

# ESPECTRANDO:

Uma Sequência Didática para estudar classificação estelar

Feira de Santana

2020



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
MESTRADO PROFISSIONAL**



**TATIANE BITENCOURT BARRETO**

**Feira de Santana  
2020**

**Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS**

Barreto, Tatiane Bitencourt

B264e Espectrando: uma sequência didática para estudar classificação estelar / Tatiane Bitencourt Barreto. – Feira de Santana: UEFS, 2020. 55p.: il.

Produto educacional apresentado ao mestrado profissional em Astronomia.

1. Sequência didática. 2. Espectroscopia. 3. Estrelas. I. Título.

CDU: 524.3

Rejane Maria Rosa Ribeiro – Bibliotecária CRB-5/695



## SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	5
<b>1. A Sequência Didática como recurso pedagógico</b> .....	7
<b>2. Espectrando: Uma Sequência Didática para estudar classificação estelar</b> .....	10
<b>2.1. Primeiro encontro</b> .....	11
2.1.1. Atividade 01 – Questionário pré-teste.....	11
2.1.2. Atividade 02 – Fundamentação teórica.....	12
2.1.3. Atividade 03 – Laboratório virtual do CLEA.....	13
<b>2.2. Segundo encontro</b> .....	16
2.2.1. Atividade 04 – Reconhecendo espectros.....	16
2.2.2. Atividade 05 – Construindo espectros com programa computacional.....	18
<b>2.3. Terceiro encontro</b> .....	21
2.3.1. Atividade 06 – Localizando estrelas no Diagrama HR.....	21
2.3.2. Atividade 07 – Questionário pós-teste.....	23
<b>Considerações finais</b> .....	24
<b>Referências</b> .....	25
<b>Apêndices</b> .....	28

## APRESENTAÇÃO

Prezado professor,

Este material compõe o produto educacional desenvolvido como parte da dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana-BA intitulado **Espectrando: Uma Sequência Didática para estudar classificação estelar**, vinculado à linha de pesquisa: **Ensino Interdisciplinar de Astronomia e a Difusão Científico-tecnológica**, de autoria de Tatiane Bitencourt Barreto, sob orientação dos professores Dr. Eduardo Brescansin de Amôres e Dra. Ana Carla Peixoto Bitencourt Ragni. Trata-se de uma Sequência Didática (SD) que visa estudar a classificação estelar a partir dos espectros de algumas estrelas. Apresentamos essa sequência de atividades como potencial recurso metodológico para a compreensão da relação existente entre as principais características físicas de uma estrela (cor, tamanho, brilho) e sua constituição química, além de se apresentar como uma importante alternativa didática para o professor no processo de ensino-aprendizagem de temas relacionados à Astronomia.

Com esse trabalho buscamos instrumentalizar professores para utilização de recursos didáticos pedagogicamente adequados para o ensino de conteúdos específicos de Astronomia; motivá-los a repensar a forma como os conteúdos de Astronomia são abordados em sala de aula e fomentar a utilização de novas estratégias e metodologias no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de Astronomia.

Ressaltamos que essa sequência de atividades foi planejada para uma turma de professores atuantes na Educação Básica ou no Ensino Superior que pretende abordar tais conteúdos. No entanto, entendemos que a possibilidade de reprodução dessa Sequência Didática, em um contexto diferente daquele apresentado durante a aplicação das atividades, não deve ser descartada. Para isso, recomendamos que sejam levadas em consideração as especificidades de cada público.



Dessa forma, as recomendações e orientações necessárias para sua aplicação estão especificadas ao longo da descrição das atividades. Com isso, desejamos que esse material colabore no desenvolvimento de um ensino de Física mais significativo e inspire os professores em desenvolver novas propostas e estratégias pedagógicas que possam contribuir para promoção da interatividade, criticidade e autonomia dos alunos nas aulas de Física.

## 1. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO RECURSO PEDAGÓGICO

Muitas pesquisas apontam diversas razões para o estudo de conteúdos específicos de Astronomia na Educação Básica, entre os mais recorrentes pode-se destacar: a suposta característica da Astronomia em despertar vários tipos de sentimentos, junto a diferentes grupos sociais, tais como curiosidade, interesse, fascinação, encantamento, etc. (BERNARDES; IACHEL; SCALVI, 2008); a relevância sócio-histórico-cultural, pelas diversas contribuições para a evolução de civilizações (LEITE; HOSOUME, 2007) ou ainda, o estudo e a aprendizagem de conhecimentos da Astronomia poderia promover ampliação de visão de mundo (LANGHI, 2009).

Seja qual for a razão apontada, boa parte dos pesquisadores em Ensino de Ciências apontam para o potencial educativo intrínseco a essa área do conhecimento.

Na contramão desses argumentos, Langhi e Nardi (2005) relatam as dificuldades encontradas por professores do Ensino Fundamental em relação ao ensino dos conteúdos de Astronomia. Batista et al. (2016) apontam limites na formação da maioria daqueles que atuam na mediação dos conteúdos específicos de Astronomia na Educação Básica. De acordo com Langhi e Nardi (2010) e Bretones (1999), aproximadamente 54 cursos de graduação contemplam disciplinas específicas de Astronomia, no entanto, nos cursos de licenciatura, esses conteúdos estão ausentes ou defasados.

Acreditamos que o caminho a ser percorrido na tentativa de fazer convergir esses panoramas e promover um ensino de Astronomia eficaz nas séries do Ensino Fundamental e Médio das escolas públicas do país, passa pela formação do professor, que envolve um processo contínuo, com aperfeiçoamento ao longo dos anos. Langui (2011) apontou problemas relacionados ao ensino de Astronomia no Brasil, destacando, a lacuna na formação inicial de professores da Educação Básica, cursos de formação continuada que não impactam a prática docente, persistência de erros conceituais em livros didáticos, quantidade reduzida de pesquisas voltadas para o ensino de Astronomia, entre outros.



Dessa forma, iniciativas que promovam a reconstrução da prática pedagógica, e que contribuam para a formação específica de professores nessa área do conhecimento devem ser incentivadas.

Esta proposta está alicerçada em trabalhos de educação científica que apresentam iniciativas de caráter pedagógico envolvendo conteúdos, atividades ou experiências relacionadas com espectroscopia na Astronomia para aplicação em algumas séries da Educação Básica ou mesmo no Ensino Superior. Isso porque a introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Educação Básica tem sido apresentada como uma necessidade para a promoção de um ensino de Física mais eficaz e que encontre no ambiente da sala de aula um contexto mais significativo (Valadares e Moreira,1998).

Além disso, consideramos as orientações curriculares para o conteúdo programático de Ciências em nível fundamental e de Ciências da Natureza para o ensino de nível médio. Os PCN's<sup>1</sup> já preconizavam para o Ensino Fundamental (EF) o estudo de conteúdos específicos de Astronomia dentro do eixo temático "Terra e Universo" a ser trabalhado nas séries finais do EF. Enquanto orientavam para o Ensino Médio (PCN+), na área das Ciências da Natureza, o estudo do tema estruturador "Universo, Terra e Vida" , composto pelas unidades temáticas: Terra e Sistema Solar, O Universo e sua origem e a Compreensão Humana do Universo.

Atualmente em vigor, a BNCC<sup>2</sup> propõe em nível médio, um aprofundamento na temática "Vida, Terra e Cosmos" como resultado da articulação das unidades temáticas "Vida e Evolução" e "Terra e Universo" a serem desenvolvidas no Ensino Fundamental. De acordo com a Base Nacional, os estudantes devem analisar a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da vida, do planeta, das estrelas e do Cosmos, bem como a dinâmica de suas interações (BRASIL, 2017).

Alguns estudos apontam a Sequência Didática como potencial instrumento metodológico para a formação docente reflexiva (Gonçalves e Ferraz, 2016). Para Zabala (1998) a SD é *"um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a*

---

<sup>1</sup> Parâmetros Curriculares Nacionais – Diretrizes educacionais elaboradas pelo Governo Federal.

<sup>2</sup> Base Nacional Comum Curricular – Documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais.



*realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos"* . Para o autor, toda prática pedagógica exige uma organização metodológica para sua execução. Ainda segundo Zabala, *"como os conceitos e princípios são temas abstratos, requerem uma compreensão do significado e, portanto, um processo de elaboração pessoal"* . Assim:

Nesse tipo de conteúdo são totalmente necessárias as diferentes condições sobre a significância da aprendizagem: atividades que possibilitem o reconhecimento dos conhecimentos prévios, que assegurem a significância e a funcionalidade, que sejam adequadas ao nível de desenvolvimento, que provoquem uma atividade mental etc. As seqüências de conteúdos conceituais tem que levar em conta todas elas. (ZABALA, 1998)

Dessa forma, nesse trabalho de pesquisa propõe-se a utilização de uma seqüência de cinco atividades intencionalmente organizadas, além de aplicação de dois questionários idênticos, os quais consistem do pré e pós-teste para o estudo das principais propriedades das estrelas, bem como para compreensão do sistema de classificação estelar utilizado atualmente.

Com base no exposto e no potencial pedagógico da Sequência Didática como ferramenta importante no processo ensino-aprendizagem é que se propõe a utilização da SD como recurso na formação inicial e continuada de professores da Educação Básica, com o propósito de auxiliar na instrumentalização dos mesmos para utilização de recursos pedagogicamente adequados para o ensino de conteúdos específicos de Astronomia.

## 2. ESPECTRANDO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ESTUDAR CLASSIFICAÇÃO ESTELAR

As atividades da Sequência Didática *Espectrando* foram planejadas de maneira a serem aplicadas em três encontros de aproximadamente duas horas de duração cada. Ela é composta por cinco atividades (Figura 2.1), além dos instrumentos avaliativos pré e pós-teste e tem como tema principal a espectroscopia como instrumento de estudo das propriedades e classificação das estrelas.



Figura 2.1. Esquema representativo das atividades integrantes da Sequência Didática *Espectrando*.



## 2.1. Primeiro encontro

DURAÇÃO: Aproximadamente 2 horas.

### RECURSOS NECESSÁRIOS:

- Impressões do Questionário pré-teste para cada aluno;
- Apresentação de slides da *Atividade 1*: Fundamentação teórica;
- Impressões do Roteiro da *Atividade 2. The Classification of Stellar Spectra* para cada aluno;
- Projetor de *slides*;
- Computador pessoal;
- Lousa;
- Marcador para quadro branco;
- Apagador;
- Programa computacional do CLEA: *The Classification of Stellar Spectra*<sup>3</sup>.

### 2.1.1. Atividade 1- Questionário Pré-teste

Para o primeiro momento com a turma deve-se providenciar previamente os roteiros para realização da *Atividade 3* do Laboratório virtual do CLEA. Além dos recursos didáticos necessários para aplicação da *Atividade 2* de fundamentação teórica, tais como: projetor, *notebook*, lousa, marcador para quadro branco e apagador.

O primeiro momento com a turma consiste em apresentar a proposta inicial, com a descrição sucinta das atividades que compõem a Sequência Didática, o seu propósito e os seus objetivos.

Posteriormente, inicia-se as atividades da SD propriamente dita, com a aplicação do questionário pré-teste adaptado do roteiro da atividade do laboratório virtual do CLEA:

---

<sup>3</sup> Disponível em: <http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/cleahome.html>.

*The Classification of Stellar Spectra*<sup>4</sup>. Para realização dessa atividade de caráter diagnóstica, aqui tratada como *Atividade 1*, recomendamos que seja disponibilizado à turma um intervalo de 15 minutos. Nessa atividade os alunos responderão individualmente a perguntas relacionadas a seus conhecimentos sobre espectros de estrelas e classificação estelar.

No pré-teste (Apêndice 1) também há questões relacionadas a tópicos introdutórios de espectroscopia estelar, tais como a sua relação com cores, temperaturas e tipos espectrais, entre outros aspectos. O objetivo principal dessa atividade é verificar o nível de conhecimento dos discentes a respeito de tópicos básicos referentes à espectroscopia empregada ao estudo de estrelas.

### **2.1.2. Atividade 2: Fundamentação teórica**

Após a aplicação do pré-teste inicia-se a *Atividade 2* da SD com uma abordagem teórica participativa, mediada por apresentação de slides, cujo principal objetivo é contextualizar e embasar teoricamente os conteúdos (Figura 2.2) a serem abordados nas demais atividades integrantes da Sequência Didática.

É de fundamental importância que a apresentação conte com a participação efetiva da turma. Assim, recomenda-se que os discentes sejam estimulados a interagir com dúvidas e/ou contribuições acerca dos conteúdos abordados. Dessa forma, é possível evidenciar os conhecimentos prévios bem como as dificuldades dos estudantes em relação aos temas tratados.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/cleahome.html>.





Figura 2.2. Esquema representativo dos conteúdos abordados durante a realização da *Atividade 2* da Sequência Didática.

A apresentação da fundamentação teórica (Apêndice 2) foi planejada para durar cerca de 50 minutos, no entanto essa previsão deve ser adaptada às especificidades da turma, ao contexto ao qual está inserida e aos objetivos estabelecidos pelo professor mediador, que deve avaliar a inserção e/ou exclusão de algum tópico específico bem como a abordagem a ser empregada em cada conteúdo.

