



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
OBSERVATÓRIO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA

DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES ROTACIONAIS EM 4
AGLOMERADOS ABERTOS NA REGIÃO DE CARINA

WILTON DE JESÚS SANTOS

Orientadora:

DRA. SIMONE DAFLON

RIO DE JANEIRO - RJ

2018



MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES ROTACIONAIS EM 4 AGLOMERADOS
ABERTOS NA REGIÃO DE CARINA

Wilton de Jesús Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Astronomia do Observatório Nacional/MCTIC, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Ciências.

Orientadora: Simone Daflon.


Rio de Janeiro
Agosto de 2018


DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES ROTACIONAIS EM 4 AGLOMERADOS
ABERTOS NA REGIÃO DE CARINA

Wilton de Jesús Santos

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ASTRONOMIA DO OBSERVATÓRIO NACIONAL/MCTIC COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ASTRONOMIA.

Examinado por:


Dra. Simone Daflon dos Santos – ON/MCTIC
(Orientadora)


Dr. Luan Ghezzi Ferreira Pinho – ON/MCTIC


Dr. Francisco Ferreira de Souza Maia – IAG/USP

Rio de Janeiro
Agosto de 2018

Dedico este trabalho a Deus, a minha esposa, família e a todos que acreditaram em mim.

Agradecimentos

À Deus por eu ter chegado até aqui e porque sem Ele eu nada seria.

A minha orientadora Profa. Dra. Simone Daflon pela oportunidade a qual foi me dada, pelo suporte, paciência, dedicação dados ao longo de todo o período de desenvolvimento do trabalho e por tudo que aprendi na pesquisa e com sua orientação.

Aos Doutores Gustavo Bragança, João Victor, Yolanda Jimenez e Diogo Souto pelas discussões, ajudas e troca de conhecimento que se tornaram bastante relevantes na construção desta Dissertação.

Aos meus colegas de Observatório Nacional, em especial Carol, Plícida e Nacizo, pelas diversas discussões ocorridas nas salas ou na copa, pela ajuda e apresentação de ferramentas, que foram de grande ajuda nesta Dissertação.

À CAPES, FAPERJ e CNPq pelo apoio financeiro necessário para a realização deste trabalho.

A meu pai Natanael in memoriam (O Mano) por seus conselhos e incentivos, Te Amo PAI. A minha mãe Ana Cristina, por estar comigo todos estes anos e me ajudando em tudo o que eu preciso. Aos meus irmãos Washington e Everton, os quais eu compartilhei a minha infância e uns dos melhores momentos da minha vida.

A minha esposa/amiga/companheira/namorada Carine, por seu companheirismo e por sempre estar comigo nos momentos em que eu mais precisei.

Aos irmãos de igreja I.C.A Bessa e Santaluz, por sempre me acolherem e a família pastoral.

A todos, os meus familiares e Amigos.

A todos, que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta Dissertação.

“Alguns confiam em carros e outros em cavalos, mas a minha confiança está no Nome do SENHOR, o nosso Deus.”

Salmos 20:7

Resumo da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Astronomia do Observatório Nacional/MCTIC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES ROTACIONAIS EM 4 AGLOMERADOS ABERTOS NA REGIÃO DE CARINA

Wilton de Jesús Santos

Agosto/2018

Orientadora: Dra. Simone Daflon

Programa: Astronomia

Trumpler 14, 15 e 16 (Tr14, Tr15 e Tr16) e Collinder 228 (Coll228) são aglomerados abertos muito jovens localizados na Nebulosa Carina. Tr14 e Tr16 apresentam concentrações muito altas de estrelas de alta massa e luminosas e são os mais ricos na região de Carina. Estas estrelas de tipo espectral OB exibem altos valores de velocidade rotacional projetada ($V_{\sin i}$), tipicamente > 150 km/s, o que pode induzir mudanças em sua evolução. Neste trabalho, determinamos o $V_{\sin i}$ estelar a partir das larguras das linhas de HeI medidas nos espectros observados e interpoladas em uma grade de larguras medidas em espectros sintéticos não-LTE. As estrelas foram atribuídas aos 4 aglomerados com base em estudos de pertinência (*membership*) disponíveis na literatura e considerando nossas medidas de velocidades radiais e movimentos próprios do Gaia DR2. Obtivemos as distribuições de $V_{\sin i}$ para cada um dos 4 aglomerados na região de Carina e analisamos as distribuições de $V_{\sin i}$ de acordo com as características dos aglomerados.

Palavras-chave: Velocidade rotacional projetada; Estrelas OB; Aglomerados abertos; Carina.

Abstract

DISTRIBUTIONS OF PROJECTED ROTATIONAL VELOCITIES IN 4 OPEN CLUSTERS IN THE CARINA REGION

Wilton de Jesús Santos

August/2018

Advisor: PhD. Simone Daflon

Program: Astronomy

Trumpler 14, 15 and 16 (Tr14, Tr15 and Tr16) and Collinder 228 (Coll228) are very young open clusters located in the Carina Nebula. Tr14 and Tr16 present very high concentration of massive and luminous stars and are the richest clusters in the Carina region. These OB stars exhibit high values of projected rotational velocity ($V \sin i$), typically > 150 km/s, which may induce changes in their evolution. In this work, we determined the stellar $V \sin i$ from the widths of HeI lines measured from the observed spectra and interpolated in a grid of widths measured from non-LTE synthetic spectra. The stars have been assigned to the 4 clusters based on previous membership studies from the literature and considering our measurements of radial velocities and proper motions from Gaia DR2. We obtained the $v \sin(i)$ distributions for each of the 4 clusters in the Carina region and analyzed the distributions in terms of the clusters parameters.

Keywords: Projected rotational velocity; OB stars; Open Clusters; Carina.

Sumário

Lista de Figuras	10
Lista de Tabelas	15
Introdução	16
1.1 – Rotação Estelar	16
1.2 - Gaia-ESO Survey	26
1.3 - Objetivo	30
Dados e Observações	31
2.1 – Os Instrumentos	31
2.2 – Dados	32
2.3 – Estrelas Binárias	41
2.4 – Análise de Pertinência	44
Metodologia	48
3.1 – Velocidade Rotacional Projetada	48
3.2 – Velocidade Radial	55
Resultados e Análises	59
4.1 – Velocidade Rotacional Projetada	59
4.1.1 – Comparação com a Literatura	64
4.1.2 – Aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228	66
4.2 – Velocidade Radial	76
4.2.1 – Comparação com a Literatura	77
4.2.2 – Aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228	78
Conclusões	80
Referências Bibliográficas	83
Apêndice A	85
Apêndice B	103

Lista de Figuras

- Figura 1 Esquema teórico do alargamento das linhas espectrais provocado pela rotação estelar. Na parte (a) observa-se como seriam as linhas de uma estrela que eventualmente não possui rotação ou então quando $i = 0$. Em (b) e (d) se a estrela possuir rotação e seu ângulo i for diferente de zero, nota-se que a luz emitida pela borda do disco da estrela faz com que as linhas sejam deslocadas para esquerda ou direita. O caso (e) corresponde ao perfil alargado produzido pela composição da luz emitida pelas regiões (b), (c) e (d). Fonte: Da Silva (2003)..... 17*
- Figura 2: Esquema teórico da projeção do ângulo i entre o observador e o eixo de rotação estelar. Fonte: Trypsteen (2017)..... 17*
- Figura 3: Distribuição de velocidade rotacional projetada média para estrelas de aglomerados abertos e do campo de acordo com o tipo espectral. É evidente a diferença nas velocidades de estrelas tardias e precoces, com o pico da distribuição de $V \sin i$ ocorrendo para as estrelas B e diminuindo para estrelas G. Fonte: Stauffer & Hartmann (1986)..... 19*
- Figura 4: Distribuição de velocidade rotacional projetada para estrelas B do campo (histograma tracejado) e aglomerados (histograma de linha cheia). Fonte: Huang & Gies (2006)..... 23*
- Figura 5: Distribuição cumulativa de estrelas dos subgrupos de alta massa ($M \geq 9 M_{\odot}$ painel à esquerda) e baixa massa ($M < 9 M_{\odot}$ painel à direita) para diferentes faixas de idades (aumentando de cima para baixo). Cada painel mostra duas distribuições, a função cumulativa para todas as estrelas do grupo com a massa correspondente (círculos preenchidos), que aparece igual em cada painel de uma dada coluna, e a função cumulativa para o intervalo de idade específica neste grupo de massa (diamantes). Fonte: Huang & Gies (2006)..... 24*
- Figura 6: Distribuição de velocidade rotacional projetada entre estrelas de aglomerados de alta densidade (painel superior), aglomerados de baixa densidade (painel do meio) e estrelas de campo, menor densidade (painel inferior). Fonte: Wolff et al. (2007)..... 25*

<i>Figura 7: Mapa das regiões do céu observadas pelo GES, uma visão geral desse levantamento pode ser vista no link: http://casu.ast.cam.ac.uk/gaiaeso/overview. Estas observações são correspondentes ao quinto data release iDR5. Os quadrados coloridos representam as áreas observadas: estrelas padrões (SD, quadrados roxos), estrelas da Via Láctea (MW, quadrados azuis) e aglomerados abertos (CL, quadrados verdes). Fonte: Cambridge Astronomy Survey Unit (CASU).</i>	28
<i>Figura 8: Campos contendo os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Fonte: WEBDA.</i>	29
<i>Figura 9: Exemplo de espectros da estrela VPHAS J10425717-6007414 obtidos com o espectrógrafo GIRAFFE em cinco regiões espectrais.</i>	33
<i>Figura 10: Distribuição espacial das estrelas pertencentes a região de Trumpler 14 observadas pelo GES. Os aglomerados abertos pertencentes a essa região estão demarcados e o ponto central da demarcação indica o centro de massa do aglomerado.</i>	35
<i>Figura 11: Distribuição de temperaturas efetivas das estrelas OB da Região de Trumpler 14, que abrange os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16, Coll228.</i>	36
<i>Figura 12: Distribuição de S/N para espectros da subamostra observada com o setup HR5.</i>	37
<i>Figura 13: Histogramas das magnitudes Johnson para as estrelas da nossa subamostra.</i>	38
<i>Figura 14: Histogramas das cores Johnson para as estrelas da nossa subamostra.</i>	40
<i>Figura 15: Diagrama cor-cor para as estrelas OB da nossa subamostra da Região de Trumpler 14, que abrange os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. A seta corresponde a direção da extinção.</i>	41
<i>Figura 16: Exemplos de espectros de estrelas candidatas a binária espectroscópica e binária espectroscópica de linha dupla. A região espectral corresponde a observada pelo setup HR5. A estrela VPHAS J10425717-6007414 é um exemplo de estrela que não é binária, para comparação. Os espectros foram deslocados em fluxo para melhor visualização das linhas.</i>	44

- Figura 17: Distribuição espacial das estrelas membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Os pontos pequenos representam as estrelas que não possuem informações conclusivas de pertinência aos aglomerados ou são estrelas de campo..... 46
- Figura 18: Distribuição de movimento próprio em RA e DEC para estrelas identificadas como membros e prováveis membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. 47
- Figura 19: Linhas de He I das estrelas, seguindo a ordem de baixo para cima, ALS 15222, Collinder 228 TM 101, VPHAS J10422123-5957156, Collinder 228 48, 2MASS J10435127-6010386 e Trumpler Y 528. Através da FWHM dessas linhas obtivemos os valores de $\langle V_{\sin i} \rangle = 15, 88, 141, 182, 260$ e 344 km/s, respectivamente..... 51
- Figura 20: Rede de valores de FWHM de Daflon et al.(2007) utilizada para interpolar os nossos valores de FWHM para a obtenção do $V_{\sin i}$ 52
- Figura 21: Calibração de $V_{\sin i}$ X FWHM de Daflon et al. (2007) para modelos atmosféricos com $T_{\text{eff}} = 15.000$ (curva em preto), 20.000 (curva em verde), 25.000 (curva em vermelho) e 30.000 K (curva em azul) para a obtenção do $V_{\sin i}$. Utilizamos apenas a calibração das linhas $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$, pois não possuímos a linha $\lambda 4026 \text{ \AA}$ em nossos espectros. A figura foi retirada de Daflon et al. (2007). 53
- Figura 22: Comparação de espectro sintético da biblioteca de Munari et al. (2005) com estrelas conhecidas, para $R = 8500$. Os painéis da esquerda mostram os resultados da χ^2 do ajuste em gravidade e temperatura de espectros de duas estrelas de campo. As linhas pontilhadas representam margens de $\pm 3\%$ em T_{eff} e $\pm 0,25$ dex em gravidade. As barras de erro em cada ponto representam o espalhamento nos resultados da χ^2 de três espectros diferentes do mesmo objeto obtidos em diferentes noites. Nos painéis da direita, exemplos de comparação entre espectros observados e sintéticos são fornecidos para as duas estrelas. Os valores de T_{eff} , $\log g$ e metalicidade obtidos para a menor χ^2 são dados na figura..... 58
- Figura 23: Comparação entre os valores de $V_{\sin i}$, em km/s, obtidos para duas linhas espectrais de He I. A linha em vermelho corresponde a igualdade e a linha tracejada ao ajuste linear. A diferença média entre as duas linhas é de aproximadamente 5 km/s. 60

<i>Figura 24: Distribuição de $V_{\sin i}$ médio em função da T_{eff} para estrelas de nossa amostra.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 25: Distribuição de $V_{\sin i}$ em função do Tipo espectral de estrelas B6 –O9 da região de Trumpler 14.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 26: Distribuição das velocidades rotacionais projetadas, na unidade de km/s, da região de Trumpler 14. A distribuição de $V_{\sin i}$ apresenta um pico entre 100 - 150 km/s, típico de estrelas OB.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 27: Comparação entre $V_{\sin i}$, em km/s encontrados nesse trabalho com os encontrados na literatura. A reta em vermelho representa a igualdade e a reta tracejada o ajuste linear. A comparação mostra que existe um bom acordo entre as análises com um erro típico dentro de 10%.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 28: Grafico de $\log(\text{idade}) \times \langle V_{\sin i} \rangle$ comparando os resultados de nossos aglomerados com os aglomerados apresentados por Huang & Gies (2006).....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29: Distribuição de $V_{\sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 30: Distribuição cumulativa de $V_{\sin i}$ das estrelas dos 4 aglomerados estudados.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 32: Comparação das distribuições de $V_{\sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228 (linha azul) com estrelas de tipo B do campo (linha verde) e de aglomerado (linha vermelha) estudadas por Huang & Gies (2006) e Abt et al. (2002).</i>	<i>72</i>
<i>Figura 33: Comparação da distribuição de $V_{\sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228 com a distribuição de $V_{\sin i}$ para estrelas de aglomerados de alta densidade, aglomerados de baixa densidade e estrelas de campo, menor densidade realizado por Wolff et al. (2007).....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 34: Comparação da distribuição de $V_{\sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228 com a distribuição de $V_{\sin i}$ para estrelas de aglomerados abertos e estrelas de associações OB de Bragança et al. (2012).....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 35: Distribuição de velocidades radiais heliocêntricas de 280 estrelas OB da região de Carina. As linhas azuis tracejadas verticais em V_r</i>	

= (-25, +15) indicam os limites de pertencimento associado a V_r dados por Damiani et al. (2017). 77

Figura 36: Distribuição de velocidades radiais com correção heliocêntrica de 755 estrelas da região de Carina 14. Histograma de V_r (heliocêntrico) para todas as estrelas com $T_{\text{eff}} < 8800 \text{ K}$ e $S/R > 15$ (barras de cor branca). O histograma preenchido em vermelho representa estrelas ricas em lítio; o histograma verde tracejado são estrelas detectadas em raios-X. As linhas azuis tracejadas verticais em $V_r = (-25, +15)$ indicam os limites de pertencimento associado a V_r . Fonte: Damiani et al. (2017). 78

Figura 37: Distribuição de V_r dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. ... 79

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1: Características dos Aglomerados Abertos fornecido por WEBDA. Fonte: Kharchenko et al. (2005).</i>	29
<i>Tabela 2: Características dos espectros obtidos com GIRAFFE.</i>	32
<i>Tabela 3: Estrelas binárias ou candidatas a binárias da nossa subamostra, segundo o SIMABD e Hanes et al. (2018) (colunas 2 e 3). Na última coluna listamos as estrelas identificadas por nós.</i>	43
<i>Tabela 4: Intervalo de parâmetros atmosféricos explorados pela biblioteca de espectros sintéticos de Munari et al. (2005).</i>	58
<i>Tabela 5: Dados de ajuste linear da comparação entre os valores de $V_{\sin i}$ obtidos para duas linhas espectrais de He I.</i>	59
<i>Tabela 6: Relação entre Tipo espectral e T_{eff} obtida para a amostra de estrelas OB de Bragança et al. (2012).</i>	62
<i>Tabela 7: Dados de ajuste linear da comparação entre os nossos valores de $V_{\sin i}$ com a literatura.</i>	64
<i>Tabela 8: Resultados estatísticos de $V_{\sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.</i>	66
<i>Tabela 9: Valores estatísticos do teste Kolmogorov-Smirnov</i>	67
<i>Tabela 10: Resultados estatísticos de V_r dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.</i>	79
<i>Tabela 11: Sumário com a quantidade de estrelas descartadas da nossa amostra inicial.</i>	81
<i>Tabela A. 1: Parâmetros cinemático da amostra.</i>	86
<i>Tabela B. 1: Velocidade Rotacional Projetada e Velocidade Radial.</i>	104

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo, introduzimos as ideias e os conceitos gerais de rotação estelar que nos impulsionaram para a realização deste trabalho e sua compreensão.

1.1 – Rotação Estelar

A rotação estelar é um parâmetro muito importante no que diz respeito a evolução estelar. A alta rotação observada em estrelas de tipo espectral B pode produzir um efeito marcante na evolução desses objetos, uma vez que pode mudar sua estrutura interna e fazer com que evoluam mais rapidamente.

Atualmente a rotação estelar é um parâmetro muito importante nos modelos de evolução estelar. Porém, foi só após o início do século XVII através das medidas de manchas solares que esse parâmetro passou a ser notado, ganhando um destaque ainda maior após o surgimento da espectroscopia. Hermann Vogel foi o primeiro a analisar o espectro solar e observar que as linhas de emissão e absorção produzidas no bordo do disco solar, apresentavam deslocamentos no comprimento de onda central. Sendo que as linhas produzidas pela região que se aproxima são deslocadas para o azul, enquanto que as linhas produzidas na região que se afasta são deslocadas para o vermelho, como mostra a Figura 1b e 1d. Esta observação levou Vogel a sugerir que a velocidade rotacional do Sol poderia ser obtida através do alargamento Doppler das linhas espectrais. Essa teoria ajudou a criação de modelos capazes de mensurar a velocidade de rotação média não só para o Sol, como também para outras estrelas como sugerido por William de Wiveleslie Abney (Tassoul, 2000).

Neste trabalho, utilizaremos nos próximos capítulos a grandeza $V \sin i$ (velocidade rotacional projetada) para representação da rotação estelar. A

velocidade de rotação projetada, medida em km/s, corresponde a rotação da estrela projetada na linha de visada, que faz um ângulo i com o eixo de rotação, como mostra a Figura 2. Essa grandeza pode ser notada no espectro estelar por meio do alargamento característico nas linhas de absorção e/ ou emissão, provocado pela composição do espectro emitido das diferentes regiões da superfície estelar, como demonstrado na Figura 1.

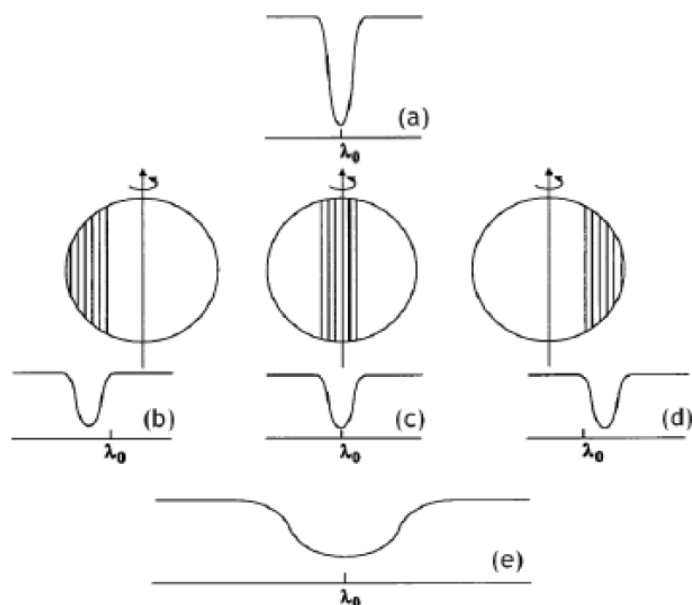


Figura 1 Esquema teórico do alargamento das linhas espectrais provocado pela rotação estelar. Na parte (a) observa-se como seriam as linhas de uma estrela que eventualmente não possui rotação ou então quando $i = 0$. Em (b) e (d) se a estrela possuir rotação e seu ângulo i for diferente de zero, nota-se que a luz emitida pela borda do disco da estrela faz com que as linhas sejam deslocadas para esquerda ou direita. O caso (e) corresponde ao perfil alargado produzido pela composição da luz emitida pelas regiões (b), (c) e (d). Fonte: Da Silva (2003).

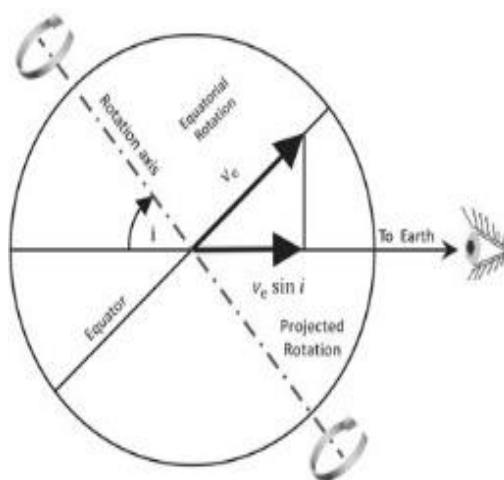


Figura 2: Esquema teórico da projeção do ângulo i entre o observador e o eixo de rotação estelar. Fonte: Trypsteen (2017).

Os resultados apresentados na Figura 3 demonstram o cenário de rotação estelar para diferentes tipos espectrais. Esse gráfico foi construído com os resultados de velocidades rotacionais projetadas obtidos por Fukuda (1982) que, embora tratando-se de um levantamento de $V_{\sin i}$ realizado no final do século passado, apresenta características que foram marcantes à época e são estudados até hoje. Nesse gráfico podemos observar a distribuição de $V_{\sin i}$ para diferentes tipos espectrais, mostrando que as estrelas de tipos espectrais O, B e A (ou precoces), que são as mais quentes no diagrama H-R, apresentam em média os mais altos valores de $V_{\sin i}$, tanto do campo quanto de aglomerados. Características similares também foram encontradas em outros trabalhos, tais como Abt et al. (2002), Daflon et al. (2007), Huang & Gies (2006, 2008), Wolff et al. (2007), e Bragança et al. (2012). Porém, as estrelas mais frias, de tipos espectrais F e G (ou tardios), apresentam uma variação brusca em suas velocidades chegando a apresentar $V_{\sin i}$ médio menor que 10 km/s em estrelas de tipo G. Trabalhos como os de De Medeiros & Mayor (1999), De Medeiros et al. (2002) e De Medeiros & Mayor (2004), que estudam estrelas de tipo tardio F, G e K, observam uma variação nos valores de $V_{\sin i}$ das estrelas F para estrelas G, como é observado na Figura 3. Deve haver, portanto, algum mecanismo que provoca a diminuição da velocidade nesses objetos produzindo essa queda brusca na rotação das estrelas de tipo tardio. Contudo, não se sabe ao certo quais são os mecanismos que ocasionam essa diminuição nas velocidades, podendo ter origem em processos evolutivos da estrela ou na perda de massa ocasionada por ventos estelares. Trabalhos como o de Vink et al. (2001) utilizam modelos que aplicam perda de massa por vento estelar e transporte de momento angular por campo magnético para explicar esse efeito.

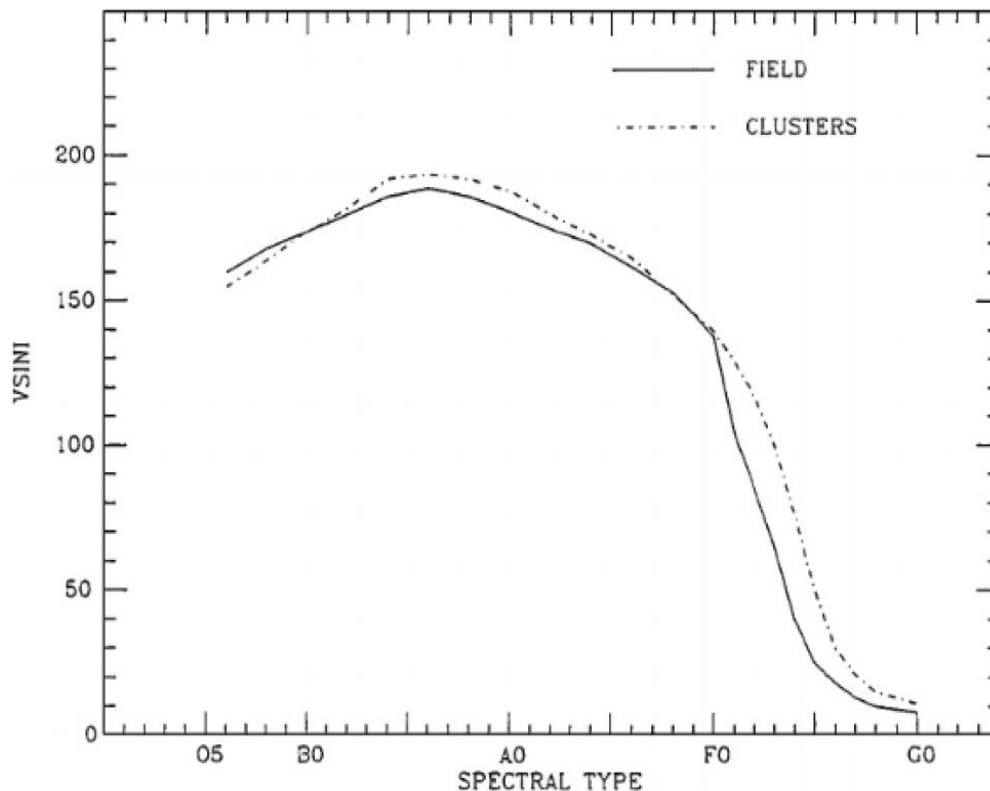


Figura 3: Distribuição de velocidade rotacional projetada média para estrelas de aglomerados abertos e do campo de acordo com o tipo espectral. É evidente a diferença nas velocidades de estrelas tardias e precoces, com o pico da distribuição de $V \sin i$ ocorrendo para as estrelas B e diminuindo para estrelas G. Fonte: Stauffer & Hartmann (1986).

As estrelas de tipo espectral B são as que apresentam os mais altos valores médios de $V \sin i$ dentre as classes espectrais, e estão associadas ao pico na distribuição de $V \sin i$ em ~ 150 km/s. A alta rotação desses objetos produz um efeito notável e muito importante no seu processo evolutivo (Evans et al., 2005). A estrutura das estrelas B pode ser modificada pela ação das altas velocidades encontradas nesses objetos, deixando de ter forma esférica e assumindo uma estrutura oblata. Esse efeito provoca uma mistura dos elementos internos da estrela tornando parâmetros como temperatura e pressão em latitudes diferentes daqueles encontrados nos polos.

Outro efeito da rotação nesses objetos é o enriquecimento de nitrogênio (N) e oxigênio (O) na superfície ocasionado pela mistura de elementos em seu interior. Os trabalhos de Gies & Lambert (1992), Maeder (1987), Langer et al. (1998) e Heger & Langer (2000) sugerem que uma mistura de carbono (C) e N na fotosfera estelar pode ocorrer em estrelas de alta massa originando o enriquecimento de N e uma pequena subabundância de C e O. Daflon et al.

(2001), em um estudo de estrelas de tipo B de alta rotação, encontram um enriquecimento superficial anômalo de N em sua amostra e supõem que tenha sido provocado por uma mistura de elementos induzida pela alta rotação. Através de um levantamento espectroscópico de alta resolução em um amostra de 50 estrelas B jovens, Evans et al. (2005) encontram uma sobreabundância de N na superfície das estrelas que não pode ser explicada por modelos evolutivos de estrelas de alta massa que não consideram a alta rotação. Os autores enfatizam que a metalicidade desempenha um papel importante para as estrelas de alta massa, onde para baixas metalicidades há uma menor perda de massa, logo uma menor perda de momento angular ocasionando uma maior rotação.

A Figura 3, além de mostrar a diferença nas velocidades rotacionais de acordo com o tipo espectral, mostra que há também uma diferença na distribuição de $V \sin i$ das estrelas de campo em comparação com as de aglomerados abertos, sendo que estrelas de aglomerados tendem a apresentar velocidades rotacionais maiores que as estrelas do campo. Atualmente a explicação para esse resultado observacional ainda está em aberto, tendo duas teorias principais propostas. Uma das teorias sugere que as estrelas de aglomerados abertos possuem em média uma maior velocidade de rotação projetada por terem nascido em um meio mais denso e, por este motivo herdaram o momento angular da densa nuvem que as formaram dando origem a altas velocidades (Wolf et al 1982, 2007). Já a outra teoria propõe que estrelas de aglomerados abertos são em média mais jovens que estrelas de campo e por essa razão não tiveram tempo suficiente de passarem por processos evolutivos que diminuam sua rotação (Huang & Gies 2006, 2008).

Muitos trabalhos têm sido realizados visando compreender como a evolução das estrelas afeta a sua rotação. Dentre esses trabalhos, um dos mais importantes é o realizado por Abt et al. (2002), constituído por uma grande amostra de estrelas B pertencentes ao campo retiradas do catálogo de Estrelas Brilhantes (*Bright Star Catalogue – BSC*). Os resultados encontrados pelo autores demonstram uma maior concentração de estrelas com baixo $V \sin i$. Este resultado não era o esperado pelos autores, que previam obter estrelas com altos valores de $V \sin i$, típico de estrelas de tipo B. Porém, apenas 24 estrelas de um total de 1092 possuem $V \sin i > 300$ km/s e três com o $V \sin i > 350$ km/s. Devido a estes resultados, ficou evidente a pequena concentração de estrelas

do campo com altos valores de $V_{\sin i}$, o que levou os autores a sugerirem que as baixas velocidades das estrelas B estudadas poderiam ser ocasionadas pelo fato das estrelas serem evoluídas ou apresentarem estrelas companheiras, planetas ou discos.

Trabalhos mais atuais como de Huang & Gies (2006) apresentam uma investigação das propriedades de rotação nas estrelas OB situadas em 19 aglomerados abertos com idades entre *19 – 73 Mano*. Os autores estimaram as $V_{\sin i}$ através do ajuste das larguras dos perfis das linhas de He I $\lambda 4026 \text{ \AA}$, $\lambda 4387 \text{ \AA}$, $\lambda 4471 \text{ \AA}$ e Mg II $\lambda 4481 \text{ \AA}$. Nesse trabalho os autores analisam se há diferença entre as distribuições de velocidades rotacionais projetadas para estrelas B jovens e evoluídas como anteriormente sugerido por Abt et al. (2002). Os autores comparam seus resultados para estrelas de aglomerados com estrelas de mesmo tipo espectral do campo estudadas por Abt et al. (2002), verificando diferenças visíveis nos histogramas de distribuições de $V_{\sin i}$ para as diferentes regiões (Figura 4). Para verificar se há uma diferença entre as distribuições de $V_{\sin i}$ de estrelas jovens e evoluídas, eles analisaram a Fração Cumulativa $X V_{\sin i}$ (Figura 5) para dois grupos de aglomerados jovens e velhos e verificaram através de uma estatística Kolmogorov-Smirnov (KS) que não há diferenças evidentes entre os dois grupos. Porém, pouco tempo depois, Huang & Gies (2008) estudaram estrelas de tipo B do campo, que foram combinadas com as estrelas de aglomerados estudadas em Huang & Gies (2006), e notaram que as estrelas mais evoluídas tendem a apresentar velocidades rotacionais menores, sugerindo que deve haver um mecanismo de frenagem evolutivo. As estrelas de aglomerados, por não terem sofrido esse efeito, apresentam em média valores mais altos de $V_{\sin i}$.

Em contrapartida, outros trabalhos têm sugerido que a distribuição das velocidades de rotação de estrelas do tipo B está diretamente ligada ao ambiente em que as estrelas são formadas. O trabalho de Wolff et al. (1982) foi o pioneiro a sugerir essa relação. Em seu trabalho, Wolff e colaboradores observaram que a velocidade média de estrelas B no denso aglomerado da Nebulosa de Órion (Ori Id) era maior que aquelas encontradas para estrelas do mesmo tipo espectral localizadas em regiões de menores densidades no Complexo de Formação Estelar de Orion (Ori Ia, Ib e Ic). Além disso, notou-se uma ausência

de objetos com baixa rotação ($V_{\sin i} < 50$ km/s) em Ori Id, enquanto foram encontradas muitas estrelas com baixo $V_{\sin i}$ em Ori Ia, Ib e Ic. Tais evidências fortaleceram a suspeita de que a rotação está diretamente ligada com a região onde as estrelas são formadas.

Por fim, um dos trabalhos mais importantes que defendem a teoria de que a distribuição de $V_{\sin i}$ está diretamente ligada ao meio onde as estrelas foram geradas descrita no trabalho de Wolff et al. (2007), caracterizado por uma análise robusta de velocidades rotacionais projetadas em estrelas B0–B3 com idades entre 1 – 15 M_{\odot} com faixa de massa entre $6 M_{\odot} < M < 12 M_{\odot}$. Os objetos estudados são pertencentes a sete aglomerados de baixa densidade ($\rho < 1 M_{\odot} pc^{-3}$), e oito de alta densidade ($\rho \gg 1 M_{\odot} pc^{-3}$). Nesse trabalho, os autores realizam análises a fim de verificar mudanças sistemáticas de $V_{\sin i}$ conforme as estrelas evoluem. Para isso, as estrelas foram divididas em três grupos, de acordo com a densidade do meio onde foram formadas: aglomerados densos, aglomerados de baixa densidade e estrelas do campo, que por sua vez possuem uma menor densidades em comparação às encontradas para as estrelas dos aglomerados. O resultado dessa comparação está demonstrado na Figura 6. Os histogramas apresentam as distribuições de $V_{\sin i}$ de regiões com diferentes densidades a fim de evidenciar essa diferença. Nos histogramas fica claro que à medida que as estrelas estão situadas em regiões de maior densidade há uma maior concentração de estrelas com mais altos $V_{\sin i}$ e as estrelas que encontram-se em regiões de mais baixa densidade, estrelas de campo, apresentam maior concentração em regiões de mais baixo $V_{\sin i}$. Os resultados de Wolff et al. (2007) corroboram os estudos anteriores e de acordo com os autores, as velocidades de rotação das estrelas de tipo B dependem do ambiente onde foram formadas, ou seja regiões de baixa ou alta densidade, e não da idade das estrelas onde as variações, nesse caso, são muito pequenas.

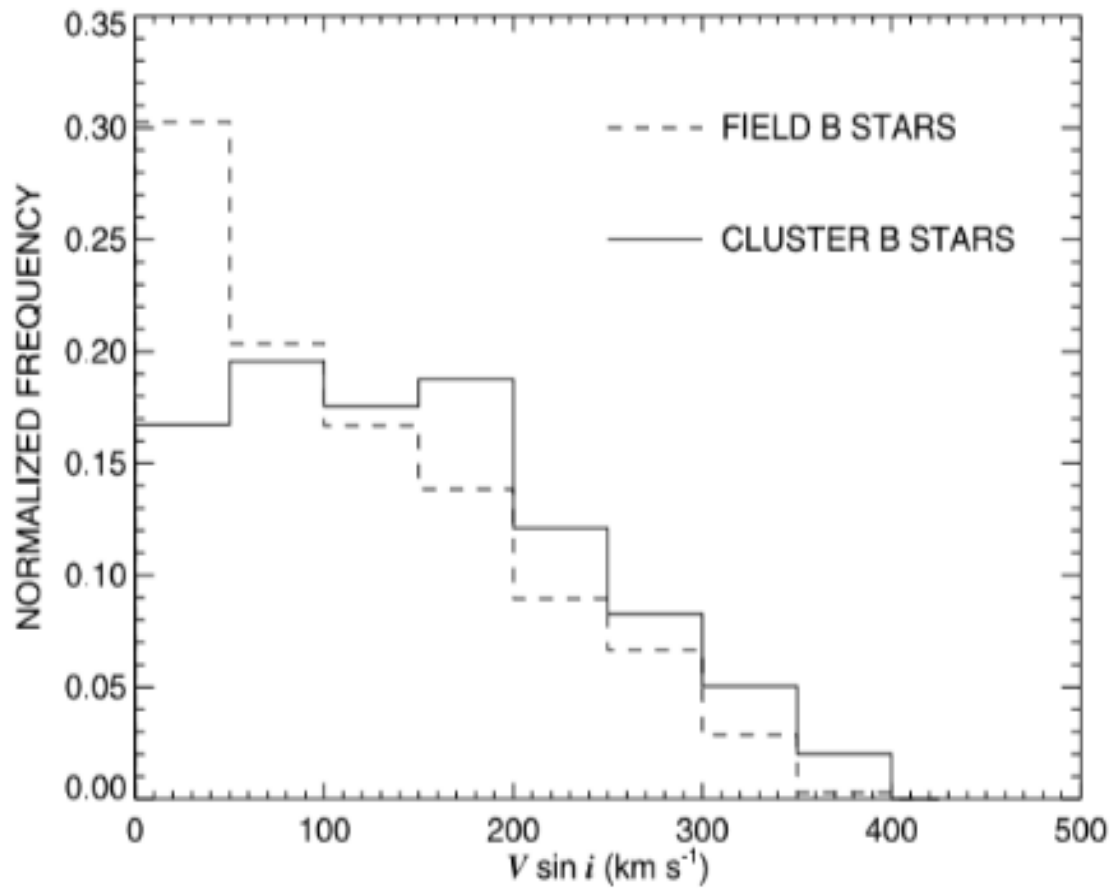


Figura 4: Distribuição de velocidade rotacional projetada para estrelas B do campo (histograma tracejado) e aglomerados (histograma de linha cheia). Fonte: Huang & Gies (2006).

