



*Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Observatório do Valongo*

Espectroscopia de Estrelas Ae/Be de Herbig

Lara Rodrigues de Andrade

**Orientador: Dr. Dalton de Faria Lopes
(Observatório Nacional / MCT)**

**Projeto Final de Curso para a obtenção do título de
Astrônomo**

**Rio de Janeiro
Fevereiro de 2009**

AGRADECIMENTOS

Ao completar essa etapa na longa caminhada da vida e do conhecimento, tenho alguns agradecimentos a fazer:

Ao CEAT, o colégio em que estudei por 16 anos, que me deu toda a base que precisei para ingressar na universidade e que contribuiu substancialmente na minha formação como cidadã;

À UFRJ, por me proporcionar um ensino gratuito e de excelente qualidade, e especialmente ao Observatório do Valongo, por ter sido a minha segunda casa nesses cinco anos de curso;

Ao Observatório Nacional, por propiciar o meu primeiro contato com a atividade de pesquisa, e ao CNPq pela bolsa concedida nesse tempo;

Ao meu orientador Dalton Lopes, por todos os ensinamentos ao longo de três anos e meio de iniciação científica e pela ajuda essencial neste trabalho;

Aos professores do Instituto de Física e do Valongo, por todas as aulas e o conhecimento que me deram, e em especial ao professor Helio Rocha-Pinto e à professora Lilia Prado, pelas excelentes aulas, pelo constante incentivo e por terem feito eu me apaixonar pela astrofísica estelar;

À professora Encarnación Gonzalez e ao astrônomo Rundsthen Nader, por me darem a oportunidade de trabalhar com divulgação científica, uma experiência inesquecível;

Ao professor Gilson Vieira, por ter sido o primeiro a me ensinar física, quando eu ainda tinha 14 anos, e ter sido sempre uma inspiração na profissão de astrônomo;

Aos meus queridos colegas do curso de astronomia (sem os quais teria sido impossível enfrentar as pedreiras do caminho), pelo imenso companheirismo tanto nos estudos quanto nas festas. E especialmente à Marina, Samantha e Priscila, pela amizade e cumplicidade em todos os momentos;

Aos meus amigos de Santa Teresa, especialmente Juliana, Tomás, Rafael e Victor, por estarem sempre presentes e sempre prontos para beber umas cervejas nos momentos em que eu mais precisei, e ao Bernardo, por todo o apoio e carinho indispensáveis na reta final;

À toda a minha família, avós, tios e primos, por estarem sempre ao meu lado;

Ao meu pai, José Eduardo, pelo grande apoio e incentivo, além do suporte financeiro nas viagens a cursos e congressos que tanto contribuíram com a minha formação;

À minha irmã Aninha, por ser desde sempre a minha maior companheira, por ter me dado inúmeras caronas para o Fundão e por ter aliviado os momentos de maior estresse com as melhores palhaçadas e as maiores risadas;

E principalmente à minha mãe Teresinha, por ter me dado apoio irrestrito, por ter sido sempre a minha maior incentivadora, por ter despertado meu amor pela ciência e me apontado as estrelas quando eu ainda era criança, e por todo o amor e compreensão essenciais à minha vida.

RESUMO

As estrelas Ae/Be de Herbig (HAeBe) são objetos pré seqüência principal, de massa intermediária, cuja natureza dos envoltórios circunstelares ainda não é bem compreendida. Esse trabalho tem como objetivo contribuir para o melhor entendimento dos envoltórios dessas estrelas, através do estudo de uma amostra de vinte objetos HAeBe. Utilizamos dados espectroscópicos de observações em alta resolução (na região do visível) realizadas entre dezembro de 1998 e junho de 2000, com a utilização do espectrógrafo FEROS (*Fiber-fed Extended Range Optical Spectrograph*) acoplado ao telescópio de 1,52m do ESO (*European Southern Observatory*), em La Silla (Chile). Apresentamos um atlas com as medidas de largura equivalente das linhas espectrais $H\alpha$, $H\beta$, $NaID$, $HeI \lambda 5876\text{\AA}$ e $[OI] \lambda\lambda 6300$ e 6363\AA , e uma revisão da literatura a respeito de cada estrela da amostra e das estrelas HAeBe como um todo. Comparamos as nossas observações com as já existentes na literatura e analisamos mais detalhadamente as estrelas HD76534 e HD98922, através de cálculo teórico utilizando o código CLOUDY.

Palavras-Chave: estrelas HAeBe – matéria circunstelar - estrelas: pré seqüência principal – estrelas: formação

ABSTRACT

The Herbig Ae/Be stars (HAeBe) are pre-main sequence objects of intermediate mass, which circumstellar environment nature is not yet well understood. This work aims to contribute to a better understanding of the circumstellar environment of these stars, through the study of a sample of 20 HAeBe objects. We use spectroscopic data of observations at high resolution (in the optical) made between December 1998 and June 2000, using the spectrograph FEROS (*Fiber-fed Extended Range Optical Spectrograph*) attached to the 1.52 telescope of ESO (*European Southern Observatory*) in La Silla (Chile). We present an atlas with measures of equivalent width of the spectral lines H α , H β , NaID, HeI λ 5876Å e [OI] λ 6300 e 6363Å, and a review of the literature regarding the sample of each star and the HAeBe stars in general. We compare our observations with the existing literature and analyze further the stars HD76534 and HD98922, through a simple theoretical calculation using the code Cloudy.

Keywords: HAeBe stars – circumstellar matter – stars: pré-main sequence – stars: formation

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 1 |
| 1. CAPÍTULO 1 | 2 |
| AS ESTRELAS AE/BE DE HERBIG | |
| 2. CAPÍTULO 2 | 16 |
| A AMOSTRA | |
| 2.1. HD100546 | 17 |
| 2.2. HD101412 | 19 |
| 2.3. HD104237 | 20 |
| 2.4. HD130437 | 22 |
| 2.5. HD132947 | 22 |
| 2.6. HD141569 | 23 |
| 2.7. HD142666 | 25 |
| 2.8. HD144432 | 27 |
| 2.9. HD144668 (HR5999)..... | 28 |
| 2.10. HD150193 | 29 |
| 2.11. HD156702 | 30 |
| 2.12. HD163296 | 30 |
| 2.13. HD293782 (UX Ori) | 32 |
| 2.14. HD34282 | 34 |
| 2.15. HD50138 | 35 |
| 2.16. HD76534 | 36 |
| 2.17. HD85567 | 37 |
| 2.18. HD94509 | 38 |
| 2.19. HD95881 | 38 |
| 2.20. HD98922 | 39 |
| 3. CAPÍTULO 3 | 40 |
| O ATLAS | |
| 3.1. As Observações | 40 |
| 3.2. As Medidas..... | 43 |
| 3.2.1. HD100546 | 43 |
| 3.2.2. HD101412 | 59 |
| 3.2.3. HD104237 | 61 |

| | |
|---|------------|
| 3.2.4. HD130437 | 66 |
| 3.2.5. HD132947 | 68 |
| 3.2.6. HD141569 | 69 |
| 3.2.7. HD142666 | 71 |
| 3.2.8. HD144432 | 72 |
| 3.2.9. HD144668 (HR5999) | 74 |
| 3.2.10. HD150193 | 75 |
| 3.2.11. HD156702 | 79 |
| 3.2.12. HD163296 | 80 |
| 3.2.13. HD293782 | 85 |
| 3.2.14. HD34282 | 88 |
| 3.2.15. HD50138 | 90 |
| 3.2.16. HD76534 | 91 |
| 3.2.17. HD85567 | 93 |
| 3.2.18. HD94509 | 94 |
| 3.2.19. HD95881 | 96 |
| 3.2.20. HD98922 | 105 |
| 4. CAPÍTULO 4 | 113 |
| ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 113 |
| 4.1. Análise dos Dados Observacionais | 113 |
| 4.1.1. HD100546 | 113 |
| 4.1.2. HD101412 | 113 |
| 4.1.3. HD104237 | 114 |
| 4.1.4. HD130437 | 114 |
| 4.1.5. HD132947 | 114 |
| 4.1.6. HD141569 | 114 |
| 4.1.7. HD142666 | 115 |
| 4.1.8. HD144432 | 115 |
| 4.1.9. HD144668 (HR5999) | 116 |
| 4.1.10. HD150193 | 117 |
| 4.1.11. HD156702 | 117 |
| 4.1.12. HD163296 | 118 |
| 4.1.13. HD293782 (UX Ori) | 118 |
| 4.1.14. HD34282 | 119 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.15. HD50138 | 119 |
| 4.1.16. HD76534 | 119 |
| 4.1.17. HD85567 | 120 |
| 4.1.18. HD94509 | 121 |
| 4.1.19. HD95881 | 121 |
| 4.1.20. HD98922 | 121 |
| 4.2. Cálculo Teórico | 122 |
| 4.2.1. O Código Cloudy | 122 |
| 4.2.2. Cálculo Teórico de HD76534 | 123 |
| 4.2.1. Cálculo Teórico de HD98922 | 124 |
| 5. CAPÍTULO 5 | 130 |
| CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | |
| REFERÊNCIAS | 131 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Parâmetros estelares dos objetos da amostra, obtidos na literatura | 16 |
| Tabela 3.1 – Resumo das observações de HD100456..... | 43 |
| Tabela 3.2 – Medidas da linha H α para HD100546 | 44 |
| Tabela 3.3 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD100546 | 45 |
| Tabela 3.4 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD100546..... | 46 |
| Tabela 3.5 – Resumo das observações de HD101412..... | 59 |
| Tabela 3.6 – Medidas da linha H α para HD101412 | 59 |
| Tabela 3.7 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD101412 | 60 |
| Tabela 3.8 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD101412..... | 60 |
| Tabela 3.9 – Resumo das observações de HD104237..... | 61 |
| Tabela 3.10 – Medidas da linha H α para HD104237 | 61 |
| Tabela 3.11 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD104237 | 61 |
| Tabela 3.12 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD104237..... | 62 |
| Tabela 3.13 – Resumo das observações de HD130437..... | 66 |
| Tabela 3.14 – Medidas da linha H α para HD130437 | 66 |
| Tabela 3.15 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD130437 | 67 |
| Tabela 3.16 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD130437..... | 67 |
| Tabela 3.17 – Resumo das observações de HD132947..... | 68 |
| Tabela 3.18 – Medidas da linha H α para HD132947..... | 68 |
| Tabela 3.19 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD132947 | 68 |
| Tabela 3.20 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD132947..... | 68 |
| Tabela 3.21 – Resumo das observações de HD141569..... | 69 |
| Tabela 3.22 – Medidas da linha H α para HD141569 | 69 |
| Tabela 3.23 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD141569 | 70 |
| Tabela 3.24 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD141569..... | 70 |
| Tabela 3.25 – Resumo das observações de HD142666..... | 71 |
| Tabela 3.26 – Medidas da linha H α para HD142666 | 71 |
| Tabela 3.27 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD142666 | 71 |
| Tabela 3.28 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD142666..... | 71 |
| Tabela 3.29 – Resumo das observações de HD144432..... | 72 |
| Tabela 3.30 – Medidas da linha H α para HD144432 | 72 |

