rotinas que a seguir apresentamos e que se servem das funções trigonométricas SIN e COS (seno e co-seno). Estas rotinas são muito menos incómodas que certos exemplos já publicados, que processam complexas fórmulas algébricas. A brevidade das nossas listagens assegura também a rápida apresentação dos resultados, pois os necessários PLOTs são executados a ritmo acelerado.

Se repararmos bem, uma elipse é um círculo visto de determinado ângulo, a ponto de nos parecer «comprimido». Com pequenas alterações, a rotina pode ser levada a traçar no sentido dextrógiro ou no oposto, com o eixo maior na vertical ou na horizontal.

As rotinas de elipses

Digita-se e faz-se correr a primeira rotina, chamada «Elipse» (a da figura 9.6). Na maior parte das vezes, os nomes das variáveis são suficientemente compridos para descreverem a respectiva função dentro do programa:

eixox = posição coordenada x (horizontal)
eixoy = posição coordenada y (vertical)
raio = raio máximo da elipse, designado por eixo semimaior
incli = INPUT do ângulo de inclinação do círculo
ângulo = factor de compressão, para o desenho da elipse

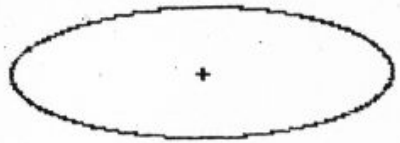
A fórmula na variável «ângulo» tem um pequeno valor de correcção (0,1) adicionado à variável «incli», destinado a evitar o rebentamento do programa se se fizer um INPUT de 0 (equivalente a um círculo visto de perfil). Neste caso, o valor produzido pelos 0 graus seria um número verdadeiro infinito, que excederia a capacidade numérica do *Spectrum*, que, como sabemos, está compreendida entre $3*10\uparrow -19$ e $7*10\uparrow 38$. A curta listagem designada por «Valores dos ângulos das elipses» (figura 9.7) dá os valores produzidos pela fórmula conhecida por «ângulo entre 0 e 90», em intervalos de um grau.

Na prática, os 0 graus produzem um valor de 0,1, ou seja, 1/10 ou 6′ de arco, valor este que vai ser adicionado ao longo de toda a sequência. A precisão de PLOT do *Spectrum* é muito inferior a este ângulo tão pequeno, de modo que os resultados traçados não se conseguem distinguir dos intervalos de um grau.

Deverá ser já evidente que, se se introduzir o improvável ângulo de inclinação de $-0{,}1^{\circ}$, o programa rebentará, porque:

$-0{,}1+0{,}1=0$


```
Elipse          Inclinacao= 20
```



```
 10 PRINT "Elipse","Inclinacao=
";
 20 REM por Maurice Gavin/SM
 30 LET eixox=132: LET eixoy=91
 40 LET raio=70
 50 INPUT "0 a 90",incli
 60 PRINT incli;CHR$ 130
 70 PRINT AT 10,16;"+"
 80 LET angulo=1/SIN ((.1+incli
)/180*PI)
 90 INPUT "graduacao (1 a 10)",
g
100 FOR f=0 TO PI*2 STEP 1/g/2
110 PLOT eixox+SIN f*raio,eixoy
+COS f*raio/angulo
120 NEXT f
```

Figura 9.6 *Traçado de uma elipse desde o círculo completo até à vista de perfil, aplicando a rótina que apresentamos.*

```
  1 REM Valor dos Angulos das
  2 REM        Elipses
  5 FOR x=0 TO 90
  7 LET incli=x
 10 LET angulo=1/SIN ((.1+incli
)/180*PI)
 20 PRINT angulo,incli;CHR$ 130
 30 NEXT x
```

Figura 9.7



Figura 9.8 *Exemplos da elipses traçadas em diferentes direcções, sobre os eixos maiores.*

Elipse 4

Rotina em tudo semelhante à anterior, mas destinada a demonstrar os traçados simultâneos de quatro elipses. Como já foi explicado, a inclinação e a frequência do PLOT das quatro figuras através das variáveis podem ser seleccionadas pelas duas instruções INPUT. A figura 9.8 dá um exemplo da cópia da imagem.

As elipses podem ser traçadas no sentido dextrógiro ou no inverso, pela troca das expressões SIN e COS em cada metade das rotinas de PLOT. Se a rotina começa com a função SIN, o traçado inicia-se na posição «do meio-dia»; se começar com COS, o PLOT é executado a partir da posição das «3 horas». No caso da variável «ângulo» se encontrar na primeira metade da rotina de PLOT, o eixo maior da elipse resulta vertical, e se estiver na segunda metade aparecerá horizontal.

