

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**ABUNDÂNCIAS QUÍMICAS EM  
ASSOCIAÇÕES ESTELARES JOVENS  
CASO AB DORADUS**

Orlando José Katime Santrich

Itajubá, Fevereiro de 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
FÍSICA E MATEMÁTICA APLICADA**

Orlando José Katime Santrich

**ABUNDÂNCIAS QUÍMICAS EM  
ASSOCIAÇÕES ESTELARES JOVENS  
CASO AB DORADUS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Física e Matemática Aplicada como parte dos requisitos  
para a obtenção do Título de Mestre em Ciências em  
Física e Matemática Aplicada.

Área de concentração: Astrofísica

Orientador: Prof. Dr. Bruno Vaz Castilho

Fevereiro de 2009

Itajubá - MG

*Das Utopias*

*Se as coisas são inatingíveis... ora !*

*Não é motivo para não querê-las...*

*Que tristes os caminhos, se não fora*

*A presença distante das estrelas !*

*Mário Quintana, do livro "Espelho mágico".*

*Para Tomy, Abigail, Estela, e Miriam*

# Agradecimentos

Tenho um especial agradecimento para minha família, principalmente minha mãe (Tomy), vovó (Abigail) e tias (Estela e Miriam) pela torcida e palavras de apoio na distância. Elas ocupam um lugar destacado no meu coração e sem dúvida o impulso dado foi fundamental para terminar todo este processo que começou com dificuldades que infelizmente nada tinham que ver com as atividades profissionais de pesquisa em astrofísica e que perturbaram o tempo de desenvolvimento desta dissertação.

Quero agradecer ao *LNA* pela chance que teve de usar a sua infra-estrutura, em especial ao diretor Dr. Albert Bruch, ao Dr. Clemens Gneiding e ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Castilho porque facilitaram este processo. Tenho também um especial agradecimento aos pesquisadores Dr. Carlos A. Torres e o Dr. Germano Quast pela disposição dos espectros e por terem respondido algumas dúvidas das suas observações que foram fundamentais nesta dissertação, assim mesmo à maioria dos funcionários e bolsistas do *LNA* pela ajuda, assessoria, e amizade durante estes dois anos e meio.

Também quero agradecer ao *IAG/USP* por ter dado a possibilidade de utilizar os seus recursos computacionais e logísticos, os meus agradecimentos vão especialmente para a Prof. Dra. Beatriz Barbuy que facilitou o acesso a estes recursos sem nenhuma complicação e ao meu colega Dr. Alan Alves Brito quem dedicou-me tempo do seu trabalho para explicações e assessorias que foram fundamentais na hora de usar as ferramentas computacionais nesta dissertação.

# Resumo

Apresentamos neste trabalho os parâmetros estelares, metalicidade e abundância do Lítio para as estrelas da associação *AB Doradus*, determinadas através de fotometria e espectroscopia. A fotometria utilizada foi obtida da literatura e de por Torres et al. (2006a) e os espectros de alta resolução foram obtidos com os espectrógrafos *FEROS* (telescópio de 1,52m do *ESO*) e Coudé (telescópio de 1,60m do *OPD*).

Os parâmetros atmosféricos foram determinados através de fotometria, utilizando as calibrações fotométricas de Alonso et al. (1996b) e Houdashelt et al. (2000) e espectroscopia, através razões de linhas de Padgett (1996), curvas de crescimento (Spite e Spite 1967) e síntese espectral (Gray & Corbally 1994). Os parâmetros determinados para as estrelas estão na faixa de  $T_{ef} = [4486, 6031]K$ ,  $\log(g_s) = [3.90, 4.60]$ ,  $[Fe/H] = [-0.20, 0.15]$ ,  $V_{mt} = [1.00, 2.50]Km/s$  e  $\log(N(Li)) = [0.64, 2.89]$ .

Nossos resultados confirmam que as estrelas identificadas por Torres et al. (2006a), como membros da associação, são estrelas jovens e tem parâmetros e abundâncias compatíveis com a pertinência à associação *AB Doradus*. Os resultados mostram também concordância com as hipóteses levantadas por Travaglio et al. (2001) com relação ao comportamento do Lítio na pré-sequência principal e na sequência principal.

# Abstract

We present in this work the stellar parameters, metallicity and abundance of lithium in the stars of the association *AB Doradus*, determined by photometry and spectroscopy. The photometric data was taken from the literature and by Torres et al. (2006a) and the high-resolution spectra were obtained with the *FEROS* spectrograph (1.52m telescope of the *ESO*) and Coudé spectrograph (1.60m telescope of the *OPD*).

The atmospheric parameters were determined by photometry, using the photometric calibrations of Alonso et al. (1996) and Houdashelt et al. (2000) and spectroscopy, by line ratios (Padgett 1996), curves of growth (Spite and Spite 1967) and spectral synthesis (Gray & Corvally 1994). The parameters determined for the stars are in the range of  $T_{ef} = [4486, 6031]K$ ,  $\log(g_s) = [3.90, 4.60]$ ,  $[Fe/H] = [-0.20, 0.15]$ ,  $V_{mt} = [1.00, 2.50]Km/s$  and  $\log(N(Li)) = [0.64, 2.89]$ .

Our results confirm that the star identified by Torres et al. (2006a), as members of the association, are young stars and have parameters and abundances compatible with the membership in the association *AB Doradus*. The results also show agreement with the hypothesis raised by Travaglio et al. (2001) in respect to the behavior of lithium abundance in the pre-main sequence and main sequence.



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Associações estelares . . . . .	1
1.2	O projeto SACY . . . . .	3
1.3	A associação AB Doradus . . . . .	5
1.4	Motivação desta dissertação . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Abundâncias químicas</b>	<b>10</b>
2.1	Parâmetros estelares . . . . .	11
2.2	Modelos de atmosfera . . . . .	15
2.3	Abundâncias do lítio . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Metodologia utilizada</b>	<b>22</b>
3.1	As observações . . . . .	24
3.2	Calibrações fotométricas . . . . .	30
3.2.1	Equações de Alonso . . . . .	30
3.2.2	Equações de Houdashelt . . . . .	36
3.3	Razões de linha . . . . .	38
3.4	Ajuste da SPIZ vs $\text{Log}(g)$ . . . . .	39
3.5	Curva de crescimento . . . . .	40
3.5.1	Renoir e DAOSPEC . . . . .	43
3.6	Síntese espectral . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Resultados e análise</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>Discusões e conclusões</b>	<b>90</b>
<b>6</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>92</b>
	<b>Anexo I</b>	<b>104</b>

# Lista de Figuras

1.1	Distribuição de estrelas do SACY na esfera celeste . . . . .	4
1.2	Expansão das associações na direção $X$ . . . . .	6
1.3	Expansão para estrelas com paralaxes de Hipparcos. . . . .	6
1.4	Concentrações estelares de <i>AB Doradus</i> . . . . .	8
2.1	Diagrama Cor-Magnitude das Pleiâdes . . . . .	12
2.2	Diagrama Cor-Magnitude de <i>M67</i> . . . . .	13
2.3	Diagrama Cor-Magnitude das Hyades . . . . .	14
2.4	Abundância do Lítio em função da temperatura efetiva nas Pleiades .	19
2.5	Abundância do Lítio em função da temperatura efetiva no Hyades . .	20
2.6	Abundância do Lítio em função da temperatura efetiva em <i>M67</i> . . .	21
3.1	Diagrama da metodologia usada . . . . .	23
3.2	Espectro obtido com o espectrógrafo <i>FEROS</i> . . . . .	25
3.3	Dispersão das larguras equivalentes medidas . . . . .	44
3.4	Curva de crescimento do Sol . . . . .	45
3.5	Sínteses preliminares de <i>AB Doradus</i> . . . . .	46
4.1	Dispersão de Temperaturas fotométricas . . . . .	49
4.2	Curvas de crescimento de <i>AB Doradus</i> . . . . .	84
4.3	Curvas de crescimento de estrelas com baixo ( $S/N$ ) . . . . .	85
4.4	Sínteses espectrais em <i>AB Doradus</i> . . . . .	86
4.5	Abundâncias de Lítio em função das temperaturas de <i>AB Doradus</i> . .	87
4.6	Metalicidades em função das temperaturas de <i>AB Doradus</i> . . . . .	87
4.7	Abundâncias de Lítio em função das metalicidades <i>AB Doradus</i> . . .	88
4.8	Abundâncias de Lítio em função das gravidades superficiais de <i>AB</i> <i>Doradus</i> . . . . .	88
4.9	Seqüência Principal de Idade Zero e diagrama <i>HR</i> de <i>AB Doradus</i> . .	89

# Lista de Tabelas

1.1	Associações identificadas no SACY. . . . .	5
3.1	Características observacionais da amostra. . . . .	26
4.1	Cores fotométricas da amostra. . . . .	51
4.2	Extinções interestelares das cores. . . . .	54
4.3	Cores e temperaturas fotométricas. . . . .	58
4.4	Características e parâmetros espectrais. . . . .	61
4.5	Magnitudes, luminosidades, raios e distâncias. . . . .	63
4.6	Comparação das temperaturas obtidas. . . . .	67
4.7	Comparação das gravidades obtidas. . . . .	71
4.8	Abundâncias espectrôscopicas e fotométricas. . . . .	75
4.9	Parâmetros estelares e abundâncias finais de <i>AB Doradus</i> . . . . .	79

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Associações estelares

O primeiro a falar de associações estelares foi o astrônomo russo Viktor Ambartsumian em um artigo publicado nos anais do observatório Burakan da Academia de Ciências da Armênia em 1947. Ele descreve a existência de pequenos grupos de estrelas, da ordem de dezenas, que poderiam estar espalhadas em algumas regiões da galáxia e que seria muito difícil identificá-los. Daquela época até os últimos anos o conhecimento das associações estelares melhorou notavelmente. Agora sabe-se com mais certeza que estes grupos de estrelas não podem ser considerados aglomerados abertos nem globulares. As características que diferenciam as associações dos aglomerados podem se resumir em: pequeno número de estrelas  $\sim (10 - 100)$  estrelas e baixa densidade estelar ( $\sim$  número de estrelas  $\times Pc^{-3}$ ); não possuem uma ligação gravitacional forte apesar de apresentarem movimento sistêmico, e com um tempo de evaporação do grupo estelar menor do que das estrelas dos aglomerados; sendo essa evaporação conseqüência da fraca ligação gravitacional. O tempo de evaporação mostra que as associações são menos compactas do que os aglomerados, e como é conferido pelas observações, com as suas estrelas espalhando-se. O movimento sistêmico apresenta-se apesar da fraca ligação e do espalhamento, sendo este movimento em conjunto a característica que leva ao primeiro processo de identificação de uma associação visto que os movimentos próprios de cada estrela mostram um movimento comum e concentrações de estrelas em alguma região determinada do espaço. (veja a figura 1.1).

As associações também apresentam algumas características similares aos dos aglomerados, especialmente com relação à idade das estrelas. A hipótese de que as estrelas em uma associação tenham a mesma idade, leva a pensar que provavelmente formaram-se ao mesmo tempo, de fato, isto é uma idéia generalizada em astrofísica quando se fala de um grupo de estrelas em um certo volume dentro de uma nuvem molecular. Esta idéia está fundamentada em observações que mostram que os processos de formação das estrelas começam ao mesmo tempo. A idéia de igualdade na idade leva a supor que também tenham a mesma composição química. Esta hipótese será mostrada nos resultados das metalicidades para cada estrela da associação *AB Doradus*.

Existem três tipos principais de associações estelares: associações *OB*, associações *R* e associações *T*. No primeiro caso, a associação é formada principalmente por estrelas tipo *O* e *B*, supõe-se que elas se originaram em pequenos volumes de uma nuvem molecular gigante. Estas associações possuem uma idade menor pois as estrelas *O* e *B* têm uma vida estelar de alguns poucos milhões de anos. A literatura diz que a maioria das estrelas na Via Láctea foram formadas em associações *OB* (Ambartsumian 1958). O segundo tipo são as associações *R* que são grupos de estrelas da seqüência principal que iluminam as nebulosas de reflexão. Supõe-se que essas nebulosas são as regiões onde as estrelas dessa associação se formaram (Herbst 1976), conseqüentemente as associações não podem ser muito massivas, caso contrário haveria dispersão da nuvem. O terceiro tipo de associação é o objeto de estudo deste trabalho, as associações de estrelas jovens principalmente formadas por *TTS* (iniciais do inglês “T-Tauri Stars”) e *post-TTS*. As principais características delas serão mostradas nesta dissertação. É bom comentar que sempre que se fala de associações estelares jovens vai ser suficiente dizer associações estelares porque as estrelas *O*, *B* e as das associações *R* são jovens, e as estrelas *TTS* ainda mais, então as associações estelares contém necessariamente estrelas jovens.

## 1.2 O projeto SACY

O *SACY* (por a sua sigla em inglês Search for Associations Containing Young stars) é o desenvolvimento de um catálogo para a procura de associações de estrelas jovens; este projeto é uma parceria entre o Laboratório Nacional de Astrofísica *LNA*, o Observatório Nacional *ON*, e o *ESO* (European Southern Observatory) (Torres et al. 2006b). O *SACY* foi fundamental para o desenvolvimento desta dissertação pois os espectros utilizados foram obtidos das noites de observação concedidas ao projeto e os resultados mostraram uma quantidade significativa de estrelas anãs jovens nunca antes reportadas na literatura e que não têm os parâmetros estelares, as abundâncias químicas nem suas características espectrais calculadas ou identificadas. Como antecedentes que conduziram ao desenvolvimento do *SACY* podemos citar: o postulamento da existência de estrelas post T-Tauri (*PTTS* por suas siglas em inglês) (Herbig 1978); a possível existência de *TTS* isoladas Quast et al. (1987) e de la Reza et al. (1989); a descoberta de 150 *TTS* candidatas a não estar ligadas a regiões de formação estelar (Gregorio-Heten et al. 1992); a verificação do carácter de associação de *TW Hyades* (Kastner et al. 1997); a identificação das associações *Horologium* e *Tucana* e a sua proximidade (Torres et al. 2000).

Após estes antecedentes o projeto concentrou-se na procura das associações através da análise da contrapartida óptica de fontes de raios-*X* do *ROSAT* e na obtenção dos movimentos próprios (determinados pelos satélites *Tycho 2* e *Hipparcos*) para todo o hemisfério sul e deste modo encontrar as velocidades radiais e por sua vez calcular as velocidades espaciais *UVW*. Devido ao fato que o *Li* é um indicador de juventude para estrelas mais frias do que *G0* somente estrelas com  $(B - V) \geq 0.6$  fizeram parte da amostra (mesmo assim na amostra existem algumas estrelas tipo *F*). Ficaram excluídas as estrelas muito quentes e algumas outras por não terem medidas fidedignas das velocidades radiais. O *SACY* está completo até declinação de  $+10^\circ$ , exceto na faixa de ascensão reta de  $[09\ 15\ 00, 18\ 00\ 00]$  onde só vai até o equador (figura 1.1), 1810 estrelas pertencem ao hemisfério sul e 91 ao norte.

O método que procura identificar associações estelares determinando quais estrelas fazem parte de uma determinada associação constitui-se de uma análise de convergência e um método estatístico de probabilidades. Para mais detalhes ao respeito pode-se consultar Torres et al. (2006a).

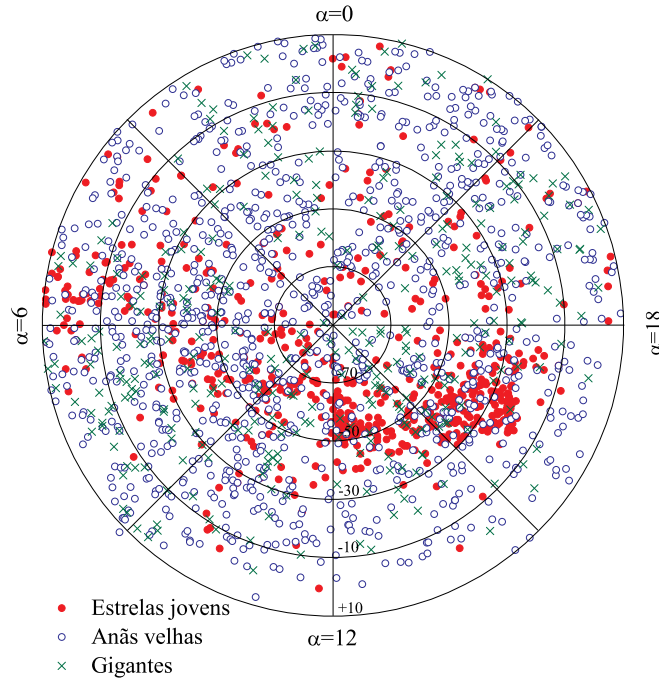


Figura 1.1: Distribuição de estrelas do SACY na esfera celeste

A figura 1.1 é uma versão atualizada do gráfico 1 desse artigo, ele mostra a distribuição das estrelas jovens identificadas pelo *SACY* na esfera celeste em projeção polar, a amostra total contém 2200 estrelas.

O principal resultado do projeto *SACY* é a identificação de 9 associações estelares com as respectivas pertinências estelares estabelecidas. Estas 9 associações não pertencem à *Scorpion-Centaurus*, veja a tabela 1.1. Além da identificação das associações, foram observadas duas características: nenhuma tem distribuição esférica definida e observa-se uma correlação positiva entre a velocidade  $U$  e a coordenada  $X$  para estrelas mais jovens do que  $30MYr$  que pode ser interpretada como uma expansão na direção  $X$ . Esta expansão se apresenta não somente nas estrelas das associações (com exceção de Octantis e  $\epsilon$  Cha) como também na distribuição espacial das associações mesmas. A figura 1.2 é uma versão atualizada do gráfico 16 de Torres et al. (2006b), nele é ilustrada esta expansão, a figura 1.3 ilustra a mesma expansão de estrelas com dados tomados de *Hipparcus*. Como resultados secundários podem ser citados: A obtenção de velocidades radiais e de rotação de boa qualidade a partir dos espectros do *FEROS*; uma classificação espectral obtida da biblioteca de Montes et al. (1997) e pelo método desenvolvido por Torres et al. (1999); e uma

Tabela 1.1: Associações identificadas no SACY.

Associação	U	V	W	Distância	Idade	$N_e$
	( $Km/s$ )	( $Km/s$ )	( $Km/s$ )	$Pc$	$\times 10^6$ anos	
$\beta$ Pic	$-10.1 \pm 2.1$	$-15.8 \pm 0.8$	$-9.0 \pm 0.9$	$30 \pm 20$	10	45
Tucana-Horologium	$-9.6 \pm 0.9$	$-20.9 \pm 0.8$	$-1.3 \pm 0.9$	$46 \pm 4$	30	36
Columba	$-12.5 \pm 1.1$	$-22.0 \pm 0.7$	$-5.8 \pm 0.8$	$76 \pm 24$	30	22
Carina	$-10.5 \pm 0.4$	$-23.2 \pm 0.8$	$-4.3 \pm 1.6$	$88 \pm 38$	30	21
TW Hyades	$-10.5 \pm 0.9$	$-18.0 \pm 1.5$	$-4.9 \pm 0.9$	$48 \pm 13$	8	22
$\epsilon$ Cha	$-11.0 \pm 1.2$	$-19.9 \pm 1.2$	$-10.4 \pm 1.6$	$108 \pm 9$	5	24
Octantis	$-13.6 \pm 2.5$	$-2.7 \pm 1.4$	$-9.4 \pm 1.0$	$128 \pm 26$	10	11
Argus	$-22.0 \pm 0.3$	$-14.4 \pm 1.3$	$-5.0 \pm 1.3$	$109 \pm 53$	40	63
AB Doradus	$-6.9 \pm 1.2$	$-27.3 \pm 1.0$	$-13.5 \pm 1.6$	$31 \pm 22$	70	89

quantidade significativa de estrelas anãs nunca antes reportada na literatura.

Ainda não se tem uma ideia consistente sobre a formação destas estrelas jovens próximas. Um trabalho recente de Makarov (2007) traz a idéia de que elas poderiam ter se formado por interações ou encontros próximos das suas nuvens moleculares progenitoras com algumas nuvens encontradas distantes hoje.

### 1.3 A associação AB Doradus

Na literatura encontram-se vários artigos com observações de *AB Doradus* em faixas do espectro, desde os raios- $X$  até as ondas de rádio (Lim et al. 1992; Mewe et al. 1996; Vilhu et al. 1998; Gödel et al. 2001), por isso ela pode ser considerada como a associação estelar bem conhecida e estudada. Entretanto não há estudos amplos sobre os parâmetros atmosféricos nem as abundâncias químicas das suas estrelas na literatura.

Antes de ser identificada como uma associação propriamente dita foram encontradas três estrelas na constelação do Doradus chamadas de *AB Dor A*, *AB Dor B*, e *AB Dor C* identificadas por Guirado et al. (1997). Alguns anos depois o trabalho de Close et al. (2005) mostrou que na realidade este é um sistema quádruplo e talvez uma delas, *AB Dor B* seja uma binária tipo cerrada. Neste artigo o autor também faz uma descrição completa de *AB Dor C*, tipo espectral, idade, órbita, massa e a compara com os modelos evolutivos.



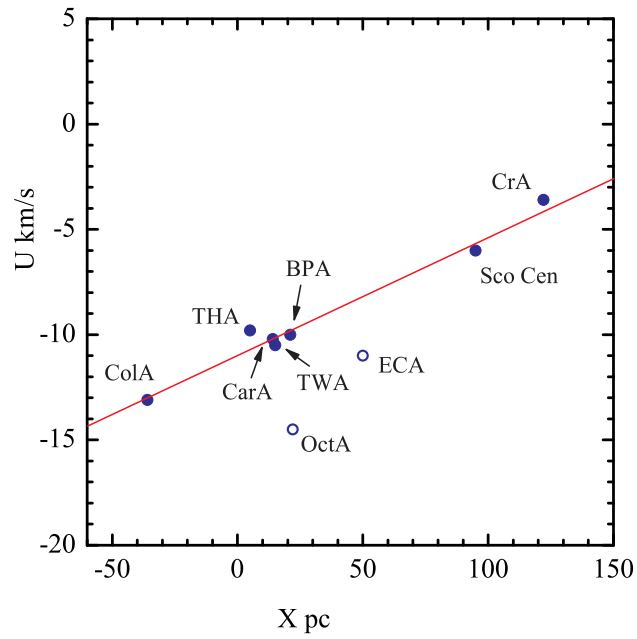


Figura 1.2: Expansão das associações na direção  $X$ .

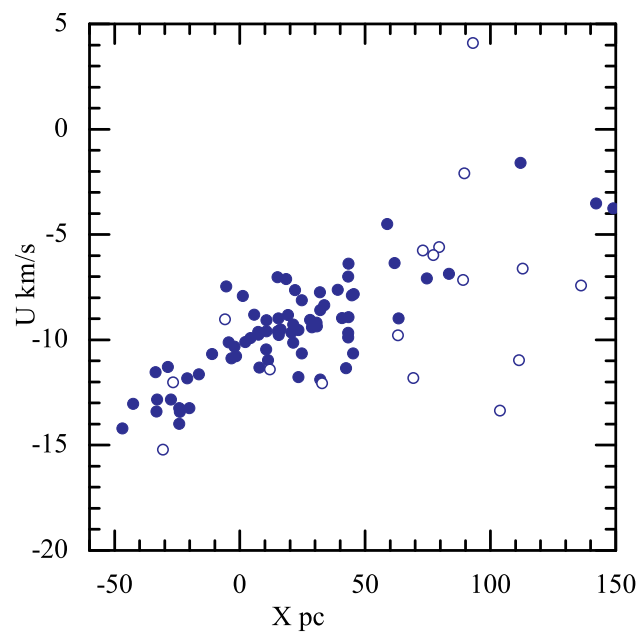


Figura 1.3: Expansão para estrelas com paralaxes de Hipparcos.

Nos trabalhos de Torres et al. (2003) e Zuckerman (2004) *AB Doradus* passou a ser considerada como uma associação, ou em outras palavras como um grupo de estrelas que se movem em conjunto, sendo o sistema quádruplo parte deste grupo. Atualmente estima-se que esta associação possa estar formada por cerca de 90 estrelas, a maioria delas anãs e algumas outras sub-anãs (da Silva et al. 2008; Torres et al. 2006a; e Torres et al. 2006b).

A tabela 3.1 é uma versão ampliada da encontrada em Torres et al. (2006b). Após a publicação desse artigo, novas observações foram feitas (Torres et al. 2008, comunicação privada), algumas estrelas foram adicionadas à associação e outras saíram da amostra. Além dos trabalhos de Torres e Zuckerman mencionados acima, Lopez-Santiago (2006) também propôs alguns possíveis membros para *AB Doradus* dos quais 6 fazem parte desta amostra.

Sobre a origem desta associação há poucas informações na literatura mas o artigo de Ortega et al. (2007) usando dinâmica galáctica propõe a ideia que *AB Doradus* é um remanescente estelar do processo de formação no qual também se formaram as Pleiâdes. Essa ideia tem sido comentada por Zuckerman et al. (2004); e os resultados do projeto *SACY* parecem reforçá-la.

A figura 1.4 representa combinações subespaciais do espaço *UVWXYZ*. Nela são mostrados os efeitos das concentrações tanto cinemática como espacial que apresentam as estrelas de *AB Doradus*.

## 1.4 Motivação desta dissertação

O processo de formação e evolução das estrelas embora razoavelmente conhecido ainda apresenta problemas muito interessantes para serem desvendados e para que o processo seja completamente compreendido. Entre eles está a ligação das abundâncias químicas com o processo e eficiência da formação estelar assim como a diferenciação das etapas evolutivas. Neste sentido as associações estelares jovens são laboratórios ideais para se estudar o comportamento estelar pois apresentam ainda a composição química do gás genitor e podemos estudar várias estrelas formadas da

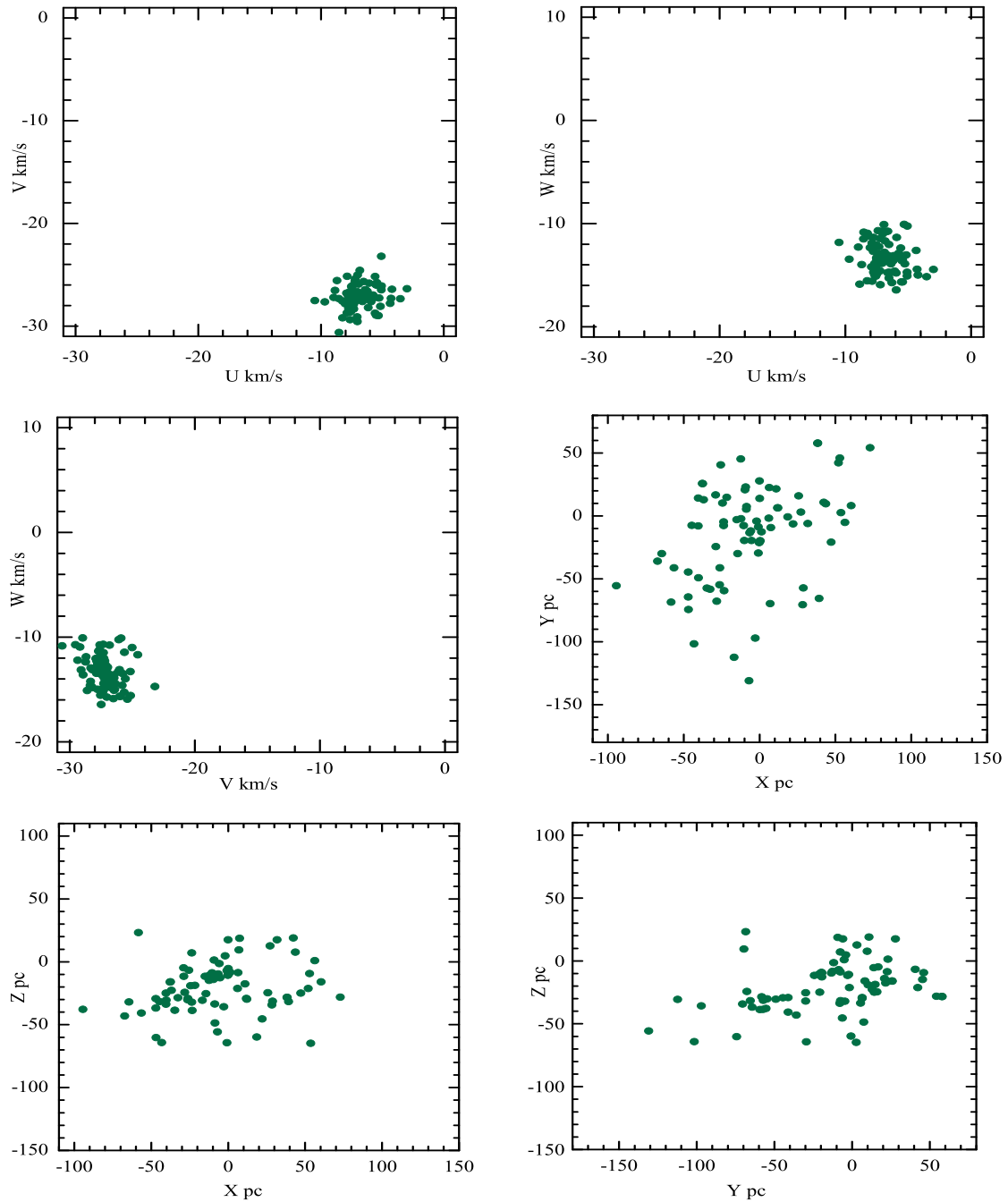


Figura 1.4: Concentrações espaciais e cinemáticas.

mesma nuvem. Especificamente, o estudo das associações ajuda no entendimento da co-relação formação estelar  $\rightarrow$  meio inter-estelar pois as abundâncias químicas das associações estão relacionadas com o material inter-estelar, o gás e a poeira nebular, estes pontos vão ser mais explorados no capítulo 2.

Nos últimos anos o estudo das associações de estrelas jovens ganhou um interesse adicional na procura de planetas extra-solares pois a teoria pre diz que a formação planetária é desenvolvida a partir de estrelas jovens de metalicidade relativamente alta. Além disto, devido à quantidade importante de estrelas jovens nunca antes reportada na literatura que o *SACY* conseguiu identificar, é necessario calcular os seus parâmetros estelares e abundâncias químicas. Este é um dos objetivos do secundários do *SACY* e esta dissertação é precisamente um dos quatro trabalhos que estão focalizados nessa direção. Não obstante, a diferença entre esta dissertação e os trabalhos de Viana Almeida et al. (2008), Mentuch et al. (2008), e da Silva et al. (2009) é a variedade de técnicas espectroscópicas e fotométricas usadas que conduzem para uma análise mais completa.

A proposta deste trabalho é a determinação de parâmetros estelares e abundâncias químicas, especificamente, temperaturas efetivas, gravidades superficiais, velocidades de microturbulência e abundâncias químicas de Ferro e Lítio, em estrelas jovens através de uma metodologia que consiste no uso de algumas técnicas fotométricas e espectroscópicas especialmente desenvolvidas pelos diferentes autores focalizadas em estrelas do tipo espectral  $[F - K]$ . Inicialmente nossa análise foi realizada nas estrelas de baixa massa da associação *AB Doradus* descrita na seção anterior. Para determinar os parâmetros utilizamos inicialmente calibrações fotométricas e refinamos os resultados preliminares com o método de curvas de crescimento. Para a determinação das abundâncias químicas utilizamos tanto o método de curvas de crescimento quanto síntese espectral.

Este trabalho está distribuído da seguinte maneira: o capítulo 2 descreve a importância das abundâncias químicas e os parâmetros estelares em astrofísica e o contexto global desta dissertação. No capítulo 3 é descrita a metodologia utilizada para calcular os parâmetros estelares e as abundâncias assim como as observações e algumas características da amostra utilizada. No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos e as suas respectivas análises. Finalmente no capítulo 5 fazemos algumas discussões que conduzem às conclusões desta dissertação.

# Capítulo 2

## Abundâncias químicas

As abundâncias químicas são um tópico de muita importância em astrofísica, sendo fundamentais e referenciadas em vários temas. A astrofísica estelar, o estudo das galáxias e inclusive a cosmologia são exemplos do grau de interesse que o cálculo das abundâncias dos elementos químicos têm em astronomia. De fato sendo mais específicos, um melhor conhecimento delas seria útil na pesquisa das reações nucleares estelares; no estudo de como é misturada a matéria no interior estelar; na estimativa da profundidade da zona convectiva; ajudaria no entendimento da difusão; e inclusive faria possível um melhor conhecimento da interação meio inter-estelar estrela pois ajudaria a entender a acreção de material do espaço inter-estelar.

Nesta dissertação o interesse fundamental concentra-se nas abundâncias de  $FeI$ ,  $FeII$  e  $LiI$  porque são determinantes no cálculo dos parâmetros estelares. No caso do lítio é ainda mais pois é um indicador de juventude da estrela, lembrando o capítulo anterior, a presença dele no espectro estelar foi um fator fundamental para resolver se uma estrela fazia parte de uma determinada associação. De fato, conhecendo as abundâncias do lítio nas associações jovens reportadas no *SACY*, pode ser melhorado o estudo da história da formação estelar local na galáxia, conduzindo talvez a um aporte importante nas pesquisas da evolução química galáctica e porém da evolução da Via Láctea. Além disso, um estudo químico das associações pode oferecer uma melhor descrição da fase de transição entre a perda do disco da estrela e o processo de formação planetária.

## 2.1 Parâmetros estelares

Uma estrela pode ser caracterizada por um número limitado de parâmetros que indicam o seu tipo e classe espectral. Os parâmetros estelares são a temperatura efetiva, a gravidade superficial, a metalicidade, e a velocidade de microturbulência. Como vai ser conferido ao longo deste trabalho, estes parâmetros são fundamentais para tentar desvendar o que pode estar acontecendo nas associações estelares jovens ou em qualquer grupo de estrelas em geral.

O cálculo das temperaturas efetivas é relativamente simples. Segundo a teoria, de fato, somente é necessário utilizar a conhecida equação:  $T_{ef} = [L/4\pi R^2\sigma]^{1/4}$ , onde  $L$  é a luminosidade observada,  $R$  é o raio estelar, e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzman. No caso do Sol, por exemplo, onde é possível medir o fluxo de energia na Terra e onde a extinção interestelar é desprezível, encontra-se um valor de  $T_{ef} \sim 5800K$ . Não obstante, quando trocamos de estrela a situação é muito diferente já que não existe um método confiável de medir os diâmetros estelares. Além disso, o problema da extinção interestelar para estrelas muito distantes do Sol é outro fator que dificulta o cálculo das temperaturas efetivas. Devido à dificuldade de se obter medidas fidedignas dos diâmetros estelares o cálculo das temperaturas efetivas gerou na literatura uma série de técnicas especializadas que em alguns casos mostra resultados aceitáveis e em outros produzem incertezas que continuam deixando espaço para a especulação.