### **2.1.3. Atividade 3: Laboratório virtual do CLEA: The Classification of Stellar Spectra**

Após o término da exposição teórica (*Atividade 2*) deve-se iniciar a aplicação da atividade do laboratório virtual *The Classification of Stellar Spectra* (Figura 2.3). Para isso, deve-se distribuir para todos os alunos uma cópia do roteiro adaptado para essa atividade (Apêndice 3) e verificar se todos os estudantes possuem tal programa instalado em seus

computadores pessoais. Embora essa atividade possa ser realizada em pequenos grupos (por exemplo, em duplas), recomendamos que seja executada preferencialmente de forma individual.

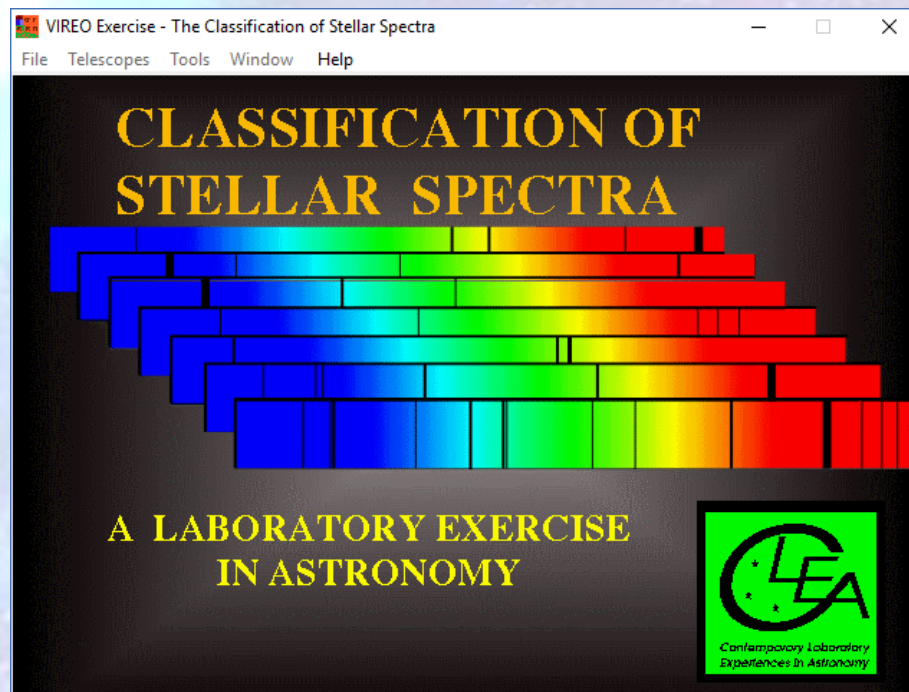


Figura 2.3. Ilustração da tela inicial da atividade de classificação espectral do laboratório virtual do CLEA.  
Fonte: <http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/cleahome.html>

A turma deve acompanhar a leitura coletiva de cada passo do roteiro, e com o auxílio do projetor o mediador deve executar cada etapa do programa de maneira simultânea aos estudantes. Dessa forma, asseguramos que todos realizem as atividades propostas ao mesmo tempo.

É possível que algum(ns) estudante(s) apresente(m) dificuldade em realizar um ou outro comando de execução, assim é fundamental o acompanhamento da realização de cada etapa a fim de garantir que esse(s) possam realizar a atividade de maneira satisfatória.

A atividade de laboratório virtual foi planejada para ser realizada em 90 minutos. No entanto, embora o programa seja de fácil execução, é provável que esse tempo não seja suficiente para que todos os estudantes terminem de realizar todas as etapas nesse intervalo de tempo. Por essa razão, alertamos ao mediador para o acompanhamento de



cada passo da atividade, auxiliando os estudantes na eliminação das possíveis dificuldades, bem como no controle do tempo de execução de cada etapa.

Provavelmente a atividade não será concluída até o fim da aula, devendo ser interrompida e continuada no próximo encontro. Caso isso aconteça, é importante que ao início do encontro seguinte o mediador faça uma breve retrospectiva das etapas realizadas até o momento antes de dar prosseguimento à atividade de laboratório virtual. Além disso, é necessária a revisão do planejamento das próximas atividades da SD, uma vez que o tempo destinado para realização destas pode ser comprometido.

## 2.2. Segundo encontro

DURAÇÃO: Aproximadamente 2 horas.

### RECURSOS NECESSÁRIOS:

- Impressões da *Atividade 4* para cada aluno (Apêndice 4);
- Projetor de *slides*;
- Computador pessoal;
- Lousa;
- Marcador para quadro branco;
- Apagador;
- Programa computacional de construção de gráficos (*software* livre);
- Arquivos dos espectros sintéticos de Pickles<sup>5</sup> (1998).

### 2.2.1. Atividade 4: Reconhecendo espectros

Após a realização da *Atividade 3*, os estudantes devem receber uma cópia do material referente à atividade de reconhecimento de espectros (Apêndice 4). Essa atividade está baseada na apresentação de sete espectros de referência identificados por tipo espectral<sup>6</sup> e outros cinco espectros desconhecidos impressos em papel sulfite. Com ela, os estudantes devem ser capazes de identificar os tipos estelares a partir dos espectros de referência. Os espectros apresentados são gráficos de intensidade *versus* comprimento de onda.

Com a atividade projetada em data-show os estudantes devem acompanhar as orientações para a realização da mesma. O professor mediador deve chamar à atenção

---

<sup>5</sup> Disponível em <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/J/PASP/110/863>.

<sup>6</sup> As imagens utilizadas nessa atividade foram obtidas dos espectros sintéticos dos templates de Pickles (1998) disponíveis no CDS (<http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/J/PASP/110/863>).



para as posições do pico de intensidade máxima em cada tipo espectral e evidenciar para os alunos o deslocamento deste na medida em que a temperatura variava, ou seja, para cada tipo espectral diferente. Destacar que para tipos espectrais de maior temperatura o pico de intensidade máxima se desloca para comprimentos de onda cada vez menores (observe a Figura 2.4).

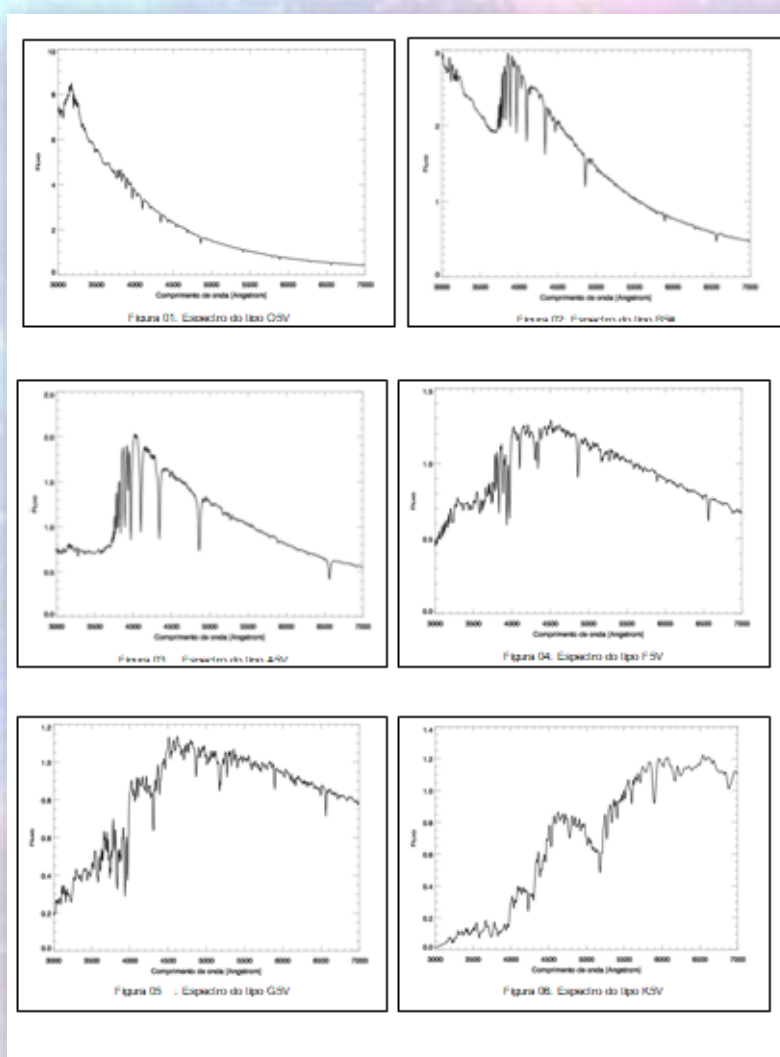


Figura 2.4. Espectros de diferentes tipos evidenciando o deslocamento do pico de intensidade máxima em função da temperatura da estrela (parte integrante do Apêndice 4).

É importante lembrar para a turma a relação entre essas grandezas a partir da Lei de Wien, já apresentada durante a realização da *Atividade 2*. Dessa forma, o mediador

deve solicitar dos estudantes que estimem o tipo espectral (*O, B, A, F, G, K* ou *M*) das cinco estrelas desconhecidas baseados principalmente na posição dos picos de intensidade máxima e na comparação com os espectros de referência.

Os alunos devem fazer o registro do tipo espectral de cada estrela em local próprio no roteiro, que deve ser recolhido pelo mediador ao fim da atividade. Estima-se que a atividade possa ser realizada em 25 minutos.

### ***2.2.2. Atividade 5: Construindo espectros com programa computacional***

Para dar início a realização da atividade de construção de espectros deve-se certificar que os estudantes instalaram previamente em seus computadores pessoais o programa computacional de construção de gráficos da preferência de cada um. Em seguida, o mediador deve distribuir uma cópia do roteiro da atividade para cada aluno.

A *Atividade 5* consiste na elaboração de gráficos de espectros com programa computacional. Para alimentar o programa deve-se utilizar os dados dos arquivos dos espectros sintéticos de Pickles (1998), já obtidos para realização da *Atividade 4*.

O professor mediador deve nomear de forma aleatória os arquivos, sugerimos nomeá-los com a expressão "Espectrando" seguida por um número: *Espectrando1, Espectrando 2*, etc. Os arquivos compreendem uma faixa de comprimento de onda de intervalo de 3000Å a 7000Å, cada qual contendo dados de fluxo (intensidade) e comprimento de onda ( $\lambda$ ) para o espectro sintético. Como a resolução dos espectros é de 5 Å, tem-se aproximadamente, 800 pontos (pares de comprimento de onda e fluxo) para cada tipo e sub-tipo espectral.

Os estudantes devem receber os arquivos por meio de uma mídia (*pendrive*, por exemplo) para elaboração dos gráficos. Sugerimos 5 arquivos para cada estudante.

O professor mediador deve orientar de maneira coletiva a respeito do preenchimento dos dados que originarão os gráficos de espectros, preferencialmente com auxílio de projeção em data-show da tela inicial do programa escolhido (Figura 2.5).



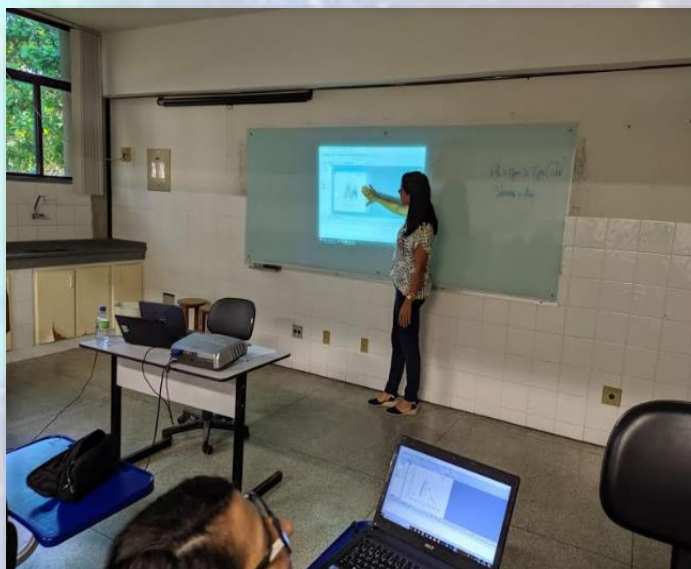


Figura 2.5. Orientações para realização da atividade de construção de espectros com programa computacional.

No eixo designado pelas ordenadas ( $y$ ) devem ser inseridos os dados de fluxo (intensidade) enquanto no eixo das abscissas ( $x$ ) devem ser inseridos os valores referentes aos comprimentos de onda. Sugerimos ainda a elaboração de um gráfico em tempo real como forma de exemplificar a resolução da atividade (Figura 2.6).

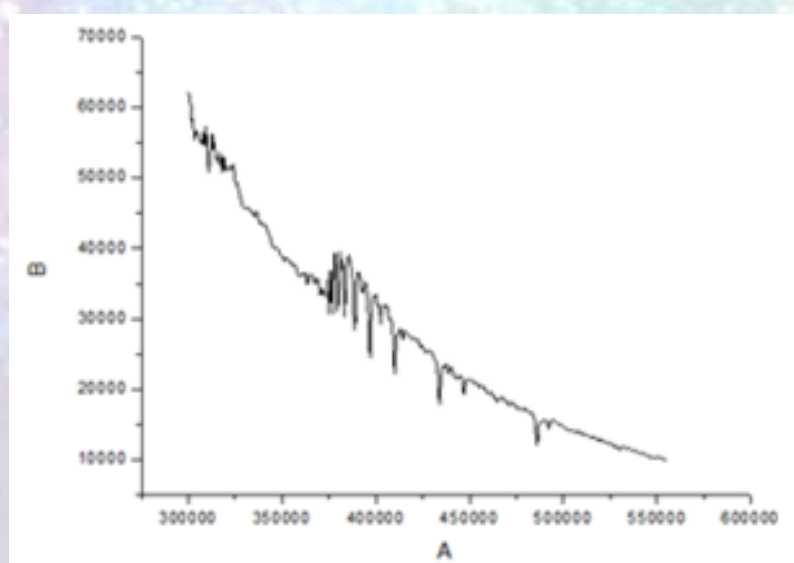


Figura 2.6. Exemplo de espectro gerado durante a realização da atividade de construção de espectros com programa computacional.