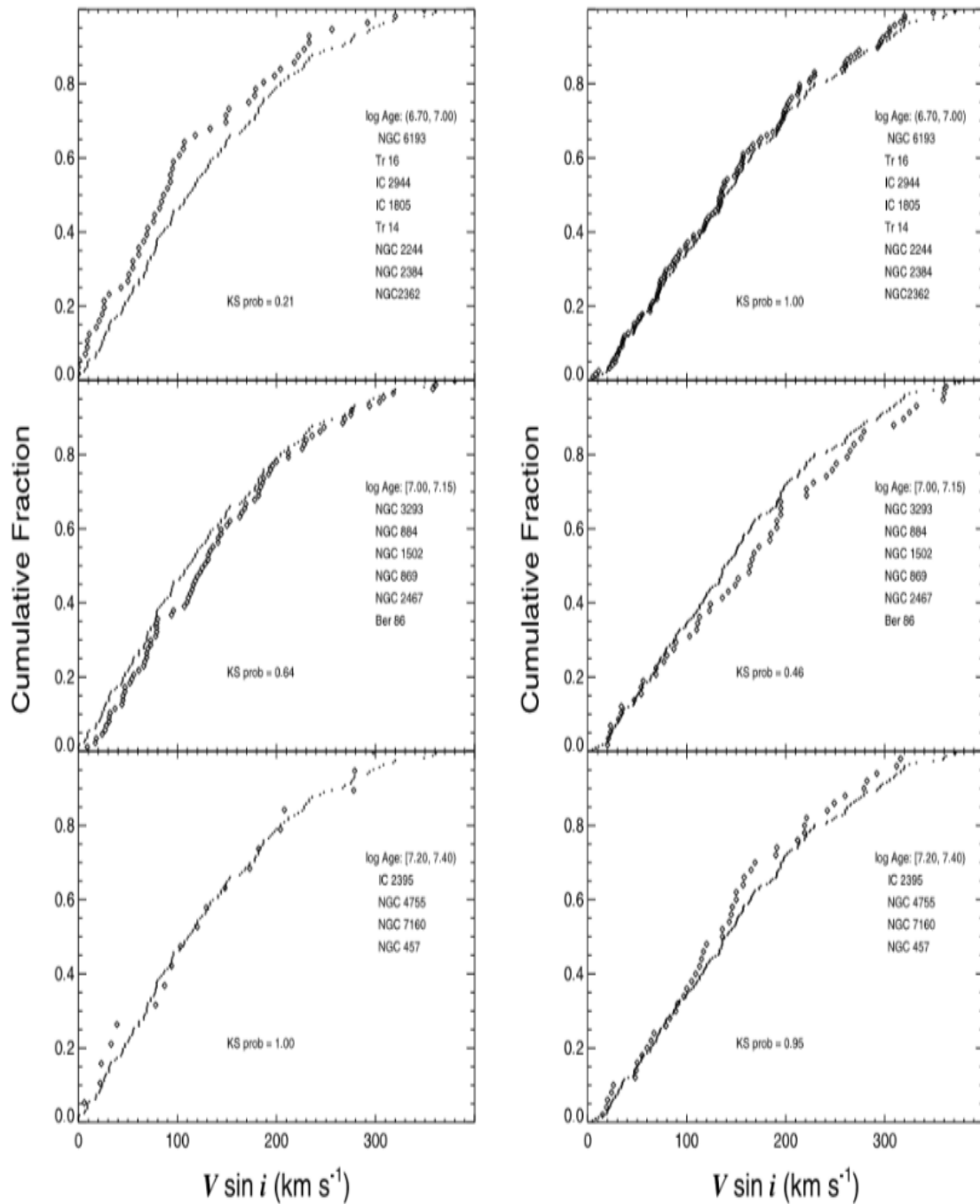


Figura 5: Distribuição cumulativa de estrelas dos subgrupos de alta massa ($M \geq 9 M_{\odot}$ painel à esquerda) e baixa massa ($M < 9 M_{\odot}$ painel à direita) para diferentes faixas de idades (aumentando de cima para baixo). Cada painel mostra duas distribuições, a função cumulativa para todas as estrelas do grupo com a massa correspondente (círculos preenchidos), que aparece igual em cada painel de uma dada coluna, e a função cumulativa para o intervalo de idade específica neste grupo de massa (diamantes). Fonte: Huang & Gies (2006).

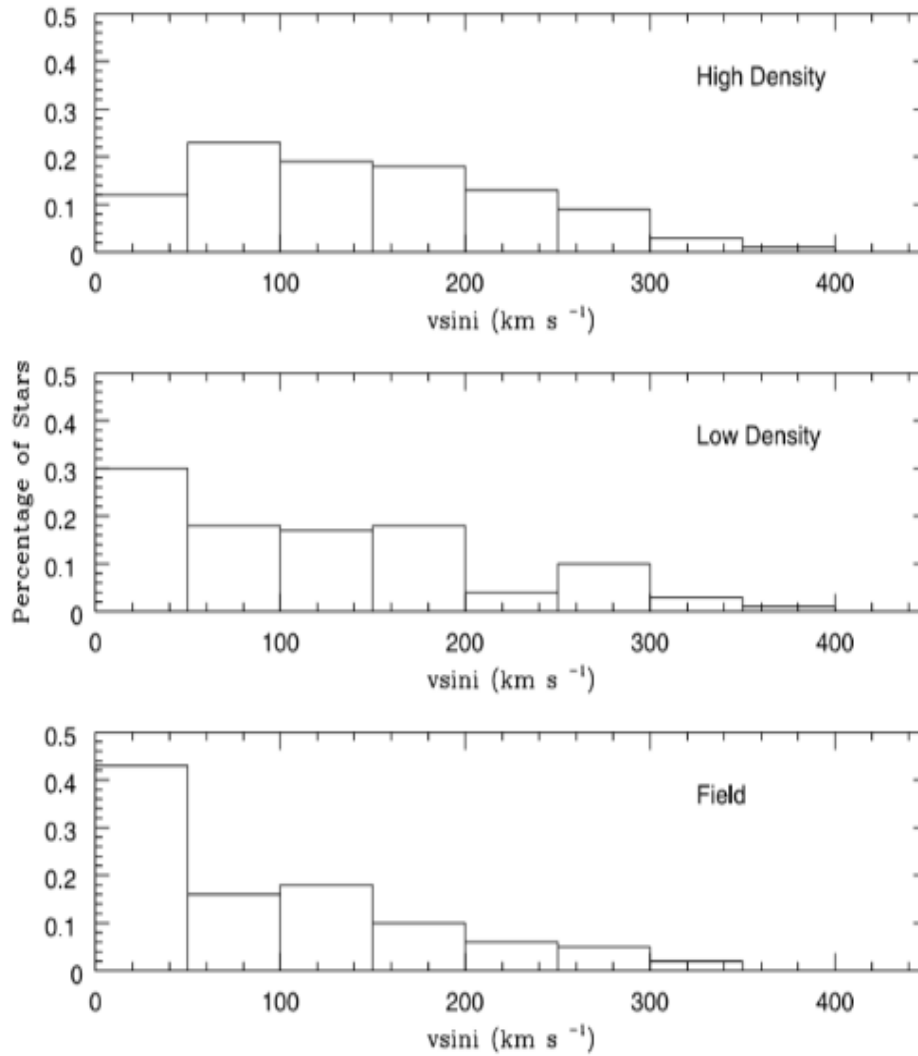


Figura 6: Distribuição de velocidade rotacional projetada entre estrelas de aglomerados de alta densidade (painel superior), aglomerados de baixa densidade (painel do meio) e estrelas de campo, menor densidade (painel inferior). Fonte: Wolff et al. (2007).

1.2 - Gaia-ESO Survey

O Gaia-ESO Survey, conhecido como “GES”, é um levantamento espectroscópico de alta resolução no qual este trabalho está inserido. As observações do GES cobrem todos os principais componentes da Via Láctea com a utilização dos espectrógrafos GIRAFFE e UVES (*Ultraviolet and Visual Echelle Spectrograph*) acoplados ao telescópio de 8m VLT (*Very Large Telescope*) UT2 (*second Unit Telescope*), localizado no Chile, que serão explicados com mais detalhes aqui e no Capítulo 2.

Uma das motivações do GES é o estudo das características de alvos do satélite espacial Gaia (ESA) visando complementar os dados fotométricos e astrométricos dessa missão. As estrelas observadas pelo GES foram selecionadas a partir dos catálogos de fotometria VISTA de estrelas de campo e do *Two Micron All Sky Survey* (2MASS), além de variados levantamentos fotométricos de aglomerados abertos. Um de seus objetivos principais é o estudo de $\sim 100\,000$ estrelas, em um levantamento completo de estrelas com $V < 19$ mag, visando quantificar as funções de distribuições de velocidades espaciais e abundâncias químicas das componentes estelares da Via Láctea como Discos espesso e fino e Halo, bem como uma amostra muito significativa com cerca de 100 aglomerados abertos abrangendo variadas idades e massas. Para medir as abundâncias detalhadas serão utilizados pelo menos 12 elementos traçadores (Na, Mg, Si, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Sr, Zr, Ba) em até 10 000 estrelas de campo com $V < 15$ mag e vários outros elementos adicionais (incluindo Li) para estrelas de aglomerados mais ricas em metais.

Para o levantamento de estrelas de campo foram utilizadas duas configurações diferentes do espectrógrafo GIRAFFE (HR10 e HR21) cobrindo intervalos espectrais que abrangem um grande número de linhas de Fe I e Fe II para determinação de parâmetros astrofísicos, e linhas de outros elementos chaves. Paralelamente foram realizadas observações com o espectrógrafo UVES em torno da região centrada em 580 nm.

Para estrelas de aglomerados, foram utilizadas 6 diferentes configurações do GIRAFFE (HR03, HR05A, HR06, HR14A, HR15N e HR21), sendo que HR03, HR05A e HR06 possuem um grande número de linhas espectrais para obtenção de velocidades radiais e parâmetros astrofísicos de estrelas de tipo precoce. Já

as configurações HR15N e HR21 são utilizadas para identificação de traçadores de estrelas tardias e abrangem um número suficientemente grande de linhas para derivar velocidades radiais, bem como para recuperar características-chaves da estrela (por exemplo, temperatura, [Li/H], taxas de acreção, atividade cromosférica, rotação). Com o UVES, as configurações centradas em 520 nm e 580 nm foram usadas para observar estrelas quentes e frias, respectivamente. Informações mais detalhadas das configurações instrumentais serão apresentadas no Capítulo 2.

De acordo com Gilmore et al. (2012), o levantamento GES está entre os maiores e mais ambiciosos levantamentos terrestres já realizados pela astronomia europeia. O GES, que está atualmente em sua sexta e última missão observacional, foi iniciado na noite de 31 de dezembro de 2011. A representação das principais áreas do hemisfério sul do céu observadas pelo GES está demonstrada na Figura 7.

Os diretores responsáveis pelo *survey* são os Drs. Gerry Gilmore (*Institute of Astronomy, University of Cambridge, Reino Unido*) e Sofia Randich (*INAF–Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Italia*). A colaboração conta com cerca de 300 cientistas distribuídos em mais de 90 instituições do mundo organizadas em nodos. O Observatório Nacional – MCTIC é um dos nodos do grupo de estrelas de alta massa, e é o único nodo não-europeu da colaboração.

Dentre o grande número de aglomerados abertos observados pelo GES temos a região de Trumpler 14, que engloba os aglomerados Trumpler 14, Trumpler 15, Trumpler 16 e Collinder 228, (de agora em diante denominados Tr14, Tr15, Tr16, Coll228, respectivamente). Estes aglomerados estão situados dentro da nebulosa Carina (NGC 3372) que é a maior nebulosa do céu do sul, e é uma das regiões mais interessantes da Via Láctea, conhecida pela alta taxa de formação estelar. Os campos destes aglomerados que serão estudados neste trabalho estão representados na Figura 8. Os objetos Tr14, Tr15, Tr16, Coll228 são aglomerados abertos muito jovens como pode ser observado na Tabela 1. Dentre esses aglomerados destacam-se Tr14 e Tr16, que apresentam um grande número de estrelas de alta massa, onde mais de 60 estrelas de tipo O foram encontradas na região (Hur et al. 2012). Muitos trabalhos têm sido realizados para tentar desvendar as características desses complexos conjuntos estelares, tais como função de massa inicial (*initial mass function, IMF*).

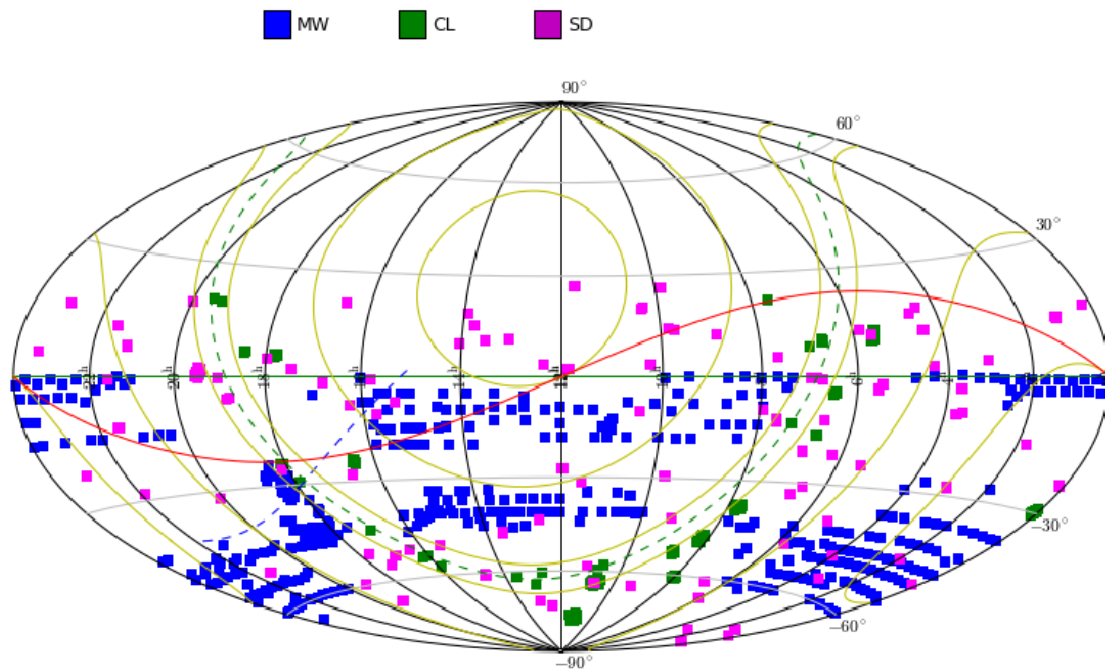


Figura 7: Mapa das regiões do céu observadas pelo GES, uma visão geral desse levantamento pode ser vista no link: <http://casu.ast.cam.ac.uk/gaiaeso/overview>. Estas observações são correspondentes ao quinto *data release* iDR5. Os quadrados coloridos representam as áreas observadas: estrelas padrões (SD, quadrados roxos), estrelas da Via Láctea (MW, quadrados azuis) e aglomerados abertos (CL, quadrados verdes). Fonte: *Cambridge Astronomy Survey Unit* (CASU).

Investigações acerca desses objetos foram realizados por Feinstein et al. (1973), Herbst (1976), Forte (1978), Smith (1987, 2003), Massey & Johnson (1993), Carraro et al. (2004) e Hur et al. (2012). A maioria dos estudos atribuíram distâncias entre 2 – 4 kpc a estes aglomerados. Hur et al. (2012) encontraram as IMF com expoente da lei de potência $\Gamma = -1.3 \pm 0.1$ para Tr14 e $\Gamma = -1.3 \pm 0.1$ para Tr16 e distâncias de 2.9 ± 0.3 kpc para ambos aglomerados, sugerindo que eles encontram-se à mesma distância. O fato sugerido por Hur et al. (2012) de que ambos aglomerados possuem a mesma distância já vem sendo discutido por trabalhos como os de Feinstein et al. (1973), Cudworth et al. (1993) e Massey & Johnson (1993). Nesse trabalho, adotamos as distâncias de Kharchenko et al. (2005), conforme listadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos Aglomerados Abertos fornecido por WEBDA. Fonte: Kharchenko et al. (2005).

Aglomerado	Log (idade) (anos)	Distância ao Sol (kpc)
Trumpler 14	6.828	2.753
Trumpler 15	6.926	2.117
Trumpler 16	6.788	2.842
Collinder 228	6.830	1.909

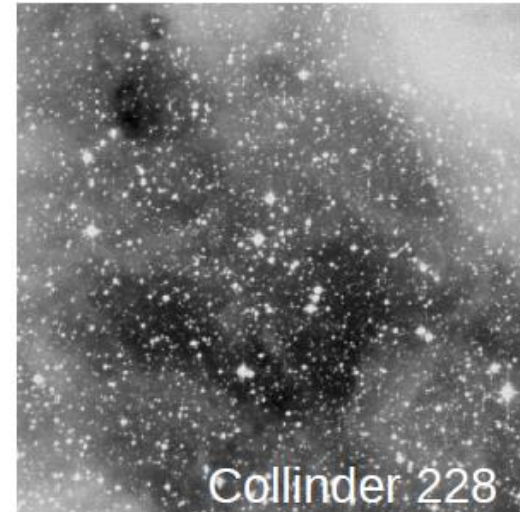
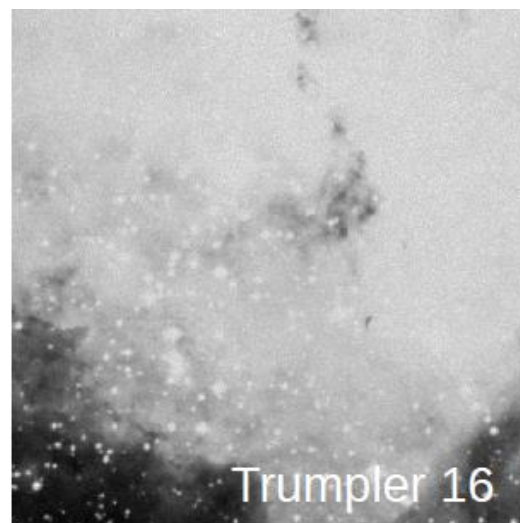
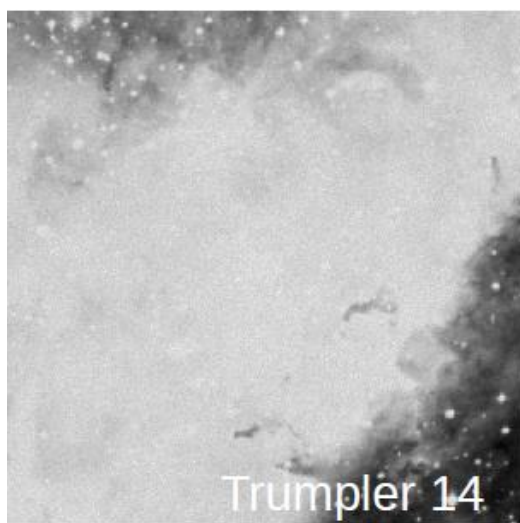


Figura 8: Campos contendo os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Fonte: WEBDA.

1.3 - Objetivo

Neste trabalho, estudaremos uma amostra de estrelas B jovens pertencentes a 4 aglomerados abertos Trumpler 14, Trumpler 15, Trumpler 16, e Collinder 228 a fim de compreender suas características rotacionais.

O objetivo principal do nosso projeto é determinar a distribuição de $V_{\sin i}$ de uma amostra de 292 estrelas OB na região da nebulosa de Carina que contém os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Também pretendemos analisar a distribuição de $V_{\sin i}$ de cada aglomerado em função de características dos aglomerados. A amostra analisada foi selecionada a partir de uma amostra de aproximadamente 2000 objetos observados na região de interesse, utilizando como critério de seleção a temperatura efetiva estimada a partir de fotometria. A amostra e os dados observacionais estão descritos no Capítulo 2, assim como a identificação das estrelas como membros dos aglomerados estudados. No Capítulo 3, apresentamos a metodologia aplicada à nossa amostra para a determinação de $V_{\sin i}$. Os resultados obtidos são apresentados e discutidos no Capítulo 4. As conclusões deste trabalho estão sumarizadas no Capítulo 5.

Capítulo 2

Dados e Observações

Neste capítulo vamos descrever as observações e os dados utilizados.

2.1 – Os Instrumentos

As estrelas estudadas nesse trabalho foram observadas com o telescópio VLT/ UT2 de 8.2 m, localizado em Cerro Paranal, no Chile, a 2635 m de altitude. As observações são fruto de um levantamento espectroscópico em alta resolução feito pelo Gaia-ESO *Survey* (GES) que foi iniciado na noite de 31 de dezembro de 2011 e perdura até hoje. As observações foram obtidas com um sistema sofisticado de fibras ópticas que proporcionam a captação dos espectros de mais de 130 estrelas em apenas uma observação.

Para obtenção dos espectros utilizou-se o espectrógrafo de múltiplos objetos de resolução intermediária e alta FLAMES (*Fibre Large Array Multi Element Spectrograph*) que pode ser utilizado acoplado aos espectrógrafos GIRAFFE e UVES. O GIRAFFE é um espectrógrafo de resolução intermediária ($R = 6.000-33.000$) com cobertura espectral de 370–950 nm e pode ser alimentado por três diferentes sistemas; o MEDUSA, IFU e ARGUS. O sistema de fibras MEDUSA é composto por 132 fibras ópticas, correspondendo a uma área de raio 1.2” no céu, que captam a luz da estrela para qual está direcionada e envia para um espectrógrafo. IFU e ARGUS são unidades de campo integral que captam imagens e espectros simultaneamente e possibilitam a observação de objetos do campo de visão que a priori não foram direcionados. O UVES, diferente do GIRAFFE, pode observar no máximo 8 objetos ao mesmo tempo com a ajuda de fibras ópticas, correspondendo a uma área de raio 1” no céu. UVES é um espectrógrafo echelle que permite obter espectro de resolução $R \sim 47000$ nas configurações com comprimento de onda central em $\lambda 520$, $\lambda 580$ e $\lambda 860$ nm. O detector acoplado é um CCD de 2048 X 4096 pixels de 15 μm por pixel (Pasquini et al., 2002).

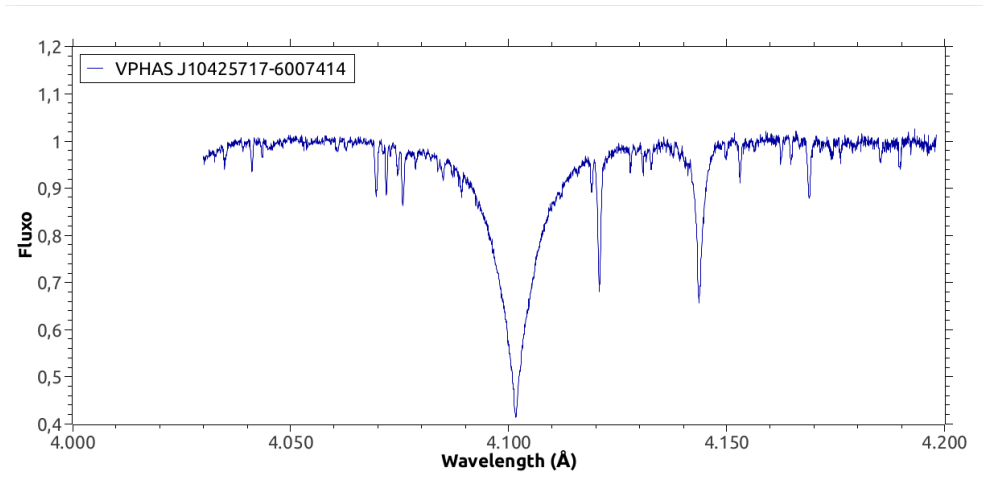
2.2 – Dados

A nossa amostra inicial continha 1926 estrelas da sequência principal observadas pelo GES. Essas estrelas foram observadas em diferentes regiões espectrais definidas por sete diferentes configurações do GIRAFFE e do UVES, totalizando 5615 espectros. As regiões espectrais utilizadas são predefinidas pelo GES a fim de otimizar a análise de estrelas frias e quentes. Assim as configurações abrangem diferentes regiões que contêm linhas espectrais de determinados elementos tais como: Na, Mg, Si, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Sr, Zr, Ba entre outros elementos (Gilmore et al., 2012).

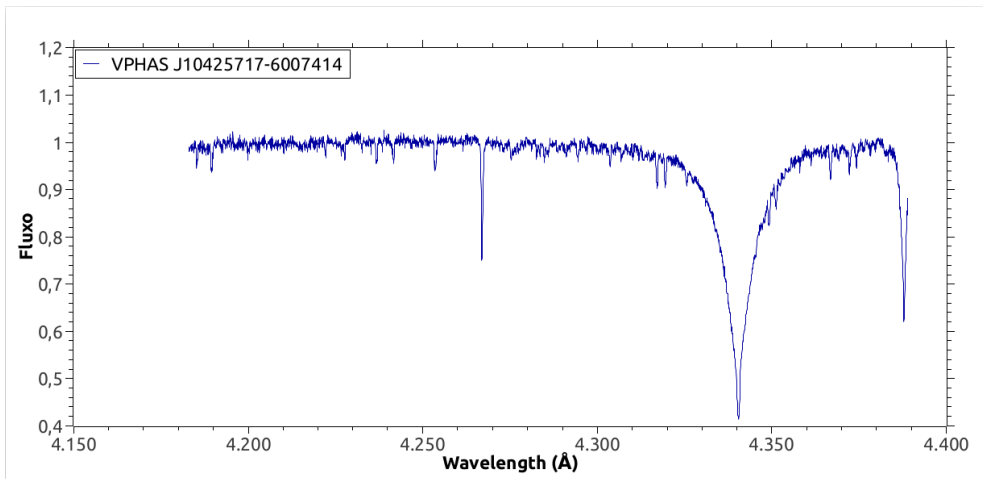
Na Tabela 2 listamos as diferentes configurações instrumentais, denominadas *setups*, com o intervalo espectral e a resolução de cada região observada, com as respectivas datas. A Figura 9 apresenta exemplos de espectros obtidos com as diferentes configurações do GIRAFFE. Para o espectrógrafo UVES as configurações utilizadas no GES são denominadas de acordo com o comprimento de onda central do intervalo espectral observado, 520 nm e 580 nm. As regiões espectrais abrangidas por essas configurações são de $\lambda 418.0 - \lambda 621.0$ nm e $\lambda 482.2 - \lambda 683.0$ nm, respectivamente, ambas com uma resolução $R \sim 47.000$. Devemos chamar atenção ao leitor para a Figura 9c, configuração HR5, pois essa região será a de maior interesse na realização desse trabalho, como será explicado no Capítulo 3.

Tabela 2: Características dos espectros obtidos com GIRAFFE.

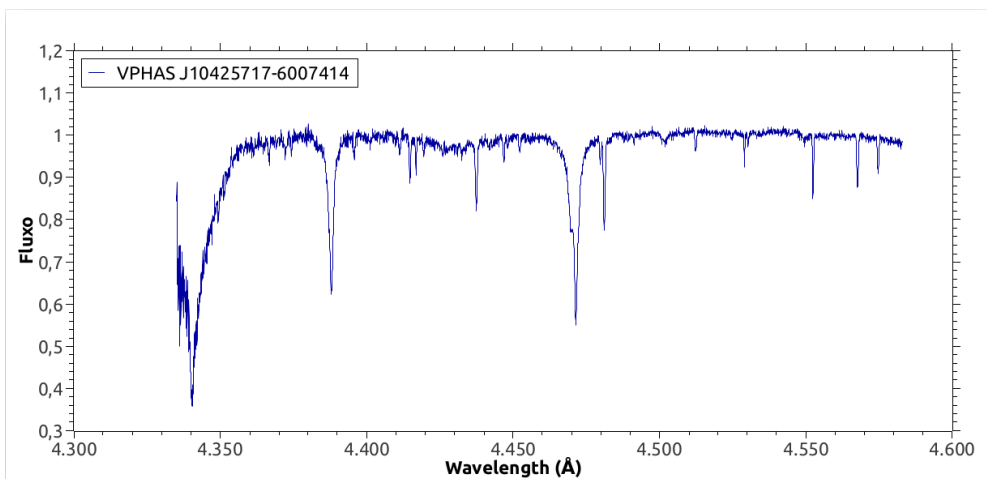
Configuração	λ_i (nm)	λ_f (nm)	Resolução	Observação
HR3	403.0	419.8	24800	30/03/2015
HR4	418.3	438.9	20000	30/03/2015
HR5	433.5	458.3	18470	31/03/2015
HR6	453.4	475.4	20350	31/03/2015
HR14	630.1	668.9	17740	30/03/2015



(a) Setup HR3

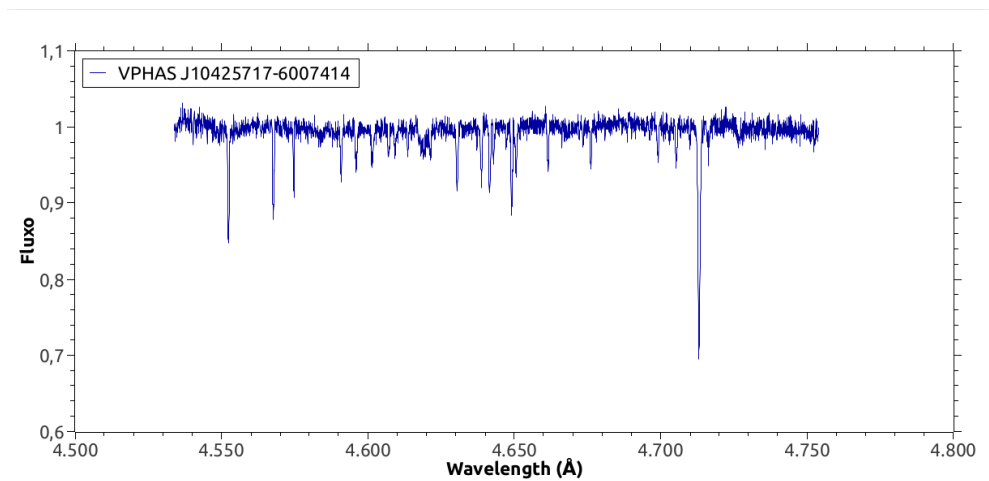


(b) Setup HR4

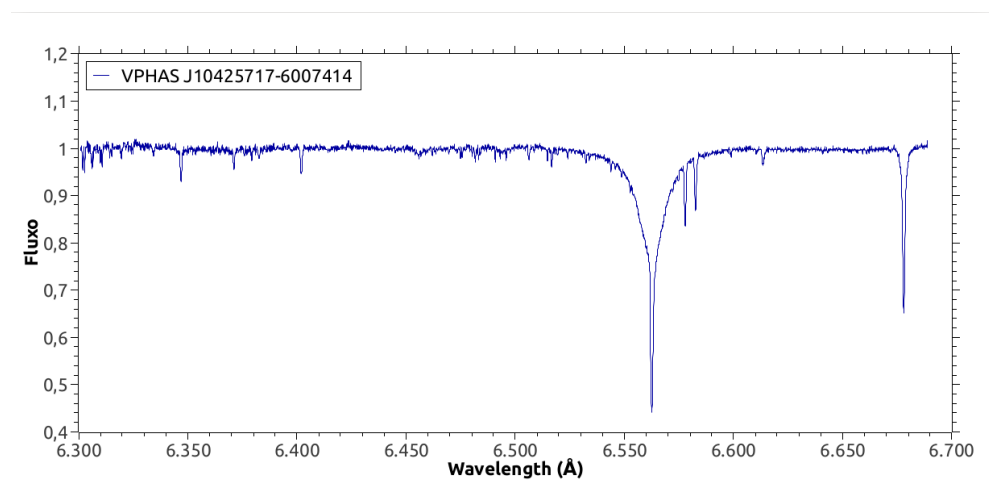


(c) Setup HR5

Figura 9: Exemplo de espectros da estrela VPHAS J10425717-6007414 obtidos com o espectrógrafo GIRAFFE em cinco regiões espectrais.



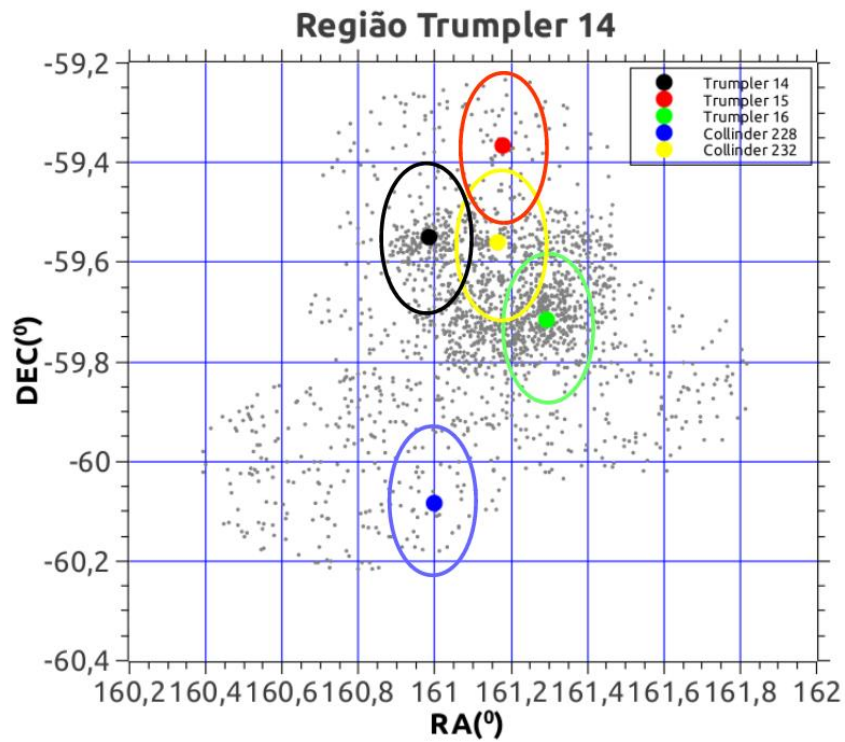
(d) Setup HR6



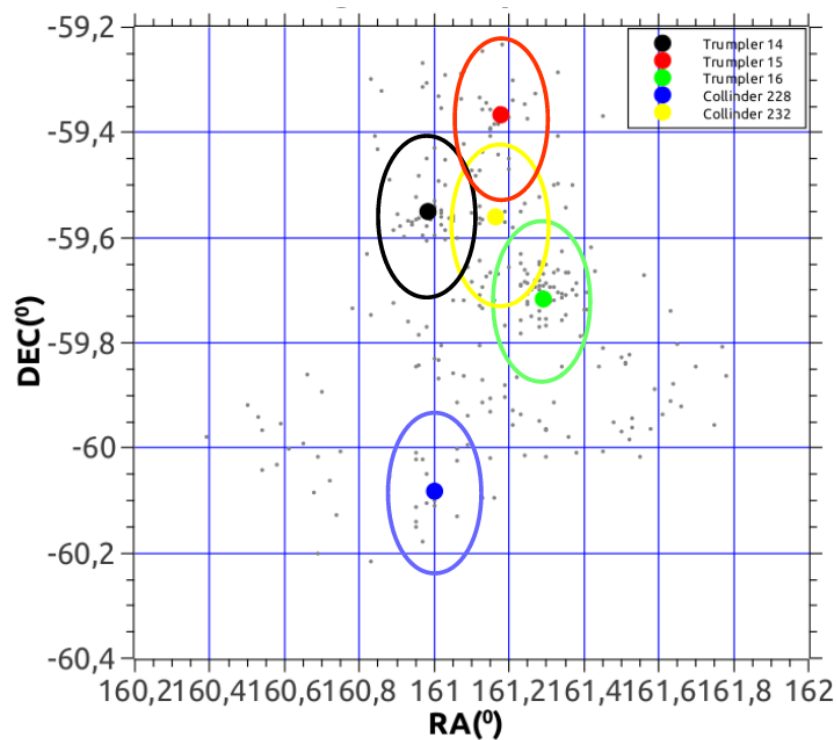
(e) Setup HR14

Figura 9: Continuação da Figura 9.

Como citado no Capítulo 1, o nosso trabalho está focado em estrelas de tipo OB, que são as estrelas com as maiores massas e temperaturas efetivas (T_{eff}) dentre as classes espectrais. Logo, é preciso separar dentre a nossa amostra total de objetos, ou seja 1926 estrelas, apenas as que são relevantes para este trabalho. Na Figura 10a podemos ver a distribuição espacial das estrelas de nossa amostra. Esses objetos encontram-se na nebulosa de Carina (NGC 3372), na região denominada pelo GES como Trumpler 14, região esta que abrange os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16, Coll228 e Coll232. Na literatura, Coll232 é muitas vezes considerado como uma extensão de Tr14 e assim ele será tratado nesta dissertação. Para definir a subamostra contendo apenas as estrelas de nosso interesse, utilizamos como



(a) Amostra de 1926 estrelas de tipos espectrais OBAFGKM



(b) Subamostra de 294 estrelas de tipos espectrais O9 – B6

Figura 10: Distribuição espacial das estrelas pertencentes a região de Trumpler 14 observadas pelo GES. Os aglomerados abertos pertencentes a essa região estão demarcados e o ponto central da demarcação indica o centro de massa do aglomerado.

critério o valor de T_{eff} obtido por fotometria pela colaboração e selecionamos as estrelas com $T_{\text{eff}} > 14.000\text{K}$. Após a seleção de acordo com a temperatura efetiva, restaram 294 estrelas de tipo espectrais entre O9 – B6 pertencentes aos 4 aglomerados. A Figura 10b mostra a subamostra de estrelas selecionadas. É relevante destacar que as temperaturas e as gravidades superficiais ($\log g$) adotadas são os valores recomendados pelo GES, calculados pelos colaboradores de vários grupos adotando diferentes métodos e por fim homogeneizados a partir dos resultados de cada grupo. Na Figura 11 encontra-se a distribuição de T_{eff} para estrelas da subamostra que evidencia a maior concentração de estrelas com T_{eff} entre 14.000K a 22.000K.

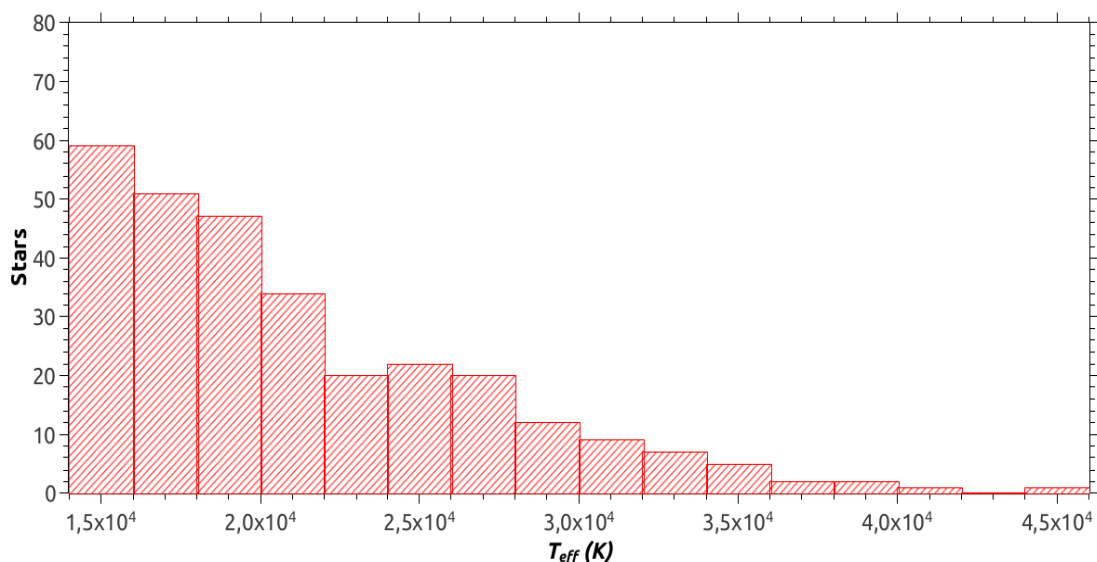


Figura 11: Distribuição de temperaturas efetivas das estrelas OB da Região de Trumpler 14, que abrange os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16, Coll228.

