



Universidade: presente!

UFRGS
PROFESQ



XXXI SIC

21.25. OUTUBRO • CAMPUS DO VALE

Compilação e teste de uma lista de linhas de Fe I e Fe II na região do infravermelho próximo

Ramiro Ramos Boere de Souza

Orientador: Alan Alves Brito

Departamento de Astronomia – Instituto de Física



Introdução

Parâmetros atmosféricos como temperatura efetiva, gravidade superficial, metalicidade e microturbulência são essenciais para compreender as propriedades físicas das estrelas. A partir do espectro eletromagnético de uma estrela e de um modelo para a sua atmosfera, obtêm-se essas quantidades através da análise de determinadas linhas espectrais, localizadas em comprimentos de onda (λ) específicos, e escolhidas segundo alguns critérios que permitem tal análise. Tradicionalmente, esse procedimento é feito na região visível do espectro; porém, com o advento de uma nova geração de instrumentos de medição para a região do infravermelho próximo (*Near-Infrared*, NIR, em inglês), faz-se necessário construir listas semelhantes, cujos comprimentos de onda pertençam a essa banda espectral.

Objetivos

O objetivo desse projeto é compilar e testar uma lista de linhas espectrais de Fe I e Fe II na região do infravermelho próximo a partir do espectro da estrela gigante vermelha Arcturus, tomando como base o artigo publicado por Andreasen et al. 2016. Nele, foi compilada, a partir do espectro do Sol, uma lista na banda do NIR com 312 linhas de Fe I e 13 linhas de Fe II, que então foi testada pelos autores para o próprio Sol e para a estrela HD 20010, também do tipo solar. Almejando verificar a qualidade das linhas escolhidas pelo artigo, testou-se o modelo atmosférico com esse conjunto de comprimentos de onda ($10000 \text{ \AA} \leq \lambda \leq 25000 \text{ \AA}$) para Arcturus, uma estrela mais fria, distinta do tipo solar por ter um fluxo luminoso maior na região NIR. Assim, ao comparar os parâmetros atmosféricos obtidos para Arcturus no infravermelho e no visível, será possível avaliar a qualidade da lista de linhas.

Metodologia

Utilizou-se o programa IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*) para medir, em um espectro de alta resolução do NIR de Arcturus, a largura equivalente (EW) de cada linha espectral presente na lista do artigo de base. Durante o processo de medição, foi utilizado um atlas do espectro de Arcturus na região NIR (Hinkle et al. 1995) para verificar a presença das linhas do artigo e identificar possíveis linhas de outros elementos ou moléculas presentes nas vizinhanças da linha desejada. Para complementar essa averiguação, também foi consultado o banco de dados do NIST, que contém os comprimentos de onda de linhas de absorção de vários elementos químicos. Para cada linha foi feito um comentário, com o objetivo de fazer uma seleção posterior das melhores linhas.