Estas técnicas necessariamente envolvem ferramentas fotométricas e espectroscópicas. Nesta dissertação foram usadas duas calibrações fotométricas: as equações de Alonso et al (1996) e as equações de Houdashelt et al. (2000); e três técnicas espectroscópicas: as razões de linha de Padgett (1996), o método da curva de crescimento (software Renoir de M. Spite) e a síntese espectral (software SPECTRUM de R. Gray 1994). Conseqüentemente isto permitiu calcular quatro temperaturas efetivas sendo que a temperatura final foi obtida da média. Nos casos onde uma das temperaturas geradas estava muito longe das outras, essa simplesmente não era levada em conta.

Uma vantagem da obtenção das temperaturas efetivas em função das cores é possibilidade de fazer transformações de diagramas  $HR$  teóricos para observacionais e vice versa. Outra questão interessante das temperaturas e as cores através da chamada relação Cor-Temperatura (CT) e as Correções Bolométricas (CB) é

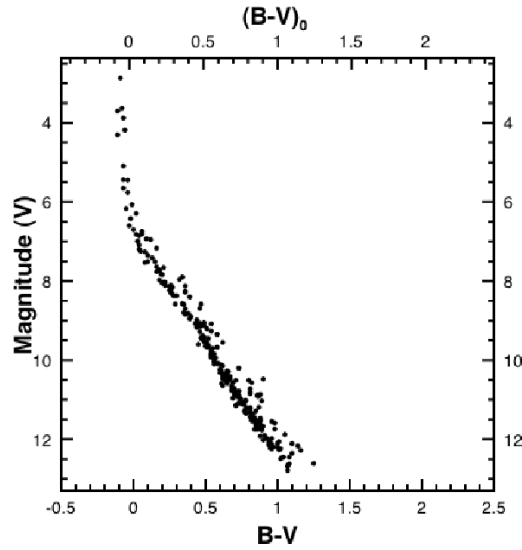


Figura 2.1: Diagrama Cor-Magnitude das Pleiâdes

que proporcionam uma ferramenta importante para inferir propriedades físicas das estrelas trasladando o plano teórico Temperatura efectiva-Luminosidade ao plano observacional Cor-Magnitude (daqui em diante *CMD* do inglês “Color Magnitude Diagram”), sendo este diagrama uma ferramenta clássica no estudo dos aglomerados, nos gráficos 2.1, 2.2 e 2.3 são mostrados os *CMD* das *Pleiâdes*, *M67* e *Hyades*. As relações *CT* teóricas são geralmente produzidas por modelos que usam perfis de transmissão de filtros fotométricos e espectros sintéticos de estrelas com valores conhecidos de temperaturas efetivas, abundâncias químicas, e gravidades superficiais.

A gravidade superficial pode ser obtida através da equação clássica:  $g_s = GM/R^2$ , onde  $M$  é a massa estelar,  $R$  é o raio estelar, e  $G$  é a constante de Cavendish; esta expressão descreve o comportamento dos gradientes de pressão na atmosfera estelar e da densidade necessária para a formação de linhas, uma vez que  $g_s$  influi nos coeficientes de absorção da linha e do contínuo. Neste trabalho realizamos duas determinações da gravidade: usando a inclinação da seqüência principal de ordem zero com  $\log(g)$  e a curva de crescimento; a gravidade final é uma média das duas determinações. Além disso, os dois valores foram comparados com a gravidade teórica, sendo  $M$  a massa obtida através da luminosidade observada. As gravidades e as temperaturas efetivas identificam uma estrela ao longo da sua evolução no *CMD*.

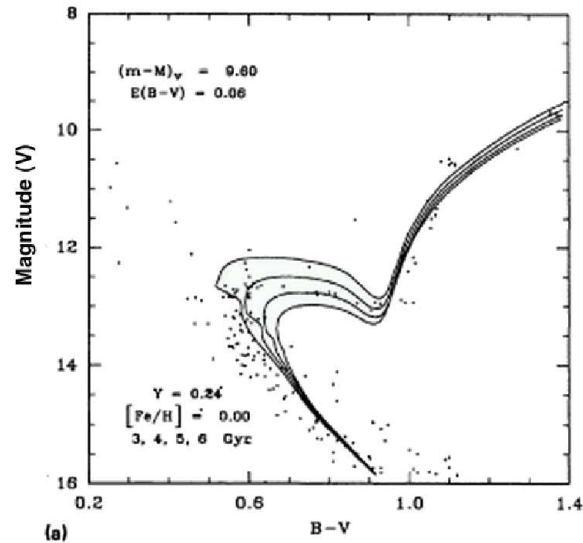


Figura 2.2: Diagrama Cor-Magnitude de *M67*

A metalicidade  $[Fe/H]$  é um fator determinante no estudo das associações, aglomerados e de qualquer grupo de estrelas em geral, porém como já foi comentado, é fundamental também na análise das teorias de evolução estelar e galáctica. A presença do *FeI* na atmosfera estelar é um traçador dos metais que poderiam também estar presentes. O *FeI* é muito utilizado pois tem várias transições atômicas no espectro, e devido ao seu potencial de excitação, as linhas do ferro estão presentes em superfícies de estrelas numa grande faixa de temperaturas efetiva. Nas estrelas muito quentes, *O*, *B* e *A*, o ferro não pode ser detectado facilmente porque seus átomos estão ionizados. Fazendo uma inversão do *CMD* e com uma relação idade-metalicidade consistente pode se contribuir para o estudo da história da formação estelar na Via Láctea, Tolstoy (2005) e Cole et al. (2005). Neste sentido, os aglomerados abertos e as associações jovens são ferramentas relevantes pois todas as estrelas da amostra têm aproximadamente a mesma idade e metalicidade. Em um cenário como este, onde a amostra é suficientemente grande, pode-se investigar se a metalicidade afeta propriedades globais das estrelas jovens tais como rotação, abundâncias de  ${}^7\text{Li}$ , atividade magnética e multiplicidade.

O comportamento da metalicidade ao longo do tempo na nossa galáxia também foi estudado extensamente na literatura. Os trabalhos de Carlberg et al. (1985) e Twarog (1980) parecem mostrar que a metalicidade na faixa de tempo de (12 – 5)*GYr* aumentou por um fator de 2 a 5. Além disto, apresentam uma provável



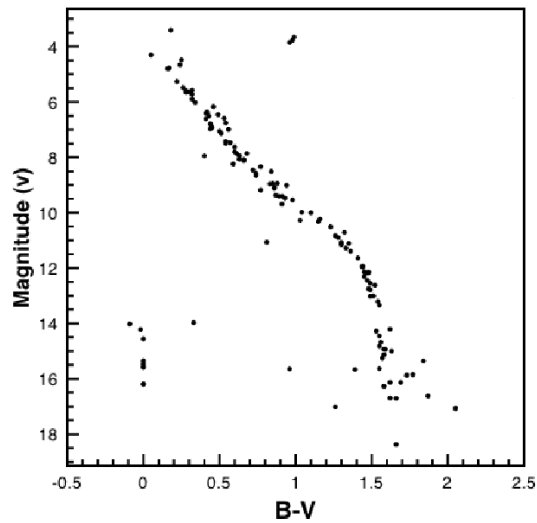


Figura 2.3: Diagrama Cor-Magnitude das Hyades

diminuição do enriquecimento químico nos últimos  $4GYr$ . Não obstante, alguns trabalhos como Boesgaard e Friel (1990); Friel e Boesgaard (1990); Balachandran, Lambert, e Stauffer (1990); Boesgaard (1989); mostraram que a metalicidade não está correlacionada com a idade em estrelas de alguns poucos Giga anos. Como exemplos pudemos citar: Hyades de  $700MYr$  com  $[Fe/H] = [0.13 \pm 0.02]$  comparado com os valores  $[Fe/H] = (-0.03 \pm 0.02)$  e  $70MYr$  para as Pleiades ou para o aglomerado Coma que tem a mesma idade das Hyades e  $[Fe/H] = [-0.08 \pm 0.04]$ . Este último poderia significar que o tempo necessário para o enriquecimento químico do gás é maior do que  $1GYr$ . Edvardsson et al. (1993) rejeitaram a possibilidade que a metalicidade aumente com a idade no disco galáctico e contrariamente mostraram o aumento da metalicidade com a diminuição da idade.

Outro fator que nos últimos anos tem contribuído para aumentar a importância da metalicidade é a procura de planetas extra-solares. A determinação da metalicidade de estrelas *TTS* de linhas fracas em regiões de formação estelar próximas ganhou um particular interesse pois nos últimos anos foi mostrado que estrelas com alta probabilidade de hospedar planetas do tipo Júpiter são ricas em metais, quando comparados com aquelas que não hospedam planetas extra-solares. Laughlin et al. (2000), concluíram que o fator principal para saber se uma estrela pode chegar a abrigar planetas é a sua metalicidade.

## 2.2 Modelos de atmosfera

Em astrofísica, um modelo de atmosfera ou, simplesmente uma atmosfera, é a descrição de como mudam certos parâmetros nas camadas exteriores de uma estrela em função da profundidade. Estes parâmetros são escritos como função da profundidade óptica em um certo comprimento de onda. A profundidade óptica é uma grandeza adimensional que determina a fração de energia, em um certo comprimento de onda, irradiada por uma camada atmosférica que chega à superfície estelar sem ser absorvida. Quanto maior é a profundidade óptica, maior é a energia absorvida. Os parâmetros que são escritos como função da profundidade óptica são as variáveis termodinâmicas: temperatura, pressão do gás, pressão eletrônica, densidade e pressão de radiação; os modelos geralmente utilizados assumem uma geometria esférica e homogênea em equilíbrio hidrostático e termodinâmico local (daqui em diante *LTE* por sua sigla em inglês “Local Termodinamical Equilibrium”). Além das variáveis termodinâmicas, as opacidades das linhas atômicas e moleculares também são levadas em conta no modelo, sendo descritas como função da profundidade óptica.

A estrutura matemática de um modelo de atmosfera é determinada principalmente por equações da teoria cinética, do transporte radiativo e da mecânica estatística fundamentadas na hipótese do *LTE*, deste modo a pressão e a temperatura nas camadas atmosféricas é determinada pela equação dos gases perfeitos :

$$P_g = nkT \quad (2.1)$$

Onde  $n$  é a densidade de partículas e  $k$  é a constante do Boltzmann. A distribuição de partículas nas camadas da atmosfera obedece à função de distribuição de Maxwell Boltzmann (Gray 2005):

$$\frac{dn}{n} = 4\pi\nu^2 \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^3 e^{-m\nu^2/2kT} / 2d\nu \quad (2.2)$$

Lembrando que esta equação descreve como estão distribuídas as partículas com velocidades entre  $\nu$  e  $(\nu + d\nu)$  na camada atmosférica.

A estatística também permite distinguir os níveis de energia de átomos, moléculas, íons e núcleos; nas condições de equilíbrio termodinâmico, o número relativo das partículas em dois diferentes estados de ionização pode ser calculado com a equação:

$$\frac{n_l}{n_j} = \frac{g_l}{g_j} e^{-\frac{\chi_l - \chi_j}{kT_{ex}}} \quad (2.3)$$

Sendo  $T_{ex}$  a temperatura de excitação,  $g_l$  e  $g_j$  os pesos estatísticos dos estados  $n_l$  e  $n_j$ ,  $\chi_l$  e  $\chi_j$  os respectivos potenciais de excitação.

Outra equação importante em qualquer modelo de atmosfera é a de Saha:

$$\frac{n_{j+1}}{n_j} = \frac{(kT)^{5/2} (2\pi m)^{3/2} 2u_{j+1}(T)}{h^3 P_e U_j(T)} e^{-I_{j,j+1}/kT} \quad (2.4)$$

Através desta expressão é possível determinar as populações nos estados de ionização, sendo  $P_e$  a pressão eletrônica,  $I_{j,j+1}$  é a energia necessária para levar a energia do nível de ionização  $j$  ao nível  $j + 1$ ;  $u_j$  e  $u_{j+1}$  são as respectivas funções de partição.

Utilizamos os modelos de atmosfera de Kurucz (1999), nos quais foram feitas algumas melhorias no tratamento da convecção e da opacidade pois utilizando-se mais linhas de ferro soluciona-se o problema da perda de opacidade no ultra violeta. Estes modelos melhorados de Kurucz foram fundamentais para a simulação que a curva de crescimento faz e no cálculo das abundâncias do Lítio por síntese espectral.

## 2.3 Abundâncias do lítio

Os primeiros artigos analisando o Lítio em astrofísica são os artigos de de Herbig (1965), Reeves et al. (1974) e Boesgaard (1976), posteriormente foram realizadas pesquisas do lítio em diferentes cenários como os estágios da evolução estelar, o cálculo da abundância em aglomerados, o lítio produzido por raios- $X$  no meio interestelar, e cálculos do Lítio gerado na nucleossínteses primordial (Travaglio et al. 2001 e Sestito & Randich 2005).

No interior estelar o lítio é facilmente destruído em condições de temperaturas maiores do que  $10^6 K$  pelas reações  ${}^7\text{Li}(P, \alpha){}^4\text{He}$  e  ${}^6\text{Li}(P, \alpha){}^3\text{He}$ . Durante a evolução Pré-Sequência Principal (idades  $< 5 Myr$ ) as  $TTS$  são completamente convectivas e as temperaturas não são suficientes para queimá-lo; por isso a quantidade de Lítio num espectro é uma característica que indica se uma estrela é jovem e pode pertencer a uma determinada associação, aglomerado ou região de formação estelar.

Em 1982, Spite e Spite apresentaram resultados da distribuição de Lítio 10 vezes maiores em anãs de população II no halo da Via Láctea do que no Sol, além disto mostraram um comportamento constante para temperaturas na faixa  $[5500 - 6200]K$ . Concluíram que a quantidade calculada não poderia ter sido produzida nos interiores daquelas estrelas nem transportada para a atmosfera e que poderia ser lítio da nucleosíntese primordial alterado por algum processo físico. Um estudo posterior de Duncan e Hobbs (1987) confirmou os valores do Lítio mas não a hipótese do lítio primordial alterado. Posteriormente Spite e Spite (1993) mostraram que a abundância do Lítio aumenta num fator de  $(1 - 2) \times 10^9$  devido aos raios- $X$  cósmicos e pelos ventos estelares. Continuando com o lítio primordial, se, por exemplo fosse possível medir a quantidade dele nas estrelas muito antigas, ou seja naquelas que se formaram pouco após do Big-Bang, ter-se-ia uma oportunidade de comparar os resultados com os valores dos modelos teóricos pois se espera uma quantidade relativa de Lítio proporcional à quantidade total de matéria produzida. Essas primeiras estrelas do universo continham somente hidrogênio, deutério, hélio e quantidades pequenas de Lítio, berílio e boro, mas aquelas da geração estelar seguinte possuíam outros elementos que foram herdados do gás enriquecido pela nucleosíntese da primeira geração. Repetidamente, cada geração estelar é enriquecida pelo gás interestelar do processo que gera novas estrelas; todo este processo é conhecido como evolução química da galáxia. Essa evolução nos mostra que estrelas antigas possuem menos elementos pesados do que as estrelas mais jovens precisamente por elas terem-se formado de um gás mais primordial do que as últimas, por isso a composição química de uma estrela é um indicador da idade.

O comportamento do Lítio na superfície e no interior estelar está longe de ser entendido, tanto é que não pode ser predito como uma função da massa, estágio evolucionário, idade, ou metalicidade. O processo de destruição do Lítio é aparentemente bem conhecido em estrelas de massa muito baixa; pensa-se que o principal mecanismo responsável pela depleção é a convecção, mas em estrelas de massa superior ela não pode ser o único fenômeno responsável pela destruição e nem mesmo o principal. Uma espécie de processos de mistura pouco conhecidos parecem ser os responsáveis de algumas características observadas na SP como, por exemplo, a depleção do Lítio em estrelas tipo solar e em estrelas tipo  $F$  com zonas convectivas pouco espessas ao deixar a  $SP$  Balachandran (1990). O Sol, cuja abundância do Lítio não pode ser explicada somente por convecção, é um exemplo da necessidade

de um mecanismo adicional que complemente a depleção (Chaboyer et al. 1995 e Pinsonneault 1997). As observações mostram que estrelas tipo solar de campo e do aglomerado *M67* têm abundâncias de Lítio iguais à do Sol ou mais baixas, em contraste com os resultados de Spite e Spite (1982) mencionados acima (veja também Spite et al. 1987, García Lopez et al. 1988, e Pasquini et al. 1997), e com os de Dravins et al. (1993), que mostram a existência de estrelas mais velhas do que o Sol ricas em Lítio. A estrela *G2IV  $\beta$  Hyi* é um exemplo deste caso pois é mais velha do que o Sol, ligeiramente mais massiva, está num estágio evolucionário posterior e apresenta abundância de Lítio 30 vezes superior. A evolução do Lítio em anãs e estrelas gigantes de campo não é um processo totalmente compreendido, no estágios evolucionários intermediários a incerteza é ainda maior. Randich et al. (1999) concluíram que as subgigantes, tal como as gigantes e as anãs, apresentam uma dispersão grande em  $\log N(Li)$ , e que não há evidência de existir uma correlação Lítio  $\rightarrow$  idade nem Lítio  $\rightarrow$  Massa. De fato, é conhecido que estrelas de campo velhas na *SP* e de *M67* apresentam Lítio em quantidades iguais à do Sol e até 10 vezes maiores. Isto, e particularmente o fato que estrelas semelhantes á  *$\beta$ Hyi* não são mais ricas em Lítio do que as estrelas semelhantes ao Sol, sugere que as estrelas evoluídas ricas em Lítio similares ao  *$\beta$ Hyi* são a contraparte evoluída das estrelas que têm depletado o Lítio durante a *SP* e não estrelas tipo solar pobres em metais que no final da *SP* que drenaram o Lítio espalhando-o e armazenando-o na zona convectiva. Randich et al. (1999) calcularam que a primeira drenagem do Lítio, independente da massa ou da metalicidade, acontece com temperaturas efetivas na faixa de  $[5600 - 5700]K$  e cor de  $(B - V) = 0.7$ . Nas figuras 2.4, 2.5, e 2.6 são mostradas as abundâncias do Lítio em função da temperatura efetivas para os aglomerados *Pleiâdes*, *Hyades* e *M67*

A fim de visualizar melhor os problemas atuais na evolução do Lítio na pré-SP e na *SP* podem ser listadas as seguintes questões:

- Pré-SP: estrelas *G* com temperaturas efetivas  $> 5300K$  na *SPIZ* em aglomerados abertos têm abundâncias do Lítio somente um pouco menores do que a abundância inicial prevista para as estrelas de população I. Isto implica uma quantidade muito maior de Lítio depletado do que predizem os modelos standard. Estrelas tipo *K* em aglomerados com aproximadamente a mesma temperatura efetiva apresentam diferenças grandes nas abundâncias do Lítio, o que ainda não foi explicado.

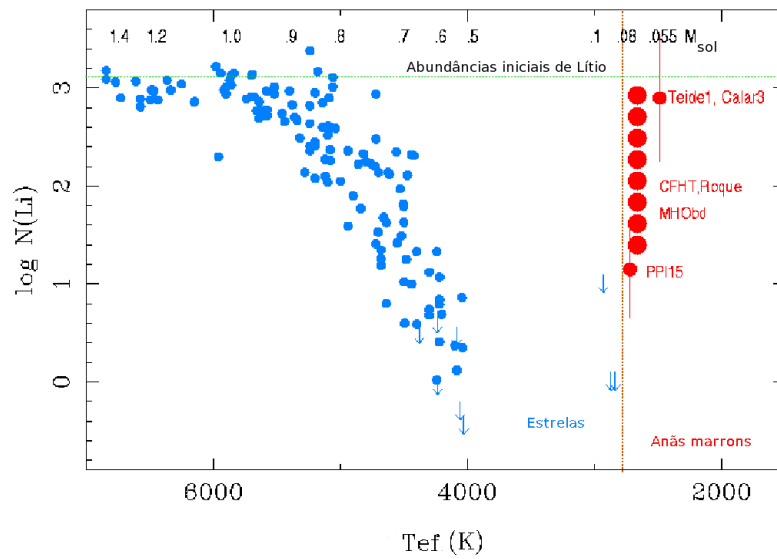


Figura 2.4: Abundância do Lítio em função da temperatura efetiva nas Pleiâdes.

- SP: segundo as previsões dos modelos standard, em aglomerados mais velhos do que as *Pleiâdes*, as estrelas tipo solar devem depletar seu Lítio após de ter alcançado a SP.

Outra coisa interessante é que as estrelas *F* na faixa de  $(6700 - 7000)K$  nas *Hyades* e em aglomerados de idade similar ou até mais velhos, apresentam abundâncias de Lítio até 30 vezes menores do que teoricamente deveriam ter para essa faixa de temperaturas efetivas. Tal "gap" do Lítio pode aparecer em estrelas tão jovens como  $200MYr$ . Baseados nos dados da literatura pode-se dizer que não há certeza se a depleção do Lítio para estrelas tipo solar em aglomerados abertos velhos com idades maiores do que *Hyades* aconteceu rápido ou devagar. De fato, estrelas com idade e metalicidade solar em *M67* apresentam muita dispersão no Lítio; enquanto que em outros aglomerados velhos como *IC4651*, *NGC3680*, e *NGC188*, observam-se pequenas dispersões de Lítio com abundâncias similares às encontradas no envoltório superior das estrelas de *M67* e somente 2 vezes inferiores do que às estrelas similares de *Hyades*. O aglomerado *Cr267* também apresenta dispersão embora não seja tão grande como a encontrada em *M67*. Estrelas de campo tipo solar apresentam dispersões do Lítio similares às de *M67* (Pasquini 1994).

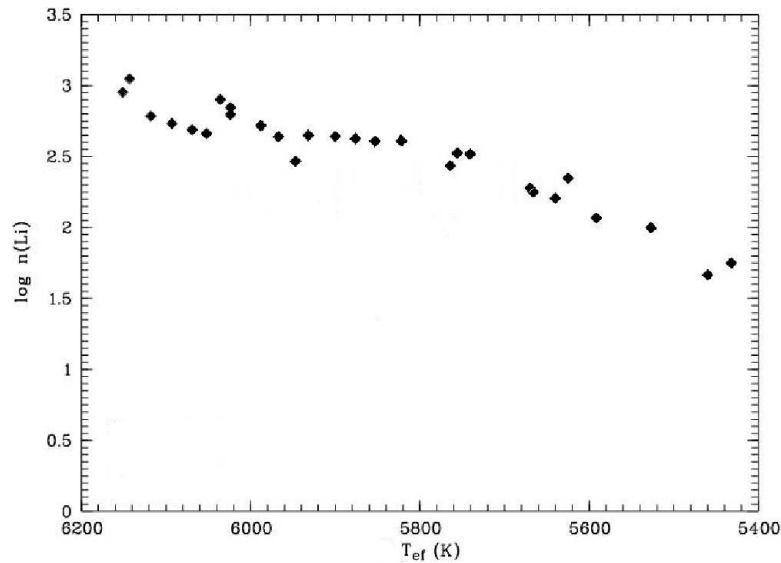


Figura 2.5: Abundância do Lítio em função da temperatura efetiva no Hyades.

- A depleção do Lítio não parece depender fortemente dos diferentes valores de metalicidade dos aglomerados em  $\sim \pm 0.2dex$ . De fato, tanto os velhos quanto os aglomerados jovens têm valores próximos de abundâncias do Lítio.

Os fatos comentados acima e nas páginas anteriores levam a pensar que a depleção do Lítio não é levada a cabo unicamente por convecção e que devem aparecer outros processos combinando-se com a convecção ou entre si; outra hipótese é a aparição de outros processos que inibem a depleção do Lítio na pré-SP.

Sestito & Randich (2005) mostram que diferentes valores da metalicidade em aglomerados de mesma idade não estão relacionados com a depleção do Lítio; também mostram que a escala de tempo da depleção do Lítio é de  $[8.0, 9.5]GYr$  com uma faixa de temperaturas de  $[5500 - 6350]K$ . O comportamento qualitativo da depleção para estrelas *G* e *F* tipo tardio nas faixa de  $T_{\text{eff}}$  comentadas acima apresenta similaridades que podem indicar: uma pequena quantidade de Lítio destruído na pré-SP; uma queda da depleção nas primeiras etapas da *SP*; depleção na *SP*; e queda da depleção nas etapas post-SP. Este último também indica uma possível idade na qual começam os processos de mistura-extra e os mecanismos não standards.

Muitos processos não standard foram propostos nos últimos anos para explicar ou complementar os processos de depleção do Lítio. Entre eles podem ser citados: mistura conduzida (mixing driven) por rotação ou por ondas internas; campos

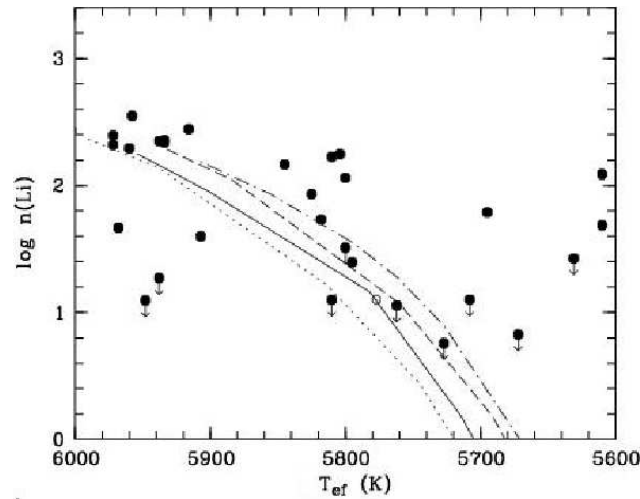


Figura 2.6: Abundancia do Lítio em função da temperatura efetiva em *M67*.

magnéticos que podem forçar a rotação estelar rígida ou produzir rotação diferencial; difusão microscópica que determina a separação de espécies no gás interestelar; perda de massa através de ventos que pode ocasionar diluição do Lítio; e um processo hidrodinâmico chamado de “tachocline” que consiste na aparição de uma pequena camada pouco espessa que separa a zona convectiva do núcleo radiativo, neste processo a região convectiva roda diferencialmente e o núcleo o faz como um corpo rígido.

Travaglio et al. (2001) mostram que, na faixa de metalicidade  $[-3.0, -1.0]$ , para todas as fontes consideradas (estrelas do ramo gigante assintótico, o meio interestelar, estrelas de campo, supernovas, e gigantes de baixa massa), a abundância do Lítio permanece quase constante, enquanto que na faixa de  $[-1, 0]$  as diferenças para cada valor de metalicidades aumentam, por sua vez aumentando também as incertezas; a principal característica dos gráficos do referido artigo é que nos últimos anos da evolução estelar há uma queda da abundância do Lítio e, dependendo da massa e metalicidade, esta queda tem formas diferentes. Além disso, outro efeito interessante é que para aglomerados de diferentes idades, a abundância do Lítio somente apresenta pequenas diferenças enquanto que, nos casos de *NGC3680* e *NGC752*, com a mesma idade, apresentam-se ligeiras diferenças nas abundâncias.



# Capítulo 3

## Metodologia utilizada

O procedimento de cálculo dos parâmetros estelares e as abundâncias de lítio é explicado neste capítulo. A metodologia está conformada por duas calibrações fotométricas: as calibrações de Alonso et al. (1999) e Houdashelt et al. (2000); três técnicas espectroscópicas: as razões de linha de Padgett (1996), a curva de crescimento e a síntese espectral; e uma de caráter teórico através do ajuste da Sequência Principal de Idade Zero (*SPIZ*).

No caso das temperaturas efetivas, há 4 valores calculados, sendo dois fotométricos e dois espectroscópicos, e um quinto valor de referência através da grade atmosférica usada na síntese espectral. Para as gravidades superficiais foram usados o ajuste inicial teórico através da *SPIZ* e o valor final obtido da espectroscopia através da curva de crescimento, o valor das gravidades na grade de Kurucz é também um valor de referência. No caso das metalicidades, há um processo principal que é a obtenção espectroscópica através da curva de crescimento, não obstante, antes de usar a espectroscopia, foi calculado um valor de referência através da fotometria usando os polinômios de Alonso et al. (1996), o valor na grade atmosférica usada na síntese espectral também foi usado como uma referência para efeitos de comparação. As velocidades de microturbulência são um parâmetro livre, o que significa que um valor inicial qualquer em referência ao Sol foi usado para esboçar esta velocidade nas anãs de *AB Doradus*, os valores finais foram obtidos da espectroscopia através da curva de crescimento. A última variável calculada foram as abundâncias de Lítio obtidas somente através da síntese espectral.

A figura 3.1 representa a metodologia utilizada nesta dissertação, ela ilustra as relações entre a espectroscopia, fotometria, parâmetros estelares e abundâncias

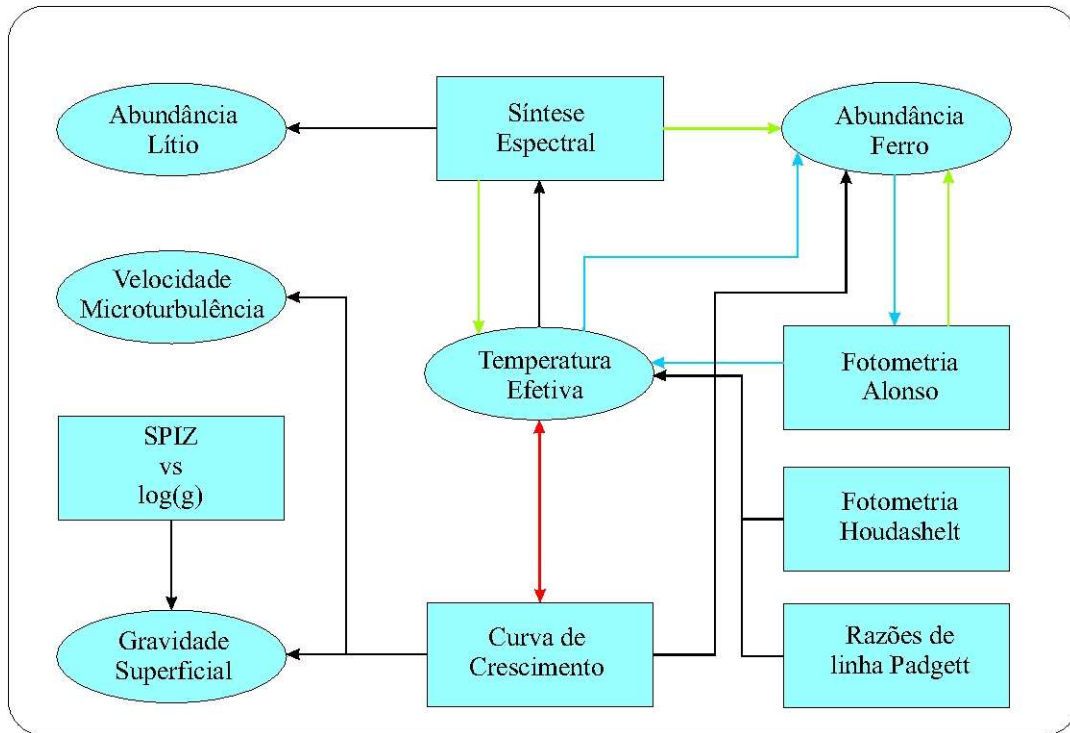


Figura 3.1: Diagrama da metodologia usada

químicas. As elipses representam os parâmetros e as abundâncias e os retângulos as técnicas utilizadas.

Como pode ser observado a temperatura é a variável mais crítica pois pode ser obtida usando as 4 técnicas citadas acima, além disso, apresenta três “loops” de realimentação. O primeiro deles é formado pela relação Temperatura efetiva  $\rightarrow$  Abundância de Ferro  $\rightarrow$  Fotometria de Alonso (setas azuis), o segundo “loop” é formado pela co-relação Temperatura efetiva  $\rightarrow$  curva de crescimento (seta vermelha de duplo sentido), o terceiro loop é a co-relação Temperatura efetiva  $\rightarrow$  Síntese espectral (seta verde para baixo e seta preta para cima). O primeiro “loop” representa a influência da calibração de Alonso et al. (1996) na determinação do valor de entrada da temperatura na curva de crescimento, o uso do valor da temperatura que arroja a curva  $T_r$  para calcular a metalicidade espectroscópica  $[Fe/H]_r$ , e o ajuste final feito na Temperatura de Alonso ( $T_a$ ) usando a metalicidade  $[Fe/H]_r$  fechando assim o ciclo. O segundo “loop” representa o valor da temperatura obtido das calibrações fotométricas e razões de linha enviado como valor de entrada na curva e esta por sua vez reajusta a temperatura obtendo o valor ( $T_r$ ). O terceiro “loop” é uma situação parecida a anterior, a seta para cima representa o uso dos previamente calculados parâmetros estelares ( $T_r$ ,  $g_f$ ,  $V_{mt}$ , e  $[Fe/H]_r$ ) no software *SPECTRUM*

para calcular  $\log N(Li)$ , a seta para baixo representa a media aritmética entre  $T_r$  e a temperatura na grade de Kurucz  $T_g$  para determinar a temperatura final  $T_f$ , há casos onde essas duas temperaturas têm uma pequena diferença.

A metalicidade é o segundo fator mais crítico pois faz parte do primeiro “loop” da temperatura e apresenta um “loop” com a fotometria de Alonso (seta verde para baixo e seta preta para acima), este “loop” representa o previamente explicado na terceira parte do primeiro ciclo: Temperatura efetiva  $\rightarrow$  Abundância do Ferro  $\rightarrow$  Fotometria Alonso, mais a metalicidade fotométrica  $[Fe/H]_a$  calculada previamente como valor de referência antes de calcular o valor final da metalicidade  $[Fe/H]_r$  com a curva de crescimento.

Outra coisa interessante deste diagrama é que permite analisar a funcionalidade das técnicas observacionais usadas neste trabalho, por exemplo, podemos observar que a técnica mais ativa é a curva de crescimento já que permite obter todos os parâmetros estelares. A síntese espectral também é importante porque calcula  $\log N(Li)$ , a outra técnica crítica é a calibração de Alonso pelo fato de gerar os dois ciclos de realimentação comentados acima.

Antes de continuar explicando mais detalhes das técnicas usadas neste trabalho é bom falar das observações que permitiram fazer esta análise.

### 3.1 As observações

As observações foram realizadas com o espectrógrafo *FEROS* nos telescópios de 1.52m e 2.20m do *ESO* em la Silla, Chile. Algumas das observações foram feitas no *OPD/LNA* com o espectrografo Coudé. Nos dois casos as observações consistem de espectros de alta resolução; o *FEROS* tem resolução  $R = 48000$  cobrindo uma faixa de  $[3800 - 8500]\text{Å}$ . O espectrografo Coudé cobre uma região  $[4500 - 6500]\text{Å}$  com uma resolução  $R = 25000$ . A redução dos dados foi levada à cabo usando “pipeline” do *FEROS* da forma indicada por Torres et al. (2006a), os espectros foram corrigidos em velocidade radial usando o pacote *dopcor* do software *IRAF*. Na figura 3.2 é mostrado um exemplo de um espectro obtido do *FEROS*, ele foi curtado na faixa de  $[6550, 6725]\text{Å}$  para mostrar a linha de  $H_\alpha$  e a linha de Lítio.