O sinal-ruído (S/N) é uma medida adimensional que representa o quanto o sinal do espectro observado (S) se sobressai ao ruído (N). Os valores de S/N dos espectros analisados foram medidos para todas as estrelas da subamostra que possuem o *setup* HR5, num total de 292 estrelas. É importante salientar que a partir desse ponto trabalharemos apenas com os objetos que foram observados com o *setup* HR5 que contém as linhas de He I, como será detalhado no Capítulo 3. Logo, estaremos nos referindo a esses objetos como a nossa

subamostra. Para a medida de S/N foi utilizada a ferramenta **splot** do IRAF¹ (*Image Reduction and Analysis Facility*) na região do contínuo em $\lambda 4455$ - $\lambda 4457$ Å. O histograma de nossos resultados de S/N encontra-se na Figura 12, onde a média de S/N é de $\mu = 101$ e a dispersão de $\sigma = 63$.

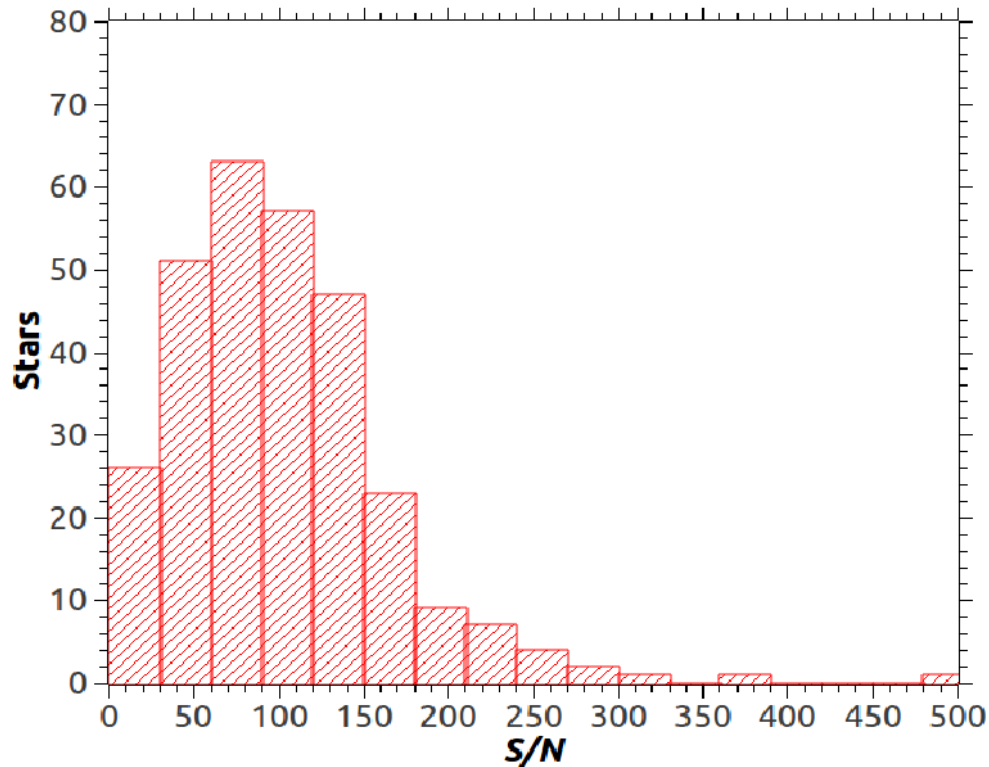


Figura 12: Distribuição de S/N para espectros da subamostra observada com o *setup* HR5.

Os valores das magnitudes dos objetos e suas cores foram obtidas, sempre que possível, no banco de dados do SIMBAD². Sendo assim, da nossa amostra de 292 estrelas observadas com o *setup* HR5, apenas 202 possuem magnitudes na banda *U*, 243 possuem magnitudes na banda *B* e 244 possuem magnitudes na banda *V*. Nas Figuras 13 e 14 apresentamos os histogramas das magnitudes Johnson e das cores B-V e U-B para as estrelas de nossa subamostra, respectivamente.

¹ O IRAF é distribuído pelo *National Optical Astronomy Observatory*, que é operado pela *Association of Universities Research in Astronomy* (AURA) sob convenio com *National Science Foundation*.

² <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>.

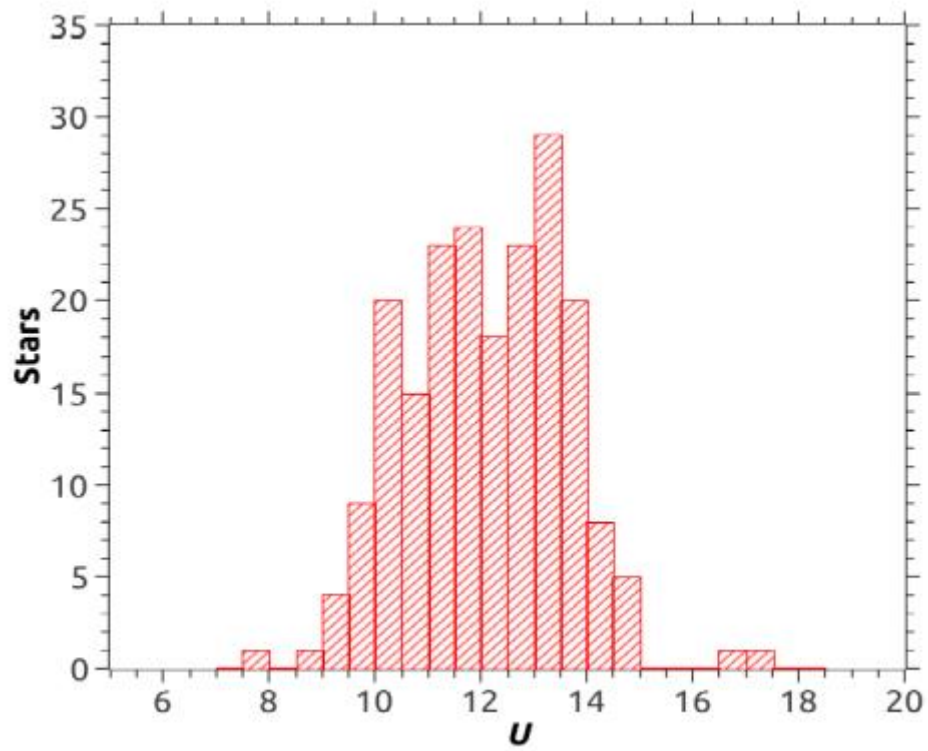
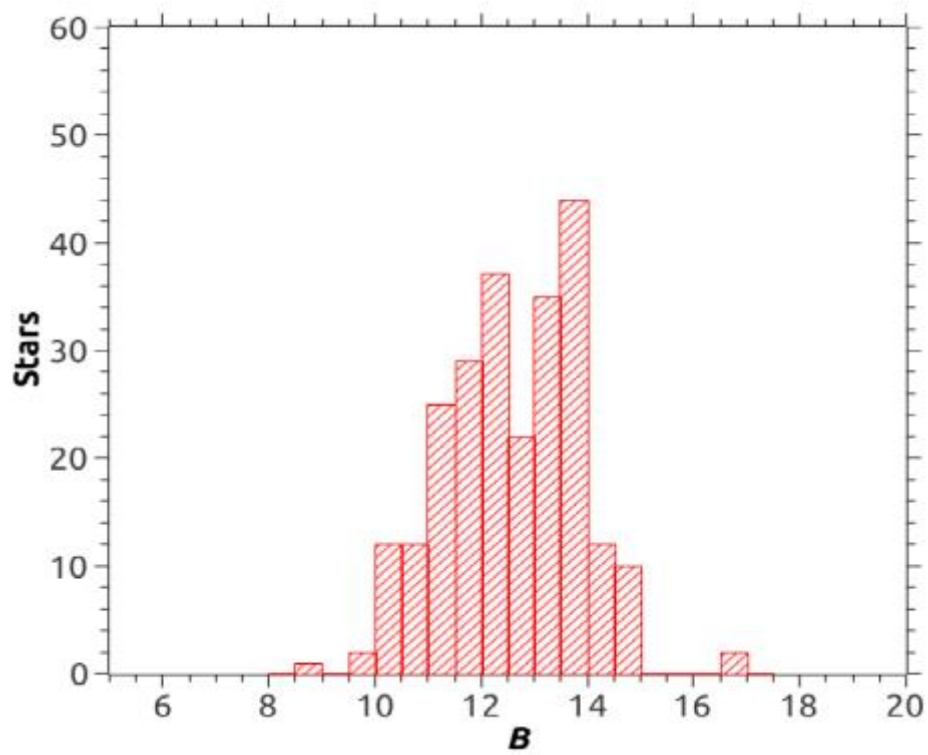
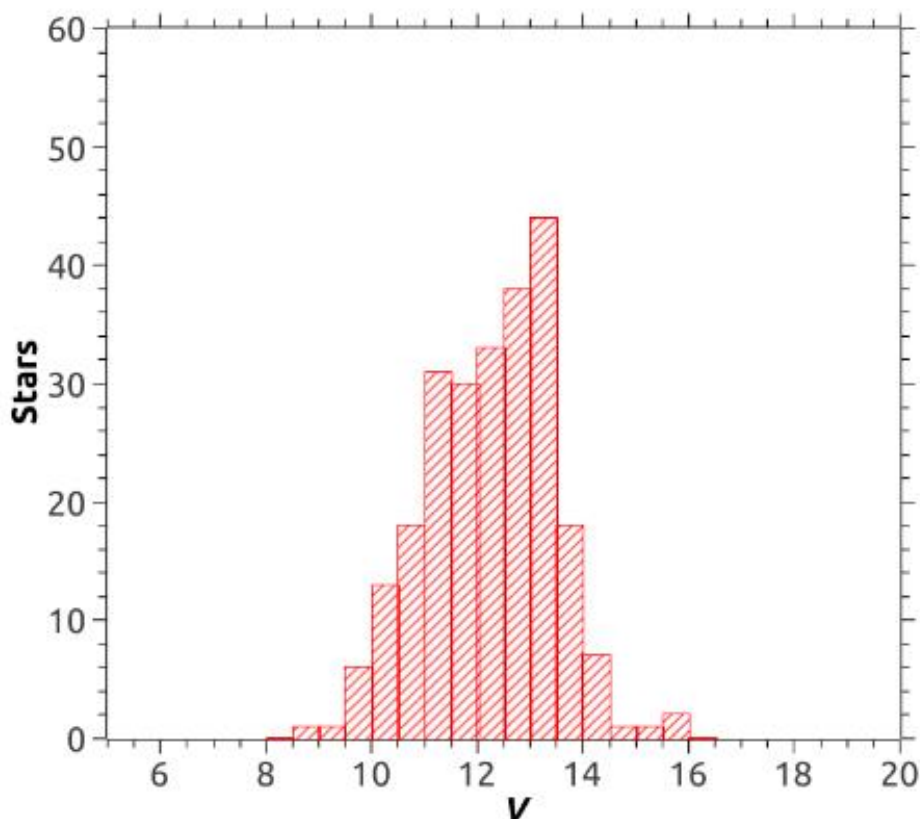
(a) Magnitude na banda U (b) Magnitude na banda B

Figura 13: Histogramas das magnitudes Johnson para as estrelas da nossa subamostra.



(c) Magnitude na banda V

Figura 13: Continuação da Figura 13.

Segundo Fitzgerald et al. (1970), estrelas de tipos espectrais O9 – B6 devem corresponder a cores $(U - B)_0 = [-1,13; -0,49]$ e $(B - V)_0 = [-0,31; -0,14]$. No entanto, as cores $(U - B)$ e $(B - V)$ observadas para as estrelas da nossa subamostra apresentam valores geralmente mais positivos do que os intervalos correspondentes, ou seja, as cores tendem a ser mais avermelhadas. Esse fato pode ser explicado devido ao efeito da extinção estelar que produz um avermelhamento nas magnitudes das estrelas tornando-as mais positivas do que realmente são. Outro indício desses valores mais avermelhados é que, de acordo com o estudo de 141 estrelas dos aglomerados abertos Tr14 e Tr16 com alta probabilidade de pertinência ($P_\mu > 70\%$) realizado por Hur et al. (2012), esses

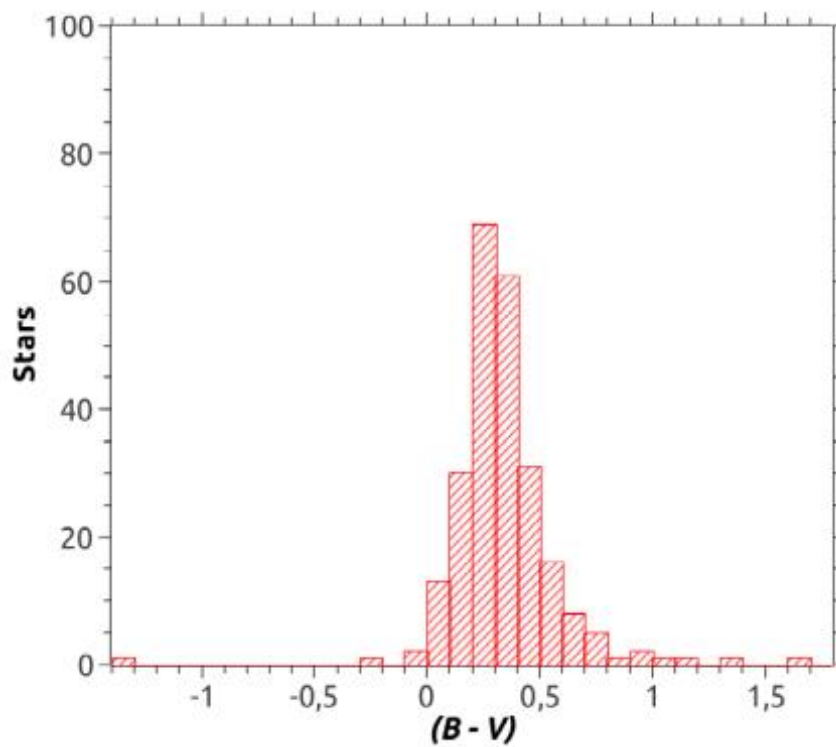
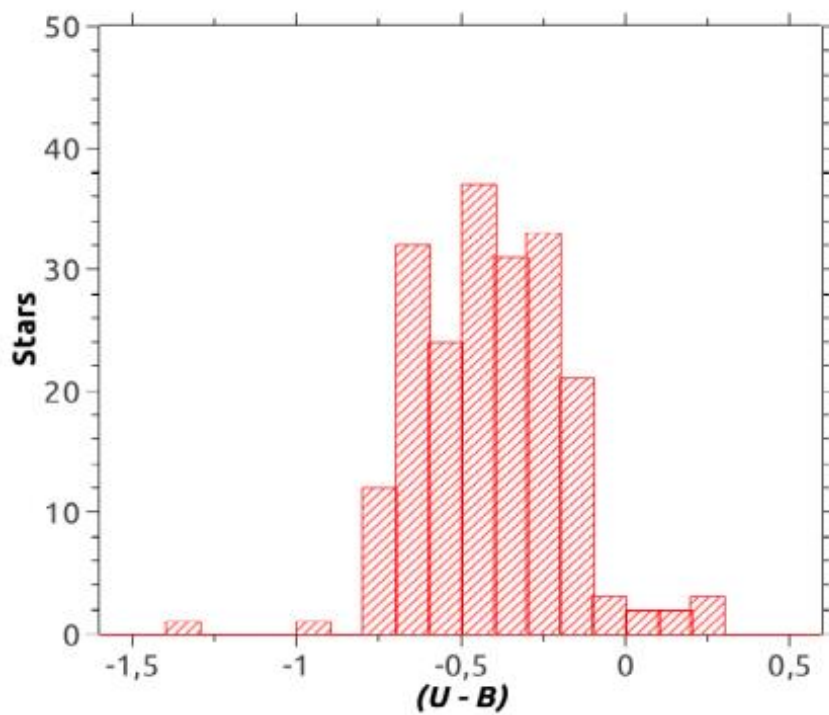
(a) Cor ($B - V$)(b) Cor ($U - B$)

Figura 14: Histogramas das cores Johnson para as estrelas da nossa subamostra.

aglomerados possuem uma lei de avermelhamento anômala com $R_V = 4,4 \pm 0,2$. O avermelhamento desses aglomerados são estudados nos trabalhos de Feinstein et al. (1973), Herbst (1976), Forte (1978), Thé et al. (1980), Smith (1987), Tapia et al. (1988, 2003), Massey & Johnson (1993), Vázquez et al. (1996), Carraro et al. (2004) e Ascenso et al. (2007). A Figura 15 mostra a posição das estrelas no gráfico cor-cor e a seta em vermelho indica a direção da extinção estelar.

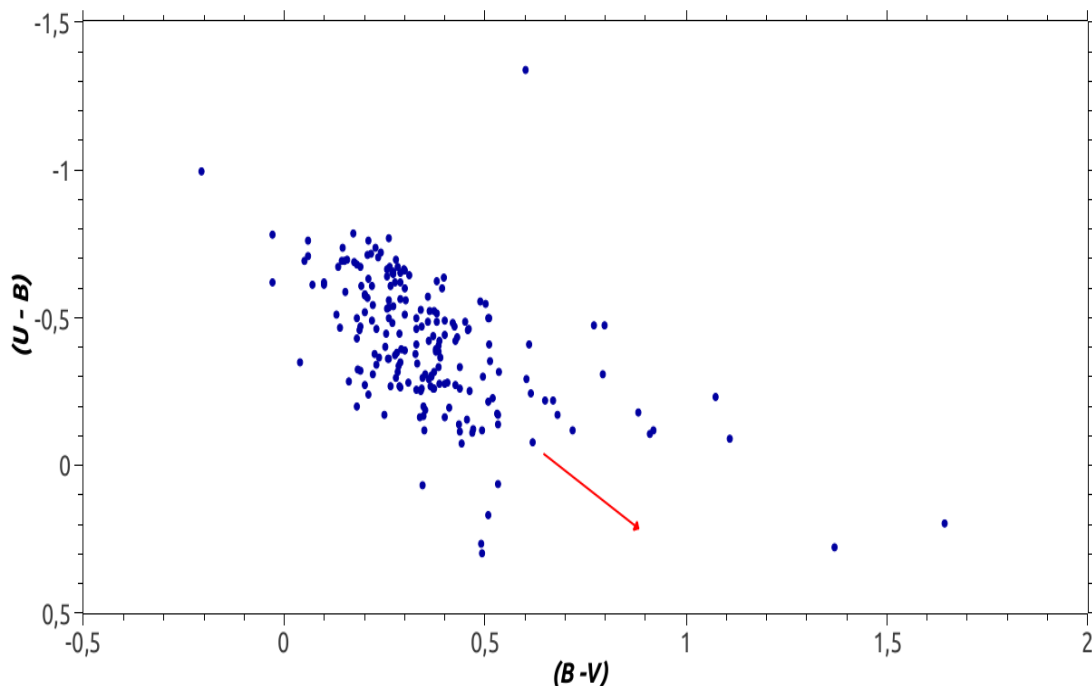


Figura 15: Diagrama cor-cor para as estrelas OB da nossa subamostra da Região de Trumpler 14, que abrange os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e ClI228. A seta corresponde a direção da extinção.

2.3 – Estrelas Binárias

Realizamos uma inspeção visual dos espectros analisados com o objetivo de identificar a presença de possíveis características anômalas. Uma das principais causas de anomalias nos espectros está associada à binaridade estelar. Binárias espectroscópicas de linhas duplas podem ser facilmente identificadas, uma vez que o espectro observado apresenta as linhas duplicadas, uma referente à estrela primária e a outra à estrela secundária. No entanto, dependendo dos parâmetros orbitais do sistema e das massas (e

consequentemente, dos parâmetros atmosféricos) das componentes, a binaridade pode ser detectada apenas como assimetrias nos perfis das linhas, ocasionadas pela sobreposição de perfis da estrela companheira. Na Figura 16 apresentamos exemplos de espectros de binárias espectroscópicas de nossa subamostra. Porém, a detecção ou não dessas características pode não ser tão simples, pois alguns fenômenos como alta rotação estelar podem dificultar sua identificação. Por exemplo, se a velocidade de rotação de uma das estrelas for muito alta, as linhas podem ser alargadas e a presença da estrela companheira pode ser mascarada ou até mesmo as linhas das estrelas podem se fundir completamente.

A binaridade pode ser identificada com o acompanhamento da estrela para obtenção de pelo menos dois espectros obtidos em datas diferentes, de modo que as estrelas binárias devem apresentar uma variação na sua velocidade radial média. Em nosso caso, não foi possível fazer essa verificação pois para cada estrela possuímos apenas uma observação no *setup* HR5. Comparamos as velocidades radiais medidas em nosso trabalho com aquelas encontradas na literatura disponíveis no SIMBAD e assim identificamos as possíveis candidatas a binárias espectroscópicas como apresentamos na Tabela 3.

Dentre todas as estrelas de nossa subamostra, apenas quatro delas possuem identificação na literatura como sendo binária espectroscópica (BinEsp), binária ou sistema múltiplo (Bin ou Mul) e binária de tipo algol (BinAlgol) e 7 são listadas por Hanes et al. (2018) como candidatas a binária espectroscópica (SB1c) e binária espectroscópica de linha dupla (SB2c). Em nosso trabalho, identificamos 14 novas candidatas, sendo as 2 estrelas VPHAS J10423957-5951386 e ALS 1883 candidatas a SB2c, com linhas claramente duplicadas (como mostra a Figura 16) e 12 estrelas com variação na velocidade radial (em relação a resultados previamente publicados) que poderia ser explicada em termos de binaridade. Considerando as 25 estrelas binárias candidatas e confirmadas, obtemos uma fração de binárias de aproximadamente 10% de nossa amostra. Em outros trabalhos como Bragança et al. (2012), que estudaram cerca de 380 estrelas OB, a fração de estrelas binárias de sua amostra corresponde a ~21%, número superior ao nosso. Oudmaijer & Parr (2010) encontram a porcentagem de ~ 30% de estrelas binárias no estudo de

estrelas B e Be. A pequena fração de estrelas binárias em nossa amostra pode ser devida à falta de medidas internamente consistentes de velocidade radial.

Tabela 3: Estrelas binárias ou candidatas a binárias da nossa subamostra, segundo o SIMBAD e Hanes et al. (2018) (colunas 2 e 3). Na última coluna listamos as estrelas identificadas por nós.

ID	SIMBAD	HANES et al. (2018)	Binarias
HD 303312	BinAlgol	-----	-----
HD 305439	Bin ou Mul	-----	-----
ALS 15230	-----	-----	SB1c
ALS 15209	-----	SB1c	SB1c
ALS 15197	BinEsp	-----	SB1c
ALS 15238	-----	-----	SB1c
ALS 1870	-----	-----	SB1c
ALS 15216	-----	-----	SB1c
ALS 1853	-----	-----	SB1c
ALS 15861	-----	SB1c	SB1c
ALS 1822	-----	SB1c	SB1c
ALS 15242	-----	SB1c	-----
ALS 19745	-----	SB1c	-----
ALS 1883	-----	-----	SB2c
ALS 15956	-----	-----	SB1c
2MASS J10440789-5917267	-----	-----	SB1c
Trumpler 16 HG 1658	-----	-----	SB1c
Trumpler 16 HG 17	-----	-----	SB1c
Trumpler 16 HG 10048	-----	-----	SB1c
Trumpler 14 HG 10041	-----	-----	SB1c
Trumpler 14 28	-----	SB1c	-----
Trumpler 14 19	-----	SB1c	-----
Collinder 228 49	-----	-----	SB1c
Collinder 228 103	Bin ou Mul	-----	-----
VPHAS J10423957-5951386	-----	-----	SB2c

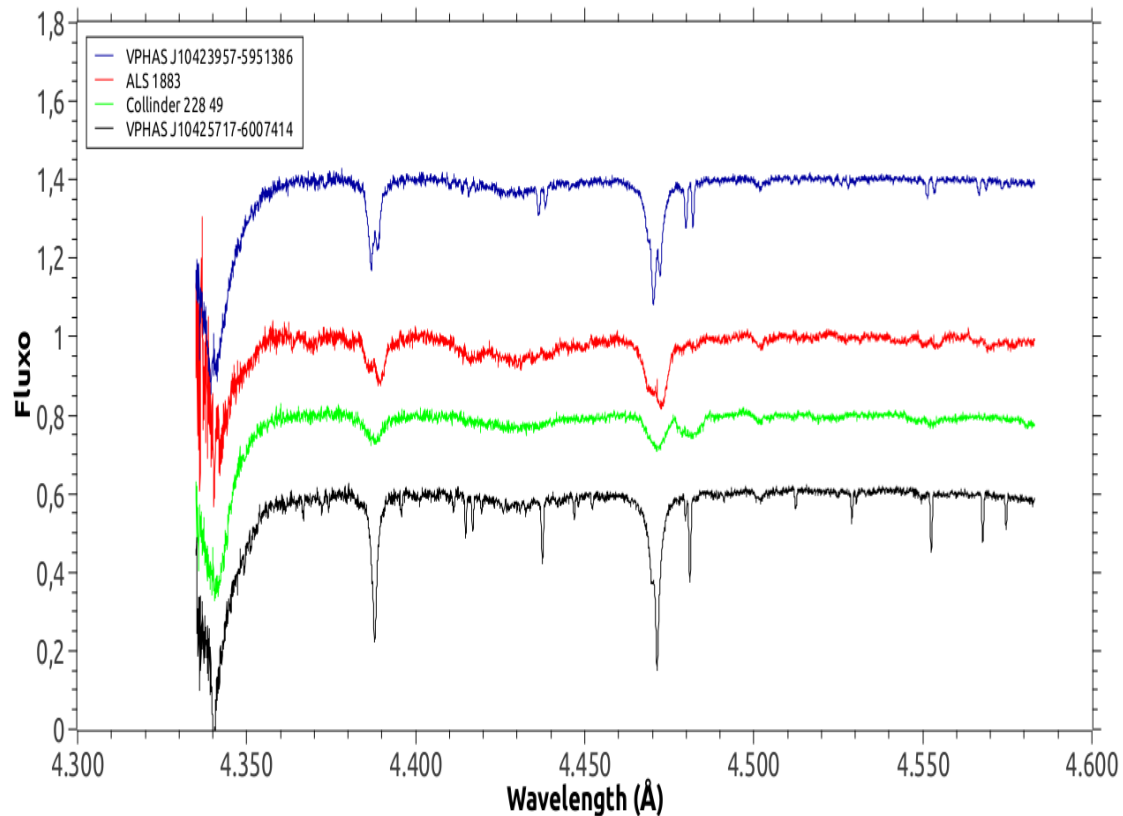


Figura 16: Exemplos de espectros de estrelas candidatas a binária espectroscópica e binária espectroscópica de linha dupla. A região espectral corresponde a observada pelo *setup* HR5. A estrela VPHAS J10425717-6007414 é um exemplo de estrela que não é binária, para comparação. Os espectros foram deslocados em fluxo para melhor visualização das linhas.

2.4 – Análise de Pertinência

O nosso objetivo não é realizar uma análise minuciosa da pertinência das estrelas aos aglomerados. Porém, para a análise das distribuições de $V \sin i$ dos aglomerados, é necessário separar as estrelas de acordo com os aglomerados aos quais pertencem. Como os aglomerados estudados pertencem à mesma região do céu e são relativamente próximos (Tr14 e Tr16 podem ter as mesmas distâncias), há uma grande dificuldade na separação das estrelas dos aglomerados. Uma análise preliminar de estrelas membras dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228, foi feita apenas com base em estudos de pertinência (*membership*) para estrelas desses aglomerados disponíveis na literatura, de onde serão identificadas as estrelas pertencentes aos aglomerados. Contudo, um estudo detalhado de pertinência, até o momento, não foi realizado para todas

as estrelas dos aglomerados da região de Carina, mesmo se tratando de uma região muito estudada e conhecida.

Um estudo de pertinência foi realizado por Cudworth et al. (1993) para ~600 estrelas dos aglomerados Tr14 e Tr16, sendo que ~100 estrelas em comum com nossa amostra possuem alta probabilidade de pertinência aos aglomerados Tr14 e Tr16. Também adicionamos as estrelas estudadas por Huang & Gies (2006) atribuídas como pertencentes aos aglomerados Tr14 e Tr16, assim como as estrelas de alta probabilidade de pertinência fornecidas pelo WEBDA. Já os aglomerados Tr15 e Coll228 não possuem na literatura estudos de pertinência, de modo que utilizamos as estrelas consideradas como prováveis membros desses aglomerados com base em levantamentos fotométricos da região. Para o aglomerado Tr15, utilizamos as estrelas consideradas como membros pelo trabalho de Feinstein et al. (1980), que realizaram um estudo fotométrico com os filtros *UBVRI* para 48 estrelas e espectroscópico para 19, identificando 24 estrelas como membros e 12 como prováveis membros. Possuímos 20 estrelas em comum com a amostra estudada por Feinstein et al. (1980); dentre estas, 15 são consideradas membros e 5 como prováveis membros. Para Coll228, utilizamos as estrelas indicadas como membros nos trabalhos de Feinstein et al. (1976), Thé et al. (1980) e Turner & Moffat (1980), que realizaram estudos fotométricos estimando as distâncias para as estrelas mais prováveis de pertencerem ao aglomerado Coll228. Dentre esses objetos, possuímos 16 estrelas consideradas membros por Feinstein et al. (1976), 6 estrelas consideradas membros por Turner & Moffat (1980) e 3 indicadas por Thé et al. (1980). Uma lista desses objetos é apresentada na Tabela A.1. Na Figura 17, refizemos a Figura 10b destacando as estrelas indicadas na literatura como membros e prováveis membros de seus respectivos aglomerados.

Através dos dados de movimento próprio das estrelas de nossa amostra obtidos pelo satélite astrométrico Gaia, é possível refinarmos a amostra anterior de estrelas que possuem alguma análise de membros para a retirada de estrelas que a princípio não pertencem aos aglomerados (discrepantes ou *outliers*). Através dos dados de movimento próprio apresentados na Tabela A.1 e nos histogramas da Figura 18, nota-se a presença de estrelas que se distanciam da distribuição, caracterizando-as como discrepantes. Desse modo, as 4 estrelas

que são identificadas como discrepantes (2 estrelas para Tr14, 1 para Tr15 e 1 para Tr16) através da distribuição de movimento próprio não serão consideradas na análise subsequente de distribuição de velocidades rotacionais projetadas para os 4 aglomerados abertos estudados.

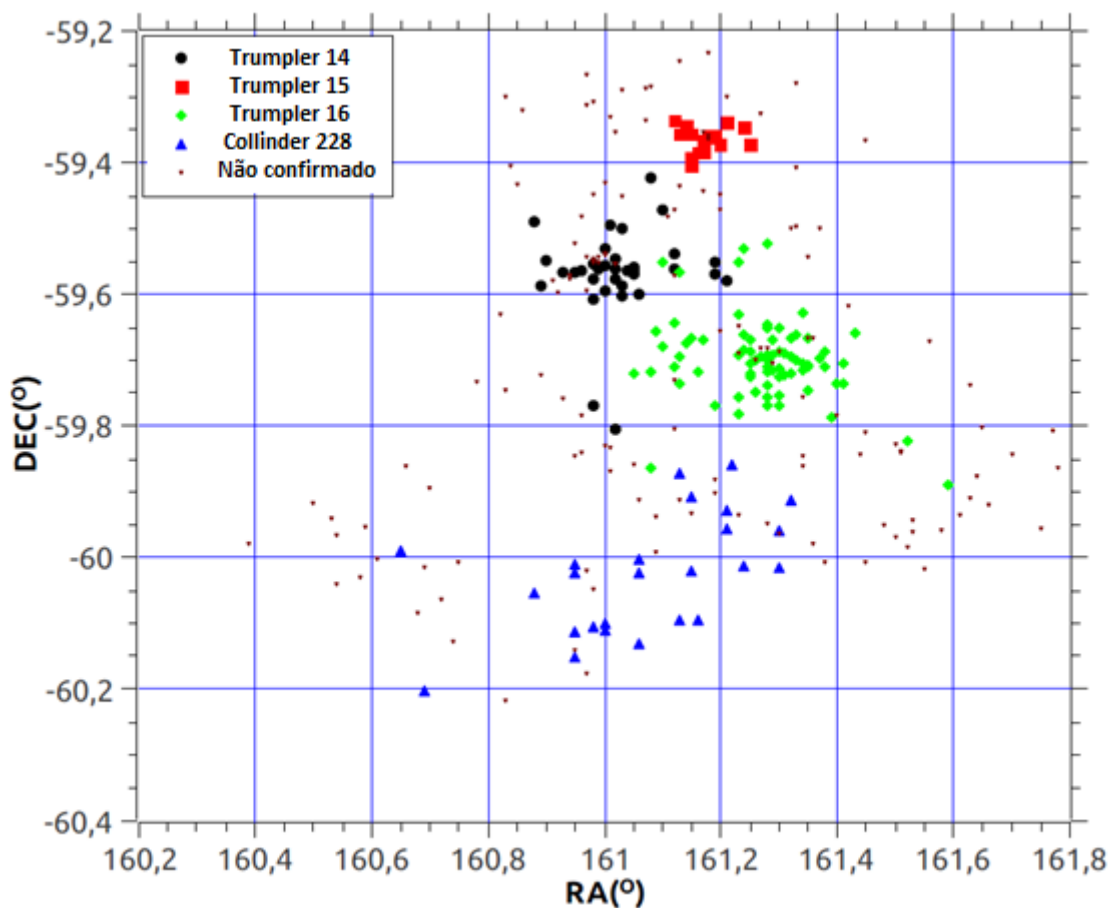
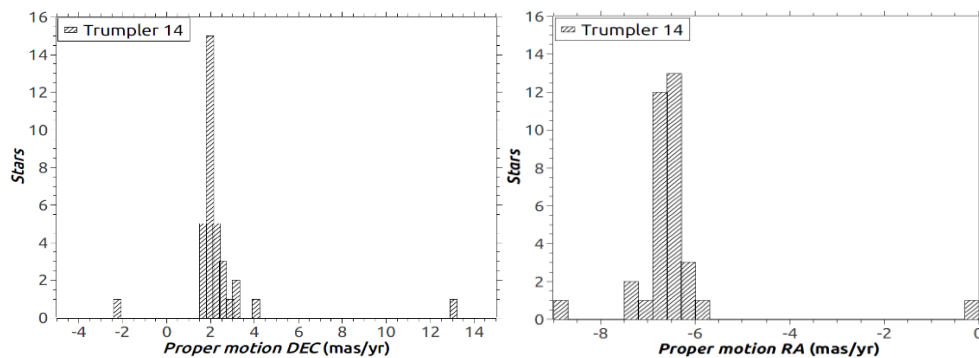
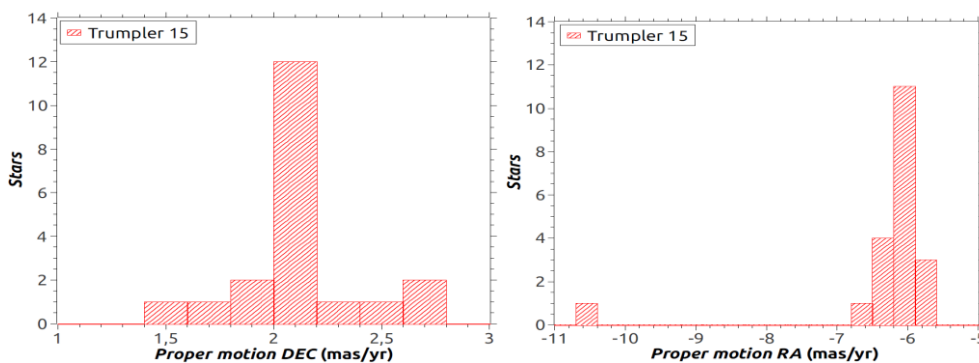


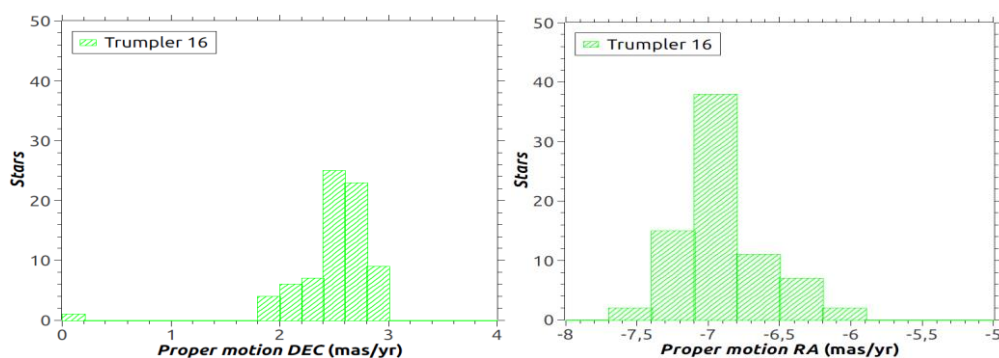
Figura 17: Distribuição espacial das estrelas membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Os pontos pequenos representam as estrelas que não possuem informações conclusivas de pertinência aos aglomerados ou são estrelas de campo.