A linha 100 contém o ciclo FOR/NEXT f, destinado a traçar a elipse, sob a forma:

FOR f = 0 TO PI*2 STEP 1/s*3

em que 0 TO PI*2 produz uma elipse completa. Se esta expressão fosse

FOR f = PI TO PI*3 STEP ...

conseguiríamos também uma elipse completa, mas com início nos 180 graus ou, no lado oposto, na posição das 6 ou das 9 horas, respectivamente. Experimente-se alterar os valores do ciclo FOR/NEXT para verificar estes pormenores.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Elipse 4  Inclinacao
= ";
 20 REM ************************
 30 LET x=132: LET y=76
 31 LET x1=x*.6: LET y1=y*1.5
```

```
  32 LET x2=x*1.2: LET y2=y*1.5
  33 LET x3=x*.8: LET y3=y*.5
  34 LET x4=x*1.2: LET y4=y*.5
  40 LET r=35
  49 REM ************************
  50 INPUT "0";CHR$ 130;" a 90";
CHR$ 130,incli
  60 PRINT incli;CHR$ 130: PAPER
 5
  70 PRINT "mov. directo","mov.
retrogrado"
  75 PRINT "<->eixo 1","2"
  77 PRINT AT 12,0;"teixo 3","4"
  79 PAPER 7
  80 LET angulo=1/SIN ((.1+incli
)/180*PI)
  90 INPUT "graduacao (1 a 10)",
g
 100 FOR f=0 TO PI*2 STEP 1/g/3
 104 REM ************************
 105 REM   Desenho de 4 Elipses
 106 REM ************************
 111 PLOT x1+SIN f*r,y1+COS f*r/
angulo
 112 PLOT x2+COS f*r,y2+SIN f*r/
angulo
 113 PLOT x3+SIN f*r/angulo,y3+C
OS f*r
 114 PLOT x4+COS f*r/angulo,y4+S
IN f*r
 120 NEXT f: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "el4"
```

Elipse sólida

Esta rotina usa o comando DRAW para produzir uma elipse «sólida», ou cheia. Na prática, o traçado é cerca de quatro vezes mais rápido que o das rotinas anteriores; os intervalos STEP são suficientemente frequentes para originar uma linha quase sem

interrupções. Este pormenor resulta da necessidade de só se ter de traçar um quadrante da elipse, copiando em imagem reflectida os restantes, uns após outros. Atribuíram-se variáveis com nomes diferentes a esta rotina, mas os princípios de programação são os mesmos. Como só é preciso calcular um quadrante, o ciclo FOR/NEXT aparece como:

```
FOR f = 0 TO P1/2 STEP .012
```

isto é, exactamente um quarto do comprimento de... 0 TO PI*2... anteriormente utilizado. O intervalo de STEP foi aqui fixado em .012, depois de termos chegado à conclusão de que, para esta rotina, era o valor mais satisfatório. Se não se pretender que a elipse encha todo o *écran* do *Spectrum,* teremos de arranjar um valor maior.

As variáveis a e b representam as posições coordenadas x e y da elipse, e a variável e dá a necessária compressão ao eixo menor, ou vertical. A linha 130 executa o PLOT do perfil superior esquerdo da figura, enquanto que a linha 140 realiza idêntica tarefa para a parte do lado direito. As rotinas DRAW que se seguem às instruções PLOT são:

```
DRAW 0, −b*2
```

e traçam uma linha vertical igual ao dobro do valor de b, em direcção à parte inferior, completando-se assim a parte de baixo da elipse. A linha 200 completa esta rotina, ao definir os eixos vertical (o menor) e horizontal (o maior) da elipse, através do comando OVER.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Elipse Solida"
 11 REM ************************
 20 INPUT "inclinacao ";z: PRIN
T "inclinacao=";z;CHR$ 130
 30 LET e=SIN ((.1+z)/180*PI)
 40 LET x=255/2: LET y=175/2
```

```
 99 REM ************************
100 FOR f=0 TO PI/2 STEP .012
110 LET a=INT (SIN f*y)
120 LET b=INT (COS f*y*e)
130 PLOT x-a,y+b: DRAW 0,-b*2
140 PLOT x+a,y+b: DRAW 0,-b*2
150 NEXT f
199 REM ************************
200 OVER 1: PLOT 0,y: DRAW 255,
0: PLOT x,0: DRAW 0,175: OVER 0
210 STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "oval"
```

Elipse inclinada

Por vezes temos de traçar uma elipse com o eixo maior numa posição intermédia, a meio caminho entre a horizontalidade e a verticalidade. Esta última rotina indica um processo de o conseguir, se bem que a nível relativamente modesto.

A figura 9.9 mostra uma cópia da imagem do programa, com uns INPUTs típicos e a elipse deles resultante. Os valores atribuídos à inclinação e ao desfasamento (rotação da imagem) podem variar entre -90^{o} e $+90^{o}$, em qualquer dos casos. A linha 90 faz os cálculos para a determinação destes dois factores, na parte final da expressão

... /t + a/z

em que as variáveis t (inclinação) e z (desfasamento) são os valores recíprocos do SIN (seno), com o estatuto de INPUT. O intervalo de PLOT (STEP 0.05) e o deslocamento máximo na horizontal (valor 60 nas linhas 80 e 90) são fixos, mas podem ser alterados de acordo com o efeito pretendido.

Em vários dos programas deste livro usámos frequentemente a rotina «Elipse», por vezes sob forma modificada, como por exemplo em «Anéis de Saturno», «Galáxia», «Órbitas duplas ou binárias». O termo «elipse» tem largo emprego na definição de

órbitas planetárias e de alguns cometas, bem como na caracterização de superfícies ópticas (lentes e espelhos). No fundo, a elipse é um membro de uma família de formas geométricas, do ramo das secções cónicas, e que inclui o círculo, a parábola e a hipérbole.