Após a elaboração de cada gráfico, o professor deve solicitar a cada estudante que salve o arquivo gerado e estime seu tipo espectral levando em consideração todos os aspectos estudados até essa etapa. Estima-se um intervalo de tempo de 60 min para realização dessa atividade.



## 2.3. Terceiro encontro

DURAÇÃO: Aproximadamente 2 horas.

### RECURSOS NECESSÁRIOS:

- Impressões da *Atividade 6* para cada aluno (Apêndice 6);
- Projetor de *slides*;
- Lousa;
- Marcador para quadro branco;
- Apagador;

#### **2.3.1. Atividade 6: Identificando estrelas no Diagrama HR**

Antes de iniciar a aplicação da *Atividade 6* recomenda-se uma breve abordagem teórica sobre a elaboração de um Diagrama HR, conforme previsto na *Atividade 2* de fundamentação teórica. Recomenda-se iniciar tratando da classificação espectral proposta por Annie Cannon e das classes de luminosidade como refinamento da classificação, seguida da abordagem sobre a descoberta do Diagrama HR por Hertzsprung e Russel bem como a relação entre luminosidade e temperatura das estrelas. Estima-se um tempo de 40 minutos para essa apresentação.

Após a realização da abordagem teórica, o professor mediador deve distribuir para os alunos as impressões da *Atividade 6* e apresentar para a turma a imagem do Diagrama HR incompleto (Figura 2.7). O professor deve destacar no roteiro da atividade a Tabela 1 que apresenta as principais propriedades das 20 estrelas mais brilhantes.

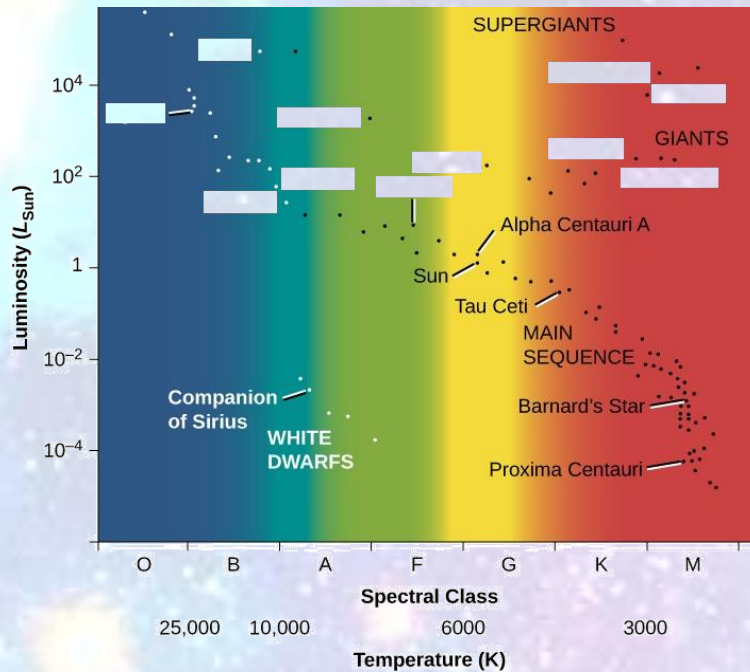


Figura 2.7: Diagrama HR para o preenchimento do nome da estrela de acordo como as suas propriedades. Adaptado de Lumen Astronomy (<https://courses.lumenlearning.com/astronomy/chapter/the-h-r-diagram/>).

Tabela 1: Estrelas mais brilhantes com algumas de suas propriedades fundamentais. Adaptado de *Astronomy a beginner's guide to the Universe*.

Name	Star	Spectral type		Luminosity (Sun = 1)		Absolute Visual Magnitude <sup>1</sup>	
		A	B	A	B	A	B
Sirius	α CMa	A1V	wd <sup>2</sup>	23.5	0.003	+1.4	+11.6
Canopus	α Car	F01b-II		1510		-3.1	
Rigel Kentauros	α Cen	G2V	K0V	1.56	0.46	+4.4	+5.7
Arcturus	α Boo	K2IIIp		115		-0.3	
Vega	α Lyr	A0V		55.0		+0.5	
Capella	α Aur	GIII	M1V	166	0.01	-0.7	+9.5
Rigel	β Ori	B8 Ia	B9	4.6 × 10 <sup>4</sup>	126	-6.8	-0.4
Procyon	α CMi	F5IV-V	Wd	7.7	0.0006	+2.6	+13.0
Betelgeuse	α Ori	M2lab		1.4 × 10 <sup>4</sup>		-5.5	
Achernar	α Eri	B5V		219		-1.0	
Hadar	β Cen	B1III		3800	182	-4.1	-0.8
Altair	α Aql	A7IV-V		11.5		+2.2	
Acrux	α Cru	B1IV	B3	3470	2190	-4.0	-3.5
Aldebaran	α Tau	K5III	M2V	105	0.0014	-0.2	+12
Spica	α Vir	B1V		2400		-3.6	
Antares	α Sco	MIIIb	B4V	5500	115	-4.5	-0.3
Pollux	β Gem	K0III		41.7		+0.8	
Fomalhaut	α PsA	A3V		13.8	0.10	+2.0	+7.3
Deneb	α Cyg	A2Ia		5.0 × 10 <sup>4</sup>		-6.9	
Mimosa	β Cru	B1IV		6030		-4.6	



Em seguida, deve estimular a turma a localizar a posição de onze das vinte estrelas apresentadas que preenchem corretamente as lacunas existentes no Diagrama HR disponibilizado. Para isso eles devem atentar para a posição de cada lacuna no diagrama e para o tipo espectral de cada estrela que compõe a tabela.

Os estudantes devem escrever em cada lacuna o nome da respectiva estrela que supostamente ocupa tal posição no diagrama.

### ***2.3.2. Atividade 7: Questionário pós-teste***

Para aplicação do questionário pós-teste recomendamos respeitar um intervalo de tempo de pelo menos 2 semanas desde a última atividade realizada. A aplicação deve acontecer preferencialmente sem aviso prévio, a fim de que seja possível avaliar as supostas contribuições dadas pela sequência de atividade na compreensão dos tópicos específicos de Astronomia tratados nessa proposta.

Os estudantes devem responder ao questionário pós-teste num intervalo de tempo e nas mesmas condições em que responderam ao questionário pré-teste.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos a Sequência Didática *Espectrando* como uma alternativa pedagógica que pode contribuir para promoção de um ensino de Astronomia eficaz, a partir da instrumentalização de um grupo de professores. Isso porque, estudos mostram que a dificuldade encontrada por muitos deles para o ensino de conteúdos relacionados a essa ciência está diretamente relacionada à formação dos mesmos (BATISTA et al, 2016; IACHEL, 209; LANGHI, 2009) .

Assim, avaliamos esse trabalho como uma iniciativa que contribui para a prática pedagógica e que em alguma medida pode colaborar na formação específica de professores nessa área do conhecimento.



## REFERÊNCIAS

- BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; RAMOS, F. P. A formação de professores dos anos iniciais para o ensino de Astronomia no estado do Paraná. *Revista Ensino & Pesquisa*, v.14, n.02, p. 214-231, jul/dez 2016.
- BERNARDES, T. O.; IACHEL, G.; SCALVI, R. M. F. Metodologia para o ensino de Astronomia e Física através da construção de telescópios. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, p. 103-117, abr. 2008.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Ciências. Ensino Fundamental. Terceiro e quarto ciclos. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- \_\_\_\_\_. Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEF, 2006.
- \_\_\_\_\_. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC, 2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC\\_C\\_20dez\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC_C_20dez_site.pdf). Acesso em: 22 ago. 2019.
- BRETONES, P. S. Disciplinas Introdutórias de Astronomia nos Cursos Superiores do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 1999.
- FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. Astronomia e Astrofísica. Porto Alegre. UFRGS - Instituto de Física, 1994.
- GOETTEMS, E. I. Uma Sequência Didática com enfoque na Astronomia para o Ensino Médio. 2017. Monografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- GONÇALVES, A. V.; FERRAZ, M. R. R. Sequências Didáticas como instrumento potencial da formação docente reflexiva. *DELTA* [online]. 2016, vol.32, n.1, PP.119-141. ISSN 0102-4450. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-445027474109576182>. Acesso em: 30 ago. 2019.

- IACHEL, G. Um estudo exploratório sobre o ensino de Astronomia na formação continuada de professores. 2009. 229f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências UNESP, Bauru, 2009.
- LANGHI, R. Educação em Astronomia e formação continuada de professores: a interdisciplinaridade durante um eclipse lunar total. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 7, p. 15-30, 2009.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao da Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 2, p. 75 - 92, 2005.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia essencial nos anos iniciais do Ensino Fundamental. *Revista Ensaio, Belo Horizonte*, v. 12, n. 2, p. 205 - 224, 2010.
- LANGHI, R. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis*, v. 28, n. 2, p.373 - 399, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p373>>. Acesso em: 27 set. 2019.
- LEITE, C.; HOSOUME, Y. O professor de Ciências e sua forma de pensar a Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, v. 4, p. 47- 68, 2007.
- MACIEL, W. J. *Astronomia e Astrofísica*, São Paulo, EdUSP, 1997.
- MARSCHALL, L.; SNYDER, G.; COOPER, R.; HAYDEN, M.; GOOD, R.; HOFMAN, H. *CLEA - Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy*. Gettysburg College, 1994.
- MANNARINO, R. Harém de Pickering: mulheres geniais. Postado em 26 de outubro de 2011. Disponível em: <http://ohomemhorizontal.blogspot.com/2007/06/harm-de-pickering.html>. Acesso em: 10 set. 2019.
- NAPOLEÃO, T. A. J. *Astrofísica Estelar para o Ensino Médio: uma abordagem empírica baseada na observação visual das estrelas variáveis*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em:



[https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d\\_tasso\\_a\\_j\\_napoleao\\_original.pdf](https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_tasso_a_j_napoleao_original.pdf).

Acesso em: 02 set. 2019.

NEWMAN, A. Esquecidas pelos livros, descobertas de astrônomas pioneiras de século 19 são resgatadas em Harvard. BBC News Brasil, 2 set. 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-41091733>>. Acesso em: 10 set. 2019.

SANTOS, E. F.; SANTOS, J. O.; SANTOS, I. F. Astronomia: uma experiência em que as mulheres atuam como protagonistas. *Revista Temas em Educação, João Pessoa*, v. 27, n. 2, p. 134 - 151, 2018.

SANTOS, L. C. Sequência Didática para o ensino de astronomia utilizando a internet como ferramenta metodológica através de site sobre Astronomia: fenômenos astronômicos terrestres presentes no nosso dia a dia. *Caderno PDE, Curitiba*, vol. 1, 2013.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton: uma tradução comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 18 (4): 313 – 327, 1996.

SILVA, J. R. N.; FILHO, M. P. S.; ARAYA, A. M. O. LINO, A.; MELQUES, P. M. As interações discursivas entre professores de Física em um grupo de formação continuada de professores sobre a temática Teoria da Relatividade. In: *Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do International Council of Associations for Science Education (ICASE), IV., 2011, Londrina. Anais... Londrina, Brasil.*

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.15, n.2, pp.121-135, ago. 1998.

VALVERDE, C.; BASEIA, B.; BAGNATO, VS. Mecanismos de alargamento de linhas espectrais atômicas. *Rev. Bras. Ensino Físico*. [conectados]. 2016, vol.38, n.4 [citado 2020-04-27], e4302.

ZABALA, Antoni. *A prática educativa: como ensinar*. Porto alegre: Artmed, 1998.