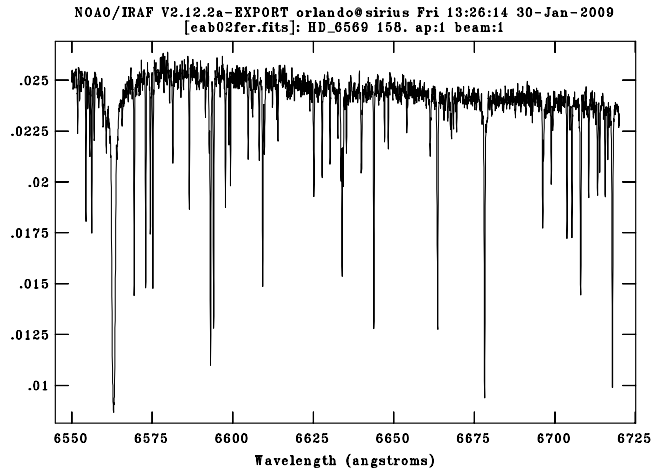


Figura 3.2: Espectro obtido com o espectrógrafo *FEROS* curtado na faixa de [6550, 6725]Å.

As cores fotométricas foram obtidas de várias fontes: entre elas das noites de observação com o telescópio Zeiss de 0.60m no *OPD/LNA* usando o fotômetro *FOTRAP*, de dados disponíveis nos catálogos fotométricos de *Hipparcus* e *Tycho*, e outra parte foi obtida de dados do *SIMBAD*. Veja Torres et al. (2006b) para maiores detalhes sobre a obtenção dos espectros e cores fotométricas da amostra, eles foram cedidos pelos autores (Torres et al. 2007, em comunicação privada). A tabela 3.1 apresenta as características observacionais, ela também é obtida de dados de *Hipparcus* e *Tycho* Torres et al. (2006a). No capítulo 4 apresentaremos as tabelas 4.1, 4.2, e 4.3 onde são mostradas as características fotométricas e a tabela 4.4 com as características espectroscópicas.

Tabela 3.1: Características observacionais da amostra.

Estrela	Ascensão R. [Hrs Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$M_\alpha$ [Mas/Yr]	$M_\delta$ [Mas/Yr]	$V_r$ [Km/s]	$U$ [Km/s]	$V$ [Km/s]	$W$ [Km/s]	$X$ [Pc]	$Y$ [Pc]	$Z$ [Pc]
HD 1405	00 18 20.9	+30 57 22	143.7	-171.5	-11.2	-4.2	-26.4	-15.0	-9.6	20.9	-14.0
HD 4277	00 45 50.9	+54 58 40	95.6	-76.9	-15.4	-8.9	-26.5	-15.9	-25.6	40.7	-6.7
HD 6569	01 06 26.2	-14 17 47	100.2	-95.2	7.4	-8.5	-30.6	-10.8	-8.7	7.6	-48.7
HIP 6276	01 20 32.3	-11 28 04	110.7	-138.9	8.8	-4.4	-27.8	-12.6	-8.7	5.5	-33.5
CD-46644	02 10 55.4	-46 03 59	56.1	-22.2	25.7	-8.3	-27.5	-15.5	-0.8	-29.4	-64.2
HD 13482	02 12 15.4	+23 57 29	127.1	-160.4	-0.3	-7.8	-27.7	-12.4	-21.7	14.8	-18.6
HD 16760b	02 42 21.0	+38 37 21	81.0	-105.4	-4.1	-8.6	-27.3	-11.5	-37.8	25.9	-16.0
HD 16760	02 42 21.3	+38 37 07	76.6	-110.1	-4.2	-7.8	-27.1	-12.7	-37.5	25.7	-15.9
HD 17332b	02 47 27.2	+19 22 21	117.8	-160.3	5.3	-9.0	-27.2	-12.3	-24.4	10.3	-19.0
HD 17332a	02 47 27.4	+19 22 19	117.8	-160.3	3.7	-7.8	-27.7	-11.3	-24.4	10.3	-19.0
HD 19668	03 09 42.3	-09 34 47	89.8	-113.1	14.6	-5.3	-29.0	-10.1	-23.7	-4.7	-32.1
BD+21418b	03 11 12.3	+22 25 23	59.2	-129.9	4.1	-5.1	-26.5	-15.1	-37.0	13.0	-22.6
BD+21418a	03 11 13.8	+22 24 57	56.0	-125.1	5.2	-5.9	-27.5	-16.4	-40.4	14.2	-24.8
HD 21845a	03 33 13.5	+46 15 27	67.4	-176.4	-6.0	-5.5	-26.0	-15.7	-28.9	16.8	-4.7
HD 21845b	03 33 14.0	+46 15 19	67.4	-176.4	-6.1	-5.4	-26.0	-15.6	-28.9	16.8	-4.7
HIP 17695	03 47 23.3	-01 58 20	186.7	-271.8	16.0	-7.4	-27.3	-10.7	-12.2	-2.1	-10.8
HD 24681	03 55 20.4	-01 43 45	46.2	-90.2	17.7	-6.7	-27.1	-13.7	-40.5	-7.8	-33.6
HD 25457	04 02 36.7	-00 16 08	151.2	-252.0	17.6	-7.9	-28.7	-11.9	-15.1	-2.9	-11.5
HD 25953	04 06 41.5	+01 41 02	39.0	-94.1	15.9	-5.3	-27.3	-13.9	-44.7	-7.5	-31.6
5899 0026	04 52 24.4	-16 49 22	118.9	-211.9	25.8	-8.0	-27.8	-12.3	-10.6	-7.6	-8.7
CD-561032N	04 53 30.5	-55 51 32	132.8	73.9	30.0	-7.5	-26.8	-13.7	-0.9	-8.6	-6.9
CD-561032S	04 53 31.2	-55 51 37	132.8	73.9	29.0	-7.4	-26.0	-13.1	-0.9	-8.6	-6.9
HD 31652	04 57 22.3	-09 08 00	13.2	-48.5	23.2	-6.5	-26.7	-14.8	-67.3	-35.9	-43.1
CD-401701	05 02 30.4	-39 59 13	36.5	-19.8	27.8	-7.2	-25.6	-11.4	-14.5	-29.9	-25.3

Tabela 3.1 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$M_\alpha$ [Mas/Yr]	$M_\delta$ [Mas/Yr]	$V_r$ [Km/s]	$U$ [Km/s]	$V$ [Km/s]	$W$ [Km/s]	$X$ [Pc]	$Y$ [Pc]	$Z$ [Pc]
HD 32981	05 06 27.7	-15 49 30	16.2	-44.0	25.8	-7.1	-27.4	-13.6	-56.4	-41.2	-40.6
HD 293857	05 11 09.7	-04 10 54	18.7	-57.5	20.8	-6.5	-27.3	-12.0	-64.5	-29.9	-31.9
HD 33999	05 12 35.8	-34 28 48	9.1	-16.6	28.0	-5.4	-25.8	-13.5	-46.9	-74.4	-60.2
HD 35650	05 24 30.2	-38 58 11	44.0	-58.4	31.9	-7.7	-27.8	-15.0	-6.6	-13.3	-9.6
HD 36705b	05 28 44.4	-65 26 47	53.0	134.0	28.5	-7.5	-26.1	-13.3	1.2	-12.5	-8.2
HD 36705a	05 28 44.8	-65 26 56	48.0	140.5	29.5	-7.9	-26.8	-14.2	1.2	-12.6	-8.2
CD-332353	05 28 56.5	-33 28 16	11.1	-31.7	30.1	-6.5	-27.0	-14.7	-26.2	-41.1	-29.1
CD-342331	05 35 04.1	-34 17 52	6.7	-21.8	30.4	-6.6	-27.1	-14.8	34.8	-57.4	-38.5
CD-481893	05 36 55.1	-47 57 48	25.3	0.0	33.1	-7.6	-28.6	-15.1	-5.4	-19.5	-12.6
HD 37572	05 36 56.9	-47 57 53	25.3	0.0	32.6	-7.5	-28.2	-14.8	-5.4	-19.5	-12.6
HD 37551a	05 37 12.9	-42 42 56	11.9	-13.8	31.8	-5.5	-28.9	-13.6	-23.5	-59.4	-38.6
HIP 26401b	05 37 13.2	-42 42 57	11.9	-13.8	30.7	-5.2	-28.1	-13.0	-23.5	-59.4	-38.6
4779 0394	05 38 56.6	-06 24 41	8.5	-37.1	23.3	-7.3	-27.9	-12.2	-94.5	-55.5	-37.8
CP-19878	05 39 23.2	-19 33 29	4.5	-44.8	26.2	-6.1	-25.8	-14.6	-47.1	-44.5	-29.3
AC 3511952	05 41 14.3	-41 17 59	3.5	-7.2	28.6	-5.6	-25.2	-13.3	-43.2	-101.7	-64.2
CD-262425	05 44 13.4	-26 06 15	14.7	-32.4	27.2	-6.7	-26.8	-10.8	-40.4	-49.1	-30.4
HD 39576	05 52 16.0	-28 39 25	5.4	-19.7	31.1	-9.7	-27.7	-13.5	-47.0	-64.4	-36.7
TY Col	05 57 50.8	-38 04 03	9.7	-13.9	30.9	-7.8	-27.9	-12.0	-26.4	-54.7	-30.1
BD-131328	06 02 21.9	-13 55 33	-10.0	-91.4	25.6	-7.2	-25.4	-15.9	-28.8	-24.3	-11.6
CD-34 2676	06 08 33.9	-34 02 55	4.5	-21.4	31.1	-7.3	-28.3	-12.9	-32.7	-58.2	-28.5
CD-35 2722	06 09 19.2	-35 49 31	-6.3	-56.6	31.4	-7.5	-27.4	-14.9	-10.1	-19.5	-9.6
HD 45270	06 22 30.9	-60 13 07	-11.2	64.2	32.0	-7.5	-28.4	-14.6	-10.2	-20.9	-10.6
G8894 0426	06 25 56.1	-60 03 27	-11.2	64.2	31.8	-7.6	-28.4	-14.2	-0.3	-21.0	-10.4
HD 48189	06 38 00.4	-61 32 00	-26.0	72.4	30.0	-7.2	-26.8	-13.9	0.4	-19.6	-9.2

Tabela 3.1 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$M_\alpha$ [Mas/Yr]	$M_\delta$ [Mas/Yr]	$V_r$ [Km/s]	$U$ [Km/s]	$V$ [Km/s]	$W$ [Km/s]	$X$ [Pc]	$Y$ [Pc]	$Z$ [Pc]
CD-611439	06 39 50.0	-61 28 42	-29.7	75.9	31.7	-7.8	-28.3	-14.7	0.4	-19.9	-9.3
AC 3372872	06 41 18.5	-38 20 36	-3.6	-15.1	32.2	-7.0	-29.1	-13.1	-28.3	-67.8	-24.3
G8544 1037	06 47 53.4	-57 13 32	-3.4	7.4	30.5	-6.9	-27.4	-12.8	-7.1	-131.0	-55.7
CD-571654	07 10 50.6	-57 36 46	-10.7	8.4	29.7	-6.4	-26.5	-13.6	-2.9	-97.2	-35.7
BD+201790	07 23 43.6	+20 24 59	-65.8	-228.1	9.3	-6.5	-25.6	-15.3	-23.7	-7.6	7.1
HD 59169	07 26 17.7	-49 40 51	-16.5	0.5	29.2	-7.9	-25.1	-15.6	-16.9	-112.3	-30.6
CD-294446	07 28 51.4	-30 14 49	-130.9	-131.4	28.1	-8.7	-25.6	-14.0	-5.8	-11.8	-1.4
CD-8480	07 30 59.5	-84 19 28	-12.3	52.8	24.2	-6.6	-27.6	-10.7	28.8	-57.2	-31.3
HD 64982	07 45 35.6	-79 40 08	-16.5	42.2	25.2	-8.2	-27.6	-11.2	28.3	-70.5	-34.3
BD-072388	08 13 51.0	-07 38 25	-25.3	-45.2	21.0	-7.7	-26.7	-13.9	-58.4	-68.5	23.2
CD-455772	10 07 25.2	-46 21 50	-48.8	-29.5	20.4	-5.1	-23.2	-14.7	7.0	-69.6	9.4
BD+012447	10 28 55.5	+00 50 28	-602.3	-731.9	8.4	-7.1	-26.6	-13.8	-1.9	-4.1	4.8
HD 99827	11 25 17.7	-84 57 16	-48.0	12.1	21.1	-6.9	-25.9	-10.1	39.3	-65.5	-31.5
HD 113449	13 03 49.7	-05 09 43	-189.8	-219.6	0.0	-5.9	-27.6	-11.3	7.4	-9.3	18.7
HD 139751	15 40 28.4	-18 41 46	-69.8	-157.1	-8.9	-7.2	-26.7	-14.6	31.8	-5.9	17.6
HIP 81084	16 33 41.6	-09 33 12	-67.4	-179.7	-15.0	-7.4	-27.4	-12.9	27.1	3.2	12.7
HD 152555	16 54 08.1	-04 20 25	-38.7	-114.0	-16.5	-5.6	-28.7	-12.4	42.3	10.9	19.0
HD 317617	17 28 55.6	-32 43 57	-22.2	-112.3	-8.2	-10.5	-27.5	-11.8	56.2	-5.0	1.0
HD 159911	17 37 46.5	-13 14 47	-16.5	-126.4	-13.9	-6.1	-27.1	-13.2	43.6	9.7	7.7
HD 160934	17 38 39.6	+61 14 16	-21.8	43.7	-27.0	-6.8	-24.6	-11.7	-0.1	27.9	17.6
HD 176367	19 01 06.0	-28 42 50	3.9	-93.5	-5.7	-5.1	-26.1	-10.2	60.3	8.3	-15.9
HD 178085	19 10 57.9	-60 16 20	13.3	-98.9	8.1	-7.0	-25.0	-11.0	47.1	-20.8	-24.8
AC 162461	19 33 03.8	+03 45 40	18.0	-65.5	-20.2	-5.8	-27.0	-12.9	52.9	46.1	-9.2
HD 189285	19 59 24.1	-04 32 06	14.2	-55.8	-19.1	-7.0	-29.6	-10.7	72.9	54.3	-28.1

Tabela 3.1 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$M_\alpha$ [Mas/Yr]	$M_\delta$ [Mas/Yr]	$V_r$ [Km/s]	$U$ [Km/s]	$V$ [Km/s]	$W$ [Km/s]	$X$ [Pc]	$Y$ [Pc]	$Z$ [Pc]
BD-034778	20 04 49.4	-02 39 20	28.6	-71.7	-16.5	-6.2	-26.6	-13.6	52.0	42.2	-21.2
HD 199058	20 54 21.1	+09 02 24	37.2	-56.9	-19.9	-7.1	-27.5	-13.2	38.4	57.9	-28.3
AC 422524	20 54 28.0	+09 06 07	34.4	-58.6	-19.0	-5.6	-27.2	-13.0	38.3	57.9	-28.3
HD 201919	21 13 05.3	-17 29 13	76.5	-144.1	-7.4	-6.7	-27.4	-13.1	25.8	16.0	-24.5
BD+224409	21 31 01.7	+23 20 07	134.1	-144.8	-20.9	-6.0	-27.1	-14.8	6.4	22.7	-8.6
HD 207278	21 48 48.5	-39 29 09	41.2	-66.4	3.6	-7.5	-27.9	-12.1	53.5	2.6	-64.7
AC 433594	21 52 10.4	+05 37 36	117.8	-153.9	-13.4	-6.4	-26.5	-13.9	10.9	21.7	-17.5
HIP 110526a	22 23 29.1	+32 27 34	251.3	-207.6	-20.6	-6.2	-27.2	-13.5	-0.0	14.0	-5.3
HIP 110526b	22 23 29.1	+32 27 32	251.3	-207.6	-21.7	-6.2	-28.2	-13.1	-0.0	14.0	-5.3
HD 217343	23 00 19.3	-26 09 14	108.8	-160.4	6.7	-3.0	-26.3	-14.5	11.8	6.5	-29.1
HD 217379	23 00 28.0	-26 18 43	113.6	-162.1	7.0	-3.5	-27.3	-15.1	12.0	6.5	-29.7
HIP 114066	23 06 04.8	+63 55 34	171.0	-58.5	-23.7	-6.3	-27.0	-15.7	-9.2	23.1	1.5
HD 218860S	23 11 52.1	-45 08 11	87.0	-93.5	11.2	-7.6	-29.4	-12.2	22.0	-6.3	-45.3
HD 218860N	23 11 53.6	-45 08 00	87.0	-93.5	9.8	-8.2	-29.2	-10.9	22.0	-6.3	-45.3
HIP 115162	23 19 39.6	+42 15 10	78.5	-67.4	-19.7	-4.3	-27.3	-14.4	-12.4	45.3	-14.8
HD 222575	23 41 54.3	-35 58 40	69.9	-68.0	11.1	-7.1	-26.9	-13.5	18.5	-0.7	-59.7
HD 224228	23 56 10.7	-39 03 08	205.9	-185.0	13.1	-7.5	-27.9	-13.4	6.0	-1.8	-21.2



## 3.2 Calibrações fotométricas

Como foi já dito acima, a fotometria usada neste trabalho consiste de duas calibrações diferentes desenvolvidas por Alonso et al. (1994a), (1994b), (1995), (1996a) e (1996b) e calibração desenvolvida por Houdashelt et al. (2000). Nesta dissertação não apresentaremos as equações de transformação entre os sistemas fotométricos, porém é bom comentar que as transformações no visível estão bem determinadas, o que não ocorre com os sistemas fotométricos do infra-vermelho. A principal razão são as notáveis diferenças encontradas na transmissão atmosférica nos diferentes observatórios, de fato, não há um sistema padrão, e por isso mesmo cada conjunto de dados fotométricos sempre deve ser transformado aos sistemas publicados na literatura. Alonso e Houdashelt usam transformações aos diferentes sistemas usados no hemisfério norte, conforme Jhonson (Jhonson & Morgan 1966; Lee 1970) e *cit* (Frogel et al. 1978; Elias et al. 1982 e Carney 1983).

### 3.2.1 Equações de Alonso

Estas equações são uma série de polinômios fundamentados na aplicação do método do fluxo infra-vermelho (*IRFM* “Infra Red Flux Methode” por sua sigla em inglês). Este método é fortemente dependente dos diâmetros angulares e fluxos bolométricos estelares. O *IRFM* foi desenvolvido inicialmente por Blackwell et al. (1990), basicamente representa uma resposta à carência de um método direto para encontrar as temperaturas efetivas estelares. A teoria mostra que as temperaturas podem ser calculadas através dos diâmetros angulares estelares e de fluxos bolométricos ( $F_{bo}$ ), não obstante isto somente funciona no caso de estrelas na vizinhança solar (é chamado de método direto) pois na realidade nem todas as estrelas vão pertencer à vizinhança solar (as estrelas da vizinhança solar não são muito afetadas pela extinção interestelar, então o que se faz é usar o avermelhamento  $E(V - B)$ , se após de aplicá-lo encontram-se valores exagerados então se usa a lei de extinção) para tal propósito são usados os métodos indiretos como o *IRFM*. Este método calcula a razão fluxo total integrado ( $F_{bo}$ ) sobre fluxo monocromático ( $F_{\nu}$ ), ambos são medidos na Terra, o que significa que é aplicável para estrelas com emissão no infra-vermelho; como veremos nas próximas linhas, o *IRFM* é semi-empírico porque combina os dados observacionais como magnitudes,  $F_{bo}$ , e diâmetros angulares com modelos de atmosfera para calcular os fluxos absolutos estelares. Nas estrelas mais

quentes do que  $K$ , o  $F_{bo}$  é controlado pela temperatura efetiva pois a opacidade infra-vermelha nas bandas moleculares é desprezível. A determinação dos  $F_{bo}$  e os diâmetros angulares são variáveis fundamentais no cálculo das temperaturas efetivas. Além da absorção atmosférica em certos comprimentos de onda e da extinção interestelar, a calibração das estrelas padrão também é um fator que atrapalha na hora de obter os  $F_{bo}$  pois em algumas estrelas existem incertezas importantes que não permitem obtê-las como ponto de referência, estas incertezas apresentam-se especialmente no ultra-violeta, fator que reduz o estudo das estrelas à faixa espectral  $[F - K]$ . Como pontos positivos do *IRFM* podem ser mencionados o fato de estar baseado em quantidades observacionais correlacionadas diretamente com as temperaturas efetivas, ter concordância com certas considerações teóricas, e que pode ser aplicado a uma amostra grande de estrelas.

A maioria dos trabalhos empíricos na determinação dos  $F_{bo}$  são restritos a estrelas de população I. Buser & Kurucz (1992) mostraram a influência da metalicidade na determinação dos  $F_{bo}$ , de fato, alguns trabalhos anteriores como Arribas & Martínez-Roger (1987); Mountain et al. (1985); Bell & Gustafsson (1989); Di Benedetto (1998); Frogel et al. (1979), (1981), e (1983) mostravam problemas do *IRFM* nas estrelas pobres em metais. Nos artigos de Alonso que serão explicados nos próximos parágrafos, os autores tentaram melhorar a aplicação do *IRFM* em estrelas  $F$ ,  $G$  e  $K$  para obter determinações relevantes das abundâncias químicas, interpretações corretas dos diagramas *HR* e possíveis avaliações dos modelos de atmosfera.

A ideia descrita no primeiro artigo de Alonso é a obtenção de uma calibração semi-empírica do fluxo absoluto através de estimativas fidedignas dos diâmetros angulares estelares; os diâmetros foram obtidos pela comparação entre as medições empíricas e os valores obtidos com *IRFM*. Para aquela época existiam mais dúvidas no referente aos parâmetros estelares das anãs de população I, devido a incertezas ligadas com as medições dos diâmetros angulares. Este artigo foi muito importante porque além de esboçar medidas confiáveis dos diâmetros obteve uma calibração para a estrela Vega.

No segundo artigo de Alonso, foi feita a fotometria infra-vermelha em *JHK* para 360 estrelas através de equações de transformação fotométrica entre a banda *JHK* e o sistema *cit* Elias et al. (1982) e Carney (1983), o sistema Johnson & Morgan (1953) e Lee (1970), e o sistema *ESO* Bouchet et al. (1991). Para conferir os resultados fizeram uma comparação com o sistema de banda estreita de Selby et

al. (1988). Essa fotometria desenvolvida por Alonso e os seus colaboradores é referenciada na literatura como o sistema infra-vermelho do observatorio de Teide *tcs* (Telescopio Carlos Sanchez) do *IAC* (Instituto de Astrofísica de Canarias). Para a calibração das temperaturas foram medidas as magnitudes da banda larga *JHK*, os autores compilaram e transformaram os catálogos fotométricos publicados gerando uma serie de magnitudes infra-vermelhas usadas para calcular as temperaturas efetivas através do *IRFM*. É bom comentar que naquela época havia 3 catálogos fotométricos independentes: Schuster e Nisses (1988), (1989b); Sandage e Kowal (1986) e Carney e Latham (1987). Esses catálogos não conseguem fazer uma distinção clara entre as anãs e sub-anãs fotométrica nem cinematicamente; é por isso que a mostra de estrelas de Alonso contém estrelas anãs, sub-gigantes, binárias, e inclusive gigantes.

No terceiro artigo de Alonso os autores concentraram-se na obtenção dos  $F_{bo}$ , na procura de avanços específicos nos modelos atmosféricos, no cálculo das opacidades, e nas calibrações fotométricas. O processo para obter os  $F_{bo}$  começa com o cálculo numérico de cores e magnitudes sintéticas através dos modelos de atmosfera. Após transformam as magnitudes sintéticas para fluxos medidos nos filtros e calculam os parâmetros atmosféricos através de co-relações com o fluxo na banda ( $U - K$ ). Após aplicou-se o *IRFM* para refinar o valor de  $T_a$  e determinar o diâmetro angular. Como conclusão os autores percebem uma independência no uso de modelos teóricos, sendo o procedimento descrito uma forma prática de atacar o problema da determinação dos fluxos para uma grande amostra de estrelas pobres em metais. É importante comentar que esses cálculos têm uma faixa de aplicabilidade ( $4000K < T_a < 7000K$  e  $+0.50 < [Fe/H] < -3.50$ ), uma extrapolação pode conduzir a errors.

No quarto artigo os autores aplicam o *IRFM* a uma mostra de anãs e sub-anãs usando os modelos de Kurucz (1991 e 1993) e obtiveram temperaturas  $3500K \leq T_a \leq 8000K$ ; metalicidades  $-3.50 \leq [Fe/H] \leq 0.50$ ; e gravidades de  $3.5 \leq \log(g_s) \leq 5.0$ , daqui em diante  $T_a$  é a temperatura efetiva obtida com a fotometria de Alonso. Os resultados também parecem mostrar que para  $T_a < 4000K$  o *IRFM* apresenta falhas pela carência das fontes de opacidade. A calibração do fluxo absoluto infra-vermelho baseado na determinação dos diâmetros angulares ajusta as temperaturas efetivas já calculadas com o *IRFM*. A análise óptica e os diagramas cor-cor infra-vermelhos mostram uma faixa espectral de  $[F0 - K0]$ , com metalicidade de

$0.1 > (Fe/H) \geq 3.0$ , o que significa que ambos os resultados são perfeitamente aplicáveis à amostra desta dissertação. O método é mais sensível na banda  $J$ , por isso  $T_{aJ}$  mostra mais erros do que as outras. Perto de  $5000K$  somente  $T_{aH}$  e  $T_{aK}$  foram estudadas porque o *IRFM* é muito sensível em  $R_J$ ; em baixo de  $4000K$  somente  $T_{aK}$  foi estudada, na banda  $H$  amostra um fluxo muito baixo em infra-vermelho. O *IRFM* também é complicado de aplicar para  $T > 8000K$  porque essas estrelas emitem mais em comprimentos de onda azuis, e nesses comprimentos a extinção e os  $F_{bo}$  têm muitas incertezas. Em resumo os resultados deste artigo têm uma pequena dispersão com outros autores mas é esboçado no artigo que pode ser pelo fato que o *IRFM* foi melhorado com os modelos de atmosfera do Kurucz de (1991) e (1993), na calibração do fluxo infra-vermelho, e na determinação dos  $F_{bo}$ .

No quinto artigo aplicaram também o *IRFM* numa faixa espectral  $[F0 - K5]$  e metalicidades de  $+0.50 > [Fe/H] \geq 3.00$ ; a correlação Temperatura efetiva  $\rightarrow$  cor  $\rightarrow$  metalicidade ( $[Fe/H]$ ) foi analisada matematicamente por meio de polinômios da forma  $\theta_{ef} = P(cor, [Fe/H])$  onde  $\theta_a = 5040/T_a$ . O ajuste feito pelos autores foi desenvolvido usando o método dos mínimos quadrados, retirando estrelas com ajuste maior do que  $2.5\sigma$ . O número e a ordem dos termos no polinômio foi determinado por teste e erro, adicionando potências superiores e conferindo se há uma redução significativa da dispersão. Eles também graficaram  $T_a$  vs  $[Fe/H]$  e  $T_a$  vs  $cor$  para conferir que não houver desvios da distribuição normal. A comparação dos polinômios para cada cor específica de Alonso com outras calibrações foi feita nesse artigo mesmo, de fato, o caso da cor  $(B - V)$ , comparando-a com as de Code et al. (1976) para  $0.35 < (B - V) < 0.65$  têm uma diferença de  $20K$ , para  $(B - V) = 0.20$  há uma diferença mais um pouco maior de  $200K$ . Com respecto à calibração de Böhm-vitense (1981) apresentam-se diferenças de  $-200K$  em  $(B - V) = 0.40$  e de  $200K$  para  $(B - V) = 1.5$ . Com respeito às outras cores, existem diferenças, em alguns casos significativas, nas calibrações de Alonso e aquelas dos trabalhos prévios empíricos e teóricos, isto pode ser devido às incertezas nos métodos espectroscópicos, à calibração absoluta do *IRFM*, à faixa de metalicidades consideradas, e aos modelos de atmosfera. Como principais características desta calibração podem ser mencionadas: Uma amostra grande de anãs e sub-anãs com fotometria medida ou tomada da literatura; temperaturas derivadas do *IRFM* através de medidas relevantes dos diâmetros angulares e usando os modelos de Kurucz de (1993) com linhas metálicas de opacidade revisadas; e metalicidades tomadas da espectroscopia de Cayrel de Strobel et al. (1992). Então, em concordância com o artigo vamos

mostrar como ficam os polinômio de cada banda.

Para todos os casos, os polinômios têm a forma  $5040/T_a$ , os termos  $E(J - H)$ ,  $E(J - K)$ , e  $E(V - K)$  são os excessos de cor nas respectivas bandas. Então na banda  $(J - H)$  o denominador  $T_a$  fica assim:

$$(J - H)_{cts} = 0.587 + 0.922(J - H)T_{cs} + 0.218(J - H)T_{cs}^2 + 0.016(J - H)T_{cs}[Fe/H] \quad (3.1)$$

Sendo,

$$(J - H)T_{cs} = \left[ \frac{0.98((J - H) + 0.043)}{1.076} - 0.008 \right] - E(J - H)$$

O denominador  $T_a$  na banda  $K$  fica:

$$(J - K)_{cts} = 0.582 + 0.799(J - K)_{tcs} + 0.085(J - K)_{tcs}^2 \quad (3.2)$$

Onde,

$$(J - K)_{tcs} = \left[ \frac{1.014((J - K) + 0.013)}{1.056} - 0.015 \right] - E(J - K)$$

Então no caso de  $(V - K)_{cts}$  tem-se:

$$(V - K)_{cts} = 0.566 + 0.217(V - K)_{so} - 0.003(V - K)_{so}^2 - 0.024(V - K)_{so}[Fe/H] + 0.037[Fe/H] - 0.002[Fe/H]^2 \quad (3.3)$$

Onde,

$$(V - K)_{so} = (V - K)T_{CS} - E(V - K)$$

Nas outras bandas os denominadores dos polinômios estão dados por:

$$(V - I) = 0.424 + 0.61(V - I)j_o - 0.096(V - I)^2j_o \quad (3.4)$$

Onde,

$$(V - I)j_o = (V - I)J - E(V - I)$$

$$(V - R) = 0.474 + 0.755(V - R)j_o + 0.005(V - R)^2j_o + 0.003(V - R)j_o[Fe/H] - 0.0027[Fe/H] - 0.007[Fe/H]^2 \quad (3.5)$$

Onde,

$$(V - R)j_o = (V - R)J - E(V - R)$$

e

$$(V - R)J = ((V - R) + 0,03)/0,73$$

$$(R - I) = 0.522 + 1.178(R - I)j_o - 0.32(R - I)^2j_o + 0.003(V - R)j_o[Fe/H] + 0.057[Fe/H] + 0.005[Fe/H]^2 \quad (3.6)$$

Onde,

$$(R - I)j_o = (R - I) - E(R - I)$$

$$(B - V) = 0.541 + 0.533(B - V)_o + 0.007(B - V)_o^2 - 0.019(B - V)_o[Fe/H] - 0.047[Fe/H] - 0.011[Fe/H]^2 \quad (3.7)$$

Onde,

$$(B - V)_o = (B - V) - E(B - V)$$

Hanbury-Brown, Davis, & Allen (1974) calcularam calibrações empíricas de temperaturas efetivas de estrelas de baixa massa na SP, este artigo obteve medidas diretas dos diâmetros angulares para estrelas mais jovens do que  $F5$ , não obstante para as estrelas posteriores e inclusive para as pobres em metais ainda ficam incertezas. Böhm-vitense (1981) fez uma revisão desta situação e concluiu que alguns casos modelos de atmosfera podem ser aplicados para obter temperaturas efetivas fidedignas, mas em outros casos esses modelos apresentam problemas como por exemplo o fluxo observado no ultra-violeta, suspeita-se que isso esteja relacionado com a perda de opacidade (Magain 1987).

### 3.2.2 Equações de Houdashelt

Como é sabido da teoria e das observações, a co-relação Cor-Temperatura ( $CT$ ) e as Correções Bolométricas ( $CB$ ) podem ser utilizadas para inferir propriedades físicas das estrelas. As isócronas estelares são comparadas com dados observacionais para calcular avermelhamento, idade e composição química de aglomerados estelares e verificar o tratamento teórico de fenômenos como a convecção e o “overshooting”. As relações  $CT$  teóricas são geralmente produzidas por modelos que usam perfis de transmissão de filtros fotométricos e espectros sintéticos estelares cujos valores de temperatura efetiva, abundância química, e gravidade superficial são conhecidos. Este artigo de Houdashelt apresenta cores e  $CB$  para uma grade de estrelas  $F$ ,  $G$  e  $K$  com  $T_h = [4000, 6500]K$ ,  $\log(g_s) = [0.0, 4.5]$ ; e  $[Fe/H] = [-3.0, 0.0]$ , onde  $T_h$  é a temperatura efetiva calculada com os polinômios de Houdashelt; com esses dados foram calculados os modelos de atmosfera usando o código MARCS e o espectro sintético usando o código SSG. As cores foram medidas convoluindo os espectros sintéticos com os perfis de transmissão dos respectivos filtros. Ao ser colocados nos seus respectivos sistemas fotométricos aplicaram-se correções de ponto zero dos modelos de *Vega*. As cores sintéticas e as isócronas deste artigo foram verificadas comparando-as com os diagramas  $CMD$  do aglomerado  $M67$ , as cores mostram alguma tendência a usar polinômios de ordem superior, mas nos cálculos finais foram usadas regressões lineares e de ordem dois. No sistema fotométrico *cit/cito* ( $J - K$ ) a concordância entre as cores sintéticas e observadas é muito ruim, enquanto que no sistema Johnson ( $J - K$ ) é ótima, isto pode ser devido ao melhor conhecimento do

perfil de transmissão da banda  $J$  de Jhonson. Segundo os resultados deste artigo as incertezas na  $\log(g_s)$  e a  $[Fe/H]$  dominam  $(U-V)$  para gigantes frias e anãs quentes; incertezas na  $T_h$  têm fortes influências em  $(U-V)$  para anãs frias. Enquanto que as incertezas em cada um dos parâmetros  $(T_h, \log(g_s), [Fe/H])$  dominam  $(B-V)$  para gigantes frias;  $T_h$  somente domina  $(B-V)$  para anãs frias;  $T_h$  e metalicidade dominam em  $(B-V)$  para anãs quentes.