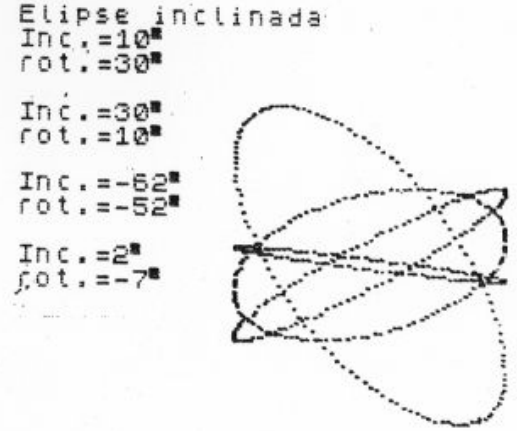


Figura 9.9 *Efeitos típicos do desfasamento (rotação do eixo maior) de uma elipse, conseguidos através desta rotina.*

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Elipse inclinada"
 11 REM ************************
 20 INPUT "Inclinacao ";t,"rota
cao ";z
 30 PRINT "Inc.=";t;CHR$ 130
 40 PRINT "rot.=";z;CHR$ 130''
 50 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
 60 LET t=1/SIN ((.1+t)/180*PI)
 65 REM ************************
 70 FOR n=0 TO PI*2 STEP .05
 75 PLOT OVER 1;140,80
 80 LET a=SIN n*60
```

```
 90 LET b=COS n*60/t+a/z
100 PLOT INT (140+a),INT (80+b)
110 NEXT n: GO TO 20
125 REM ************************
9999 SAVE "incli"
```

Elipses e órbitas de Kepler

Devemos ter especial cuidado quando nos servirmos da rotina «Elipse» para simular a verdadeira órbita elíptica de um planeta em redor do Sol, especialmente porque este não pode ser colocado no centro da elipse, situando-se sempre num dos focos. Aplica-se aqui a segunda lei de Kepler do movimento planetário, que leva o planeta a «acelerar» quando se aproxima do Sol e a «travar» quando dele se afasta. Ao tratar deste pormenor importante, o programa «Elipse» não dá boa conta de si próprio, mas em bastantes ocasiões o efeito alcançado pode ser uma razoável imitação da realidade. Para a correcta simulação da segunda lei de Kepler, veja-se o programa «Órbitas de Kepler», no capítulo 5, e as correspondentes COPYs da impressora.

MAPA-MÚNDI «SPECTRUM»

Um dos problemas surgidos ao produzir-se uma imagem televisiva a partir de listagens de programas reside na compreensão de quais os gráficos introduzidos pelo autor. O *Spectrum* consegue traçar mais de 44 000 posições de *pixel* (256*175), e ultrapassaria os limites do razoável definir uma imagem completa através das coordenadas x e y de todos os *pixels* a traçar. É, no entanto, lógico conceber uma imagem em *écran* de «baixa resolução», servindo-nos do conjunto de caracteres gráficos do *Spectrum* compreendidos entre o CHR$ 128 e o CHR$ 143 inclusive. A resolução deste modo obtida é de 64*44 *pixels*, isto é, um total de 2816.

Felizmente, se seleccionarmos correctamente os caracteres gráficos dos quatro *pixels* adjacentes, podemos definir completamente um *écran* de 32*22 espaços de carácter, totalizando 704 símbolos. Podemos assim começar a tratar do assunto.

A codificação dos caracteres

A maneira mais simples de produzir uma tal imagem na televisão consiste em listar 22 declarações sucessivas de PRINT, cada uma delas com 32 caracteres gráficos, e fazer o RUN. Fácil para o programador, mas quase impossível de ser compreendido pelos subsequentes utilizadores. Os caracteres a usar têm de ser codificados de maneira legível, de modo a que sejam introduzidos sem o mínimo erro.

O programa que se segue faz precisamente isto, e apresenta um mapa do globo como demonstração do que se pretende alcançar. Depois de se terem introduzido os dados, constituídos por uma mistura de números e de letras maiúsculas e minúsculas, o programa processa quase instantaneamente a imagem final, através de um processo intermédio de codificação.

```
Linha de entrada de codigo

eEEDDNPPLcIbJbCIh
dGEaDaBPPKbBcJbPEMaEe
MMEJPMIMKBPLCbEMIAON5MPOMMA
3M2CEDFLAMbNHON66C
LHPOPOAPOACbEBHB55LDFb
AB402IcGOON550A8b
b4JPDBcMLLPDHHH6LIc
b5CeDABBDPN6HAKc
bF2LLfNPOMMPH6IBd
cHPAEeE5HOJH3LCe
dBHADdF5ODABLBPIEe
fGMIcBHL4CbGAKAICd
fN2MeHPOLeGFKAMc
f5dF2KfCbBDb
fB3KdF2CIgNNIb
g2LfPLACeE3Ob
gPLCfPCgBPHPLb
gPCsDCAF
gLvEC
gGx
```

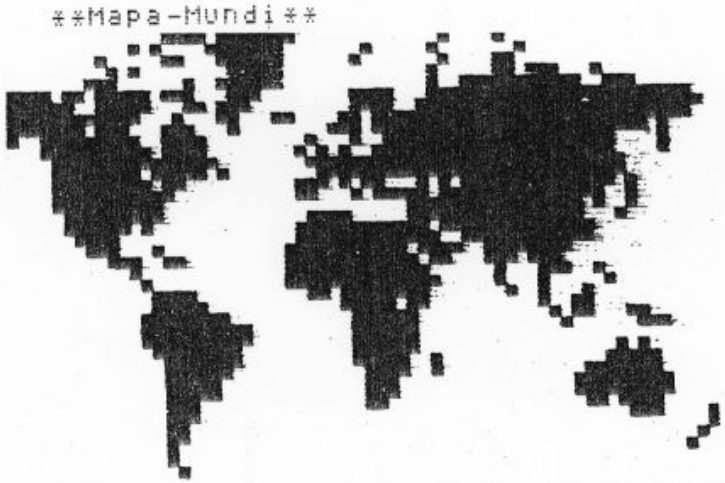
Figura 9.10

a) Estes códigos são introduzidos no programa quando este o pedir. Os números referem-se a quadrados sólidos consecutivos — CHR$ 143, e as letras minúsculas indicam o número de espaços (quadrados) em branco — CHR$ 128.