# Apêndices





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
Mestrado Profissional



Estudante: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA "Espectrando"

### Pré-teste

1. Você saberia dizer como um astrônomo determina o tipo espectral de uma estrela?

---

---

2. Abaixo estão apresentados espectros de três estrelas. Dentre elas duas possuem o mesmo tipo espectral, circule-as.

Figura A

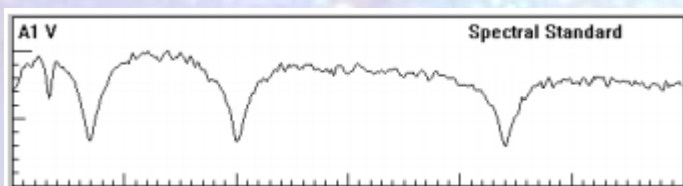


Figura B

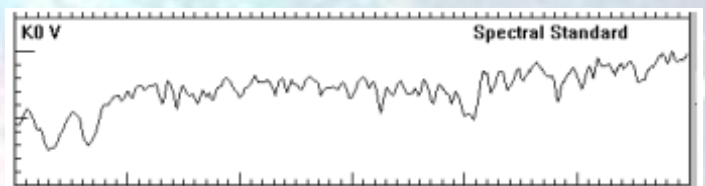
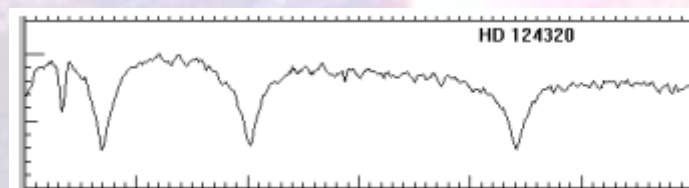
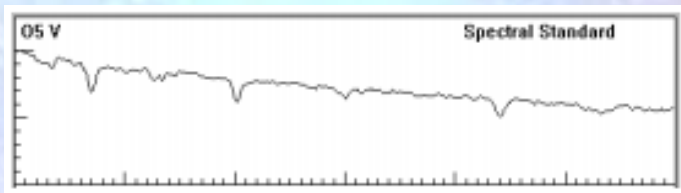


Figura C

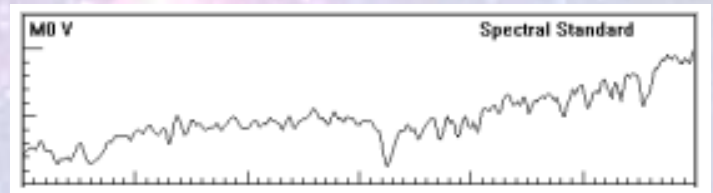


3. Observando os gráficos, determine qual das duas estrelas abaixo possui maior temperatura. Circule a resposta correta.

**Estrela 1**



**Estrela 2**



4. Ao coletar espectros, por que os astrônomos expõem por mais tempo estrelas menos brilhantes do que para as estrelas mais brilhantes?

---



---

5. Dentre as características listadas abaixo, marque aquelas que são coincidentes para duas estrelas de mesmo tipo espectral.

Luminosidade

Magnitude aparente

Distância

Magnitude absoluta

Temperatura

Composição química

6. Além dos espectros, que dados os astrônomos precisam ter para determinar a distância de uma estrela?

---



---



7. Dentre as estrelas destacadas no Diagrama HR abaixo, circule aquela que possui maior massa e marque com um X aquela que possui menor massa.

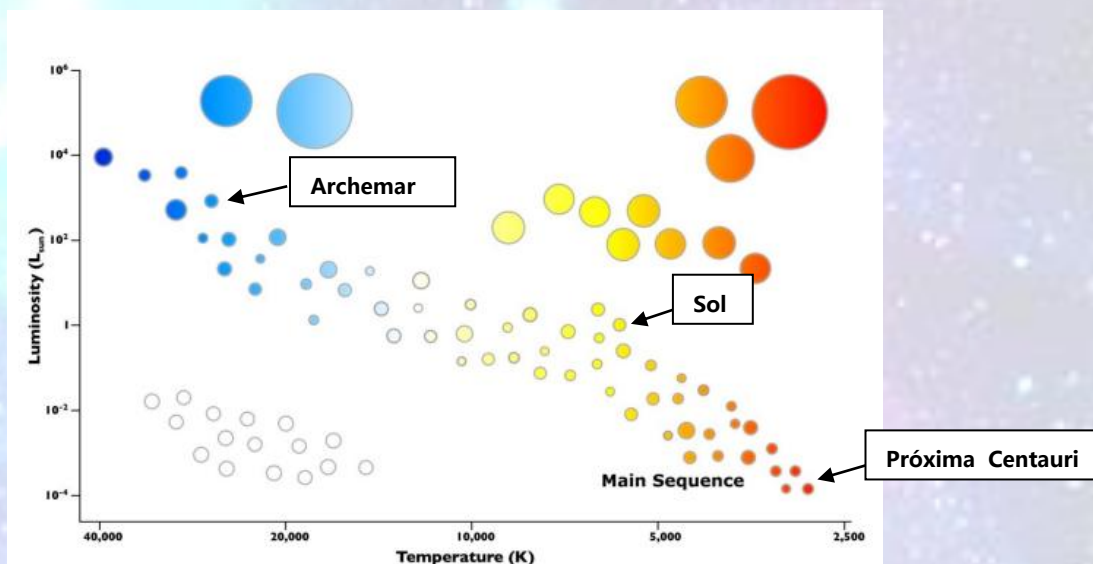


Diagrama HR. Fonte: <http://lcoqt.net/en/book/h-r-diagrams>

8. Comparado à outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?

---

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
Mestrado Profissional

**ESPECTRANDO:**

Proposta de uma sequência didática na Formação Inicial e Continuada de professores da Educação Básica em conteúdos envolvendo espectroscopia em Astronomia

Tatiane Bitencourt Barreto

Orientador:  
Prof. Dr. Eduardo Benacerrim de Amorim  
Coorientadora:  
Prof. Dra. Ana Carla Peixoto Bitencourt

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**OBJETIVO GERAL**  
Avaliar as contribuições de uma sequência didática para a identificação e classificação de estrelas de diferentes tipos em um Curso de Formação Continuada para professores da Educação Básica.


**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Construir uma sequência didática utilizando atividade do CLEA e aplicativo computacional para o estudo das características físico-químicas de estrelas;
- Instrumentalizar um grupo de professores para utilização de recursos didáticos pedagogicamente adequados para o ensino de conteúdos específicos de Astronomia;
- Motivar os professores a repassar a forma como os conteúdos de Astronomia são abordados em sala de aula;
- Fomentar a utilização de novas estratégias e metodologias no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de Astronomia na Educação Básica.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**O que é uma Sequência Didática?**

“Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.”  
Zabala, 1998



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**O QUE É ESPECTROSCÓPIA?**

É o conjunto de métodos para análise de substâncias, baseadas na produção e interpretação de seus espectros de emissão ou absorção de radiações eletromagnéticas (ex. nas regiões do infravermelho, ultravioleta, raios X, visível etc.)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**HISTÓRICO**  
Isaac Newton e a dispersão da luz (1666)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES**

1687 - Isaac Newton demonstrou que a luz branca se decompõe em luz de cores diferentes ao passar por um prisma.

1802 - Joseph Von Fraunhofer inventou o espectrográfico, verificou a existência e contou 574 linhas escuras no espectro visível.

1817 - Kirchhoff identificou as linhas como elementos químicos. Foi o primeiro a demonstrar que cada elemento gera um padrão de linhas diferentes.

1825 - William Brewster percebeu a variação de temperatura com relação às cores decompostas. Descobriu a reação do infravermelho.

1826 - Robert Wilhelm Bunsen inventou um tipo de queimador que chama hoje de chama limpa. As cores emitidas por ele correspondiam às espectros emitidos em um experimento anterior.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**LEIS DE KIRCHHOFF**

> Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.



> Um gás quente transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição destas linhas depende dos elementos químicos presentes no gás.



> Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás, por causa da presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição destas linhas depende dos elementos químicos presentes no gás.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**O SURGIMENTO DAS LINHAS ESPECTRAIS**

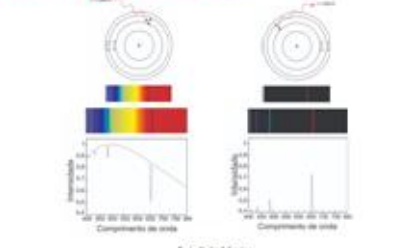


Foto: Taylor & Francis

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**O ESPECTRO DAS ESTRELAS**

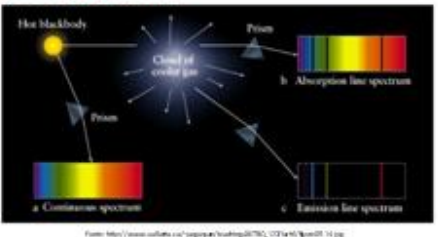


Foto: [http://www.ucl.ac.uk/~uapap/teaching/PHYS1021/1021/1021/1021\\_14.jpg](http://www.ucl.ac.uk/~uapap/teaching/PHYS1021/1021/1021/1021_14.jpg)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**O SURGIMENTO DAS LINHAS ESPECTRAIS**

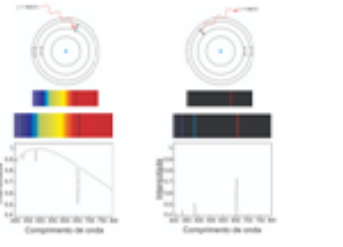


Foto: Taylor & Francis

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**A "IMPRESSION DIGITAL" DOS ELEMENTOS QUÍMICOS**

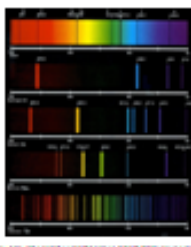


Foto: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:galileo\\_galilei.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:galileo_galilei.jpg)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**O ESPECTRO DAS ESTRELAS**

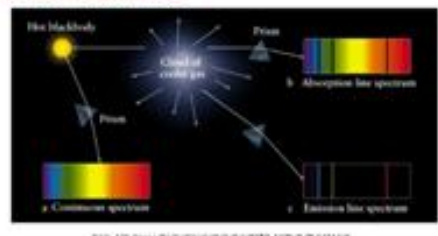


Foto: [http://www.ucl.ac.uk/~uapap/teaching/PHYS1021/1021/1021/1021\\_14.jpg](http://www.ucl.ac.uk/~uapap/teaching/PHYS1021/1021/1021/1021_14.jpg)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**A SPECIES RUNTIMENSIS SPECTROSCOPY IN ASTRONOMY**

Segundo Fernandes et al. (2018), a técnica permite:

- Obter informações sobre propriedades físicas e químicas de um dado objeto;
- Dentro algumas propriedades, a temperatura, a composição química, o tamanho, a velocidade ao longo da linha da visão do observador, a idade etc.
- Permitir determinar o gradiente químico ao longo das galáxias.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**FUNIONAMENTO DE ESPECTRÓGRAFO BÁSICO**

Hot bulb  
Slit  
Cool gas  
Prism  
Screen

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**FORMAS DE ESPECTRO – Fotografia e Gráfico**

Linhas de absorção  
Linhas de Hidrogênio  
Contínuo

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**RELAÇÃO ENTRE COR E TEMPERATURA**

Lei de Wien:  $\lambda_{max} = 2.897 \cdot 10^{-3} / T$

Característica de estrelas (10%)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL – As “batalhadoras” de Harvard**

1909: Har. “batalhadoras” – Annie Jump Cannon, Henrietta Swan Leavitt, Elizabeth Mary

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL DE HARVARD**

Annie Jump Cannon (1863 – 1941)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL DE HARVARD**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**Tipos de estrelas e suas principais características físicas e químicas**

Sistema de classificação estelar

Tipo	Cor	Temperatura (K)	Linhas predominantes de absorção	Exemplos
O	Azul	30000	Linhas de hidrogênio (H $\gamma$ , H $\delta$ , H $\epsilon$ ), hélio (He I, He II), carbono (C III, C IV), nitrogênio (N III, N IV)	Rigel (B1), Antares (B2), Arcturus (K1)
B	Azulada	20000	H $\gamma$ e H $\delta$ (predominantes), hélio (He I, He II), carbono (C III, C IV), nitrogênio (N III, N IV)	Rigel (B1), Vega (A0), Sirius (A1)
A	Branca	10000	H $\gamma$ e H $\delta$ (predominantes), hélio (He I, He II), carbono (C III, C IV), nitrogênio (N III, N IV)	Canopus (F0)
F	Amarilhada	7000	H $\gamma$ e H $\delta$ (predominantes), hélio (He I, He II), carbono (C III, C IV), nitrogênio (N III, N IV)	Sol (G2)
G	Amarilla	6000	H $\gamma$ e H $\delta$ (predominantes), hélio (He I, He II), carbono (C III, C IV), nitrogênio (N III, N IV)	Alfa Cen (G5), Altair (G2)
K	Laranja	4000	H $\gamma$ e H $\delta$ (predominantes), hélio (He I, He II), carbono (C III, C IV), nitrogênio (N III, N IV)	Arcturus (K1)
M	Vermelha	3000	H $\gamma$ e H $\delta$ (predominantes), hélio (He I, He II), carbono (C III, C IV), nitrogênio (N III, N IV)	Betelgeuse (R1)

Fonte: slideplayer

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**EXEMPLOS DE DIAGRAMAS DE CADA TIPO ESPECTRAL**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**Operando o programa...**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DEFEIRA DE SANTANA – UFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional

**Ponto 1**

Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA

Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA

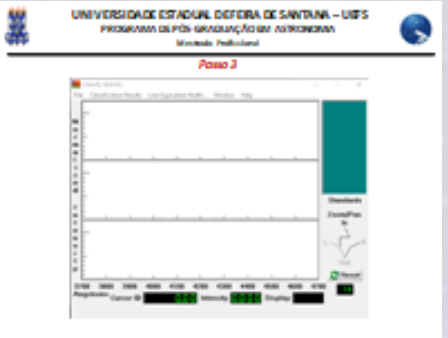
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



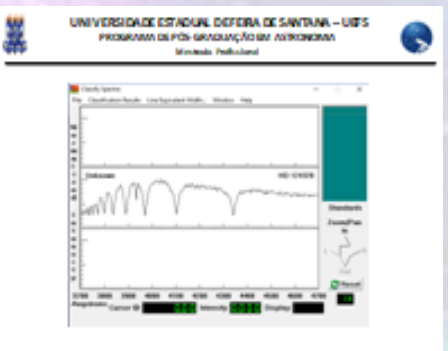
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