| | |
|--|----|
| Tabela 3.31 – Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD144432 | 73 |
| Tabela 3.32 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD144432 | 73 |
| Tabela 3.33 – Resumo das observações de HD144668..... | 74 |
| Tabela 3.34 – Medidas da linha H α para HD144668 | 74 |
| Tabela 3.35 – Medi das da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD144668 | 74 |
| Tabela 3.36 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD144668..... | 74 |
| Tabela 3.37 – Resumo das observações de HD150193..... | 75 |
| Tabela 3.38 – Medidas da linha H α para HD150193 | 76 |
| Tabela 3.39 – Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD150193 | 76 |
| Tabela 3.40 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD156702..... | 76 |
| Tabela 3.41 – Resumo das observações de HD156702..... | 79 |
| Tabela 3.42 – Medidas da linha H α para HD156702 | 79 |
| Tabela 3.43 – Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD156702 | 79 |
| Tabela 3.44 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD156702..... | 79 |
| Tabela 3.45 – Resumo das observações de HD163296..... | 80 |
| Tabela 3.46 – Medidas da linha H α para HD163296 | 81 |
| Tabela 3.47 - Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD163296..... | 81 |
| Tabela 3.48 - Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD163296..... | 81 |
| Tabela 3.49 - Resumo das observações de HD293782 | 85 |
| Tabela 3.50 – Medidas da linha H α para HD293782 | 85 |
| Tabela 3.51 – Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD293782 | 85 |
| Tabela 3.52 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD293782..... | 86 |
| Tabela 3.53 – Resumo das observações de HD34282..... | 88 |
| Tabela 3.54 – Medidas da linha H α para HD34282 | 88 |
| Tabela 3.55 – Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD34282 | 89 |
| Tabela 3.56 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD34282..... | 89 |
| Tabela 3.57 – Resumo das observações de HD50138..... | 90 |
| Tabela 3.58 – Medidas da linha H α para HD50138 | 90 |
| Tabela 3.59 – Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD50138 | 90 |
| Tabela 3.60 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD50138..... | 90 |
| Tabela 3.61 – Resumo das observações de HD76534..... | 91 |
| Tabela 3.62 – Medidas da linha H α para HD76534..... | 91 |
| Tabela 3.63 – Medidas da linhas H β e HeI λ 5876Å para HD76534..... | 92 |
| Tabela 3.64 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD76534..... | 92 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 3.65 – Resumo das observações de HD85567..... | 93 |
| Tabela 3.66 – Medidas da linha H α para HD85567..... | 93 |
| Tabela 3.67 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD85567..... | 93 |
| Tabela 3.68 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD85567..... | 93 |
| Tabela 3.69 – Resumo das observações de HD94509..... | 94 |
| Tabela 3.70 – Medidas da linha H α para HD94509..... | 94 |
| Tabela 3.71 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD94509..... | 95 |
| Tabela 3.72 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD94509..... | 95 |
| Tabela 3.73 – Resumo das observações de HD95881..... | 96 |
| Tabela 3.74 – Medidas da linha H α para HD95881..... | 96 |
| Tabela 3.75 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD95881..... | 97 |
| Tabela 3.76 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD95881..... | 97 |
| Tabela 3.77 – Resumo das observações de HD98922..... | 105 |
| Tabela 3.78 – Medidas da linha H α para HD98922..... | 106 |
| Tabela 3.79 – Medidas das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD98922..... | 106 |
| Tabela 3.80 – Medidas das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD98922..... | 107 |
| Tabela 4.1 – Resultado do cálculo teórico de HD98922..... | 124 |
| Tabela 4.2 – Valores das larguras equivalentes teóricas..... | 129 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 – Diagrama cor-cor de Finkenzeller & Mundt (1984) | 5 |
| Figura 1.2a – Grupos I e II de Hillenbrand et al. (1992) | 5 |
| Figura 1.2b – Grupos III de Hillenbrand et al. (1992)..... | 6 |
| Figura 1.3 – Esquema de classificação do perfil de H α para estrelas PMS | 8 |
| Figura 1.4 – Distribuição estatística dos tipos de perfil da linha H α | 9 |
| Figura 1.5 – Distribuição estatística da largura equivalente de H α | 9 |
| Figura 1.6 – Cenário evolutivo das estrelas HAeBe | 11 |
| Figura 1.7 – Desenho esquemático do modelo de envoltório de Meeus et al.(2001).... | 13 |
| Figura 2.1 – Observação coronográfica de HD100546 | 19 |
| Figura 2.2 – Esquema simplificado do disco de HD101412 | 20 |
| Figura 2.3 – Imagem em raios-X do satélite <i>Chandra</i> para a estrela HD104237 | 21 |
| Figura 2.4 – Distribuição espectral de energia de HD132947..... | 23 |
| Figura 2.5 – Posições das estrelas B e C relativas a HD141569A | 24 |
| Figura 2.6 – Evidências de acreção e ejeção de matéria em HD142666..... | 26 |
| Figura 2.7 – Imagem na banda K (2.2 μ m) de HD144432..... | 27 |
| Figura 2.8 – Imagem ACIS do Chandra para HD150193 | 29 |
| Figura 2.9 – Imagem composta de HD163296..... | 31 |
| Figura 2.10 – Perfil da linha H α de UX Ori numa fase brilhante..... | 33 |
| Figura 2.11 – Distribuição espectral de energia de HD34282 | 35 |
| Figura 2.12 – Espectro FUSE de HD76534, mostrando a presença de H $_2$ | 37 |
| Figura 3.1 – Diagrama de formação de linhas espectrais | 40 |
| Figura 3.2 – Definição de largura equivalente | 42 |
| Figura 3.3 – Perfis de H α da estrela HD100546..... | 47 |
| Figura 3.4 – Perfis de H β da estrela HD100546..... | 50 |
| Figura 3.5 – Perfis de HeI e NaID da estrela HD100546 | 53 |
| Figura 3.6 – Perfis de [OI] da estrela HD100546..... | 56 |
| Figura 3.7 – Perfis de H α , H β , HeI e NaID da estrela HD101412 | 60 |
| Figura 3.8 – Perfis de H α da estrela HD104237..... | 62 |
| Figura 3.9 – Perfis de H β da estrela HD104237..... | 63 |
| Figura 3.10 – Perfis de HeI e NaID da estrela HD104237 | 64 |
| Figura 3.11 – Perfis de [OI] da estrela HD104237..... | 65 |
| Figura 3.12 – Perfis de H α , H β e NaID da estrela HD130437 | 67 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.13 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e NaID da estrela HD132947 | 69 |
| Figura 3.14 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, NaID e [OI] da estrela HD141569 | 70 |
| Figura 3.15 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD142666 | 72 |
| Figura 3.16 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD144432 | 73 |
| Figura 3.17 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD144668 | 75 |
| Figura 3.18 – Perfis de $H\alpha$ da estrela HD150193..... | 76 |
| Figura 3.19 – Perfis de $H\beta$ da estrela HD150193..... | 77 |
| Figura 3.20 – Perfis de HeI e NaID da estrela HD150193 | 78 |
| Figura 3.21 – Perfis de [OI] da estrela HD150193..... | 78 |
| Figura 3.22 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD156702 | 80 |
| Figura 3.23 – Perfis de $H\alpha$ da estrela HD163296..... | 82 |
| Figura 3.24 – Perfis de $H\beta$ da estrela HD163296..... | 82 |
| Figura 3.25 – Perfis de HeI e NaID da estrela HD163296 | 83 |
| Figura 3.26 – Perfis de [OI] da estrela HD163296..... | 84 |
| Figura 3.27 – Perfis de $H\alpha$ da estrela HD293782..... | 86 |
| Figura 3.28 – Perfis de $H\beta$ da estrela HD293782..... | 87 |
| Figura 3.29 – Perfis de HeI e NaID da estrela HD293782..... | 87 |
| Figura 3.30 – Perfis de [OI] da estrela HD293782..... | 88 |
| Figura 3.31 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD34282 | 89 |
| Figura 3.32 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD50138 | 91 |
| Figura 3.33 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e NaID da estrela HD76534 | 92 |
| Figura 3.34 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD85567 | 94 |
| Figura 3.35 – Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e NaID da estrela HD94509 | 95 |
| Figura 3.36 – Perfis de $H\alpha$ da estrela HD95881 | 98 |
| Figura 3.37 – Perfis de $H\beta$ da estrela HD95881 | 100 |
| Figura 3.38 – Perfis de HeI e NaID da estrela HD95881 | 102 |
| Figura 3.39 – Perfis de [OI] da estrela HD95881..... | 103 |
| Figura 3.40 – Perfis de $H\alpha$ da estrela HD98922..... | 108 |
| Figura 3.41 – Perfis de $H\beta$ da estrela HD98922..... | 109 |
| Figura 3.42 – Perfis de HeI e NaID da estrela HD98922 | 110 |
| Figura 3.43 – Perfil de [OI] da estrela HD98922 | 111 |
| Figura 4.1 – Linha [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$ de HD100546 | 113 |
| Figura 4.2 – Linha $H\alpha$ de HD142666..... | 115 |
| Figura 4.3 – Linha $H\alpha$ de HD144432 em duas observações | 115 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.4 – Espectros da região de $H\alpha$ de HD144668 | 116 |
| Figura 4.5 – Espectro da região de $H\alpha$ de HD144668..... | 116 |
| Figura 4.6 – Variações no perfil de $H\alpha$ de HD150193..... | 117 |
| Figura 4.7 – Perfil de $H\alpha$ de HD150193..... | 117 |
| Figura 4.8 – Perfis de $H\alpha$ observados por Finkenzeller & Mundt (1984)..... | 118 |
| Figura 4.9 – Região de $H\alpha$ observada por Reipurth et al. (1996)..... | 119 |
| Figura 4.10 – Região de $H\alpha$ observada por Reipurth et al. (1996)..... | 120 |
| Figura 4.11 – Perfis de $H\alpha$ e $H\beta$ observados por Oudmaijer & Drew (1999)..... | 120 |
| Figura 4.12 – Perfis das linhas $H\alpha$, $H\beta$, $HeI \lambda 5876\text{\AA}$ e $NaID$ | 121 |
| Figura 4.13 – Exemplo de arquivo de entrada do código Cloudy | 122 |
| Figura 4.14 – Resultado do cálculo teórico de HD76534..... | 123 |
| Figura 4.15 – Luminosidade das linhas | 125 |
| Figura 4.16 – Luminosidade da linha $H\beta$ | 125 |
| Figura 4.17 – Luminosidade das linhas $HeI \lambda 5876\text{\AA}$ | 126 |
| Figura 4.18 – Luminosidade das linhas $NaI \lambda 5890\text{\AA}$ e $[OI] \lambda 6300\text{\AA}$ | 126 |
| Figura 4.18 – Luminosidade das linhas $NaI \lambda 5890\text{\AA}$ e $[OI] \lambda 6300\text{\AA}$ | 126 |
| Figura 4.19 – Intensidade das linhas em função da profundidade do envoltório | 127 |