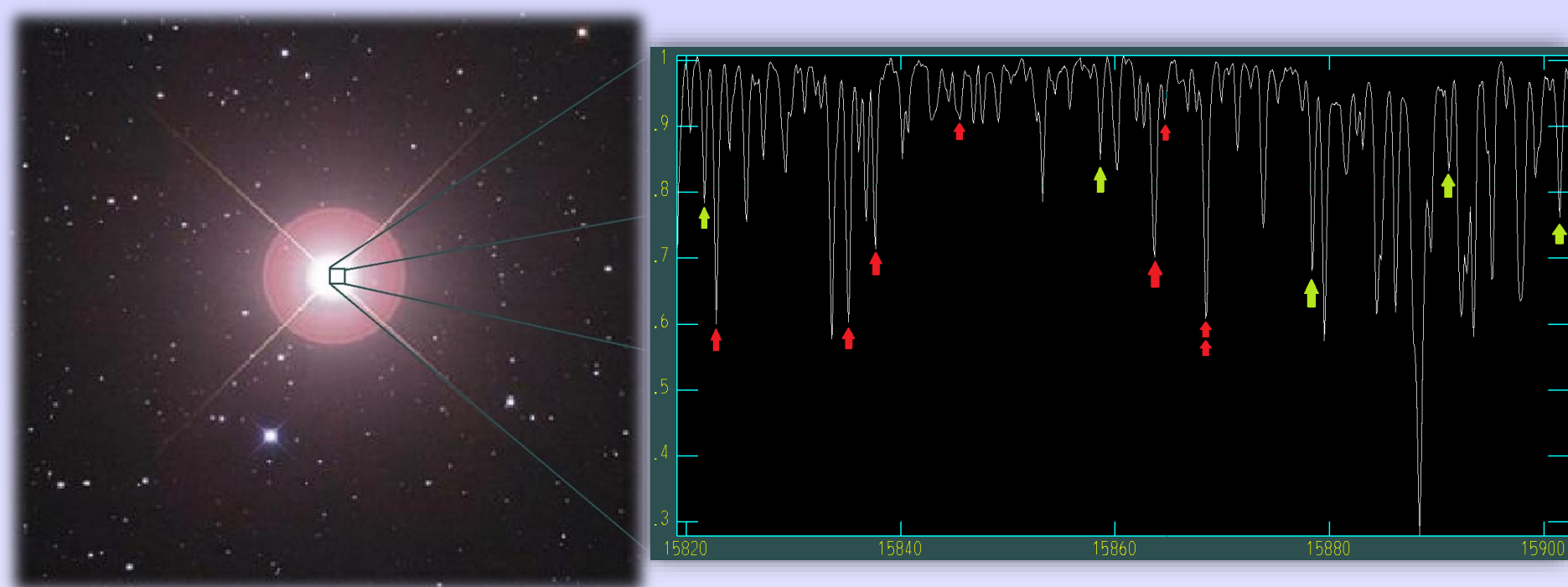


Figura 1: Imagem no IRAF de uma porção do espectro no NIR de Arcturus (estrela central à esquerda) com linhas de Fe I indicadas pelo artigo base. As linhas indicadas por setas vermelhas foram posteriormente retiradas em uma segunda análise, enquanto que aquelas indicadas pelas setas verde permaneceram.

Depois de medir a EW de cada linha espectral, essas medidas foram utilizadas conjuntamente ao modelo atmosférico ATLAS (Kurucz, 1970) para fazer a síntese do espectro de Arcturus, inicialmente com os mesmos parâmetros atmosféricos obtidos na região visível. Esse espectro sintético foi então fornecido ao programa MOOG (Snedden et al. 2012), que calculou a metalicidade estelar para cada linha espectral e fez a correlação entre esses valores e outras características das linhas, como potencial de excitação e EW reduzida (figura 2).