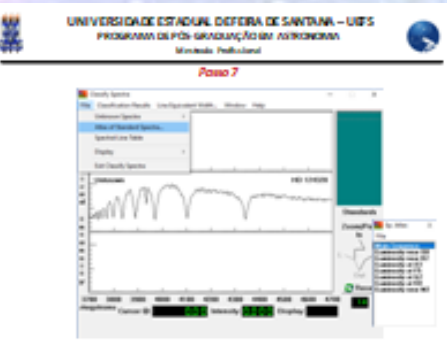
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



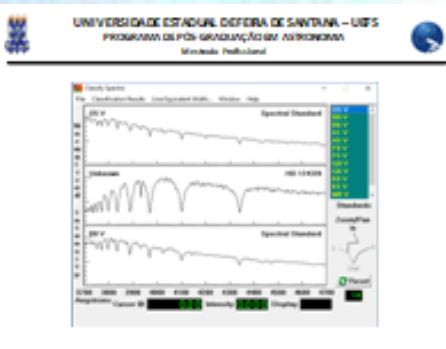
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



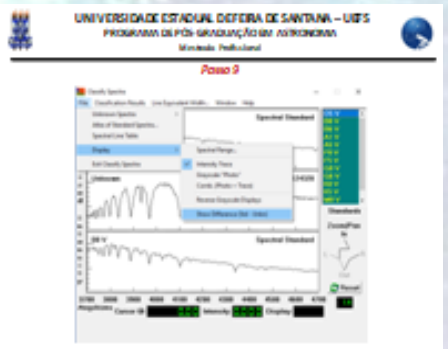
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



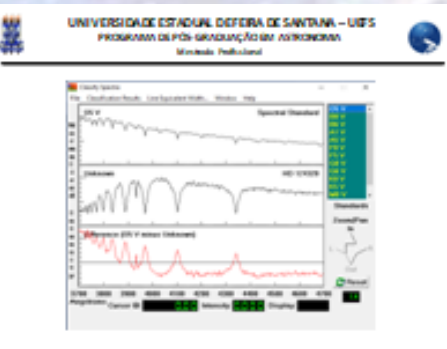
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



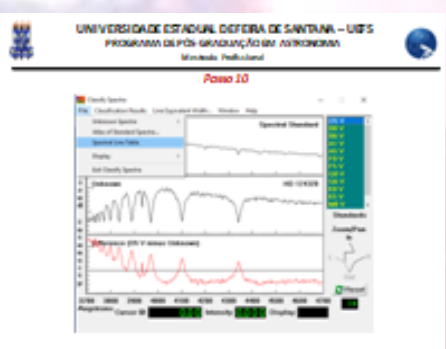
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



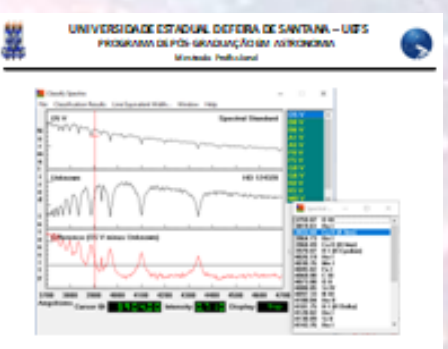
Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA



Fonte: The Classification of Stellar Spectra - CLEA





# Apêndice 03 - Laboratório virtual do CLEA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA**  
**Mestrado Profissional**



**Estudante:** \_\_\_\_\_

## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA “*Espectrando*”**

### **Material complementar ao Roteiro da Atividade nº 03**

Adaptado da Atividade do CLEA<sup>7</sup>: THE CLASSIFICATION OF STELLAR SPECTRA

#### **Objetivos**

Você deve...

- Ser capaz de reconhecer as características de diferentes tipos espectrais de estrelas da sequência principal.
- Entender como os espectros estelares são obtidos.
- Compreender o uso da classificação espectral para obter as distâncias das estrelas.

#### **Se você aprender a ...**

- Obter espectros usando um telescópio simulado e espectrômetro.
- Compará-los com espectros padrão de tipo espectral conhecido.
- Reconhecer linhas de absorção proeminentes nos espectros e em suas imagens fotográficas.
- Avaliar as principais características das linhas de absorção a partir de medições e comparações com espectros padrão.

#### **Você deverá poder...**

- Atribuir classificações espectrais às estrelas da sequência principal com uma precisão de um ou dois décimos de um tipo espectral.
- Obter espectros de estrelas desconhecidas de um campo simulado de estrelas.
- Determinar a distância dessas estrelas pelo método da paralaxe espectroscópica.

<sup>7</sup> CLEA: Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy, Gettysburg, PA.



## Equipamento

Computador PC com Windows 3.1 (gráficos VGA) e a classificação espectral do programa CLEA.

## A História e a Natureza da Classificação Espectral

Padrões de linhas de absorção foram observados pela primeira vez no espectro do Sol pelo físico alemão Joseph Von Fraunhofer no início de 1800, mas somente no final do século que os astrônomos foram capazes de examinar rotineiramente os espectros de estrelas em grande número. Os astrônomos Ângelo Secchi e E.C. Pickering estavam entre os primeiros a notar que os espectros estelares podiam ser divididos em grupos a partir de sua aparência geral.

Nos vários esquemas de classificação que eles propuseram, as estrelas foram agrupadas pela proeminência de certas linhas espectrais. No esquema de Secchi, por exemplo, estrelas com linhas de Hidrogênio muito fortes eram chamadas de tipo I, estrelas com linhas fortes de íons metálicos como ferro e cálcio foram chamados de tipo II, estrelas com bandas largas de absorção que ficaram mais escuras em direção ao azul foram chamadas de tipo III, e assim por diante.

Com base neste trabalho inicial, os astrônomos do Observatório de Harvard refinaram os tipos espectrais e os renomearam com letras, A, B, C, etc. Eles também fizeram parte de um enorme projeto para classificar espectros, realizado por um trio de astrônomas, Williamina Fleming, Annie Jump Cannon e Antonia Maury. Os resultados desse trabalho, o Henry Draper Catalog (em homenagem ao benfeitor que financiou o estudo), foi publicado entre 1918 e 1924, e classificou cerca de 225.300 estrelas. Mas este estudo, no entanto, representa apenas uma pequena fração das estrelas no céu.

No curso do estudo de classificação de Harvard, alguns dos tipos espectrais antigos foram consolidados juntos, e outros tipos foram reorganizados para refletir uma mudança constante na intensidade de linhas espectrais representativas. A ordem das classes espectrais se tornou O, B, A, F, G, K, e M, e embora as designações de letras não tenham outro significado além daquele imposto pela história, os nomes permaneceram até hoje. Cada classe espectral é dividida em décimos, de modo que uma estrela B0 segue um O9 e um A0, um B9. Neste esquema, o Sol é designado por um tipo G2.

O sistema de classificação espectral inicial foi baseado na aparência dos espectros, mas a razão física para essas diferenças nos espectros não foram compreendidas até as décadas de 1930 e 1940. Então percebeu-se que, enquanto havia algumas diferenças químicas entre as estrelas, a principal característica que determinou o tipo espectral de uma estrela foi a temperatura superficial. Estrelas com fortes linhas de Hélio ionizado (HeII), que eram chamadas estrelas O no sistema de Harvard, eram as mais quentes, em torno de 40.000K, porque somente a altas temperaturas estes íons estariam presentes na atmosfera da estrela em números suficiente para produzir absorção.

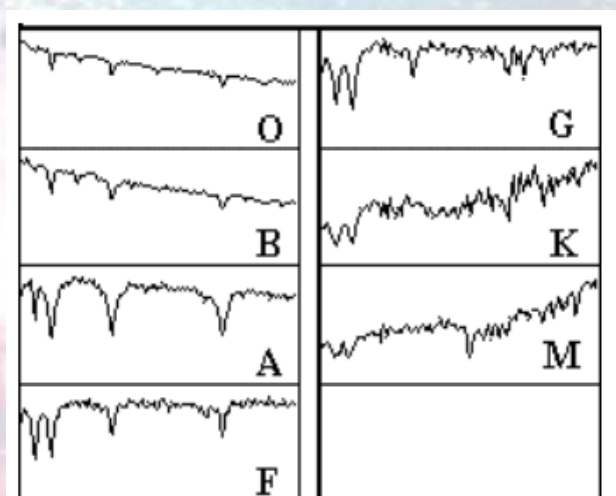


As estrelas M com bandas de absorção “escuras” , que foram produzidas por moléculas, foram mais frias, em torno de 3.000K, uma vez que as moléculas estão dissociadas à altas temperaturas. Estrelas com fortes linhas de Hidrogênio, as estrelas do Tipo A, tinham temperaturas intermediárias (cerca de 10.000K). As divisões decimais dos tipos espectrais seguiram o mesmo padrão. Assim, uma estrela B5 é mais fria que uma estrela B0, mas mais quente que uma estrela B9.

O sistema de classificação espectral usado hoje é um refinamento chamado sistema MK, introduzido na década de 1940 e 1950 por W. W. Morgan e P.C. Keenan, do Observatório Yerkes, para levar em conta o fato de que estrelas ao mesmo a temperatura pode ter tamanhos diferentes. Uma estrela cem vezes maior do que o Sol, por exemplo, mas com a mesma temperatura superficial, irá mostrar diferenças sutis em seu espectro, e terá uma luminosidade muito maior. O sistema MK adiciona um Numeral romano ao final do tipo espectral para indicar a chamada classe de luminosidade: a I indica uma supergigante, a III uma estrela gigante e V uma estrela de sequência principal. Nosso Sol, uma estrela típica da sequência principal, seria designado por G2V, por exemplo. Neste exercício, estaremos nos limitando à classificação das estrelas da sequência principal, mas o software permite examinar espectros de classes de luminosidade variadas.

O tipo espectral de uma estrela é tão fundamental que um astrônomo que inicia o estudo de qualquer estrela tentará primeiro identificar o seu tipo espectral. Se ele ainda não foi catalogado (pelos astrônomos de Harvard ou pelos muitos que seguiram seus passos), ou se houver alguma dúvida sobre a classificação listada, então a classificação deve ser feita a partir do espectro de uma estrela e comparando-a com um Atlas de espectros bem estudados de estrelas brilhantes. Antigamente, os espectros eram classificados por meio de fotografias dos espectros de estrelas, mas os espectrógrafos modernos produzem traços digitais de intensidade contra comprimentos de onda, que muitas vezes são mais convenientes para estudar. A figura 1 mostra alguns espectros digitais da amostra dos principais tipos espectrais MK; o intervalo em comprimento de onda (o eixo  $x$ ) é de 3900 Å a 4500 Å. A intensidade (o eixo  $y$ ) de cada espectro é normalizada, o que significa que ele foi multiplicado por uma constante para que o espectro se encaixe na imagem, com um valor de 1,0 para a intensidade máxima e 0,0 para nenhuma luz.

O tipo espectral de uma estrela permite ao astrônomo conhecer não apenas a temperatura da estrela, mas também a sua luminosidade (expressa frequentemente como a magnitude absoluta da estrela) e a sua cor. Essas propriedades, por sua vez, podem ajudar na determinação da distância, massa e muitas outras quantidades físicas associadas à estrela, seu ambiente circundante e sua história passada. Assim, o conhecimento sobre classificação espectral é fundamental para entender como reunimos uma descrição da natureza e evolução das estrelas.



*Figure 1*  
Digital Spectra of the Principal MK Types



Em uma escala ainda mais ampla, a classificação de espectros estelares é importante, assim como qualquer classificação de sistema, porque nos permite reduzir uma grande amostra de diversos indivíduos a um número gerenciável de grupos naturais com características semelhantes.

Portanto a classificação espectral é, em muitos aspectos, fundamental para a Astronomia como é o sistema lineano de classificação plantas e animais por gênero e espécie. Na medida em que os membros do grupo presumivelmente têm características físicas semelhantes, podemos estudá-los como grupos, não como indivíduos isolados. Da mesma forma, indivíduos incomuns podem ser prontamente identificados por causa de suas óbvias diferenças em relação aos grupos naturais. Esses objetos peculiares são submetidos a estudo intensivo, a fim de tentar entender o motivo de sua natureza incomum. Essas exceções à regra freqüentemente nos ajuda a entender as características gerais dos grupos naturais. Elas podem até fornecer ligações evolutivas entre os grupos.

A melhor maneira de aprender sobre classificação espectral é fazendo-a, e é exatamente isso que propõe a atividade a seguir.

### **Introdução ao exercício**

O programa de computador que você usará consiste em duas partes. A primeira é uma ferramenta de exibição e classificação de espectro. Este ferramenta permite exibir um espectro de uma estrela e compará-lo com o espectro de estrelas padrão de tipos espectrais conhecidos. A ferramenta facilita a medição dos comprimentos de onda e intensidades das linhas espectrais e fornece uma lista dos comprimentos de onda de linhas espectrais conhecidas para ajudá-lo a identificar características espectrais e associá-las a elementos químicos específicos.