INTRODUÇÃO

As estrelas Ae/Be de Herbig (HAeBe) são objetos pré seqüência principal, de massa intermediária. A partir do primeiro esforço de sistematização dessa categoria de estrelas, realizado por Herbig em 1960, os trabalhos que se seguiram têm demonstrado um crescente interesse na determinação da estrutura e da composição de seus envoltórios. Sugere-se que os envoltórios circunstelares de objetos estelares jovens são os mais prováveis precursores de discos protoplanetários.

Este trabalho tem como objetivo estudar os envoltórios de uma amostra de vinte estrelas HAeBe, buscando com isso contribuir para o crescente conjunto de dados sobre seus envoltórios. O interesse reside no fato de que, ao contrário das T-Tauri (estrelas pré seqüência principal de baixa massa), para as quais há modelos bem definidos, os envoltórios das estrelas HAeBe ainda não são bem compreendidos.

Neste estudo, utilizamos dados espectroscópicos de observações em alta resolução (na região do visível) realizadas entre dezembro de 1998 e junho de 2000, no ESO (*European Southern Observatory*), em La Silla (Chile). Estudamos quatro regiões específicas dos espectros observados e medimos a largura equivalente das linhas $H\alpha$, $H\beta$, $NaID$, $HeI \lambda 5876\text{\AA}$ e $[OI] \lambda\lambda 6300$ e 6363\AA . Estas linhas espectrais são importantes porque são formadas em regiões diferentes do envoltório e nos permitem então um diagnóstico mais completo dos mesmos.

O **capítulo 1** consiste de uma revisão bibliográfica dos trabalhos publicados sobre as estrelas HAeBe. No **capítulo 2**, reunimos as informações e parâmetros estelares existentes na literatura sobre as estrelas da amostra. O **capítulo 3** contém a descrição das observações, um atlas com os espectros das regiões estudadas e as tabelas com as medidas das linhas de interesse. No **capítulo 4** analisamos e discutimos as observações, comparando com os resultados da literatura, e apresentamos um cálculo teórico simples para as estrelas HD76534 e HD98922. E, finalmente, o **capítulo 5** apresenta algumas conclusões e aponta perspectivas futuras deste trabalho.

CAPÍTULO 1

AS ESTRELAS AE/BE DE HERBIG

Há cerca de cinquenta anos atrás, com o crescente conhecimento a respeito das estrelas T-Tauri, Herbig (1960) investigou a existência de estrelas de massa superior que estivessem sofrendo processo evolutivo semelhante. As T-Tauri já eram conhecidas como estrelas de baixa massa ($< 2 M_{\odot}$) jovens, ainda no estágio de contração gravitacional, a caminho da seqüência principal, onde se tornariam estrelas F ou de tipo espectral posterior. Nesse estudo, Herbig fez uma estimativa do número de estrelas de massa intermediária ($2 < M_{\star}/M_{\odot} < 10$, pois estrelas com massa maior que $10 M_{\odot}$ permanecem obscurecidas durante toda a fase pré-seqüência principal) que ainda estariam no estágio de contração. Esse número certamente seria menor do que o das estrelas de baixa massa, pois o tempo de contração é menor e elas existem em menor número. Como se esperava que as estrelas se formassem numa região de alta densidade de gás e poeira, muitas delas seriam obscurecidas, diminuindo ainda mais o número de estrelas possíveis de serem observadas.

Para identificar estrelas de massa intermediária que ainda estivessem no processo de contração gravitacional, Herbig escolheu os seguintes critérios de busca:

1. Estrela do tipo espectral A, ou anterior, com linhas de emissão;
2. Estrela se encontrar numa região obscurecida;
3. Estrela iluminar nebulosa brilhante em sua vizinhança imediata.

A limitação do tipo espectral selecionava estrelas no intervalo de massa desejado. A exigência da presença de linhas de emissão foi feita baseada no conhecimento que se tinha das estrelas T-Tauri. O critério 2 foi escolhido para excluir objetos mais velhos, que possuíssem envelopes devido à ejeção de matéria, como nebulosas planetárias e estrelas Wolf-Rayet, e o critério 3 para excluir as estrelas Be clássicas.

Vinte e seis estrelas foram selecionadas a partir desses critérios, constituindo uma amostra incompleta, pois não fez parte de uma busca sistemática. Herbig organizou essas estrelas a partir de suas propriedades espectroscópicas e concluiu que elas eram fortes candidatas a serem objetos de massa intermediária ainda em fase de contração gravitacional. Foram assim identificadas as primeiras estrelas Ae/Be de Herbig (HAeBe).

Muitos estudos acerca dessas estrelas foram feitos a seguir. Strom et al. (1972) confirmaram a natureza pré-seqüência principal (PMS) de metade das estrelas observadas por Herbig, a partir de suas gravidades superficiais e luminosidades bolométricas, que as colocavam abaixo da seqüência principal de idade zero (ZAMS). Já Herbst et al. (1982) questionaram essa natureza PMS, sugerindo que as estrelas fossem jovens, mas já na seqüência principal, e que girassem próximo à suas velocidades de *break-up*.

Baseados nesses dois trabalhos e no trabalho original de Herbig, Finkenzeller & Mundt (1984) fizeram um estudo com o objetivo de identificar várias propriedades e aspectos de cinquenta e sete estrelas candidatas à HAeBe. Para quarenta e três delas, obtiveram perfis de alta resolução das linhas H α e NaID, que fornecem informações acerca de ventos estelares. Esses ventos poderiam ter importantes conseqüências na dinâmica do material circundante, já que muitos dos objetos estariam associados com gás molecular de alta velocidade. Um outro motivador para o estudo foi encontrar critérios de seleção espectroscópicos não-ambíguos para essas estrelas, como os das T-Tauri, uma vez que os critérios originais de Herbig ainda não eram muito eficientes para separar as HAeBe das Ae/Be clássicas.