```
**Mapa-Mundi** recodificado*****

AAAAAEEDDNPPLAAAIAAJAACIAAAAAAAA
AAAAGEADABPPKAABAAAJAAPEMAEAAAAA
MMEJPMIMKBPLCAAEMIAONPPPPPMPOMMA
PPPMPPCEDFLAMAANHONPPPPPPPPPPPPC
LHPOPOAPOACAAEBHBPPPPPPPPPPLDFAA
ABPPPPOPPIAAAGOONPPPPPPPPPOABAA
AAPPPPJPDBAAAMLLPDHHHPPPPPPLIAAA
AAPPPPPCAAAAADABBDPNPPPPPPHAKAAA
AAFPPLLAAAAAANPOMMPHPPPPPPIBAAAA
AAAHPAEAAAAAEPPPPPHOJHPPPLCAAAAA
AAAABHADAAAAFPPPPPODABLBPIEAAAAA
AAAAAAGMIAAABHLPPPPCAAGAKAICAAAA
AAAAAANPPMAAAAAHPOLAAAAAGFKAMAAA
AAAAAAPPPPPAAAAFPPKAAAAAACAABDAA
AAAAAABPPPKAAAAFPPCIAAAAAAANNIAA
AAAAAAAPPLAAAAAAPLACAAAAAEPPPOAA
AAAAAAAPLCAAAAAAPCAAAAAAABPHPLAA
AAAAAAAPCAAAAAAAAAAAAAAAAAAADCAF
AAAAAAALAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAEC
AAAAAAAGAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
```

b) O computador converte os dados numéricos e de letras minúsculas codificados de a) para letras maiúsculas, preenchendo todos os quadrados de carácter.



c) O computador converte as letras maiúsculas originadas em b) em caracteres gráficos do Spectrum *(CHR$ 128 a CHR$ 143 inclusive). A imagem completa é armazenada no T$, para apresentação imediata.*

O programa

Digita-se a listagem e faz-se o habitual RUN. Introduzem-se depois, linha a linha, os dados codificados, consultando a figura 9.10a. O programa está razoavelmente protegido contra eventuais erros, dando clara oportunidade de correcção a entradas feitas por engano, e pede os dados no momento certo e de forma correcta. Depois de ter completado todas as 20 linhas (duas destas foram omitidas para títulos, etc.), o programa converte os dados codificados num mapa-múndi, apresentando o resultado através da instrução PRINT T$.

A gravação dos DATA

A imagem final fica assim armazenada no *array* dimensional T$, pronta para gravação mal esta seja pedida pelo programa.

Os DATA, após a gravação bem sucedida, podem ser misturados (MERGE) com outros programas, da seguinte forma:

LOAD «mundo» DATA T$ ( ) ENTER

A imagem ainda é designada por T$, portanto é preciso cuidado para que este *array* não se repita, a propósito de qualquer outro aspecto, noutro local do programa. E, é claro, o programa tem de ser iniciado por um GOTO (número da linha), e nunca por RUN.

No nosso caso, o programa cumpriu a sua tarefa, e em teoria pode ser posto de lado. Antes de o fazer, porém, grava-se a listagem completa, com a instrução GOTO 9990, para mais tarde o usarmos com outras imagens codificadas.

Como criar as nossas próprias imagens codificadas

O procedimento para criar estas imagens codificadas é cansativo e maçador, só compensando se o resultado se destinar a ser impresso em papel. A página 92 do manual do *Spectrum* dá a relação dos dezasseis caracteres gráficos postos à nossa disposição, que deverão ser marcados de A a P, começando no CHR$ 128 (o A) e terminando no CHR$ 143 (o P). A seguir, sobre

papel quadriculado, e servindo-se da página 102 do manual como guia, seleccionam-se os caracteres que mais convierem, e vai-se convertendo o desenho imaginado nas letras de A a P, adequadas.

Como a maior parte da área de um desenho é branca ou completamente preta (claro que se pode escolher qualquer cor INK), as longas cadeias de AAAAAAAAAAs ou de PPPPPPPPPPs podem ser comprimidas em cada uma das linhas horizontais para letras pequenas ou números, respectivamente. Consulte-se a figura 9.10a para ver como é. Por exemplo, a linha final,

gGx significa AAAAAAAGAAAAAAAAAAAAAAAAA-AAAAAAAAAA

em que g é igual à sétima letra do alfabeto e x à vigésima quarta. Com experiência de programação no *Spectrum* consegue-se que o computador execute a tarefa de conversão dos caracteres gráficos em códigos alfanuméricos, facilitando consideravelmente o trabalho.