A segunda parte do programa de computador é uma simulação realista de um espectrômetro astronômico ligado a um dos três telescópios de pesquisa - um pequeno, um de tamanho médio e um grande. Você escolherá um telescópio mais adequado às suas necessidades. Uma câmera de TV é acoplada ao telescópio para que você possa ver os campos de estrelas para os quais está apontando, e você pode ver os campos em alta e baixa ampliação. Você pode dirigir o telescópio para que a luz de uma estrela passe para a fenda de o espectrômetro e depois ligar o espectrômetro e começar a coletar fótons. O visor do espectrômetro mostrará espectro da fonte à medida que se acumula enquanto você coleta fótons adicionais. O espectro é um registro da intensidade de luz coletada versus o comprimento de onda. Quando um número suficiente de fótons é coletado, você deve ser capaz de ver as linhas espectrais distintas que lhe permitirão classificar o espectro.

Você pode usar o telescópio para obter espectros para uma lista de estrelas designadas pelo seu instrutor. Você então classificará seus espectros, comparando-os com os espectros de estrelas padrão armazenados no computador, assim como você fez na primeira parte do exercício.

## Operando o Programa

1. Acesse e navegue pelas telas de ajuda.
2. Faça o *login* e insira as informações do aluno acessando na sequência: FILE → LOGIN → STUDENT 1 → OK

## Exercício I: Classificação Espectral das Estrelas da Sequência Principal

### Propósito

Familiarizar-se com a aparência e características dos espectros das estrelas da sequência principal.

Aprender a classificar os espectros de estrelas da sequência principal, comparando um dado espectro com os fornecidos por um atlas de espectros de estrelas padrão selecionadas.

### Método

Você examinará o espectro digital de 25 estrelas desconhecidas, determinará o tipo espectral de cada estrela e registrará seus resultados juntamente com a razão para fazer cada classificação. Os espectros podem ser comparados visualmente e digitalmente (ponto a ponto) com um atlas representativo de 13 espectros padrão, e observando as intensidades relativas de absorção características das linhas, dessa forma você será capaz de estimar o tipo espectral das estrelas desconhecidas.

### Procedimento

**Passo 1.** Acesse a atividade de classificação espectral selecionando em sequência: FILE → RUN EXERCISE → CLASSIFICATION OF STELLAR SPECTRA;

**Passo 2.** Acesse a ferramenta de classificação a partir dos comandos: TOOLS → SPECTRAL CLASSIFICATION.

**Passo 3.** Agora você já está na ferramenta de classificação e a sua tela deve estar exibindo três painéis, um acima do outro com alguns botões de controle à direita e uma barra de menu na parte superior. O painel central será usado para exibir o espectro de uma estrela desconhecida, e os painéis superior e inferior mostrarão espectros de estrelas padrão que podem ser comparadas com o desconhecido.

**Passo 4.** Vamos agora utilizar a ferramenta para classificar o primeiro dos 25 espectros desconhecidos fornecidos para essa prática.

**Passo 5.** Acesse o primeiro espectro seguindo os comandos: FILE → UNKNOWN SPECTRA → PROGRAM LIST → HD124320. O espectro desconhecido deve aparecer no painel central de sua tela.

Olhe o espectro com cuidado. Note que o que você está vendo é um gráfico de intensidade versus comprimento de onda. O espectro abrange um intervalo de 3900 Å a 4500 Å, e a intensidade pode variar de 0,0 (sem luz) a 1,0 (máximo leve). Os pontos mais altos do espectro, chamados de contínuo, são a luz geral



da superfície incandescente da estrela, enquanto os vales são linhas de absorção produzidas por átomos e íons mais longe na fotosfera da estrela. Você pode medir tanto o comprimento de onda quanto a intensidade de qualquer ponto no espectro, apontando o cursor para ele e clicando no botão esquerdo do mouse. O cursor muda de uma seta para uma cruz, facilitando a centralização do cursor no ponto desejado.

**Passo 6.** Agora responda aos itens abaixo:

**a) Escolha qualquer ponto no continuum do HD 124320 e registre seu comprimento de onda e intensidade abaixo.**

Comprimento de onda \_\_\_\_\_ Intensidade \_\_\_\_\_

**b) Meça o comprimento de onda e intensidade do ponto mais profundo da linha de absorção mais profunda no espectro de HD 124320.**

Comprimento de onda \_\_\_\_\_ Intensidade \_\_\_\_\_

Note que o espectro que você vê aqui, que é típico daqueles usados para classificação espectral, não cobre todo o espectro faixa de comprimentos de onda visíveis, mas apenas uma porção limitada.

**c) Se você olhasse para essa faixa de comprimentos de onda com seus olhos, que cor eles exibiriam?**

---

**Passo 7.** Agora você deseja encontrar o tipo espectral de HD 124320, comparando seu espectro com espectros do tipo conhecido. Vamos agora acessar ao atlas de espectros padrão para fins de comparação entre esses e o espectro desconhecido. Faça isso a partir dos comandos: FILE → ATLAS OF STANDARD SPECTRA → MAIN SEQUENCE.

Os 13 espectros no Atlas aparecerão em uma janela separada, mas apenas 3 podem ser vistos ao mesmo tempo. Você pode olhar para o conjunto inteiro arrastando para cima e para baixo na barra de rolagem à direita da janela do Atlas. Faça isso, e observe que uma sequência de tipos representativos, abrangendo o intervalo do mais quente ao mais frio, é mostrada.

8. Liste os diferentes tipos espectrais que estão incluídos no Atlas na linha abaixo, incluindo a letra da classe e o número do décimo decimal de uma classe (por exemplo, G2, ...). Você pode ignorar o numeral romano "V" no fim do tipo espectral - isso apenas indica que as estrelas padrão são as estrelas da sequência principal.

## Tipos espectrais no Atlas

---



---

Os tipos espectrais representam uma seqüência de estrelas de diferentes temperaturas da superfície. Duas coisas são notáveis: (1) diferentes tipos espectrais mostram diferentes linhas de absorção, e (2) a forma geral do continuum muda. As linhas de absorção são determinadas pela presença ou ausência de determinados íons a temperaturas diferentes. A forma do contínuo é determinada pelas leis de radiação dos corpos negros. Uma dessas leis, a Lei de Wein, afirma que o comprimento de onda de intensidade máxima é menor quando a temperatura do objeto é mais quente. Isso é descrito matematicamente na equação abaixo:

$$\lambda_{\max} = 2.9 \cdot 10^7 / T$$

onde  $\lambda_{\max}$  = o comprimento de onda de intensidade máxima em Angstroms

T = temperatura em Kelvin (K).

**Passo 8.** Responda aos itens:

a) Quando você olha por meio das estrelas no Atlas, você pode dizer, a partir do continuum, qual tipo espectral é mais quente? Identifique-o. \_\_\_\_\_.

Explique sua resposta. (Lembre-se que, em todos esses gráficos, 3900 Å está à esquerda e que 4500 Å está à direita.)

---



---



---

b) Por volta de qual tipo espectral é a intensidade do pico contínuo a 4200 Å? \_\_\_\_\_.

c) Qual seria a temperatura dessa estrela? \_\_\_\_\_.



**Passo 9.** Agora use os espectros de comparação para classificar a estrela. Se você olhar os painéis atrás da janela do Atlas verá que dois dos espectros da estrela de comparação já foram colocados nos dois painéis acima e abaixo do espectro de sua estrela desconhecida. Você pode ver os três painéis mais claramente, reduzindo a janela do Atlas a um ícone (clique no pequeno botão de seta no canto superior direito da janela do Atlas para simbolizá-lo; se você quiser a janela do Atlas de volta, você pode clicar duas vezes no ícone novamente). Você deve ver o espectro de uma estrela O5 está no topo painel, e o espectro da próxima estrela no Atlas, um B0, no painel inferior.

Se nenhuma dessas combina com sua estrela desconhecida, você pode se mover pelo Atlas clicando em o botão rotulado para baixo no canto superior direito da exibição do espectro. Continue isso até conseguir um bom ponto de partida. Você deve achar que a melhor combinação é com tipos espectrais que possuem linhas de hidrogênio muito fortes (trataremos mais sobre como identificá-los mais tarde). As estrelas com as linhas de hidrogênio mais fortes estão ao redor tipo espectral A1.

Para obter uma comparação a partir de uma forma mais quantitativa, determine a diferença entre o espectro desconhecido e o padrão acessando: FILE → DISPLAY → SHOW DIFFERENCE.

Utilize a exibição de diferença, percorrendo os espectros de comparação (usando os botões para cima e para baixo) até a diferença entre a comparação e a estrela desconhecida ficar próxima de zero em todos os comprimentos de onda quanto possível. Para estimar tipos espectrais intermediários, observe para ver quando a exibição muda de picos para algumas linhas, para vales (Já que algumas linhas ficam mais fortes com a temperatura, e outras ficam mais fracas, você verá algumas linhas indo de colisões para vales, e alguns de vales para picos, como você mudar espectros de comparação).

Responda aos itens:

**Sua estimativa do tipo espectral de HD124320**\_\_\_\_\_.

**Justifique sua resposta. (Para este exemplo: A intensidade das linhas em 4340.4 Å e 4104 Å são quase exatamente aqueles do tipo A1 ou A5).**

---



---



---

**Passo 10.** Você usou uma ou duas linhas espectrais para fazer uma classificação refinada. Mas que elementos os produziram? Para determinar a fonte (elemento) da linha observada acesse: FILE → SPECTRAL LINE TABLE. Você janela contendo uma lista de linhas espectrais. Agora, usando o mouse, aponte o cursor para o centro de qualquer linha no espectro (digamos, aquela em 4341) e clique duas vezes no botão





Tabela 1: Dados dos espectros desconhecidos.

Estrela	Tipo espectral	Motivos
HD 124320	A3	Linhas HI muito fortes; linha CaII entre A0 e A5
HD 37767		
HD 35619		
HD 23733		
O1015		
HD 24189		
HD 107399		
HD 240344		
HD 17647		
BD +63 137		
HD 66171		
HZ 948		
HD 35215		
Feige 40		
Feige 41		
HD 6111		
HD 23863		
HD 221741		
HD 242936		
HD 5351		
SAO 81292		
HD 27685		
HD 21619		
HD 23511		
HD 158659		

# Apêndice 04 - Reconhecendo espectros



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
Mestrado Profissional



Estudante: \_\_\_\_\_

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA "Espectrando"

### Roteiro da Atividade nº 04

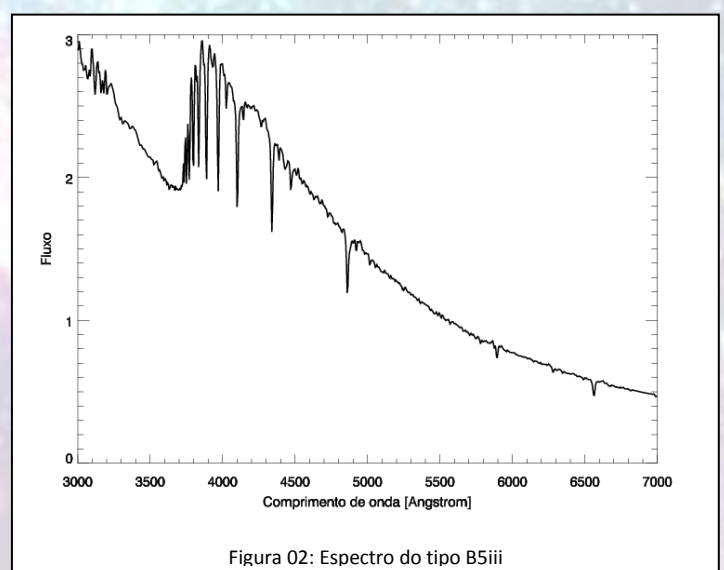
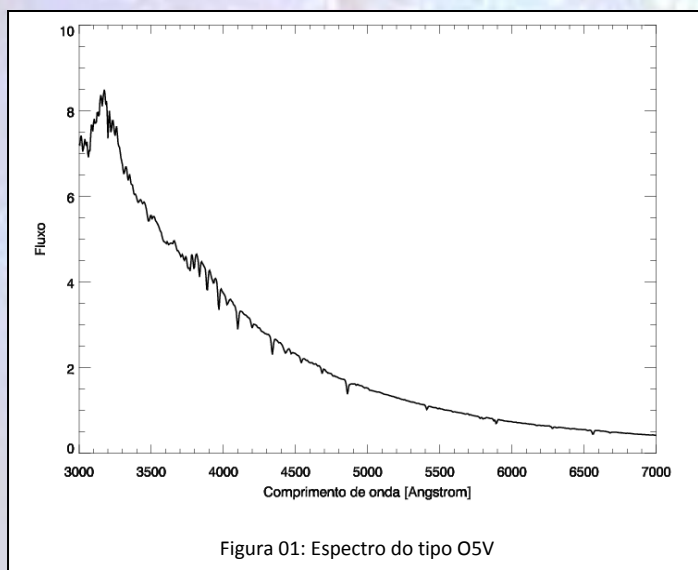
#### Reconhecendo espectros

#### Objetivo

Você deve ser capaz de identificar os tipos estelares a partir de espectros de referência.

#### Instruções

As figuras 01 a 07 (páginas 1 e 2) apresentam uma amostra com alguns espectros representativos dos tipos espectrais O, B, A, F, G, K e M, de acordo com a Classificação de Harvard. Em 1901, a astrônoma estadunidense Annie Jump Cannon (1863-1941) criou tal classificação baseando-se na temperatura, na tentativa de organizar e classificar estrelas. Posteriormente, o sistema foi refinado com a introduzindo dos subtipos espectrais numerados de 0 a 9, desde a estrela mais quente até a mais fria. Os espectros são gráficos de fluxo *versus* comprimento de onda. Observe a posição das linhas de emissão e absorção dos elementos presentes em cada espectro.