Baseados na isócrona de metalicidade solar, encontram-se diferenças importantes entre gigantes e anãs nas cores  $(V-R)_c$  e  $(V-I)_c$  enquanto que em  $(B-V)$  e  $(J-K)$  os dois tipos de estrelas parecem ser iguais. Também se apresentam diferenças em  $(U-V)$  que podem ser atribuídas ao grau dos polinômios ou alguma outra forma matemática da equação. Este artigo também mostra que as isócronas das gigantes e as anãs diferem aproximadamente em  $5000K$ , o que poderia ser explicado porque as  $T_h$  das anãs frias de campo são sistematicamente mais quentes. Outra possível explicação é que as isocronas predizem uma relação  $g_s - T_h$  errada e/ou essa relação é certa mas o modelo de atmosfera ou o espectro sintético estão errados. As  $T_h$  de Houdashelt para as gigantes têm pequenas diferenças com os trabalhos de Benedetto & Rabbia (1987), Dyck (1996), e Perrin (1998); no caso das anãs a diferença é maior especialmente nas temperaturas mais frias. A não concordância pode-se dever que as anãs frias são mais azuis do que as cores  $(B-V)$  obtidas empiricamente. Em  $(V-R)$  e  $(V-I)$  também mostram cores mais azuis, mas menos do que em  $(B-V)$ . Para encontrar as  $T_h$ , Houdashelt fez ajustes quadráticos em função dos tipos de cor empíricos, isso é ilustrado na tabela 6 do artigo, em concordância com ela as equações para cada banda ficam da seguinte forma:

$$(B - V_J) = 8330.06 - 4924.18(B - V)_0 + 1410.47(B - V)_0^2 \quad (3.8)$$

$$(V - R_C) = 8757.630 - 10410.800(V - R)_0 + 6078.040(V - R)_0^2 \quad (3.9)$$

$$(V - I_C) = 9058.780 - 6152.430(V - I)_0 + 1987.840(V - I)_0^2 \quad (3.10)$$

$$(V - K_{cit}) = 8734.720 - 2456.600(V - K)_{cit} + 335.196(V - K)_{cit}^2 \quad (3.11)$$



$$(J - K_{cit}) = 8007.330 - 7197.760(J - K)_{cit} + 3064.100(J - K)_{cit}^2 \quad (3.12)$$

### 3.3 Razões de linha

O trabalho de Pagdett vai focalizado ao cálculo das temperaturas efetivas das T-Tauri usando a espectroscopia ao invés da fotometria como foi feito com as calibrações anteriores. Antes deste artigo, o trabalho de Cohen & Kuhl (1979) usando espectroscopia de baixa resolução pode ser considerado o primeiro neste tópico. O principal argumento para usar espectroscopia é a presença do disco opticamente espesso ao redor das T-Tauri clássicas causante do velamento nas linhas de absorção. Esse velamento faz com que o comportamento da temperatura nas T-Tauri seja diferente do que nas estrelas evoluídas, de fato, os modelos desenvolvidos por Calvet, Basri, & Kuhl (1984) mostram que o gradiente de temperatura fotométrica nas T-Tauri é menor do que nas estrelas da SP. A explicação para a existência deste velamento ainda não está bem explicada mas o artigo de Finkenzeller & Basri (1987) parece mostrar que pode ser devido ao preenchimento de linhas de emissão no espectro de absorção quando existem linhas fortes metálicas com baixos potenciais de excitação. Outros trabalhos têm dado explicações alternativas. Por exemplo nos artigos de Hartigan et al. (1989, 1991) diz-se que o velamento pode ser causado por um contínuo que as vezes é mais brilhante do que o contínuo fotosférico estelar mostrando que o velo parece estar relacionado com a presença de material circunstelar que causa um excesso de contínuo. Além disto, o artigo de Bertout (1989) mostra que muitas linhas de emissão podem ser originadas numa camada limite entre a estrela e um disco de acreção ao redor da mesma.

A técnica espectroscópica de Padgett consiste em calcular razões de linhas com transições altas e baixas de espécies metálicas neutras para encontrar temperaturas efetivas aproveitando o fato que algumas razões são muito sensíveis às temperaturas e quando são calibradas contra relações espectroscópicas padrões de temperaturas bem conhecidas podem ser encontradas temperaturas com boas aproximações. Quando as linhas são muito fracas é de fato difícil calcular as temperaturas, especialmente se as respectivas estrelas têm altos valores  $V \sin(i)$  ou baixas ( $S/N$ ); por isso são usadas razões de elementos neutros como o Ferro  $FeI$  e o Vanádio  $VI$ .

Existem outros artigos disponíveis na literatura usando razões de linhas, alguns desses artigos são: Boesgaard & Tripicco (1986) e (1987), Basri & Batalha (1990),

Basri et al. (1991); Martin et al. (1994); Patterer et al. (1993); King (1993) e Gregorio-Hetem & Lepine (1992).

Os parâmetros de ajuste da tabela 6 deste artigo mostram o método de encontrar as temperaturas aplicando as respectivas regressões lineares, mesmo assim a equação para calculá-las pode ser generalizada da seguinte forma:

$$T_p = \frac{(W_1/W_2 - y)}{m} \quad (3.13)$$

Onde  $m$  é a inclinação,  $y$  é a interseção com o eixo  $y$ ,  $w_1$  e  $w_2$  são as larguras equivalentes do Vanádio  $VI$  ou Ferro  $FeI$  nos comprimentos de 6119Å, 6199Å e 6216Å para o  $VI$  e 6200Å, 6219Å, 6703Å e 6705Å no caso do  $FeI$ . Em concordância com a tabela 6, a temperatura efetiva para as linhas  $VI(6199\text{Å})$  e  $FeI(6200\text{Å})$  ficaria:

$$T_p = \frac{(W_{VI}/W_{FeI} - 4.9)}{-8.3 \times 10^{-4}} \quad (3.14)$$

Para  $FeI(6200\text{Å})$  e  $VI(6216\text{Å})$  seria:

$$T_p = \frac{(W_{FeI}/W_{VI} + 3.4)}{9.1 \times 10^{-4}} \quad (3.15)$$

Onde  $T_p$  é a Temperatura efetiva usando as razões de linha de Pagett, para calcular as outras temperaturas devem se aplicar as regressões com a respectivas inclinações e interseções com o eixo  $y$ .

### 3.4 Ajuste da SPIZ vs Log(g)

Um diagrama  $HR$  de  $\log(g_s)$  vs  $\log T_{ef}$  ao invés do  $M_v$  vs tipo espectral é mais útil em nosso caso porque  $g_s$  e  $T_{ef}$  são dois parâmetros típicos das atmosferas estelares e observáveis nos espectros, este diagrama mostra como variam os parâmetros atmosféricos ao longo da evolução estelar, além disto, as informações que possam ser extraídas do diagrama serão relacionadas diretamente com as observações sem se referir às luminosidades, o que significa que a informação da evolução estelar interpretada deste diagrama é independente da distância, das correções bolométricas e dos paralaxes espectroscópicas. Conseqüentemente, isto transforma o diagrama  $\log(g_s)$  vs  $\log T_{ef}$  numa ferramenta poderosa no estudo dos interiores estelares. Além disto, outra coisa que pode ser percebida é que permite fazer comparações entre estrelas de aglomerados e de campo e por sua vez com a teoria de um jeito que não é possível com o diagramas  $HR$  convencionais conduzindo para luminosidades independentes

da idade estelar. O primeiro autor a perceber o alcance de um diagrama deste tipo foi Morgan (1937) e desde então esta sendo utilizado. Em nosso caso usamos as isócronas  $\log(g_s)$  vs  $\log T_{ef}$  de 50MYr de Siess, L.; Dufour, E. & Forestini, M. (2000) e a equação fica:

$$\log(g_z) = \log \frac{0.76}{R^2} + 4.438 \quad (3.16)$$

Onde  $\log(g_z)$  é a gravidade superficial usando este diagrama.

### 3.5 Curva de crescimento

Sabe-se que o perfil e a profundidade das linhas espectrais são uma amostra aproximada da física da atmosfera estelar, elas refletem certas condições físicas que podem ajudar no cálculo das abundâncias químicas, de fato, a relação entre as linhas de absorção e variáveis como temperaturas efetivas, pressão, radiação, e os campos de velocidade e magnético do gás parecem determinar essas condições atmosféricas.

As larguras equivalentes  $w$  das linhas estão determinadas pelas velocidades térmica e de micro-turbulência, além disto, sendo  $w$  também uma função da temperatura efetiva é por sua vez função da pressão eletrônica, pressão do gas e da constante de amortecimento  $\gamma$ .

As temperaturas, gravidades (pressões) e abundâncias apresentam diferentes sensibilidades e efeitos nas linhas espectrais dependendo se elas são fracas ou fortes. No caso da temperatura efetiva ela é a variável que mais influi no comportamento da  $w$ , por exemplo para as linhas fracas,  $w$  apresenta forte dependência exponencial e em algumas potências da temperatura efetiva nos processos de excitação e ionização, um aumento em  $w$  está relacionado com um aumento da temperatura efetiva que por sua vez mostra um aumento na excitação e portanto um aumento na pressão eletrônica. Para este tipo de linhas, por exemplo, mudanças em temperatura efetiva ( $T_{ef}$ ) fazem que as linhas apresentem um pico máximo de  $w$  seguido de decaimentos em concordância com o grau de ionização das espécies neutras ou ions. No caso de linhas fortes, com o aumento de  $T_{ef}$  as asas das linhas encolhem-se fazendo que a  $w$  diminua, esse comportamento pode ser explicado porque a temperatura efetiva depende da constante de amortecimento, existe também o comportamento onde a temperatura afeta só fracamente as  $w$  e é no caso de linhas saturadas.

Os efeitos da pressão nas linhas fortes são observáveis de 3 formas: mudanças na razão (absorventes de linha / opacidade contínua), sensibilidade da pressão com

a  $\gamma$ ; dependência da pressão com o alargamento Stark linear do  $H$ . Nas estrelas frias os efeitos da pressão traduzem-se em efeitos da gravidade já que as duas pressões, eletrônica e do gás estão relacionadas pelas equações  $P_g \sim cte P_e^2$  sendo  $P_g \sim C(T)g_s^{2/3}$ ; isso é observável em estrelas  $F$ ,  $G$  e  $K$  onde ao diminuir a gravidade (ou aumentando a pressão) a  $w$  aumenta, outro efeito observável nelas é a sensibilidade com a pressão para as linhas de  $H$  o qual é significativo para  $T_{ef} \sim 7500K$ . Neste caso, os efeitos da pressão (gravidade) são muito mais fracos do que os efeitos da temperatura.

Os efeitos da pressão para linhas fortes depende do estado de ionização dos ions ou atomos, por exemplo, para os ions ou átomos cuja maioria de elétrons apresentam o mesmo estado de ionização baixas pressões ocasionam grandes  $w$ ; para os ions ou átomos cuja maioria de elétrons estão no estado de ionização inferior a pressão só altera as linhas, por exemplo, para  $FeI$  e  $OI$  não há sensibilidade com a pressão enquanto que para o  $FeII$  há sensibilidade. Os efeitos nas linhas fracas são observáveis no caso do mesmo estado de ionização, aqui é observado um alargamento das linhas de  $MgI$ .

Enquanto a abundância, o efeito importante é sobre as asas, de fato, quando a abundância ( $A$ ) aumenta também o fazem as asas. Mudanças no perfil e na  $w$  só dependem fortemente da profundidade óptica da linha, as abundâncias só ocasionam um pequeno incremento na largura equivalente. No caso de linhas fortes, as asas dominam o perfil e a largura equivalente é proporcional à raiz quadrática da abundância.

Quando a abundância do elemento muda no tempo o equilíbrio de ionização se quebra, a absorção no contínuo muda com a mudança dos  $e^-$  doadores e o amortecimento colisional pode ser diferente pelas mudanças em  $P_e$  e  $P_g$ . Há casos onde as abundâncias dos elementos são constantes e a dos doadores de  $e^-$  é variável, isto gera um forte efeito nas asas e em menor proporção na  $w$ . No caso inverso, os dois parâmetros, asas e profundidade variam, mas as asas o fazem de um jeito não tão dramático e as  $w$  de um jeito quase igual ao primeiro; além disso, outro efeito percebido é um enfraquecimento das linhas em concordancia com o aumento do  $k_\nu$  do  $H^-$  devido ao aumento dos  $e^-$ .

A curva de crescimento é uma forma de analisar o comportamento da largura equivalente em função do número de átomos absorvidos nas respectivas linhas, ela mostra como a absorção que se apresenta nas linhas determina a composição química. De fato, a análise química feita através desta curva é referenciada na literatura como

“o método da curva de crescimento” os primeiros trabalhos das curvas podem ser encontrados nas citações de Gray (2005), no respectivo capítulo deste livro o autor faz uma breve introdução histórica. Deve-se ter cuidado com a definição da curva de crescimento dita acima já que para uma determinada abundância química tem-se um número específico de absorventes que não é possível alterar, então às vezes falar que  $w$  está em função do número de absorventes não é tão certo. Uma curva de crescimento está dividida em três faixas de comportamento, no primeiro deles que se apresenta no caso de linhas fracas, é dominado pelo deslocamento Doppler e o perfil cresce proporcional à abundância igual que a largura equivalente. Na segunda parte, acontece quando a profundidade central da linha aproxima-se ao seu valor máximo e as linhas saturam-se assintoticamente. Na terceira parte é quando a profundidade óptica nas asas da linhas são proporcionais ao coeficiente de absorção contínuo  $\nu_v$ , sendo  $\nu_v = cte T_{ef}^{-5/2} P_e e^{0.75/kT}$  com  $P_e$  a pressão eletrônica. Ainda não se tem certeza sobre a partir de qual valor de  $A$  a estrela começa ter dependência do valor de  $\gamma$ , sendo ela dependente da  $T_{ef}$  e da  $P_e$ .

As curvas de crescimento para as linhas das mesmas espécies com  $A$  constante diferem em deslocamentos ao longo do eixo  $x$  em concordância com valores de  $g_n$ ,  $f$ ,  $\lambda$ ,  $\chi$ , e  $k_\nu$  por isso nas curvas é bom somente usar  $\log(w/\lambda) / \log A$ . Com o potencial  $\chi$  também se apresenta a mesma situação, quando  $\chi$  aumenta a curva desloca-se à direita aumentando também  $A$ . A temperatura de excitação  $\theta_{ex}$  decai lentamente com  $\chi$ . Na fotosfera as linhas de mais alto  $\chi$  são formadas nas regiões mais profundas onde as temperaturas são mais altas. As temperaturas efetivas entram no jogo através do equilíbrio de excitação que por sua vez atua através das variáveis  $N_j/N_E$ ,  $k_\nu$ , e  $\theta_{ex}$ ; a curva em concordância com os valores de  $T_{ef}$  desloca-se também ao longo do eixo  $x$  variando  $\log A$ , este deslocamento poder ser para a direita ou esquerda dependendo do valor da  $T_{ef}$ , geralmente  $100K$  correspondem a aproximadamente a 0.1 e para as estrelas mais frias correspondem valores menores de  $\log A$  enquanto que para as estrelas mais quentes terão  $\log A$  maiores. Com respeito à gravidade, quanto maior é o  $\log(g_s)$  maior é  $\log A$  deslocando-se a curva à direita; as  $w$  de íons são sensíveis à gravidade num fator de  $\sim g_s^{-1/3}$  o que significa que as  $w$  são sensíveis às abundâncias num fator de  $\sim g_s^{1/3}$ . Outra coisa interessante da  $g_s$  é que devido à dependência da  $\gamma$  com a pressão a  $g_s$  altera a parte de amortecimento (damping) da curva, grandes  $g_s$  e  $\gamma$  podem alterar a parte plana da curva.

### 3.5.1 Renoir e DAOSPEC

Nesta dissertação a curva de crescimento foi obtida usando o software Renoir dos pesquisadores franceses M. Spite and R. Spite, o software interpola os modelos de atmosfera para um conjunto dado de larguras equivalentes previamente medidas e calcula as abundâncias de  $FeI$ , esses resultados são visualizados num gráfico de  $\log(w/\lambda)$  vs  $\log A$  onde é plotada a curva de crescimento. Os valores prévios dos parâmetros estelares foram obtidos com as técnicas fotométricas e as razões de linha já explicadas acima, é bom comentar que geralmente ao usar Renoir sempre a velocidade microturbulenta é um parâmetro livre que precisa ser determinada primeiro mas isso está relacionado ao tipo de análise envolvendo modelos de atmosferas e formação de linhas espectrais em  $1D$ .

Especificamente o Renoir lê primeiro as linhas de absorção com suas respectivas larguras equivalentes e parâmetros eletrônicos como potencial de excitação, constante de amortecimento, e  $\log(gf)$ .

O processo da contagem das linhas e medição das larguras equivalentes pode ser feito “manualmente” usando *IRAF* ou com software chamado de *DAOSPEC* desenvolvido por Stetson & Pancino (2004); fundamentalmente o programa encontra as linhas de absorção, mede as larguras e ajusta o contínuo a partir de uma lista prévia de linhas em repouso no sistema de laboratório, essa lista de laboratório atualizada foi tomada do site do *NIST* (“National Institute of Standards and Technology”) <http://www.nist.gov>, então com essa informação é arranjado um arquivo de texto no respectivo formato para que possa ser lido pelo *DAOSPEC* e por sua vez encontre as linhas no espectro  $1D$ , para efeitos de comparação e avaliação do processo foram identificadas as linhas e medidas as larguras manualmente para um espectro com baixa ( $S/N$ ), os resultados são mostrados na figura 3.3.

Antes da leitura o espectro deve estar “bilinearizado” em comprimento de onda e normalizado, para fazer a normalização foi necessário usar o pacote *continuum* do *IRAF*. Como segundo passo está a leitura da grade do respectivo modelo de atmosfera disponível na literatura, com a grade é possível gerar os modelos num formato com extensão *.mod*, por exemplo um arquivo chamado de *modelos.mod*; após deve-se transformar o arquivo de texto de saída do *DAOSPEC* ao formato específico suportado pelo Renoir o qual deve ter o comprimento de onda, o nome do elemento, o potencial de excitação,  $\log(gf)$ , e a largura equivalente. O passo seguinte é rodar o executável do Renoir para que ele comece perguntar os parâmetros estelares já previamente calculados. Após disto ele faz a interpolação calculando as abundâncias de  $FeI$  em cada linha, o produto final é a curva de crescimento que

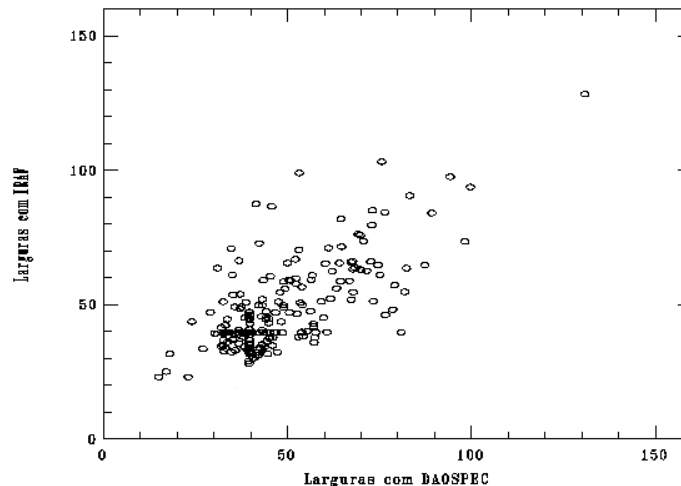


Figura 3.3: Comparação das  $w$  medidas pelos programas *DAOSPEC* e *IRAF*.

por sua vez determinará a abundância média.

O processo de ajuste da curva é iterativo, modificando os parâmetros utilizados no modelo procuramos encontrar a menor dispersão possível das linhas (pontos) medidas, quando isto é conseguido o ajuste da curva de crescimento teórica fornece o valor da metalicidade.

### 3.6 Síntese espectral

Esta técnica consiste na geração de um espectro teórico que é comparado com outro observacional, a síntese espectral é usada por ser um método mais complexo geralmente para elementos que não têm muitas linhas num espectro como é o caso do Lítio e o Berílio, etc. Neste trabalho para levar a cabo a síntese foi usado o software *SPECTRUM* do pesquisador americano Richard Gray (1994), dito software é de uso público e esta disponível na internet:

[http : //www.phys.appstate.edu/spectrum/spectrum.html](http://www.phys.appstate.edu/spectrum/spectrum.html)

O *SPECTRUM* usa as grades de modelos de Kurucz como parâmetro de entrada, após soluciona iterativamente para cada camada na fotosfera estelar um sistema de 7 equações diferenciais não lineares que correspondem às equações de equilíbrio das diferentes espécies e à equação da densidade total, então o software calcula as opacidades de referência e as profundidades ópticas nas respectivas camadas atmosféricas; com esta informação começa o processo de cálculo do espectro

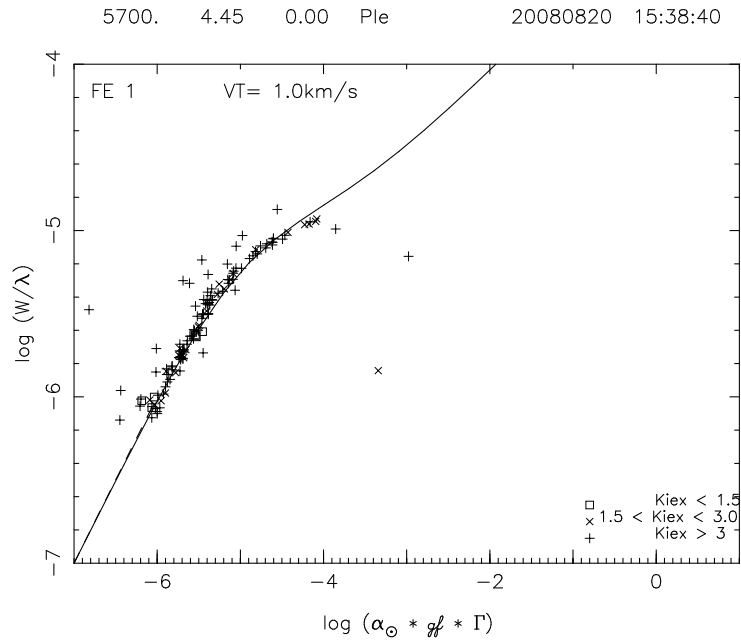


Figura 3.4: Curva de crescimento do Sol.

sintético. Divide o espectro em blocos de  $20\text{\AA}$ , e para cada um deles são calculados a opacidade e o fluxo emergente do contínuo no centro da faixa, a abundância iônica e a população do nível de uma transição particular são calculadas solucionando-se as equações do Boltzman e Saha; a opacidade de linha, a profundidade ótica, a opacidade e o fluxo do contínuo são usados para calcular a intensidade residual normalizada nesse ponto espectral, para determinar quais linhas do espectro entram no cálculo da opacidade o software usa uma lista que contém todas as possíveis linhas num raio de  $10\text{\AA}$  ao redor de um determinado ponto do espectro, para cada uma dessas linhas o software por sua vez designa um “raio de cálculo” com base no cálculo da profundidade da linha. Então o código faz uma varredura em toda a faixa para seleccionar as linhas candidatas e as envia para uma segunda lista onde vão estar as linhas definitivas que farão parte do cálculo da opacidade. As linhas do  $H$  são calculadas levando em conta os alargamentos ressonantes e Stark e a estrutura fina no núcleo, a opacidade de linha em pontos intermediários do espectro é obtida por interpolação de 4 pontos em cada uma das camadas da atmosfera, estas linhas são incluídas no cálculo das opacidades de linha para todos os pontos ao redor do centro da linha. O código do *SPECTRUM* inclui 17 linhas de Lyman, 250 de Balmer e 246 de Paschen. Linhas  $HeI$  são calculadas com base nos desenvolvimentos feitos por Beauchamp, Wesemael & Bergeron (1997). Esses cálculos incluem componentes proibidas, as linhas do  $HeII$  não são incluídas atualmente no *SPECTRUM*, as



linhas do *HeI* são calculadas somente para modelos com  $T_{ef} > 8500K$ , linhas do *HeI* no vermelho estão afetadas pelo não-LTE ocasionando que não sejam bem reproduzidas pelo código.

O *SPECTRUM* gera os espectros sintéticos com suposição de *LTE* e trata cada linha como se fosse de absorção pura, ou seja, sendo a função da fonte igual à função de Planck, conseqüentemente tem problemas nos espectros de estrelas *O* onde os efeitos de não-LTE são importantes, também terá problemas nos casos onde uma parte significativa da linha forme-se na cromosfera, para  $T_{ef} < 4500K$  o software também não trabalha bem pelo fato de se apresentar uma fonte desconhecida importante de opacidade na região azul-violeta do espectro, entretanto, no vermelho e no infravermelho são gerados espectros razoáveis para  $T_{ef} < 4500K$ . O *SPECTRUM* não tem ainda algumas das fontes de opacidade no infravermelho pras estrelas anãs, as opacidades que normalmente podem ser calculadas pelo código são: as ligado-livre e livre-livre do *H*, *HeI* e  $H^-$ ; as livre-livre do *HeII*; a opacidade do  $H_2^+$ ; as opacidades devidas a espalhamento de Rayleigh do  $H_2$  e *HeI*; a opacidade do  $HeI^-$ ; as opacidades em baixas e intermediarias temperaturas; e a opacidade do scattering eletrônico. O *SPECTRUM* não calcula espectros de moléculas triatômicas.

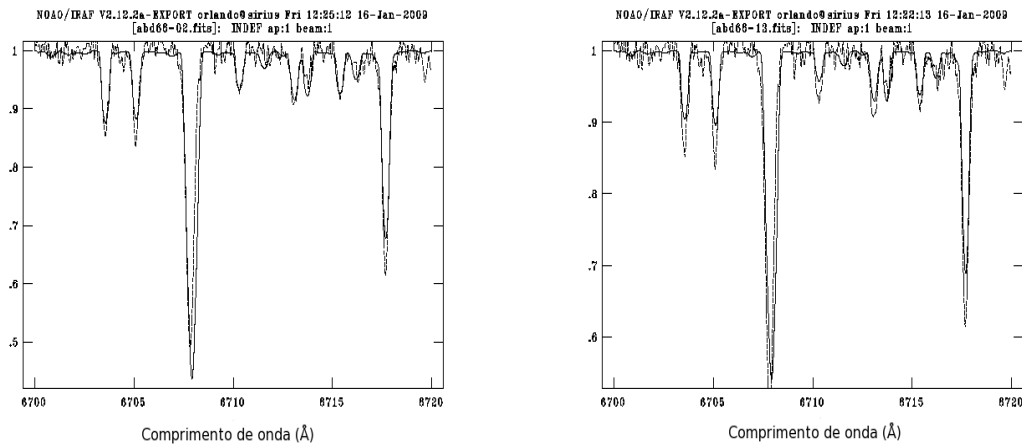


Figura 3.5: Sínteses preliminares de AB Doradus.

O procedimento para obter o espectro sintético usando *SPECTRUM* consiste de: a seleção do modelo de atmosfera, de uma lista de linhas, da faixa de comprimento de onda, da velocidade de rotação, da velocidade microturbulenta e dos parâmetros atômicos dos respectivos elementos a serem analisados. O modelo de atmosfera para a respectiva estrela e a velocidade microturbulenta devem ser selecionados da grade de modelos do Kurucz, é importante comentar que o valor da

velocidade de microturbulência ( $V_{mt}$ ) nunca deve ser maior do que mostrado na grade já que esta velocidade influi nas opacidades de linha; a velocidade de rotação ( $V_{ro}$ ) deve ser selecionada por teste e erro, a lista de linhas utilizada neste trabalho foi a lista padrão fornecida junto com o software. Então, para levar a cabo o processo iterativo de gerar o espectro sintético e obter a melhor simulação possível do espectro observado devem-se subministrar valores iniciais da abundância do Lítio e modificar os valores das velocidades  $V_{rot}$  e  $V_{mt}$  até encontrar o melhor ajuste. Na figura 3.5 é mostrado este processo.

# Capítulo 4

## Resultados e análise

Neste capítulo mostramos os resultados da análise dos dados utilizando-se a metodologia explicada no capítulo anterior. Os resultados podem-se resumir assim  $T_{ef} = [4486, 6031]K$ ,  $\log(g_s) = [3.90, 4.60]$ ,  $[Fe/H] = [-0.20, 0.15]$ ,  $V_{mt} = [1.00, 2.50]Kms^{-1}$  e  $\log N(Li) = [0.64, 2.89]$ . Do total de 89 estrelas até agora identificadas como parte de AB Doradus foi possível calcular as temperaturas fotométricas para todas, enquanto que a espectroscopia teve menor cobertura pois algumas estrelas não têm espectro ou porque a relação Sinal/Ruído ( $S/N$ ) (veja tabela 4.4) para alguns dos espectros disponíveis era muito baixa.

Na tabela 4.1 são mostradas as cores fotométricas obtidas das observações, especificamente cores nas bandas  $(B - V)$ ,  $(V - I)$ ,  $J$ ,  $H$ , e  $K$  ( $JHK$  são as cores obtidas através do “two mass”) as cores do sistema  $tcs$  foram obtidas através das transformações de Alonso (1998) e Carpenter (2001); as cores do  $cit$  por meio das transformações de Carpenter (2001); e a cor  $(V - I)J$  através das transformações de Bessel (1979). Na tabela 4.2 estão listadas as extinções interestelares para cada cor, as equações para calculá-las foram obtidas de Riek & Lebofsky (1985); a tabela 4.3 mostra mais cores no sistema  $cito$  e as duas temperaturas fotométricas obtidas nesta dissertação,  $T_a$  e  $T_h$  usando os respectivos polinômios indicados nas seções 3.2.1 e 3.2.2.

Na tabela 4.4 são mostrados o tipo espectral proposto por Torres et al. (1999), a velocidade radial heliocêntrica observada  $V_r$ , o  $(S/N)$ , a largura a meia altura  $FWHM$ , a  $T_p$ , a temperatura obtida usando o software Renoir  $T_r$ , a temperatura do modelo atmosférico  $T_g$ , as gravidades superficiais  $\log(g_r)$  obtida usando Renoir e a gravidade  $\log(g_g)$  atmosférica utilizada em *SPECTRUM*. Como vai ser dito no seguinte parágrafo, as gravidades apresentam um comportamento parecido com

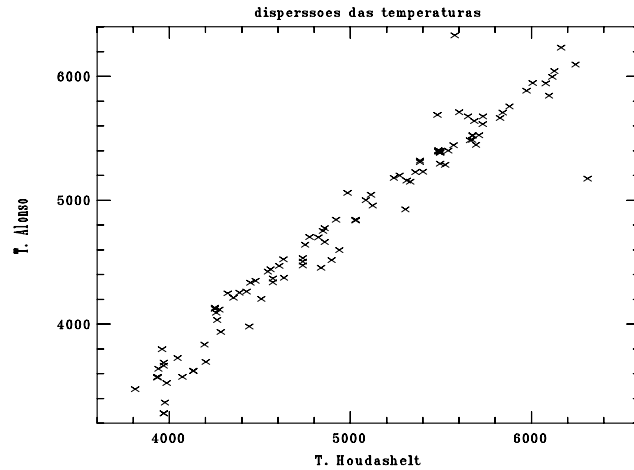


Figura 4.1: Dispersão de Temperaturas fotométricas.

às temperaturas, dispersões entre os três valores de gravidades maiores do que 0.5 somente apresentaram-se em algumas estrelas onde o espectro tem  $(S/N) < 45.5$ , é bom comentar que o Renoir permite flexibilidade na grade de entrada e possível usar gravidades de três casas significativas inclusive com faixas de 0.01 enquanto que o *SPECTRUM* não pode interpolar a grade de modelos.

Na tabela 4.5 aparecem algumas características observacionais como a distância, magnitude absoluta visual  $M_v$ , as correções bolométricas teóricas  $CB_{te}$  e observadas  $CB_{ob}$ , as magnitudes bolométricas observadas  $M_{bo}$  e teóricas  $M_{bt}$ , as luminosidades teóricas  $L_{te}$  e observadas  $L_{ob}$ , o raio  $R$ , e a massa  $M$ .

Na tabela 4.6 fazemos uma comparação entre as diferentes temperaturas obtidas com fotometria e espectroscopia, a temperatura efetiva final  $T_f$  em alguns casos foi calculada mediante a média aritmética entre  $T_r$  e  $T_g$ , em outros os dois valores coincidem. O valor de entrada no Renoir foi calculado com a média aritmética de  $T_a$ ,  $T_h$  e  $T_p$ ; quando existiam diferenças  $> 250K$  entre a fotometria e a espectroscopia e haviam valores relativamente altos da  $(S/N)$ , então escolhe-se  $T_p$  como valor de entrada; nas estrelas com  $(S/N)$  baixa não encontrou-se dispersão entre  $T_a$ ,  $T_h$ , e  $T_p$ ; e no caso onde foi encontrada dispersão entre elas, escolheu-se a temperatura mais próxima da teórica. Para ilustrar melhor a explicação anterior podemos citar os exemplos das estrelas: *HD6569* e *G85441037*; para a *HD6569* não existem diferenças significativas entre as temperaturas derivadas da espectroscopia e a fotometria, então a temperatura de entrada no Renoir foi derivada calculando a média aritmética das três temperaturas, para a *G85441037* há uma diferença maior do que  $250K$  entre fotometria e espectroscopia mas há um  $(S/N)$  aceitável, então a temperatura ini-

cial no Renoir foi obtida tirando as temperaturas fotométricas e usando o valor de  $T_p$ . Vale ressaltar que os melhores ajustes na fotometria correspondem às cores do “two mass”, enquanto que as cores  $(B - V)$  e  $(V - I)$  mostraram para algumas estrelas resultados sem sentido. Em termos gerais somente existem dispersões de temperaturas fotométricas significativas para algumas estrelas mas essas diferenças estão relacionados com incertezas ligadas com as observações mesmas veja o gráfico 4.1 onde são comparadas as duas calibrações fotométricas, graças as cores, a fotometria foi o único jeito de obter temperaturas para todas as estrelas da associação. Com respeito as temperaturas espectroscópicas, os resultados mostram que a baixa  $(S/N)$  atrapalhou em alguns espectros onde a diferença entre as técnicas usadas é maior do que  $250K$ , não obstante houve também alguns casos de  $(S/N)$  baixa com diferenças de temperaturas menores do que  $250K$ , enquanto que nos espectros de alta  $(S/N)$  houve uma boa coincidência entre as temperaturas.

Na tabela 4.7 comparamos os valores das gravidades, a obtenção da  $\log(g_f)$  foi parecida ao caso da  $T_f$ , em alguns casos, quando haviam dispersões menores do que  $0.5dex$ , o valor final era obtido da média aritmética de  $\log(g_z)$ ,  $\log(g_r)$ , e  $\log(g_g)$ ; em outros foi simplesmente a media de duas delas; e em outros casos foi somente levado em conta o valor obtido do Renoir  $\log(g_r)$  como valor final  $\log(g_f)$ .