No estudo espectroscópico dessas estrelas, os autores observaram que os perfis da linha H α tinham vários formatos diferentes. Além disso, na maioria das estrelas os perfis de NaID mostravam apenas componente interestelar; em 30% das estrelas havia a presença de linhas proibidas de oxigênio [OI] e em 25% aparecia HeI λ 5876Å em absorção (em poucos casos essa linha aparecia em emissão).

Eles observaram que 90% das estrelas podiam ser divididas em três categorias, de acordo com seus perfis de H α :

- a) Pico simples, em muitos casos, uma linha de emissão simétrica (25% das estrelas).
- b) Pico duplo: dois picos em emissão separados por uma absorção reversa aproximadamente não-desviada em muitos casos (50% das estrelas).
- c) P-Cygni, na maioria dos casos com absorção no azul (20% das estrelas).

Apenas 5% dos objetos da amostra apresentavam perfis mais complexos, que não se encaixavam nessa divisão. Os perfis de pico duplo e P-Cygni não eram distribuídos igualmente pelos tipos espectrais: o pico duplo era mais comum em estrelas anteriores à A0 e o P-Cygni era mais encontrado em estrelas entre B8 e A0.

Em relação aos ventos estelares, foi observado que a presença de NaID em emissão era característica de estrelas com perfil de H α do tipo P-Cygni e podia ser um indicador de grande perda de massa, como nas estrelas T-Tauri.

Variações fotométricas e espectroscópicas já haviam sido observadas em muitas das estrelas, sendo que 93% das estrelas variáveis fotométricas eram de tipo espectral posterior à B8. Todas as estrelas com quase nenhuma variação fotométrica (≤ 0.05 mag) tinham tipo espectral anterior à A0. Em adição, variações significativas na largura equivalente de H α também eram observadas em estrelas de classe espectral anterior. Desse modo, os autores concluíram que entre os tipos espectrais B8 e A0 alguma mudança radical no comportamento variável ocorria, talvez devido à convecção.

Os autores construíram diagramas cor-cor na região do infravermelho (IR) para as estrelas da amostra que possuíssem dados fotométricos disponíveis para essa região e para algumas estrelas Be clássicas (figura 1.1). Foi observado que as candidatas a HBe apresentavam grande excesso no IR, ao contrário das Be clássicas. Desse modo, eles sugeriram o excesso no IR como um critério poderoso para separar essas estrelas. Também foi feito um diagrama H-R para estrelas com dados disponíveis e, pela sua posição no diagrama, a natureza pré-seqüência principal das estrelas de Herbig pôde ser confirmada.

Posteriormente, Hillenbrand et al. (1992) estudaram uma amostra de quarenta e sete estrelas Ae/Be de Herbig e as separaram em três grupos, de acordo com a morfologia de suas distribuições espectrais de energia (figuras 1.2a e 1.2b). O grupo I continha as estrelas com alto excesso no IR e com inclinação espectral $\lambda F_{\lambda} \sim \lambda^{-4/3}$ em comprimentos de onda $\lambda \geq 2.2 \mu\text{m}$ (30 objetos); o grupo II, estrelas com alto excesso no IR e espectro plano ou crescente a partir de $100 \mu\text{m}$ (11 objetos); e o grupo III, estrelas com pequeno excesso no IR (6 objetos).

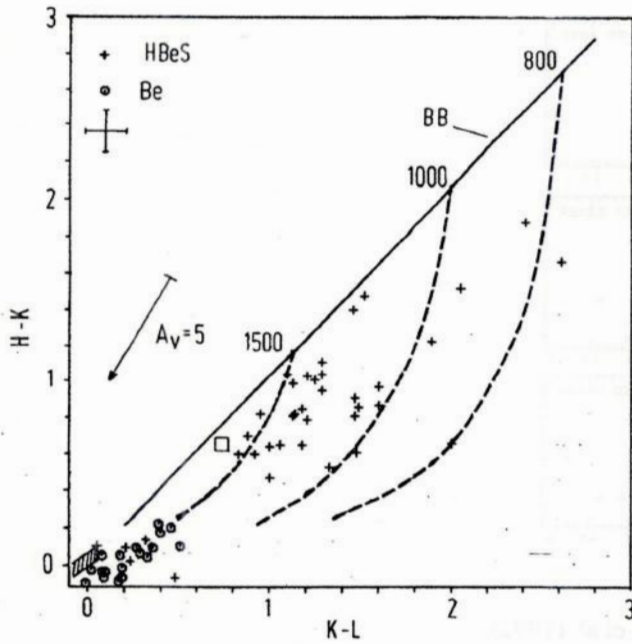


Figura 1.1: Diagrama cor-cor de Finkenzeller & Mundt (1984).

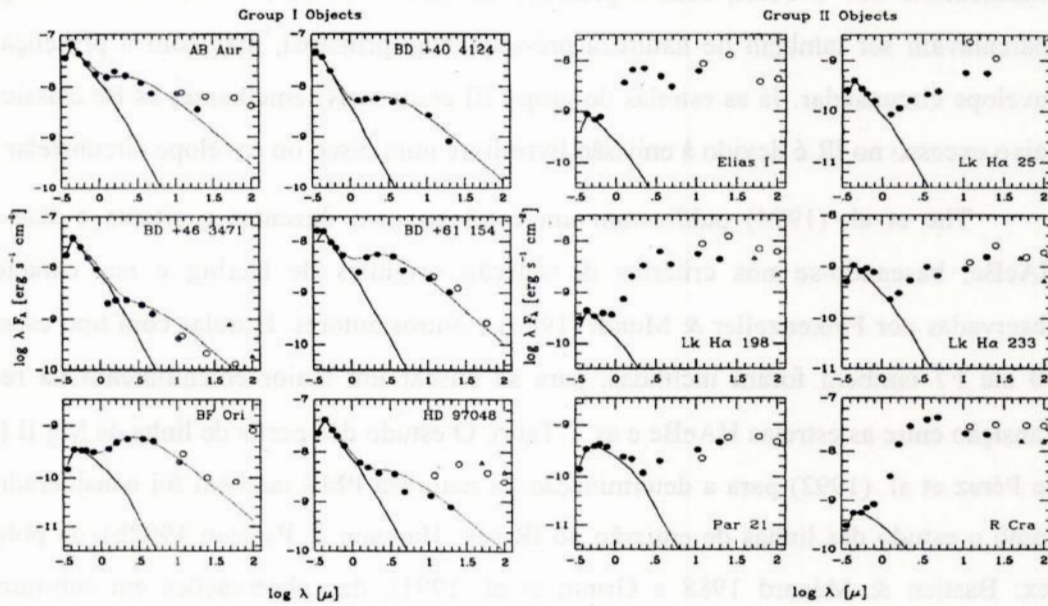


Figura 1.2a: Grupos I e II de Hillenbrand et al. (1992).

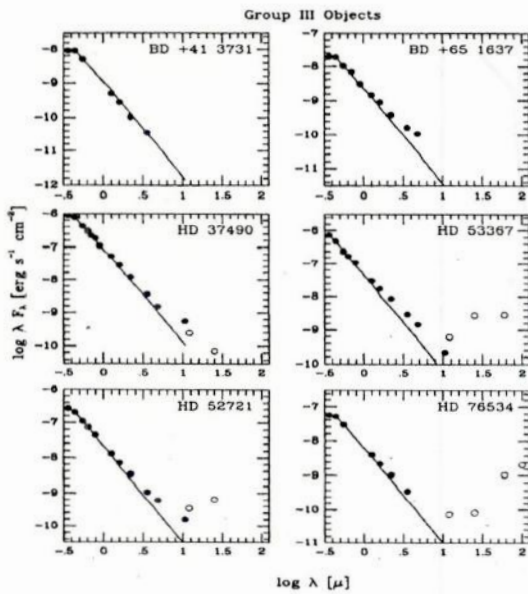


Figura 1.2b: Grupo III de Hillenbrand et al. (1992).

Segundo os autores, as estrelas do grupo I aparentavam ser análogas de massa intermediária das T-Tauri, com a presença de disco circunstelar. As estrelas do grupo II aparentavam ser também de natureza pré-sequência principal, mas com a presença de um envelope circunstelar. Já as estrelas do grupo III eram mais semelhantes às Be clássicas, cujo baixo excesso no IR é devido à emissão livre-livre num disco ou envelope circunstelar de gás.

Thé et al. (1994) publicaram um catálogo com duzentas e oitenta e sete estrelas HAeBe, baseando-se nos critérios de seleção originais de Herbig e nas características observadas por Finkenzeller & Mundt (1984) e outros autores. Estrelas com tipo espectral de F0 até F7 também foram incluídas, para se buscar um maior entendimento na região de transição entre as estrelas HAeBe e as T-Tauri. O estudo dos perfis de linha de Mg II (2800Å) de Pérez et al. (1992) para a determinação da natureza PMS também foi considerado, assim como o estudo das linhas de emissão no IR (ex: Hamann & Persson 1992b), da polarização (ex: Bastien & Ménard 1988 e Grinin et al. 1991), das observações em sub-mm e mm (Hartmann et al. 1993) e da emissão contínua em rádio (Skinner et al. 1993).

Thé et al. (1994) então resumiram os critérios de seleção das estrelas HAeBe como a seguir:

Tipo espectral B, A ou F,

- com ou sem:
 - a) presença de nebulosa de reflexão,
 - b) associação com região obscurecida de formação estelar,
 - c) linhas de emissão,
- às vezes com:
 - d) variações fotométricas irregulares,
 - e) polarização linear variável ou de alto grau,
- mas sempre com:
 - f) excesso no IR próximo ou distante.