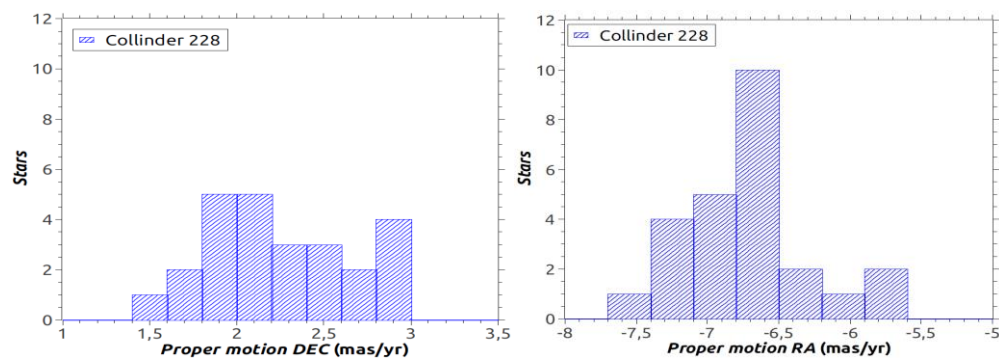
(a) Distribuição de Movimento próprio no aglomerado Trumpler 14



(b) Distribuição de Movimento próprio no aglomerado Trumpler 15



(c) Distribuição de Movimento próprio no aglomerado Trumpler 16



(d) Distribuição de Movimento próprio no aglomerado Collinder 228

Figura 18: Distribuição de movimento próprio em RA e DEC para estrelas identificadas como membros e prováveis membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

Capítulo 3

Metodologia

3.1 – Velocidade Rotacional Projetada

Atualmente existem na literatura diferentes formas para obter o $V_{\sin i}$ de uma estrela com diferentes níveis de precisão. Os métodos mais conhecidos para se obter o $V_{\sin i}$ são os que utilizam as larguras a meia altura de perfis de linhas espectrais e os que utilizam a transformada de Fourier. Huang & Gies (2006) estudaram uma amostra de 496 estrelas, OB distribuídas em 19 aglomerados e obtiveram o $V_{\sin i}$ utilizando perfis sintéticos das linhas de He I $\lambda 4026 \text{ \AA}$, $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$ e Mg II $\lambda 4481 \text{ \AA}$. Eles utilizaram perfis sintéticos convoluídos para diferentes valores de $V_{\sin i}$ ($V_{\sin i} = 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350$ e 400 km/s), e escolheram o valor de $V_{\sin i}$ que minimizasse a χ^2 , ou seja o erro, correspondente a diferença entre os perfis observados e os perfis sintéticos. Esse método também foi utilizado por Hanes et al. (2018) para as mesmas linhas no estudo de 125 estrelas de tipo OB na Nebulosa de Carina. De acordo com os autores, os resultados de $V_{\sin i}$ para estrelas em comum com a amostra de Huang & Gies (2006) estão de acordo dentro da margem de erro.

A transformada de Fourier é um método bastante utilizado para medir o $V_{\sin i}$ de estrelas frias, porém a utilização dessa ferramenta só veio a ser utilizada pela primeira vez em estrelas de tipo OB por Simón-Díaz & Herrero (2007). Essa técnica é simples e de aplicação rápida sem demandar muito tempo computacional, consistindo na convolução do perfil intrínseco do espectro estelar com perfis de alargamento rotacional, de macroturbulência e instrumental de um conjunto de linhas metálicas e de He I retornando o valor de $V_{\sin i}$ que varia entre 0 a 450 km/s , limite do método. No entanto, para a utilização desse método é necessário que os espectros estelares sejam de alta resolução e possuam alto S/N, pois os modelos são muito sensíveis a esses parâmetros.

Outro método é baseado na utilização de um conjunto de linhas metálicas para inferir o $V_{\sin i}$ através de síntese espectral, ou seja espectros teóricos

convoluídos com perfis de alargamento rotacional ajustados aos perfis observados e escolhendo-se o melhor ajuste através de uma χ^2 . Esse método foi utilizado por Daflon et al. (2004a, b) para análise de estrelas de tipo OB distribuídas ao longo do disco Galáctico. Esta ferramenta mostrou-se eficaz para obtenção de $V_{\sin i}$ simultaneamente com a temperatura efetiva, gravidade superficial e abundâncias químicas. Porém, a eficácia desse método é restrita apenas para baixos $V_{\sin i}$ e não é eficiente para $V_{\sin i} > 80$ km/s. Isso é devido ao efeito do $V_{\sin i}$ como mecanismo de alargamento das linhas espectrais, que promove a mistura (*blend*) de perfis próximos e inviabiliza a análise de linhas metálicas que são, em geral, mais fracas do que as linhas de HeI.

Em nosso trabalho, utilizamos um método eficiente para $V_{\sin i}$ mais altos, até 400 km/s. A metodologia utilizada para obter o $V_{\sin i}$ de nossa amostra é a mesma descrita em Daflon et al. (2007). Esse método é baseado nas medidas da largura a meia altura (FWHM, *Full width at half maximum*) de perfis sintéticos de três linhas de He I, $\lambda 4026$ Å, $\lambda 4388$ Å e $\lambda 4471$ Å. Nesse trabalho utilizamos apenas as linhas de He I $\lambda 4388$ Å e $\lambda 4471$ Å, devido a cobertura espectral das configurações instrumentais do GES. A região utilizada corresponde a configuração HR5, que possui cobertura espectral $\lambda 4335$ Å – $\lambda 4583$ Å, abrangendo duas das três linhas e com uma grande quantidade de objetos observados. A Figura 19 apresenta os perfis das duas linhas de He I utilizadas para estrelas de diferentes velocidades rotacionais.

No método de Daflon et al. (2007) para obter o $V_{\sin i}$, é necessário interpolar os valores de FWHM medidos nos espectros observados em uma rede de larguras de perfis sintéticos. Esta rede foi construída a partir de medidas de larguras de perfis sintéticos de He I calculados em não-ETL (fora do Equilíbrio Térmico Local), baseado em modelos atmosféricos calculados em ETL com o código ATLAS9 (Kurucz, 1993) e considerando a composição química solar. As linhas de He I foram calculadas com o código DETAIL (Giddings, 1981), adotando o modelo atômico de He descrito por Przybilla (2005), e o perfis sintéticos das linhas de He I foram calculados com o código SURFACE (Butler & Giddings, 1985). Os espectros foram sintetizados para quatro diferentes temperaturas ($T_{\text{eff}} = 15000, 20000, 25000$ e 30000 K) correspondentes aos tipos espectrais de estrelas B5 – O9. A gravidade superficial adotada na síntese foi mantida constante em $\log g = 4.0$, correspondente a estrelas não evoluídas, ou seja

estrelas jovens. O valor de microturbulência foi mantido constante em $\xi = 5$ km/s, correspondente a um valor típico de microturbulência de estrelas OB da sequência principal. Os perfis sintéticos foram convoluídos para dois valores diferentes de perfil instrumental, correspondentes a resolução espectral $R = 10000$ e $R = 50000$ e os perfis de rotação foram calculados para um conjunto de valores de $V \sin i$ variando entre 0 e 400 km/s, com intervalo de 50 km/s. As larguras (FWHM) dos perfis sintéticos de He I foram medidas e organizadas em uma rede apresentada na Figura 20. A rede de larguras dos perfis teóricos está representada graficamente na Figura 21 para as três linhas de He I $\lambda 4026 \text{ \AA}$, $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$.

Os perfis de He são sensíveis também à gravidade superficial, sendo que esse efeito é mais proeminente para altos valores de $\log g$. A calibração de Daflon et al. (2007), no entanto, foi obtida para um valor fixo de $\log g = 4.0$. Os autores, porém, estimam que a rede pode ser utilizada no intervalo de $\log g = [3.7 - 4.3]$ com segurança. As gravidades superficiais de nossos objetos foram recomendadas pelo GES seguindo-se os mesmos critérios para temperatura efetiva como mencionado na seção 2.2. A grande maioria dos nossos objetos (241) estão dentro da margem de $\log g$ descrita como segura para a utilização do método de Daflon et al. (2007) e 44 estão dentro da região de $\log g = [3.7 - 4.3]$ dentro da incerteza em $\log g$ e apenas 7 estrelas não se encontram dentro do intervalo de validade da calibração. O $V \sin i$ foi obtido para todos os objetos incluindo os 7 objetos com $\log g$ fora do intervalo, pois consideramos que o efeito da gravidade superficial não é tão expressivo (quando comparado ao efeito da rotação estelar) e a diferença entre os valores de $\log g$ em relação ao intervalo de validade é de ± 0.3 dex. No entanto, por terem sido obtidos através de extrapolação da calibração, não utilizaremos esses objetos (indicados na Tabela B.1 com o superíndice 1) nas análises subsequentes.

A calibração de Daflon et al. (2007) é válida para $15000 \text{ K} < T_{\text{eff}} < 30000 \text{ K}$ e os autores extrapolaram a calibração para temperaturas próximas a 35000 K, no máximo. Para 15 estrelas de nossa amostra, os valores de temperaturas efetiva são superiores a 30000 K mas ainda inferiores a $\sim 35000 \text{ K}$. Nesses casos, adotamos $T_{\text{eff}} = 30000 \text{ K}$ no código de interpolação de $V \sin i$ para obtermos os valores de velocidade rotacional projetada. Esses objetos estão identificados pelo superíndice 2 na Tabela B.1. Por fim, oito estrelas de nossa amostra com

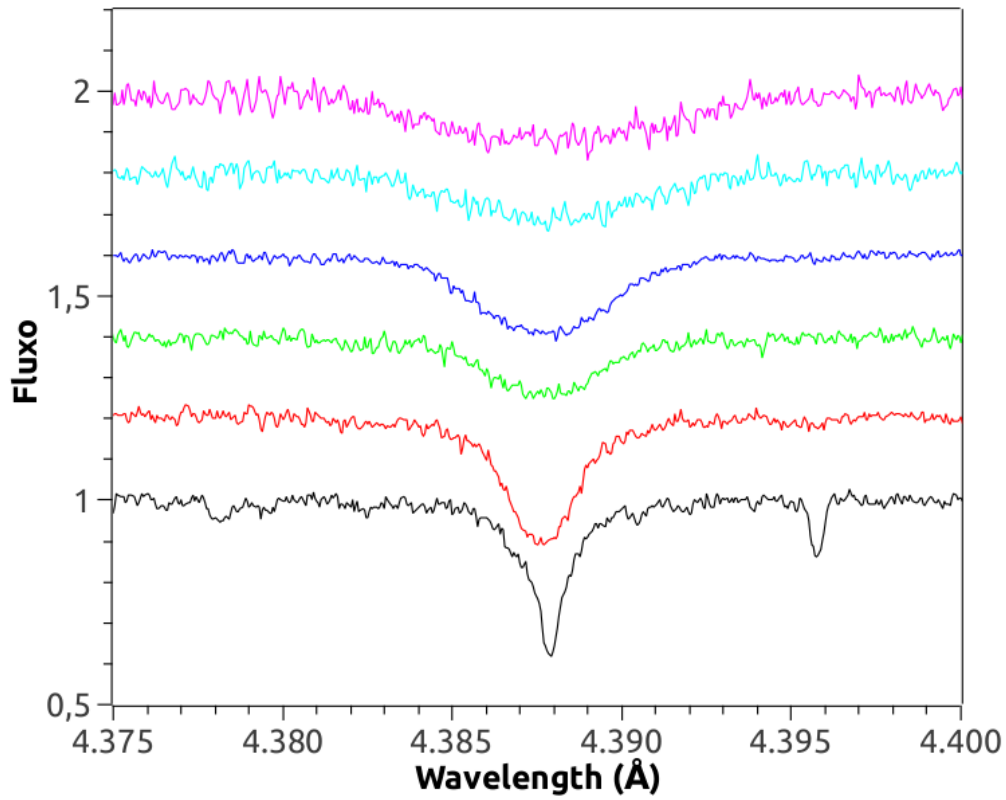
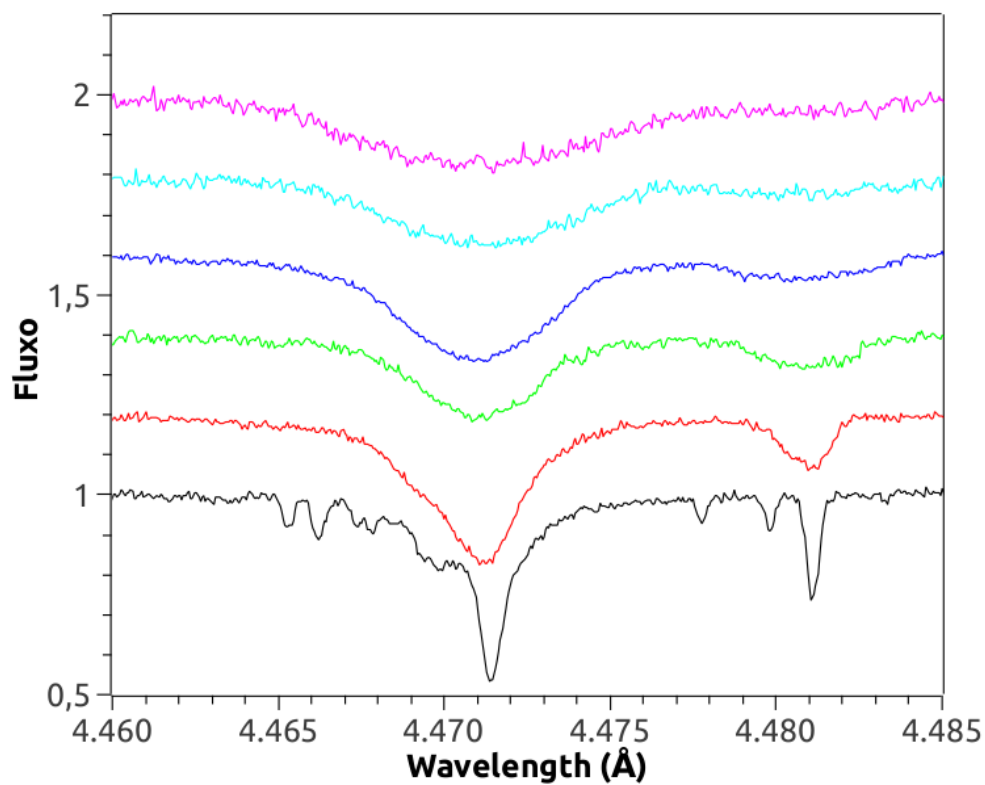
(a) $\lambda 4388 \text{ \AA}$ (b) $\lambda 4471 \text{ \AA}$

Figura 19: Linhas de He I das estrelas, seguindo a ordem de baixo para cima, ALS 15222, Collinder 228 TM 101, VPHAS J10422123-5957156, Collinder 228 48, 2MASS J10435127-6010386 e Trumpler Y 528. Através da FWHM dessas linhas obtivemos os valores de $\langle V \sin i \rangle = 15, 88, 141, 182, 260$ e 344 km/s , respectivamente.

TABLE 2
 FULL WIDTHS AT HALF-MAXIMUM OF THEORETICAL He PROFILES
 FOR $R = 50,000$

$V \sin i$ (km s^{-1})	4026 Å	4388 Å	4471 Å
$T_{\text{eff}} = 15,000 \text{ K}$			
0.....	1.04	1.02	0.65
50.....	2.01	1.90	1.59
100.....	3.01	2.86	3.03
150.....	4.10	3.92	4.38
200.....	5.11	4.94	5.49
250.....	6.05	6.02	6.55
300.....	7.01	7.34	7.61
350.....	7.99	8.51	8.66
400.....	8.99	9.64	9.77
$T_{\text{eff}} = 20,000 \text{ K}$			
0.....	1.74	0.99	1.09
50.....	2.54	1.89	1.93
100.....	3.43	2.82	3.42
150.....	4.25	3.84	4.53
200.....	5.08	4.92	5.49
250.....	5.98	6.07	6.51
300.....	6.92	7.22	7.55
350.....	7.90	8.36	8.60
400.....	8.87	9.48	9.68
$T_{\text{eff}} = 25,000 \text{ K}$			
0.....	1.55	0.91	1.06
50.....	2.30	1.74	1.82
100.....	3.16	2.70	3.25
150.....	4.01	3.73	4.31
200.....	4.87	4.81	5.31
250.....	5.79	5.95	6.33
300.....	6.74	7.12	7.37
350.....	7.71	8.25	8.45
400.....	8.71	9.36	9.54
$T_{\text{eff}} = 30,000 \text{ K}$			
0.....	1.44	0.86	1.05
50.....	2.08	1.63	1.69
100.....	2.91	2.59	3.07
150.....	3.80	3.63	4.11
200.....	4.71	4.71	5.13
250.....	5.65	5.86	6.18
300.....	6.63	7.00	7.22
350.....	7.62	8.14	8.32
400.....	8.65	9.27	9.42

Figura 20: Rede de valores de FWHM de Daflon et al.(2007) utilizada para interpolar os nossos valores de FWHM para a obtenção do $V \sin i$.

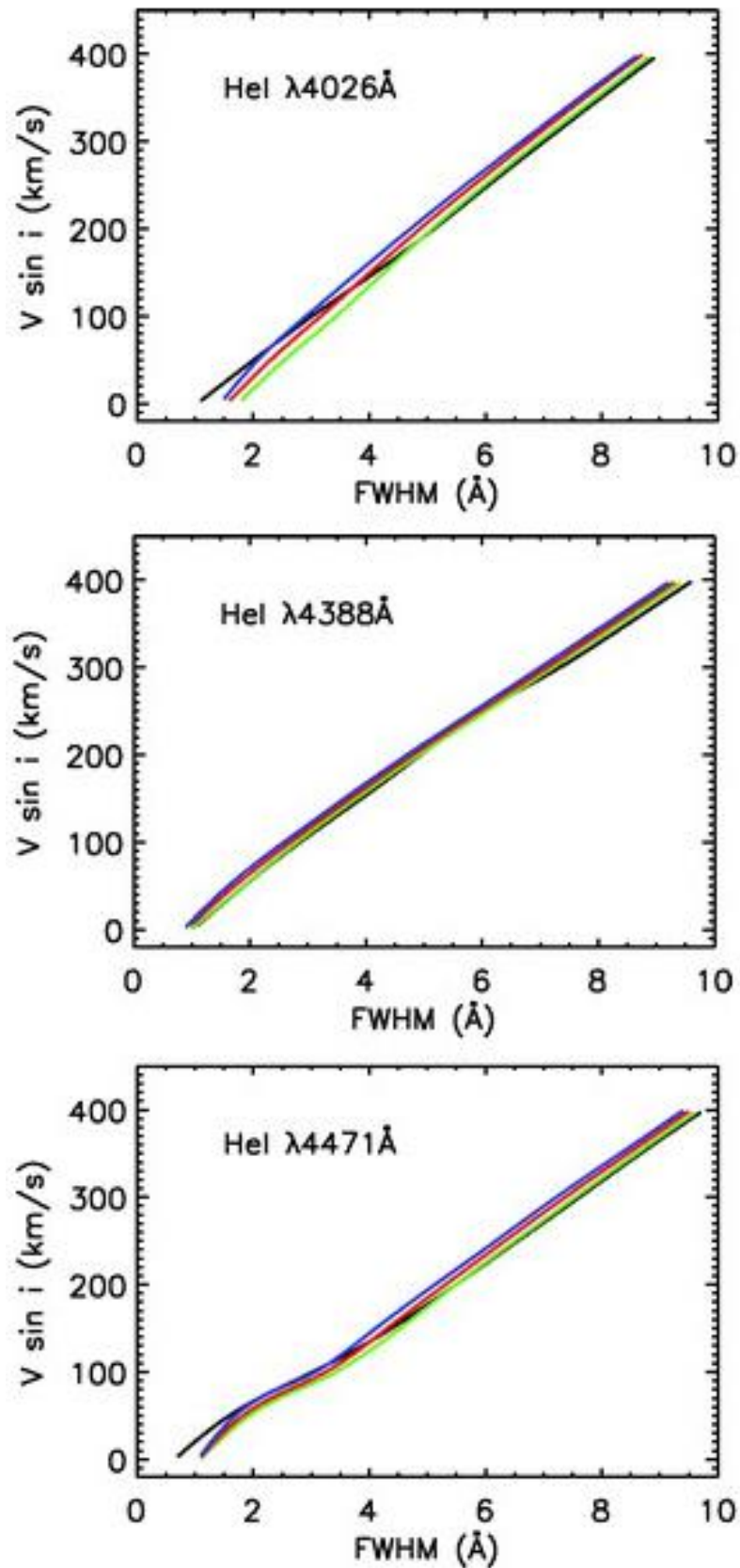


Figura 21: Calibração de $V \sin i$ X $FWHM$ de Daflon et al. (2007) para modelos atmosféricos com $T_{\text{eff}} = 15.000$ (curva em preto), 20.000 (curva em verde), 25.000 (curva em vermelho) e 30.000 K (curva em azul) para a obtenção do $V \sin i$. Utilizamos apenas a calibração das linhas $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$, pois não possuímos a linha $\lambda 4026 \text{ \AA}$ em nossos espectros. A figura foi retirada de Daflon et al. (2007).

$T_{\text{eff}} > 35000$ K foram descartados das próximas análises e estão indicados na Tabela B.1 com o superíndice 3.

Realizada a seleção dos 292 objetos de interesse e descrita a metodologia, podemos apresentar a medida da largura a meia altura (FWHM) das linhas de He I mencionadas e aplicar o método para obtermos o $V_{\text{sin } i}$ de nossos objetos. As linhas de He I selecionadas são $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$, uma vez que a linha $\lambda 4026 \text{ \AA}$ está fora da cobertura espectral dos espectros do GES (ver Figura 9c). Ambas as linhas utilizadas possuem peculiaridades em seus perfis. A linha $\lambda 4388 \text{ \AA}$ encontra-se próxima à borda do CCD e, por essa razão, seu perfil pode-se apresentar muito ruidoso, devido à variação da sensibilidade do CCD. Nos casos em que o efeito do ruído era muito proeminente, utilizamos apenas a linha $\lambda 4471 \text{ \AA}$. A asa esquerda do perfil da linha $\lambda 4471 \text{ \AA}$ é marcada pela presença de linhas mais fracas de He I que são facilmente notadas para baixos valores de $V_{\text{sin } i}$, como pode ser visto na Figura 19. Nesses casos, os ajustes das linhas não era muito simples devido à presença de linhas espectrais mais fracas nas proximidades das asas das linhas adotadas. A medida dessas linhas geralmente foi realizada ajustando a asa vermelha da linha e espelhando-a para a asa azul. As medidas das linhas $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$ foram realizadas individualmente e manualmente com o uso da ferramenta **plot** do pacote de redução e análise de dados IRAF. Realizamos as medidas ajustando perfis de Voigt ou Lorentz e quando não era possível ajustar as linhas com nenhum desses perfis, ajustávamos a asa vermelha, como já mencionado, retornando o valor da FWHM.

De um total de 292 estrelas de nossa amostra, foi possível medir a FWHM de 280 estrelas, sendo que, dentre essas, determinamos o $V_{\text{sin } i}$ para um total de 267 estrelas. Em 27 estrelas das 267, os valores de $V_{\text{sin } i}$ obtidos das 2 linhas de He I eram muitos discrepantes entre si, gerando diferenças maiores que $\sim 10\%$. De acordo com Daflon et al. (2007) esse efeito pode ser provocado pela sensibilidade na calibração para perfis muito estreitos na linha $\lambda 4388 \text{ \AA}$, que correspondem a FWHM pequenas. Sendo assim, obtivemos $V_{\text{sin } i}$ apenas a partir da linha $\lambda 4471 \text{ \AA}$ para esses objetos. Essas estrelas estão indicados na Tabela B.1 com o superíndice (a). Dentro da nossa amostra total de 292 estrelas temos que:

- Em 11 estrelas da nossa amostra, não foi possível obtermos o $V_{\sin i}$, mesmo possuindo as medidas de FWHM, devido a problemas com o *software* de interpolação.
- Para 2 objetos, foi impossível obtermos os valores de $V_{\sin i}$ através da calibração de Daflon et al. (2007): em um dos casos, os valores das duas linhas eram negativos e, no outro, muito abaixo do esperado. Atribuímos isso às medidas de FWHM desses objetos não serem abrangidas pela calibração da rede pois em um caso a FWHM medida é menor que o limite inferior da calibração que é $V_{\sin i} = 0$ km/s e no outro a FWHM medida é maior que o limite superior da calibração que é $V_{\sin i} = 400$ km/s. Para esses objetos atribuímos suas velocidades como sendo a dos limites de nossa rede, ou seja, $V_{\sin i} = 0$ km/s e $V_{\sin i} = 400$ km/s, respectivamente.
- Para 10 estrelas da amostra estudada, as linhas de He I eram muito rasas, provavelmente devido a $V_{\sin i} > 400$ km/s (limite da nossa rede), impossibilitando a determinação do $V_{\sin i}$.
- Dois objetos possuíam linhas duplicadas e não foi possível obtermos o $V_{\sin i}$.
- Foram obtidos valores de $V_{\sin i}$ para 267 estrelas da nossa amostra e descartadas (6 estrelas) por possuírem $T_{\text{eff}} > 35000$ K, limite do método utilizado para obter $V_{\sin i}$ e (2 estrelas) por apresentarem $\log g$ fora do limite de segurança do método.
- Desse modo, a nossa amostra final constitui-se de 259 estrelas aptas para a análise subsequente de $V_{\sin i}$.

3.2 – Velocidade Radial

Há diversas formas de medir a velocidade radial (V_r) de um estrela, desde um ajuste manual das linhas, com o uso da ferramenta *splot* do IRAF medindo-se a posição do centro da linha e aplicando a equação de deslocamento Doppler, ou através de derivações de velocidades radiais por correlação cruzada.

Em nosso trabalho, utilizamos o método de correlação cruzada de espectros. Esse método é de grande eficácia pois a aplicação é de forma simples e direta e bastante utilizada em trabalhos que visam o estudo de um grande

número de objetos, como é o nosso caso. Porém, esse método requer a utilização de modelos sintéticos que reproduzam da melhor forma as características físicas dos espectros observados de cada estrela.

Neste sentido, utilizamos uma extensa biblioteca de espectros sintéticos descrita por Munari et al. (2005). Esses espectros são baseados nos modelos atmosféricos de Kurucz. A biblioteca de espectros foi criada com o intuito de realizar análises automáticas e classificação de grandes volumes de dados como, por exemplo, aqueles coletados por levantamentos espectrais e a derivação de velocidades radiais via correlação cruzada.

A grade de modelos sintéticos de Munari et al. (2005) foi calculada utilizando o código SYNTHE (Kurucz & Avrett 1981, Kurucz 1993). Os modelos atmosféricos de entrada (<http://wwwuser.oat.ts.astro.it/castelli/grids/>; Castelli e Kurucz 2003) foram calculados com base em novas funções de distribuição de opacidades (ODF), considerando as abundâncias solares de Grevesse & Sauval (1998) e incluindo melhorias na descrição da opacidade molecular.

A cobertura espectral da biblioteca de Munari et al. (2005) abrange uma faixa espectral de $\lambda 2500 \text{ \AA} - \lambda 10000 \text{ \AA}$ com o poder de resolução máximo de $R \sim 20.000$. Os espectros sintéticos são convoluídos para variados valores de velocidades rotacionais, abrangendo 14 velocidades entre 0 e 500 km/s para o caso de estrelas mais quentes ($T_{\text{eff}} > 6000 \text{ K}$) e 11 valores entre 0 e 100 km/s para os mais frios ($T_{\text{eff}} \leq 6000 \text{ K}$). Os valores de gravidade superficial estão dentro da faixa de $\log g = 0 - 5.0$ com passo de 0.5. Essas e outras características dos espectros da biblioteca estão descritas na Tabela 4. Através da combinação desses parâmetros citados anteriormente, os autores geraram cerca de 51.228 espectros sintéticos onde cada um fornece seis diferentes combinações de resolução e duas variedades de fluxo, uma com unidades absolutas e outra com intensidades normalizadas, que é a utilizada em nosso trabalho. De acordo com os autores, a biblioteca foi desenvolvida para aplicações espectroscópicas e apresenta problemas para usos fotométricos a temperaturas mais baixas e/ou comprimentos de onda mais curtos. Na Figura 22 podemos ver uma comparação entre os espectros sintéticos de Munari et al. (2005) com espectros de estrelas conhecidas.

As medidas de velocidades radiais foram feitas utilizando a ferramenta **fxcor** selecionando os espectros da biblioteca que possuíam $V \sin i$, T_{eff} e $\log g$

semelhantes aos medidos em nossos objetos. A região espectral utilizada foi a correspondente a configuração HR5, que abrange as linhas utilizadas para medirmos a V_r (He I $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$) e as linhas de Si III $\lambda 4552.6 \text{ \AA}$, $\lambda 4567.8 \text{ \AA}$ e $\lambda 4574.8 \text{ \AA}$. Sempre que possível, utilizávamos essas cinco linhas pois eram as que possuíam uma maior intensidade e resistiam aos efeitos do $V_{\sin i}$. Porém, para altos valores de $V_{\sin i}$ as linhas tornavam-se muito rasas, restando apenas as mais intensas que resistiam ao efeito da alta rotação que foram as linhas He I $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$.

Para 280 estrelas de nossa amostra, foi possível medir a V_r , utilizando as linhas já mencionadas acima considerando o critério de que o índice de correlação (R^2) dos espectros sintéticos com os de nossas estrelas seja > 0.75 . O índice R^2 corresponde ao grau de dispersão da curva dos espectros sintéticos em relação aos espectros observados, e apresenta valores que variam entre 0 – 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor o ajuste. Em 10 objetos de nossa amostra, não foi possível medirmos a V_r porque todas as linhas utilizadas eram muito rasas, provavelmente devido a altos valores de rotação.

As velocidade radiais obtidas aqui já estão no referencial do Sol, uma vez que a redução automática dos dados observados já inclui a correção heliocêntrica como uma das etapas do procedimento padrão. Os valores de V_r estão listados na Tabela B.1.

Tabela 4: Intervalo de parâmetros atmosféricos explorados pela biblioteca de espectros sintéticos de Munari et al. (2005).

Temperature (K)	$3500 \leq T_{\text{eff}} \leq 47\,500$	Steps of 250 K for $T_{\text{eff}} \leq 10\,000$ K; proportionally larger for higher T_{eff}
Gravity (cgs units)	$0.0 \leq \log g \leq 5.0$	-----
Metallicity	$-2.5 \leq [M/H] \leq +0.5$	-----
Rotation velocity (km/s)	$0 \leq V_{\text{rot}} \leq 500$	0, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100 for $T_{\text{eff}} \leq 6000$ K 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 for $T_{\text{eff}} > 6000$ K
Alpha-Enhancement	$[\alpha/\text{Fe}] = 0.0, +0.4$	$[\alpha/\text{Fe}] = +0.4$ for $[M/H] = -0.5, -1.0, -1.5$
Micro-turbulent velocity (km s ⁻¹)	$\xi = 1, 2, 4$	1 and 4 km/s for $[\alpha/\text{Fe}] = +0.4$
ODFs	New	Old where new ones not yet available Predicted lines
Predicted lines	excluded	-----

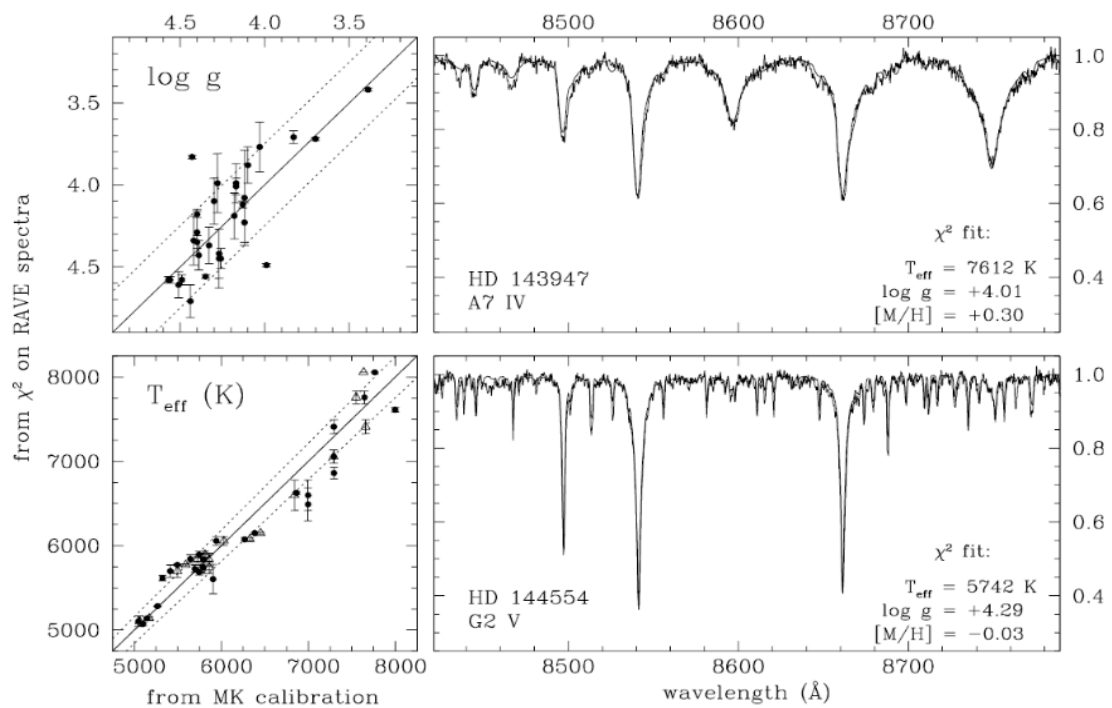


Figura 22: Comparação de espectro sintético da biblioteca de Munari et al. (2005) com estrelas conhecidas, para $R = 8500$. Os painéis da esquerda mostram os resultados da χ^2 do ajuste em gravidade e temperatura de espectros de duas estrelas de campo. As linhas pontilhadas representam margens de $\pm 3\%$ em T_{eff} e $\pm 0,25$ dex em gravidade. As barras de erro em cada ponto representam o espalhamento nos resultados da χ^2 de três espectros diferentes do mesmo objeto obtidos em diferentes noites. Nos painéis da direita, exemplos de comparação entre espectros observados e sintéticos são fornecidos para as duas estrelas. Os valores de T_{eff} , $\log g$ e metalicidade obtidos para a menor χ^2 são dados na figura.

Capítulo 4

Resultados e Análises

Neste capítulo iremos apresentar os resultados obtidos através da metodologia proposta no Capítulo 3.

4.1 – Velocidade Rotacional Projetada

Como apresentado no capítulo 3, obtivemos o $V_{\sin i}$ para 259 estrelas da nossa amostra a partir das medidas de FWHM das linhas de He I $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$. As demais estrelas foram excluídas de nossa análise subsequente por diversos motivos: linhas de He I muito rasas (10 estrelas), problemas com a interpolação de FWHM (11 estrelas), $T_{\text{eff}} > 35000 \text{ K}$, ou seja, acima do limite da rede (6 estrelas), FWHM fora do limite da calibração adotada (2 estrelas), possível binaridade (2 estrelas) ou $\log g$ fora do limite de segurança do método (2 estrelas). Nossas medidas de FWHM e $V_{\sin i}$ das duas linhas de He I, assim como a média e dispersão, estão listadas na Tabela B.1.

Apresentamos na Figura 23 uma comparação entre os valores obtidos individualmente para as duas linhas de He I $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$. Na Tabela 5 apresentamos os dados do ajuste linear apresentado na Figura 23: A corresponde ao coeficiente angular da reta; R^2 o coeficiente de correlação, que indica o grau de dispersão dos pontos e que varia entre 0 – 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor é o ajuste; e N, o número de objetos (que possuem o $V_{\sin i}$ medido para as duas linhas). Concluimos, portanto, que os valores de $V_{\sin i}$ obtidos para as linhas He I $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$ estão de bom acordo entre si. Nas análises subsequentes utilizaremos os valores médios de $V_{\sin i}$ calculados a partir dos valores de $V_{\sin i}$ individuais de cada linha que apresentam diferenças inferiores a 10%.

Tabela 5: Dados de ajuste linear da comparação entre os valores de $V_{\sin i}$ obtidos para duas linhas espectrais de He I.

	A	R^2	N
$\lambda 4388 \text{ x } \lambda 4471$	1	0,99	252

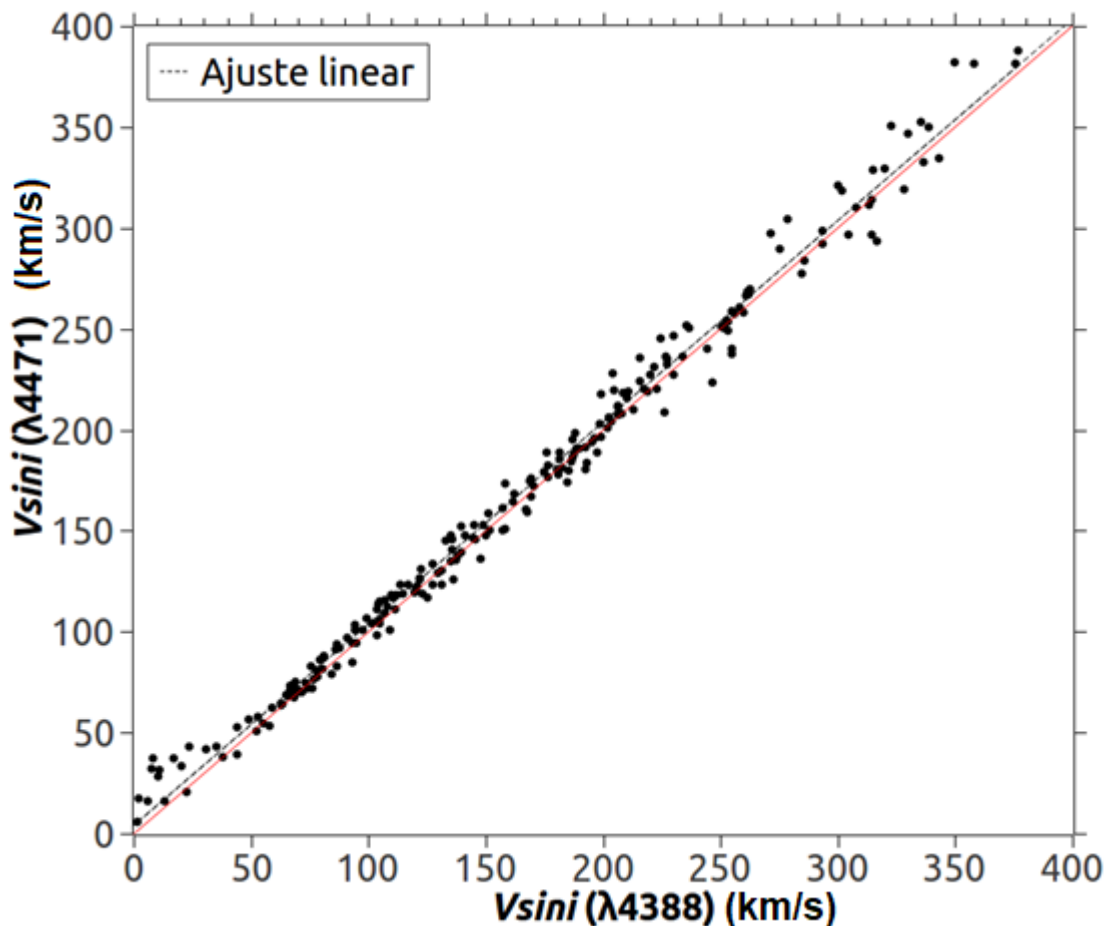


Figura 23: Comparação entre os valores de $V \sin i$, em km/s, obtidos para duas linhas espectrais de He I. A linha em vermelho corresponde a igualdade e a linha tracejada ao ajuste linear. A diferença média entre as duas linhas é de aproximadamente 5 km/s.