Na tabela 4.8 listamos as metalicidades fotométricas calculadas através dos polinômios de Alonso  $[Fe/H]_a$ , as metalicidades espectroscópicas usando Renoir  $[Fe/H]_r$  e as metalicidades dos modelos atmosféricos utilizados na síntese espectral  $[Fe/H]_g$ . A  $[Fe/H]_a$  somente pode ser considerada um valor prévio antes do cálculo das metalicidades espectroscópicas, a forma de calculá-las foi indicado no inciso 3.2.1. Na maioria dos casos esta forneceu uma faixa ampla de metalicidade na qual estavam incluídos os valores obtidos pela espectroscopia, em poucas estrelas os valores espectroscópicos ficaram ligeiramente deslocados da faixa fotométrica.

Na tabela 4.9 estão listados os parâmetros e as abundâncias das estrelas nas quais foi possível aplicar a metodologia completa. Infelizmente só puderam ser analisadas menos da metade das estrelas pela impossibilidade de ter os espectros de todas ou a maioria delas pois uma quantidade significativa das estrelas de *AB Doradus* não são visíveis no hemisfério sul e pelo fato do baixo  $(S/N)$  de alguns espectros.

Tabela 4.1: Cores fotométricas da amostra.

Estrelas	$(B - V)$	$(V - I)$	$(V - I)J$	$(V - K)$	$(J - K)$	$(J - H)$	$(V - K)_{tes}$	$(J - K)_{tes}$	$(J - H)_{tes}$	$(V - K)_{cit}$	$(J - K)_{cit}$
HD 1405	1,00	0,96	1,23	2,47	0,62	0,50	2,46	0,59	0,49	2,45	0,60
HD 4277	0,48	...	...	1,42	0,28	0,24	1,42	0,27	0,25	1,40	0,28
HD 6569	0,91	0,95	1,22	2,10	0,57	0,48	2,09	0,54	0,47	2,08	0,55
HIP 6276	0,79	0,83	1,07	1,87	0,48	0,38	1,87	0,46	0,38	1,85	0,47
CD-46644	0,91	1,16	1,49	2,63	0,68	0,54	2,62	0,65	0,52	2,61	0,66
HD 13482	0,72	0,83	1,07	8,41	0,47	0,37	8,41	0,45	0,37	8,39	0,46
HD 16760 b	0,96	...	...	11,04	0,76	0,48	11,03	0,73	0,47	11,02	0,73
HD 16760	0,65	...	...	9,17	0,40	0,33	9,17	0,38	0,33	9,15	0,39
HD 17332 b	0,72	0,76	0,98	8,44	0,33	0,29	8,44	0,31	0,30	8,42	0,32
HD 17332 a	0,60	0,67	0,86	8,67	0,35	0,31	8,67	0,33	0,31	8,65	0,34
HD 19668	0,81	0,84	1,08	8,94	0,46	0,37	8,94	0,44	0,37	8,92	0,45
BD+21 418 b	1,13	...	...	11,18	0,71	0,57	11,17	0,68	0,55	11,16	0,68
BD+21 418 a	0,59	0,66	0,85	8,81	0,30	0,20	8,81	0,29	0,21	8,79	0,30
HD 21845 a	0,68	0,75	0,96	8,73	0,47	0,38	8,73	0,45	0,38	8,71	0,46
HD 21845 b	0,11	...	...	3,70	0,79	0,61	3,69	0,76	0,59	3,68	0,76
Hip 17695	1,50	2,40	3,08	12,38	0,87	0,63	12,37	0,83	0,60	12,36	0,84
HD 24681	0,71	...	...	1,77	0,46	0,32	1,77	0,44	0,32	1,75	0,45
HD 25457	0,52	...	...	5,37	-0,01	-0,13	5,37	-0,01	-0,09	5,35	0,00
HD 25953	0,48	...	...	8,14	0,31	0,19	8,14	0,30	0,20	8,12	0,31
5899 0026	1,52	2,51	3,23	5,61	0,85	0,59	5,60	0,81	0,57	5,59	0,82
CD-56 1032 N	1,56	2,82	3,62	5,26	0,91	0,56	5,25	0,87	0,54	5,24	0,87
CD-56 1032 S	1,54	2,58	3,32	4,79	0,86	0,58	4,78	0,82	0,56	4,77	0,83
HD 31652	0,76	...	...	1,77	0,40	0,37	1,77	0,38	0,37	1,75	0,39
CD-40 1701	0,88	...	...	11,25	0,68	0,53	11,24	0,65	0,51	11,23	0,66
HD 32981	0,60	...	...	1,39	0,29	0,22	1,39	0,28	0,23	1,37	0,29
HD 293857	0,73	0,82	1,05	1,90	0,28	0,28	1,90	0,27	0,29	1,88	0,28
HD 33999	0,44	...	...	1,63	0,37	0,29	1,63	0,35	0,30	1,61	0,36
HD 35650	1,29	...	...	9,86	0,78	0,59	9,85	0,75	0,57	9,84	0,75
HD 36705 b	...	2,78	3,57	14,03	0,83	0,51	14,02	0,79	0,50	14,01	0,80
HD 36705 a	0,83	0,94	1,21	7,51	0,63	0,48	7,50	0,60	0,47	7,49	0,61
CD-33 2353	1,06	1,25	1,61	2,79	0,67	0,51	2,78	0,64	0,50	2,77	0,65
CD-34 2331	1,08	...	...	-9,12	0,68	0,55	-9,13	0,65	0,53	-9,14	0,66

Tabela 4.1 continuação

Estrelas	$(B - V)$	$(V - I)$	$(V - I)J$	$(V - K)$	$(J - K)$	$(J - H)$	$(V - K)_{tes}$	$(J - K)_{tes}$	$(J - H)_{tes}$	$(V - K)_{cit}$	$(J - K)_{cit}$
CD-48 1893	1,19	1,49	1,92	3,19	0,84	0,62	3,18	0,80	0,60	3,17	0,81
HD 37572	0,79	0,89	1,14	4,19	0,56	0,44	4,18	0,54	0,43	4,17	0,54
HD 37551a	0,67	0,75	0,96	1,54	0,42	0,36	1,54	0,40	0,36	1,52	0,41
HIP 26401b	0,86	0,96	1,23	1,54	0,42	0,36	1,54	0,40	0,36	1,52	0,41
4779 0394	0,73	0,79	1,02	2,26	0,46	0,36	2,26	0,44	0,36	2,24	0,45
CP-19 878	0,86	...	...	1,48	0,62	0,50	1,47	0,59	0,49	1,46	0,60
AC 3511952	0,87	...	...	...	0,69	0,53	12,97	0,66	0,51	12,96	0,67
CD-26 2425	0,86	...	...	1,13	0,72	0,56	1,12	0,69	0,54	1,11	0,69
HD 39576	0,63	0,69	0,89	1,53	0,37	0,33	1,53	0,35	0,33	1,51	0,36
TY Col	0,69	0,82	1,05	1,94	0,50	0,39	1,94	0,48	0,39	1,92	0,49
BD-13 1328	1,10	...	...	11,65	0,67	0,55	11,64	0,64	0,53	11,63	0,65
CD-34 2676	0,79	...	...	1,95	0,52	0,40	1,94	0,50	0,40	1,93	0,50
CD-35 2722	1,69	...	...	3,95	0,87	0,64	3,94	0,83	0,61	3,93	0,84
HD 45270	0,61	0,66	0,85	1,49	0,39	0,27	1,49	0,37	0,28	1,47	0,38
G8894 0426	...	...	...	13,58	0,88	0,62	13,57	0,84	0,60	13,56	0,85
HD 48189	0,58	0,64	0,82	1,80	0,54	0,33	1,79	0,52	0,33	1,78	0,52
CD-61 1439	1,26	1,53	1,97	3,20	0,80	0,66	3,19	0,77	0,63	3,18	0,77
AC 3372872	1,19	...	...	11,75	0,67	0,54	11,74	0,64	0,52	11,73	0,65
G8544 1037	...	...	...	12,54	0,74	0,55	12,53	0,71	0,53	12,52	0,71
CD-57 1654	0,68	...	...	1,48	0,45	0,38	1,48	0,43	0,38	1,46	0,44
BD+20 1790	1,15	...	...	10,69	0,76	0,61	10,68	0,73	0,59	10,67	0,73
HD 59169	0,43	...	...	2,13	0,50	0,40	2,13	0,48	0,40	2,11	0,49
CD-29 4446	1,42	1,66	2,13	4,68	0,90	0,65	4,67	0,86	0,62	4,66	0,86
CD-8480	0,83	...	...	2,04	0,49	0,38	2,04	0,47	0,38	2,02	0,48
HD 64982	0,60	...	...	1,37	0,32	0,23	1,37	0,30	0,24	1,35	0,32
BD-07 2388	0,78	...	...	2,47	0,64	0,46	2,46	0,61	0,45	2,45	0,62
CD-45 5772	1,26	...	...	2,73	0,70	0,58	2,72	0,67	0,56	2,71	0,68
BD+01 2447	1,51	2,26	2,90	10,52	0,87	0,58	10,51	0,83	0,56	10,50	0,84
HD 99827	0,45	0,50	0,64	7,94	0,24	0,16	7,94	0,23	0,18	7,92	0,24
HD 113449	0,85	0,89	1,14	8,23	0,54	0,38	8,22	0,52	0,38	8,21	0,52
HD 139751	1,19	1,28	1,65	11,22	0,78	0,59	11,21	0,75	0,57	11,20	0,75
Hip 81084	1,44	1,77	2,28	12,13	1,28	1,05	12,12	1,23	0,99	12,11	1,22
HD 152555	0,59	0,66	0,85	8,16	0,34	0,22	8,16	0,32	0,23	8,14	0,33

Tabela 4.1 continuação

Estrelas	$(B - V)$	$(V - I)$	$(V - I)J$	$(V - K)$	$(J - K)$	$(J - H)$	$(V - K)_{tes}$	$(J - K)_{tes}$	$(J - H)_{tes}$	$(V - K)_{cit}$	$(J - K)_{cit}$
HD 317617	0,93	...	...	2,59	0,67	0,52	2,58	0,64	0,50	2,57	0,65
HD 159911	1,07	...	...	3,33	0,79	0,61	3,32	0,76	0,59	3,31	0,76
HD 160934	1,17	1,46	...	...	0,81	0,62	-6,82	0,78	0,60	-6,83	0,78
HD 176367	0,56	0,62	0,80	1,34	0,31	0,18	1,34	0,30	0,20	1,32	0,31
HD 178085	0,59	0,66	0,85	8,66	0,32	0,32	8,66	0,30	0,32	8,64	0,32
AC 162461	0,86	...	...	8,08	0,64	0,52	8,07	0,61	0,50	8,06	0,62
HD 189285	0,71	...	...	1,62	0,42	0,30	1,62	0,40	0,30	1,60	0,41
BD-034778	1,16	...	...	2,18	0,56	0,45	2,17	0,54	0,44	2,16	0,54
HD 199058	0,63	...	...	1,65	0,41	0,37	1,65	0,39	0,37	1,63	0,40
AC 422524	1,28	...	...	2,91	0,67	0,59	2,90	0,64	0,57	2,89	0,65
HD 201919	1,21	1,42	1,83	2,92	0,77	0,61	2,91	0,74	0,59	2,90	0,74
BD+22 4409	1,08	1,23	1,58	9,88	0,69	0,69	9,87	0,66	0,66	9,86	0,67
HD 207278	0,69	0,75	0,96	1,72	0,41	0,33	1,72	0,39	0,33	1,70	0,40
AC 433594	1,53	2,49	3,20	4,73	0,87	0,60	4,72	0,83	0,58	4,71	0,84
Híp110526 a	1,55	2,47	3,17	12,30	0,85	0,85	12,29	0,81	0,81	12,28	0,82
Híp 110526 b	1,55	2,51	3,23	12,40	0,85	0,85	12,39	0,81	0,81	12,38	0,82
HD 217343	0,64	0,71	0,91	2,71	0,35	0,25	2,71	0,33	0,26	2,69	0,34
HD 217379	1,27	1,43	1,84	3,56	0,78	0,60	3,55	0,75	0,58	3,54	0,75
Híp 114066	1,44	1,77	2,28	11,71	0,84	0,84	11,70	0,80	0,80	11,69	0,81
HD 218860 S	0,75	0,79	1,02	1,80	0,44	0,36	1,80	0,42	0,36	1,78	0,43
HD 218860 N	0,68	...	...	-0,02	0,87	0,64	-0,03	0,83	0,61	-0,04	0,84
Híp 115162	0,75	0,79	1,02	8,33	0,39	0,39	8,33	0,37	0,39	8,31	0,38
HD 222575	0,71	0,80	1,03	1,76	0,48	0,33	1,76	0,46	0,33	1,74	0,47
HD 224228	0,96	1,04	1,34	2,29	0,60	0,50	2,28	0,57	0,49	2,27	0,58



Tabela 4.2: Extições interestelares das cores.

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$E(V-I)$	$E(B-V)$	$E(V-K)$	$E(J-K)$	$E(J-H)$
HD1405	00 18 20.9	30 57 22	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 4277	00 45 50.9	54 58 40	...	0,01	0,03	0,01	0,00
HD 6569	01 06 26.2	-14 17 47	0,00	0,01	0,04	0,01	0,00
HIP 6276	01 20 32.2	-11 28 03	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00
CD-46644	02 10 55.4	-46 03 59	0,03	0,02	0,06	0,01	0,01
HD 13482	02 12 15.4	23 57 29	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 16760 b	02 42 21.0	38 37 21	...	0,01	0,03	0,01	0,00
HD 16760	02 42 21.3	38 37 07	...	0,01	0,03	0,01	0,00
HD 17332 b	02 47 27.2	19 22 21	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 17332 a	02 47 27.4	19 22 19	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 19668	03 09 42.3	-09 34 47	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00
BD+21 418 b	03 11 12.3	22 25 23	...	0,01	0,03	0,01	0,00
BD+21 418 a	03 11 13.8	22 24 57	0,00	0,01	0,04	0,01	0,00
HD 21845 a	03 33 13.5	46 15 27	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 21845 b	03 33 14.0	46 15 19	...	0,01	0,02	0,00	0,00
Hip 17695	03 47 23.3	-01 58 20	...	0,00	0,01	0,00	0,00
HD 24681	03 55 20.4	-01 43 45	...	0,01	0,04	0,01	0,00
HD 25457	04 02 36.7	-00 16 08	...	0,00	0,01	0,00	0,00
HD 25953	04 06 41.5	01 41 02	...	0,02	0,04	0,01	0,00
5899 0026	04 52 24.4	-16 49 22	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
CD-56 1032 N	04 53 30.5	-55 51 32	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
CD-56 1032 S	04 53 31.2	-55 51 37	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
HD 31652	04 57 22.3	-09 08 00	...	0,03	0,07	0,01	0,01
CD-40 1701	05 02 30.4	-39 59 13	...	0,01	0,03	0,01	0,00

Tabela 4.2 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$E(V - I)$	$E(B - V)$	$E(V - K)$	$E(J - K)$	$E(J - H)$
HD 32981	05 06 27.7	-15 49 30	...	0,02	0,06	0,01	0,01
HD 293857	05 11 09.7	-04 10 54	0,00	0,02	0,06	0,01	0,01
HD 33999	05 12 35.8	-34 28 48	...	0,03	0,09	0,02	0,01
HD 35650	05 24 30.2	-38 58 11	...	0,00	0,01	0,00	0,00
HD 36705 b	05 28 44.4	-65 26 47	0,00	...	0,00	0,00	0,00
HD 36705 a	05 28 44.8	-65 26 56	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
CD-33 2353	05 28 56.5	-33 28 16	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01
CD-34 2331	05 35 04.1	-34 17 52	...	0,02	0,06	0,01	0,01
CD-48 1893	05 36 55.1	-47 57 48	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 37572	05 36 56.9	-47 57 53	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 37551a	05 37 12.9	-42 42 56	0,03	0,02	0,06	0,01	0,01
HIP 26401b	05 37 13.2	-42 42 57	0,00	0,02	0,06	0,01	0,01
4779 0394	05 38 56.6	-06 24 41	0,00	0,03	0,09	0,02	0,01
CP-19 878	05 39 23.2	-19 33 29	...	0,02	0,05	0,01	0,01
AC 3511952	05 41 14.4	-41 17 59	...	0,04	0,11	0,02	0,01
CD-26 2425	05 44 13.4	-26 06 15	...	0,02	0,05	0,01	0,01
HD 39576	05 52 16.0	-28 39 25	0,00	0,02	0,07	0,01	0,01
TY Col	05 57 50.8	-38 04 03	0,00	0,02	0,05	0,01	0,01
BD-13 1328	06 02 21.9	-13 55 33	...	0,01	0,03	0,01	0,00
CD-34 2676	06 08 33.9	-34 02 55	...	0,02	0,05	0,01	0,01
CD-35 2722	06 09 19.2	-35 49 31	...	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 45270	06 22 30.9	-60 13 07	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
G8894 0426	06 25 56.1	-60 03 27	...	...	0,00	0,00	0,00
HD 48189	06 38 00.4	-61 32 00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00

Tabela 4.2 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$E(V - I)$	$E(B - V)$	$E(V - K)$	$E(J - K)$	$E(J - H)$
CD-61 1439	06 39 50.0	-61 28 42	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
AC 3372872	06 41 18.5	-38 20 36	...	0,02	0,06	0,01	0,01
G8544 1037	06 47 53.4	-57 13 32	...	...	...	0,00	0,00
CD-57 1654	07 10 50.6	-57 36 46	...	0,03	0,08	0,02	0,01
BD+20 1790	07 23 43.6	20 24 59	...	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 59169	07 26 17.7	-49 40 51	...	0,03	0,09	0,02	0,01
CD-29 4446	07 28 51.4	-30 14 49	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
CD-8480	07 30 59.5	-84 19 28	...	0,02	0,05	0,01	0,01
HD 64982	07 45 35.6	-79 40 08	...	0,02	0,06	0,01	0,01
BD-07 2388	08 13 51.0	-07 38 25	...	0,00	0,01	0,00	0,00
CD-45 5772	10 07 25.2	-46 21 50	...	0,02	0,04	0,01	0,01
BD+01 2447	10 28 55.5	00 50 28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HD 99827	11 25 17.7	-84 57 16	0,00	0,02	0,06	0,01	0,01
HD 113449	13 03 49.7	-05 09 43	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
HD 139751	15 40 28.4	-18 41 46	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Hip 81084	16 33 41.6	-09 33 12	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 152555	16 54 08.1	-04 20 25	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00
HD 317617	17 28 55.6	-32 43 57	...	0,01	0,04	0,01	0,00
HD 159911	17 37 46.5	-13 14 47	...	0,01	0,03	0,01	0,00
HD 160934	17 38 39.6	61 14 16	...	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 176367	19 01 06.0	-28 42 50	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01
HD 178085	19 10 57.9	-60 16 20	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01
AC 162461	19 33 03.8	+03 45 40	...	0,02	0,05	0,01	0,01
HD 189285	19 59 24.1	-04 32 06	...	0,03	0,07	0,01	0,01

Tabela 4.2 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$E(V - I)$	$E(B - V)$	$E(V - K)$	$E(J - K)$	$E(J - H)$
BD-034778	20 04 49.4	-02 39 20	...	0,02	0,05	0,01	0,01
HD 199058	20 54 21.1	+09 02 24	...	0,02	0,06	0,01	0,01
AC 422524	20 54 28.0	+09 06 07	...	0,02	0,06	0,01	0,01
HD 201919	21 13 05.3	-17 29 13	0,02	0,01	0,03	0,01	0,00
BD+22 4409	21 31 01.7	23 20 07	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 207278	21 48 48.5	-39 29 10	0,04	0,03	0,07	0,01	0,01
AC 433594	21 52 10.4	+05 37 36	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Hip110526 a	22 23 29.1	32 27 34	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Hip 110526 b	22 23 29.1	32 27 32	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
HD 217343	23 00 19.3	-26 09 14	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 217379	23 00 28.0	-26 18 43	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Hip 114066	23 06 04.8	63 55 34	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
HD 218860 S	23 11 52.1	-45 08 11	0,02	0,01	0,04	0,01	0,00
HD 218860 N	23 11 53.6	-45 08 00	...	0,01	0,04	0,01	0,00
Hip 115162	23 19 39.6	42 15 10	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00
HD 222575	23 41 54.3	-35 58 40	0,03	0,02	0,05	0,01	0,01
HD 224228	23 56 10.7	-39 03 08	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00

Tabela 4.3: Cores e temperaturas fotométricas.

Estrela	$(B - V)_o$	$(V - I)_o$	$(V - I)_{jo}$	$(V - K)_{so}$	$(J - K)_{ics}$	$(J - H)_{ics}$	$(V - K)_{cito}$	$(J - K)_{cito}$	$T_h$ [K]	$T_a$ [K]
HD1405	0,99	0,95	1,22	2,45	0,59	0,59	2,43	0,60	4774	4704
HD 4277	0,47	...	...	1,38	0,26	0,26	1,36	0,27	6244	6095
HD 6569	0,90	0,95	1,22	2,05	0,54	0,54	2,04	0,54	5029	4844
HIP 6276	0,78	0,83	1,07	1,84	0,45	0,45	1,82	0,46	5330	5150
CD-46644	0,89	1,13	1,46	2,56	0,64	0,64	2,54	0,64	4737	4505
HD 13482	0,71	0,82	1,05	8,38	0,44	0,44	8,36	0,45	5401	5230
HD 16760 b	0,95	...	...	11,00	0,72	0,72	10,98	0,73	4630	4522
HD 16760	0,64	...	...	9,13	0,38	0,38	9,11	0,38	5710	5525
HD 17332 b	0,71	0,76	0,98	8,41	0,31	0,31	8,39	0,32	5685	5639
HD 17332 a	0,59	0,67	0,86	8,64	0,33	0,33	8,62	0,34	5879	5756
HD 19668	0,80	0,84	1,08	8,91	0,43	0,43	8,89	0,44	5311	5160
BD+21 418 b	1,12	...	...	11,14	0,67	0,67	11,12	0,68	4508	4203
BD+21 418 a	0,58	0,66	0,85	8,77	0,28	0,28	8,75	0,29	6007	5947
HD 21845 a	0,67	0,74	0,95	8,70	0,44	0,44	8,68	0,45	5523	5287
HD 21845 b	0,10	...	...	3,67	0,75	0,75	3,65	0,76	4194	3835
Hip 17695	1,50	2,4	3,08	12,36	0,83	0,83	12,34	0,83	3939	3641
HD 24681	0,70	...	...	1,73	0,43	0,43	1,71	0,44	5496	5295
HD 25457	0,52	...	...	5,35	-0,01	-0,01	5,33	0,00	6164	6232
HD 25953	0,46	...	...	8,09	0,29	0,29	8,07	0,30	6311	5175
5899 0026	1,52	2,51	3,23	5,59	0,81	0,81	5,58	0,82	3985	3525
CD-56 1032 N	1,56	2,82	3,62	5,25	0,87	0,87	5,23	0,87	3811	3475
CD-56 1032 S	1,54	2,56	3,29	4,78	0,82	0,82	4,76	0,83	3975	3368
HD 31652	0,73	...	...	1,70	0,37	0,37	1,68	0,38	5570	5444
CD-40 1701	0,87	...	...	11,21	0,64	0,64	11,20	0,65	4838	4455
HD 32981	0,58	...	...	1,32	0,26	0,26	1,30	0,27	6127	6043
HD 293857	0,71	0,82	1,05	1,84	0,26	0,26	1,82	0,27	5650	5677
HD 33999	0,41	...	...	1,54	0,34	0,34	1,52	0,35	6098	5844
HD 35650	1,29	...	...	9,84	0,74	0,74	9,82	0,75	4284	3936
HD 36705 b	0,00	2,78	3,57	14,02	0,79	0,79	14,01	0,80	4201	3695
HD 36705 a	0,83	0,94	1,21	7,49	0,60	0,60	7,48	0,61	4985	5058
CD-332353	1,04	1,25	1,61	2,74	0,63	0,63	2,72	0,64	4572	4337

Tabela 4.3 continuação

Estrela	$(B - V)_o$	$(V - I)_o$	$(V - I)_{jo}$	$(V - K)_{so}$	$(J - K)_{ics}$	$(J - H)_{ics}$	$(V - K)_{cato}$	$(J - K)_{cito}$	$T_h$ [K]	$T_a$ [K]
CD-34 2331	1,06	...	...	-9,19	0,64	0,64	-9,20	0,64	4633	4373
CD-48 1893	1,18	1,48	1,91	3,17	0,80	0,80	3,15	0,80	4276	4118
HD 37572	0,78	0,88	1,14	4,17	0,53	0,53	4,15	0,54	5085	5001
HD 37551a	0,65	0,72	0,93	1,48	0,39	0,39	1,46	0,40	5673	5487
HIP 26401b	0,84	0,96	1,23	1,48	0,39	0,39	1,46	0,40	5540	5400
4779 0394	0,70	0,79	1,02	2,17	0,42	0,42	2,15	0,43	5359	5226
CP-19 878	0,84	...	...	1,42	0,58	0,58	1,40	0,59	5304	4925
AC 3511952	0,83	...	...	12,87	0,64	0,64	12,85	0,65	4896	4516
CD-26 2425	0,84	...	...	1,07	0,68	0,68	1,05	0,68	4823	4701
HD 39576	0,61	0,69	0,89	1,46	0,34	0,34	1,44	0,35	5842	5707
TY Col	0,67	0,82	1,05	1,89	0,47	0,47	1,87	0,48	5385	5309
BD-13 1328	1,09	...	...	11,62	0,64	0,64	11,60	0,64	4607	4470
CD-34 2676	0,77	...	...	1,89	0,49	0,49	1,87	0,49	5272	5199
CD-35 2722	1,68	...	...	3,93	0,83	0,83	3,91	0,83	3969	3689
HD 45270	0,60	0,66	0,85	1,47	0,37	0,37	1,45	0,38	5827	5663
G8894 0426	-0,01	...	...	13,57	0,84	0,84	13,56	0,85	4072	3574
HD 48189	0,57	0,64	0,82	1,78	0,51	0,51	1,76	0,52	5601	5711
CD-61 1439	1,25	1,53	1,97	3,18	0,76	0,76	3,16	0,77	4259	4091
AC 3372872	1,17	...	...	11,69	0,63	0,63	11,67	0,64	4544	4425
G8544 1037	...	...	...	12,53	0,71	0,71	12,52	0,71	4441	3982
CD-57 1654	0,65	...	...	1,39	0,41	0,41	1,37	0,42	5731	5613
BD+20 1790	1,14	...	...	10,67	0,72	0,72	10,65	0,73	4426	4264
HD 59169	0,40	...	...	2,04	0,46	0,46	2,02	0,47	5694	5448
CD-29 4446	1,42	1,66	2,13	4,66	0,86	0,86	4,65	0,86	4046	3728
CD-8480	0,81	...	...	1,98	0,46	0,46	1,96	0,47	5240	5179
HD 64982	0,58	...	...	1,30	0,29	0,29	1,28	0,30	6079	5944
BD-07 2388	0,78	...	...	2,46	0,61	0,61	2,44	0,62	4921	4844
CD-45 5772	1,24	...	...	2,68	0,66	0,66	2,66	0,67	4476	4351
BD+01 2447	1,51	2,26	2,90	10,51	0,83	0,83	10,49	0,84	3960	3797
HD 99827	0,43	0,5	0,64	7,87	0,22	0,22	7,85	0,23	6545	6502
HD 113449	0,85	0,89	1,14	8,21	0,51	0,51	8,19	0,52	5114	5045

Tabela 4.3 continuação

Estrela	$(B - V)_o$	$(V - I)_o$	$(V - I)_{jo}$	$(V - K)_{so}$	$(J - K)_{ics}$	$(J - H)_{ics}$	$(V - K)_{ato}$	$(J - K)_{cito}$	$T_h$ [K]	$T_a$ [K]
HD 139751	1,18	1,28	1,65	11,19	0,74	0,74	11,17	0,75	4387	4254
Hip 81084	1,43	1,77	2,28	12,10	1,22	1,22	12,09	1,22	1500	2989
HD 152555	0,58	0,66	0,85	8,13	0,32	0,32	8,11	0,33	5123	4957
HD 317617	0,92	...	...	2,55	0,63	0,63	2,53	0,64	4750	4641
HD 159911	1,06	...	...	3,29	0,75	0,75	3,28	0,75	4322	4249
HD 160934	...	...	...	-6,84	0,77	0,77	-6,85	0,78	4264	4035
HD 176367	0,54	0,61	0,78	1,29	0,29	0,29	1,27	0,30	6115	5996
HD 178085	0,57	0,66	0,85	8,61	0,30	0,30	8,59	0,31	5973	5883
AC 162461	0,84	...	...	8,03	0,60	0,60	8,01	0,61	4939	4598
HD 189285	0,68	...	...	1,55	0,39	0,39	1,53	0,40	5661	5483
BD-03 4778	1,14	...	...	2,12	0,53	0,53	2,11	0,53	4849	4752
HD 199058	0,61	...	...	1,59	0,38	0,38	1,57	0,39	5733	5675
AC 422524	1,26	...	...	2,85	0,63	0,63	2,83	0,64	4448	4335
HD 201919	1,20	1,4	1,81	2,88	0,73	0,73	2,87	0,74	4354	4213
BD+22 4409	1,07	1,22	1,58	9,86	0,66	0,66	9,84	0,66	4559	4442
HD 207278	0,66	0,71	0,93	1,64	0,38	0,38	1,62	0,39	5675	5521
AC 433594	1,52	2,49	3,20	4,70	0,83	0,83	4,68	0,83	3934	3569
Hip110526 a	1,55	2,47	3,17	12,28	0,81	0,81	12,27	0,82	3969	3281
Hip 110526 b	1,55	2,51	3,23	12,38	0,81	0,81	12,37	0,82	3969	3279
HD 217343	0,63	0,71	0,91	2,68	0,33	0,33	2,66	0,34	5481	5689
HD 217379	1,26	1,43	1,84	3,53	0,74	0,74	3,51	0,75	4251	4132
Hip 114066	1,43	1,77	2,27	11,69	0,80	0,80	11,67	0,80	2242	3383
HD 218860 S	0,74	0,77	0,99	1,76	0,41	0,41	1,74	0,42	5486	5403
HD 218860 N	0,67	...	...	-0,07	0,83	0,83	-0,08	0,83	4133	3622
Hip 115162	0,74	0,79	1,02	8,29	0,37	0,37	8,27	0,38	5577	6331
HD 222575	0,69	0,77	1,00	1,70	0,45	0,45	1,68	0,46	5496	5396
HD 224228	0,95	1,04	1,33	2,27	0,57	0,57	2,25	0,58	4858	4775

Tabela 4.4: Características e parâmetros espectrais.

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Decimação [Gra Min Seg]	Tip.Esp	$V_r$ [Km/s]	$S/N$	FWHM [mÅ]	$T_p$ [K]	$T_r$ [K]	$T_g$ [K]	$\log(g_r)$	$\log(g_g)$
HD 6569	01 06 26.2	-14 17 47	K1V	7,4	75,4	6,4	5080	5000	5000	4,50	4,50
HIP 6276	01 20 32.2	-11 28 03	...	...	...	...	5257	...	...	...	...
CD-46 644	02 10 55.4	-46 03 59	K3V	25,7	95,2	19,7	4947	4750	...	...	...
HD 24681	03 55 20.4	-01 43 45	...	...	...	...	5157	...	...	...	...
5899 0026	04 52 24.4	-16 49 22	M3V	25,8	6,5	9,5	3890	3500	...	...	...
HD 31652	04 57 22.3	-09 08 00	...	...	...	...	5491	5450	5500	4,20	4,50
CD-40 1701	05 02 30.4	-39 59 13	K4V	27,8	45,5	8,0	4839	4600	4750	3,75	4,50
HD 32981	05 06 27.7	-15 49 30	F9V	25,8	72,2	8,2	5956	6000	6000	4,00	4,00
HD 293857	05 11 09.7	-04 10 54	...	...	...	...	5593	5500	5500	4,00	4,00
HD 33999	05 12 35.8	-34 28 48	F8V	28,0	140,4	10,5	5798	...	...	...	...
CD-33 2353	05 28 56.5	-33 28 16	K3V	30,1	81,4	19,8	4808	4750	...	4,50	...
CD-34 2331	05 35 04.1	-34 17 52	K4V	30,4	31,2	12,9	4844	4750	...	...	...
CD-48 1893	05 36 55.1	-47 57 48	K6V	33,1	35,5	15,5	4775	4250	...	...	...
HD 37572	05 36 56.9	-47 57 53	K0V	32,6	56,3	13,2	5217	5050	...	4,30	...
HD 37551a	05 37 12.9	-42 42 56	G7V	31,8	41,2	7,5	5595	5750	...	4,50	4,50
HIP 26401b	05 37 13.2	-42 42 57	K1V	30,7	36,5	6,6	5181	5350	...	4,40	4,50
4779 0394	05 38 56.6	-06 24 41	...	...	...	...	5448	5450	5250	4,20	4,00
CP-19 878	05 39 23.2	-19 33 29	K1V	26,2	82,1	18,0	5211	...	...	...	...
AC 3511952	05 41 14.4	-41 17 59	K4IV	28,6	12,2	11,0	4630	...	...	...	...
CD-26 2425	05 44 13.4	-26 06 15	...	...	...	...	5626	...	...	...	...
HD 39576	05 52 16.0	-28 39 25	...	...	...	...	6306	...	...	...	...
TY Col	05 57 50.8	-38 04 03	G6V	30,9	74,3	14,2	4781	...	...	...	...
BD-13 1328	06 02 21.9	-13 55 33	...	...	...	...	4579	5000	4750	4,50	4,50
CD-34 2676	06 08 33.9	-34 02 55	G9V	31,1	23,1	7,9	4383	5500	...	...	...
CD-35 2722	06 09 19.2	-35 49 31	M1V	31,4	12,8	13,9	4741	...	...	...	...
HD 45270	06 22 30.9	-60 13 07	G1V	32,0	242,9	16,7	5476	5850	5750	4,35	4,50
HD 48189	06 38 00.4	-61 32 00	G2V	30,0	210,6	16,6	5576	5550	5750	4,20	4,00
AC 3372872	06 41 18.5	-38 20 36	K2V	32,2	31,6	17,8	5191	...	...	...	...
G8544 1037	06 47 53.4	-57 13 32	K4V	30,5	58,8	7,6	4772	5250	4750	4,00	4,00
CD-57 1654	07 10 50.6	-57 36 46	G2V	29,7	145,2	12,8	5695	6000	5750	4,00	4,00
HD 59169	07 26 17.7	-49 40 51	G7V	29,2	54,8	11,1	5472	5500	5500	4,00	4,00



Tabela 4.4 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Decinação [Gra Min Seg]	Tip.Esp	$V_r$ [Km/s]	$S/N$	FWHM [mÅ]	$T_p$ [K]	$T_r$ [K]	$T_g$ [K]	$\log(g_r)$	$\log(g_g)$
CD-29 4446	07 28 51.4	-30 14 49	MIV	28,1	40,1	20,4	4144	...	...	...	...
HD 64982	07 45 35.6	-79 40 08	...	...	...	...	5547	...	...	...	...
BD-07 2388	08 13 51.0	-07 38 25	...	...	...	...	4917	...	...	...	...
CD-45 5772	10 07 25.2	-46 21 50	K4V	20,4	30,1	8,1	4616	4500	4500	4,00	4,00
HD 317617	17 28 55.6	-32 43 57	K3V	-8,2	69,2	6,5	4804	4700	4750	4,15	4,00
HD 159911	17 37 46.5	-13 14 47	K4V	-13,9	90,3	17,5	4427	...	...	...	...
AC 162461	19 33 03.8	+03 45 40	K3V	-20,2	82,0	10,7	4773	4650	4750	4,15	4,00
HD 189285	19 59 24.1	-04 32 06	G7V	-19,1	82,4	10,1	5386	5500	5500	4,50	4,50
BD-03 4778	20 04 49.4	-02 39 20	K1V	-16,5	86,8	9,6	5132	5000	5000	4,50	4,50
HD 199058	20 54 21.1	+09 02 24	G5V	-19,9	95,9	10,4	5460	5750	5750	4,20	4,00
AC 422524	20 54 28.0	+09 06 07	K4V	-19,0	53,4	16,5	4790	4500	4500	4,30	4,50
HD 201919	21 13 05.3	-17 29 13	K6V	-7,4	54,1	10,2	4541	4500	...	...	...
HD 207278	21 48 48.5	-39 29 10	G7V	3,6	76,4	11,3	5649	5500	5500	4,50	4,50
AC 433594	21 52 10.4	+05 37 36	M3V	-13,4	28,8	16,0	4975	...	...	...	...
HD 217343	23 00 19.3	-26 09 14	G5V	6,7	110,8	12,9	5624	5700	5750	4,45	4,50
HD 217379	23 00 28.0	-26 18 43	K7V	7,0	28,5	8,0	4448	...	...	...	...
HD 218860 S	23 11 52.1	-45 08 11	G8V	11,2	90,8	8,1	5430	5250	5250	4,60	4,50
HD 222575	23 41 54.3	-35 58 40	G8V	11,1	77,4	15,9	5840	...	...	...	...
HD 224228	23 56 10.7	-39 03 08	K2V	13,1	103,3	5,9	4912	4950	5000	4,40	4,50

Tabela 4.5: Magnitudes, luminosidades, raios e distâncias.