A amostra dos objetos incluídos no catálogo como membros ou candidatos à estrelas HAeBe foi selecionada a partir de listas e catálogos já existentes de estrelas HAeBe e candidatas, objetos relacionados (ex: estrelas B[e]), objetos de tipo espectral anterior com fortes linhas de emissão, estrelas peculiares de tipo espectral anterior com linhas de emissão e outros objetos peculiares. O catálogo foi dividido em a) objetos com linhas de emissão, b) objetos sem linhas de emissão, e c) estrelas rejeitadas como candidatas a estrelas HAeBe. Esse trabalho foi muito importante para o estudo das estrelas Ae/Be de Herbig e o catálogo é utilizado como referência até hoje.

Reipurth et al. (1996) publicaram um atlas de perfis de alta resolução da linha H α em sessente e três estrelas pré-sequência principal, sendo dezoito delas HAeBe. Os perfis foram separados em quatro tipos, de acordo com o seu formato:

- Tipo I: pico simples simétrico com muito pouca ou nenhuma absorção;
- Tipo II: pico duplo, com o pico menor excedendo mais da metade da intensidade do pico maior. Em casos de absorção muito pequena, esse perfil pode degenerar para o tipo I com uma pequena protuberância;
- Tipo III: pico duplo, com o pico secundário de intensidade menor do que a metade do pico primário;

- Tipo IV: perfil P-Cygni, ou P-Cygni inverso, onde a velocidade da absorção é alta o suficiente para estar presente além da asa da linha de emissão e nenhum pico secundário é observado.

Dependendo da localização do pico secundário (mais azul ou mais vermelho do que o pico primário), um segundo parâmetro é acrescentado: B para azul e R para vermelho. No tipo IV, o perfil P-Cygni normal é rotulado com B e ou inverso com R. O esquema da classificação está na figura 1.3.

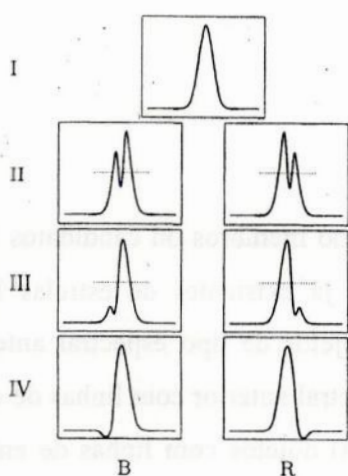


Figura 1.3: Esquema de classificação do perfil de H α para estrelas PMS (Reipurth et al. 1996).

Os autores mostraram que há diferença na distribuição dos perfis no diferentes tipos para estrelas T-Tauri e HAeBe, sugerindo diferentes mecanismos de formação da linha. 25% das T-Tauri apresentaram perfil simétrico, enquanto apenas 11% das HAeBe apresentaram esse perfil. O perfil mais comum para as estrelas Ae/Be de Herbig foi o de tipo II, enquanto que para as T-Tauri foi o do tipo III B. A distribuição estatística pode ser vista na figura 1.4. Para as T-Tauri, com quarenta e três estrelas observadas, a estatística é razoável, enquanto que para apenas dezoito HAeBe a significância estatística é menor. Ainda assim, diferenças nos perfis de H α das duas categorias puderam ser observadas. Os autores também analisaram as larguras das linhas, as velocidades das asas e as larguras equivalentes. Quase todos os perfis de H α analisados mostraram asas extensas que atingiam velocidades de centenas de km/s e as HAeBe apresentaram velocidades de bordo mais altas do que as T-Tauri. Em relação às

larguras equivalentes, a distribuição estatística foi aproximadamente a mesma para as duas categorias de estrelas, como mostrado na figura 1.5.

Os autores concluíram que, pelas características de $H\alpha$ observadas, o modelo de disco circunstelar com *clumps* de Grinin (1992) era uma boa hipótese para explicar os envoltórios das HAeBe.

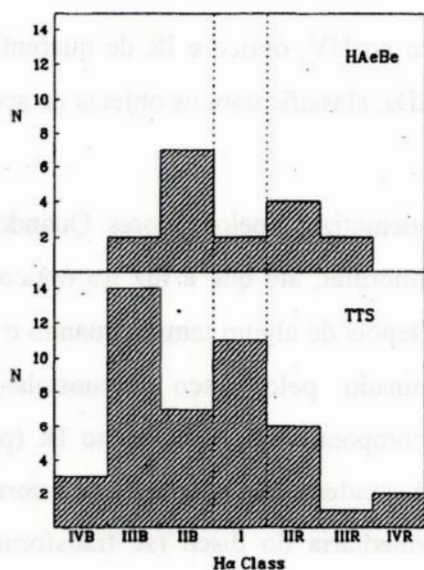


Figura 1.4: Distribuição estatística dos tipos de perfil da linha $H\alpha$ para as estrelas HAeBe e T-Tauri (Reipurth et al. 1996).

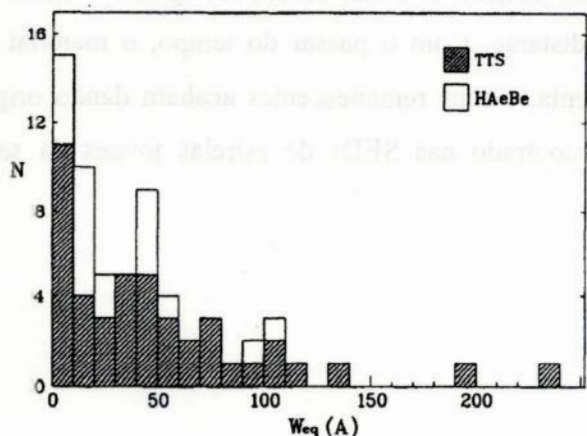


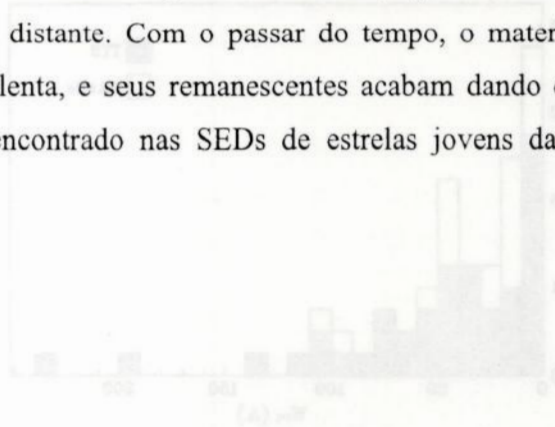
Figura 1.5: Distribuição estatística da largura equivalente de $H\alpha$ para as estrelas HAeBe e T-Tauri (Reipurth et al. 1996).

Pezzuto et al. (1997) estudaram a distribuição de matéria circunstaral ao redor de trinta e seis estrelas Ae/Be de Herbig através do ajuste da distribuição espectral de energia (SED) e concluíram que a maioria pode ser ajustada por modelos de estrutura esférica ao redor da estrela e que levem em conta a presença de poeira, além do gás.

Outro resultado importante desse trabalho foi que a distribuição de densidade ao redor das estrelas HAeBe seguem uma lei $n \propto r^{-1}$ e que os grãos circunstarales têm tamanhos maiores do que os típicos para grãos interestelares.

Malfait et al. (1998) realizaram um estudo no UV, óptico e IR de quarenta e cinco estrelas HAeBe e também através do ajuste das SEDs, classificaram os objetos de acordo com a sua fase evolutiva.

A figura 1.6 mostra o cenário evolutivo esquematizado pelos autores. Quando a estrela se forma, está toda embebida em sua nuvem primordial, até que a luz no óptico se torne visível. O excesso no IR aumenta abruptamente. Depois de algum tempo, quando o envelope externo desaparece, o fluxo no IR é dominado pelo disco circunstaral, que é gravitacionalmente ligado à estrela. Uma única componente de excesso no IR (próximo e distante) caracteriza a sua SED. Então, devido à condensação da poeira e à formação de planetas, a poeira desaparece numa região intermediária do disco (se transformando em objetos compactos, planetesimais). O disco passa a ter duas componentes, uma interna de temperatura mais alta e densidade menor e outra externa, mais fria e densa. A estrutura do disco interno evolui mais rapidamente (provavelmente através de sucessivos eventos similares de ruptura do disco) do que a do disco externo e, como resultado, apenas o disco externo permanece, causando excesso no IR distante. Com o passar do tempo, o material externo também se dispersa, de forma mais lenta, e seus remanescentes acabam dando origem aos pequenos excessos no IR distante encontrado nas SEDs de estrelas jovens da seqüência principal, do tipo Vega.