Na Figura 24 apresentamos graficamente o comportamento de $V \sin i$ médio calculado para intervalos de temperatura de 3000 K. Notamos que os valores de $V \sin i$ mais altos foram obtidos para o intervalo $14000 \text{ K} \leq T_{\text{eff}} < 20000 \text{ K}$ enquanto que para temperaturas mais altas há uma diminuição do $V \sin i$ com um comportamento oscilatório do $V \sin i$. Como mostrado na Figura 11, é justamente nesse intervalo de temperatura que há a maior concentração de estrelas da nossa amostra, de modo que esse comportamento no $V \sin i$ pode ser artificial, ocasionado por uma maior concentração de estrelas com baixas temperaturas.

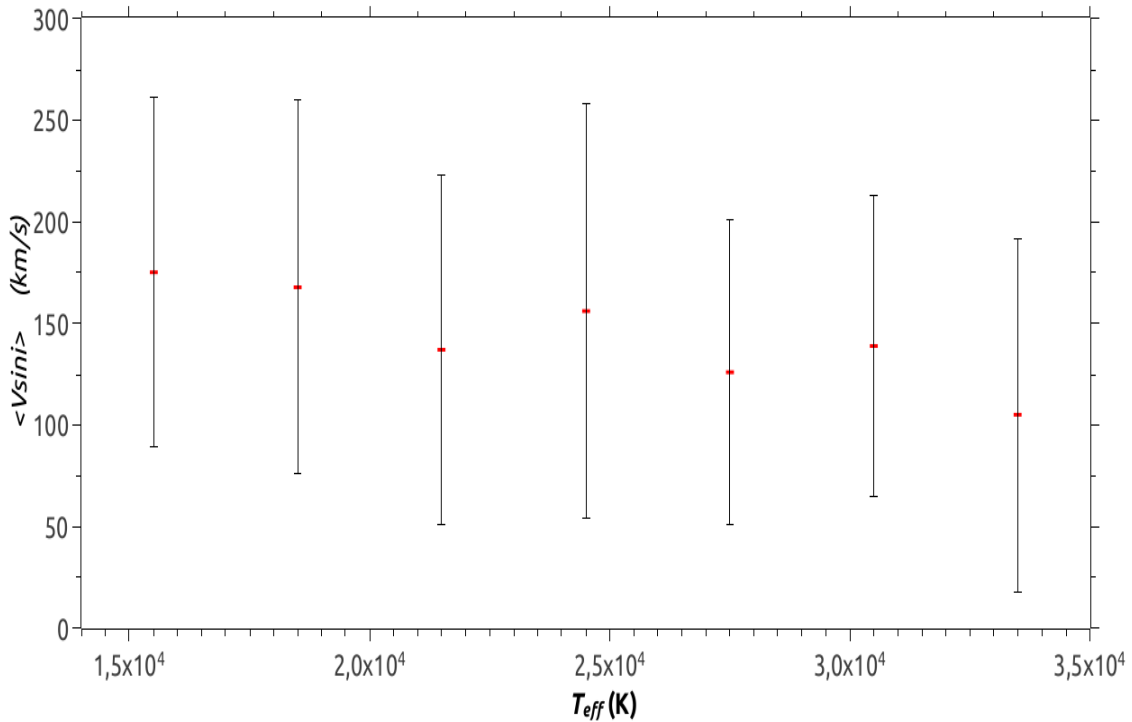


Figura 24: Distribuição de $V_{\sin i}$ médio em função da T_{eff} para estrelas de nossa amostra.

Uma análise similar é apresentada na Figura 25, levando em consideração o *Tipo espectral*. Entretanto, muitas estrelas da nossa amostra não têm classificação espectral disponível. Dessa forma, foi necessário primeiro realizar a classificação espectral das estrelas de nossa amostra. Optamos por fazer uma classificação espectral definida por limites de T_{eff} . Para isso, nos baseamos na classificação espectral realizada para a amostra de 273 estrelas O9-B6 de Bragança et al. (2012) e obtivemos a média e o desvio padrão da T_{eff} respectiva a cada tipo espectral (Tabela 6). Com base nesses valores, atribuímos classes espectrais aos nossos objetos, como listado na Tabela B.1. Para os casos em que os valores T_{eff} coincidem entre os tipos espectrais, atribuímos a estrela o tipo espectral de maior T_{eff} , por exemplo, se a T_{eff} estiver entre os tipos espectrais B5 e B4 a classificação será atribuída a essa estrela como sendo de tipo espectral B4.

Tabela 6: Relação entre Tipo espectral e T_{eff} obtida para a amostra de estrelas OB de Bragança et al. (2012).

Tipo espectral	$\langle T_{\text{eff}} \rangle$	Desvio padrão	N
B6	15635	435	33
B5	16403	1337	15
B4	16880	899	17
B3	18109	1427	34
B2	20400	2250	85
B1	25725	1982	47
B0	30792	1308	7
O9	32555	3141	21

A Figura 25 apresenta um comportamento semelhante ao apresentado pela Figura 24, onde o valor médio de $V_{\text{sin } i}$ é maior para tipos espectrais mais frios, entre B6 – B4, e decrescendo para estrelas mais quentes, de tipo espectral B3 – O9. Através desse gráfico observamos a mesma tendência encontrada anteriormente, porém nesse caso não há um número maior de estrelas para os tipos espectrais B6 – B4 que indiquem que o comportamento é ocasionado por haver um maior número de estrelas em regiões de mais baixa temperatura.

A distribuição de $V_{\text{sin } i}$ para 259 estrelas de nossa amostra pertencentes a região de Carina pode ser vista na Figura 26. Nossos resultados apontam para um pico da distribuição de $V_{\text{sin } i}$ em torno de 100 – 150 km/s, valor típico para estrelas de tipo OB. É nessa região que encontra-se a moda da distribuição, representando 21% da amostra. É relevante destacar a presença de uma maior concentração de objetos deslocados para regiões de alta velocidade, com $V_{\text{sin } i}$ entre 100 – 400 km/s, representando um percentual de 67% de estrelas da nossa amostra, e uma concentração menor de estrelas com baixa rotação. Esta tendência – maior concentração de estrelas com altas velocidades rotacionais – é típica de estrelas membros de aglomerados e associações, em comparação a estrelas do campo, segundo Wolff et al. (2007) e Huang & Gies (2006). O fato das estrelas (provavelmente) pertencerem a um aglomerado foi um critério de seleção da amostra: já era esperado que, em sua grande maioria, as estrelas estudadas sejam membros de aglomerados. Caso haja contaminadores na

amostra, ou seja estrelas de campo, não é possível notar através da distribuição de $V_{\sin i}$ uma influência significativa. Apresentaremos na Seção 4.1.2 uma análise individual da distribuição de $V_{\sin i}$ para as estrelas membros e candidatas a membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

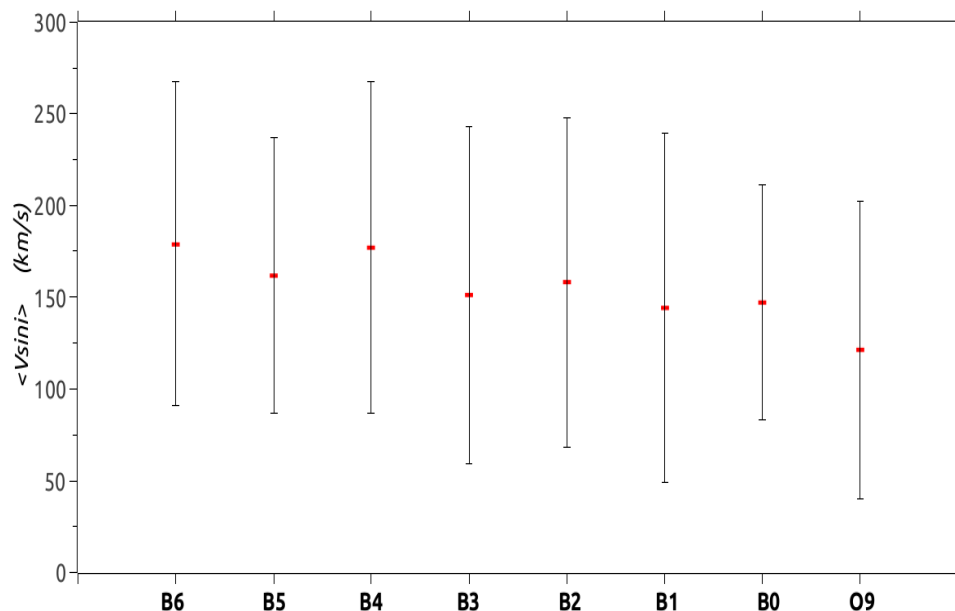


Figura 25: Distribuição de $V_{\sin i}$ em função do Tipo espectral de estrelas B6 –O9 da região de Trumpler 14.

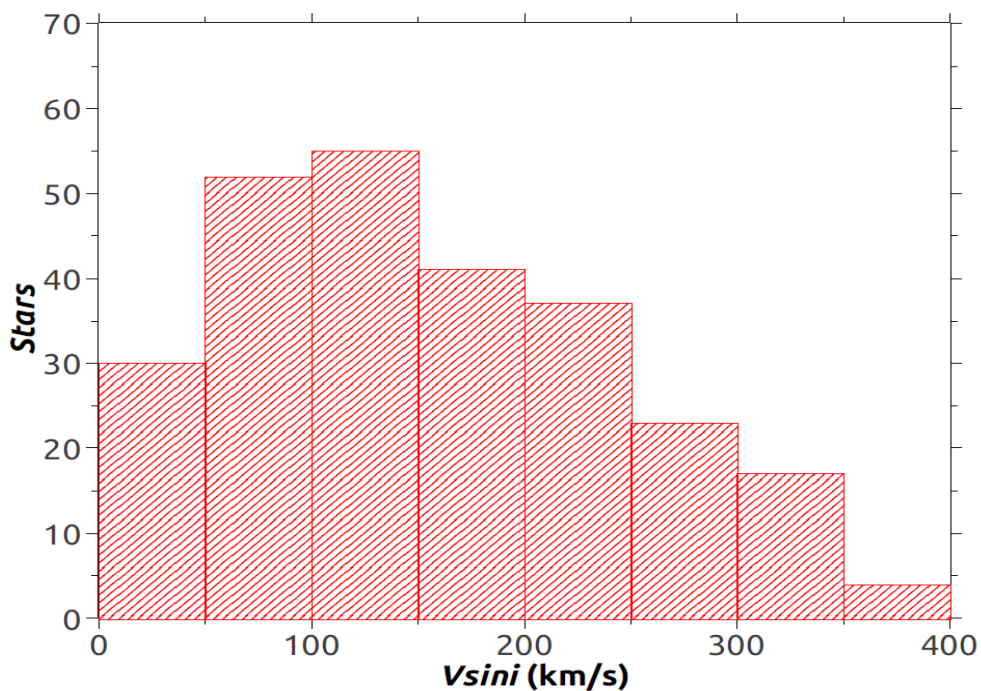


Figura 26: Distribuição das velocidades rotacionais projetadas, na unidade de km/s, da região de Trumpler 14. A distribuição de $V_{\sin i}$ apresenta um pico entre 100 - 150 km/s, típico de estrelas OB.

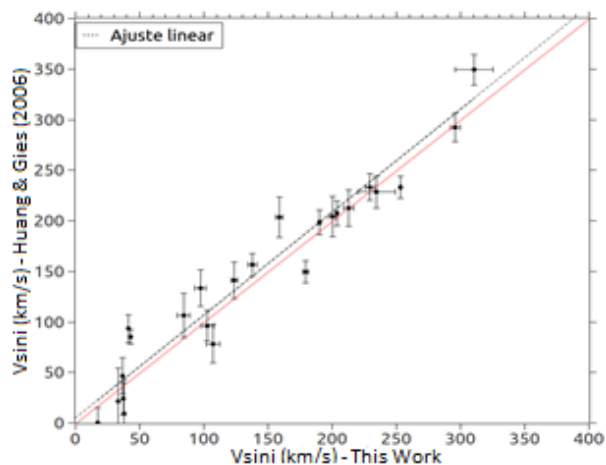
4.1.1 – Comparação com a Literatura

Para verificar nossos resultados, efetuamos a comparação dos $V_{\sin i}$ determinados nesse trabalho com aqueles encontrados na literatura. A Figura 27 apresenta as comparações com os trabalhos de Huang & Gies (2006) (Figura 27a), Hanes et al. (2018) (Figura 27b) e o Grupo de Colaboradores do GES do Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC, Figura 27c). A reta em vermelho representa a igualdade e a reta tracejada representa o ajuste linear. As estrelas em comum entre nosso trabalho e o de Huang & Gies (2006) pertencem aos aglomerados abertos Tr14 e Tr16.

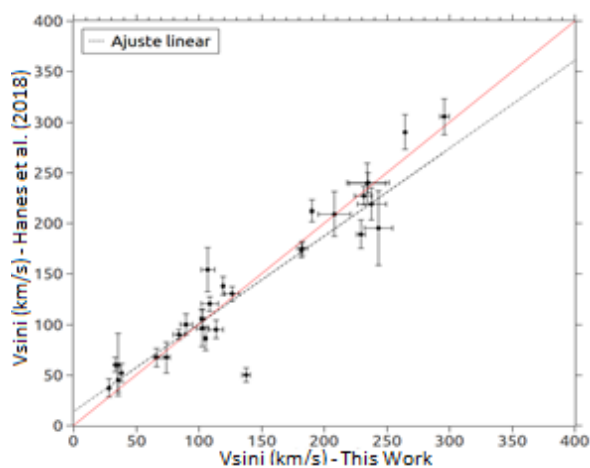
Apresentamos na Tabela 7 os parâmetros estatísticos A , R^2 e N da comparação entre nossos resultados e os encontrados na literatura. Podemos notar uma boa concordância entre nossos resultados com os encontrados na literatura. Devemos salientar que o método aplicado por Huang & Gies (2006) e Hanes et al. (2018) é similar ao nosso, baseado em linhas de He I 4026, 4388 e 4471 para determinar o $V_{\sin i}$, já os Colaboradores do IAC utilizam a transformada de Fourier baseado em linhas de He I para determinar o $V_{\sin i}$.

Tabela 7: Dados de ajuste linear da comparação entre os nossos valores de $V_{\sin i}$ com a literatura.

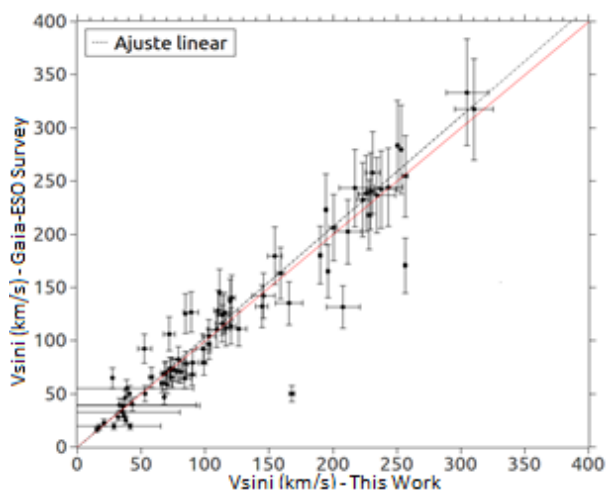
	A	R^2	N
Huang & Gies (2006)	1,01	0,92	24
Hanes et al. (2018)	0,87	0,91	31
GES	1,04	0,95	81



(a) $V_{sin i}$ desse trabalho X Huang & Gies (2006)



(b) $V_{sin i}$ desse trabalho X Hanes et al. (2018)



(c) $V_{sin i}$ desse trabalho X Gaia-ESO Survey

Figura 27: Comparação entre $V_{sin i}$, em km/s encontrados nesse trabalho com os encontrados na literatura. A reta em vermelho representa a igualdade e a reta tracejada o ajuste linear. A comparação mostra que existe um bom acordo entre as análises com um erro típico dentro de 10%.

4.1.2 – Aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228

Para realizarmos a análise das distribuições de $V_{sin i}$ individuais dos aglomerados, é preciso separar as estrelas membros de cada aglomerado. Um estudo completo de pertinência da região de Carina ainda não está disponível na literatura. Apenas algumas estrelas possuem medidas de velocidade radial e movimento próprio que permitiriam a definição da probabilidade de pertinência das estrelas, como citado na Seção 2.4. Os resultados do DR2 do satélite Gaia foram utilizados para auxiliar um refinamento das estrelas membros e candidatas a prováveis membros para a retirada de possíveis objetos discrepantes, interpretados como estrelas de campo que podem estar contaminando a amostra. Os valores médios de $V_{sin i}$ e os números de estrelas para cada aglomerado estão demonstrados na Tabela 8.

Apresentamos na Figura 28 o gráfico de $\log(idade) \times \langle V_{sin i} \rangle$ comparando nossos resultados com os demonstrados por Huang & Gies (2006). Através do gráfico podemos notar que nossos resultados estão de acordo com os obtidos por Huang & Gies (2006) porém não notamos nenhuma tendência significativa.

Tabela 8: Resultados estatísticos de $V_{sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

Aglomerado	$\langle V_{sin i} \rangle$ Km/s	σ	N	Log(idade) anos
Trumpler 14	163	86	33	6.828
Trumpler 15	150	90	19	6.926
Trumpler 16	170	97	62	6.788
Collinder 228	127	77	25	6.830

Apresentamos na Figura 29 as distribuições individuais de $V_{sin i}$ para os 4 aglomerados estudados. Dentre as distribuições, os aglomerados Tr14 e Tr16 são os que mais se destacam por apresentarem a maior concentração de estrelas em regiões de mais alto $V_{sin i}$ com picos em torno 150 – 200 km/s, para Tr14, e pico duplo em 100 – 150 km/s e 200 – 250 km/s, para Tr16. Para Coll228, o pico da distribuição está deslocado para regiões de mais baixo $V_{sin i}$ com picos em torno 50 – 100 km/s com uma diminuição de estrelas à medida que aumenta

o $V_{\sin i}$. Já Tr15 apresenta uma distribuição com picos modestos em regiões de altos e baixos $V_{\sin i}$, com picos entre 50 – 100 km/s e 150 – 200 km/s.

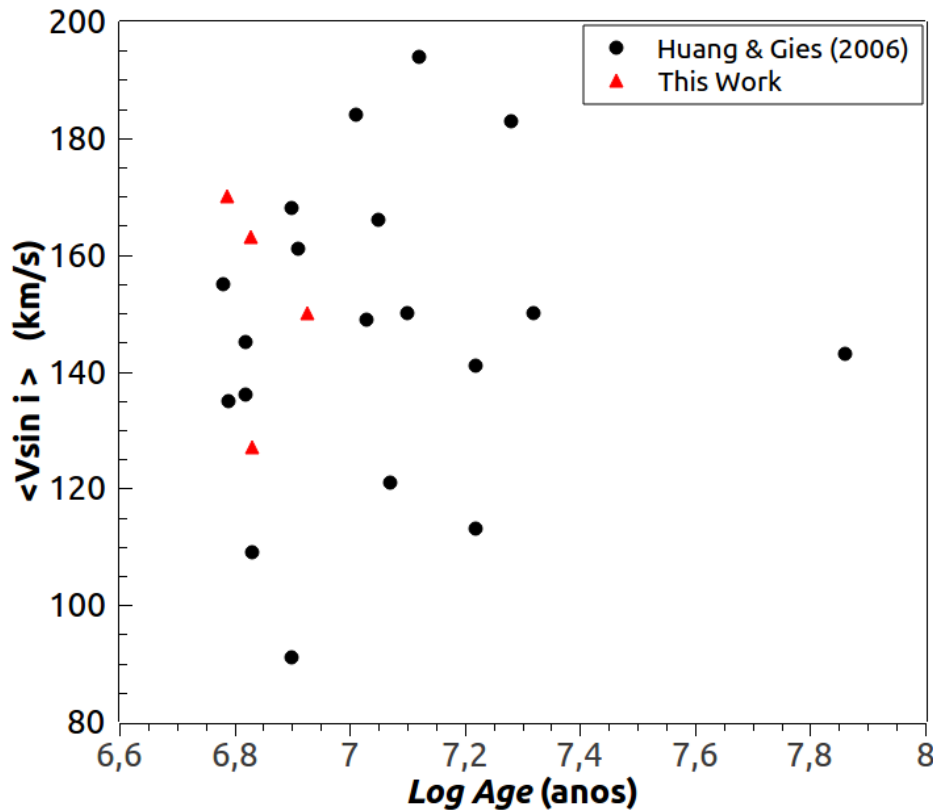


Figura 28: Gráfico de log(idade) x $\langle V_{\sin i} \rangle$ comparando os resultados de nossos aglomerados com os aglomerados apresentados por Huang & Gies (2006).

Na Figura 30 apresentamos o gráfico da distribuição cumulativa de $V_{\sin i}$ comparando as distribuições dos 4 aglomerados estudados. Realizamos o teste estatístico Kolmogorov-Smirnov (K-S), Tabela 9, e rejeitamos a hipótese nula considerando que o aglomerado Tr16 e Coll228 provém de uma mesma distribuição com uma confiança superior a 90%. Com respeito a comparação entre os demais aglomerados, não podemos rejeitar a hipótese nula, logo não podemos afirmar nada com precisão.

Tabela 9: Valores estatísticos do teste Kolmogorov-Smirnov

Aglomerados	Statistic	Pvalue
Tr14 - Tr15	0.16427432216905899	0.87038444646050295
Tr14 - Tr16	0.13214108296075511	0.82151605070064082
Tr14 - Coll228	0.29454545454545455	0.13884917072717867
Tr15 - Tr16	0.18464193270060394	0.66040486347141281
Tr15 - Coll228	0.23578947368421055	0.52649990099297328
Tr16 - Coll228	0.30426229508196723	0.059493429795889112

Na Figura 31 comparamos as distribuições individuais de $V_{sin i}$ dos 4 aglomerados estudados com as distribuições de $V_{sin i}$ para estrelas do campo e de aglomerado apresentadas por Abt et al. (2002) e Huang & Gies (2006), respectivamente. Nessa comparação podemos notar que as distribuições de $V_{sin i}$ de todos os aglomerados aqui estudados apresentam comportamento similar à distribuição de $V_{sin i}$ para as estrelas de tipo espectral B de aglomerados estudados por Huang & Gies (2006). Já os aglomerados Tr14, Tr15 e Tr16 se destacam por apresentar uma distribuição de $V_{sin i}$ para regiões de mais altas velocidades superior a apresentada por estrelas de aglomerados e uma distribuição de $V_{sin i}$ para regiões de mais baixa velocidade, inferior a apresentada por estrelas de aglomerados e do campo. O aglomerado Coll228 apresenta uma maior porcentagem de estrelas em regiões de baixas velocidades entre 50 a 100 km/s muito superior às apresentadas pelas distribuição de estrelas de campo porém uma porcentagem muito inferior as distribuições de estrelas de campo e aglomerados para velocidades entre 0 a 50 km/s.

Apresentamos na Figura 32 a comparação da distribuição de $V_{sin i}$ individual dos 4 aglomerados estudados com a distribuição de $V_{sin i}$ para estrelas de tipo espectral B das regiões do campo, de aglomerados densos e de aglomerados de baixa densidade apresentado por Wolf et al. (2007) demonstrado na Figura 6. As distribuições de $V_{sin i}$ de Wolf et al. (2007) para regiões de baixa densidade e de estrelas do campo apresentam uma porcentagem significativamente grande, entre 30 e 40 %, em regiões de baixas velocidades entre 0 e 50 km/s diferentemente do que é apresentado pelas distribuições dos 4 aglomerados estudados. As distribuições de $V_{sin i}$ para regiões de baixas velocidades entre 0 e 50 km/s dos aglomerados estudados apresentam similaridades com a distribuição da região de maior densidade com uma porcentagem variando entre 9 e 16 %. Todos os aglomerados estudados apresentam uma maior semelhança com a distribuição de $V_{sin i}$ para regiões de mais alta densidade com destaques para os aglomerados Tr14, Tr15 e Tr16 que apresentam uma porcentagem superior para as regiões de alta velocidade com $V_{sin i} > 150$ km/s. Já o aglomerado Coll228 para regiões de $V_{sin i}$ entre 100 a 250 km/s apresenta um comportamento semelhante a região de alta densidade.

Por último comparamos nossos resultados com a distribuição de $V_{\sin i}$ de estrelas de tipo espectral OB de aglomerados abertos e associações OB estudadas pelo trabalho de Bragança et al. (2012). Esta comparação é apresentada na Figura 33. As distribuições de $V_{\sin i}$ de aglomerados abertos e associações OB apresentadas em Bragança et al. (2012) possui uma grande concentração de estrelas com baixos $V_{\sin i}$ diferentemente da distribuição de $V_{\sin i}$ dos aglomerados estudados nesse trabalho. As distribuições de $V_{\sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15 e Tr16 mostram um comportamento semelhante às distribuições de $V_{\sin i}$ para estrelas de associações OB. Já Coll228 apresenta um comportamento semelhante as distribuições das estrelas pertencentes à associações OB para regiões de $V_{\sin i}$ entre 100 a 250 km/s.

Não foi possível realizarmos o teste K-S dos resultados de nossas distribuições para as destruições das Figuras 33 a 35 porque não temos acesso as distribuições completas dos respectivos trabalhos.

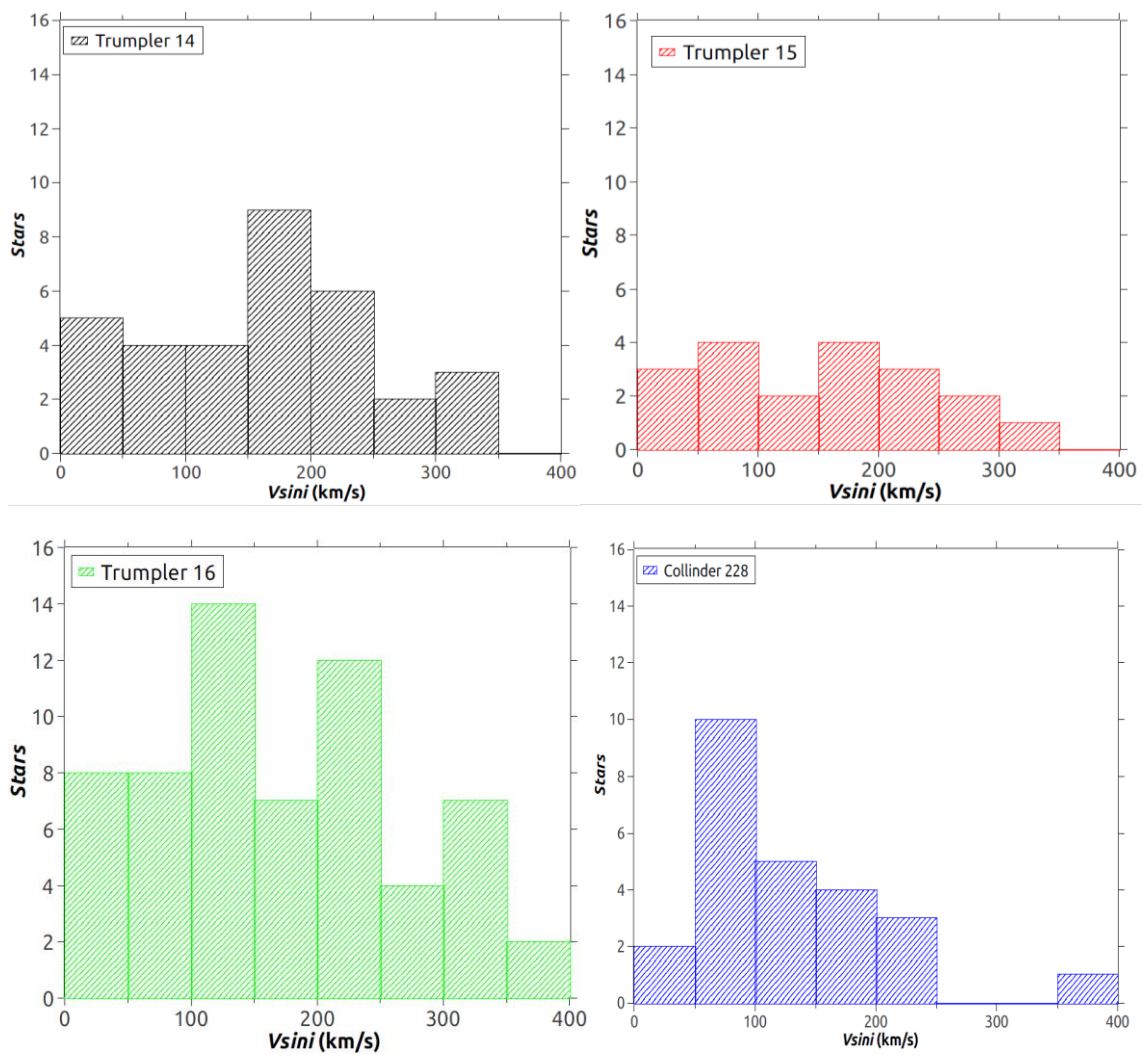


Figura 29: Distribuição de $V_{\text{sin } i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

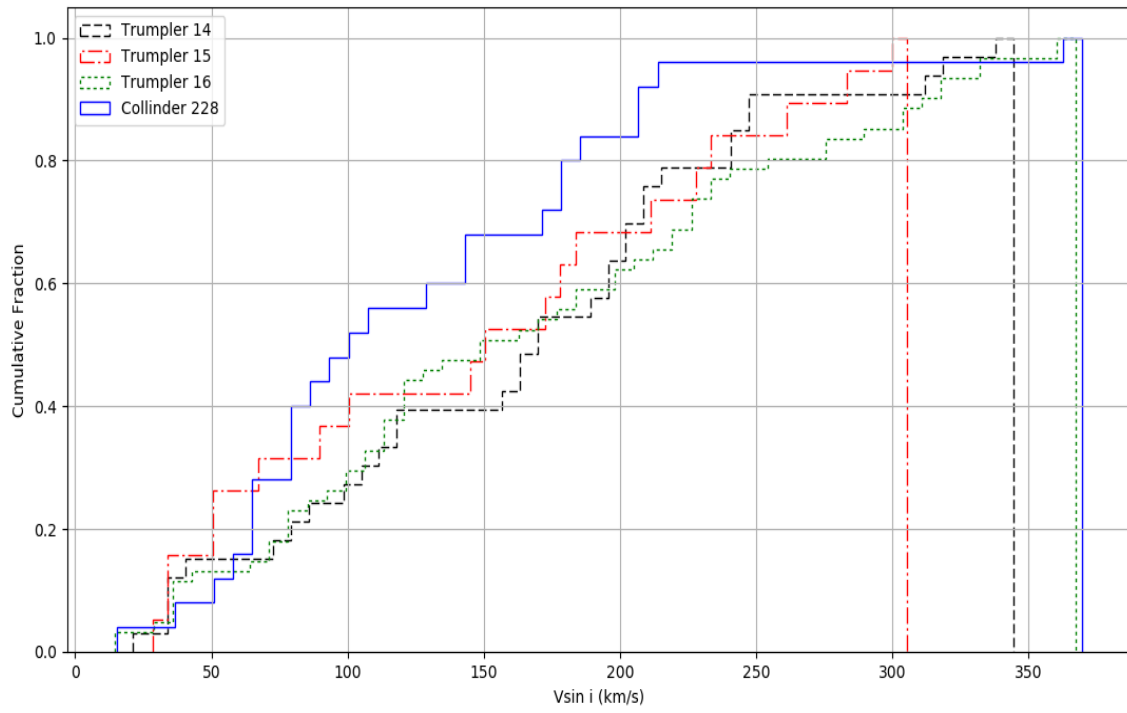


Figura 30: Distribuição cumulativa de $V \sin i$ das estrelas dos 4 aglomerados estudados.

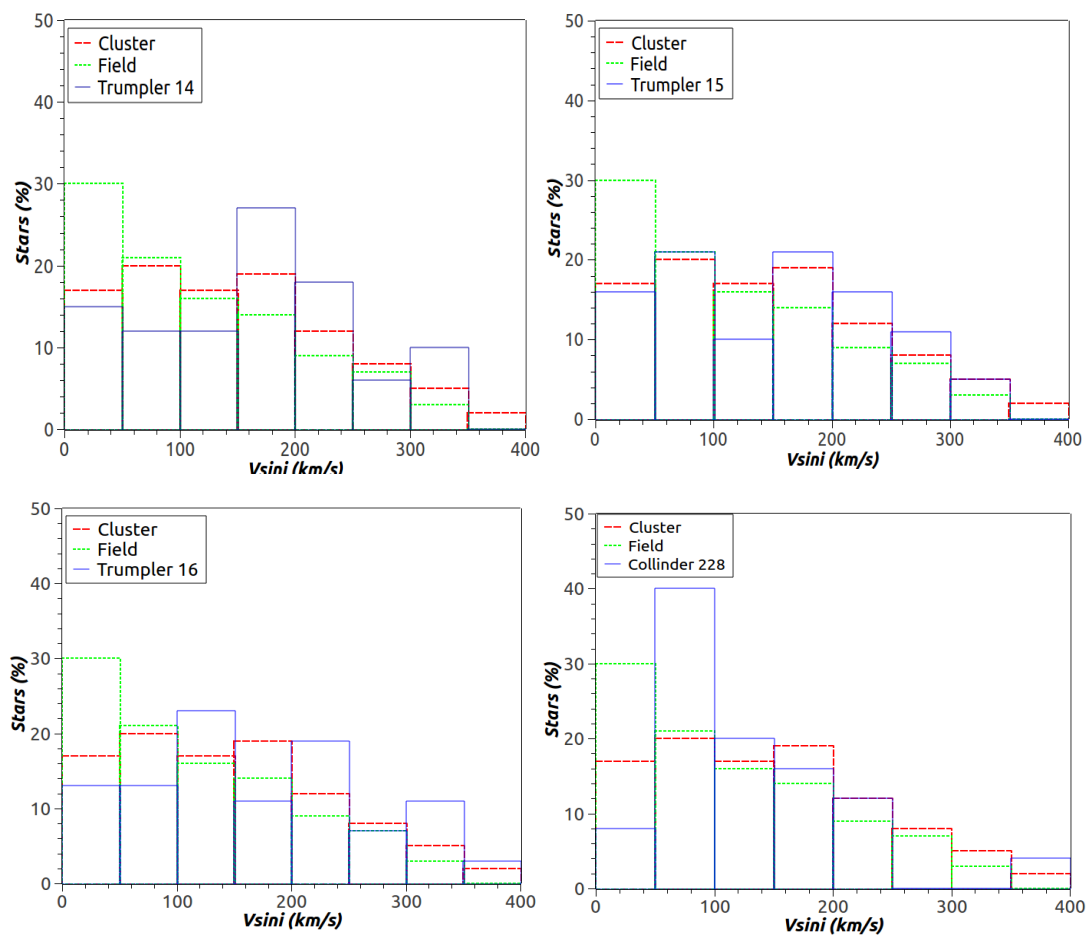
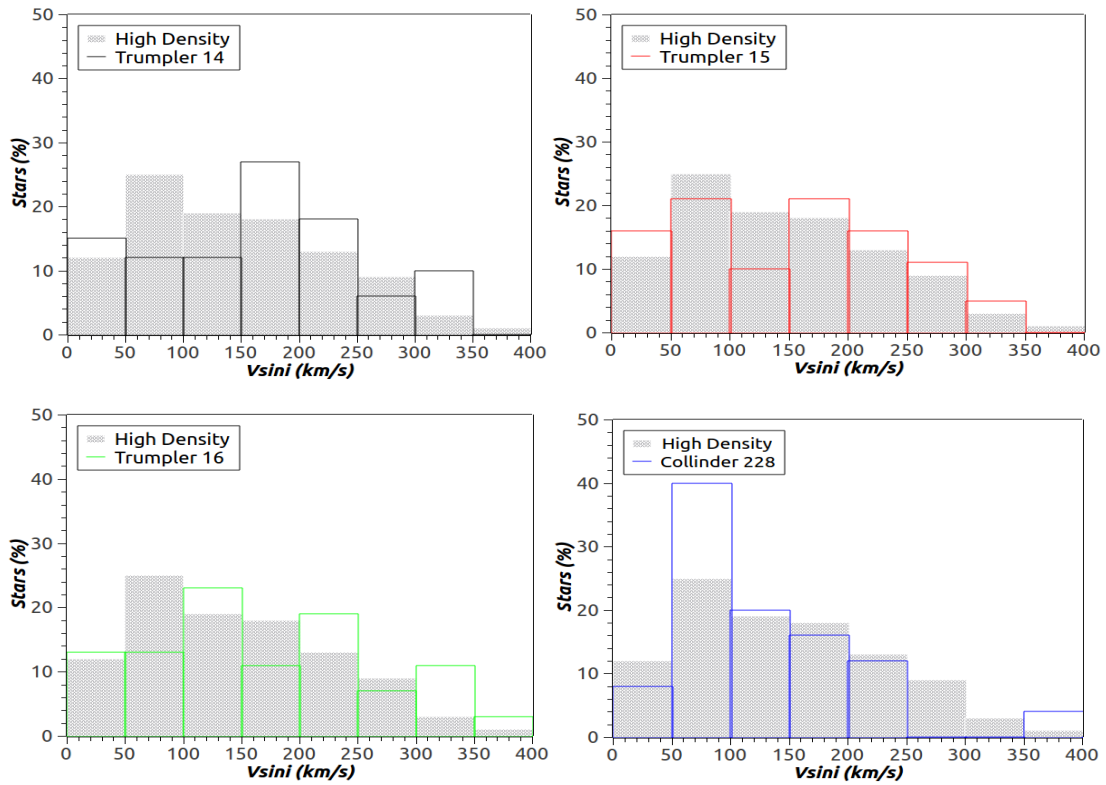
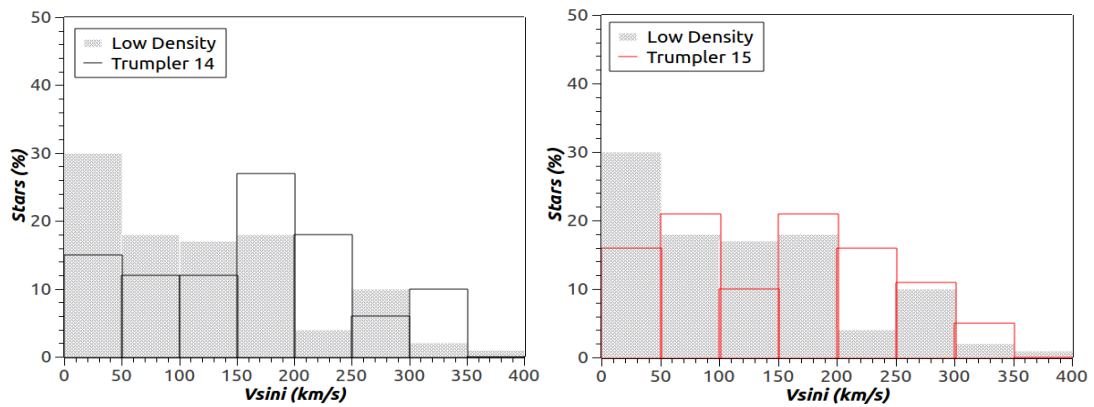
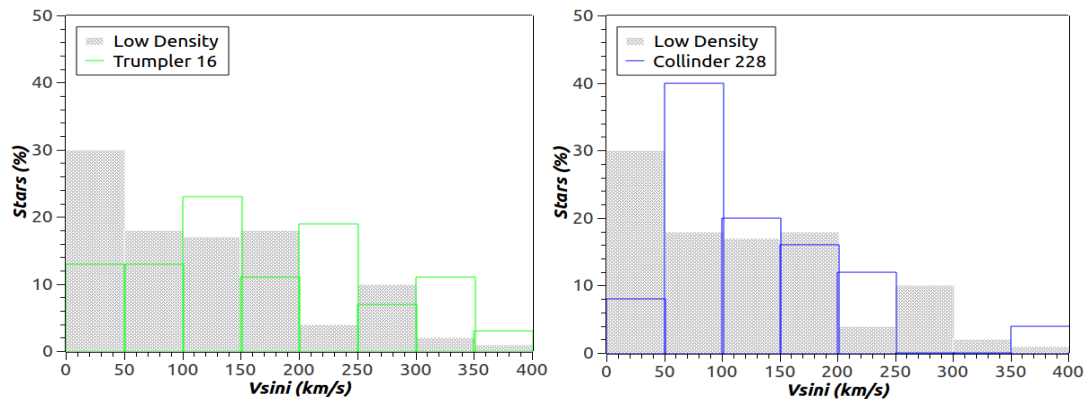


Figura 31: Comparação das distribuições de $V_{\sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228 (linha azul) com estrelas de tipo B do campo (linha verde) e de aglomerado (linha vermelha) estudadas por Huang & Gies (2006) e Abt et al. (2002).