Estrela	Paralaxe	Distância [Pc]	$M_v$	$BC_{te}$	$BC_{ob}$	$M_{bo}$	$M_{bt}$	$L_t$	$L_{ob}$	$R$	$M$
HD1405	37,20	23,7	6,97	-0,42	-0,36	6,60	6,55	0,19	0,18	0,66	0,50
HD 4277	20,60	47,9	4,34	-0,16	-0,07	4,27	4,18	1,72	1,58	1,15	0,96
HD 6569	20,00	38,3	6,48	-0,37	-0,26	6,21	6,11	0,29	0,26	0,72	0,60
HIP 6276	28,50	31,5	5,90	-0,36	-0,19	5,71	5,55	0,49	0,42	0,85	0,83
CD-46644	14,10	88,4	6,44	-0,57	-0,36	6,08	5,87	0,36	0,30	0,89	0,92
HD 13482	31,00	32,3	5,56	-0,42	-0,17	5,38	5,14	0,71	0,57	1,00	0,00
HD 16760 b	20,60	48,5	6,74	-0,42	-0,45	6,29	6,32	0,24	0,25	0,78	0,71
HD 16760	20,70	48,3	5,19	-0,20	-0,11	5,07	4,99	0,82	0,76	0,96	0,67
HD 17332 b	30,70	32,6	5,56	-0,31	-0,11	5,45	5,25	0,64	0,53	0,83	0,80
HD 17332 a	30,70	32,6	4,96	-0,19	-0,09	4,87	4,77	1,00	0,91	0,99	0,89
HD 19668	24,90	40,2	6,00	-0,18	-0,19	5,80	5,82	0,38	0,39	0,75	0,52
BD+21 418 b	22,10	45,3	7,59	-0,42	-0,08	7,51	7,17	0,11	0,08	0,32	0,00
BD+21 418 a	20,20	49,5	4,88	-0,21	-0,06	4,82	4,67	1,09	0,95	0,98	1,10
HD 21845 a	29,60	33,8	5,36	-0,21	-0,15	5,21	5,15	0,71	0,67	0,96	1,06
HD 21845 b	29,60	33,8	2,51	-1,38	-1,00	...	...	...	...	...	...
Hip 17695	60,90	16,4	9,48	-0,42	-1,55	7,93	9,06	0,02	0,05	0,32	0,19
HD 24681	18,80	50,1	5,48	-0,40	-0,17	5,30	5,08	0,75	0,61	1,03	1,21
HD 25457	52,00	98,1	4,58	-0,15	-0,04	4,54	4,43	1,37	1,24	1,02	0,76
HD 25953	18,10	55,3	4,32	-0,42	-0,05	4,27	3,90	2,22	1,58	1,34	0,00
5899 0026	63,80	38,1	9,58	-2,31	-1,81	7,77	7,27	0,10	0,06	0,76	1,06
CD-56 1032 N	89,40	29,6	9,79	-2,31	-2,28	7,51	7,48	0,08	0,08	0,72	0,96
CD-56 1032 S	89,40	19,4	9,69	-2,31	-2,06	7,62	7,38	0,09	0,07	0,75	1,02
HD 31652	11,40	74,7	5,67	-0,40	-0,14	5,54	5,27	0,63	0,49	0,88	0,89
CD-40 1701	24,20	41,3	6,35	-0,42	-0,39	5,96	5,93	0,34	0,34	0,89	0,92

Tabela 4.5 continuação

Estrela	Paralaxe	Distância [Pc]	$M_v$	$BC_{te}$	$BC_{ob}$	$M_{bo}$	$M_{bt}$	$L_t$	$L_{ob}$	$R$	$M$
HD 32981	12,40	68,3	4,89	-0,17	-0,06	4,83	4,72	1,05	0,95	0,94	0,64
HD 293857	12,80	53,7	5,54	-0,42	-0,12	5,43	5,12	0,72	0,55	0,90	0,94
HD 33999	9,40	86,8	4,04	-0,16	-0,10	3,94	3,88	2,28	2,15	1,44	1,51
HD 35650	56,40	17,7	8,43	-0,31	-0,85	7,57	8,12	0,05	0,08	0,42	0,21
HD 36705 b	66,60	15,0	1,98	-0,42	-1,12	0,86	1,56	19,21	36,73	9,39	0,00
HD 36705 a	66,40	15,1	6,13	-0,18	-0,25	5,88	5,95	0,34	0,36	0,77	0,43
CD-332353	17,70	45,3	7,22	-0,57	-0,43	6,80	6,65	0,18	0,15	0,66	0,51
CD-34 2331	13,00	76,9	7,29	-0,57	-0,41	6,88	6,72	0,17	0,14	0,63	0,46
CD-48 1893	41,90	23,6	7,92	-0,87	-0,60	7,32	7,05	0,12	0,10	0,61	0,44
HD 37572	41,90	64,9	5,92	-0,31	-0,23	5,69	5,61	0,46	0,43	0,88	0,89
HD 37551a	13,40	60,0	5,25	-0,31	-0,11	5,14	4,94	0,86	0,71	0,98	1,10
HIP 26401b	13,40	38,7	6,20	-0,37	-0,16	6,04	5,83	0,38	0,31	0,71	0,59
4779 0394	8,60	145,3	5,49	-0,42	-0,16	5,33	5,07	0,76	0,60	1,01	1,18
CP-19 878	14,10	46,5	6,20	-0,37	-0,22	5,98	5,83	0,38	0,33	0,77	0,69
AC 3511952	8,00	125,0	6,16	-0,42	-0,39	5,77	5,74	0,41	0,40	0,98	0,00
CD-26 2425	14,20	46,5	6,20	-0,42	-0,24	5,96	5,78	0,39	0,33	0,82	0,78
HD 39576	11,40	61,6	5,03	-0,21	-0,07	4,96	4,82	0,96	0,84	0,92	0,98
TY Col	14,90	67,8	5,36	-0,31	-0,20	5,15	5,05	0,77	0,70	1,09	1,38
BD-13 1328	25,40	39,4	7,45	-0,57	-0,40	7,05	6,88	0,14	0,12	0,58	0,39
CD-34 2676	13,80	70,4	5,85	-0,36	-0,23	5,62	5,49	0,51	0,46	0,92	0,99
CD-352722	41,60	13,0	10,42	-1,64	-1,08	9,34	8,79	0,02	0,01	0,33	0,16
HD 45270	42,60	19,9	5,02	-0,19	-0,10	4,92	4,83	0,95	0,87	1,00	0,91
G8894 0426	42,60	23,5	1,97	-2,31	-1,44	...	...	...	...	...	...
HD 48189	46,20	19,5	4,87	-0,20	-0,12	4,76	4,67	1,09	1,01	1,11	0,90

Tabela 4.5 continuação

Estrela	Paralaxe	Distância [Pc]	$M_v$	$BC_{te}$	$BC_{ob}$	$M_{bo}$	$M_{bt}$	$L_t$	$L_{ob}$	$R$	$M$
CD-61 1439	45,60	19,1	8,27	-1,01	-0,78	7,50	7,26	0,10	0,08	0,61	0,43
AC 3372872	12,80	78,1	7,85	-0,42	-0,37	7,48	7,43	0,09	0,08	0,44	0,22
G8544 1037	7,00	142,9	1,78	-0,57	-0,43	...	...	...	...	...	...
CD-57 1654	9,40	103,1	5,25	-0,42	-0,10	5,15	4,83	0,94	0,70	0,98	0,70
BD+20 1790	38,70	25,8	7,72	-0,21	-0,61	7,11	7,51	0,08	0,12	0,50	0,29
HD 59169	8,50	156,4	3,99	-0,31	-0,13	3,86	3,69	2,72	2,31	1,80	3,74
CD-29 4446	75,70	18,2	9,08	-1,64	-1,08	8,01	7,44	0,09	0,05	0,62	0,55
CD-8440	13,80	58,5	6,05	-0,36	-0,20	5,85	5,69	0,43	0,37	0,81	0,75
HD 64982	12,00	63,2	4,88	-0,18	-0,08	4,80	4,70	1,06	0,97	1,00	0,73
BD-07 2388	....	50,0	5,89	-0,37	-0,30	5,59	5,52	0,50	0,47	0,99	1,13
CD-45 5772	14,20	32,1	8,22	-0,57	-0,50	7,72	7,65	0,07	0,07	0,44	0,22
BD+01 2447	151,40	6,6	9,54	-1,89	-1,29	8,26	7,65	0,07	0,04	0,59	0,50
HD 99827	12,10	82,6	4,14	-0,42	-0,02	4,12	3,72	2,64	1,83	1,27	0,00
HD 113449	45,20	316,1	6,23	-0,37	-0,23	5,99	5,86	0,37	0,32	0,79	0,71
HD 139751	27,20	36,8	7,91	-0,72	-0,63	7,28	7,19	0,11	0,10	0,59	0,40
Hip 81084	33,20	30,1	9,17	-1,38	0,11	9,27	7,79	0,06	0,02	1,65	0,00
HD 152555	21,00	47,6	4,90	-0,42	-0,25	4,65	4,48	1,31	1,12	1,50	0,00
HD 317617	17,70	53,3	6,58	-0,57	-0,37	6,21	6,01	0,32	0,26	0,84	0,82
HD 159911	22,00	37,0	7,30	-0,57	-0,62	6,68	6,73	0,16	0,17	0,72	0,60
HD 160934	30,40	0,3	7,81	-1,01	-0,80	7,01	6,80	0,15	0,13	0,76	0,67
HD 176367	15,90	55,5	4,72	-0,19	-0,06	4,66	4,53	1,25	1,10	1,02	0,75
HD 178085	17,50	57,1	4,87	-0,19	-0,07	4,80	4,68	1,08	0,97	0,99	0,71
AC 162461	14,10	70,9	6,21	-0,57	-0,36	5,85	5,64	0,45	0,37	0,99	1,14
HD 189285	10,50	61,9	5,42	-0,31	-0,13	5,29	5,11	0,73	0,62	0,94	1,02

Tabela 4.5 continuação

Estrela	Paralaxe	Distância [Pc]	$M_v$	$BC_{te}$	$BC_{ob}$	$M_{bo}$	$M_{bt}$	$L_t$	$L_{ob}$	$R$	$M$
BD-03 4778	14,20	70,4	7,71	-0,37	-0,28	7,42	7,34	0,09	0,09	0,42	0,20
HD 199058	13,30	50,1	5,05	-0,21	-0,11	4,94	4,84	0,94	0,85	1,01	1,18
AC 422524	13,30	47,2	8,30	-0,57	-0,48	7,82	7,73	0,07	0,06	0,42	0,20
HD 201919	25,30	31,2	8,00	-0,86	-0,56	7,43	7,14	0,11	0,09	0,58	0,39
BD+22 4409	39,60	25,3	7,37	-0,72	-0,49	6,88	6,65	0,18	0,14	0,69	0,56
HD 207278	11,90	72,5	5,32	-0,31	-0,12	5,19	5,01	0,80	0,68	0,97	1,08
AC 433594	31,40	31,3	9,61	-2,31	-0,79	8,82	7,30	0,10	0,02	0,60	0,66
Hip110526 a	66,90	15,0	9,73	-0,42	-0,61	9,12	9,31	0,02	0,02	0,22	0,00
Hip 110526 b	66,90	15,0	9,73	-0,42	-0,57	9,16	9,31	0,02	0,02	0,21	0,00
HD 217343	31,20	49,4	5,16	-0,21	-0,11	5,04	4,95	0,85	0,78	0,97	1,09
HD 217379	30,60	19,9	8,31	-1,01	-0,88	7,42	7,30	0,10	0,09	0,62	0,45
Hip 114066	40,10	24,9	9,17	-0,42	1,24	10,42	8,75	0,03	0,01	0,68	0,00
HD 218860 S	19,70	41,8	5,68	-0,40	-0,16	5,52	5,28	0,63	0,50	0,91	0,95
HD 218860 N	19,70	49,2	5,33	-2,31	-1,31	...	...	...	...	...	...
Hip 115162	20,30	49,3	5,69	-0,42	-0,07	5,62	5,27	0,63	0,46	0,75	0,00
HD 222575	16,00	59,3	5,45	0,40	-0,14	5,32	5,85	0,37	0,60	0,67	0,52
HD 224228	45,20	19,2	6,77	-0,42	-0,35	6,42	6,35	0,23	0,22	0,71	0,58

Tabela 4.6: Comparação das temperaturas obtidas.

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_h$ [K]	$T_a$ [K]	$T_p$ [K]	$T_r$ [K]	$T_g$ [K]	$T_t$ [K]	$T_f$ [K]
HD1405	00 18 20.9	30 57 22	4774	4704	....	....	....	4900	4739
HD 4277	00 45 50.9	54 58 40	6244	6095	....	....	....	6200	6169
HD 6569	01 06 26.2	-14 17 47	5029	4844	5101	5000	5000	5100	5000
HIP 6276	01 20 32.2	-11 28 03	5330	5150	5257	....	....	5450	5246
CD-46644	02 10 55.4	-46 03 59	4737	4534	4870	4750	4750	4600	4750
HD 13482	02 12 15.4	23 57 29	5401	5230	....	....	....	....	5316
HD 16760 b	02 42 21.0	38 37 21	4630	4522	....	....	....	4900	4576
HD 16760	02 42 21.3	38 37 07	5710	5525	....	....	....	5800	5617
HD 17332 b	02 47 27.2	19 22 21	5685	5639	....	....	....	5650	5662
HD 17332 a	02 47 27.4	19 22 19	5879	5756	....	....	....	5900	5818
HD 19668	03 09 42.3	-09 34 47	5311	5160	....	....	....	6000	5235
BD+21 418 b	03 11 12.3	22 25 23	7581	4203	....	....	....	....	5892
BD+21 418 a	03 11 13.8	22 24 57	6007	5947	....	....	....	5700	5977
HD 21845 a	03 33 13.5	46 15 27	5523	5287	....	....	....	5700	5405
HD 21845 b	03 33 14.0	46 15 19	4194	3835	....	....	....	3800	4015
Hip 17695	03 47 23.3	-01 58 20	3939	3641	....	....	....	3500	3790
HD 24681	03 55 20.4	-01 43 45	5496	5295	5157	....	....	5600	5316
HD 25457	04 02 36.7	-00 16 08	6164	6232	....	....	....	6300	6198
HD 25953	04 06 41.5	01 41 02	7025	5175	....	....	....	6400	6100
5899 0026	04 52 24.4	-16 49 22	3985	3525	3890	3500	3500	3500	3500
CD-56 1032 N	04 53 30.5	-55 51 32	3811	3475	....	....	....	3500	3643
CD-56 1032 S	04 53 31.2	-55 51 37	3975	3368	....	....	....	3500	3672
HD 31652	04 57 22.3	-09 08 00	5570	5444	5491	5450	5500	5600	5475
CD-40 1701	05 02 30.4	-39 59 13	4838	4455	4839	4600	4750	4500	4675

Tabela 4.6 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_h$ [K]	$T_a$ [K]	$T_p$ [K]	$T_r$ [K]	$T_g$ [K]	$T_t$ [K]	$T_f$ [K]
HD 32981	05 06 27.7	-15 49 30	6127	6043	5956	6000	6000	6100	6000
HD 293857	05 11 09.7	-04 10 54	5650	5677	5593	5500	5500	5600	5500
HD 33999	05 12 35.8	-34 28 48	6098	5844	5798	....	....	6200	5913
HD 35650	05 24 30.2	-38 58 11	4284	3936	....	....	....	5650	4110
HD 36705 b	05 28 44.4	-65 26 47	4201	3695	....	....	....	....	3948
HD 36705 a	05 28 44.8	-65 26 56	4985	5058	....	....	....	6000	5022
CD-33 2353	05 28 56.5	-33 28 16	4572	4337	4757	4750	4750	4600	4750
CD-34 2331	05 35 04.1	-34 17 52	4633	4373	4844	4750	4750	4500	4750
CD-48 1893	05 36 55.1	-47 57 48	4276	4118	4775	4250	4250	4250	4250
HD 37572	05 36 56.9	-47 57 53	5085	5001	5217	5050	5000	5300	5025
HD 37551a	05 37 12.9	-42 42 56	5673	5487	5595	5750	5750	5650	5750
HIP 26401b	05 37 13.2	-42 42 57	5540	5400	5181	5350	5250	5100	5300
4779 0394	05 38 56.6	-06 24 41	5359	5226	5448	5450	5250	5600	5350
CP-19 878	05 39 23.2	-19 33 29	5035	4925	5211	....	....	5100	5057
AC 3511952	05 41 14.4	-41 17 59	4896	4516	4630	....	....	....	4680
CD-26 2425	05 44 13.4	-26 06 15	4823	4701	5626	....	....	4900	5050
HD 39576	05 52 16.0	-28 39 25	5842	5707	6306	....	....	5750	5952
TY Col	05 57 50.8	-38 04 03	5385	5319	4856	....	....	5650	5186
BD-13 1328	06 02 21.9	-13 55 33	4607	4470	4579	5000	4750	4500	4875
CD-34 2676	06 08 33.9	-34 02 55	5272	5199	4383	5500	5500	5450	5500
CD-35 2722	06 09 19.2	-35 49 31	3969	3689	4268	....	....	3700	3975
HD 45270	06 22 30.9	-60 13 07	5827	5663	5476	5850	5750	5900	5800
G8894 0426	06 25 56.1	-60 03 27	4072	3574	....	....	....	3400	3574
HD 48189	06 38 00.4	-61 32 00	5601	5711	5576	5550	5750	5800	5650

Tabela 4.6 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_h$ [K]	$T_a$ [K]	$T_p$ [K]	$T_r$ [K]	$T_g$ [K]	$T_t$ [K]	$T_f$ [K]
CD-61 1439	06 39 50.0	-61 28 42	4259	4091	....	....	....	4100	4175
AC 3372872	06 41 18.5	-38 20 36	4544	4425	5191	....	....	4900	4720
G8544 1037	06 47 53.4	-57 13 32	4441	3982	4772	5250	4750	4500	5000
CD-57 1654	07 10 50.6	-57 36 46	5731	5613	5695	6000	5750	5800	5875
BD+20 1790	07 23 43.6	20 24 59	4454	4264	....	....	....	5700	4359
HD 59169	07 26 17.7	-49 40 51	5694	5448	5472	5500	5500	5650	5500
CD-29 4446	07 28 51.4	-30 14 49	4046	3728	4144	....	....	3700	3973
CD-8480	07 30 59.5	-84 19 28	5240	5179	....	....	....	5450	5209
HD 64982	07 45 35.6	-79 40 08	6079	5944	5547	....	....	6000	5857
BD-07 2388	08 13 51.0	-07 38 25	4921	4844	4917	....	....	5100	4894
CD-45 5772	10 07 25.2	-46 21 50	4476	4351	4616	4500	4500	4650	4500
BD+01 2447	10 28 55.5	00 50 28	3960	3797	....	....	....	3600	3878
HD 99827	11 25 17.7	-84 57 16	6545	6502	....	....	....	....	6524
HD 113449	13 03 49.7	-05 09 43	5114	5045	....	....	....	5100	5079
HD 139751	15 40 28.4	-18 41 46	4387	4254	....	....	....	4400	4320
Hip 81084	16 33 41.6	-09 33 12	1500	2989	....	....	....	....	2245
HD 152555	16 54 08.1	-04 20 25	5123	4957	....	....	....	....	5040
HD 317617	17 28 55.6	-32 43 57	4750	4641	4804	4700	4750	4650	4725
HD 159911	17 37 46.5	-13 14 47	4322	4249	4427	....	....	4500	4286
HD 160934	17 38 39.6	61 14 16	4264	4035	....	....	....	4100	4150
HD 176367	19 01 06.0	-28 42 50	6115	5996	....	....	....	5900	6055
HD 178085	19 10 57.9	-60 16 20	5973	5883	....	....	....	5900	5928
AC 162461	19 33 03.8	+03 45 40	4939	4598	4773	4650	4750	4650	4700
HD 189285	19 59 24.1	-04 32 06	5661	5483	5386	5500	5500	5650	5500



Tabela 4.6 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_h$ [K]	$T_a$ [K]	$T_p$ [K]	$T_r$ [K]	$T_g$ [K]	$T_t$ [K]	$T_f$ [K]
BD-03 4778	20 04 49.4	-02 39 20	4849	4752	5132	5000	5000	5100	5000
HD 199058	20 54 21.1	+09 02 24	5733	5675	5460	5750	5750	5700	5750
AC 422524	20 54 28.0	+09 06 07	4448	4335	4790	4500	4500	4500	4500
HD 201919	21 13 05.3	-17 29 13	4354	4213	4541	4500	4500	4250	4500
BD+22 4409	21 31 01.7	23 20 07	4559	4442	....	....	....	4400	4500
HD 207278	21 48 48.5	-39 29 10	5675	5524	5751	5500	5500	5650	5500
AC 433594	21 52 10.4	+05 37 36	3934	3569	4975	....	....	3400	3752
Hip110526 a	22 23 29.1	32 27 34	5402	3281	....	....	....	....	4341
Hip 110526 b	22 23 29.1	32 27 32	5494	3279	....	....	....	....	4387
HD 217343	23 00 19.3	-26 09 14	5481	5689	5624	5700	5750	5700	5725
HD 217379	23 00 28.0	-26 18 43	4251	4124	3894	....	....	4100	4188
Hip 114066	23 06 04.8	63 55 34	2242	3383	....	....	....	....	3383
HD 218860 S	23 11 52.1	-45 08 11	5486	5403	5430	5250	5250	5600	5250
HD 218860 N	23 11 53.6	-45 08 00	4118	3622	....	....	....	3400	3622
Hip 115162	23 19 39.6	42 15 10	5577	6331	....	....	....	....	5954
HD 222575	23 41 54.3	-35 58 40	5496	5396	5599	....	....	5600	5497
HD 224228	23 56 10.7	-39 03 08	4858	4775	4912	4950	5000	4900	4975

Tabela 4.7: Comparação das gravidades obtidas.

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$\log(g_z)$	$\log(g_r)$	$\log(g_s)$	$\log(g_t)$	$\log(g_f)$
HD1405	00 18 20.9	30 57 22	4,7	...	...	4,5	4,7
HD 4277	00 45 50.9	54 58 40	4,2	...	...	4,3	4,2
HD 6569	01 06 26.2	-14 17 47	4,6	...	...	4,5	4,6
HIP 6276	01 20 32.2	-11 28 03	4,5	...	...	4,5	4,5
CD-46644	02 10 55.4	-46 03 59	4,4	...	...	4,5	4,4
HD 13482	02 12 15.4	23 57 29	4,3	...	...	...	4,3
HD 16760 b	02 42 21.0	38 37 21	4,5	...	...	4,5	4,5
HD 16760	02 42 21.3	38 37 07	4,4	...	...	4,3	4,4
HD 17332 b	02 47 27.2	19 22 21	4,5	...	...	4,5	4,5
HD 17332 a	02 47 27.4	19 22 19	4,3	...	...	4,4	4,3
HD 19668	03 09 42.3	-09 34 47	4,6	...	...	4,4	4,6
BD+21418 b	03 11 12.3	22 25 23	4,8	...	...	...	4,8
BD+21418 a	03 11 13.8	22 24 57	4,3	...	...	4,5	4,3
HD 21845 a	03 33 13.5	46 15 27	4,4	...	...	4,5	4,4
HD 21845 b	03 33 14.0	46 15 19	...	...	...	4,6	...
Hip 17695	03 47 23.3	-01 58 20	5,3	...	...	4,7	5,3
HD 24681	03 55 20.4	-01 43 45	4,3	...	...	4,5	4,3
HD 25457	04 02 36.7	-00 16 08	4,3	...	...	4,3	4,3
HD 25953	04 06 41.5	01 41 02	4,0	...	...	...	4,0
5899 0026	04 52 24.4	-16 49 22	4,6	...	...	4,7	4,6
CD-56 1032 N	04 53 30.5	-55 51 32	4,6	...	...	4,7	4,6
CD-56 1032 S	04 53 31.2	-55 51 37	4,6	...	...	4,7	4,6
HD 31652	04 57 22.3	-09 08 00	4,4	4,2	4,5	4,5	4,4
CD-40 1701	05 02 30.4	-39 59 13	4,4	3,8	4,5	4,5	3,8

Tabela 4.6 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$\log(g_z)$	$\log(g_r)$	$\log(g_s)$	$\log(g_t)$	$\log(g_f)$
HD 32981	05 06 27.7	-15 49 30	4,4	4,0	4,0	4,3	4,1
HD 293857	05 11 09.7	-04 10 54	4,4	4,0	4,0	4,5	4,1
HD 33999	05 12 35.8	-34 28 48	4,0	...	...	4,3	4,0
HD 35650	05 24 30.2	-38 58 11	5,1	...	...	4,5	5,1
HD 36705 b	05 28 44.4	-65 26 47	2,4	...	...	...	2,4
HD 36705 a	05 28 44.8	-65 26 56	4,5	...	...	4,3	4,5
CD-332353	05 28 56.5	-33 28 16	4,7	...	...	4,5	4,7
CD-342331	05 35 04.1	-34 17 52	4,7	...	...	4,5	4,7
CD-481893	05 36 55.1	-47 57 48	4,7	...	...	4,5	4,7
HD 37572	05 36 56.9	-47 57 53	4,4	4,3	4,5	4,5	4,4
HD 37551a	05 37 12.9	-42 42 56	4,3	4,5	4,5	4,5	4,4
HIP 26401b	05 37 13.2	-42 42 57	4,6	4,4	4,5	4,5	4,5
4779 0394	05 38 56.6	-06 24 41	4,3	4,2	4,0	4,5	4,2
CP-19 878	05 39 23.2	-19 33 29	4,5	4,5	...	4,5	4,5
AC 3511952	05 41 14.4	-41 17 59	4,3	...	...	...	4,3
CD-26 2425	05 44 13.4	-26 06 15	4,5	...	...	4,5	4,5
HD 39576	05 52 16.0	-28 39 25	4,4	...	...	4,5	4,4
TY Col	05 57 50.8	-38 04 03	4,2	...	...	4,5	4,2
BD-13 1328	06 02 21.9	-13 55 33	4,8	4,5	4,5	4,5	4,6
CD-34 2676	06 08 33.9	-34 02 55	4,4	...	...	4,5	4,4
CD-352722	06 09 19.2	-35 49 31	5,3	...	...	4,6	5,3
HD 45270	06 22 30.9	-60 13 07	4,3	4,4	4,5	4,4	4,4
G8894 0426	06 25 56.1	-60 03 27	...	...	...	4,7	...
HD 48189	06 38 00.4	-61 32 00	4,2	4,2	4,0	4,3	4,1

Tabela 4.6 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$\log(g_z)$	$\log(g_r)$	$\log(g_s)$	$\log(g_t)$	$\log(g_f)$
CD-61 1439	06 39 50.0	-61 28 42	4,8	...	...	4,5	4,8
AC 3372872	06 41 18.5	-38 20 36	5,0	...	...	4,5	5,0
G8544 1037	06 47 53.4	-57 13 32	2,5	4,0	4,0	4,5	4,0
CD-57 1654	07 10 50.6	-57 36 46	4,3	4,0	4,0	4,3	4,0
BD+20 1790	07 23 43.6	20 24 59	4,9	...	...	4,5	4,9
HD 59169	07 26 17.7	-49 40 51	3,8	4,0	4,0	4,5	4,0
CD-29 4446	07 28 51.4	-30 14 49	4,7	4,5	...	4,6	4,6
CD-8480	07 30 59.5	-84 19 28	4,5	...	...	4,5	4,5
HD 64982	07 45 35.6	-79 40 08	4,3	...	...	4,3	4,3
BD-07 2388	08 13 51.0	-07 38 25	4,3	...	...	4,5	4,3
CD-45 5772	10 07 25.2	-46 21 50	...	4,0	4,0	4,5	4,0
BD+01 2447	10 28 55.5	00 50 28	4,8	...	...	4,6	4,8
HD 99827	11 25 17.7	-84 57 16	4,1	...	...	...	4,1
HD 113449	13 03 49.7	-05 09 43	4,5	...	...	4,5	4,5
HD 139751	15 40 28.4	-18 41 46	4,8	...	...	4,5	4,8
Hip 81084	16 33 41.6	-09 33 12	3,9	...	...	...	3,9
HD 152555	16 54 08.1	-04 20 25	4,0	...	...	...	4,0
HD 317617	17 28 55.6	-32 43 57	4,5	4,2	4,0	4,5	4,2
HD 159911	17 37 46.5	-13 14 47	4,6	...	...	4,5	4,6
HD 160934	17 38 39.6	61 14 16	...	...	...	4,5	...
HD 176367	19 01 06.0	-28 42 50	4,3	...	...	4,3	4,3
HD 178085	19 10 57.9	-60 16 20	4,3	...	...	4,3	4,3
AC 162461	19 33 03.8	+03 45 40	4,3	4,2	4,0	4,5	4,2
HD 189285	19 59 24.1	-04 32 06	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5

Tabela 4.6 continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$\log(g_z)$	$\log(g_r)$	$\log(g_s)$	$\log(g_t)$	$\log(g_f)$
BD-03 4778	20 04 49.4	-02 39 20	5,1	4,5	4,5	4,5	4,5
HD 199058	20 54 21.1	+09 02 24	4,3	4,2	4,0	4,5	4,2
AC 422524	20 54 28.0	+09 06 07	5,1	4,3	4,5	4,5	4,4
HD 201919	21 13 05.3	-17 29 13	4,8	4,5	...	4,5	4,6
BD+22 4409	21 31 01.7	23 20 07	4,6	...	...	4,5	4,6
HD 207278	21 48 48.5	-39 29 10	4,3	4,5	4,5	4,5	4,4
AC 433594	21 52 10.4	+05 37 36	4,8	...	...	4,7	4,8
Hip110526 a	22 23 29.1	32 27 34	...	...	...	...	...
Hip 110526 b	22 23 29.1	32 27 32	...	...	...	...	...
HD 217343	23 00 19.3	-26 09 14	4,3	4,5	4,5	4,5	4,4
HD 217379	23 00 28.0	-26 18 43	4,7	...	...	4,5	4,7
Hip 114066	23 06 04.8	63 55 34	4,7	...	...	...	4,7
HD 218860 S	23 11 52.1	-45 08 11	4,4	4,6	4,5	4,5	4,5
HD 218860 N	23 11 53.6	-45 08 00	...	...	...	4,7	...
Hip 115162	23 19 39.6	42 15 10	4,6	...	...	...	4,6
HD 222575	23 41 54.3	-35 58 40	4,7	...	...	4,5	4,7
HD 224228	23 56 10.7	-39 03 08	4,6	4,4	4,5	4,5	4,6

Tabela 4.8: Abundâncias espectroscópicas e fotométricas.