```
    8 REM *0**********************
**
   10 REM  Mapa Mundi Spectrum
   11 REM ************************
   20 REM   Carregador do Codigo
   21 REM ************************
   50 DIM e$(20,32)
   60 DIM z$(20,32)
   70 PRINT "Linha de entrada
    de codigo"
   80 FOR n=1 TO 20
   90 PRINT AT 0,19;n
  100 INPUT "Codigos"' LINE e$(n)
  110 PRINT AT n,0;e$(n)
  120 INPUT "OK (s ou n)"; LINE q
$: IF q$="n" THEN  GO TO 100
  130 NEXT n
  134 REM ************************
```



```
  135 REM Recodificacao automat.
  136 REM ************************
  140 PRINT  PAPER 5;AT 0,0;"****
Mapa Mundi Recodificado****"
  150 FOR n=1 TO 20: LET h$=""
  160 FOR f=1 TO 32: LET x$=""
  170 IF e$(n,f)>CHR$ 80 THEN  GO
  TO 220
  180 IF e$(n,f)<CHR$ 65 THEN  GO
  TO 250
  190 LET h$=h$+e$(n,f)
  200 NEXT f: PRINT  PAPER 6;h$:
LET z$(n)=h$: NEXT n: GO TO 310
  210 REM ************************
  220 FOR x=1 TO CODE e$(n,f)-96
  230 LET x$=x$+"A": GO TO 280
  240 REM ************************
  250 FOR x=1 TO CODE e$(n,f)-48
  260 LET x$=x$+"P": GO TO 280
  270 REM ************************
  280 NEXT x: LET h$=h$+x$
  290 GO TO 200
  300 REM ************************
  310 PRINT  PAPER 6;AT 0,0;"**Ma
pa Mundi**"
  320 BORDER 5: LET w$=""
  330 FOR n=1 TO 20
  340 FOR f=1 TO 32
  350 LET T=CODE z$(n,f)+63
  360 PRINT  INK 2; PAPER 5;CHR$
t;: LET w$=w$+CHR$ t
  370 NEXT f: NEXT n: DIM t$(640)
: LET t$=w$
  380 PRINT "T$=Mapa Mundi - prim
a's' para"'" gravar o T$": PAUSE
  0
  390 REM ************************
  400 SAVE "mundo" DATA T$()
```

```
 405 BEEP 1,1
 410 PRINT #0;"rebobine/toque pa
ra VERIFY": VERIFY "mundo" DATA
T$()
 430 BEEP 1,1: PRINT  FLASH 1;"D
ATA gravado, OK": STOP
9900 REM **********************
9990 SAVE "pixcoder"
```


CAPÍTULO 10

Sugestões e conselhos

Qualquer programador cedo se apercebe das vantagens e dos defeitos do seu computador, e o nosso caso não foge à regra. Devido à especificidade do trabalho informático, algumas «manias» dos computadores tendem a ser detectadas por inúmeras pessoas, sem contacto com o trabalho das outras, pelo que apresentamos desde já as nossas desculpas aos leitores que já tenham lido estes conselhos noutra obra ou que os tenham aprendido à custa do seu próprio labor.

CORRECÇÃO DE ERROS NA ENTRADA DE DADOS

De maneira geral, omitimos nesta obra qualquer processo extenso de detecção de erros nas entradas de dados, em benefício da brevidade das listagens. As rotinas seguintes servem, quando muito, de guia; deixamos ao leitor a decisão de escolher em que parte dos programas as quererá introduzir. Não esquecer de renumerar as linhas!

1 : Protecção de INPUTs numéricos dentro de limites específicos de datas e tempo

```
100 INPUT «no mês», mês
110 IF INT mês <> mês OR mês < 1 OR mês > 12 THEN
GOTO 100
120 INPUT «dia no», dia
130 IF INT dia <> dia OR dia < 1 OR dia > 31 THEN
GOTO 120
140 INPUT «hora (0 a 23)», hora
150 IF INT hora <> hora OR hora < 0 OR hora > 23 THEN
GOTO 140
160 INPUT «minuto (0 a 59)», min
```

```
170 IF INT min <> min OR min < 0 OR min > 59 THEN
GOTO 160
180 REM programa continua — INPUTs completos
```

A rotina seguinte é muito mais completa, pois rejeita quaisquer INPUTs que não sejam inteiramente formados por números (linha 520) e dentro de certos limites (linha 550).

2 : Protecção de INPUTs exclusivamente numéricos, dentro de limites específicos de datas e tempo

```
200 LET a$= «Ano»: LET a= 2000: LET b= 1834: GOSUB
500: LET y=c
210 LET a$= «Mês»: LET a= 12: LET b= 1: GOSUB 500:
LET m=c
220 LET a$= «Dia»: LET a= 31: GOSUB 500: LET d=c
230 LET a$= «Hora»: LET a= 23: LET b= 0: GOSUB 500:
LET h=c
240 LET a$= «Minuto»: LET a= 59: GOSUB 500: LET
mi=c
250 LET a$= «Segundo»: GOSUB 500: LET s=c
260 REM programa continua — INPUTs completos
270 . . . . . .
500 INPUT (a$;"(";b;" até ";a;")";), LINE b$
510 FOR x=1 TO LEN b$
520 IF CODE b$(x)<48 OR CODE b$(x)>57 THEN GOTO
600
530 NEXT x
540 LET c= VAL b$
550 IF c>a OR c<b THEN GOTO 600
560 RETURN: REM INPUT verificado: OK
600 PRINT  0; FLASH 1; «Erro de Entrada»: PAUSE 100:
GOTO 500
```

Nota: Os valores de a e b na linha 200 podem ser para quaisquer anos pretendidos. A linha 500 aparece no *écran* (tomando o INPUT do ano como exemplo) como