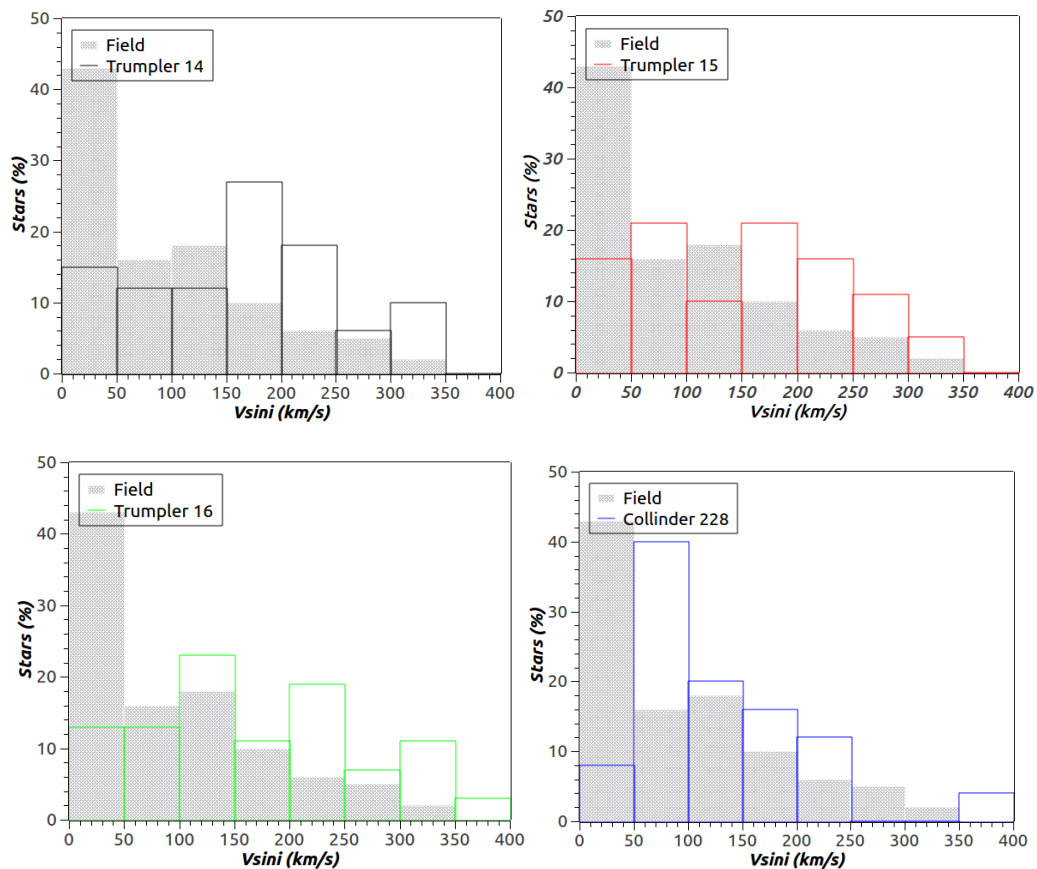
(a) Comparação entre estrelas de aglomerados de alta densidade e Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.





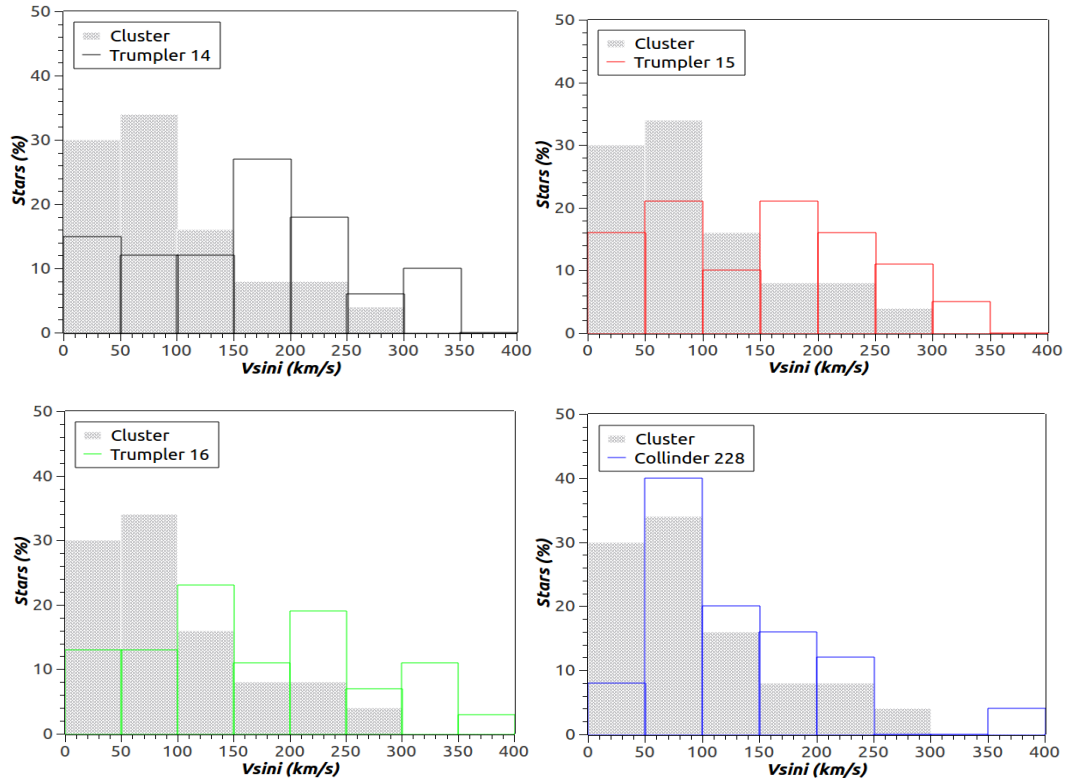
(b) Comparação entre estrelas de aglomerados de baixa densidade e Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

Figura 32: Comparação da distribuição de $V_{sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228 com a distribuição de $V_{sin i}$ para estrelas de aglomerados de alta densidade, aglomerados de baixa densidade e estrelas de campo, menor densidade realizado por Wolff et al. (2007).

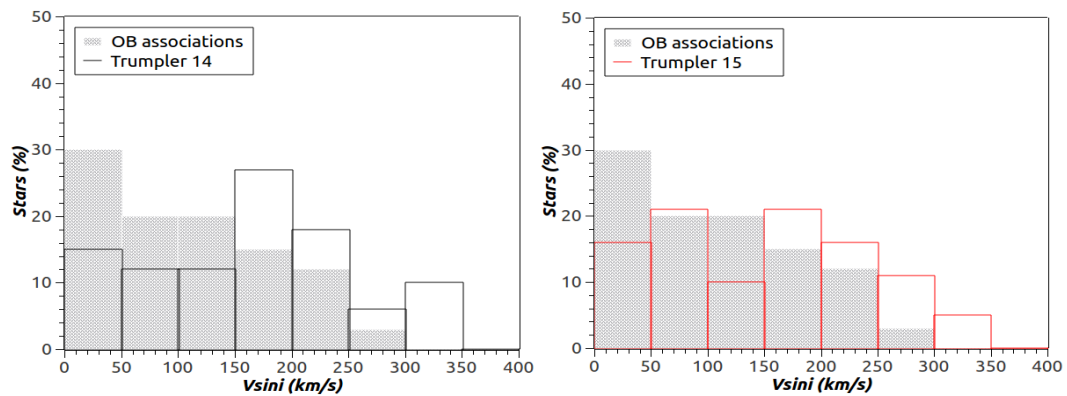


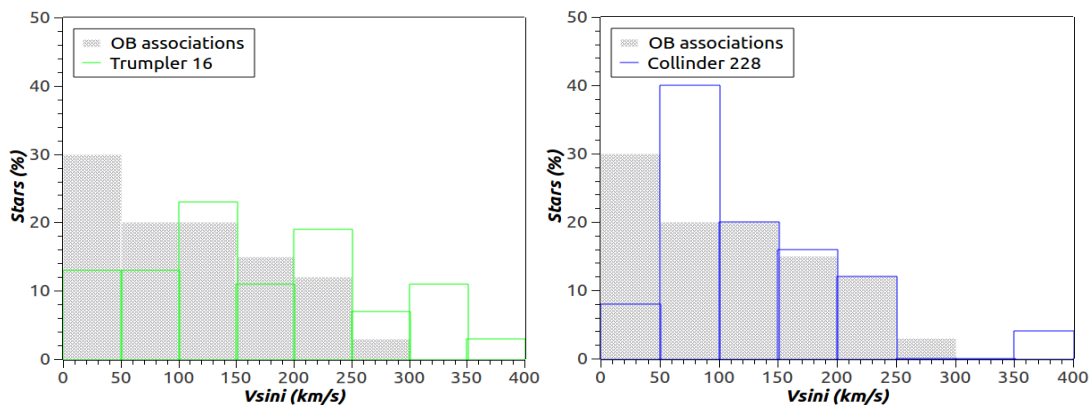
(c) Comparação entre estrelas do campo e Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

Figura 32: Continuação da Figura 32.



(a) Comparação entre estrelas de aglomerados e Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.





(b) Comparação entre estrelas de associações OB e Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

Figura 33: Comparação da distribuição de $V_{sin i}$ dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228 com a distribuição de $V_{sin i}$ para estrelas de aglomerados abertos e estrelas de associações OB de Bragança et al. (2012).

4.2 – Velocidade Radial

Obtivemos medidas de V_r heliocêntrica para 280 estrelas da nossa amostra a partir do desvio Doppler das linhas de He I $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471 \text{ \AA}$ e linhas de Si III $\lambda 4552.6 \text{ \AA}$, $\lambda 4567.8 \text{ \AA}$ e $\lambda 4574.8 \text{ \AA}$. As demais estrelas foram excluídas de nossa análise subsequente por apresentarem as linhas de He I e Si III muito rasas (10 estrelas) ou apresentarem linhas duplicadas, sinal de binaridade SB2 (2 estrelas). Nossos resultados de V_r heliocêntrica estão listados na Tabela B.1.

Demonstramos nossos resultados graficamente através da Figura 34. O pico da distribuição de velocidades radiais está localizado entre -11 e 1 km/s demonstrando uma tendência para a distribuição de V_r das estrelas da região de Carina, por se tratar de estrelas de uma mesma região, na qual estão situados os 4 aglomerados abertos estudados. Dentro desse intervalo de velocidades, encontram-se 61% dos objetos estudados, o que reflete no fato de que as velocidades radiais das estrelas dessa região são muito semelhantes, provavelmente reforçando a pertinência das estrelas aos aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228 (uma análise individual de V_r dos aglomerados é apresentada na seção 4.2.2). Outro indicativo de que as estrelas estudadas estão ligadas aos aglomerados estudados é que cerca de 93% dos objetos possuem V_r entre -25 e +15 km/s (Damiani et al. 2017), demonstrando uma concentração muito alta de objetos com velocidades radiais muito próximas. As demais estrelas da amostra (~7%) apresentam velocidades radiais fora do desse intervalo, o que pode ser atribuído a estrelas binárias ou candidatas a binárias,

como aquelas já mencionadas anteriormente na Tabela 3. Outro tipo de estrelas que podem apresentar altos valores de V_r são as estrelas que foram expulsas de seu local de origem por algum processo muito energético como a explosão de uma supernova (estrelas *runaway*), fazendo com que esses objetos possuam altas velocidades radiais mesmo pertencendo ao aglomerado. Além disso, alguns desses objetos com velocidades radiais discrepantes podem ser simplesmente estrelas do campo que não pertencem à região de Carina.

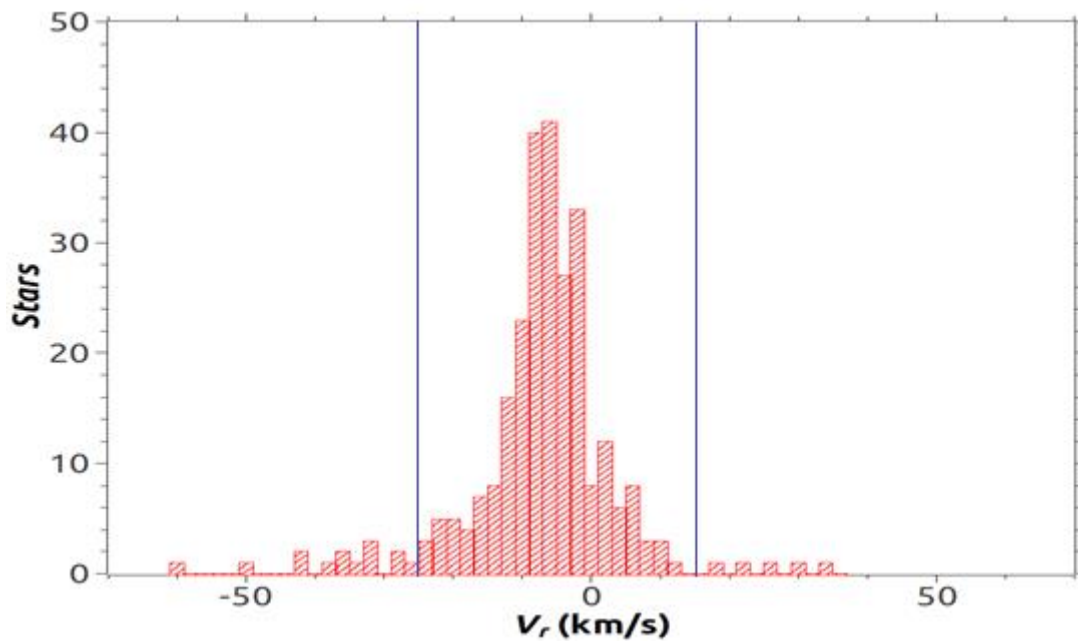


Figura 34: Distribuição de velocidades radiais heliocêntricas de 280 estrelas OB da região de Carina. As linhas azuis tracejadas verticais em $V_r = (-25, +15)$ indicam os limites de pertencimento associado a V_r dados por Damiani et al. (2017).

4.2.1 – Comparação com a Literatura

Monstramos na Figura 35 a distribuição de velocidades radiais obtida por Damiani et al. (2017) para 755 estrelas da região de Carina. Comparamos nossos resultados da Figura 34 com o histograma de barras brancas da Figura 35, que representa estrelas com $T_{\text{eff}} < 8800\text{K}$ e $S/N > 15$ dos aglomerados. Através dessa comparação fica evidente a semelhança nos resultados encontrados nos dois trabalhos para a mesma região. É relevante destacar que o pico da distribuição encontrada por Damiani et al. (2017), entre -12 e 2 km/s, é consistente com o pico da distribuição de velocidades encontrado nesse trabalho, entre -11 e 1 km/s. Outro fator relevante apresentado por Damiani et

al. (2017) é que a maior fração de estrelas de sua amostra encontra-se no intervalo de $V_r = [-25 - 15 \text{ km/s}]$, definido pelos autores como o intervalo delimitador de V_r para a pertinência dos aglomerados estudados.

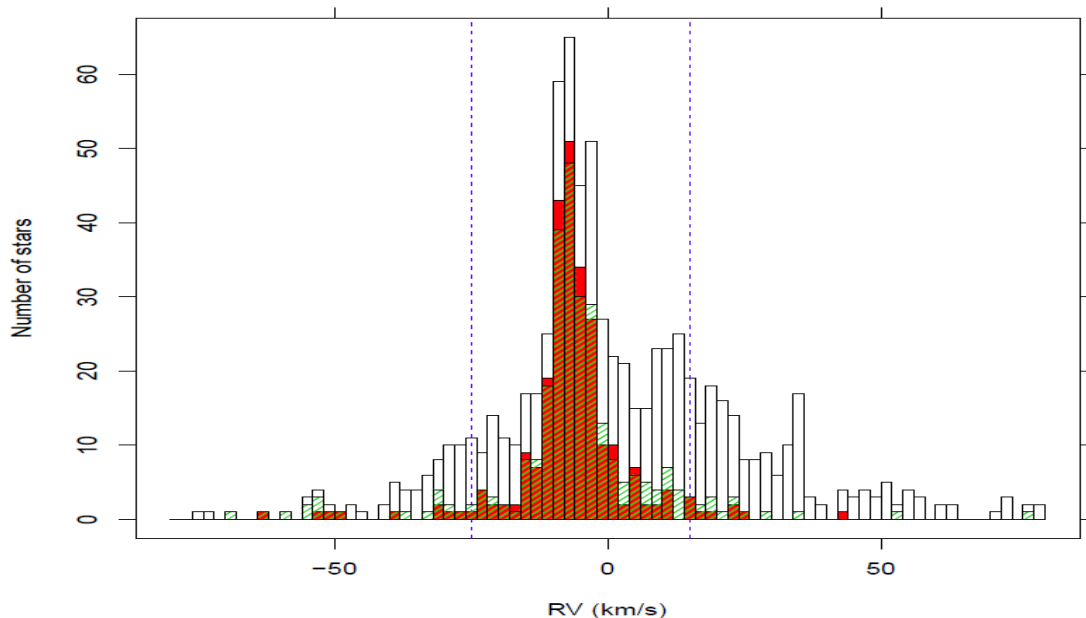


Figura 35: Distribuição de velocidades radiais com correção heliocêntrica de 755 estrelas da região de Carina 14. Histograma de V_r (heliocêntrico) para todas as estrelas com $T_{\text{eff}} < 8800 \text{ K}$ e $S/R > 15$ (barras de cor branca). O histograma preenchido em vermelho representa estrelas ricas em lítio; o histograma verde tracejado são estrelas detectadas em raios-X. As linhas azuis tracejadas verticais em $V_r = (-25, +15)$ indicam os limites de pertencimento associado a V_r . Fonte: Damiani et al. (2017).

4.2.2 – Aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228

Apresentamos na Figura 36 as distribuições de velocidades radiais heliocêntricas para as estrelas membros e candidatas a membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228, seguindo os critérios já mencionados. Na Tabela 10 apresentamos os dados estatísticos dos aglomerados estudados. Podemos notar, tanto através das distribuições de V_r apresentadas na Figura 36 quanto através dos dados demonstrados na Tabela 10, que os resultados individuais dos aglomerados são muito similares entre si, dificultando a identificação de tendência de velocidades radiais para os 4 diferentes aglomerados abertos estudados. Esse resultado confirma que apenas as medidas de V_r não são suficientes para determinarmos a pertinência a cada aglomerado da região de Carina, sendo portanto necessário realizar um estudo

completo incluindo análise de distâncias e movimentos próprios para conclusões mais robustas.

Tabela 10: Resultados estatísticos de V_r dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

Aglomerado	$\langle V_r \rangle$	σ	N
Trumpler 14	-6	5	33
Trumpler 15	-3	8	19
Trumpler 16	-7	9	69
Collinder 228	-6	10	25

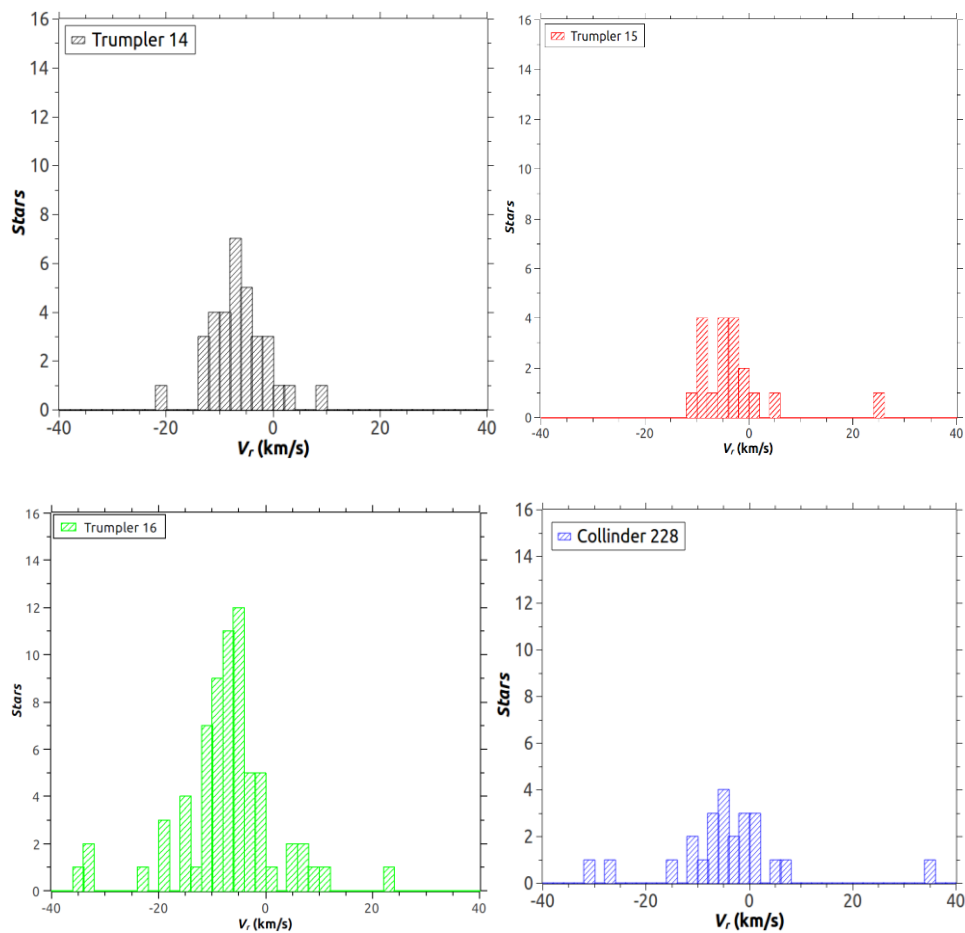


Figura 36: Distribuição de V_r dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228.

Capítulo 5

Conclusões

Neste trabalho, realizamos um estudo espectroscópico de alta resolução de aproximadamente 300 estrelas de alta massa de tipo espectral OB situadas na nebulosa de Carina. Esses dados são fruto da colaboração internacional Gaia-ESO Survey (GES) obtidos através da utilização dos espectrógrafos GIRAFFE e UVES acoplados ao telescópio de 8m VLT UT2, localizado no Chile. Tivemos como objetivo principal obter a distribuição de velocidades rotacionais projetadas, $V_{\sin i}$, para as estrelas da região de Carina, onde estão localizados os aglomerados abertos Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Nosso objetivo secundário foi obter e analisar a distribuição de $V_{\sin i}$ individual de cada aglomerado.

Obtivemos o $V_{\sin i}$ de nossas estrelas através de interpolação na rede de FWHM de Daflon et al. (2007), válida para o intervalo de $15000 \text{ K} < T_{\text{eff}} < 30000 \text{ K}$, sendo possível extrapolar a calibração para temperaturas próximas a 35000 K , no máximo. Desse modo, descartamos 6 estrelas da análise de $V_{\sin i}$ por possuírem $T_{\text{eff}} > 35000 \text{ K}$. Os autores estimam que a rede pode ser utilizada no intervalo de $\log g = [3.7 - 4.3]$ com segurança. Assim descartamos 2 estrelas por apresentarem $\log g$ fora do limite de segurança do método. Apresentamos na Tabela 11 resumidamente a quantidade de estrelas descartadas e os critérios adotados em cada caso.

A distribuição de $V_{\sin i}$ das estrelas da região de Carina apresenta um pico para valores em torno de $100 - 150 \text{ km/s}$ possuindo uma maior concentração de estrelas com alto $V_{\sin i}$. O valor médio de $V_{\sin i}$ é de $155 \pm 89 \text{ km/s}$. Com relação às distribuições de $V_{\sin i}$ dos aglomerados, os aglomerados que mais se destacam são Tr14 e Tr16, que possuem o pico da distribuição em torno de $V_{\sin i} > 150 \text{ km/s}$, com médias de $163 \pm 86 \text{ km/s}$ e $170 \pm 97 \text{ km/s}$, respectivamente. Os

aglomerados Tr 15 e Coll228 apresentam valores médios de $V_{\sin i}$ iguais a 150 ± 90 km/s e 127 ± 77 km/s, respectivamente.

Quando comparamos nossos resultados com distribuições de $V_{\sin i}$ de estrelas de campo e de aglomerados da literatura, observamos que nossa amostra apresenta comportamento mais parecido com distribuição de $V_{\sin i}$ para estrelas de aglomerados.

Tabela 11: Sumário com a quantidade de estrelas descartadas da nossa amostra inicial.

Amostra inicial de Estrelas	292
FWHM fora da Calibração de Daflon et al. (2007)	2
SB2	2
Problemas com o código de interpolação (IDL)	11
Linhas sobrepostas a outras linhas	10
$T_{eff} > 35000$ K	6
$\text{Log } g > 4.3$	2
Amostra final de estrelas	259

Calculamos a V_r de nossos objetos através do método de correlação cruzada com a utilização da biblioteca de espectros sintéticos descrita por Munari et al. (2005), criada para facilitar a obtenção de velocidades radiais de um grande número de estrelas. As linhas utilizadas para a obtenção de V_r foram He I $\lambda 4388$ Å e $\lambda 4471$ Å e Si III $\lambda 4552.6$ Å, $\lambda 4567.8$ Å e $\lambda 4574.8$ Å. Medimos a V_r de 280 estrelas da nossa amostra inicial de 292 estrelas estudadas, onde 10 estrelas apresentavam linhas muito rasas dificultando a obtenção da V_r e dois objetos apresentavam sinais de binaridade. A velocidade radial média das estrelas da região de Carina é -7 ± 10 km/s. As distribuições de velocidades radiais dos 4 aglomerados estudados são muito semelhantes entre si, com valores médios entre -7 e -3 km/s levando a concluir que apenas os resultados de V_r não são suficientes para determinarmos a pertinência das estrelas a cada um dos aglomerados da região de Carina.

Perspectivas

Para a análise adequada da distribuição de $V_{\sin i}$ de cada aglomerado, é preciso refinar o estudo preliminar de pertinência das estrelas que apresentamos neste trabalho, utilizando dados de movimentos próprios e distâncias do satélite Gaia. Outro desdobramento interessante deste trabalho consiste na análise das distribuições de $V_{\sin i}$ como função da densidade dos aglomerados. Para isso, é preciso estimar as densidades dos aglomerados e analisar uma possível conexão entre rotação estelar e densidade do aglomerado. Com um conjunto de espectros de alta resolução disponível, como os dados que temos, também é possível obter a distribuição de abundâncias nos aglomerados e verificar se possíveis inhomogeneidades químicas podem estar relacionadas com o cenário de formação estelar sequencial.

Referências Bibliográficas

- Abt, H. A., Levato, H., & Grosso, M. 2002, *ApJ*, 573, 359.
- Ascenso, J., Alves, J., Vicente, S., & Lago, M. T. V. T. 2007, *A&A*, 476, 199.
- Bailer-Jones et al. 2018. [arXiv:1804.10121v1](https://arxiv.org/abs/1804.10121v1) [astro-ph.SR] 26 Apr 2018.
- Bragança G. A., Daflon S., Cunha K. et al 2012, *AJ* 144 130.
- Butler, K., & Giddings, J. R. 1985, in *Newsletter on Analysis of Astronomical Spectra*, No. 9 (London: Univ. London).
- Carraro, G., Romaniello, M., Venture, P., & Patat, F. 2004, *A&A*, 418, 525.
- Castelli, F., & Kurucz, R. L. 2003, in *Modelling of Stellar Atmospheres*, IAU Symp. 210, ed. N. E. Pisukunov, W. W. Weiss, & D. F. Gray, Poster A20 available on CD-ROM [[arXiv:astro-ph/0405087](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0405087)].
- Da Silva, J. R. P. 2003, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Daflon, S., Cunha, K., Becker, S. R., & Smith, V. V. 2001, *ApJ*, 552, 309.
- Daflon, S., Cunha, K., & Butler, K. 2004a, *ApJ*, **604**, 362.
- Daflon, S., Cunha, K., & Butler, K. 2004b, *ApJ*, **606**, 514.
- Daflon, S., Cunha, K., de Araújo, F., S., W., & Przybilla, N. 2007, *AJ*, 134, 1570.
- Damiani, F. et al., 2017, *A&A*, 603, A81.
- De Medeiros, J. R., & Mayor, M. 1999, *A&AS*, 139, 433.
- De Medeiros, J. R., Udry, S., Burki, G., & Mayor, M. 2002, *A&A*, 395, 97.
- De Medeiros, J. R., Udry, S., & Mayor, M. 2004, *A&A*, 427, 313.
- Evans, C. J., Smartt, S. J., Lee, J.-K., et al. 2005, *A&A*, 437, 467.
- Feinstein, A., Marraco, H. G., & Muzzio, J. C. 1973, *A&AS*, 12, 331.
- FitzGerald M. P., 1970, *A&A*, 4, 234.
- Forte, J. C. 1978, *AJ*, 83, 1199.
- Fukuda, I. 1982, *PASP*, 94, 271.
- Giddings, J. R. 1981, Ph.D. thesis, Univ. London.
- Gies, D. R., & Lambert, D. L. 1992, *ApJ*, 387, 673.

- Gilmore, G., Randich, S., Asplund, M., et al. 2012, *The Messenger*, 147, 25.
- Grevesse, N., & Sauval, A. J. 1998, *SSRv*, 85, 161.
- Hanes et al. 2018. arXiv:1803.05029v1 [astro-ph.SR] 13 Mar 2018.
- Heger, A., & Langer, N. 2000, *ApJ*, 544, 1016.
- Herbst, W. 1976, *ApJ*, 208, 923.
- Huang, W., & Gies, D. J. 2006, *ApJ*, 648, 591.
- Huang, W., & Gies, D. R. 2008, *ApJ*, 683, 1045.
- Hur H., Sung H., Bessell M.S. (2012) *Astron. J.* 143, 41.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., and Scholz, R.-D. 2005, *A&A*, 438, 1163.
- Kurucz, R. L., & Avrett, E. H. 1981, *SAO Spec. Rep.*, 391.
- Langer, N., Heger, A., & Fliegner, J. 1998, in *Fundamental Stellar Properties*, ed. T. Bedding, A. J. Booth, & J. Davies (Dordrecht: Kluwer), IAU Symp., 189, 143.
- Kurucz, R. L. 1993, *Kurucz CD-ROM 13, ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs. and 2 km/s Grid* (Cambridge: SAO).
- Maeder, A. 1987, *A&A*, 178, 159.
- Massey, P., & Johnson, J. 1993, *AJ*, 105, 980.
- Munari U., Sordo R., Castelli F., Zwitter T., 2005, *A&A*, 442, 1127.
- Oudmaijer, R. D. & Parr, A. M. 2010, *MNRAS*, 405, 2439.
- Pasquini, L., Avila, G., Blecha, A., et al. 2002, *The Messenger*, 110, 1.
- Przybilla, N. 2005, *A & A*, 443, 293.
- Simón-Díaz, S., & Herrero, A. 2007, *A&A*, 468, 1063.
- Smith, R. G. 1987, *MNRAS*, 227, 943.
- Stauffer, J. B. & Hartmann, L W. 1986, *PASP*, 98 1233.
- Strom, S. E., Wolff, S. C., & Dror, D. H. A. 2005, *AJ*, 129, 809.
- Tapia, M., Roth, M., Marraco, H., & Ruiz, M. T. 1988, *MNRAS*, 232, 661.
- Tapia, M., Roth, M., Vázquez, R. A., & Feinstein, A. 2003, *MNRAS*, 339, 44.
- Tassoul, J.-L. 2000, *Stellar Rotation* (New York: Cambridge University Press).
- Thé, P. S., Bakker, R., & Tjin A Djie, H. R. E. 1980, *A&A*, 89, 209.
- Trypsteen, M., & Walker, R. (2017). *Rotation and Orbital Elements*. In *Spectroscopy for Amateur Astronomers: Recording, Processing, Analysis and Interpretation* (pp. 103-113). Cambridge: Cambridge University Press.
doi:10.1017/9781316694435.013.

Vázquez, R. A., Baume, G., Feinstein, A., & Prado, P. 1996, A&AS, 116, 75.

Vink, J. S., de Koter, A., & Lamers, H. J. G. L. M. 2001, A&A, 369, 574.

Wolff, S. C., Edwards, S., & Preston, G. W. 1982, ApJ, 252, 322.

Wolff, S. C., Strom, S. E., Dror, D., & Venn, K. 2007, AJ, 133, 1092.

Apêndice A

Amostra

Neste apêndice, apresentamos na Tabela A.1 uma lista dos objetos que são identificados como membros ou prováveis membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Também apresentamos os demais objetos que não possuem identificação de pertinência aos aglomerados estudados.

As colunas são organizadas da seguinte forma:

- 1) Nome do aglomerado;
- 2) Identificação dos objetos atribuídos pelo WEBDA e pelos trabalhos mencionados anteriormente;
- 3) e 4) Coordenadas de ascensão reta e declinação para a época 2000;
- 5) e 6) Medidas de movimento próprio e erro em RA, fornecidas pelo satélite astrométrico Gaia;
- 7) e 8) Medidas de movimento próprio e erro em DEC, fornecidas pelo satélite astrométrico Gaia;
- 9) e 10) Distâncias e erros obtidos por Bailer-Jones et al (2018) através de medidas de paralaxe do satélite astrométrico Gaia;
- 11) Probabilidade de pertinência.

Tabela A. 1: Parâmetros cinemático da amostra.

