

# Filtragem de ruído telúrico em sinais astronômicos

MAC0499 - Trabalho de formatura supervisionado

*Proposta de Trabalho*



**IME-USP**

*Aluna: Isabela Blucher*

*Orientadores: Paula Coelho e Marcelo Queiroz*

# Conteúdo

|     |                      |   |
|-----|----------------------|---|
| 1   | Introdução           | 3 |
| 2   | Objetivos            | 3 |
| 3   | Metodologia          | 5 |
| 4   | Planejamento         | 6 |
| 4.1 | Étapas . . . . .     | 6 |
| 4.2 | Cronograma . . . . . | 6 |
|     | Referências          | 7 |

# 1 Introdução

A espectroscopia astronômica é a área da astronomia que tem como objeto de estudo o espectro de radiação eletromagnética proveniente de diversos corpos celestes, como estrelas, planetas, nebulosas, galáxias e núcleos galácticos ativos. A observação de espectros estelares é relevante devido ao volume de informação que pode ser obtido a partir de estudos espectrais, como composição química, distância, idade, luminosidade e taxa de perda de massa da estrela [1].

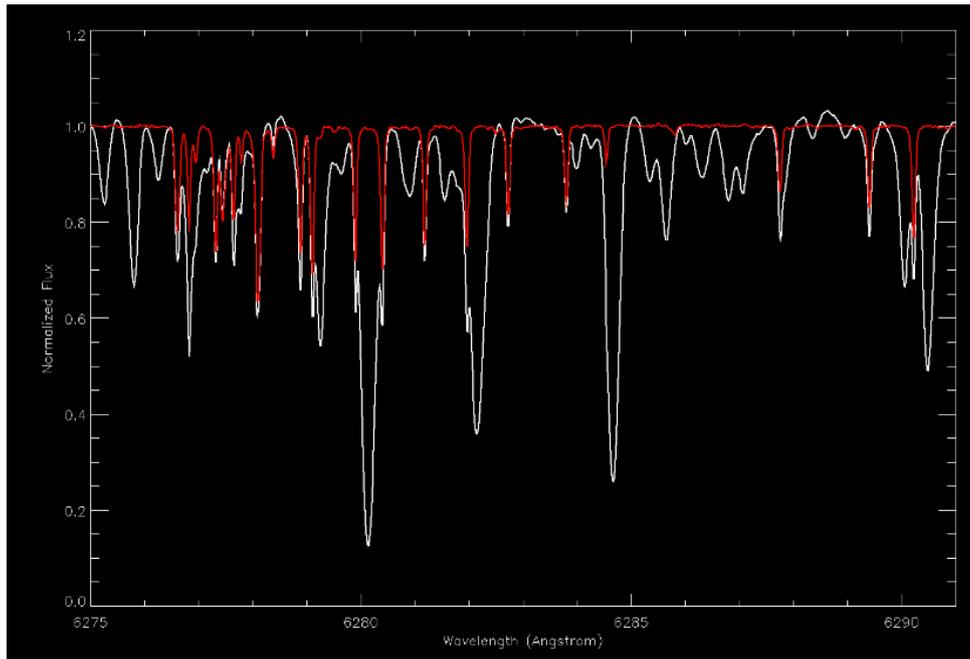
A aquisição de espectros estelares se dá por instrumentos denominados espectrógrafos, que dividem a luz irradiada de um objeto celeste em seus comprimentos de onda componentes [2]. Este instrumento pode estar presente em telescópios terrestres e em telescópios espaciais.

A maioria das observações em astronomia são feitas a partir do solo, e nesse caso, nem toda luz irradiada pela estrela consegue ser capturada pelo espectrógrafo. Ao atravessar a atmosfera terrestre, o sinal astronômico interage com gases como vapor de água e oxigênio [3], o que resulta na formação de novas linhas espectrais (linhas telúricas) que se misturam ao sinal original [4], criando um espectro distorcido ou contaminado.

Para remover as linhas telúricas e recuperar o sinal original de uma estrela a ser estudada (estrela de ciência), um dos métodos usados é a observação de uma estrela padrão, normalmente uma estrela quente de rotação rápida e com poucas características marcantes além de fortes linhas de hidrogênio [3]. A divisão do espectro observado pelo espectro da estrela padrão resulta em uma aproximação do espectro da estrela de ciência sem o ruído telúrico [5]. Isto é possível devido ao espectro da estrela padrão representar com certa precisão o espectro de transmissão da atmosfera terrestre [6]. O grande problema desse método é a falta de eficiência e acurácia, pois requer medições suficientemente próximas no tempo da estrela de ciência e da estrela padrão, além de uma grande quantidade de tempo de uso de telescópio [3].