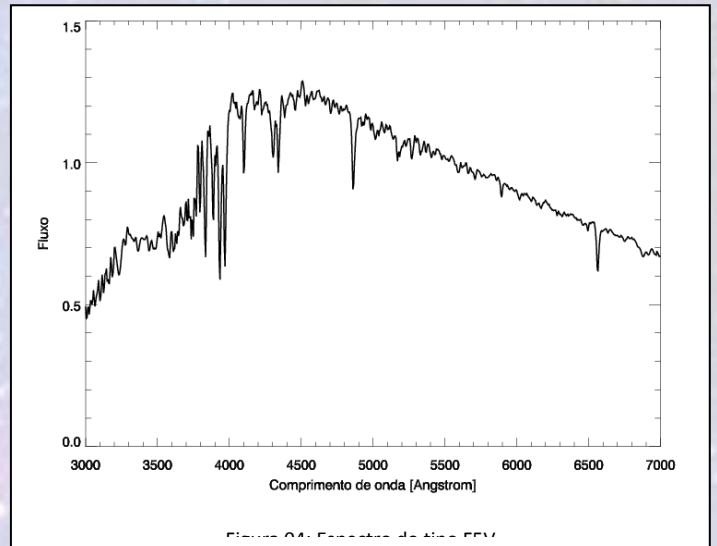
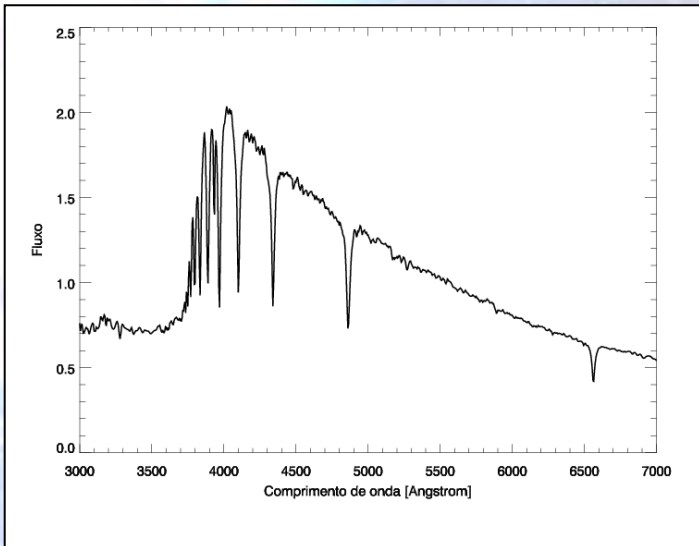


Figura 04: Espectro do tipo F5V

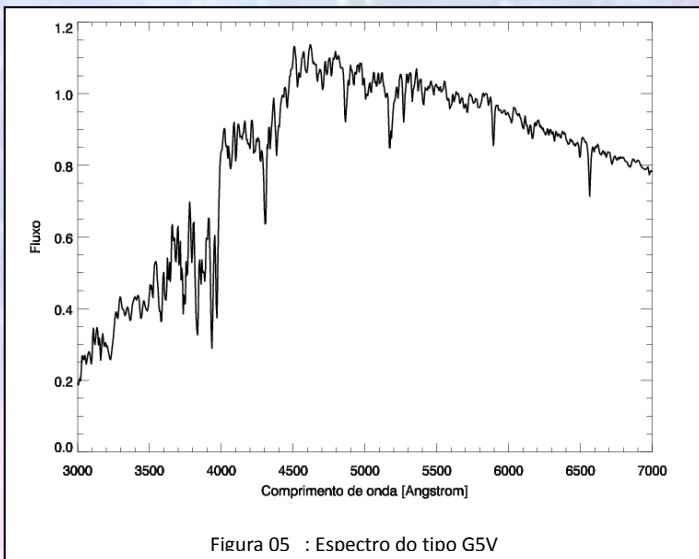


Figura 05 : Espectro do tipo G5V

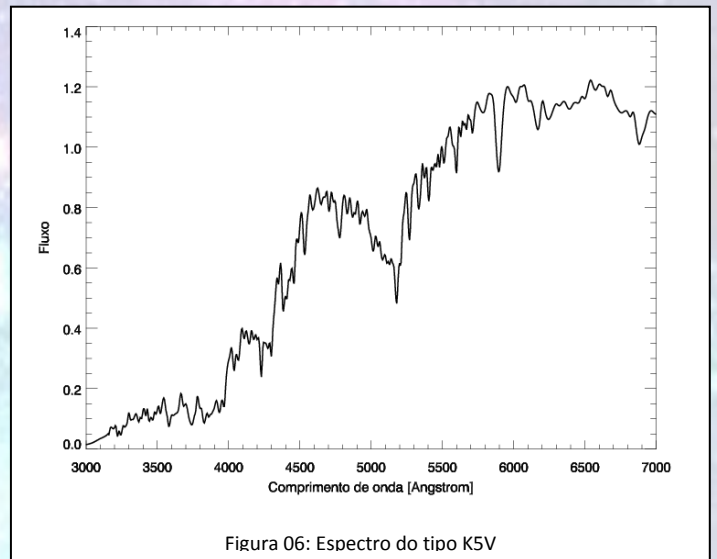


Figura 06: Espectro do tipo K5V

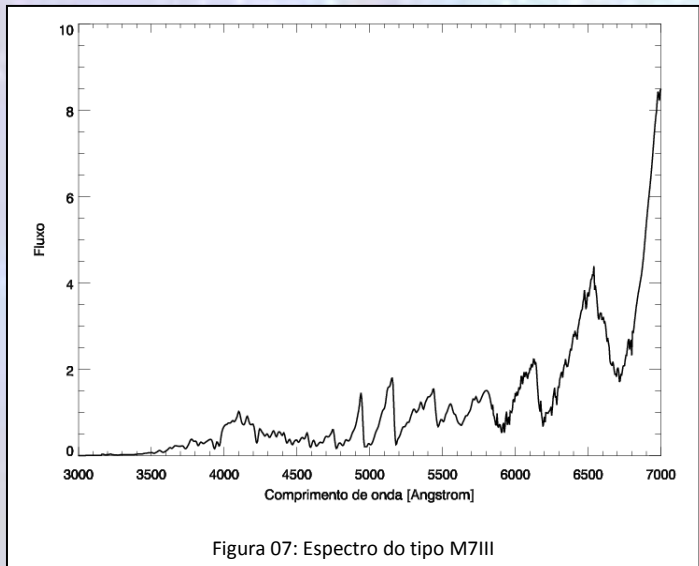
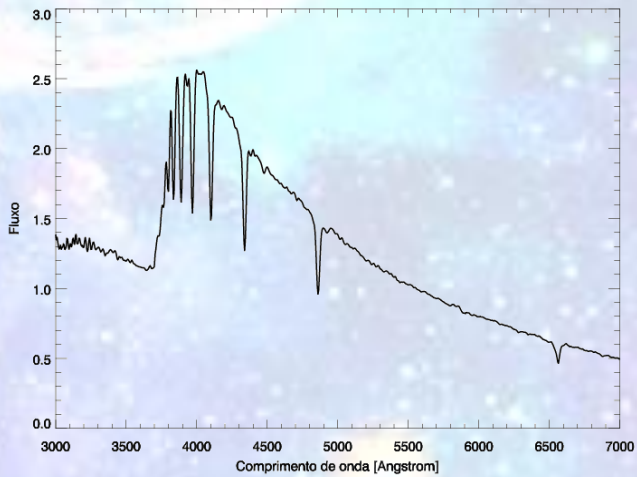


Figura 07: Espectro do tipo M7III

Fonte: Templates de Pickles (1998).

Nessa atividade você deve comparar os espectros para as estrelas 1 a 5, com a amostra de referência (páginas 1 e 2). Isso deve ser feito tendo como base, as características não apenas do contínuo, mas das linhas de absorção e emissão. Identifique o tipo espectral ao qual corresponde cada estrela.

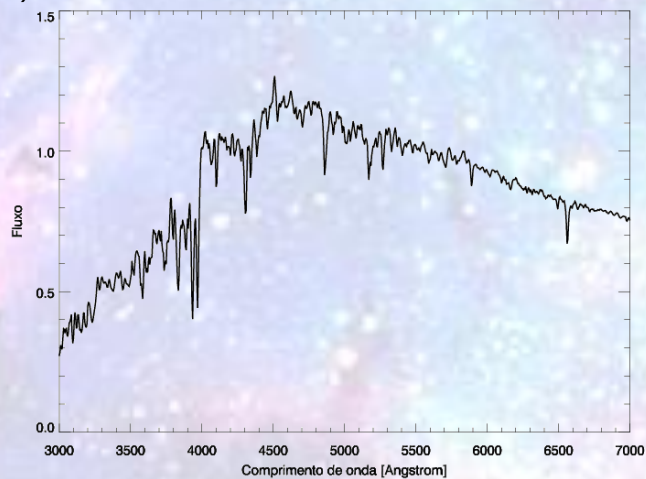
a)



**Estrela 1**

Tipo \_\_\_\_\_

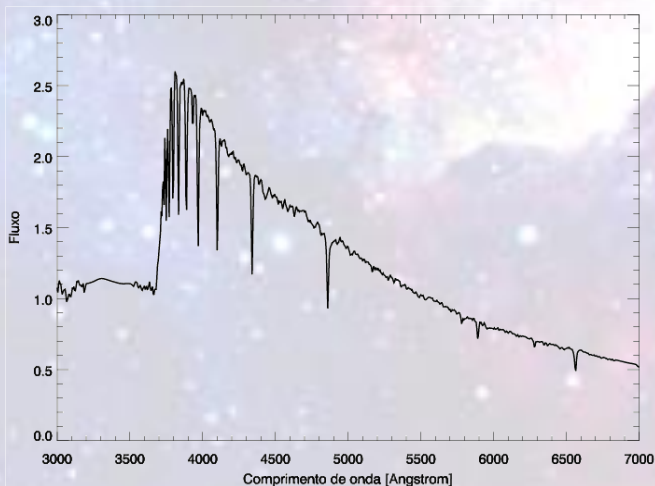
b)



**Estrela 2**

Tipo \_\_\_\_\_

c)

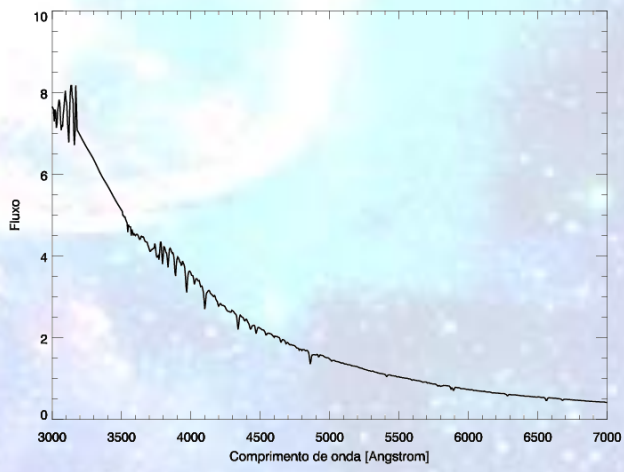


**Estrela 3**

Tipo \_\_\_\_\_



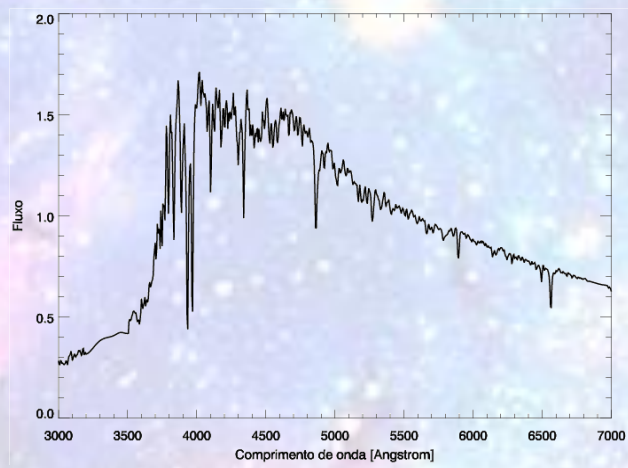
d)



**Estrela 4**

Tipo \_\_\_\_\_

e)



**Estrela 5**

Tipo \_\_\_\_\_

# Apêndice 05 - Construindo espectros



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA**  
**Mestrado Profissional**



**Estudante:** \_\_\_\_\_

## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA "Espectrando"**

### **Roteiro da Atividade nº 05**

Construindo espectros em programa computacional

#### **Objetivo**

Você deve ser capaz de construir espectros de estrelas utilizando programa computacional a partir dos valores de intensidade e comprimento de onda e identificar seus tipos espectrais.

#### **Instruções**

Você deve instalar previamente em seu computador pessoal um programa para construção de gráficos (software livre) de sua preferência.

Em seguida, você receberá uma pasta com arquivos contendo informações sobre algumas estrelas desconhecidas. Cada arquivo está identificado pela expressão *Espectrando* seguido de um número (ex. *Espectrando 01*; *Espectrando 2*, etc.) Trata-se de valores de fluxo e comprimentos de onda para cada estrela, extraídos dos Templates de Pickles (1998).