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
Tr14	CI* Trumpler 14 Y 26	10 44 28.48	-59 32 22.9	-6.53	0.03	1.95	0.03	2227	77	93
	CI* Trumpler 14 Y 50	10 44 29.46	-59 33 43.8	-6.71	0.03	1.93	0.05	2436	126	83
	CI* Trumpler 14 Y 60	10 44 50.36	-59 34 46.9	-6.71	0.03	2.01	0.03	2463	100	96
	CI* Trumpler 14 Y 66	10 44 46.50	-59 34 13.4	-6.47	0.03	2.08	0.03	2472	115	71
	CI* Trumpler 14 Y 70	10 44 46.14	-59 33 04.1	-6.50	0.04	1.91	0.04	2385	135	96
	CI* Trumpler 14 Y 317	10 44 03.71	-59 48 14.1	-6.81	0.06	2.22	0.05	2309	186	95
	CI* Trumpler 14 Y 333	10 43 54.03	-59 46 10.6	-6.81	0.08	2.57	0.07	1184	67	92
	CI* Trumpler 14 Y 467	10 44 15.36	-59 36 04.3	-7.27	0.03	2.97	0.03	2365	103	90
	CI* Trumpler 14 Y 487	10 44 06.84	-59 36 11.6	-6.57	0.04	2.29	0.05	2577	157	87
	CI* Trumpler 14 Y 489	10 43 55.02	-59 36 24.2	-6.75	0.05	1.65	0.05	2443	191	95
	CI* Trumpler 14 Y 500	10 43 33.35	-59 35 11.1	-6.17	0.15	1.52	0.15	3867	1309	83
	CI* Trumpler 14 Y 516	10 43 57.96	-59 33 53.7	-5.77	0.16	3.91	0.18	5692	2108	95
	CI* Trumpler 14 Y 519	10 44 03.84	-59 34 34.4	-6.71	0.04	2.11	0.04	2434	150	85
	CI* Trumpler 14 Y 523	10 44 12.15	-59 33 51.2	-6.66	0.06	1.78	0.05	2312	159	96
	CI* Trumpler 14 Y 528	10 44 08.67	-59 33 48.8	-7.19	0.05	3.25	0.05	2272	162	93
	CI* Trumpler 14 Y 530	10 43 57.56	-59 33 38.5	-6.40	0.05	1.97	0.05	2795	245	94

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI* Trumpler 14 Y 536	10 44 04.32	-59 32 47.8	-6.34	0.03	2.10	0.04	2328	100	96
	CI* Trumpler 14 Y 541	10 44 00.63	-59 31 52.4	-6.44	0.03	1.96	0.03	2501	128	58
	CI* Trumpler 14 Y 549	10 43 50.90	-59 33 50.6	-6.66	0.05	2.28	0.05	2168	143	96
	CI* Trumpler 14 Y 551	10 43 55.22	-59 33 14.7	-6.67	0.05	2.12	0.05	3031	265	95
	CI* Trumpler 14 Y 556	10 43 47.98	-59 33 59.1	-6.62	0.03	1.90	0.04	2331	119	92
	CI* Trumpler 14 Y 579	10 43 30.85	-59 29 23.9	-6.52	0.04	2.01	0.05	2335	152	77
	CI* Trumpler 14 Y 595	10 43 35.97	-59 33 17.9	-6.06	0.03	1.89	0.03	2417	90	58
	CI* Trumpler 14 Y 611	10 44 02.48	-59 29 36.8	-6.36	0.08	2.61	0.08	2957	492	96
	CI* Trumpler 14 Y 613	10 44 08.28	-59 29 59.4	-7.28	0.04	3.14	0.05	2578	178	94
	CI* Trumpler 14 FA 26	10 43 56.03	-59 34 41.0	-6.78	0.05	1.65	0.05	2600	210	96
	CI* Trumpler 14 FA 28	10 43 43.56	-59 34 03.5	-6.56	0.05	2.04	0.05	2107	151	96
	CI* Trumpler 14 FA 124	10 44 05.83	-59 35 11.7	-6.57	0.06	1.97	0.06	2332	199	96
	CI* Trumpler 14 FA 127	10 44 00.93	-59 35 45.9	-6.06	0.05	2.54	0.04	2843	221	96
	CI* Trumpler 14 FA 131	10 44 12.83	-59 33 32.2	-6.45	0.03	1.89	0.04	2541	142	96
	CI Trumpler 14 36	10 43 59.02	-59 33 19.7	-6.40	0.07	1.99	0.06	2219	217	96
	CI* Trumpler 14 HG 29	10 44 05.09	-59 33 41.3	----	----	----	----	----	----	----
	CI* Trumpler 14 HG 118	10 44 25.18	-59 28 16.0	-6.72	0.05	1.66	0.05	2307	155	----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI* Trumpler 14 HG 10041	10 44 17.92	-59 25 20.4	-8.94	1.11	-2.34	1.13	1051	1641	-----
	CI* Trumpler 14 FA 129	10 44 12.43	-59 34 09.1	-0.15	1.66	13.14	1.63	5067	2492	-----
Tr15	CI Trumpler 15 3	10 44 44.48	-59 21 32.7	-6.07	0.07	2.06	0.07	2799	356	~ 50
	CI Trumpler 15 6	10 44 42.78	-59 21 38.3	-5.96	0.07	2.17	0.07	2257	199	~ 50
	CI Trumpler 15 7	10 44 42.76	-59 21 51.1	-10.53	1.25	2.70	1.25	419	615	~ 50
	CI Trumpler 15 9	10 44 42.36	-59 22 02.9	-5.97	0.07	2	0.05	2321	218	~ 50
	CI Trumpler 15 10	10 44 46.52	-59 21 53.8	-5.92	0.05	2	0.05	2915	294	~ 50
	CI Trumpler 15 11	10 44 49.46	-59 22 19.2	-6.14	0.03	2.02	0.03	2321	115	~ 50
	CI Trumpler 15 13	10 44 42.12	-59 22 30.5	-6.01	0.04	2.14	0.04	2464	183	~ 50
	CI Trumpler 15 14	10 44 40.65	-59 22 28.5	-5.87	0.08	2.19	0.08	2411	323	~ 50
	CI Trumpler 15 15	10 44 42.34	-59 23 03.8	-6.52	0.05	2.03	0.05	2865	304	~ 50
	CI Trumpler 15 21	10 44 37.66	-59 23 07.3	-6.29	0.03	1.58	0.03	2302	101	~ 50
	CI Trumpler 15 23	10 44 30.75	-59 21 26.3	-5.79	0.05	2.14	0.06	2545	211	~ 50
	CI Trumpler 15 24	10 44 35.14	-59 21 22.0	-6.15	0.04	2.07	0.04	2328	151	~ 50
	CI Trumpler 15 25	10 44 32.67	-59 20 38.5	-6.20	0.04	1.81	0.04	2344	161	~ 50
	CI Trumpler 15 30	10 44 50.73	-59 20 23.4	-5.98	0.04	2.02	0.04	2250	133	~ 50
	CI Trumpler 15 31	10 44 57.33	-59 20 47.6	-6.48	0.03	1.73	0.03	2461	122	~ 50

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI Trumpler 15 18	10 44 36.36	-59 24 20.3	-5.71	0.04	2.61	0.05	3756	408	< 50
	CI Trumpler 15 19	10 44 35.92	-59 23 35.6	-5.99	0.04	1.88	0.04	2446	161	< 50
	CI Trumpler 15 20	10 44 35.11	-59 23 28.2	-6.21	0.05	2.08	0.05	1965	118	< 50
	CI Trumpler 15 26	10 44 29.12	-59 20 04.9	-5.99	0.16	2.24	0.15	3528	1296	< 50
	CI Trumpler 15 33	10 44 58.69	-59 22 22.8	-6.47	0.04	2.41	0.04	1969	104	< 50
Tr16	CI* Trumpler 14 Y 38	10 45 06.16	-59 31 23.1	-5.92	0.04	2.02	0.05	2556	175	73
	CI* Trumpler 14 Y 40	10 44 58.38	-59 32 06.3	-6.87	0.03	2.49	0.03	2376	88	93
	CI* Trumpler 14 Y 107	10 45 22.14	-59 37 38.5	-6.29	0.05	2.24	0.04	1976	117	96
	CI* Trumpler 14 Y 116	10 45 12.72	-59 39 06.6	-7.16	0.05	2.51	0.05	2662	223	96
	CI* Trumpler 14 Y 142	10 45 43.65	-59 39 54.0	-6.63	0.05	2.67	0.04	2332	159	93
	CI* Trumpler 14 Y 150	10 45 38.20	-59 42 15.7	-6.73	0.03	2.59	0.03	2360	102	95
	CI* Trumpler 14 Y 151	10 45 32.55	-59 42 35.9	-6.88	0.05	2.58	0.04	2591	204	96
	CI* Trumpler 14 Y 152	10 45 28.46	-59 41 55.5	-6.39	0.04	2.92	0.03	2775	177	96
	CI* Trumpler 14 Y 154	10 45 31.34	-59 41 13.3	-6.92	0.05	2.52	0.05	2415	190	96
	CI* Trumpler 14 Y 158	10 45 23.14	-59 40 03.4	-6.34	0.05	2.17	0.05	2511	197	95
	CI* Trumpler 14 Y 166	10 45 14.00	-59 41 42.0	-6.81	0.04	2.78	0.04	2163	127	96
	CI* Trumpler 14 Y 189 ^a	10 45 18.94	-59 42 18.4	-6.79	0.07	2.54	0.05	2873	306	94

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI* Trumpler 14 Y 191	10 45 20.57	-59 42 21.3	-6.81	0.03	2.61	0.03	2592	128	91
	CI* Trumpler 14 Y 192	10 45 22.58	-59 42 36.8	-6.90	0.06	2.52	0.05	2270	188	96
	CI* Trumpler 14 Y 193	10 45 24.16	-59 42 31.4	-6.86	0.03	2.47	0.03	2361	107	95
	CI* Trumpler 14 Y 202	10 45 16.70	-59 43 14.1	-6.85	0.06	2.54	0.05	2756	286	95
	CI* Trumpler 14 Y 203	10 45 14.99	-59 43 23.3	-6.86	0.06	2.40	0.06	2658	275	96
	CI* Trumpler 14 Y 206	10 45 13.55	-59 43 31.8	-6.90	0.06	2.40	0.05	2252	138	96
	CI* Trumpler 14 Y 226	10 44 53.94	-59 45 24.0	-7.02	0.03	2.58	0.03	2614	126	96
	CI* Trumpler 14 Y 232	10 45 03.10	-59 44 56.8	-7.17	0.03	2.58	0.03	2145	94	91
	CI* Trumpler 14 Y 237	10 45 36.61	-59 44 11.1	-6.67	0.10	2.61	0.10	2070	277	73
	CI* Trumpler 14 Y 238	10 45 38.08	-59 44 09.5	-6.88	0.06	2.21	0.05	2360	209	95
	CI* Trumpler 14 Y 247	10 45 33.68	-59 47 14.8	-6.59	0.06	1.97	0.05	2316	187	95
	CI* Trumpler 14 Y 256	10 45 23.11	-59 44 45.8	-6.86	0.03	2.65	0.03	2659	160	95
	CI* Trumpler 14 Y 263	10 45 10.63	-59 45 12.6	-6.21	0.03	2.71	0.03	2384	110	93
	CI* Trumpler 14 Y 266	10 45 12.97	-59 46 06.0	-7.03	0.06	2.46	0.05	2912	280	96
	CI* Trumpler 14 Y 269	10 44 53.64	-59 46 59.5	-6.97	0.03	2.57	0.03	2353	105	96
	CI* Trumpler 14 Y 292	10 44 46.09	-59 46 05.7	-6.61	0.04	2.54	0.04	2319	143	96
	CI* Trumpler 14 Y 349	10 44 31.39	-59 44 08.0	-7.00	0.05	2.76	0.05	2289	181	94

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI* Trumpler 14 Y 394	10 44 19.69	-59 43 07.9	-7.11	0.03	2.70	0.03	2370	108	96
	CI* Trumpler 14 Y 398	10 44 13.20	-59 43 10.3	-7.12	0.05	2.94	0.05	2368	174	89
	CI* Trumpler 14 FA 122	10 44 25.49	-59 33 09.3	-6.85	0.04	1.96	0.05	2404	152	96
	CI Trumpler 16 6	10 44 57.96	-59 41 03.1	-6.88	0.06	2.68	0.06	2264	170	96
	CI Trumpler 16 13	10 44 32.90	-59 40 26.1	-7.11	0.07	2.76	0.07	3232	444	95
	CI Trumpler 16 18	10 44 28.97	-59 42 34.3	-7.26	0.05	2.62	0.05	2314	180	96
	CI Trumpler 16 22	10 45 08.23	-59 46 07.0	-6.60	0.05	2.85	0.04	2164	144	95
	CI Trumpler 16 26	10 44 59.91	-59 43 14.9	-6.87	0.07	2.48	0.05	2277	200	96
	CI Trumpler 16 27	10 45 16.56	-59 39 57.1	-7.07	0.07	2.68	0.06	2196	173	96
	CI Trumpler 16 31	10 44 56.29	-59 33 03.5	-6.36	0.04	1.98	0.05	2031	111	96
	CI Trumpler 16 33	10 45 09.68	-59 40 08.8	-6.86	0.06	2.84	0.05	2182	150	86
	CI Trumpler 16 38	10 45 00.20	-59 40 05.2	-7.02	0.04	2.48	0.04	2309	161	64
	CI Trumpler 16 42	10 44 58.46	-59 39 43.7	-7.29	0.06	2.81	0.06	2159	159	79
	CI Trumpler 16 46	10 44 58.88	-59 42 23.1	-7.43	0.61	0.04	0.66	3007	2071	95
	CI Trumpler 16 51	10 45 07.93	-59 39 01.2	-7.00	0.06	2.72	0.05	2547	252	95
	CI Trumpler 16 52	10 45 08.37	-59 38 47.5	-6.93	0.05	2.86	0.05	2816	270	95
	CI Trumpler 16 55	10 45 19.43	-59 39 37.4	-6.88	0.05	2.65	0.05	3056	307	96

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI Trumpler 16 57	10 44 23.77	-59 41 06.5	-7.16	0.05	2.62	0.05	2216	156	94
	CI Trumpler 16 63	10 44 38.22	-59 43 05.6	-7.32	0.05	2.59	0.05	2492	208	96
	CI Trumpler 16 69	10 45 07.90	-59 41 34.1	-7.32	0.05	2.54	0.05	2850	265	95
	CI Trumpler 16 70	10 45 09.33	-59 41 28.3	-6.89	0.04	2.57	0.04	2527	137	95
	CI Trumpler 16 72	10 45 05.23	-59 41 42.6	-6.94	0.07	2.67	0.07	2355	238	95
	CI Trumpler 16 73	10 45 06.36	-59 42 35.7	-6.86	0.07	2.55	0.06	1989	157	96
	CI Trumpler 16 76	10 45 12.65	-59 42 48.8	-6.52	0.05	2.65	0.05	2378	175	96
	CI Trumpler 16 80	10 44 32.23	-59 33 59.3	-6.57	0.04	2.10	0.04	2290	136	96
	CI Trumpler 16 115	10 45 20.57	-59 42 51.3	-6.82	0.06	2.43	0.05	3255	388	96
	CI Trumpler 16 200	10 44 58.68	-59 41 15.9	-7.10	0.04	2.88	0.04	2410	137	96
	CI Trumpler 16 238	10 45 16.22	-59 41 41.2	-6.84	0.03	2.30	0.03	2498	113	94
	CI* Trumpler 16 HG 10048	10 44 18.79	-59 51 49.0	-6.71	0.05	2.10	0.05	2423	177	-----
	CI* Trumpler 16 HG 1658	10 46 04.78	-59 49 21.8	-6.05	0.06	2.04	0.05	2107	156	-----
	ALS 1892	10 46 22.46	-59 53 20.5	-6.38	0.06	1.95	0.05	3053	334	-----
	CI Trumpler 16 2	10 45 11.20	-59 41 11.3	-7.12	0.06	2.64	0.06	2731	268	-----
	CI Trumpler 16 3	10 45 06.73	-59 41 56.5	-6.92	0.06	2.44	0.05	2678	229	-----
	CI Trumpler 16 4	10 45 02.16	-59 42 01.0	-6.74	0.08	2.69	0.09	2350	255	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI Trumpler 16 5	10 44 54.08	-59 41 29.4	-7.09	0.06	2.66	0.05	2713	241	-----
	CI Trumpler 16 9	10 45 05.84	-59 43 07.7	-6.95	0.14	2.36	0.13	2069	379	-----
	CI Trumpler 16 11	10 44 22.51	-59 39 25.8	-6.26	0.05	2.18	0.05	2280	167	-----
	CI Trumpler 16 14	10 44 37.19	-59 40 01.5	-7.06	0.06	2.95	0.05	2385	179	-----
	CI Trumpler 16 15	10 44 40.98	-59 40 10.4	-7.18	0.05	2.68	0.05	2029	134	-----
	CI Trumpler 16 17	10 44 30.49	-59 41 40.6	-7.06	0.06	2.62	0.05	2405	194	-----
	CI Trumpler 16 23	10 45 05.79	-59 45 19.6	-7.31	0.06	2.24	0.05	3820	515	-----
	CI Trumpler 16 24	10 45 05.88	-59 44 18.9	-7.02	0.06	2.70	0.06	2531	233	-----
	CI Trumpler 16 25	10 45 00.23	-59 43 34.5	-6.94	0.06	2.53	0.05	2431	202	-----
	CI Trumpler 16 29	10 44 53.76	-59 37 48.3	-7.65	0.05	3.00	0.05	2488	183	-----
	CI Trumpler 16 74	10 45 09.74	-59 42 57.2	-7.14	0.05	2.50	0.05	2659	225	-----
Coll228	CI Collinder 228 8	10 44 14.96	-60 00 05.7	-6.76	0.05	1.51	0.05	2535	240	-----
	CI Collinder 228 12	10 44 36.76	-59 54 24.9	-5.62	0.06	2.65	0.05	5071	959	-----
	CI Collinder 228 18	10 44 50.41	-59 55 45.0	-7.04	0.06	2.26	0.06	2228	163	-----
	CI Collinder 228 20	10 44 15.13	-60 07 50.9	-6.68	0.07	2.99	0.05	2860	373	-----
	CI Collinder 228 30	10 42 36.16	-59 59 26.2	-6.68	0.06	2.04	0.06	2791	278	-----
	CI Collinder 228 36	10 44 36.87	-60 01 11.6	-6.95	0.07	2.34	0.06	4020	751	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI Collinder 228 37	10 44 57.34	-60 00 46.7	-6.34	0.06	2.16	0.06	3902	581	-----
	CI Collinder 228 41	10 44 30.08	-59 52 14.1	-6.37	0.12	2.12	0.10	3530	1010	-----
	CI Collinder 228 47	10 45 13.38	-59 57 53.8	-6.93	0.05	2.19	0.05	3117	311	-----
	CI Collinder 228 48	10 43 48.87	-60 09 00.9	-7.33	0.07	2.96	0.06	2588	281	-----
	CI Collinder 228 51	10 44 14.44	-60 01 27.0	-6.72	0.04	1.85	0.05	2583	193	-----
	CI Collinder 228 67	10 44 00.78	-60 06 01.2	-6.81	0.09	1.77	0.14	3495	554	-----
	CI Collinder 228 76	10 43 47.97	-60 01 20.1	-6.65	0.05	1.81	0.05	2559	209	-----
	CI Collinder 228 77	10 43 48.82	-60 00 36.6	-5.73	0.06	2.52	0.05	4158	629	-----
	CI Collinder 228 78	10 43 31.56	-60 03 16.0	-6.66	0.04	2.50	0.04	2576	163	-----
	CI Collinder 228 80	10 45 16.72	-59 54 45.8	-7.35	0.05	2.38	0.05	3195	356	-----
	CI Collinder 228 103	10 45 13.41	-60 00 58.9	-6.55	0.05	1.92	0.05	3041	264	-----
	CI Collinder 228 111	10 44 50.53	-59 57 22.7	-6.56	0.05	2.89	0.05	1617	81	-----
	CI Collinder 228 118	10 44 53.51	-59 51 54.1	-7.69	0.05	2.58	0.05	1903	121	-----
	CI* Collinder 228 TM 101	10 42 45.33	-60 12 06.3	-7.17	0.06	2.76	0.05	2469	251	-----
	CI* Collinder 228 TM 104	10 43 48.87	-60 06 43.7	-5.92	0.05	2.10	0.05	3672	463	-----
	CI* Collinder 228 TM 105	10 43 54.79	-60 06 20.8	-6.60	0.04	1.78	0.05	2385	165	-----
	CI* Collinder 228 TM 109	10 44 01.04	-60 06 37.8	-6.90	0.04	1.96	0.04	2274	150	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI* Collinder 228 TM 113	10 44 31.74	-60 05 44.9	-6.52	0.05	1.86	0.05	2519	199	-----
	CI* Collinder 228 TM 114	10 44 38.29	-60 05 45.0	-7.31	0.05	2.82	0.05	2962	288	-----
Não identificada	VPHAS J10413434-5958474	10 41 34.34	-59 58 47.4	-5.47	0.04	2.43	0.04	4358	455	-----
	VPHAS J10415981-5955075	10 41 59.81	-59 55 07.5	-6.97	0.14	2.89	0.12	2221	355	-----
	VPHAS J10420759-5956249	10 42 07.59	-59 56 24.9	-7.12	0.04	2.88	0.04	1743	78	-----
	VPHAS J10420950-6002267	10 42 09.50	-60 02 26.7	-5.94	0.03	2.9	0.03	4771	427	-----
	HD 305439	10 42 10.33	-59 58 00.9	-5.55	0.04	2.4	0.05	4853	624	-----
	VPHAS J10421832-6001553	10 42 18.31	-60 01 55.3	-6.58	0.04	2.32	0.04	2400	136	-----
	VPHAS J10422123-5957156	10 42 21.23	-59 57 15.6	-7.28	0.05	3.18	0.05	2580	203	-----
	VPHAS J10422722-6000052	10 42 27.22	-60 00 05.2	-6.43	0.04	2.21	0.04	2412	146	-----
	VPHAS J10423957-5951386	10 42 39.57	-59 51 38.6	-6.9	0.06	3.06	0.05	2956	313	-----
	2MASS J10424476-6005020	10 42 44.77	-60 05 02.1	-5.64	0.05	2.57	0.05	5129	815	-----
	2MASS J10424616-6000576	10 42 46.16	-60 00 57.6	-6.40	0.07	2.59	0.07	2860	288	-----
	VPHAS J10424804-5953371	10 42 48.04	-59 53 37.1	-7.34	0.05	2.7	0.05	2401	183	-----
	VPHAS J10425293-6003478	10 42 52.93	-60 03 47.8	-5.54	0.06	2.14	0.04	4722	526	-----
	VPHAS J10425717-6007414	10 42 57.17	-60 07 41.4	-6.65	0.07	1.91	0.07	2183	221	-----
	2MASS J10425900-6000240	10 42 58.98	-60 00 24.2	-6.69	0.06	1.77	0.06	2517	231	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	2MASS J10430716-5944007	10 43 07.17	-59 44 00.8	-6.49	0.05	3.45	0.05	2938	283	-----
	2MASS J10431694-5937534	10 43 16.95	-59 37 53.4	-9.55	0.03	3.39	0.03	2222	92	-----
	2MASS J10431945-5944488	10 43 19.46	-59 44 48.8	-9.58	0.07	6.89	0.07	765	25	-----
	VPHAS J10432015-5917582	10 43 20.15	-59 17 58.2	-7.39	0.05	2.98	0.05	2995	259	-----
	2MASS J10432028-6013014	10 43 20.30	-60 13 01.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	2MASS J10432181-5924227	10 43 21.83	-59 24 22.7	-7.29	0.05	2.91	0.05	2504	180	-----
	VPHAS J10432367-5925595	10 43 23.67	-59 25 59.5	-7.51	0.04	2.91	0.05	2308	143	-----
	2MASS J10432562-5919065	10 43 25.57	-59 19 17.5	-6.52	0.05	2.19	0.06	2803	234	-----
	2MASS J10433443-5943264	10 43 34.43	-59 43 26.5	-7.64	0.06	2.86	0.05	1865	113	-----
	2MASS J10433865-5934444	10 43 38.66	-59 34 44.4	-6.53	0.05	1.85	0.05	2232	144	-----
	2MASS J10434123-5935530	10 43 41.24	-59 35 53.0	-6.26	0.23	2.33	0.17	1537	275	-----
	2MASS J10434303-5945333	10 43 43.03	-59 45 33.4	-6.92	0.03	2.3	0.03	2548	122	-----
	2MASS J10434478-5934158	10 43 44.78	-59 34 15.8	-7.04	0.03	2.15	0.03	2459	118	-----
	2MASS J10434580-5934359	10 43 45.80	-59 34 35.9	-6.48	0.03	1.87	0.03	2429	121	-----
	2MASS J10434679-6008264	10 43 46.79	-60 08 26.4	-5.96	0.04	2.15	0.04	3772	384	-----
	2MASS J10434743-5931264	10 43 47.43	-59 31 26.5	-7.24	0.11	2.4	0.1	4684	1473	-----
	Trumpler 14 MJ 137	10 43 48.13	-59 50 44.3	-7.17	0.06	2	0.05	2260	174	-----
	2MASS J10435009-5947024	10 43 50.10	-59 47 02.5	-7.54	0.03	3.08	0.03	2557	121	-----
	2MASS J10435088-5950307	10 43 50.88	-59 50 30.8	-7.32	0.04	2.91	0.05	2382	122	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	Trumpler 14 Y 586	10 43 51.31	-59 28 59.8	-6.20	0.03	2.24	0.03	2353	93	-----
	2MASS J10435176-5935450	10 43 51.77	-59 35 45.1	-6.81	0.05	2.45	0.05	2517	209	-----
	2MASS J10435127-6010386	10 43 51.98	-60 10 36.8	-6.95	0.04	1.62	0.04	2577	190	-----
	2MASS J10435207-5932401	10 43 52.08	-59 32 40.1	-6.13	0.05	2.13	0.05	2148	140	-----
	2MASS J10435230-5932360	10 43 52.30	-59 32 36.1	-6.52	0.04	2.09	0.04	2441	148	-----
	VPHAS J10435238-6001175	10 43 52.38	-60 01 17.5	-6.74	0.04	1.94	0.04	2716	171	-----
	VPHAS J10435328-5916011	10 43 53.28	-59 16 01.1	-6.12	0.05	2.24	0.05	2213	146	-----
	TYC 8626-145-1	10 43 53.55	-59 18 46.6	-6.35	0.05	2.18	0.05	2060	125	-----
	2MASS J10435365-5933006	10 43 53.66	-59 33 00.6	-6.42	0.05	2.03	0.05	2855	237	-----
	VPHAS J10435416-5918244	10 43 54.16	-59 18 24.4	-6.19	0.05	2.24	0.05	3123	304	-----
	2MASS J10425444-6002594	10 42 54.45	-60 02 59.5	-7.09	0.04	3.06	0.04	2660	181	-----
	2MASS J10435539-5926551	10 43 55.40	-59 26 55.3	-6.33	0.04	2.44	0.05	2620	188	-----
	HSB2012 1498	10 43 55.80	-59 32 52.0	-6.56	0.09	1.9	0.22	1890	239	-----
	2MASS J10435649-5932497	10 43 56.50	-59 32 49.8	-6.26	0.05	1.97	0.09	2748	279	-----
	2MASS J10435723-5932411	10 43 57.24	-59 32 41.2	-6.69	0.07	2.04	0.07	2278	167	-----
	2MASS J10435846-5933015	10 43 58.47	-59 33 01.6	-6.47	0.06	1.96	0.06	2506	212	-----
	2MASS J10435952-5932316	10 43 59.52	-59 32 31.6	-6.70	0.07	2.12	0.06	2491	218	-----
	2MASS J10435953-5932227	10 43 59.53	-59 32 22.7	-6.27	0.08	1.82	0.1	2532	258	-----
	2MASS J10440062-5925492	10 44 00.62	-59 25 49.3	-6.36	0.06	2.39	0.06	2768	286	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	2MASS J10440071-5949518	10 44 00.71	-59 49 51.9	-7.05	0.05	2.96	0.05	2076	148	-----
	2MASS J10440208-5949573	10 44 02.09	-59 49 57.4	-6.76	0.04	2.17	0.03	2416	143	-----
	2MASS J10440236-5952046	10 44 02.37	-59 52 04.7	-6.74	0.05	2.12	0.05	2277	163	-----
	VPHAS J10440329-5919497	10 44 03.28	-59 19 49.8	-6.39	0.05	2.43	0.05	2286	145	-----
	2MASS J10440384-5933099	10 44 03.84	-59 33 10.0	-6.13	0.03	2.1	0.03	2455	105	-----
	VPHAS J10440517-5921165	10 44 05.17	-59 21 16.5	-6.11	0.05	2.24	0.05	2340	161	-----
	VPHAS J10440576-5927079	10 44 05.76	-59 27 07.9	-6.34	0.08	2.04	0.09	4670	1072	-----
	2MASS J10440789-5917267	10 44 07.93	-59 17 27.1	-6.38	0.05	2.17	0.05	2347	160	-----
	2MASS J10441147-5951330	10 44 11.48	-59 51 33.0	-7.02	0.04	2.54	0.04	3343	285	-----
	2MASS J10441455-5954492	10 44 14.56	-59 54 49.2	-7.02	0.04	1.53	0.03	2555	142	-----
	2MASS J10441677-5920096	10 44 16.78	-59 20 09.6	-7.67	0.04	2.89	0.04	2324	148	-----
	VPHAS J10441729-5917154	10 44 17.29	-59 17 15.4	-6.52	0.05	1.82	0.05	2455	169	-----
	VPHAS J10441935-5917025	10 44 19.35	-59 17 02.6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	2MASS J10442107-5956207	10 44 21.08	-59 56 20.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	2MASS J10442207-5959351	10 44 21.98	-59 59 35.1	-6.79	0.04	1.96	0.04	2485	183	-----
	2MASS J10442597-5928593	10 44 25.98	-59 28 59.3	-7.36	0.05	3.02	0.05	2007	116	-----
	2MASS J10442842-5934196	10 44 28.43	-59 34 19.7	-9.40	0.02	1.95	0.03	1434	35	-----
	2MASS J10442885-5928165	10 44 28.86	-59 28 16.6	-6.38	0.04	2.3	0.04	2179	131	-----
	2MASS J10442894-5943473	10 44 28.95	-59 43 47.3	-7.04	0.05	2.73	0.05	2181	158	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	2MASS J10442909-5948207	10 44 29.10	-59 48 20.7	-7.21	0.1	2.88	0.1	1993	263	-----
	2MASS J10443023-5926127	10 44 30.22	-59 26 13.0	-6.28	0.05	2.46	0.05	2569	191	-----
	2MASS J10442521-5913548	10 44 30.90	-59 14 46.1	-5.57	0.05	2.62	0.05	3572	421	-----
	2MASS J10443239-5954457	10 44 32.39	-59 54 45.8	-6.95	0.05	2.09	0.05	2712	251	-----
	2MASS J10443659-5955563	10 44 36.59	-59 55 56.3	-6.54	0.04	2.28	0.04	2709	163	-----
	CXOGNC 2MASS J104440.43-592112.2	10 44 40.58	-59 21 13.8	-6.21	0.05	1.86	0.06	3385	423	-----
	2MASS J10444178-5921329	10 44 41.78	-59 21 33.0	-6.16	0.05	2.17	0.05	2942	256	-----
	2MASS J10444208-5926353	10 44 42.09	-59 26 35.4	-6.49	0.04	2.04	0.04	2346	132	-----
	VPHAS J10444398-5913590	10 44 43.98	-59 13 59.0	-6.45	0.05	2.17	0.04	2812	236	-----
	2MASS J10444512-5954114	10 44 45.12	-59 54 11.4	-6.18	0.06	2.44	0.06	2136	195	-----
	2MASS J10444550-5952537	10 44 45.51	-59 52 53.8	-6.92	0.05	2.35	0.04	3227	312	-----
	2MASS J10444710-5939201	10 44 47.11	-59 39 20.2	-6.93	0.07	2.72	0.07	2792	327	-----
	Trumpler 14 MJ 392	10 44 47.27	-59 28 15.5	-6.49	0.04	1.98	0.05	1964	112	-----
	VPHAS J10444735-5926595	10 44 47.35	-59 26 59.5	-6.01	0.04	1.93	0.04	2529	167	-----
	VPHAS J10445081-5918004	10 44 50.81	-59 18 00.4	-6.06	0.05	2.16	0.04	2210	171	-----
	Trumpler 14 MJ 442	10 44 53.92	-59 56 13.4	-6.56	0.06	1.95	0.06	2473	238	-----
	Trumpler 16 MJ 432	10 44 54.78	-59 41 23.9	-7.04	0.04	2.52	0.04	2449	143	-----
	2MASS J10445602-5938530	10 44 56.02	-59 38 53.0	-6.80	0.04	1.63	0.03	2697	169	-----
	HSB2012 3314	10 45 01.80	-59 42 01.4	-6.93	0.07	2.28	0.07	2921	361	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	CI Trumpler 16 65	10 45 05.20	-59 40 57.4	-7.17	0.08	2.59	0.07	2916	421	-----
	VPHAS J10450531-5919349	10 45 05.31	-59 19 34.9	-6.32	0.05	2.06	0.04	2127	138	-----
	HSB2012 3424	10 45 05.90	-59 40 54.6	-6.71	0.06	2.49	0.06	2290	199	-----
	2MASS J10450601-5956512	10 45 06.02	-59 56 51.2	-6.64	0.04	2.34	0.03	2429	134	-----
	HSB2012 3540	10 45 09.77	-59 42 19.2	-7.30	0.06	2.79	0.05	1951	118	-----
	HSB2012 3545	10 45 09.90	-59 42 13.9	-6.88	0.07	2.66	0.06	2537	274	-----
	2MASS J10451072-5957547	10 45 10.73	-59 57 54.8	-6.71	0.03	2.07	0.03	2423	107	-----
	ALS 15213	10 45 11.70	-59 41 16.3	-6.90	0.04	2.46	0.03	2535	143	-----
	2MASS J10451588-5929563	10 45 15.89	-59 29 56.4	-6.83	0.04	3.9	0.04	2420	137	-----
	VPHAS J10451811-5924277	10 45 18.11	-59 24 27.7	-6.88	0.04	2.56	0.05	2994	251	-----
	2MASS J10451925-5929522	10 45 19.25	-59 29 52.2	-7.21	0.04	2.03	0.04	2485	147	-----
	2MASS J10452045-5917061	10 45 20.45	-59 17 06.2	-6.42	0.05	1.9	0.04	3869	467	-----
	2MASS J10452190-5945249	10 45 21.90	-59 45 24.9	-6.98	0.03	2.42	0.03	2592	131	-----
	2MASS J10452195-5951393	10 45 21.96	-59 51 39.4	-6.54	0.04	2.36	0.03	2510	173	-----
	2MASS J10452227-5950470	10 45 22.28	-59 50 47.1	-6.70	0.05	2.47	0.05	2601	259	-----
	2MASS J10452417-5932357	10 45 24.17	-59 32 35.8	-6.30	0.04	2.07	0.04	2096	119	-----
	2MASS J10452520-5940011	10 45 25.21	-59 40 01.1	-7.32	0.05	2.57	0.04	2385	169	-----
	2MASS J10452563-5958451	10 45 25.63	-59 58 45.2	-6.65	0.03	1.86	0.03	2910	168	-----
	2MASS J10452605-5940025	10 45 26.06	-59 40 02.5	-6.74	0.03	2.56	0.03	2697	137	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	2MASS J10452875-5930037	10 45 28.76	-59 30 03.8	-7.33	0.02	2.27	0.03	2382	87	-----
	2MASS J10453185-6000293	10 45 31.86	-60 00 29.4	-6.57	0.05	1.82	0.05	2934	246	-----
	2MASS J10453674-5947020	10 45 36.75	-59 47 02.0	-7.01	0.09	2.98	0.08	2881	523	-----
	2MASS J10454060-5937041	10 45 40.61	-59 37 04.2	-6.76	0.04	2.11	0.03	2014	85	-----
	2MASS J10454460-5950411	10 45 44.61	-59 50 41.1	-6.22	0.17	2.69	0.14	2465	822	-----
	2MASS J10454661-5948404	10 45 46.61	-59 48 40.4	-6.6	0.06	2.07	0.05	2894	379	-----
	VPHAS J10454701-6000272	10 45 47.01	-60 00 27.2	-6.77	0.05	2.32	0.05	2191	145	-----
	VPHAS J10454824-5922042	10 45 48.24	-59 22 04.2	-5.79	0.04	2.73	0.04	2345	164	-----
	2MASS J10455370-5957038	10 45 53.71	-59 57 03.8	-6.63	0.05	2.04	0.06	2615	250	-----
	2MASS J10455899-5958098	10 45 59.00	-59 58 09.8	-7.69	0.05	2.32	0.05	2550	214	-----
	2MASS J10460116-5949420	10 46 01.16	-59 49 42.0	-6.46	0.04	2.28	0.03	2506	149	-----
	2MASS J10460277-5950192	10 46 02.77	-59 50 19.3	-6.71	0.05	2.46	0.04	2527	218	-----
	2MASS J10460291-5950259	10 46 02.91	-59 50 25.9	-6.70	0.03	2.28	0.03	2434	131	-----
	VPHAS J10460493-5959018	10 46 04.93	-59 59 01.8	-6.45	0.04	2.15	0.05	2024	114	-----
	2MASS J10460606-5956339	10 46 06.07	-59 56 33.9	-6.46	0.05	2.31	0.05	2625	213	-----
	2MASS J10460608-5957394	10 46 06.09	-59 57 39.4	-6.63	0.03	1.86	0.03	2548	129	-----
	Trumpler 16 MJ 676	10 46 15.05	-59 40 19.2	-6.38	0.03	2.09	0.03	2319	107	-----
	2MASS J10461906-5957543	10 46 19.06	-59 57 54.3	-7.34	0.05	2.66	0.05	2819	243	-----
	2MASS J10462657-5956131	10 46 26.58	-59 56 13.1	-6.32	0.03	2.14	0.03	2347	100	-----

Aglomerado	ID	RA	DEC	Mov. Próprio (RA)	Err.	Mov. Próprio (DEC)	Err.	Distância (pc)	Err.	Probabilidade (%)
	2MASS J10463081-5944175	10 46 30.82	-59 44 17.6	-7.24	0.05	2.58	0.04	1966	131	-----
	2MASS J10463117-5954351	10 46 31.18	-59 54 35.2	-6.54	0.04	2.92	0.03	2489	145	-----
	2MASS J10463277-5952375	10 46 32.78	-59 52 37.5	-6.64	0.03	1.76	0.03	2536	150	-----
	2MASS J10463643-5948048	10 46 36.43	-59 48 04.9	-6.49	0.03	3.17	0.03	2497	131	-----
	2MASS J10463801-5955165	10 46 38.01	-59 55 16.6	-6.21	0.03	2.35	0.03	2128	88	-----
	2MASS J10464886-5950409	10 46 48.87	-59 50 41.0	-6.50	0.05	2.17	0.05	2147	151	-----
	2MASS J10470063-5957242	10 47 00.64	-59 57 24.2	-6.53	0.03	2.1	0.03	2487	133	-----
	2MASS J10470435-5948281	10 47 04.36	-59 48 28.1	-6.16	0.06	2.17	0.05	2598	232	-----
	2MASS J10470656-5951514	10 47 06.57	-59 51 51.5	-6.23	0.05	2.51	0.04	2251	160	-----

Apêndice B

Amostra

Neste apêndice, apresentamos na Tabela B.1 uma lista dos objetos que são identificados como membros ou prováveis membros dos aglomerados Tr14, Tr15, Tr16 e Coll228. Também apresentamos os demais objetos que não possuem identificação de pertinência aos aglomerados estudados.

As colunas são organizadas da seguinte forma:

- 1) Número dos objetos atribuídos pelo WEBDA e pelos trabalhos mencionados anteriormente;
- 2) Tipo espectral da seção 4.1.1;
- 3) e 4) T_{eff} e erro, fornecidas pela colaboração do GES, seção 2.1;
- 5) e 6) $\log g$ e erro, fornecidas pela colaboração do GES, seção 2.1;
- 7) e 8) Valores da FWHM das duas linhas de He I $\lambda 4388 \text{ \AA}$ e $\lambda 4471$ da seção 3.1;
- 8) e 10) Valores de $V_{\text{sin } i}$ obtidos através do método de Daflon et al. (2007) da seção 3.1;
- 11) e 12) Média e desvio padrão de $V_{\text{sin } i}$ da seção 3.1;
- 13) e 14) Média e desvio padrão da Velocidade Radial da seção 3.2.

Tabela B. 1: Velocidade Rotacional Projetada e Velocidade Radial.