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$[Fe/H]_a$	$[Fe/H]_r$	$[Fe/H]_g$	$\log N(Li)$
HD1405	00 18 20.9	30 57 22	0,00	...	...	...
HD 4277	00 45 50.9	54 58 40	-0,50	...	...	...
HD 6569	01 06 26.2	-14 17 47	0,15	[0,00,0,15]	0,10	1,76
HIP 6276	01 20 32.2	-11 28 03	-0,10	...	...	...
CD-46 644 M	02 10 55.4	-46 03 59	0,00	...	...	...
HD 13482	02 12 15.4	23 57 29	...	...	...	...
HD 16760 b	02 42 21.0	38 37 21	0,20	...	...	...
HD 16760	02 42 21.3	38 37 07	0,00	...	...	...
HD 17332 b	02 47 27.2	19 22 21	0,05	...	...	...
HD 17332 a	02 47 27.4	19 22 19	0,00	...	...	...
HD 19668	03 09 42.3	-09 34 47	0,05	...	...	...
BD+21 418 b	03 11 12.3	22 25 23	...	...	...	...
BD+21 418 a	03 11 13.8	22 24 57	0,05	...	...	...
HD 21845 a	03 33 13.5	46 15 27	0,05	...	...	...
HD 21845 b	03 33 14.0	46 15 19	0,05	...	...	...
Hip 17695	03 47 23.3	-01 58 20	0,02	...	...	...
HD 24681	03 55 20.4	-01 43 45	0,00	...	...	...
HD 25457	04 02 36.7	-00 16 08	0,15	...	...	...
HD 25953	04 06 41.5	01 41 02	...	...	...	...
5899 0026	04 52 24.4	-16 49 22	0,00	...	...	...
CD-56 1032 N	04 53 30.5	-55 51 32	-0,10	...	...	...
CD-56 1032 S	04 53 31.2	-55 51 37	-0,8	...	...	...
HD 31652	04 57 22.3	-09 08 00	0,00	[-0,05,0,05]	0,0	2,89
CD-40 1701	05 02 30.4	-39 59 13	-0,15	[0,00,-0,15]	-0,05	1,54

Tabela 4.8 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$[Fe/H]_a$	$[Fe/H]_r$	$[Fe/H]_g$	$\log N(Li)$
HD 32981	05 06 27.7	-15 49 30	0,10	[0,00,0,20]	0,10	2,79
HD 293857	05 11 09.7	-04 10 54	0,00	[-0,05,0,05]	0,00	2,80
HD 33999M	05 12 35.8	-34 28 48	-0,70	....	....	....
HD 35650 M	05 24 30.2	-38 58 11	0,00	....	....	....
HD 36705 b	05 28 44.4	-65 26 47	....	....	....	....
HD 36705 a	05 28 44.8	-65 26 56	0,20	....	....	....
CD-33 2353 M	05 28 56.5	-33 28 16	-0,25	[-0,20,0,20]	....	....
CD-34 2331	05 35 04.1	-34 17 52	0,50	....	....	....
CD-48 1893	05 36 55.1	-47 57 48	0,10	....	....	....
HD 37572	05 36 56.9	-47 57 53	0,50	[-0,10,0,20]	....	....
HD 37551a	05 37 12.9	-42 42 56	0,20	[0,00,0,40]	0,10	....
HIP 26401b	05 37 13.2	-42 42 57	0,30	[0,10,0,40]	0,30	....
4779 0394	05 38 56.6	-06 24 41	0,00	[-0,05,0,05]	0,00	2,16
CP-19 878	05 39 23.2	-19 33 29	-0,25	[-0,50,0,00]	....	....
AC 3511952	05 41 14.4	-41 17 59	....	....	....	....
CD-26 2425	05 44 13.4	-26 06 15	0,00	....	....	....
HD 39576	05 52 16.0	-28 39 25	0,05	....	....	....
TY Col	05 57 50.8	-38 04 03	0,05	....	....	....
BD-13 1328	06 02 21.9	-13 55 33	-0,01	[-0,05,0,05]	0,00	1,94
CD-34 2676	06 08 33.9	-34 02 55	0,05	....	....	....
CD-35 2722 M	06 09 19.2	-35 49 31	0,10	....	....	....
HD 45270	06 22 30.9	-60 13 07	0,10	[0,00,0,20]	0,10	2,54
G8894 0426	06 25 56.1	-60 03 27	....	....	....	....
HD 48189 M	06 38 00.4	-61 32 00	0,00	[-0,10,0,10]	-0,10	2,64

Tabela 4.8 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$[Fe/H]_a$	$[Fe/H]_r$	$[Fe/H]_g$	$\log N(Li)$
CD-61 1439	06 39 50.0	-61 28 42	0,10	....	....	....
AC 3372872	06 41 18.5	-38 20 36	0,20	....	....	....
G8544 1037	06 47 53.4	-57 13 32	0,20	[0,00,0,20]	0,10	1,39
CD-57 1654	07 10 50.6	-57 36 46	-0,30	[-0,30,0,0]	-0,20	2,67
BD+20 1790	07 23 43.6	20 24 59	0,00	....	....	....
HD 59169	07 26 17.7	-49 40 51	0,15	[0,00,0,30]	0,15	2,17
CD-29 4446	07 28 51.4	-30 14 49	0,10	....	....	....
CD-84 80 M	07 30 59.5	-84 19 28	0,10	....	....	....
HD 64982	07 45 35.6	-79 40 08	0,00	....	....	....
BD-07 2388	08 13 51.0	-07 38 25	0,10	....	....	....
CD-45 5772	10 07 25.2	-46 21 50	0,10	[0,00,0,10]	0,05	0,64
BD+01 2447	10 28 55.5	00 50 28	0,10	....	....	....
HD 99827	11 25 17.7	-84 57 16	....	....	....	....
HD 113449	13 03 49.7	-05 09 43	0,15	....	....	....
HD 139751	15 40 28.4	-18 41 46	0,20	....	....	....
Hip 81084	16 33 41.6	-09 33 12	....	....	....	....
HD 152555	16 54 08.1	-04 20 25	....	....	....	....
HD 317617	17 28 55.6	-32 43 57	-0,05	[-0,03,0,03]	-0,02	1,49
HD 159911	17 37 46.5	-13 14 47	0,20	....	....	....
HD 160934	17 38 39.6	61 14 16	....	....	....	....
HD 176367	19 01 06.0	-28 42 50	0,00	....	....	....
HD 178085	19 10 57.9	-60 16 20	0,00	....	....	....
AC 162461	19 33 03.8	+03 45 40	0,00	[0,10,-0,10]	0,00	1,62
HD 189285	19 59 24.1	-04 32 06	0,05	[0,00,0,10]	0,05	2,34



Tabela 4.8 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$[Fe/H]_a$	$[Fe/H]_r$	$[Fe/H]_g$	$\log N(Li)$
BD-03 4778	20 04 49.4	-02 39 20	0,05	[0,00,0,05]	0,00	2,24
HD 199058	20 54 21.1	+09 02 24	0,08	[-0,10,0,20]	0,08	2,44
AC 422524	20 54 28.0	+09 06 07	0,10	[0,00,0,10]	0,00	0,76
HD 201919	21 13 05.3	-17 29 13	0,15	[-0,1,0,2]	0,0	....
BD+22 4409	21 31 01.7	23 20 07	0,10	....	....	....
HD 207278 M	21 48 48.5	-39 29 10	0,02	[0,00,0,20]	0,15	2,47
AC 433594 M	21 52 10.4	+05 37 36	0,05	....	....	....
Hip110526 a	22 23 29.1	32 27 34	....	....	....	....
Hip 110526 b	22 23 29.1	32 27 32	....	....	....	....
HD 217343	23 00 19.3	-26 09 14	0,05	[0,05,0,20]	0,10	2,56
HD 217379M	23 00 28.0	-26 18 43	0,05	....	....	....
Hip 114066	23 06 04.8	63 55 34	....	....	....	....
HD 218860 S M	23 11 52.1	-45 08 11	0,05	[0,00,0,10]	0,05	2,51
HD 218860 N M	23 11 53.6	-45 08 00	0,05	....	....	....
Hip 115162	23 19 39.6	42 15 10	....	....	....	....
HD 222575 M	23 41 54.3	-35 58 40	0,02	....	....	....
HD 224228 M	23 56 10.7	-39 03 08	0,05	[0,00,0,10]	0,05	1,34

Tabela 4.9: Parâmetros estelares e abundâncias finais de *AB Doradus*

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_f$ [K]	$\log(g_f)$	$V_{mt}$ [Km/s]	$[Fe/H]_r$	$\log N(Li)$
HD1405	00 18 20.9	30 57 22	4739	4,7	...	...	...
HD 4277	00 45 50.9	54 58 40	6169	4,2	...	...	...
HD 6569	01 06 26.2	-14 17 47	5000	4,6	...	...	...
HIP 6276	01 20 32.2	-11 28 03	5246	4,5	...	...	...
CD-46644	02 10 55.4	-46 03 59	4750	4,4	...	...	...
HD 13482	02 12 15.4	23 57 29	5316	4,3	...	...	...
HD 16760 b	02 42 21.0	38 37 21	4576	4,5	...	...	...
HD 16760	02 42 21.3	38 37 07	5617	4,4	...	...	...
HD 17332 b	02 47 27.2	19 22 21	5662	4,5	...	...	...
HD 17332 a	02 47 27.4	19 22 19	5818	4,3	...	...	...
HD 19668	03 09 42.3	-09 34 47	5235	4,6	...	...	...
BD+21 418 b	03 11 12.3	22 25 23	5892	4,8	...	...	...
BD+21 418 a	03 11 13.8	22 24 57	5977	4,3	...	...	...
HD 21845 a	03 33 13.5	46 15 27	5405	4,4	...	...	...
HD 21845 b	03 33 14.0	46 15 19	4015	...	...	...	...
Hip 17695	03 47 23.3	-01 58 20	3790	5,3	...	...	...
HD 24681	03 55 20.4	-01 43 45	5316	4,3	...	...	...
HD 25457	04 02 36.7	-00 16 08	6198	4,3	...	...	...
HD 25953	04 06 41.5	01 41 02	6100	4,0	...	...	...
5899 0026	04 52 24.4	-16 49 22	3500	4,6	...	...	...
CD-56 1032 N	04 53 30.5	-55 51 32	3643	4,6	...	...	...
CD-56 1032 S	04 53 31.2	-55 51 37	3672	4,6	...	...	...
HD 31652	04 57 22.3	-09 08 00	5475	4,4	2,00	0,00	2,89
CD-40 1701	05 02 30.4	-39 59 13	4675	3,8	2,25	-0,05	1,54

Tabela 4.8 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_f$ [K]	$\log(g_f)$	$V_{mt}$ [Km/s]	$[Fe/H]_r$	$\log N(Li)$
HD 32981	05 06 27.7	-15 49 30	6000	4,1	2,00	0.10	2,79
HD 293857	05 11 09.7	-04 10 54	5500	4,1	2,25	0.00	2,80
HD 33999	05 12 35.8	-34 28 48	5913	4,0	...	...	...
HD 35650	05 24 30.2	-38 58 11	4110	5,1	...	...	...
HD 36705 b	05 28 44.4	-65 26 47	3948	2,4	...	...	...
HD 36705 a	05 28 44.8	-65 26 56	5022	4,5	...	...	...
CD-33 2353	05 28 56.5	-33 28 16	4750	4,7	...	...	...
CD-34 2331	05 35 04.1	-34 17 52	4750	4,7	...	...	...
CD-48 1893	05 36 55.1	-47 57 48	4250	4,7	...	...	...
HD 37572	05 36 56.9	-47 57 53	5025	4,4	2,00	0.10	...
HD 37551a	05 37 12.9	-42 42 56	5750	4,4	2,00	0.20	...
HIP 26401b	05 37 13.2	-42 42 57	5300	4,5	2,00	0.30	...
4779 0394	05 38 56.6	-06 24 41	5350	4,2	2,00	0.00	2,16
CP-19 878	05 39 23.2	-19 33 29	5057	4,5	...	...	...
AC 3511952	05 41 14.4	-41 17 59	4680	4,3	...	...	...
CD-26 2425	05 44 13.4	-26 06 15	5050	4,5	...	...	...
HD 39576	05 52 16.0	-28 39 25	5952	4,4	...	...	...
TY Col	05 57 50.8	-38 04 03	5186	4,2	...	...	...
BD-13 1328	06 02 21.9	-13 55 33	4875	4,6	2,00	0.00	1,94
CD-34 2676	06 08 33.9	-34 02 55	5500	4,4	...	...	...
CD-35 2722	06 09 19.2	-35 49 31	3975	5,3	...	...	...
HD 45270	06 22 30.9	-60 13 07	5800	4,4	1,50	0.10	2,54
G8894 0426	06 25 56.1	-60 03 27	3574	...	...	...	...
HD 48189	06 38 00.4	-61 32 00	5650	4,1	1,50	0.00	2,64

Tabela 4.8 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_f$ [K]	$\log(g_f)$	$V_{mt}$ [Km/s]	$[Fe/H]_r$	$\log N(Li)$
CD-61 1439	06 39 50.0	-61 28 42	4175	4,8	...	...	...
AC 3372872	06 41 18.5	-38 20 36	4720	5,0	...	...	...
G8544 1037	06 47 53.4	-57 13 32	5000	4,0	2,00	0,10	1,39
CD-57 1654	07 10 50.6	-57 36 46	5875	4,0	1,65	-0,20	2,67
BD+20 1790	07 23 43.6	20 24 59	4359	4,9	...	...	...
HD 59169	07 26 17.7	-49 40 51	5500	4,0	1,50	0,15	2,17
CD-29 4446	07 28 51.4	-30 14 49	3973	4,6	...	...	...
CD-8480	07 30 59.5	-84 19 28	5209	4,5	...	...	...
HD 64982	07 45 35.6	-79 40 08	5857	4,3	...	...	...
BD-07 2388	08 13 51.0	-07 38 25	4894	4,3	...	...	...
CD-45 5772	10 07 25.2	-46 21 50	4500	4,0	2,25	0,05	0,64
BD+01 2447	10 28 55.5	00 50 28	3878	4,8	...	...	...
HD 99827	11 25 17.7	-84 57 16	6524	4,1	...	...	...
HD 113449	13 03 49.7	-05 09 43	5079	4,5	...	...	...
HD 139751	15 40 28.4	-18 41 46	4320	4,8	...	...	...
Hip 81084	16 33 41.6	-09 33 12	2245	3,9	...	...	...
HD 152555	16 54 08.1	-04 20 25	5040	4,0	...	...	...
HD 317617	17 28 55.6	-32 43 57	4725	4,2	2,25	-0,02	1,49
HD 159911	17 37 46.5	-13 14 47	4286	4,6	...	...	...
HD 160934	17 38 39.6	61 14 16	4150	...	...	...	...
HD 176367	19 01 06.0	-28 42 50	6055	4,3	...	...	...
HD 178085	19 10 57.9	-60 16 20	5928	4,3	...	...	...
AC 162461	19 33 03.8	+03 45 40	4700	4,2	2,25	0,00	1,62
HD 189285	19 59 24.1	-04 32 06	5500	4,5	2,00	0,05	2,34

Tabela 4.8 Continuação

Estrela	Ascensão R. [Hor Min Seg]	Declinação [Gra Min Seg]	$T_f$ [K]	$\log(g_f)$	$V_{mt}$ [Km/s]	$[Fe/H]_r$	$\log N(Li)$
BD-03 4778	20 04 49.4	-02 39 20	5000	4,5	1,25	0.02	2,24
HD 199058	20 54 21.1	+09 02 24	5750	4,2	1,65	0.08	2,44
AC 422524	20 54 28.0	+09 06 07	4500	4,4	2,25	0.05	0,76
HD 201919	21 13 05.3	-17 29 13	4500	4,6	...	0.0	...
BD+22 4409	21 31 01.7	23 20 07	4500	4,6	...	...	...
HD 207278	21 48 48.5	-39 29 10	5500	4,4	1,55	0.15	2,47
AC 433594	21 52 10.4	+05 37 36	3752	4,8	...	...	...
Hip110526 a	22 23 29.1	32 27 34	4341	...	...	...	...
Hip 110526 b	22 23 29.1	32 27 32	4387	...	...	...	...
HD 217343	23 00 19.3	-26 09 14	5725	4,4	1,55	0.10	2,56
HD 217379	23 00 28.0	-26 18 43	4188	4,7	...	...	...
Hip 114066	23 06 04.8	63 55 34	3383	4,7	...	...	...
HD 218860 S	23 11 52.1	-45 08 11	5250	4,5	2,00	0.05	2,51
HD 218860 N	23 11 53.6	-45 08 00	3622	...	...	...	...
Hip 115162	23 19 39.6	42 15 10	5954	4,6	...	...	...
HD 222575	23 41 54.3	-35 58 40	5497	4,7	...	...	...
HD 224228	23 56 10.7	-39 03 08	4975	4,6	2,00	0.05	1,34

Na figura 4.2 são mostradas as curvas de crescimento calculadas em 6 das estrelas de *AB Doradus* nas quais foi possível aplicar a metodologia completa. As diferenças que se apresentam entre estas curvas e a do Sol mostrada na figura 3.4 são devidas principalmente ao menor ( $S/N$ ) das estrelas da amostra. Os possíveis erros nos parâmetros das linhas utilizadas não são descartáveis, por exemplo a curva do Sol apresenta dois pontos longe ao lado direito da curva teórica, um deles também aparece nas curvas estelares de *AB Doradus* o que indica que não é um problema nos nossos espectros estelares mas sim dos parâmetros da linha.

A figura 4.3 corresponde a duas das estrelas de *AB Doradus* com o ( $S/N$ ) baixo, este fato fica reflectado na alta dispersão dos pontos, mostrando por sua vez que não é possível obter da curva de crescimento parâmetros coerentes.

Nas figuras 4.4 são mostradas exemplos das sínteses espectrais para algumas estrelas da *AB Doradus*. Estes graficos representam os ajustes finais nas linhas do  ${}^7\text{Li}$  após de modificar a  $\log N(\text{Li})$  inicial. Como pode ser observado, não é uma tarefa fácil pois um ajuste perfeito nunca vai ser conseguido apesar que podem ser obtidos resultados muito bons. O baixo ( $S/N$ ) para algumas estrelas também atrapalha na síntese pois a linha do  ${}^7\text{Li}$  mostrava alguns defeitos no seu perfil. A figura 3.5 mostra os passos intermediários antes de chegar ao ajuste final, às vezes a linha sintética do  ${}^7\text{Li}$  ficava com maior profundidade que a observada ou vice versa, nos melhores ajustes, além do  ${}^7\text{Li}$  também mostraram uma boa coincidência as linhas vizinhas de *CaI* e *FeI*.

Na figura 4.5 mostramos a distribuição do  ${}^7\text{Li}$  na associação *AB Doradus* em função das temperaturas efetivas, fazendo comparação com os trabalhos de Smiljanic (2008), da Silva et al. (2009), Viana Almeida et al. (2008), e Mentuch et al. (2008) mostra-se que a tendência é mantida.

Nas figuras 4.6, 4.7, e 4.8 mostramos a distribuição das metalicidades em função das temperaturas, das  $\log N(\text{Li})$  em função das metalicidades, e das  $\log N(\text{Li})$  em função das gravidades superficiais de *AB Doradus*. Os trabalhos citados acima também confirmam que não há relação nenhuma entre as variáveis em nenhum dos gráficos.

Na figura 4.9 é feita uma comparação entre a *SPIZ* e as estrelas de *AB Doradus* num diagrama *HR*, a *SPIZ* foi obtida dos modelos de Siess et al. (2000). Observa-se que a posição das estrelas correspondem com a posição que devem ter num diagrama *HR* estrelas jovens e do tipo *TTS*.

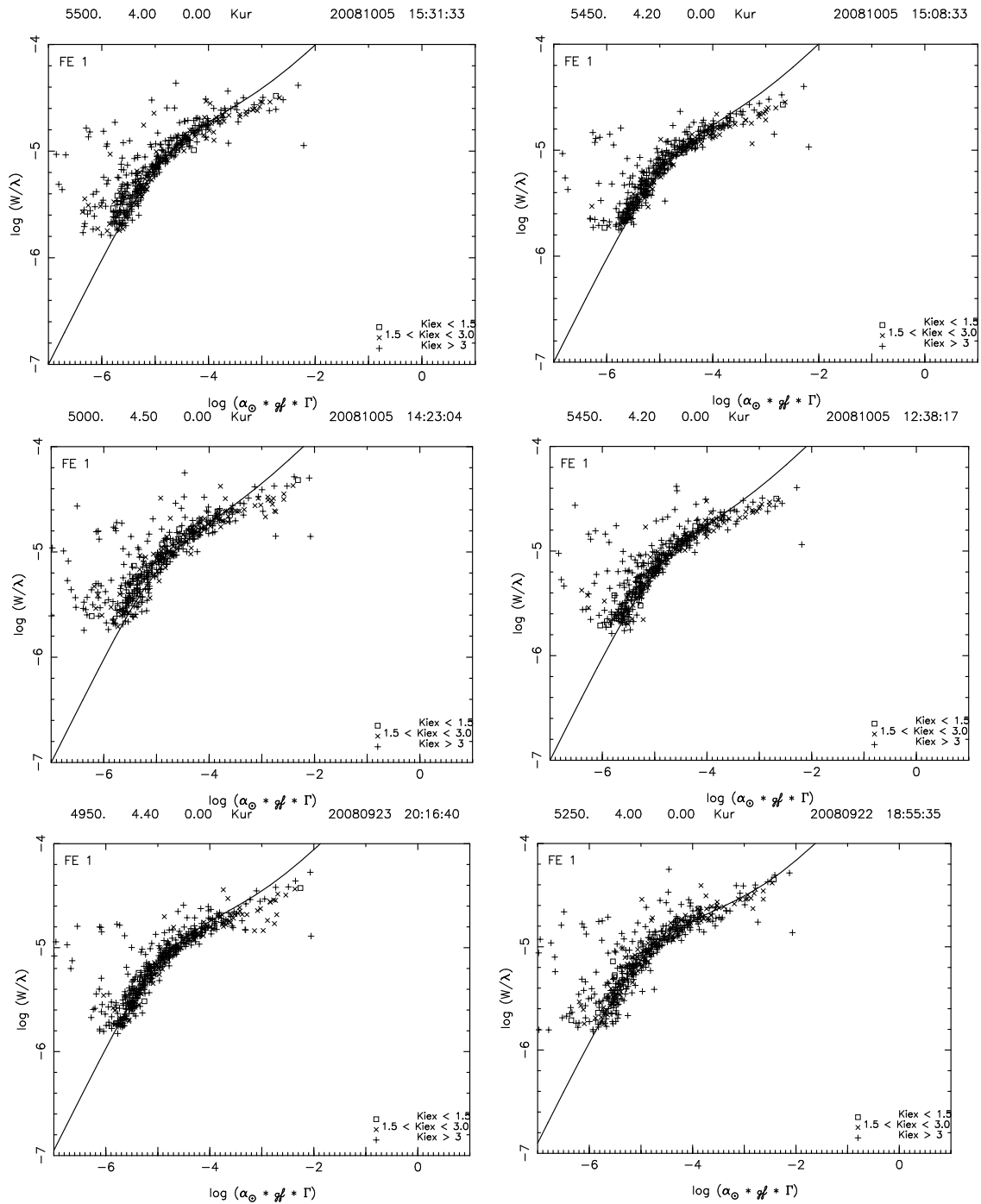


Figura 4.2: Curvas de crescimento de algumas estrelas de AB Doradus.

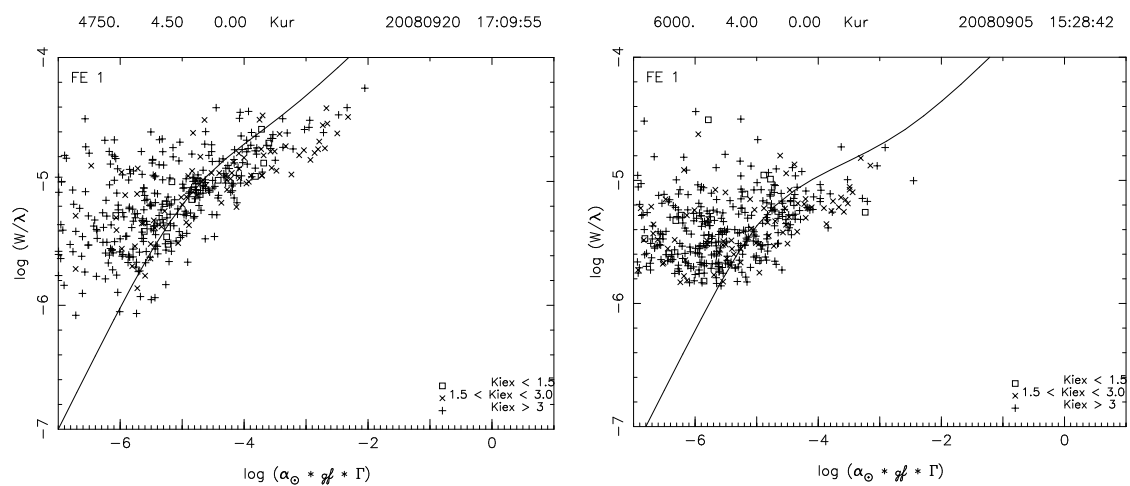
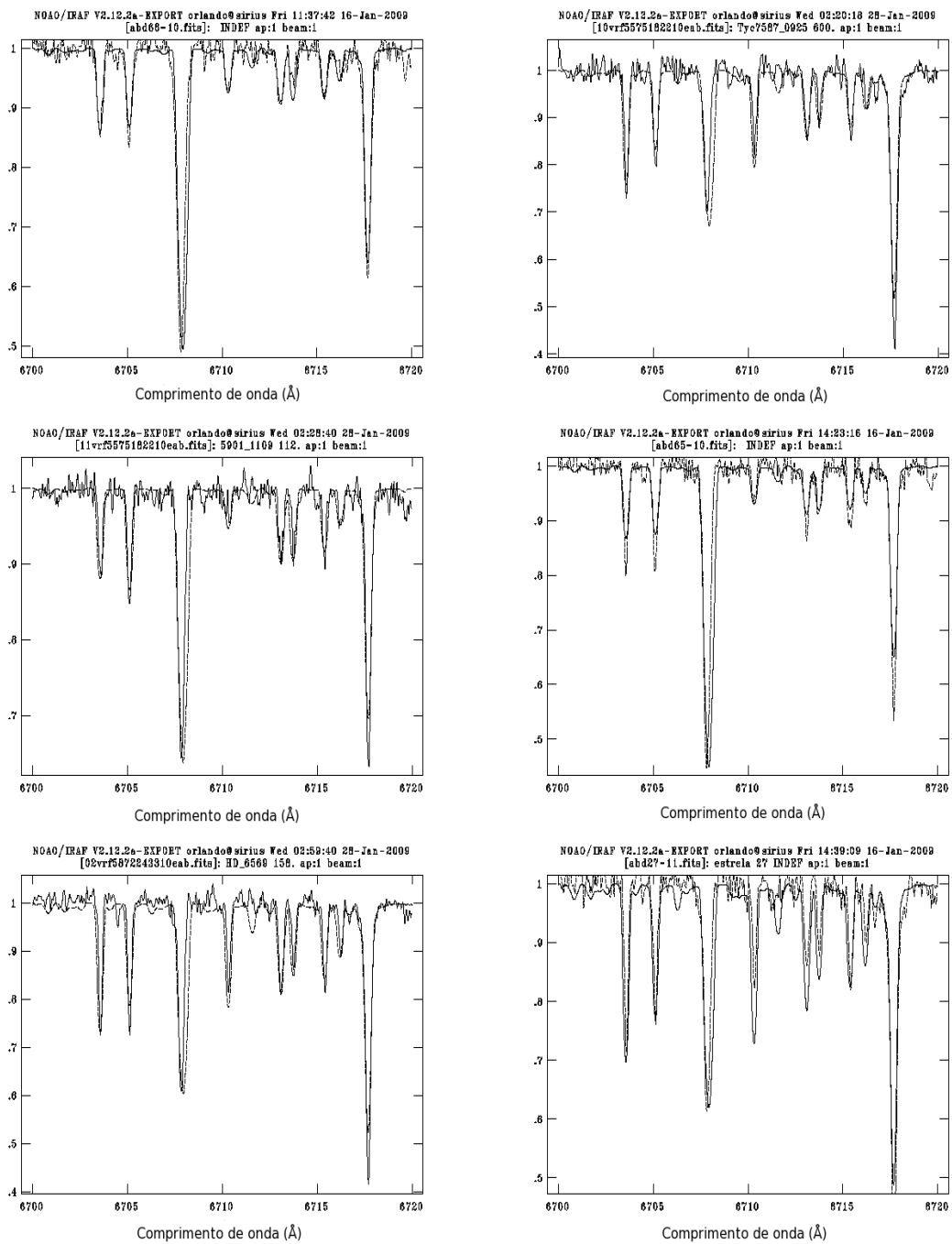


Figura 4.3: Curvas de crescimento de estrelas de AB Doradus com baixo ( $S/N$ ).



Figura 4.4: Sínteses espectrais de algumas estrelas de *AB Doradus*.

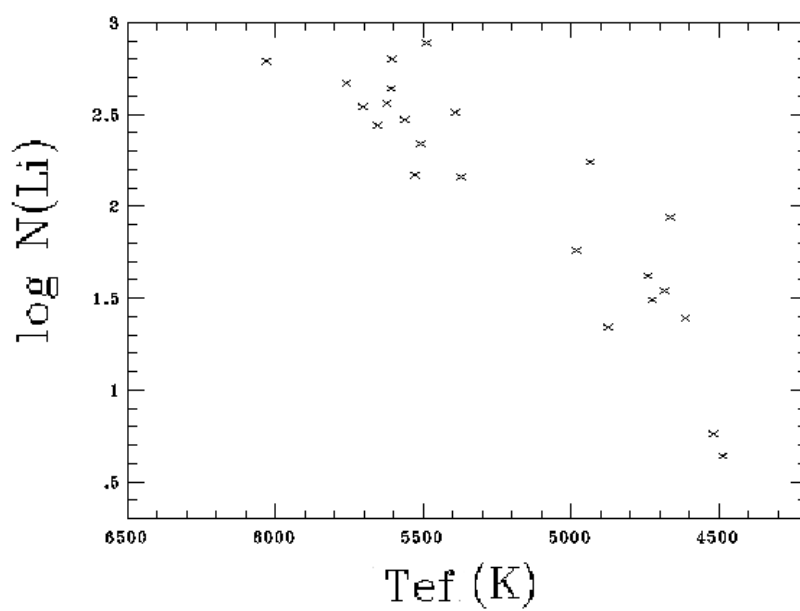


Figura 4.5: Abundâncias de Lítio em função das temperaturas de *AB Doradus*.

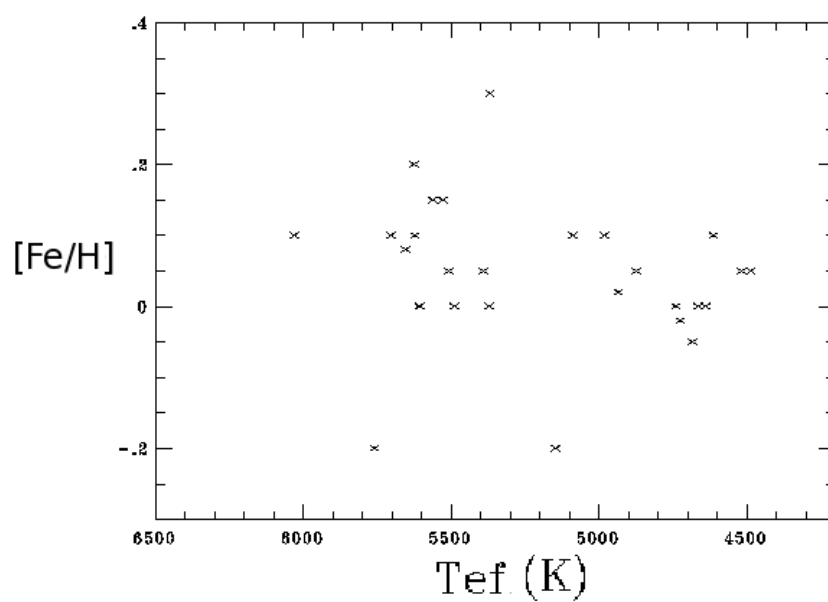


Figura 4.6: Metallicidades em função das temperaturas de *AB Doradus*.

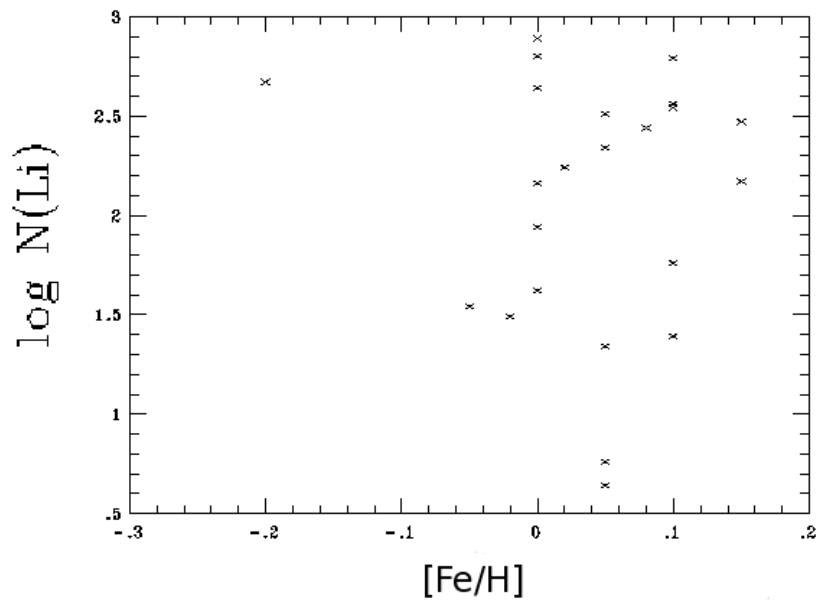


Figura 4.7: Abundâncias de Lítio em função das metalicidades de *AB Doradus*.

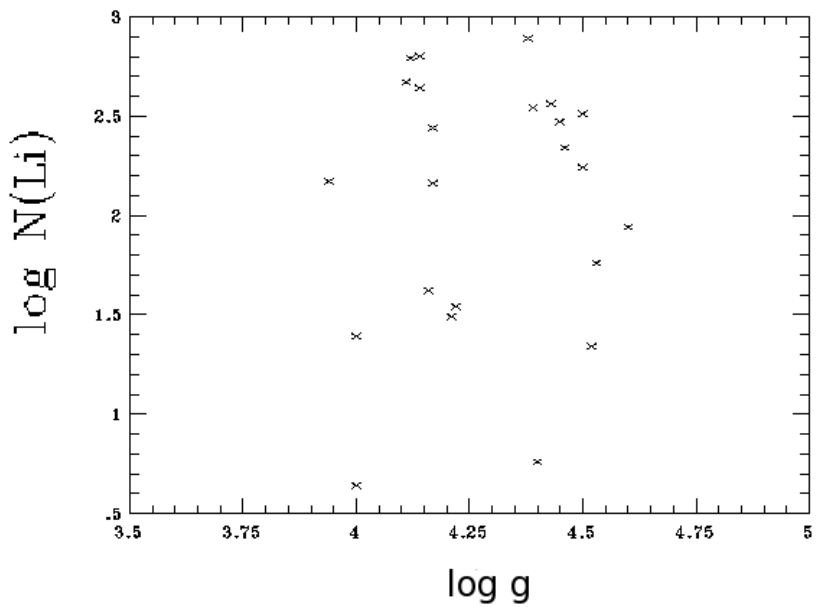


Figura 4.8: Abundâncias de Lítio em função das gravidades superficiais de *AB Doradus*.