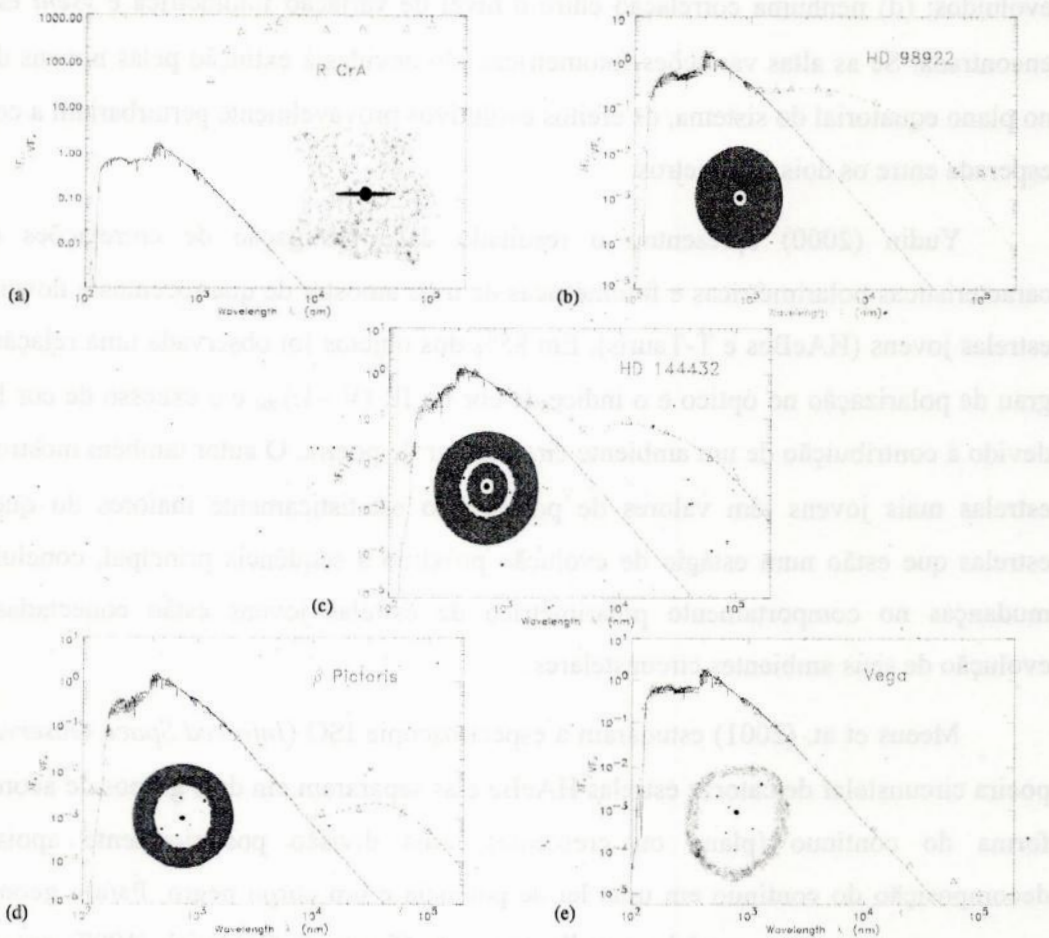


Figura 1.6: Cenário evolutivo das estrelas HAeBe: a) fonte embebida; b) disco de poeira único causando excesso no IR próximo e distante; c) disco de poeira duplo; d) disco de poeira único causando excesso no IR distante; e) disco de poeira mais evoluído (Malfait 1998).

Van den Ancker et al. (1998) analisaram os dados de fotometria do satélite *Hipparcos* para uma amostra de quarenta e quatro estrelas Ae/Be de Herbig. Juntamente com dados da literatura, eles derivaram parâmetros físicos (distância, temperatura, luminosidade, massa, idade) para essas estrelas e suas principais conclusões foram as seguintes: (a) mais de 65% de todas as estrelas HAeBe mostram variação fotométrica com amplitude maior que 0.05 mag; (b) estrelas HAeBe de tipo espectral anterior a A0 mostram apenas variações moderadas (< 0.5 mag), enquanto que aquelas de tipo espectral posterior podem mostrar variações de mais de 2.5 mag (fato explicado porque as estrelas com massa menor se tornam opticamente visíveis enquanto ainda estão se contraindo para a fase ZAMS, mas as estrelas mais massivas só se tornam opticamente visíveis depois de terem atingido a fase ZAMS); (c) as estrelas HAeBe com os menores excessos no IR não apresentam grandes variações fotométricas, o que pode ser entendido identificando as estrelas de pequeno excesso no IR com objetos mais

evoluídos; (d) nenhuma correlação entre o nível de variação fotométrica e v_{seni} estelar foi encontrada. Se as altas variações fotométricas são devidas à extinção pelas nuvens de poeira no plano equatorial do sistema, os efeitos evolutivos provavelmente perturbariam a correlação esperada entre os dois parâmetros.

Yudin (2000) apresentou o resultado da investigação de correlações entre as características polarimétricas e fotométricas de uma amostra de quatrocentos e noventa e seis estrelas jovens (HAeBes e T-Tauris). Em 85% dos objetos foi observada uma relação entre o grau de polarização no óptico e o índice de cor no IR $(V - L)_{\text{obs}}$ e o excesso de cor $E(V - L)$ devido à contribuição de um ambiente circunstelar de poeira. O autor também mostrou que as estrelas mais jovens têm valores de polarização estatisticamente maiores do que os das estrelas que estão num estágio de evolução próximo à seqüência principal, concluindo que mudanças no comportamento polarimétrico de estrelas jovens estão conectadas com a evolução de seus ambientes circunstelares.

Meeus et al. (2001) estudaram a espectroscopia ISO (*Infrared Space Observatory*) da poeira circunstelar de catorze estrelas HAeBe e as separaram em dois grupos de acordo com a forma do contínuo (plano ou crescente), uma divisão posteriormente apoiada pela decomposição do contínuo em uma lei de potência e um corpo negro. Para a geometria, os autores propuseram um modelo semelhante ao de Chiang & Goldreich (1997) para T-Tauri: um disco geometricamente fino sendo responsável pelo contínuo de lei de potência e uma região alargada de poeira morna ao redor do disco fino, causando um contínuo crescente no IR. Um disco interno opticamente fino causaria as bandas de estado sólido e poeira quente na parte interna do disco seria responsável pelo excesso no IR próximo (figura 1.7).

Os autores concluíram que as estrelas do grupo I (excesso no IR médio dominante e crescente) poderiam evoluir para o grupo II (excesso no IR moderado), pois o último apresenta evidências de grãos maiores e não tem a região alargada do grupo I. A presença de bandas de hidrocarbonetos aromático policíclicos (PAHs) não podem ser relacionada com nenhum dos parâmetros estelares, mas ela só ocorre em estrelas com grande quantidade de poeira morna (grupo I). Os PAHs estão provavelmente localizados numa região estendida ao redor do disco, onde são irradiados pela estrela. Os autores apontam ainda para o comportamento independente dos grãos de silicato, que não estão presentes nos envoltórios de várias estrelas estudadas.

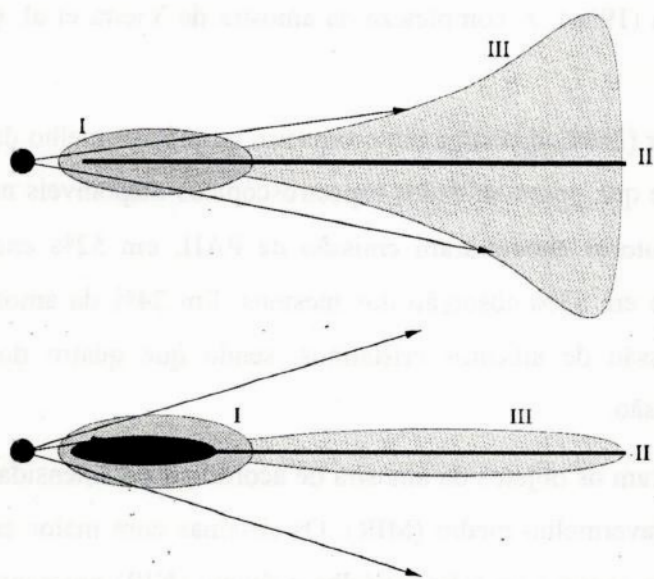


Figura 1.7: Desenho esquemático do modelo de envoltório de Meeus et al. (2001). O disco consiste de três partes: I) uma parte interna (~ 10 UA) opticamente fina; II) Uma médio-plano, geometricamente fino e opticamente espesso; III) Uma parte alargada. A primeira figura mostra um disco interno inteiramente opticamente fino, onde a estrela ilumina a superfície do disco e causa o alargamento. A segunda figura mostra o caso em que a superfície do disco é protegida da radiação estelar por uma região opticamente espessa, de modo que não se alarga.

Vieira et al. (2003) apresentaram um catálogo de cento e oito candidatas à estrelas Ae/Be de Herbig identificadas no *Pico dos Dias Survey*, junto com dezenove candidatas previamente conhecidas e quatro objetos selecionados do catálogo de fontes fracas IRAS. As estrelas foram observadas com espectroscopia de baixa ou média resolução e para trinta e nove delas também foi feito o espectro de alta resolução. O estudo mostrou que, apesar da grande variedade de perfis de $H\alpha$, o perfil de tipo II (duplo pico) é o mais comum. Esse resultado está de acordo com o estudo realizado por Reipurth et al. (1996), com uma amostra diferente, sugerindo que na maior parte do tempo uma estrela HAeBe vai apresentar $H\alpha$ com perfil de tipo II. Para estrelas com $H\alpha$ de perfil tipo IV foi encontrada uma relação entre o perfil de linha e v_{seni} , o que já era esperado porque o vento estelar causa perda de momento angular e essas estrelas vão girar lentamente.