De posse desses dados você deverá alimentar a página do programa escolhido, inserindo os valores de fluxo no eixo das ordenadas e os valores de comprimento de onda no eixo das abscissas. Com isso você deverá plotar um gráfico que representa o espectro de cada estrela.

A partir dele e baseando-se no que foi estudado anteriormente você deverá identificar o tipo espectral de cada estrela observada.

Ao final da atividade, salve o gráfico plotado com o nome original do arquivo seguido do tipo espectral da estrela que gerou cada gráfico (Ex: *Espectrando 01* – tipo B0V).



# Apêndice 06 - Identificando estrelas no Diagrama HR



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA**  
**Mestrado Profissional**



**Estudante:** \_\_\_\_\_

## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA "Espectrando"**

### **Roteiro da Atividade nº 06**

Identificando estrelas no Diagrama HR

#### **Objetivo**

Você deve ser capaz de identificar a localização, no Diagrama Hertzsprung-Russell para um conjunto de estrelas brilhantes.

#### **Instruções**

A Tabela 1 apresenta as principais características das vinte estrelas mais brilhantes. Identifique as propriedades de cada coluna. Tendo como base os valores, de Luminosidade e Tipo espectral das estrelas é possível alocá-las em um Diagrama HR. Essa representação foi criada por Ejnar Hertzsprung e Henry Norris Russell e representa um importante passo em direção ao entendimento da evolução estelar.

Na sequência apresentamos a imagem de um Diagrama HR especialmente adaptado para essa atividade. Note que nele existem 11 lacunas. Nessa atividade, você deverá preencher cada lacuna do diagrama com o nome da estrela (primeira coluna da Tabela 1) correspondente, dentre as apresentadas na Tabela 1. Dessa forma para completar corretamente o diagrama, você usará apenas 11 das 20 estrelas que fazem parte da tabela.

Tabela 1: Estrelas mais brilhantes com algumas de suas propriedades fundamentais.  
Adaptado de *Astronomy a beginner's guide to the Universe*.

Name	Star	Spectral type		Luminosity (Sun = 1)		Absolute Visual Magnitude <sup>1</sup>	
		A	B	A	B	A	B
Sirius	$\alpha$ CMa	A1V	wd <sup>2</sup>	23.5	0.003	+1.4	+11.6
Canopus	$\alpha$ Car	F01b-II		1510		-3.1	
Rigel Kentaurus	$\alpha$ Cen	G2V	K0V	1.56	0.46	+4.4	+5.7
Arcturus	$\alpha$ Boo	K2IIIp		115		-0.3	
Vega	$\alpha$ Lyr	A0V		55.0		+0.5	
Capella	$\alpha$ Aur	GIII	M1V	166	0.01	-0.7	+9.5
Rigel	$\beta$ Ori	B8 Ia	B9	$4.6 \times 10^4$	126	-6.8	-0.4
Procyon	$\alpha$ CMi	F5IV-V	Wd	7.7	0.0006	+2.6	+13.0
Betelgeuse	$\alpha$ Ori	M2Iab		$1.4 \times 10^4$		-5.5	
Achernar	$\alpha$ Eri	B5V		219		-1.0	
Hadar	$\beta$ Cen	B1III	?	3800	182	-4.1	-0.8
Altair	$\alpha$ Aql	A7IV-V		11.5		+2.2	
Acrux	$\alpha$ Cru	B1IV	B3	3470	2190	-4.0	-3.5
Aldebaran	$\alpha$ Tau	K5III	M2V	105	0.0014	-0.2	+12
Spica	$\alpha$ Vir	B1V		2400		-3.6	
Antares	$\alpha$ Sco	M1Ib	B4V	5500	115	-4.5	-0.3
Pollux	$\beta$ Gem	K0III		41.7		+0.8	
Fomalhaut	$\alpha$ PsA	A3V		13.8	0.10	+2.0	+7.3
Deneb	$\alpha$ Cyg	A2Ia		$5.0 \times 10^4$		-6.9	
Mimosa	$\beta$ Cru	B1IV		6030		-4.6	

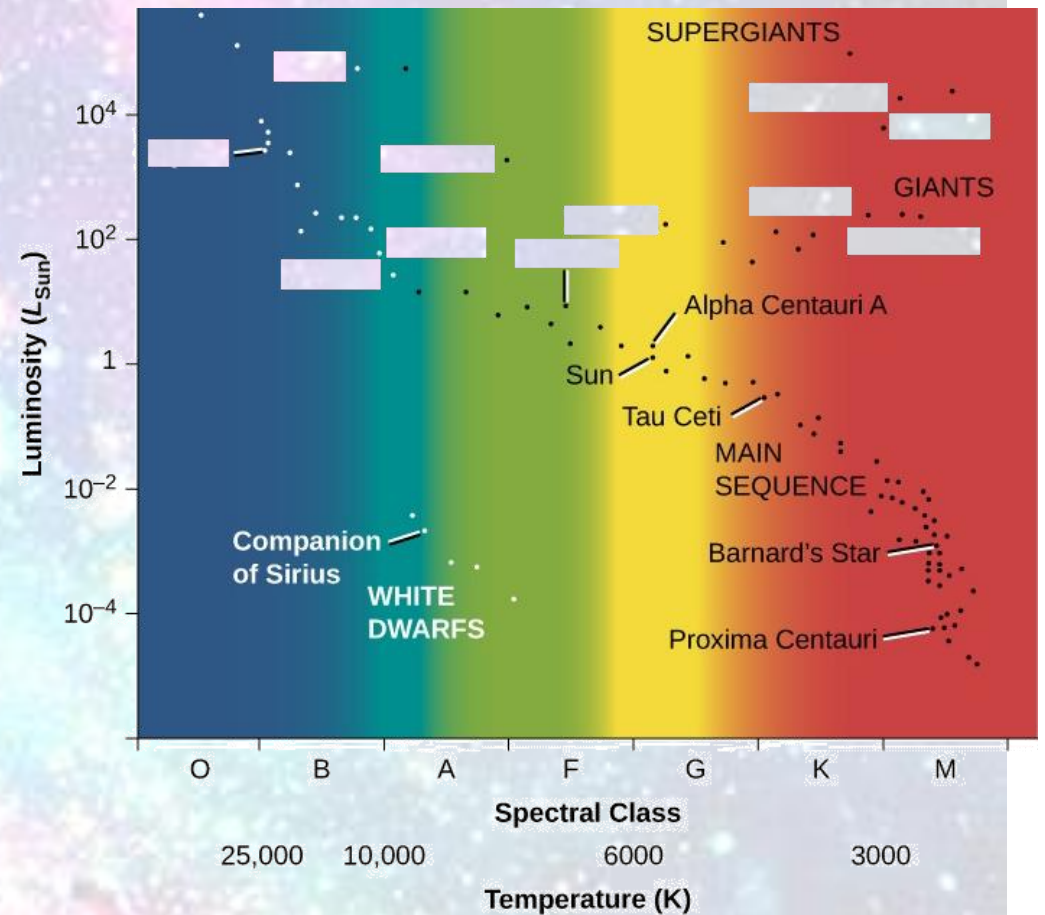


Figura 1: Diagrama H-R para o preenchimento do nome da estrela de acordo como as suas propriedades fornecidas na Tabela 1.  
Adaptado de Lumen Astronomy  
(<https://courses.lumenlearning.com/astronomy/chapter/the-h-r-diagram/>).



# Apêndice 07 - Questionário pós-teste



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
Mestrado Profissional



Estudante: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA "Espectrando"

### Pós-teste

1. Você saberia dizer como um astrônomo determina o tipo espectral de uma estrela?

---

---

---

2. Abaixo estão apresentados espectros de três estrelas. Dentre elas duas possuem o mesmo tipo espectral, circule-as.

Figura A

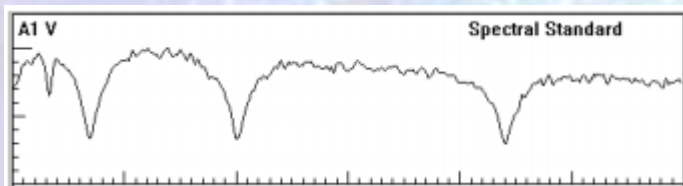


Figura B

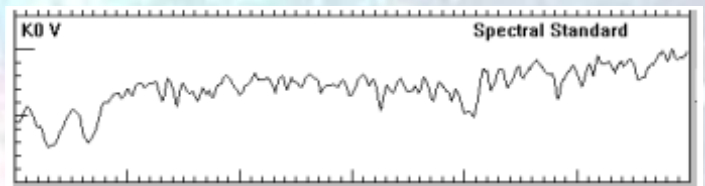
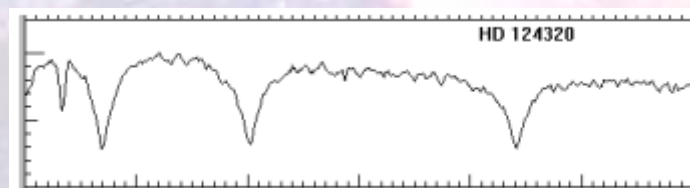
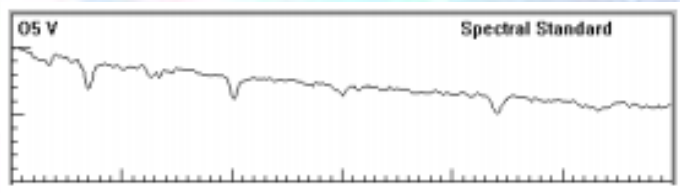


Figura C



3. Observando os gráficos, determine qual das duas estrelas abaixo possui maior temperatura. Circule a resposta correta.

Estrela 1



Estrela 2



4. Ao coletar espectros, por que os astrônomos expõem por mais tempo estrelas menos brilhantes do que para as estrelas mais brilhantes?

---

---

---

5. Dentre as características listadas abaixo, marque aquelas que são coincidentes para duas estrelas de mesmo tipo espectral.

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Luminosidade | <input type="checkbox"/> Magnitude aparente |
| <input type="checkbox"/> Distância    | <input type="checkbox"/> Magnitude absoluta |
| <input type="checkbox"/> Temperatura  | <input type="checkbox"/> Composição química |

6. Além dos espectros, que dados os astrônomos precisam ter para determinar a distância de uma estrela?

---

---

---

7. Dentre as estrelas destacadas no Diagrama HR abaixo, circule aquela que possui maior massa e marque com um X aquela que possui menor massa.



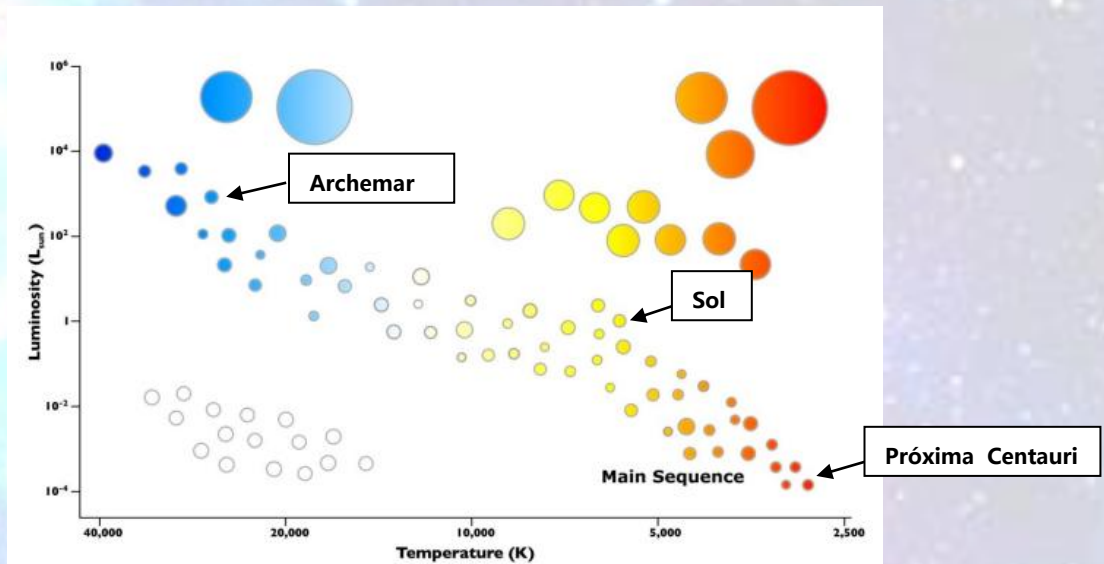


Diagrama HR. Fonte: <http://lcogt.net/en/book/h-r-diagrams>

8. Comparado à outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?

---

---



## TERMO DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Atestamos para os devidos fins que o produto educacional intitulado ESPECTRANDO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ESTUDAR CLASSIFICAÇÃO ESTELAR foi aplicado no âmbito do Mestrado Profissional em Astronomia sendo validado com onze estudantes do Mestrado pertencentes à sexta turma do referido Programa.

Feira de Santana, 31 de março de 2020

Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Orientador e Presidente da Banca de Avaliação:  
Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres (UEFS)

Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Membro Interno do Mestrado Profissional em Astronomia:  
Prof. Dr. Dagoberto da Silva Freitas (UEFS)

Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Membro Externo – Convidado:  
Profa. Dra. Maria Jaqueline Vasconcelos (UESC)