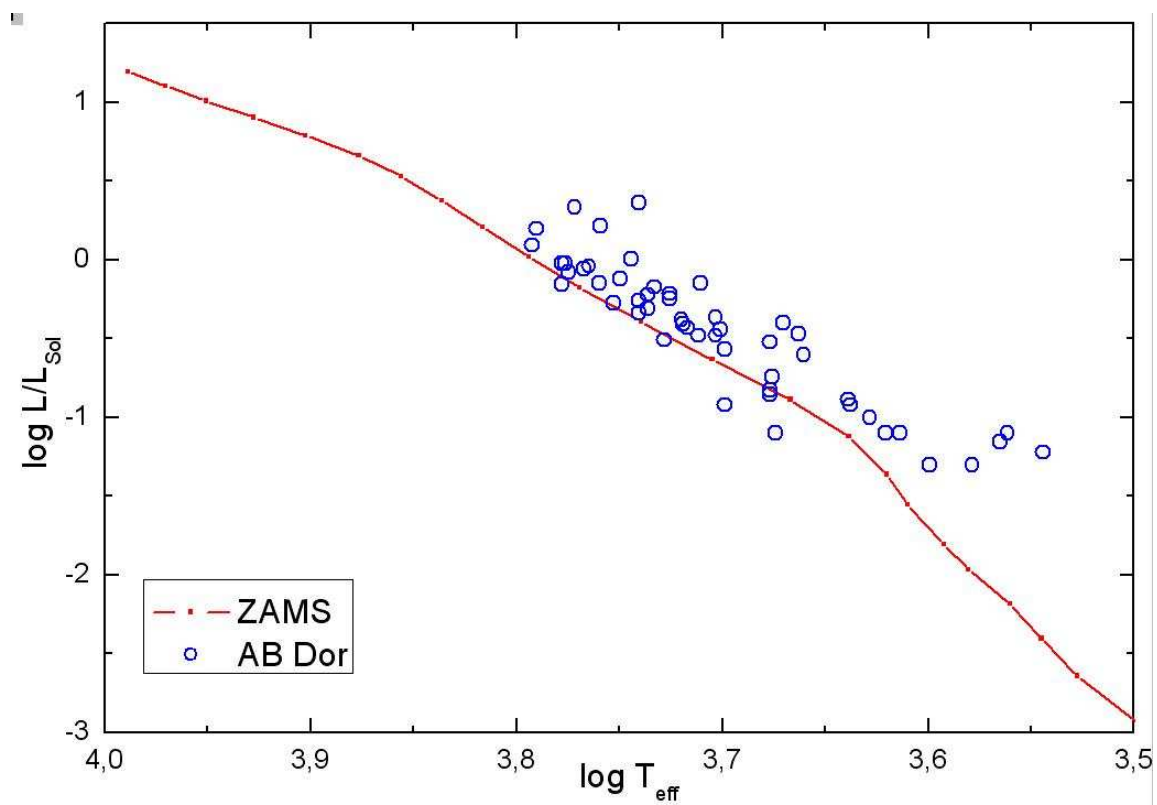


Figura 4.9: Seqüência Principal de Idade Zero e diagrama *HR* de *AB Doradus*.

# Capítulo 5

## Discusões e conclusões

Nesta dissertação conferimos que as estrelas da nossa amostra têm um alta probabilidade de ser estrelas anãs jovens devido fundamentalmente a:

- A faixa de parâmetros estelares encontradas, ou seja, os resultados das temperaturas efetivas, gravidades superficiais, velocidades de micro-turbulência, e metalicidades confirmam que as estrelas da amostra são estrelas jovens.
- A distribuição das abundâncias do lítio em função das temperaturas efetivas mostradas no gráfico 4.5 confirmam a tendência também encontrada pelos outros trabalhos já citados nesta dissertação. Essa tendência é que o lítio parece cair com a diminuição da temperatura efetiva, o qual reforça a hipótese que pode ser um comportamento generalizado nos grupos de estrelas jovens, aglomerados e associações, de fato, é observável nos gráficos de  $\log N(Li) vs T_{ef}$  das *Pleiâdes*, de *M67* e das *Hyades* mostrados no capítulo 2. Os resultados do *Li* em função da  $T_{ef}$  também confirmam o comentado nesse capítulo 2 sobre os problemas atuais do *Li* na pré-SP: estrelas com  $T_{ef} > 5300K$  têm  $\log N(Li)$  significativas confirmando quantidades não preditas pelos modelos standard, além disto confere que em estrelas tipo *K* com temperaturas proximas apresentam dispersões de *Li* que podem se considerar significativas. Isto mesmo também se apresenta nos casos das *Pleiâdes*, de *M67* e dos *Hyades*.

Infelizmente não temos mais estrelas com espectro, não obstante para duas estrelas de  $T_{ef} \sim 4500K$  foi possível conferir o que Travaglio et al. (2001) diz: uma pequena quantidade do *Li* destruído na pre-sp. De fato, as há duas estrelas com  $\log N(Li)$  de  $\sim 0.65$  e  $\sim 0.67$  e segundo algumas predições para *TTS* estas estrelas deveram ter uma  $\log N(Li)$  inicial de  $\sim 0.70$ , figura 2.3.

A segunda hipótese comentada por Travaglio é difícil de conferir mas foram tomadas duas estrelas da *SPIZ* de *AB Doradus* muito próximas na *SP* e que mais ou menos puderam simular a evolução desde a *SPIZ* até os primeiros anos na *SP*, as duas têm  $T_{ef}$  de  $5496K$  e  $5623K$  com  $\log N(Li)$  de 2.3 e 2.4 respectivamente, o que significa que em princípio a queda da depleção nos primeiros anos da *SP* pode ser uma fenômeno real.

- Outra hipótese conferida nesta dissertação é a independência da  $\log N(Li)$  com a gravidade e com a metalicidade pois os gráficos mostram que não há relação nenhuma entre a quantidade do *Li* e essas duas variáveis. No caso de *Li* vs  $\log(g_s)$  mostra que pelo fato de ser a amostra formada por estrelas anãs, as estrelas vão ter faixas grandes de  $\log N(Li) = [0.60, 2.90]$  e uma faixa pequena de gravidades  $[4.00, 4.60]$ . Enquanto que para  $\log N(Li)$  vs  $[Fe/H]$  a situação é parecida mas a faixa de metalicidades é mais reduzida, de fato, estrelas na faixa  $\log N(Li) = [1.60, 2.90]$  apresentam a mesma metalicidade  $\sim 0.00$ , uma situação parecida se apresenta para  $[Fe/H] \sim 0.10$  com faixas de  $\log N(Li) = [1.40, 2.80]$ . Estes dois valores de metalicidade são típicos para estrelas anãs.
- Continuando com a metalicidade, o gráfico mostra-nos uma situação parecida as anteriores, não parece haver uma relação entre  $[Fe/H]$  e a temperatura, não obstante para metalicidade zero existe uma faixa de  $T_{ef} \sim [5600, 4600]K$  e de  $[Fe/H] = 0.10$  para  $T_{ef} = [4600, 5700]K$  que são também valores típicos para anãs jovens.

# Capítulo 6

## Referências Bibliográficas

Alonso, A.; Arribas, S.; Martínez-Roger, C. The empirical scale of temperatures of the low main sequence ( $F0V - K5V$ ). **Astronomy & Astrophysics**, v.313, 1996.

Alonso, A.; Arribas, S. & Martínez-Roger, C. A semi-empirical absolute flux calibration in the near infrared: Direct stellar diameters vs. *IRFM* determinations. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 282, 1994.

Alonso, A.; Arribas, S. & Martínez-Roger, C. Broad band *JHK* infrared photometry of an extended sample of late type dwarfs and subdwarfs. **Astronomy & Astrophysics Supplement Series** vol. 107, 1994.

Alonso, A.; Arribas, S. & Martínez-Roger, C. Determination of bolometric fluxes for F, G and K subdwarfs. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 297, 1995.

Alonso, A.; Arribas, S. & Martínez-Roger, C. Determination of effective temperatures for an extended sample of dwarfs and subdwarfs ( $F0 - K5$ ). **Astronomy and Astrophysics Supplement Series**, vol.117, 1996.

Alonso, A.; Arribas, S. & Martínez-Roger, C. Broad-band *JHK(L')* photometry of a sample of giants with  $0.5 > [Fe/H] > -3$ . **Astronomy & Astrophysics Supplement**, v.131, 1998.

Ambartsumian, V. A. On the Problem of the Mechanism of the Origin of Stars in Stellar Associations. **Cosmical Gas Dynamics, Proceedings from IAU Symposium no. 8**. Edited by Johannes Martinus Burgers and Richard Nelson Thomas. n. 8, 1958.

Arribas, S. & Martinez Roger, C. Application of the infrared flux method to globular cluster stars. The M 3 giant branch. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 178, 1987.

Balachandran, Suchitra; Lambert, David L.; Stauffer, John R. Lithium in lower-main-sequence stars of the Alpha Persei cluster. **The Astrophysical Journal**, vol. 333, 1988.

Balachandran, S. Lithium depletion and rotation in main-sequence stars. **Astrophysical Journal**, vol. 354, 1990.

Basri, G. & Batalha, C. Hamilton echelle spectra of young stars. I-Optical veiling. **Astrophysical Journal**, vol. 363, 1990.

Basri, G.; Martin, E. L. & Bertout, C. The lithium resonance line in T Tauri stars. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 252, no. 2, 1991.

Spectroscopic Studies of DB White Dwarfs: Improved Stark Profiles for Optical Transitions of Neutral Helium. **Astrophysical Journal Supplement**, v.108, 1997.

Bell, R. A. & Gustafsson, B. The effective temperatures and colours of G and K stars. *Monthly Notices Royal Astronomical Society*, vol. 236, 1989.

Bessell, M. S. The Cousins (Cape-Kron) *BVRI* system, its temperature and absolute flux calibration, and relevance for two-dimensional photometry. **Du-dley Observatory reports**, no. 14, 1979.

Blackwell, D. E.; Petford, A. D.; Arribas, S.; Haddock, D. J. & Selby, M. J. Determination of temperatures and angular diameters of 114  $F - M$  stars using the infrared flux method (IRFM). **Astronomy & Astrophysics**, vol. 232, no. 2, 1990.

Boesgaard, A. M.; Tripicco, M. J. Lithium in the Hyades Cluster. **Astrophysical Journal Letters**, vol. 302, 1986.

Boesgaard, A. M. & Tripicco, M. J. Lithium in  $F$  stars of known age. **Astrophysical Journal**, vol. 313, 1987.

Boesgaard, Ann Merchant. Metallicity in galactic clusters from high signal-to-noise spectroscopy. **The Astrophysical Journal**, vol. 336, 1989.



- Boesgaard, Ann Merchant; Friel, Eileen D. Chemical composition of open clusters. I -  $[Fe/H]$  from high-resolution spectroscopy. **The Astrophysical Journal**, vol. 351, 1990.
- Boesgaard, A. M. Stellar abundances of lithium, beryllium, and boron. **Publications Astronomical Society of the Pacific**, vol. 88, 1976.
- Böehm-Vitense, E. The effective temperature scale. **In: Annual review of astronomy and astrophysics**, vol. 19, 1981.
- Bertout, Claude. T-Tauri stars - Wild as dust. **Annual review of astronomy & astrophysics**, vol. 27, 1989.
- Buser, R. & Kurucz, R. L. A library of theoretical stellar flux spectra. I - Synthetic *UBVRI* photometry and the metallicity scale for *F* to *K* type stars. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 264, 1992.
- Calvet, N.; Basri, G. & Kuhi, L. V. The chromospheric hypothesis for the T Tauri phenomenon. **Astrophysical Journal**, vol. 277, 1984.
- Carlberg, R. G.; Dawson, P. C.; Hsu, T.; Vandenberg, D. A. The age-velocity-dispersion relation in the solar neighborhood. **The Astrophysical Journal**, vol. 294, p. 674-681.
- Carney, B. W. A photometric search for halo binaries. I - New observational data. **Astronomical Journal**, vol. 88, 1983.
- Carney, B. W. & Latham, D. W. A survey of proper-motion stars. I - *UBV* photometry and radial velocities. **Astronomical Journal**, vol. 93, 1987.
- Carpenter, J. M. Color Transformations for the 2MASS Second Incremental Data Release. **The Astronomical Journal**, vol. 121, 2001.
- Cayrel de Strobel, G. *G* and *K* stars as indicators of the galactic evolution. Wissenschaftliche Tagung, Strasbourg, France. **Astronomische Gesellschaft**, no. 57, 1982.
- Chaboyer, B.; Demarque, P.; Pinsonneault, M. H. Stellar models with microscopic diffusion and rotational mixing. 1: Application to the Sun. **The Astrophysical Journal**, Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 441, 1995.

Close, L. M.; Lenzen, R.; Guirado, J. C.; Nielsen, E. L.; Mamajek, E. E.; Brandner, W.; Hartung, M.; Lidman, C. & Biller, B. A dynamical calibration of the mass-luminosity relation at very low stellar masses and young ages. **Nature**, Vol. 433, 2005.

Cohen, M.; Kuhl, L. V. Observational studies of pre-main-sequence evolution. *Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 41, Dec. 1979.

Cole, A. A.; Tolstoy, E.; Gallagher, J. S.; Smecker-Hane, T. A. Spectroscopy of Red Giants in the Large Magellanic Cloud Bar: Abundances, Kinematics, and the Age-Metallicity Relation. **The Astronomical Journal**, Vol. 129, 2005.

Herbst, W. R. associations. I - *UBV* photometry and *MK* spectroscopy of stars in southern reflection nebulae. **Astronomical Journal**, vol. 80, 1976.

da Silva, L.; Torres, C.A.O.; de la Reza, R.; Quast, G.R.; Melo, C.H.F. e Sterzik, M.F. Ages and *Li* abundances in Young Stellar Associations. **Astronomy & Astrophysics** submetido 2009.

De la Reza, R., Torres, C. A. O., Quast, G., Castilho, B. V. & Vieira, G. L. Discovery of new isolated T-Tauri stars. **Astrophysical Journal**, 343, L61, 1989.

di Benedetto, G. P. Towards a fundamental calibration of stellar parameters of *A*, *F*, *G*, *K* dwarfs and giants. **Astronomy Astrophysics**, v.339, 1998.

Dravins, D.; Lindgren, L.; Nordlund, A. & Vandenberg, D. A. The distant future of solar activity: A case study of Beta Hydri. I - Stellar evolution, lithium abundance, and photospheric structure. **Astrophysical Journal**, vol. 403, 1993.

Duncan, D. K. & Hobbs, L. M. *Li* Production in the Big Bang. *IAU*, Meeting on Nucleosynthesis in the Galaxy from the Study of Low-mass Stars, New Delhi, India, Nov. 27, **Journal of Astrophysics & Astronomy**, vol. 8, 1987.

Dyck, H. M.; Benson, J. A.; van Belle, G. T.; Ridgway, S. T. Radii and Effective Temperatures for K and M Giants and Supergiants. **Astronomical Journal**, v.111, 1996.

Edvardsson, B.; Andersen, J.; Gustafsson, B.; Lambert, D. L.; Nissen, P. E.; Tomkin, J. The Chemical Evolution of the Galactic Disk - Part One - Analysis and Results. **Astronomy & Astrophysics** V.275, 1993.

Elias, J. H.; Frogel, J. A.; Matthews, K. & Neugebauer, G. Infrared standard stars. **Astronomical Journal**, vol. 87, 1982.

Finkenzeller, U. & Basri, G. The atmospheres of T-Tauri stars. I- High-resolution calibrated observations of moderately active stars. **Astrophysical Journal**, vol. 318, 1987.

Friel, Eileen D. & Boesgaard, Ann Merchant. Chemical Composition of Open Clusters. II.  $C/H$  and  $C/FeI$  in  $F$  Dwarfs from High-Resolution Spectroscopy. **The Astrophysical Journal**, v.351, 1990.

Frogel, J. A.; Persson, S. E.; Matthews, K. & Aaronson, M. Photometric studies of composite stellar systems.  $I - CO$  and  $JHK$  observations of  $E$  and  $S0$  galaxies. **Astrophysical Journal**, vol. 220, 1978.

Frogel, J. A.; Persson, S. E. & Cohen, J. G. Infrared colors, CO band strengths, and physical parameters for giants in  $M71$ . **Astrophysical Journal**, vol. 227, 1979.

Frogel, J. A.; Persson, S. E. & Cohen, J. G. Infrared photometry of red giants in the globular cluster 47 Tucanae. **Astrophysical Journal**, vol. 246, 1981.

Frogel, J. A.; Persson, S. E. & Cohen, J. G. Infrared photometry, bolometric luminosities, and effective temperatures for giant stars in 26 globular clusters. **Astrophysical Journal Supplement Series**, vol. 53, 1983.

García-Lopez, R. J.; Rebolo, R. & Beckman, J. E. Lithium abundances and metallicities in stars near the main-sequence turnoff and a giant in  $M67$ . **Astronomical Society of the Pacific Publications** vol. 100, 1988.

Gregorio-Hetem, J., Lepine, J. R. D., Quast, G. R., Torres, C. A. O., & de la Reza, R. A search for T-Tauri stars based on the *IRAS* point source catalog **Astronomical Journal**, 103, 549, 1992.

Gregorio-Hetem, J. & Lepine, J. R. D. Lithium Abundance and Spacial Distribution of T-Tauri Stars(cp). **Astrochemistry of Cosmic Phenomena:**

**Proceedings of the 150th Symposium of the International Astronomical Union**, held at Campos do Jordão, São Paulo, Brazil, Edited by P. D. Singn, 1992.

Gödel, M.; Audard, M.; Briggs, K.; Haberl, F.; Magee, H.; Maggio, A.; Mewe, R.; Pallavicini, R.; Pye, J. The XMM-Newton view of stellar coronae: X-ray spectroscopy of the corona of *AB Doradus*. **Astronomy & Astrophysics Letters**, v.365, 2001.

Guirado, J. C.; Reynolds, J. E.; Lestrade, J.-F.; Preston, R. A.; Jauncey, D. L.; Jones, D. L.; Tzioumis, A. K.; Ferris, R. H.; King, E. A.; Lovell, J. E. J.; McCulloch, P. M.; Johnston, K. J.; Kingham, K. A.; Martin, J. O.; White, G. L.; Jones, P. A.; Arenou, F.; Froeschle, M.; Kovalevsky, J.; Martin, C.; Lindegren, L.; Soderhjelm, S. Astrometric Detection of a Low-Mass Companion Orbiting the Star AB Doradus. **Astrophysical Journal**, v.490, p.835.

Gray, R. O. & Corbally, C. J. The calibration of *MK* spectral classes using spectral synthesis. 1: The effective temperature calibration of dwarf stars. **Astronomical Journal**, vol. 107, 1994.

Gray, D.F. The Observation and Analysis of Stellar Photospheres. Third edition. Cambridge, 2005.

Hanbury Brown, R.; Davis, J. & Allen, L. R. The angular diameters of 32 stars. **Montly Notice Royal Astronomical Society**, Vol. 167, 1974.

Hartigan, P.; Hartmann, L.; Kenyon, S.; Hewett, R. & Stauffer, J. How to unveil a T-Tauri star. **Astrophysical Journal Supplement Series**, vol. 70, 1989.

Hartigan, P.; Kenyon, S. J.; Hartmann, L.; Strom, S. E.; Edwards, S.; Welty, A. D. & Stauffer, J. Optical excess emission in T-Tauri stars. **Astrophysical Journal**, vol. 382, 1991.

Herbig, G. H. 1978 in Problems of Physics and Evolution of the Universe, ed. L. V. Mirzoyan Erevan: **Armenian Acad. Sci.**, 171, 1978.

Herbig, G. H. Lithium Abundances in *F5 – G8* Dwarfs. **The Astrophysical Journal**, vol. 141, 1965.

Houdashelt, M. L.; Bell, R. A. & Sweigart, A. V. Improved Color-Temperature Relations and Bolometric Corrections for Cool Stars. **The Astronomical Journal**, vol. 119, 2000.

Fundamental stellar photometry for standards of spectral type on the revised system of the Yerkes spectral atlas. **The Astrophysical Journal**, vol. 117, 1953.

Kastner, J. H.; Zuckerman, B.; Weintraub, D. A. & Forveille, T. X-ray and molecular emission from the nearest region of recent star formation. *Science*, Vol. 277, No. 5322, 1997.

King, J. R. Lithium abundances of intermediate-mass, pre-main-sequence stars in Orion IC. **Astronomical Journal**, vol. 105, no. 3, 1993.

Kurucz, R. 1999 TiO linelist from Schwenke (1998). **Kurucz CD-ROM No. 24. Cambridge, Massachusetts.** Smithsonian Astrophysical Observatory, 1999.

Kurucz, R. *ATLAS9* Stellar Atmosphere Programs and  $2km/s$  grid. Kurucz CD-ROM No. 13. Smithsonian Astrophysical Observatory, 1993.

Kurucz, R. L. New Opacity Calculations. **In: Stellar Atmospheres: Beyond Classical Models, Proceedings of the Advanced Research Workshop, Trieste, Italy, Dordrecht, D. Reidel Publishing Co., 1990, p.441, 1991.**

Laughlin, G. Mining the Metal-rich Stars for Planets. **The Astrophysical Journal**, vol. 545, 2000.

Lee, T.A. *UBVRI* Photometry of Infrared Stars. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, Vol. 82, 1970.

Lim, J. Rotational Modulation of Radio Emission from the *KI* Dwarf Star AB Doradus (HD 36705). Cool stars, stellar systems, and the sun. **Proceedings of the 7th Cambridge Workshop, ASP Conference Series (ASP: San Francisco)**, vol. 26, p. 322, 1992.

López-Santiago, J.; Montes, D.; Crespo-Chacón, I.; Fernández-Figueroa, M. J. The Nearest Young Moving Groups. **The Astrophysical Journal**, Volume 643, 2006.

The missing opacity and the temperature calibration of solar-type stars. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 181, no. 2, July 1987.

Makarov, Valeri V. Signatures of Dynamical Star Formation in the Ophiuchus Association of Pre-Main-Sequence Stars. **The Astrophysical Journal**, Volume 670, Issue 2, pp. 1225-1233, 2007.

Martin, E. L.; Rebolo, R.; Magazzu, A. & Pavlenko, Ya. V. Pre-main sequence lithium burning. 1: Weak T-Tauri stars. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 282, no. 2, 1994.

Mentuch, E.; Brandeker, A.; van Kerkwijk, M. H.; Jayawardhana, R.; Hauschildt, P. H. Lithium Depletion of Nearby Young Stellar Associations. **The Astrophysical Journal**, Vol. 689, 2008.

Mewe, R.; Kaastra, J. S.; White, S. M.; Pallavicini, R. Simultaneous EUVE & ASCA observations of AB Doradus: temperature structure and abundances of the quiescent corona. **Astronomy & Astrophysics**, v.315, p.170-178, 1996.

Montes, D.; Martin, E. L.; Fernandez-Figueroa, M. J.; Cornide, M.; de Castro, E. Library of high and mid-resolution spectra in the *CaII H & K*, *H $\alpha$* , *H $\beta$*  Na i D1, D2, and *He i D3* line regions of *F*, *G*, *K* and *M* field stars. *Astronomy & Astrophysics Supplement series*, Vol. 123, 473-485, 1997.

Mountain, C. M.; Selby, M. J.; Leggett, S. K.; Blackwell, D. E. & Petford, A. D. Measurement of the absolute flux from *VEGA* at 4.92 microns. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 151, 1985.

*NIST*, do inglês, National Institute of Standards and Technology. Atomic Spectra Database. Disponível em:

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/index.html>

Por última vez acessado em julho 2008.

Ortega, V. G.; Jilinski, E.; de La Reza, R.; Bazzanella, B. On the common origin of the *AB Doradus* moving group and the Pleiades cluster. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Volume 377, 2007.

Padgett, Deborah L. Atmospheric Parameters and Iron Abundances of Low-Mass Pre-Main-Sequence Stars in Nearby Star Formation Regions. **The Astrophysical Journal** v.471, 1996.

Pasquini, L.; Randich, S.; & Pallavicini, R. Lithium in *M67*: evidence for spread in a solar age cluster. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 325, 1997.

Pasquini, L.; Liu, Q. & Pallavicini, R. Lithium abundances of nearby solar-like stars. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 287, 1994.

Patterer, R. J.; Ramsey, L.; Huenemoerder, D. P. & Welty, A. D. Lithium line variations in weak-lined T-Tauri stars. **Astronomical Journal**, vol. 105, no. 4, 1993.

Perrin, G.; Coude Du Foresto, V.; Ridgway, S. T.; Mariotti, J.-M.; Traub, W. A.; Carleton, N. P.; Lacasse, M. G. Extension of the effective temperature scale of giants to types later than *M6*. **Astronomy & Astrophysics**, v.331, 1998.

Pinsonneault, M. Mixing in Stars. **Annual Review of Astronomy and Astrophysics**, Vol. 35, 1997.

Quast, G. R., Torres, C. A. O., de la Reza, R. & Mello, G. F. P. Isolated post-T Tauri stars. **Revista Mexicana de Astronomia e Astrofisica**. 14, 1987.

Randich, S.; Gratton, R.; Pallavicini, R.; Pasquini, L. & Carretta, E. Lithium in population I subgiants. **Astronomy & Astrophysics**, v.348, 1999.

Reeves, R. On the origin of the light elements. **The Annual review of astronomy & astrophysics**. V. 12. 1974.

Rieke, G. H. & Lebofsky, M. J. The interstellar extinction law from 1 to 13 microns. **Astrophysical Journal**, vol. 288, 1985.

Sandage, A. & Kowal, C. New subdwarfs. IV - *UBV* photometry of 1690 high-proper-motion stars. **Astronomical Journal**, vol. 91, 1986.

Schuster, W. J. & Nissen, P. E. Four-color *UVBY* and H-beta photometry of high-velocity and metal-poor stars. I - The catalogue of observations. **Astronomy & Astrophysics Supplement Series**, vol. 73, no. 2, 1988.

Schuster, W. J. & Nissen, P. E. Uvby-beta photometry of high-velocity and metal-poor stars. II - Intrinsic color and metallicity calibrations. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 221, 1989.

- Sestito, P. & Randich, S. Time scales of *Li* evolution: a homogeneous analysis of open clusters from *ZAMS* to late-*MS*. **Astronomy & Astrophysics**, Vol. 442, 2005.
- Selby, M. J.; Hepburn, I.; Blackwell, D. E.; Booth, A. J.; Haddock, D. J.; Arribas, S.; Leggett, S. K. & Mountain, C. M. Narrow band 1 micron-4 micron infrared photometry of 176 stars. **Astronomy & Astrophysics Supplement Series**, vol. 74, 1988.
- Siess, L.; Dufour, E. & Forestini, M. An internet server for pre-main sequence tracks of low- and intermediate-mass stars. **Astronomy & Astrophysics**, v.358, 2000.
- Smiljanik, R. H. Elementos Leves: Traçadores da Mistura Convectiva e da Formação da Galáxia. **Tese de Doutorado. IAG/USP** 2008.
- Spite, M. & Spite, F. Comunicação privada. **Comunicação privada do Observatório de Paris**. 1967.
- Spite, M. & Spite, F. Abundance of lithium in unevolved halo stars and old disk stars - Interpretation and consequences. **Astronomy & Astrophysics**, vol. 115, no. 2, 1982.
- Spite, F. & Spite, M. Lithium abundance in a few extremely metal-poor stars and strontium-poor stars. **Astronomy & Astrophysics** vol. 279, 1993.
- Spite, M. & Spite, F. Lithium abundance at the formation of the Galaxy. **Nature**, vol. 297, 1982.
- Spite, F.; Spite, M.; Peterson, R. C. & Chaffee, F. H. Measurement of lithium abundance in dwarf stars of *M67*. **Astronomy & Astrophysics** vol. 171, 1987.
- Stetson, P. B. & Pancino, E. *DAOSPEC*: An Automatic Code for Measuring Equivalent Widths in High-Resolution Stellar Spectra. **The Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, vol. 120, 2008.
- Tolstoy, E. The chemical composition of Local Group dwarf spheroidals. **Near-fields cosmology with dwarf elliptical galaxies, IAU Colloquium Proceedings 198**, Held 14-18 March, Switzerland, edited by Jerjen, H.; Binggeli, B. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.



Torres, C. A. O. & Quast, G. R. Comunicação privada. **Comunicação privada do Laboratório Nacional de Astrofísica**. 2008.

Torres, C. A. O.; Quast, G. R.; da Silva, L.; de La Reza, R.; Melo, C. H. F.; Sterzik, M. Search for Associations Containing Young stars (SACY). I. Sample and searching method. **Astronomy & Astrophysics**, Vol. 460, 2006.

Torres, C. A. O.; Quast, G.R; Melo, C.H; Sterzik, M.F. Small Loose Young Associations. **Handbook of Low Mass Star Forming Regions**. **ASP Conference Series**, vol. B. Reipurth, ed. 2006.

Torres, C. A. O.; Quast, G. R.; de La Reza, R.; da Silva, L.; Melo, C. H. F. SACY-Present Status. In Galactic Star Formation Across the Stellar Mass Spectrum, ASP Conference Series, Vol. 287, em La Serena, Chile. Editado por James M. De Buizer and Nicole S. van der Bliik. **Astronomical Society of the Pacific**. 2003

Torres, C. A. O., da Silva, L., Quast, G. R., de la Reza, R. & Jilinski, E. 2000, A New Association of Post-T Tauri Stars near the Sun. **Astronomical Journal**, 120, 1410.

Torres, C. A. O. Publicação Especial do Observatório Nacional, 10, 1

. Travaglio, C.; Randich, S.; Galli, D.; Lattanzio, J.; Elliott, L. M.; Forestini, M.; Ferrini, F. Galactic Chemical Evolution of Lithium: Interplay between Stellar Sources. **The Astrophysical Journal**, Vol. 559, 2001.

Twarog, B. A. The chemical evolution of the solar neighborhood. II - The age-metallicity relation and the history of star formation in the galactic disk. **The Astrophysical Journal**, vol. 242, 1980.

Viana Almeida, P. Search for Associations Containing Young stars (SACY): Chemical abundances of stars in 11 young associations in the Solar neighborhood. **Astronomy & Astrophysics**, submetido 2008.

Vilhu, O.; Muhli, P.; Huovelin, J.; Hakala, P.; Rucinski, S. M.; Collier Cameron, A. Ultraviolet Spectroscopy of AB Doradus with the Hubble Space Telescope: Impulsive Flares and Bimodal Profiles of C IV  $\lambda$ 1549 in a Young Star. **The Astronomical Journal**, vol. 115, 1998.

---

Zuckerman, B.; Song, I.; Bessell, M. S. The *AB Doradus* Moving Group **The Astrophysical Journal**, vol. 613, 2004.

# Anexo 1

Pare levar a cabo esta dissertação foi fundamental instalar o software `pgplot` que por sua vez é um requerimento para que o DAOSPEC e o Renoir puderam funcionar adequadamente, na literatura disponível somente existem roteiros para versões antigas do Fedora, quando foi tentado instalar o `pgplot` numa máquina com versões mais recentes nunca funcionou por incompatibilidades de algumas bibliotecas ou pacotes, então por isso foi resolvido gerar esta guia de instalação do `pgplot` para versões de Fedora 8 em diante. Os passos serem desenvolvidos são:

- baixar o arquivo `pgplot5.2.tar.gz` de `http://astro.caltech.edu/~tjp/pgplot/`

- Destacar, e descomprimir o arquivo:

```
tar -zxvfpgplot5.2.tar.gz
```

Colocá-lo na pasta principal do respectivo usuário, neste caso seria em `/home/usuario`

- Agora é preciso renomear essa pasta para `pgplot-src` e criar outra nesta mesma pasta chamada `pgplot`.

```
mvpgplotpgplot -src mkdirpgplot
```

- Entre ao `pgplot-src` e cole o arquivo `drivers.list` á pasta `pgplot`

```
cdpgplot -src
```

```
cpdrivers.list/home/usuario/pgplot
```

- Editê-lo, use qualquer editor de textos e tire as seguintes linhas

```
emacsdrivers.list &
```

e tire as seguintes linhas (ou seja tire o signo de exclamação):

```
PNDRIV 1,2 : PNG figures (requires that the package libpng3-devel or an  
equivalent libpng-devel) PSDRIV 1,2,3,4 : EPS figures XWDRIV 1,2 : X-  
window output (requires libxorg-x11-devel or libX11-devel).
```

- Prepara o arquivo makefile para linux mais o compilador gcc, então para isso deve-se estar na pasta `/home/usuario/pgplot`  
`/home/usuario/pgplot-src/makemake/home/usuario/pgplot-srclinuxg77_gcc`  
 Isso criara os arquivos: `grexec.f`, `grpckg1.inc`, `makefile`, `pgplot.inc`, e `rgb.txt`.
- Se a versão de gcc é superior á 4.0 então deve-se editar o arquivo `makefile`  
`emacsmakefile &`  
 Substituir nele as seguintes linhas  
`"FCOMPL = g77"` na linha 25 por:  
`"FCOMPL = gfortran"`  
`"FFLAGC = -u - Wall - fPIC - O"` na linha 26 por:  
`"FFLAGC = -f fixed - form - f fixed - line - length - none - u - Wall - fPIC - O"`
- Continuar editando o makefile, substituir  
`"pndriv.o : ./png.h./pngconf.h./zlib.h./zconf.h"` na linha 880 por: `"pndriv.o :`  
`"`
- Continuando ainda na mesma pasta compila-se a parte de Fortran, escrevemos  
`make`  
 Para isso é precisado `libpng_devel` ou `libX11_devel`.  
 Logo compila-se a parte de `C` ligada com Fortran  
`makecpg`
- Editar o arquivo `makehtml` que esta em `/home/usuario/pgplot - src`  
`cd/home/usuario/pgplot - src`  
`emacsmakehtml &`  
 Para isso deve-se substituir a primeira linha por `#!/usr/bin/perl`
- Logo voltando á pasta anterior `/home/usuario/pgplot` produz-se a documentação html, ou seja:  
`makepgplot.html`  
`makeclean`

- Deve-se ir até `/usr/local/lib`  
`cd/usr/local/lib`  
e linkar as bibliotecas estáticas de `F77` e `C`  
`ln -s/home/usuario/pgplot/libpgplot.alibpgplot.a`  
`ln -s/home/usuario/pgplot/libcpgplot.alibcpgplot.a`  
Colar nesta pasta `libpgplot.so` que está em `/home/usuario/pgplot`  
`cd/home/usuario/pgplot/`  
`cp libpgplot.so/usr/local/lib`  
Isso vai adiantar para estabelecer as bibliotecas dinâmicas.
- Nesta mesma pasta editar o arquivo `ld.so.conf`  
`emacs/etc/ld.so.conf &`  
Adicionando-lhe a linha `/usr/local/lib`
- Atualizar o caminho para as bibliotecas e linkar o arquivo `cpgplot.h`  
`/sbin/ldconfig -v`  
`ln -s/home/usuario/pgplot/cpgplot.h/home/usuario/pgplot/cpgplot.h`
- Editar o arquivo `.bashrc`  
`emacs.bashrc &`  
Para isso devem-se adicionar as linhas:  
`exportPGPLOT_DIR = home/usuario/pgplot`  
`exportPGPLOT_DEV = /xwin`  
`exportLD_LIBRARY_PATH = home/usuario/pgplot`  
`exportPGPLOT_FONT = home/usuario/pgplot/grfont.dat`
- Ir até `home/usuario/pgplot` e rodar um demo  
`cd/home/usuario/pgplot`  
`./pgdemo1`

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)