Na amostra estudada por eles, as linhas proibidas [OI] e [SII] e os perfis tipo II de $H\alpha$ estão concentradas em objetos que possuem uma forte contribuição circunstelar na SED. Os autores observaram que as linhas proibidas tendem a ocorrer mais em estrelas B, o que está de acordo com os resultados de Corcoran & Ray (1997, 1998). Mas não encontraram correlação entre a presença de linhas proibidas e o tipo de perfil de $H\alpha$, ao contrário de Corcoran & Ray

(1997, 1998) e Böhn & Catala (1994). A completeza da amostra de Vieira et al. (2003) dá mais razão ao seu resultado.

Acke & van den Ancker (2004) investigaram o espectro no infravermelho de todas as quarenta e seis estrelas HAeBe que possuem dados espectroscópicos disponíveis no arquivo do ISO. Em 57% delas os autores encontraram emissão de PAH, em 52% encontraram emissão de silicatos amorfos e em 13% absorção dos mesmos. Em 24% da amostra (onze objetos) eles detectaram emissão de silicatos cristalinos, sendo que quatro dos objetos apresentam PAH em forte emissão.

Esses autores classificaram os objetos da amostra de acordo com a intensidade da sua distribuição de energia no infravermelho médio (MIR). Os sistemas com maior excesso no MIR (20 – 100 μm) relativo ao excesso no infravermelho próximo (NIR) apresentam PAHs em emissão mais significativa do aqueles com menor excesso no MIR. Esse resultado fornece forte apoio observacional aos modelos de disco de Dullemond et al. (2001), nos quais os sistemas com geometria de disco alargado apresentam maior excesso no MIR.

Baines et al. (2006), num estudo sobre a binariedade de estrelas Ae/Be de Herbig, apresentaram a espectro-astrometria de uma amostra de vinte e oito estrelas HAeBe e três estrelas PMS de tipo F. Os nove objetos já conhecidos como binários foram detectados, seis novas binárias foram descobertas e cinco foram apresentadas como possíveis binárias. A fração resultante de binárias encontrada foi então 68 ± 11 por cento, a maior que já havia sido reportada para qualquer amostra de estrelas HAeBe observada. Os dados também apontaram que binárias são mais comuns em estrelas Be de Herbig do que nas estrelas Ae. Os autores apresentaram ainda evidências de que os discos são alinhados com os sistemas binários, sugerindo que a formação de binárias com massa intermediária ocorre através de fragmentação, ao invés de captura estelar.

Blondel et al. (2006) modelaram o espectro UV de baixa resolução de trinta e sete estrelas PMS Ae/Fe e com o resultado estimaram suas massas e idades e derivaram suas taxas de acreção de massa. Para algumas das estrelas, os autores calcularam a SED correspondente e compararam com a observada. Todas as estrelas estudadas mostraram indicações de acreção, que afeta o tipo espectral resultante da fotosfera estelar e foram encontradas evidências de uma taxa de acreção de massa crescente com a massa e decrescente com a idade estelar.

Zhang et al. (2006) identificaram as associações *IRAS* e *2MASS* para duzentos e seis estrelas HAeBe e, através de diagramas cor-cor, encontraram que os excessos no IR para a maioria delas é devido à emissão térmica do material circunstelar. Foi também encontrado que os excessos no IR na região *IRAS* para poucas estrelas HAeBe e os excessos no NIR para algumas estrelas HAeBe provavelmente são devidos à emissão livre-livre ou ligado-livre do gás circunstelar ionizado. O cenário evolutivo de Malfait et al. (1998) foi testado, mas os resultados dos autores não apoiaram esse cenário.

Jonkheid et al. (2007) calcularam a composição química e a temperatura de gás de discos proto-planetários em evolução, com massa decrescente ou assentamento de poeira, e concluíram que a composição química mostra forte correlação com a massa do disco. Os autores também mostraram que a razão de algumas linhas de CO e [OI] podem ser usadas para se distinguir entre disco onde o crescimento e o assentamento de poeira acontecem, e discos que sofrem perda de massa global. Carmona et al. (2008) buscaram por emissões de hidrogênio molecular numa amostra de estrelas HAeBe, mas não encontraram evidências para tal nos comprimentos de onda estudados. Esses autores acreditam que o resultado está de acordo com o modelo de disco de duas camadas, pois a maior parte do H₂ estaria numa camada interior opticamente espessa, não sendo possível observá-lo. Porém, uma explicação mais precisa para o resultado só é possível com modelos mais sofisticados de envoltório.

Recentemente, os estudos sobre estrelas Ae/Be de Herbig têm sido principalmente relacionados à emissão em raios-X e atividade magnética. Wade et al (2007) e Hubrig et al (2007) realizaram buscas por campos magnéticos em estrelas Ae/Be de Herbig e Hamidouche et al. (2008) e Stelzer et al. (2009) analisaram os dados do satélite *Chandra* de estrelas HAeBe para tentar interpretar a emissão de raios-X, que, acredita-se, ser devida à presença de campo magnético. Essa relação ainda não foi confirmada, sendo necessários mais estudos sobre a origem dos raios-X nas estrelas HAeBe.

CAPÍTULO 2

A AMOSTRA

A amostra de estrelas estudada no nosso trabalho é composta de vinte objetos Ae/Be de Herbig, retirados do catálogo de Thé et al. (1994). A tabela 2.1 mostra os principais parâmetros estelares desses objetos, disponíveis na literatura.

Tabela 2.1: Parâmetros estelares dos objetos da amostra, obtidos na literatura. Referências: 1 - Blondel & Tjin a Djie (2006); 2 - Corcoran & Ray (1997); 3 - Hillenbrandt et al. (1992); 4 - Keller et al. (2008); 5 - Manoj et al. (2006); 6 - Martin et al. (2008); 7 - Meijer et al. (2008); 8 - Meeus et al. (2001); 9 - van den Ancker et al. (1998); 10 - Garcia Lopez et al. (2006); 11 - Levenhagen & Leister (2006); 13 - Brittain et al. (2007); 14 - Hubrig et al. (2007); 15 - Stahl et al. (2003); 16 - Vieira et al. (2003); 17 - Wade et al. (2007).

| HD | T esp | Teff (K) | L (L_{\odot}) | M (M_{\odot}) | log g (dex) | Av (mag) | v _{seni} (km/s) | R (R_{\odot}) | Dist. (pc) | Idade (Mano) |
|--------------------|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| 100546 | B9 Vne | 10500 ⁴ | 40.74 ⁵ | 2.50 ⁵ | 4.5 ⁸ | 0.26 ⁴ | 250 ¹ | 7.5 ¹² | 103 ¹ | 3.46 ⁵ |
| | | 10471 ⁵ | 32.36 ⁶ | 2.40 ⁶ | 3.50 ¹¹ | 0.44 ⁵ | 55 ⁶ | 1.7 ⁷ | | >9.0 ⁶ |
| | | 10495 ⁷ | 32.0 ⁷ | 4.00 ¹¹ | | | 85 ¹¹ | | | >10 ⁸ |
| | | 11000 ⁸ | 489.78 ¹¹ | | | | | | | .10 ¹⁷ |
| | | 11750 ¹¹ | | | | | | | | |
| 101412 | B 9.5 | 10471 ⁵ | 13.49 ⁵ | <2.39 ⁵ | 4.10 ¹³ | 0.81 ⁵ | 7 ¹³ | - | 500- 700 ¹⁷ | >5.02 ⁵ |
| | | 9550 ¹⁷ | 54.95 ¹⁷ | 2.6 ¹⁷ | | | | | | 2 ¹⁷ |
| 104237 | A4 IVe | 7580 ⁴ | 51.29 ⁵ | 2.58 ⁵ 2.4 ⁷ | 4.5 ⁸ | 0.29 ⁴ | 150 ¹ | 0.7 ¹ | 116 ¹ | 2.06 ⁵ |
| | | 8511 ⁵ | 35.48 ⁶ | 2.3 ⁷ | | 0.59 ⁵ | 10 ⁶ | 2.8 ⁷ | | 2.4 ⁶ |
| | | 8500 ⁶ | 35.0 ⁷ | 2.00 ¹⁰ | | 0.70 ¹⁰ | | 2.7 ¹⁷ | | 1.99 ⁸ |
| | | 8414 ⁷ | 6.00 ¹⁰ | | | | | | | 6.3 ¹⁷ |
| | | 10500 ⁸ | | | | | | | | |
| 9840 ¹⁰ | | | | | | | | | | |
| 130437 | B 1 | 33113 ⁹ | 1096.4 ⁸ | 13.20 ¹¹ | 3.52 ¹¹ | 3.22 ⁹ | 335 ¹¹ | - | >180 ⁹ | - |
| | | 24700 ¹¹ | 38940 ¹¹ | | | | | | | |
| 132947 | B 9 | 13000 ¹¹ | 223.87 ¹¹ | 3.70 ¹¹ | 4.05 ¹¹ | - | 150 ¹¹ | - | - | - |
| 141569 | A 0 | 9520 ⁴ | 22.91 ⁵ | 2.18 ⁵ | 4.30 ¹ | 0.37 ⁴ | 230 ¹ | 1.7 ¹² | 99 ⁴ | 6.65 ⁵ |
| | | 9550 ⁵ | 22.39 ⁶ | 2.30 ⁶ 2.0 ¹⁷ | | 0.49 ⁵ | 236 ⁶ | | 108 ⁶ | >5.0 ⁶ |
| | | 10040 ⁶ | 22.00 ¹⁰ | | | | | | | 4.71 ¹⁷ |
| | | 10200 ¹⁰ | 25.7 ¹⁷ | | | | | | | |
| | | 10000 ¹⁷ | | | | | | | | |
| 142666 | A 8 | 7580 ⁴ | 16.98 ⁵ | 2.00 ⁵ 1.8 ⁷ | 4.30 ¹ | 0.93 ⁴ | 72 ¹ | 0.8 ¹ | 114 ¹ | 5.09 ⁵ |
| | | 7586 ⁵ | 13.5 ⁷ | 1.60 ¹⁰ | 4.5 ⁸ | 1.10 ⁵ | 66 ¹² | 2.1 ⁷ | 145 ⁴ | |
| | | 8500 ⁸ | 8.00 ¹⁰ | 10.96 ¹⁷ | | 0.80 ¹⁰ | 70 | 1.5 ¹⁷ | 116 ⁸ | |
| | | 8511 ¹⁷ | | | | | | | | |
| 144432 | A 9 | 7390 ⁴ | 14.79 ⁵ | 2.00 ⁵ 1.8 ⁷ | 4.5 ⁸ | 0.44 ⁵ | 85 ¹ | 2.0 ⁷ | 200 ¹ | 5.30 ⁵ |
| | | 7413 ⁵ | 10.2 ⁷ | 2.2 ¹⁷ | 3.40 ¹ | 0.20 ¹⁰ | | 0.2 ¹ | 253 ⁴ | 2 ¹⁷ |
| | | 7345 ⁷ | > 23.00 ¹⁰ | | | 0.17 ⁴ | | 3.0 ¹⁷ | 145 ⁷ | |
| | | 800 ⁸ | | | | | | | >200 ⁸ | |
| | | 7300 ¹⁰ | 32.36 ¹⁷ | | | | | | | |
| | | 7943 ¹⁷ | | | | | | | | |
| 144668 | A 7 | 7800 ¹⁴ | 77.62 ¹⁷ | 1.80 ¹ 3.1 ¹⁷ | 3.50 ¹⁴ | - | 180 ¹² | 1.9 ¹ | 210 ¹⁷ | 0.6 ¹⁷ |
| | | 7586 ¹⁷ | | | | | | 3.9 ¹⁷ | | |