ID	MK	T_{eff}	Err.	$\log g$	Err.	FWHM ($\lambda 4388$)	FWHM ($\lambda 4471$)	$V \sin i$ ($\lambda 4388$)	$V \sin i$ ($\lambda 4471$)	$\langle V \sin i \rangle$	$\sigma \langle V \sin i \rangle$	$\langle V_r \rangle$ (km/s)	Err.
Cl* Trumpler 14 Y 26	B6	14619	750	4.19	0.20	4.3	4.8	169.5	166.6	168.0	2.0	-0.6	1.0
Cl* Trumpler 14 Y 50	B3	17296	750	4.18	0.20	7.9	8.0	328.0	318.9	323.5	6.4	-6.5	1.4
Cl* Trumpler 14 Y 60	B6	14000	750	4.33	0.20	-----	3.6	-----	119.2	119.2	-----	-12.2	1.4
Cl* Trumpler 14 Y 66	B5	15296	750	4.07	0.20	5.0	5.4	199.2	196.2	197.7	2.0	-8.1	0.7
Cl* Trumpler 14 Y 70	B3	16925	750	4.20	0.20	6.1	6.5	251.7	250.3	251.0	0.9	-5.7	2.9
Cl* Trumpler 14 Y 317	B1	25517	1000	4.12	0.20	2.2	2.7	75.6	83.0	79.3	5.2	-10.3	0.9
Cl* Trumpler 14 Y 333	B4	16514	750	4.24	0.20	-----	5.3	-----	193.0	193.0	-----	-12.1	1.2
Cl* Trumpler 14 Y 467	B6	14900	750	4.24	0.20	5.7	6.5	236.7	250.4	243.6	9.7	-2.6	0.3
Cl* Trumpler 14 Y 487	B3	18160	750	3.89	0.30	7.6	7.8	313.5	311.4	312.4	1.5	-7.6	1.4
Cl* Trumpler 14 Y 489	B2	20984	750	4.15	0.20	3.8	4.8	157.1	161.0	159.1	2.7	-9.5	2.3
Cl* Trumpler 14 Y 500 ⁴	B1	26025	1000	3.44	0.45	1.5	1.6	17.9	38.8	38.8	-----	-6.3	1.6
Cl* Trumpler 14 Y 516	B1	25567	1000	4.18	0.20	2.2	2.4	74.0	71.6	72.8	1.6	-11.5	1.5
Cl* Trumpler 14 Y 519	B3	17925	750	3.72	0.45	4.2	5.4	169.1	175.9	172.5	4.7	-3.8	1.9
Cl* Trumpler 14 Y 523	B5	15370	750	4.19	0.20	5.9	6.3	244.5	239.9	242.2	3.1	-1.4	0.3

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl* Trumpler 14 Y 528	B2	19580	750	4.00	0,30	8,1	8,6	338,5	350,1	344,3	8,1	-7,1	3,4
Cl* Trumpler 14 Y 530	O9	29599	1000	4.28	0.20	2.8	3.5	110.4	116.9	113.7	4.6	-9.7	1.8
Cl* Trumpler 14 Y 536	B1	15000	750	3.63	0.45	5.1	5.7	206.3	211.3	208.8	3.5	-0.9	2.4
Cl* Trumpler 14 Y 541	B5	15543	750	4.20	0.20	5.1	5.7	206.5	207.6	207.0	0.7	-4.8	3.4
Cl* Trumpler 14 Y 549	B1	25210	1000	4.10	0.20	4.9	5.7	204.5	219.3	211.9	10.4	-5.3	2.4
Cl* Trumpler 14 Y 551 ^{2, 4}	O9	30978	1000	4.05	0.20	1.1	1.3	-0.8	20.9	20.9	-----	1.7	0.5
Cl* Trumpler 14 Y 556	B2	20950	750	4.25	0.20	5.3	4.8	219.1	218.8	219.0	0.1	-11.7	1.9
Cl* Trumpler 14 Y 579	O9	30000	1000	3.85	0.30	4.0	4.5	170.3	171.8	171.0	1.0	8.5	3.3
Cl* Trumpler 14 Y 595	B2	18740	750	4.26	0.20	1.9	1.8	43.0	44.7	43.8	1.2	-7.7	0.6
Cl* Trumpler 14 Y 611 ²	O9	33835	1000	4.08	0.20	5.9	6.2	250.4	250.9	250.6	0.3	-2.1	1.4
Cl* Trumpler 14 Y 613	B1	27436	1000	4.16	0.20	2.6	3.2	94.6	103.2	98.9	6.1	-7.6	2.2
Cl* Trumpler 14 FA 26	B1	25842	1000	4.17	0.20	3.1	3.8	117.1	123.2	120.1	4.3	-10.4	1.1
Cl* Trumpler 14 FA 28 ⁴	B1	25906	1000	4.19	0.20	1.5	1.5	22.9	35.8	35.8	-----	3.6	0.5
Cl* Trumpler 14 FA 124	B0	28382	1000	4.27	0.20	2.3	3.0	86.8	93.5	90.2	4.7	-12.3	2.3
Cl* Trumpler 14 FA 127 ^{2, 4}	O9	33675	1000	4.00	0.30	1.4	1.5	22.9	37.7	37.7	-----	-8.4	0.8
Cl* Trumpler 14 FA 131	B4	16000	750	4.19	0.20	4.1	4.8	162.1	168.1	165.1	4.2	-5.9	1.8

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl Trumpler 14 36	B1	25000	750	4.20	0.20	4.7	5.2	196.5	195.8	196.1	0.4	-21.3	2.7
Trumpler 14 HG 29	B3	18654	750	3.94	0.30	2.9	3.6	103.5	111.1	107.3	5.3	-5.8	1.9
Trumpler 14 HG 118	B1	25197	1000	4.16	0.20	4.7	5.3	203.6	203.8	203.7	0.1	-7.8	1.8
Trumpler 14 HG 10041	B4	17172	750	4.17	0.20	4.6	5.0	181.2	177.9	179.5	2.2	-12.5	0.9
Cl* Trumpler 14 FA 129	B2	19222	750	4.14	0.20	6.3	6.7	259.8	258.0	258.9	1.2	-4.7	2.7
Cl Trumpler 15 3	B2	21827	750	3.93	0.30	5.6	6.3	234.0	236.5	235.2	1.7	-5.2	1.7
Cl Trumpler 15 6	B3	17205	750	4.30	0.20	5.2	5.7	213.2	210.2	211.7	2.0	25.1	3.9
Cl Trumpler 15 7	B1	25403	1000	4.26	0.20	5.0	5.7	208.7	218.2	213.4	6.7	3.4	1.8
Cl Trumpler 15 9	B3	18168	750	3.93	0.30	4.6	5.1	185.5	179.8	182.7	4.0	-2.6	1.0
Cl Trumpler 15 10	B2	18744	750	4.19	0.20	2.6	3.3	91.2	97.1	94.1	4.1	-5.2	0.9
Cl Trumpler 15 11	B5	15794	750	4.06	0.20	6.9	7.3	285.7	284.0	284.9	1.2	-9.4	4.8
Cl Trumpler 15 13	B1	26481	1000	3.98	0.30	4.2	4.8	174.8	179.1	177.0	3.0	-8.5	1.6
Cl Trumpler 15 14	B1	24683	750	4.25	0.20	3.7	4.4	149.0	152.9	151.0	2.7	-4.3	0.9
Cl Trumpler 15 15 ²	O9	30652	1000	4.28	0.20	3.4	4.1	139.6	152.2	145.8	8.7	-11.1	1.2
Cl Trumpler 15 21	B6	15049	750	4.13	0.20	-----	6.8	-----	264.6	264.6	-----	-1.0	0.2
Cl Trumpler 15 23 ⁴	B1	24749	750	4.19	0.20	1.5	1.6	18.0	35.6	35.6	-----	-2.3	0.7

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl Trumpler 15 24	B3	17646	750	4.32	0.20	1.7	1.6	26.2	37.9	37.9	-----	0.3	0.3
Cl Trumpler 15 25 ⁴	B3	17728	750	4.24	0.20	2.2	2.3	67.8	67.8	67.8	0.1	-3.5	0.5
Cl Trumpler 15 30	B6	14700	750	4.13	0.20	7.7	7.5	314.2	296.7	305.4	12.3	-8.6	0.2
Cl Trumpler 15 31	B6	15000	750	4.16	0.20	2.9	3.2	101.5	103.7	102.6	1.5	-4.7	1.2
Cl Trumpler 15 18	B1	23000	750	2.88	1	1.9	2.1	49.2	56.6	52.9	5.2	4.6	0.4
Cl Trumpler 15 19	B3	17230	750	4.18	0.20	5.5	6.2	226.8	236.4	231.6	6.8	-8.4	1.6
Cl Trumpler 15 20	B3	17148	750	4.07	0.20	2.0	1.9	55.3	54.4	54.9	0.6	-7.3	0.4
Cl Trumpler 15 26 ⁴	B1	25794	1000	4.28	0.20	1.4	1.4	3.4	28.5	28.5	-----	-1.6	0.6
Cl Trumpler 15 33	B6	15000	750	4.14	0.20	4.8	5.1	193.3	183.4	188.4	6.9	-2.8	3.8
Cl* Trumpler 14 Y 38	B2	20543	750	3.93	0.30	4.4	5.3	175.9	188.9	182.4	9.2	22.0	1.6
Cl* Trumpler 14 Y 40	B3	17567	750	4.12	0.20	6.7	7.4	275.4	289.5	282.5	10.0	-7.2	0.9
Cl* Trumpler 14 Y 107 ⁴	B1	25445	1000	4.14	0.20	1.5	1.5	17.0	37.0	37.0	-----	-6.0	0.9
Cl* Trumpler 14 Y 116	B2	18312	750	4.33	0.20	3.3	3.8	122.8	118.9	120.9	2.6	-2.8	0.1
Cl* Trumpler 14 Y 142	B5	15345	750	4.06	0.20	1.4	1.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cl* Trumpler 14 Y 150	B2	20802	750	4.48	0.20		8.9	-----	367.2	367.2		9.2	0.7
Cl* Trumpler 14 Y 151	B2	18691	750	4	0.30	8.3	8.3	343.2	334.2	338.7	6.3	-5.4	0.3

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl* Trumpler 14 Y 152	B5	15629	750	4.46	0.20	-----	3.7	-----	122.4	122.4	-----	-19.8	1.0
Cl* Trumpler 14 Y 154	B2	22135	750	4.27	0.20	3.3	4.0	122.1	125.7	123.9	2.5	-9.3	1.4
Cl* Trumpler 14 Y 158	B2	18172	750	4.09	0.20	3.4	4.1	127.4	133.2	130.3	4.1	1.1	0.4
Cl* Trumpler 14 Y 166	B6	15000	750	4.32	0.20	7.7	7.9	314.6	314.0	314.3	0.4	-6.6	0.9
Cl* Trumpler 14 Y 189 ⁴	B2	22473	750	4.31	0.20	1.7	1.8	23.4	42.9	42.9	-----	-4.5	0.7
Cl* Trumpler 14 Y 191	B3	17279	750	3.97	0.30	7.6	7.3	315.1	328.9	322.0	9.7	-7.9	1.1
Cl* Trumpler 14 Y 192	B1	23077	750	3.77	0.30	10.1	10.6	> 400	> 400	-----	-----	-1.2	0.2
Cl* Trumpler 14 Y 193	B3	17592	750	4.05	0.20	7.7	8.2	319.7	329.6	324.7	7.0	-6.8	0.4
Cl* Trumpler 14 Y 202	B1	26139	1000	4.20	0.20	2.9	3.6	111.9	118.3	115.1	4.5	-4.6	1.2
Cl* Trumpler 14 Y 203	B1	27633	1000	4.24	0.20	3.7	4.4	151.0	158.8	154.9	5.4	-14.6	1.2
Cl* Trumpler 14 Y 206 ¹	B6	15000	750	3.21	0.45	-----	8.5	-----	340.5	340.5	-----	7.4	0.9
Cl* Trumpler 14 Y 226	B3	17524	750	4.23	0.20	2.4	2.7	77.8	80.7	79.3	2.0	-2.7	0.5
Cl* Trumpler 14 Y 232	B4	16617	750	4.40	0.20	-----	7.1	-----	277.3	277.3	-----	-4.5	0.3
Cl* Trumpler 14 Y 237 ²	O9	34396	1000	3.74	0.45	6.0	6.3	256.0	257.1	256.6	0.7	4.9	2.5
Cl* Trumpler 14 Y 238 ^{3, 4}	O9	35647	1000	3.96	0.30	1.3	1.4	10.7	27.9	27.9	-----	-8.2	1.5
Cl* Trumpler 14 Y 247	B6	14395	750	3.86	0.30	2.7	3.1	94.4	100.6	97.5	4.4	-3.5	1.2

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl* Trumpler 14 Y 256 ¹	B2	19283	750	4.58	0.20	3.8	4.5	150.0	147.6	148.8	1.7	10.8	1.6
Cl* Trumpler 14 Y 263	B5	15699	750	4.50	0.20	-----	1.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cl* Trumpler 14 Y 266	B2	18172	750	4.14	0.20	5.0	5.5	202.0	200.9	201.5	0.7	-5.5	0.7
Cl* Trumpler 14 Y 269	B5	16650	750	4.37	0.20	1.3	1.1	13.4	16.4	14.7	1.7	-0.9	0.6
Cl* Trumpler 14 Y 292	B2	18660	750	4.23	0.20	2.5	2.8	86.5	83.0	84.7	2.4	-6.0	1.2
Cl* Trumpler 14 Y 349	B2	20172	750	4.08	0.20	3.0	3.8	104.5	114.8	109.7	7.2	-8.5	1.0
Cl* Trumpler 14 Y 394	B5	15024	750	4.24	0.20	4.3	4.9	169.0	174.9	172.0	4.1	-0.9	4.4
Y 398 ³	O9	44312	1000	3.84	0.30	3.1	3.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cl* Trumpler 14 FA 122	B1	23108	750	4.15	0.20	2.9	3.7	104.3	113.9	109.1	6.7	-15.5	1.9
Cl Trumpler 16 6	B2	19493	750	4.17	0.20	5.1	5.7	208.0	208.1	208.0	0.0	-22.8	2.4
Cl Trumpler 16 13	B1	23666	750	4.06	0.20	5.3	6.1	219.7	237.5	228.6	12.5	-8.9	4.1
Cl Trumpler 16 18	B2	21650	750	4.15	0.20	3.0	3.8	109.8	118.1	113.9	5.7	-9.6	1.7
Cl Trumpler 16 22 ^{3, 4}	O9	38220	1000	4.29	0.20	1.5	1.6	35.0	43.2	43.2	-----	-10.3	1.64
Cl Trumpler 16 26	B1	25300	1000	3.40	0.45	5.6	6.3	235.8	251.4	243.6	11.0	-4.6	1.1
Cl Trumpler 16 27	B1	26016	1000	4.22	0.20	5.1	6.0	215.8	235.7	225.8	14.0	-11.9	2.4
Cl Trumpler 16 31	O9	29853	1000	4.05	0.20	5.4	6.1	229.9	246.4	238.1	11.6	-7.3	2.0

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl Trumpler 16 33	B2	19561	750	4.12	0.20	5.4	6.0	220.3	227.3	223.8	4.8	-10.0	1.7
Cl Trumpler 16 38	B4	16111	750	3.68	0.45	8.5	9.3	349.9	382.2	366.1	22.8	-3.1	0.3
Cl Trumpler 16 42	B2	20987	750	4.34	0.20	2.3	2.7	78.3	77.4	77.9	0.6	-0.2	0.8
Cl Trumpler 16 46	B2	19341	750	3.46	0.45	2.1	2.3	58.8	62.1	60.4	2.3	-19.0	2.2
Cl Trumpler 16 51	B2	19889	750	4.10	0.20	5.6	6.0	229.9	227.3	228.6	1.8	-10.3	2.0
Cl Trumpler 16 52	B2	20000	750	4.14	0.20	4.0	4.6	157.0	150.5	153.7	4.6	-32.0	2.2
Cl Trumpler 16 55	B2	22267	750	4.18	0.20	3.3	4.1	122.3	130.8	126.5	5.9	-7.9	1.1
Cl Trumpler 16 57	B5	15074	750	4.30	0.20	1.8	1.4	44.3	38.8	41.6	3.8	-3.7	1.2
Cl Trumpler 16 63	B3	18514	750	4.08	0.20	8.1	8.2	336.4	332.7	334.5	2.6	-5.9	4.5
Cl Trumpler 16 69 ¹	B2	22222	750	4.63	0.20	8.9	9.2	375.5	381.1	378.3	3.9	-5.8	0.4
Cl Trumpler 16 70	B3	17851	750	4.29	0.20	4.1	4.8	161.7	164.6	163.1	2.0	-6.5	1.5
Cl Trumpler 16 72	B2	21759	750	4.13	0.20	2.5	3.2	87.6	91.8	89.7	2.9	-9.5	1.1
Cl Trumpler 16 73	B1	26129	1000	4.29	0.20	2.2	2.4	73.3	74.6	74.0	0.9	-0.7	0.8
Cl Trumpler 16 76	B1	25584	1000	4.17	0.20	2.1	2.4	66.8	73.3	70.0	4.6	-13.0	1.2
Cl Trumpler 16 80	B2	19866	750	3.80	0.30	7.6	7.4	316.7	293.6	305.1	16.3	-14.5	0.7
Cl Trumpler 16 115 ²	O9	34614	1000	4.09	0.20	3.0	3.5	119.4	119.6	119.5	0.1	-5.7	0.5

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ 4388)	FWHM (λ 4471)	Vsin i (λ 4388)	Vsin i (λ 4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl Trumpler 16 200 ¹	B4	16000	750	4.67	0.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cl Trumpler 16 238	B6	15000	750	3.84	0.30	4.7	5.2	187.2	186.1	186.7	0.7	-11.7	5.0
Cl* Trumpler 16 HG 10048	B1	24352	750	4.18	0.20	4.8	5.4	198.5	202.7	200.6	3.0	-32.4	5.3
Cl* Trumpler 16 HG 1658	O9	30000	1000	4.12	0.20	4.9	5.5	210.0	215.9	213.5	4.1	6.2	1.7
ALS 1892 ³	O9	41260	1000	3.79	0.30	-----	5.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cl Trumpler 16 2	B1	27331	1000	4.03	0.20	5.3	6.1	224.5	244.9	234.7	14.4	-5.5	2.8
Cl Trumpler 16 3 ^{2,4}	O9	34408	1000	4.10	0.20	1.4	1.4	20.1	33.2	33.2	-----	-6.3	0.3
Cl Trumpler 16 4	B0	28116	1000	4.19	0.20	2.6	3.3	99.5	106.5	103.0	4.9	-9.8	2.1
Cl Trumpler 16 5	B1	26149	1000	3.88	0.30	7.1	7.8	300.1	321.2	310.7	14.9	-6.7	3.2
Cl Trumpler 16 9 ^{2,4}	O9	32328	1000	4.35	0.20	1.5	1.6	30.8	41.4	41.4	-----	-35.2	1.3
Cl Trumpler 16 11	B1	24222	750	4.06	0.20	6.9	7.4	293.5	298.7	296.1	3.6	-11.8	1.0
Cl Trumpler 16 14	B1	27514	1000	4.32	0.20	2.3	2.8	81.1	87.9	84.5	4.8	-8.3	1.5
Cl Trumpler 16 15 ^{2,4}	O9	30181	1000	4.11	0.20	1.2	1.2	2.0	17.3	17.3	-----	-5.1	0.8
Cl Trumpler 16 17	B0	28973	1000	4.04	0.20	5.4	5.8	227.3	232.1	229.7	3.3	-9.3	2.1
Cl Trumpler 16 23 ³	O9	36308	1000	3.88	0.30	5.9	6.2	253.4	253.8	253.6	0.2	5.6	0.4
Cl Trumpler 16 24	B2	21774	750	4.14	0.20	4.6	5.3	189.5	190.9	190.2	0.9	-5.7	1.9

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ 4388)	FWHM (λ 4471)	Vsin i (λ 4388)	Vsin i (λ 4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Cl Trumpler 16 25	B2	18407	750	4.16	0.20	3.6	4.3	135.7	140.5	138.1	3.3	-10.3	1.3
Cl Trumpler 16 29 ⁴	B2	21366	750	3.92	0.30	1.6	1.7	8.5	37.4	37.4	-----	-19.1	1.5
Cl Trumpler 16 74	B1	26918	1000	4.26	0.20	2.7	3.3	101.6	104.3	102.9	1.9	-8.8	1.6
Cl Collinder 228 8	B1	26500	1000	3.70	0.45	2.3	2.6	84.2	78.6	81.4	3.9	34.3	1.9
Cl Collinder 228 12 ⁴	B2	21260	750	2.79	1	1.6	1.8	6.5	40.7	40.7	-----	5.9	1.0
Cl Collinder 228 18 ²	O9	30184	1000	4.06	0.20	2.0	2.2	67.5	69.7	68.6	1.5	-1.9	1.0
Cl Collinder 228 20 ⁴	B2	22515	750	3.95	0.30	1.9	2.0	43.5	53.1	53.1	-----	-2.6	0.8
Cl Collinder 228 30	B2	21765	750	3.97	0.30	2.9	3.5	104.8	105.8	105.3	0.6	-11.9	1.4
Cl Collinder 228 36	B1	24617	750	3.96	0.30	8.4	9.2	357.9	381.3	369.6	16.5	-5.2	0.4
Cl Collinder 228 37	B1	27123	1000	4.29	0.20	2.1	2.2	68.4	67.7	68.1	0.5	-6.4	0.8
Cl Collinder 228 41 ⁴	B1	26044	1000	4.16	0.20	1.1	1.2	-4.0	15.3	15.3	-----	-5.9	0.6
Cl Collinder 228 47 ²	O9	30391	1000	4.21	0.20	4.7	5.5	199.1	217.3	208.2	12.9	-4.7	1.8
Cl Collinder 228 48	B2	19691	750	4.12	0.20	4.5	5.1	182.7	181.0	181.9	1.1	-26.4	2.1
Cl Collinder 228 51	B2	22172	750	4.08	0.20	3.7	4.5	144.8	152.6	148.7	5.5	-10.1	1.2
Cl Collinder 228 67	B3	17539	750	4.22	0.20	4.5	5.1	180.6	180.6	180.6	0.1	-15.5	1.4
Cl Collinder 228 76	B3	17370	750	4.20	0.20	4.4	5.0	176.4	176.3	176.3	0.1	1.8	1.4

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
CI Collinder 228 77	B2	22460	750	4.02	0.20	4.9	6.0	204.1	228.0	216.0	16.9	-5.8	2.1
CI Collinder 228 78	B4	16407	750	3.58	0.45	3.0	3.4	107.2	109.3	108.2	1.4	-2.8	0.7
CI Collinder 228 80	B3	17000	750	3.57	0.45	2.2	2.2	64.8	68.5	66.6	2.5	1.9	0.4
CI Collinder 228 103	B3	17543	750	4.12	0.20	2.7	3.1	94.6	94.6	94.6	0.1	-8.7	0.9
CI Collinder 228 111	B2	21115	750	3.88	0.30	2.4	2.9	80.5	81.7	81.1	0.8	0.5	0.4
CI Collinder 228 118	B6	14558	750	3.61	0.45	3.7	4.3	141.1	147.9	144.5	4.7	-7.0	0.7
CI* Collinder 228 TM 101	B2	19395	750	4.16	0.20	2.5	3.1	85.8	90.9	88.3	3.5	-31.6	1.4
CI* Collinder 228 TM 104	B4	16283	750	3.33	0.45	5.1	5.7	206.3	211.5	208.9	3.7	6.4	1.5
CI* Collinder 228 TM 105	B3	17469	750	3.85	0.30	2.4	2.8	79.3	86.2	82.8	4.8	-1.1	1.6
CI* Collinder 228 TM 109	B3	17773	750	4.01	0.20	2.1	2.2	63.2	64.1	63.6	0.6	-1.7	0.4
CI* Collinder 228 TM 113	B2	22358	750	4.09	0.20	4.6	5.2	188.7	190.5	189.6	1.2	-6.0	1.4
CI* Collinder 228 TM 114	B3	18164	750	4.23	0.20	3.6	4.2	135.2	134.6	134.9	0.4	-60.1	2.3
VPHAS J10413434-5958474	B1	26147	1000	4.21	0.20	2.2	2.5	76.7	76.6	76.6	0.1	-19.7	-1.4
VPHAS J10415981-5955075	B3	18061	750	4.21	0.20	3.0	3.7	106.9	115.5	111.2	6.0	-23.0	-1.1
VPHAS J10420759-5956249	B6	15000	750	4.41	0.20	1.7	1.4	38.1	38.0	38.1	0.0	-15.9	0.9
VPHAS J10420950-6002267	B1	26222	1000	4	0.20	3	3.6	114.5	118.5	116.5	2.8	-3.4	1.6

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
HD 305439	B1	27500	1000	2.90	1	2.1	2.4	68.8	75.0	71.9	4.3	11.0	2.0
VPHAS J10421832-6001553	B5	15526	750	4.09	0.20	2.3	2.2	70.0	69.6	69.8	0.2	-13.9	4.3
VPHAS J10422123-5957156	B5	15925	750	4.28	0.20	3.8	4.1	147.7	135.8	141.8	8.3	-21.7	2.4
VPHAS J10422722-6000052	B2	18950	750	4.20	0.20	3.7	4.4	144.2	146.2	145.2	1.3	-15.5	1.7
VPHAS J10423957-5951386	B2	18246	750	4.29	0.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-34.4	1.5
2MASS J10424476-6005020	B1	27130	1000	3.26	0.45	5.3	5.9	221.7	231.1	226.4	6.6	-9.7	6.8
2MASS J10424616-6000576	B6	14000	750	3.18	0.70	5.2	5.9	210.7	219.0	214.9	5.8	-2.6	2.9
VPHAS J10424804-5953371	B5	15810	750	4.20	0.20	4.3	4.6	167.4	158.9	163.2	6.0	-13.7	2.2
VPHAS J10425293-6003478	B1	23176	750	3.91	0.30	2.1	2.2	63.1	63.3	63.2	0.1	-2.8	1.3
VPHAS J10425717-6007414 ⁴	B2	19988	750	4.01	0.20	1.7	1.7	20.1	38.0	38.0	-----	-4.4	0.6
2MASS J10425900-6000240	B3	17736	750	4.25	0.20	3.6	4.2	137.1	135.6	136.3	1.1	-11.0	2.4
2MASS J10430716-5944007	B3	17711	750	3.72	0.45	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2MASS J10431694-5937534 ²	O9	32400	1000	4.26	0.20	1.9	1.8	59.5	56.4	57.9	2.1	-8.5	0.9
2MASS J10431945-5944488	B2	22386	750	4.81	0.20	-----	1.4	-----	-----	-----	-----	-----	-----
VPHAS J10432015-5917582	B3	18098	750	4.14	0.20	2.0	1.8	50.6	48.6	49.6	1.3	-21.6	1.0
2MASS J10432028-6013014	B6	14246	750	4.05	0.20	5.2	3.4	-----	-----	-----	-----	-5.9	0.3

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ 4388)	FWHM (λ 4471)	Vsin i (λ 4388)	Vsin i (λ 4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
2MASS J10435127-6010386	B4	16395	750	4.07	0.20	6.2	6.8	258.2	260.7	259.4	1.7	2.8	2.7
2MASS J10435207-5932401	B2	20448	750	4.04	0.20	3.6	4.5	135.6	145.8	140.7	7.2	-2.9	3.2
2MASS J10435230-5932360	B4	16271	750	4.10	0.20	3.5	3.9	129.4	128.8	129.1	0.4	2.3	0.9
VPHAS J10435238-6001175	B5	15024	750	4.22	0.20	6.8	7.7	278.8	304.2	291.5	17.9	2.8	0.8
VPHAS J10435328-5916011	B5	15164	750	3.64	0.45	4.3	4.6	166.9	160.7	163.8	4.3	2.8	5.6
TYC 8626-145-1	B6	15000	750	4.50	0.20	6.1	6.3	254.6	240.3	247.5	10.0	-7.9	3.4
2MASS J10435365-5933006	O9	29782	1000	4.27	0.20	2.9	3.3	111.6	110.9	111.3	0.4	-23.3	1.7
VPHAS J10435416-5918244	B2	19596	750	4.09	0.20	5.3	6.0	215.9	224.3	220.1	5.9	-6.0	0.8
2MASS J10425444-6002594	B6	14840	750	4.44	0.20	2.1	1.9	62.2	61.8	62.0	0.3	-41.1	1.8
2MASS J10435539-5926551	B6	15000	750	4.29	0.20	3.5	3.9	131.2	130.0	130.6	0.8	-2.1	2.7
HSB2012 1498	B2	20000	750	4.27	0.20	3.5	4.5	135.0	147.9	141.4	9.1	-12.2	1.4
2MASS J10435649-5932497	B0	28451	1000	4.02	0.20	5.4	5.9	227.3	235.1	231.2	5.5	-7.2	2.4
2MASS J10435723-5932411	B5	15456	750	4.08	0.20	4.7	4.9	184.8	173.6	179.2	7.9	-3.8	1.8
2MASS J10435846-5933015	B6	15000	750	3.82	0.30	6.0	6.0	246.8	223.4	235.1	16.5	-11.1	3.0
2MASS J10435952-5932316	B1	25600	1000	4.30	0.20	2.7	3.3	97.8	100.7	99.3	2.0	-7.7	2.7
2MASS J10435953-5932227	B2	22537	750	4.27	0.20	1.9	2.6	67.3	73.3	70.3	4.2	29.8	0.8

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
2MASS J10440062-5925492	B0	28947	1000	4.16	0.20	2.2	2.3	76.0	72.0	74.0	2.8	-49.3	-1.4
2MASS J10440071-5949518	B6	14072	750	4.30	0.20	1.9	1.6	52.1	50.8	51.5	0.8	-2.6	1.5
2MASS J10440208-5949573	B3	17000	750	4.32	0.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2MASS J10440236-5952046	B3	17802	750	4.26	0.20	1.7	1.5	23.2	33.3	33.3	-----	-16.7	1.3
VPHAS J10440329-5919497	B2	20814	750	4.41	0.20	2.0	2.2	52.7	57.5	55.1	3.4	5.8	0.6
2MASS J10440384-5933099 ¹	B3	18086	750	4.86	0.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
VPHAS J10440517-5921165	B2	20543	750	4.02	0.20	4.9	5.2	197.4	188.9	193.2	6.0	-2.3	1.2
VPHAS J10440576-5927079	B3	17925	750	3.94	0.30	2.0	1.9	49.8	53.1	51.5	2.3	6.0	0.2
2MASS J10440789-5917267	B4	16465	750	4.24	0.20	3.3	3.7	120.0	120.6	120.3	0.4	-7.6	1.9
2MASS J10441147-5951330	B6	14222	750	4.11	0.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2MASS J10441455-5954492	B6	14137	750	4.42	0.20	-----	5.2	-----	185.9	185.9	-----	-17.3	1.2
2MASS J10441677-5920096	B2	21543	750	4.18	0.20	3.0	3.4	109.2	100.8	105.0	5.9	-17.5	1.0
VPHAS J10441729-5917154	B3	16740	750	4.33	0.20	3.4	3.7	125.4	117.1	121.3	5.8	-4.0	0.6
VPHAS J10441935-5917025	B5	15489	750	4.34	0.20	-----	2.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2MASS J10442107-5956207	B4	16098	750	4.30	0.20	3.8	4.3	145.4	145.7	145.5	0.1	-3.1	2.0
2MASS J10442207-5959351	B2	21444	750	4.11	0.20	3.7	4.6	151.6	150.0	150.8	1.1	-5.4	0.8

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
2MASS J10442597-5928593	B3	16703	750	4.30	0.20	2.4	3.2	93.4	94.3	93.9	0.6	-11.5	1.9
2MASS J10442842-5934196	B1	27000	1000	4.16	0.20	2.8	3.5	107.9	112.5	110.2	3.2	-5.4	1.9
2MASS J10442885-5928165 ⁴	B2	20000	750	4.18	0.20	1.3	1.2	6.78	11.7	11.7	-----	-2.1	0.7
2MASS J10442894-5943473	B2	18493	750	4.17	0.20	6.3	6.9	261.7	268.4	265.0	4.7	-8.6	1.0
2MASS J10442909-5948207 ²	O9	32004	1000	4.30	0.20	2.0	2.2	66.9	71.5	69.2	3.2	-7.0	0.4
2MASS J10443023-5926127 ³	O9	35150	1000	4.17	0.20	4.6	5.0	195.5	194.1	194.8	0.9	-2.0	1.6
2MASS J10442521-5913548 ³	O9	37391	1000	4.43	0.20	-----	2.6	-----	84.6	84.6	-----	-6.8	2.8
2MASS J10443239-5954457	B6	15000	750	4.01	0.20	-----	7.2	-----	280.9	280.9	-----	5.2	0.3
2MASS J10443659-5955563	B6	14000	750	4.19	0.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CXOGNC 2MASS J104440.43- 592112.2	B1	25234	1000	4.08	0.20	4.9	5.6	202.4	205.9	204.1	2.5	-5.2	2.2
2MASS J10444178-5921329	B1	23333	750	4.08	0.20	2.9	3.4	104.1	104.6	104.3	0.3	-10.7	1.4
2MASS J10444208-5926353	B4	16707	750	3.84	0.30	8.1	8.7	335.6	352.6	344.1	12.0	-3.3	0.3
VPHAS J10444398-5913590	B6	14500	750	3.81	0.30	4.2	1.3	-----	-----	-----	-----	17.8	2.0
2MASS J10444512-5954114	B6	14800	750	4.18	0.20	3.0	3.0	104.9	104.0	104.5	0.6	-9.5	2.2
2MASS J10444550-5952537	B2	22234	750	4.09	0.20	5.5	5.6	226.1	208.8	217.4	12.2	-9.2	2.7
2MASS J10444710-5939201	B2	19617	750	4.11	0.20	6.4	6.9	262.2	267.2	264.7	3.5	-8.4	0.7

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ4388)	FWHM (λ4471)	Vsin i (λ4388)	Vsin i (λ4471)	<Vsin i>	σ <Vsin i>	<V _r > (km/s)	Err.
Trumpler 14 MJ 392	B3	18000	750	3.71	0.45	4.6	5.2	186.3	184.4	185.3	1.3	-2.4	0.7
VPHAS J10444735-5926595	B2	19000	750	4.05	0.20	6.1	6.5	253.4	249.3	251.3	2.9	-5.9	0.7
VPHAS J10445081-5918004	B2	18666	750	4.19	0.20	3.5	3.9	131.1	123.2	127.1	5.5	-6.7	0.8
Trumpler 14 MJ 442	B2	19390	750	4.18	0.20	4.7	5.3	187.8	188.0	187.9	0.1	-7.7	1.5
Trumpler 16 MJ 432	B6	14500	750	4.44	0.20	3.4	3.7	127.4	123.0	125.2	3.1	-7.0	3.8
2MASS J10445602-5938530	B2	20662	750	3.94	0.30	4.5	5.3	181.4	188.6	185.0	5.1	-6.1	2.3
HSB2012 3314	B3	17000	750	4.31	0.20	5.5	5.9	223.0	220.4	221.7	1.8	-4.6	3.1
Cl Trumpler 16 65	B1	25600	1000	4.12	0.20	6.1	6.5	254.8	258.5	256.7	2.5	-7.3	1.3
VPHAS J10450531-5919349	B2	18950	750	4.20	0.20	4.5	5.2	181.7	185.6	183.6	2.7	-2.2	1.6
HSB2012 3424	B2	21641	750	4.13	0.20	2.1	2.4	65.4	68.9	67.2	2.5	-7.2	1.2
2MASS J10450601-5956512 ⁴	B2	18720	750	3.88	0.30	1.2	1.0	1.4	5.8	5.8	-----	-7.8	2.1
HSB2012 3540	B3	16934	750	4.26	0.20	3.3	3.9	121.9	126.7	124.3	3.3	-41.2	2.0
HSB2012 3545	B2	20604	750	3.50	0.45	7.3	7.9	301.9	318.3	310.1	11.5	-8.7	2.3
2MASS J10451072-5957547	B3	16613	750	3.98	0.30	6.6	7.5	271.4	297.1	284.2	18.2	-4.8	1.2
ALS 15213	B6	14729	750	3.91	0.30	6.1	6.6	251.7	251.9	251.8	0.1	-8.2	0.1
2MASS J10451588-5929563	B1	22851	750	4.09	0.20	7.3	7.7	307.7	310.9	308.8	1.6	-13.8	4.0

ID	MK	T _{eff}	Err.	log g	Err.	FWHM (λ 4388)	FWHM (λ 4471)	Vsin i (λ 4388)	Vsin i (λ 4471)	$\langle V_{\text{sin } i} \rangle$	$\sigma \langle V_{\text{sin } i} \rangle$	$\langle V_r \rangle$ (km/s)	Err.
2MASS J10455899-5958098	B6	14123	750	4.09	0.20	6.9	7.1	284.6	277.2	280.9	5.2	2.3	0.2
2MASS J10460116-5949420	B2	20131	750	4.22	0.20	-----	5.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2MASS J10460277-5950192	B2	21419	750	3.96	0.30	7.9	8.5	330.0	346.5	338.3	11.6	-10.1	0.6
2MASS J10460291-5950259	B2	20744	750	4.19	0.20	2.0	2.0	58.1	53.1	55.6	3.5	-3.2	1.1
VPHAS J10460493-5959018 ⁴	B2	20370	750	4.27	0.20	1.9	2.0	43.9	52.5	52.5	-----	5.9	0.4
2MASS J10460606-5956339	B2	18913	750	3.97	0.30	4.8	5.3	192.7	191.3	192.0	1.0	-3.0	0.5
2MASS J10460608-5957394	B3	17131	750	3.98	0.30	-----	2.7	-----	82.4	82.4	-----	-1.3	0.5
Trumpler 16 MJ 676	B3	18000	750	4.22	0.20	-----	4.2	-----	138.6	138.6	-----	-18.3	0.2
2MASS J10461906-5957543	B1	25480	1000	3.80	0.30	1.0	1.0	0	0	-----	-----	-20.8	0.2
2MASS J10470656-5951514	B5	15576	750	4.16	0.20	2.3	2.2	70.1	71.2	70.7	0.8	7.9	0.9
2MASS J10462657-5956131	B2	20000	750	4.02	0.20	-----	4.1	-----	127.2	127.2	-----	-10.7	0.5
2MASS J10463081-5944175	B5	15259	750	4.17	0.20	2.9	3.0	103.4	98.3	100.8	3.6	-7.4	1.7
2MASS J10463117-5954351	B4	16000	750	4.16	0.20	-----	3.0	-----	96.2	96.2	-----	-24.7	0.6
2MASS J10463277-5952375	B6	14958	750	4.49	0.20	-----	2.3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2MASS J10470435-5948281	B6	14523	750	4.05	0.20	6.1	6.3	254.6	237.4	246.0	12.1	-2.2	0.8
2MASS J10463801-5955165	B4	16222	750	4.06	0.20	6.1	6.6	252.8	254.5	253.7	1.1	-7.9	5.8

ID	MK	T_{eff}	Err.	$\log g$	Err.	FWHM ($\lambda 4388$)	FWHM ($\lambda 4471$)	$V \sin i$ ($\lambda 4388$)	$V \sin i$ ($\lambda 4471$)	$\langle V \sin i \rangle$	$\sigma \langle V \sin i \rangle$	$\langle V_r \rangle$ (km/s)	Err.
2MASS J10452605-5940025 ³	B6	15000	750	4.86	0.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2MASS J10453185-6000293 ⁴	O9	32500	1000	3.80	0.30	-----	4.0	-----	143.9	143.9	-----	-27.4	4.0
2MASS J10452227-5950470 ⁵	O9	39507	1000	3.86	0.30	2.5	2.6	93.1	85.1	89.0	5.7	3.3	0.1
2MASS J10463643-5948048 ⁶	B2	21753	750	3.99	0.30	1.5	1.6	10.8	31.6	31.6	-----	-7.8	0.6
2MASS J10464886-5950409	B2	22358	750	4.21	0.20	4.3	5.0	176.3	182.6	179.4	4.4	-9.6	0.7
2MASS J10470063-5957242	B2	18884	750	4.20	0.20	3.1	3.9	113.5	123.1	118.3	6.7	-7.7	0.4

¹ Estrelas que apresentam $\log g$ fora do limite de segurança do método de Daflon et al. (2007).

² Estrelas com $30000 \text{ K} < T_{\text{eff}} < 35000 \text{ K}$, limite do método de Daflon et al. (2007). Nessas estrelas adotamos $T_{\text{eff}} = 30000 \text{ K}$ no código de interpolação de $V \sin i$ para obtermos os valores de velocidade rotacional projetada.

³ Estrelas com $T_{\text{eff}} > 35000 \text{ K}$. Nessas estrelas adotamos $T_{\text{eff}} = 30000 \text{ K}$ no código de interpolação de $V \sin i$ para obtermos os valores de velocidade rotacional projetada. Porém, não consideramos esses objetos na análise final por essas estrelas pertencerem a regiões de T_{eff} fora do limite de segurança do método de Daflon et al. (2007).

⁴ Estrelas para as quais foram considerados o $V \sin i$ apenas uma linha $\lambda 4471 \text{ \AA}$.