Resultados

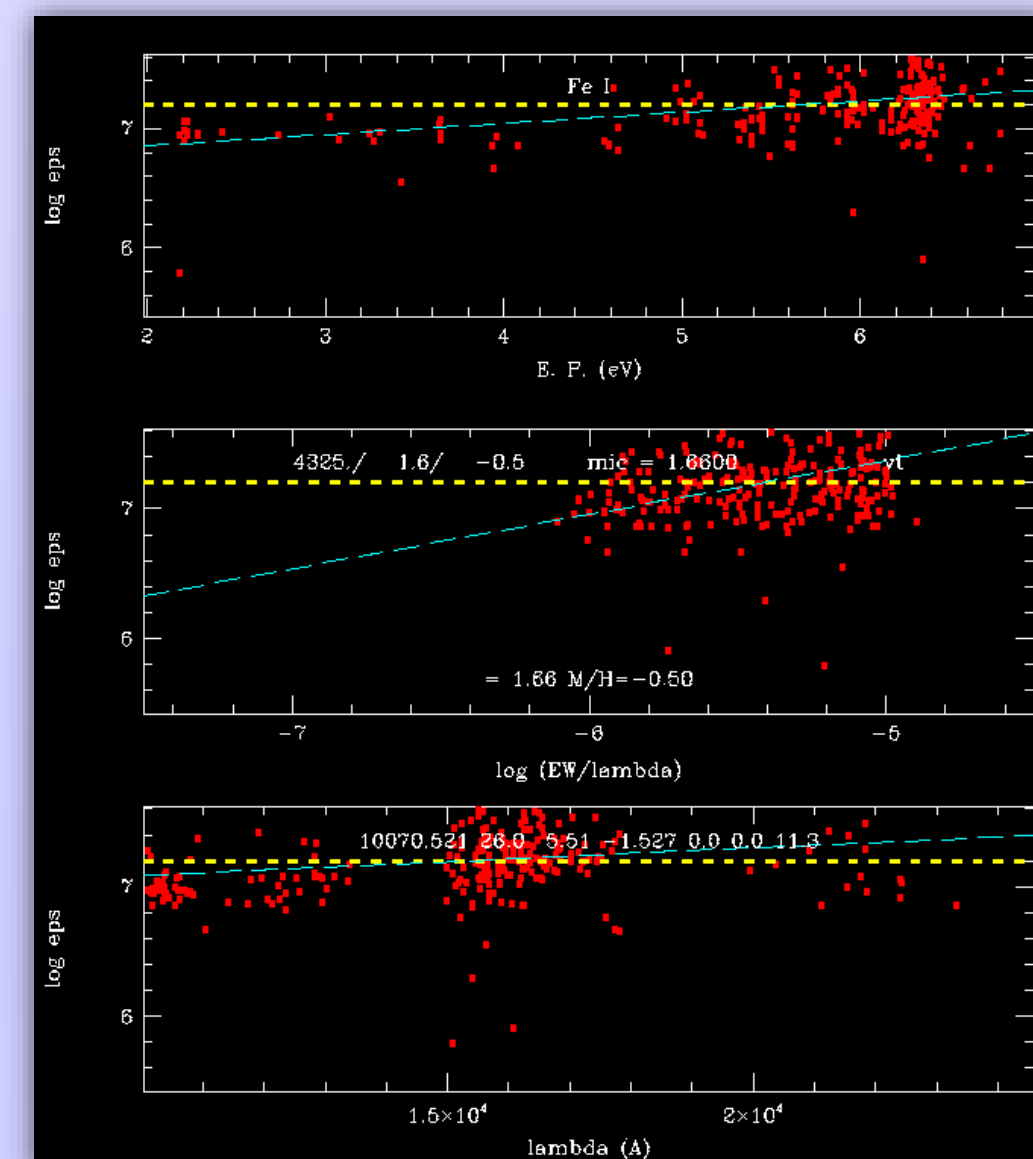


Figura 2: Resultado das estatísticas geradas pelo MOOG para a lista de Andreasen et al. 2016.

Foram encontradas várias linhas na lista base em que ocorreu *blending* com outras linhas ou em que a EW era muito pequena ou grande. Houve uma dificuldade em particular com a medida das larguras equivalentes das linhas de Fe II, de tal modo que se tornou inviável utilizá-las na estatística do MOOG e, por consequência, obter com precisão o valor da gravidade superficial ($\log g$). Ainda assim, foi feita a estatística das linhas de Fe I para tentar obter os outros parâmetros atmosféricos, fixando $\log g$.

Segundo o modelo, quando os parâmetros atmosféricos estiverem compatíveis com as medidas obtidas pelo método da EW, a inclinação (em azul) dos três gráficos gerados pelo MOOG deve ser zero. Como isso não ocorreu na figura 2, foram testados outros valores para os parâmetros. Contudo, isso resultou em valores discrepantes com aqueles encontrados na região do visível, levando a ser considerado um subconjunto das linhas do artigo para fazer uma nova análise através do MOOG.

Esse subconjunto (83 linhas; linhas indicadas por setas verdes na figura 1) foi obtido utilizando critérios como o nível de *blending* da linha desejada, o valor obtido de sua EW, e sua identificação no atlas e no NIST. Nesse caso, os gráficos do MOOG puderam ser melhor ajustados pela mudança dos parâmetros, porém ainda não convergiram como esperado para parâmetros atmosféricos consistentes e precisos como aqueles encontrados para Arcturus na região visível do espectro.

Conclusões

A lista de linhas de Fe I e Fe II fornecida pelo artigo base de fato é um ponto de partida importante, mas não final, para identificar comprimentos de onda propícios para obter parâmetros atmosféricos estelares precisos na região do infravermelho. Para Arcturus, as principais dificuldades apresentadas foram a ausência de linhas de Fe II de qualidade para a análise e, possivelmente, os parâmetros atômicos fornecidos pela lista, que foram calibrados para o espectro do Sol e não de Arcturus. As soluções desses problemas seriam, respectivamente, obter um número mínimo de linhas de Fe II confiáveis para a análise com o modelo ATLAS e o programa MOOG; e a calibração do $\log g$, um dos parâmetros atômicos, para estrelas do tipo espectral de Arcturus.

Referências

- Andreasen, D. T. et al., 2016: **Near-infrared spectroscopy of the Sun and HD 20010. Compiling a new line list in the near-infrared**
- Hinkle, Kenneth et al., 1995: **Infrared atlas of Arcturus spectrum, 0.9-5.3 microns**
- Kurucz, R. L., 1970, SAO Special Report 309, **Atlas: A Computer Program for Calculating Model Stellar Atmospheres**
- Snedden, C., 2012: **MOOG: LTE line analysis and spectrum synthesis.**