```
Ano (1834 a 2000)  L
```


PROGRAMAS DE RENUMERAÇÃO DE LINHAS

Se não usarmos só rotinas curtas (e mesmo estas têm o hábito de ir aumentando!), um programa de renumeração de linhas pode ter enorme utilidade, poupando tempo e dando melhor aspecto à apresentação final da listagem. Existem várias versões no mercado, devendo preferir-se as que são em código máquina e que se alojam no topo da RAM. Vale bem a pena, mesmo que se liste um programa publicado numa revista, conseguir renumerar automaticamente todos os GOTOs e GOSUBs.

Os GOTOs ou GOSUBs condicionais, como . . .GOTO céu . . . ou . . .GOSUB k*10 . . . podem não ser renumerados, caso em que teremos de fazer este trabalho manualmente e de forma metódica. Por exemplo, se o programa contiver

```
. . . LET ceu = 1000
. . .
. . . GOTO ceu
. . .
1000 PRINT «mapa estelar»
```

teremos de alterar a linha 1000 para passar a ser «1000 PRINT «mapa estelar»: REM GOTO ceu». Depois de o programa ter sido automaticamente renumerado, altera-se a variável «céu» para o novo número da linha:

```
. . . LET ceu = (número da linha com o REM GOTO céu no
final)
```

Na ausência destas declarações REM a actuar como «bandeiras», o processo pode ser moroso e alcançar um fim inglório.

NOTAS SOBRE A IMPRESSORA «ZX»

Quando desenvolvemos um programa, a procura e a comparação de «páginas» de listagens podem tornar-se excessivamente maçadoras.

A cópia produzida pela impressora *ZX* pode muito bem ajudar a manter a nossa sanidade mental! Uma LLIST completa é normalmente desnecessária — quase sempre bastam-nos algumas linhas impressas para comparar com a parte do programa que aparece no *écran*... Faz-se LLIST n (n=número da linha), e depois BREAK, quando acharmos que já se imprimiu aquilo que queremos.

Arquivo de listagens da impressora «ZX»

O papel metalizado da impressora *ZX* é muito sensível a marcas de dedos, pelo que devemos manuseá-lo sempre pelas extremidades. Ao preparar uma listagem para submeter à apreciação de alguma revista, aconselhamos a lavar as mãos antes de tocar no papel — caso contrário pode haver desagradáveis surpresas.

Podem-se colar duas tiras de fita da impressora numa folha A4, não esquecendo de deixar margens de pelo menos 20 mm no topo e no fim da folha; a listagem deverá ser cortada de modo a não ficar com extremidades irregulares. Muito cuidado com este corte, que deve ser feito precisamente no intervalo entre duas linhas do programa; depois de desenrolar as fitas saídas da impressora, pulverizam-se as costas com cola, de preferência em aerosol, e aplicam-se cuidadosamente contra a folha A4, não exercendo demasiada pressão. Procura-se obter logo que possível uma fotocópia da listagem original, e arquiva-se esta última (desdobrada) dentro de um envelope grosso, até se voltar a precisar dela.