## 2 Objetivos

Este trabalho de formatura supervisionado tem como objetivo a implementação de um *framework* que seja capaz de remover o ruído telúrico de espectros estelares. Para isso é necessário detectar as linhas telúricas, remover o ruído e reconstruir o sinal original, quando possível. Alguns objetivos específicos são:



**Figura 1:** *Espectro branco: espectro observado da estrela HD186791, com contaminação telúrica. Espectro vermelho: espectro observado de uma estrela quente. As linhas indicam onde estão as linhas telúricas.*

- Avaliar a possibilidade de modelar o espectro de transmissão da atmosfera terrestre como um filtro linear, construído a partir do espectro de uma estrela padrão;
- Estudar a dependência do ruído telúrico em relação a parâmetros observacionais como a data da observação (e conseqüentemente as posições relativas da terra e da estrela padrão) e condições meteorológicas (que afetam a composição da atmosfera terrestre), a fim de definir filtros paramétricos para a remoção do ruído telúrico;
- Propor experimentos computacionais baseados em dados sintéticos de espectroscopia estelar e *softwares* de simulação da atmosfera terrestre [7] a fim de validar os filtros propostos.

### 3 Metodologia

Como início do trabalho, está sendo feito um levantamento dos métodos disponíveis em artigos científicos atualmente usados para a resolução do problema.

Após o levantamento bibliográfico, será feito um experimento piloto. Este experimento consiste em artificialmente contaminar dados sintéticos e desenvolver um filtro que consiga recuperar ao máximo o sinal original. Para isso, inicialmente serão simuladas observações de espectros estelares. Em seguida, será adotada a suposição de que o sinal telúrico pode ser representado por um filtro. A partir disso, usando técnicas de processamento de sinais digitais, será possível estimar o comportamento da atmosfera terrestre, que será aplicado nos sinais contaminados. Para concluir o experimento e quantificar o seu desempenho, será feita a comparação de espectros reais com o resultado do programa.

A partir dos resultados do experimento piloto, serão definidas novas metas e desenvolvimentos futuros para o trabalho. Isso é devido à complexidade do problema, que pode adquirir níveis mais profundos de sofisticação conforme o modelo utilizado para representar a transmissão atmosférica.

A linguagem escolhida para a implementação do experimento piloto foi o *Python*. A justificativa desta escolha se dá ao formato dos dados dos espectros estelares, o formato *FITS (Flexible Image Transport System)*, o formato de arquivo digital mais comum na astronomia [8]. Serão usadas funções de leitura e manipulação dos dados da biblioteca *astropy*, e bibliotecas com métodos de processamento de sinais digitais, para representação dos filtros.

## 4 Planejamento

### 4.1 Etapas

1. Estudo de conceitos da espectroscopia estelar e dos métodos atuais de remoção da contaminação telúrica.
2. Obtenção dos dados sintéticos; familiarização com o formato de dados (FITS) e código para sua leitura e manipulação.
3. Contaminação de sinais sintéticos com o software de transmissão atmosférica.
4. Estimativa e implementação de filtros lineares representativos da atmosfera terrestre.
5. Testes e resultados do experimento piloto.
6. Estudo de extensões/sofisticações do problema e desenvolvimentos futuros.
7. Escrita da monografia.
8. Preparação do pôster e da apresentação final.

### 4.2 Cronograma

A tabela a seguir estabelece um cronograma preliminar para as tarefas definidas na seção 4. É importante destacar que a tarefa 6 será detalhada posteriormente, a depender dos resultados da tarefa 5. Eventuais subtarefas derivadas desse detalhamento serão incluídas em uma versão revisada do cronograma.

**Tabela 1**

| Etapas | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1      | X   |     |     |     |     |     |     |     |
| 2      | X   | X   |     |     |     |     |     |     |
| 3      |     | X   | X   |     |     |     |     |     |
| 4      |     | X   | X   | X   |     |     |     |     |
| 5      |     |     | X   | X   |     |     |     |     |
| 6      |     |     |     | X   | X   | X   | X   |     |
| 7      |     |     |     | X   | X   | X   | X   |     |
| 8      |     |     |     |     |     |     |     | X   |

## Referências

- [1] Wikipedia contributors. Astronomical spectroscopy — Wikipedia, the free encyclopedia. [Online; accessed 06-April-2019]. 3
- [2] Australia Telescope National Facility. Obtaining astronomical spectra - Spectrographs. [Online; accessed 06-April-2019]. 3
- [3] Andreas Seifahrt, Hans Ulrich Käufel, Günther Zängl, Jacob Bean, Matthew Richter, and Ralf Siebenmorgen. Precise modelling of telluric features in astronomical spectra. *The Messenger*, 142:21–24, 2010. 3
- [4] G Catanzaro. High resolution spectral atlas of telluric lines. *Astrophysics and space science*, 257(1):161–170, 1997. 3
- [5] N Rudolf, HM Günther, PC Schneider, and JHMM Schmitt. Modelling telluric line spectra in the optical and infrared with an application to VLT/X-Shooter spectra. *Astronomy & Astrophysics*, 585:A113, 2016. 3
- [6] S Ulmer-Moll, P Figueira, JJ Neal, NC Santos, and M Bonnefoy. Telluric correction in the near-infrared: Standard star or synthetic transmission? *Astronomy & Astrophysics*, 621:A79, 2019. 3
- [7] Jean-Loup Bertaux, Rosine Lallement, Stéphane Ferron, Cathy Boone, and R Bodichon. Tapas, a web-based service of atmospheric transmission computation for astronomy. *Astronomy & Astrophysics*, 564:A46, 2014. 4
- [8] W. D. Pence, L. Chiappetti, C. G. Page, R. A. Shaw, and E. Stobie. Definition of the Flexible Image Transport System (FITS), version 3.0. , 524:A42, December 2010. 5