



CURSO AVANÇADO EM  
ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA  
DO  
OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE LISBOA

VIDA E MORTE DAS ESTRELAS

MÓDULO CAOAL – NME

Rui Jorge Agostinho

Junho de 2012

# Conteúdo

Objectivos e Estrutura do Curso . . . . .	2
<b>Programa do Curso</b> . . . . .	<b>3</b>
1: O que é uma Estrela . . . . .	3
1.a- A Formação Estelar . . . . .	3
1.b- Características Físicas de uma Estrela . . . . .	3
1.c- A Produção e o Balanço Energético . . . . .	3
2: A Luminosidade e o Tempo de Vida . . . . .	3
2.a- A Radiação Electromagnética . . . . .	3
2.b- A Estrutura das Camadas Superiores . . . . .	3
2.c- A Estabilidade na Sequência Principal (SP) . . . . .	3
3: A Instabilidade e a Evolução pós-SP . . . . .	4
3.a- A Fase de Gigante Vermelha . . . . .	4
3.b- Características das Anãs Brancas . . . . .	4
3.c- Estrelas Pulsantes e Variáveis . . . . .	4
4: Estágios Finais Peculiares . . . . .	4
4.a- Estrelas de Grande Massa . . . . .	4
4.b- Estrelas de Neutrões . . . . .	4
4.c- Buracos Negros . . . . .	4

Este curso destina-se a pessoas que já possuam alguns conceitos básicos de Astronomia e Astrofísica. Alguma familiarização com noções de física é também muito útil pois são apresentadas e interpretadas equações simples (ou simplificadas), demonstrativas dos diversos fenómenos físicos que ocorrem nas estrelas.



## Objectivos e Estrutura do Curso

As estrelas são estruturas básicas que suportam a vida. São parte da história do universo que inclui a também a produção dos elementos químicos da tabela periódica. Os elementos para além do hélio, sintetizados nas estrelas, permitem o aparecimento posterior de planetas com materiais sólidos e ricos nos átomos fundamentais à vida como o carbono, o azoto e o oxigénio que, com o hidrogénio, formam a base de todos os aminoácidos. Por outro lado, a evolução até aos organismos complexos necessita de estabilidade de condições físicas na ordem dos milhares de milhões de anos, que só as estrelas podem garantir. Contudo, há uma enorme diversidade delas e nem todas reúnem as condições adequadas.

Conhecer as estrelas é entender as fases que atravessam, caracterizadas por instabilidades, fases de ruptura e explosivas como super e hipernovas. Depois vem a morte em objectos densos como anãs brancas, estrelas de neutrões e buracos negros, que apagam definitivamente a vida à sua volta. É entendermos que há estrelas que nascem frias demais, outras são tão brilhantes e violentas que quase só emitem radiação X e partículas muito energéticas em ventos estelares fortíssimos. É sabermos que elas nascem em grupos e evoluem em interacção entre si... Que condições existirão para sustentar a vida, a muito longo prazo? Tudo isto será apresentado, explicado, debatido, com o fascínio de desvendar os mistérios deste universo onde habitamos.

O curso é constituído por 4 aulas de 3h cada, que ocorrem aos sábados entre as 9:30 e as 12:30. Não haverá alteração das aulas aos sábados, mas por alguma razão pontual e extemporânea de força maior poderá ser combinada a substituição atempadamente, sendo também informada por email aos participantes. O curso tem uma propina de €100 euros, pagos no acto de inscrição.

As pessoas interessadas *devem* inscrever-se na página web:

<http://www.oal.ul.pt/index.php?link=cursos>

contacto:

Sandra Fonseca (cursos@oal.ul.pt)  
Secretariado e Relações Públicas

Observatório Astronómico de Lisboa  
Tapada da Ajuda  
1349-018 Lisboa

Tel.: (+351) 21 361 67 31

Fax: (+351) 21 361 67 52



# Programa do Curso

## Aula n<sup>o</sup> 1

### O QUE É UMA ESTRELA

- A Formação Estelar
  - O ambiente galáctico: núvens moleculares.
  - A formação em grupo: distribuição de massas.
- Características Físicas de uma Estrela
  - A condição fundamental: equilíbrio hidrostático.
  - A temperatura  $T$  e a composição química  $\mu$  do gás.
  - A auto força gravítica.
- A Produção e o Balanço Energético
  - Nucleossíntese: cadeias  $p-p$ ,  $3\alpha$  e CNO.
  - Factores que controlam a fusão nuclear:  $\rho$ ,  $\mu$  e  $T$ .
  - Energética das reacções nucleares.
  - Transporte de energia: processos radiativo e convectivo.

## Aula n<sup>o</sup> 2

### A LUMINOSIDADE E O TEMPO DE VIDA

- A Radiação Electromagnética
  - Distribuição dos fotões pelas energias: lei de Planck.
  - Luminosidade da estrela. Fluxo e magnitude.
  - O que é a fotosfera.
- A Estrutura das Camadas Superiores
  - O campo magnético e as manchas.
  - A coroa e sua dinâmica.
  - Radiação corpuscular: o vento solar.
- A Estabilidade na Sequência Principal (SP)
  - O diagrama de Hertzsprung-Russel (H-R).
  - A importância da massa inicial da estrela.
  - Gigantes azuis e perda acelerada de massa.



### Aula n<sup>o</sup> 3

#### A INSTABILIDADE E A EVOLUÇÃO PÓS-SP

- A Fase de Gigante Vermelha
  - A ignição do hélio. Consequências.
  - A exaustão do hélio e a queima do carbono.
  - A morte em Nebulosa planetária.
- Características das Anãs Brancas
  - A matéria em estado degenerado.
  - Limite de Chandrasekhar:  $1,44 M_{\odot}$ .
  - As Supernovas do tipo I.
- Estrelas Pulsantes e Variáveis
  - O mecanismo responsável.
  - As supergigantes Cefeidas.
  - As gigantes do tipo RR-Lira.

### Aula n<sup>o</sup> 4

#### ESTÁGIOS FINAIS PECULIARES

- Estrelas de Grande Massa
  - A temperatura da fusão nuclear seguinte.
  - A estrutura interna destas estrelas.
  - As Supernovas tipo II: razões e consequências.
  - As Hipernovas e as explosões de raios- $\gamma$ .
- Estrelas de Neutrões
  - A força gravítica à superfície.
  - Composição e densidade média.
  - Pulsares: o campo magnético e a emissão de radiação.
- Buracos Negros
  - A força gravítica e o limite de Schwarzschild.
  - Massa mínima. Efeitos de aceleração nas imediações.
  - Detecção de buracos negros.

Rui Jorge Agostinho  
(Professor e Investigador  
da FCUL – OAL)