Álbuns fotográficos baratos, com folhas separadoras de celofane, são o meio ideal para arquivar programas curtos, rotinas e cópias de gráficos. Estarão assim protegidos, até de dedos curiosos e sujos! Não se dispondo de calhas nas paredes para pendurar as listagens compridas, enrolam-se e guardam-se dentro dos cartões inúteis dos rolos de papel higiénico — este simples objecto, que normalmente vai para o caixote do lixo, tem as dimensões ideais para o fim em vista.

Para enviar pelo correio uma listagem enrolada, é necessário protegê-la fortemente dentro de um tubo, como, por exemplo, o que vem no centro dos rolos de fita da impressora *ZX*.

Apêndice: Mapa de dados sobre o cometa Halley

DATA	HORA	AR			Dec			Azim.	Altura
		h	m	s	°	'	"		
1JAN86	19.15	22	16	31	- 2	31	9	267	31
5JAN	19.15	22	7	39	- 3	23	46	266	27
10JAN	19.15	21	57	44	- 4	22	20	265	11
15JAN	19.15	21	48	38	- 5	16	24	265	6
20JAN	19.15	21	39	54	- 6	9	17	264	0
25JAN	20.30	21	31	6	- 7	4	26	***	**
30JAN	20.30	21	22	13	- 8	3	5	***	**
4FEV	20.30	21	13	7	- 9	7	31	***	**
9FEV	19.30	21	3	59	-10	17	59	***	**
14FEV	19.00	20	54	53	-11	35	25	***	**
19FEV	18.45	20	46	1	-12	54	42	***	**
24FEV	18.30	20	37	25	-14	31	27	***	**
1MAR	18.00	20	28	53	-16	12	45	***	**
5MAR	06.30	20	22	38	-17	32	32	116	45
10MAR	06.15	20	12	57	-19	42	21	120	46
15MAR	05.45	20	1	18	-22	20	32	123	44
20MAR	05.30	19	45	51	-25	42	26	135	51
25MAR	05.00	19	23	12	-30	8	59	141	47
30MAR	04.30	18	46	17	-36	3	42	156	49
4ABR	04.00	17	40	22	-43	8	2	173	45
9ABR	03.00	15	47	40	-47	44	3	191	40
14ABR	23.00	13	19	48	-42	16	47	171	46
19ABR	22.00	12	2	41	-32	48	4	174	56
24ABR	21.00	11	21	1	-24	49	8	182	65
29ABR	21.00	10	57	20	-19	5	23	219	63
4MAI	21.00	10	43	14	-15	6	2	234	61
9MAI	21.00	10	34	34	-12	16	34	245	58
14MAI	21.00	10	29	15	-10	13	57	251	54
19MAI	21.00	10	26	7	- 8	43	40	256	49
24MAI	21.00	10	24	30	- 7	36	26	259	44
29MAI	21.00	10	23	58	- 6	46	13	261	40
3JUN	21.00	10	24	14	- 6	8	54	262	35
8JUN	21.00	10	25	8	- 5	41	37	263	30
13JUN	21.00	10	26	29	- 5	22	18	264	25
18JUN	21.00	10	28	14	- 5	9	29	263	20
23JUN	21.00	10	30	16	- 5	1	59	264	16
28JUN	22.00	10	32	34	- 4	58	56	265	**
3JUL	22.00	10	35	2	- 4	59	43	265	**
8JUL	22.00	10	37	40	- 5	3	44	265	**
13JUL	21.30	10	40	24	- 5	10	30	265	**
18JUL	21.30	10	43	15	- 5	19	44	265	**
23JUL	21.30	10	46	10	- 5	31	6	265	**
28JUL	21.30	10	49	9	- 5	44	21	264	**

** Cometa perto ou abaixo do horizonte

Nota : Cálculos efectuados para a longitude 9 12W e latitude 38° 50N.

COMETA HALLEY

DATA	AR			Dec			Dist	Nascer	Ocaso
	h	m	s	°	'	"			
1JAN86	22	16	31	-2	31	9	0.26	12h 7m	0h 11m
5JAN	22	7	39	-3	21	46	0.26	11h 43m	23h 42m
10JAN	21	57	44	-4	22	20	0.28	11h 14m	23h 11m
15JAN	21	48	38	-5	16	24	0.30	10h 46m	22h 42m
20JAN	21	39	54	-6	9	17	0.34	10h 18m	22h 13m
25JAN	21	31	11	-7	3	51	0.39	9h 51m	21h 44m
30JAN	21	22	19	-8	2	26	0.45	9h 23m	21h 15m
4FEV	21	13	13	-9	6	49	0.51	8h 55m	20h 46m
9FEV	21	4	0	-10	17	49	0.59	8h 27m	20h 16m
14FEV	20	54	52	-11	35	35	0.66	7h 59m	19h 46m
19FEV	20	45	59	-13	0	4	0.75	7h 31m	19h 17m
24FEV	20	37	22	-14	32	3	0.83	7h 4m	18h 48m
1MAR	20	28	48	-16	13	52	0.91	6h 37m	18h 18m
5MAR	20	21	40	-17	45	19	0.97	6h 15m	17h 54m
10MAR	20	11	48	-19	57	57	1.03	5h 47m	17h 23m
15MAR	19	59	48	-22	40	48	1.09	5h 18m	16h 50m
20MAR	19	43	42	-26	9	20	1.15	4h 46m	16h 11m
25MAR	19	19	45	-30	46	18	1.20	4h 5m	15h 24m
30MAR	18	40	8	-36	53	53	1.24	3h 11m	14h 19m
4ABR	17	28	44	-43	59	52	1.27	1h 48m	12h 41m
9ABR	15	29	17	-47	46	3	1.31	23h 30m	10h 17m
14ABR	13	23	3	-42	33	26	1.33	20h 58m	7h 58m
19ABR	12	3	59	-33	0	46	1.35	19h 10m	6h 29m
24ABR	11	21	28	-24	55	8	1.37	18h 1m	5h 34m
29ABR	10	57	35	-19	9	33	1.38	17h 13m	4h 55m
4MAI	10	43	23	-15	8	57	1.39	16h 37m	4h 23m
9MAI	10	34	40	-12	18	40	1.40	16h 7m	3h 57m
14MAI	10	29	19	-10	15	29	1.41	15h 40m	3h 33m
19MAI	10	26	9	-8	44	48	1.41	15h 16m	3h 12m
24MAI	10	24	31	-7	37	17	1.42	14h 54m	2h 51m
29MAI	10	23	58	-6	46	51	1.43	14h 34m	2h 31m
3JUN	10	24	14	-6	9	22	1.44	14h 14m	2h 12m
8JUN	10	25	7	-5	41	57	1.45	13h 55m	1h 54m
13JUN	10	26	28	-5	22	32	1.46	13h 36m	1h 36m
18JUN	10	28	12	-5	9	37	1.48	13h 18m	1h 18m
23JUN	10	30	14	-5	2	3	1.51	13h 0m	1h 0m
28JUN	10	32	31	-4	58	58	1.54	12h 43m	0h 43m
3JUL	10	34	59	-4	59	40	1.58	12h 26m	0h 26m
8JUL	10	37	36	-5	3	36	1.62	12h 9m	0h 9m
13JUL	10	40	21	-5	10	21	1.68	11h 52m	23h 48m
18JUL	10	43	12	-5	19	32	1.73	11h 35m	23h 31m
23JUL	10	46	7	-5	30	52	1.80	11h 19m	23h 14m
28JUL	10	49	5	-5	44	5	1.87	11h 2m	22h 57m

Nota : Cálculos efectuados para a longitude 09° 12'W e latitude 38° 50'N, para as 19h 15m TMG.

BIBLIOTECA VERBO DE INFORMÁTICA

Volumes publicados:

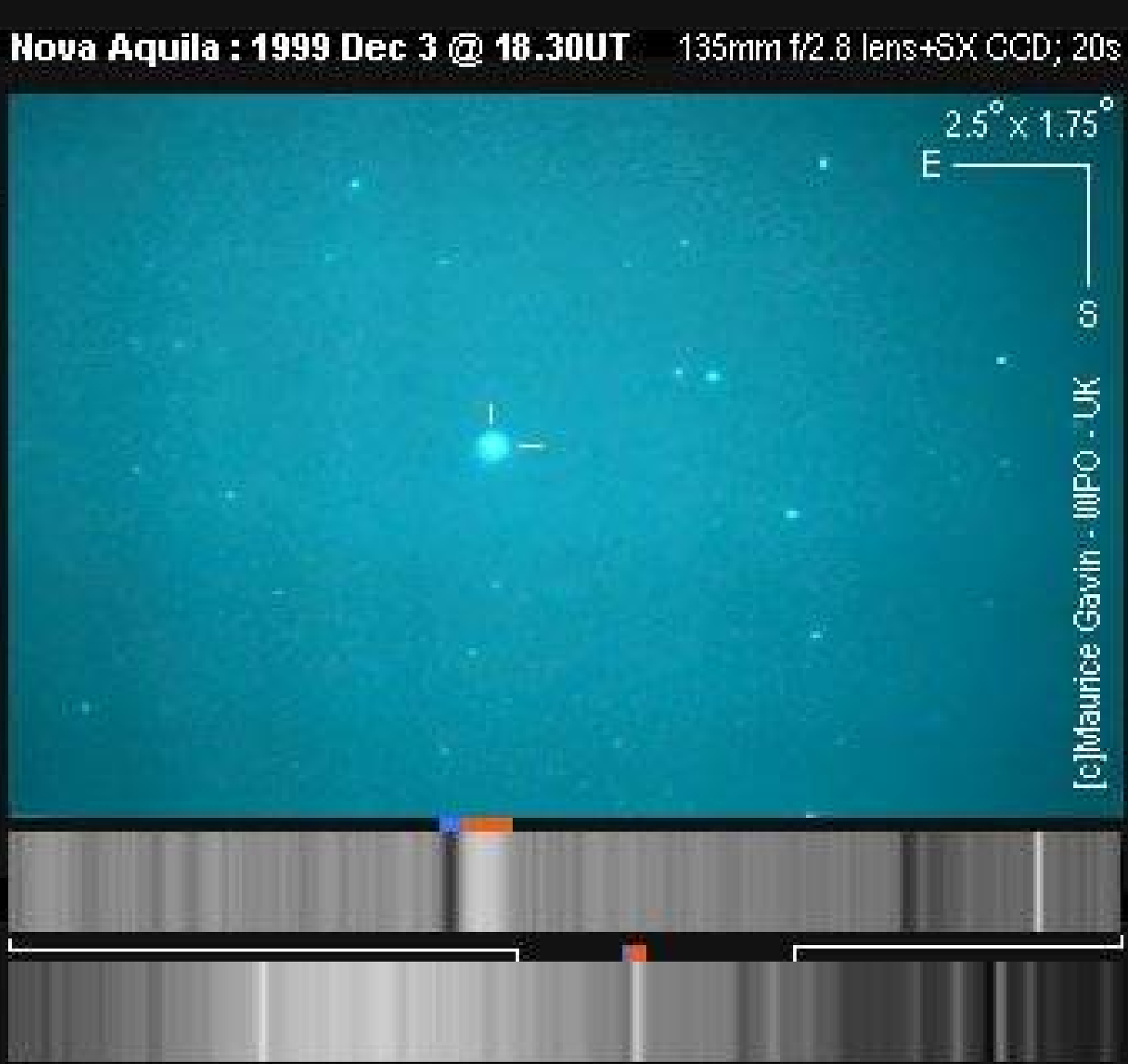
1. **Jogos Dinâmicos para o ZX Spectrum**
   de Tim Hartnell
2. **Aprofundar o Basic do Spectrum**
   de Mike Lord
3. **O Domínio do Código Máquina no ZX Spectrum**
   de Toni Baker
4. **As Melhores Rotinas para o ZX Spectrum**
   de John Hardman/Andrew Hewson
5. **Os 20 Melhores Programas para o ZX Spectrum**
   de Andrew Hewson
6. **Guia Avançado para o Spectrum**
   de Mike James
7. **57 Rotinas em Basic para o Spectrum**
   de W. Johnson
8. **Astronomia no ZX Spectrum**
   de Maurice Gavin

A seguir:

Introdução ao Pascal
de Boris Allan

O Spectrum por Dentro
de Jeff Naylor e Diane Rogers

Programas de Inteligência Artificial em Basic
de M. G. Monteil e R. Schomberg



Spectrograms show P Cyg profile to Hα indicating high velocities of ejected gas
30cm Meade LX200+SBIG spectrometer+ST-7 CCD @ 1A[top] and 4A res.

ZX spectrum astronomy

discover the heavens on your computer

maurice gavin