| | | | | | | | | | | |
|--------|---------------|--|--|---|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| 150193 | A1 Ve | 8912 ³ 8974 ⁷ 10000 ⁸ 9450 ¹⁰ 11000 ¹¹ | 48.98 ⁵ 24.0 ⁷ 30 ¹⁰ 346.74 ¹¹ | 2.50 ⁵ 2.3 ⁷ 3.62 ¹¹ | 4.0 ⁸ 2.3 ¹⁰ 3.58 ¹¹ | 1.50 ¹⁰ | 100 ¹ 65 ¹¹ | 2.0 ⁷ | 150 ¹ | 2.40 ⁵ >1.99 ⁸ |
| 156702 | B 1 | 24700 ¹¹ | 9332.5 ⁴ 4 ¹¹ | 10.57 ¹¹ | 4.01 ¹¹ | - | 256 ¹¹ | - | - | - |
| 163296 | A1 Ve | 9772 ³ 9332 ⁵ 8700 ⁶ 8730 ⁷ 10500 ⁸ 9450 ¹⁰ | 61.66 ³ 33.88 ⁵ 30.20 ⁶ 24.0 ⁷ 36.00 ¹⁰ | 3.3 ³ 2.49 ⁵ 2.8 ⁶ 2.0 ⁷ 2.30 ¹⁰ | 4.00 ⁸ | 0.30 ³ | 133 ¹ | 2.8 ³ 2.2 ⁷ | 122 ¹ | 3.00 ⁵ 3.98 ⁸ |
| 293782 | A3 IIIe | 9120 ³ 8710 ⁵ 8670 ¹⁰ | 61.66 ³ 26.91 ⁵ 39 ¹⁰ | 3.3 ³ 2.09 ⁵ 2.3 ¹⁰ | - | 1.2 ³ 1.41 ⁵ | 140 ¹ 215 ¹⁷ | 3.2 ³ | 400 ¹ 460 ¹⁷ | 4.76 ⁵ 4.0 ¹⁷ |
| 34282 | A0 e | 9333 ⁴ 9549 ⁵ 9840 ¹⁰ 8710 ¹⁶ | 5.13 ⁵ 30.00 ¹⁰ 13.49 ¹⁶ | <2.08 ⁵ 2.20 ¹⁰ 1.39 ¹⁶ | - | 0.93 ⁴ 0.60 ¹⁰ | 110 ¹⁶ | 0.6 ¹⁶ | 160 ⁴ 400 ¹⁰ 348 ¹⁶ | 6.4 ¹⁶ |
| 50138 | B 9 | 15488 ⁹ | 707.95 ⁹ | 5.0 ⁹ | - | 0.59 ⁹ | 150 ⁹ | - | 290 ⁹ | 0.1 ⁹ |
| 76534 | B2 Vne | 17783 ³ 20000 ⁶ | 5012.9 ³ 676.1 ⁶ | 11.4 ³ >5 ⁶ | 4.00 ⁶ | 1.0 ³ 0.80 ⁶ | 111 ⁶ 110 ¹⁷ | 7.5 ³ 2.16 ⁶ | 870 ² >160 ⁶ | >0.5 ⁶ |
| 85567 | B 5 | 15200 ⁶ 21878 ⁵ 7852 ¹⁶ 19055 ¹⁷ | 45709 ⁵ 346.74 ⁶ 10000 ¹⁷ | 4.2 ⁶ | - | 2.23 ⁵ | 60 ⁶ 70 ¹⁷ | - | >480 ⁶ 1500 ¹⁷ | <0.01 ⁵ 1 ⁶ |
| 94509 | B 8/ A0 Ib | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 95881 | A 2 | 9550 ⁵ 8990 ⁷ 9450 ¹⁰ | 13.80 ⁵ 11.6 ⁷ 10.00 ¹⁰ | <2.08 ⁵ 1.7 ⁷ 2.00 ¹⁰ | - | 0.67 ⁵ | 150 ¹ | 1.4 ⁷ | 300 ¹ 118 ⁷ | - |
| 98922 | B9 Ve | 10471 ⁵ 10600 ¹⁰ | 4074 ⁵ >890.0 ¹⁰ 912.0 ¹⁷ | >4.95 ⁵ 5.00 ¹⁰ | - | 0.54 ⁵ | - | 9.2 ¹⁷ | 200 ¹ | 0.1 ¹⁷ |

Apresentamos nas seções a seguir uma revisão dos dados da literatura sobre cada uma das estrelas da amostra:

2.1 - HD100546:

HD100546 é uma das estrelas Be de Herbig isoladas mais próximas do Sol, sendo assim uma das mais bem estudadas. Sua classificação como HAeBe foi confirmada no estudo fotométrico e espectroscópico de Hu et al. (1989) e seus parâmetros físicos foram derivados a partir de observações do satélite Hipparcos (van der Ancker et al. 1998). A presença de um disco circunstelar nessa estrela já foi firmemente estabelecida através de espectroscopia e imageamento com telescópios espaciais e terrestres.

Henning et al. (1994) deduziram a presença de uma componente de poeira em forma de disco em torno de HD100546 e Crovisier (1997) (apud Bouwman et al. 2003) mostrou haver grandes semelhanças entre o espectro *ISO* (*Infrared Space Observatory*) desse objeto e o do cometa Hale-Boppe, indicando a presença de uma estrutura semelhante à nuvem de Oort ao redor da estrela. Em 1998, Yudin & Evans descobriram grandes variações em pequena escala de tempo na polarização do objeto e Malfait et al. propuseram que planetas gigantes já se formaram ao seu redor. Vieira et al. (1999) fizeram um estudo espectroscópico de HD100546, analisando detalhadamente as linhas $H\alpha$, $H\beta$, $HeI\ 5876\text{\AA}$ e $NaID$, e concluíram que o seu disco circunstelar realiza troca de massa ativa com a estrela.

O disco circunstelar foi resolvido através de imagens nos comprimentos de onda do visível (Grady et al. 2001), infravermelho-próximo (ex: Augereau et al. 2001), infravermelho-médio (Liu et al. 2003) e milimétrico (Wilner et al. 2003). Grady et al. (2005) confirmaram que HD100546 é um sistema planetário jovem, Acker & van der Ancker (2006) apontaram para a presença de um planeta gigante orbitando a estrela, baseando-se na variação do perfil da linha espectral $[OI]\ 6300\text{\AA}$, e Quillen (2006) sugeriu um modelo de disco circunstelar empenado, de acordo com as imagens do *Hubble Space Telescope* (*HST*), que mostra a presença de braços espirais. Ardila et al. (2007) apresentaram imagens coronográficas do *HST* (figura 2.1) e sugeriram que a extensa nebulosidade observada não é remanescente do envelope em queda, e sim material do disco reprocessado, mas apontam que mais observações e modelos são necessários um maior entendimento desse sistema.

Bouwman et al. (2003) modelaram a distribuição espacial e a composição química da poeira ao redor de HD100546 e sugeriram que sua distribuição espectral de energia (SED) é consistente com uma região interna livre de material entre a borda interna e 10 UA e que a maior parte do material do disco está localizada nas regiões externas, o que foi confirmado por Acke & van den Ancker (2006b). A estrela apresenta fortes bandas de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) (Meeus et al. 2001), cuja distribuição espacial (Habart et al. 2006 e Geers et al. 2007) está de acordo com o modelo de envoltório de Bouwman et al. (2003).

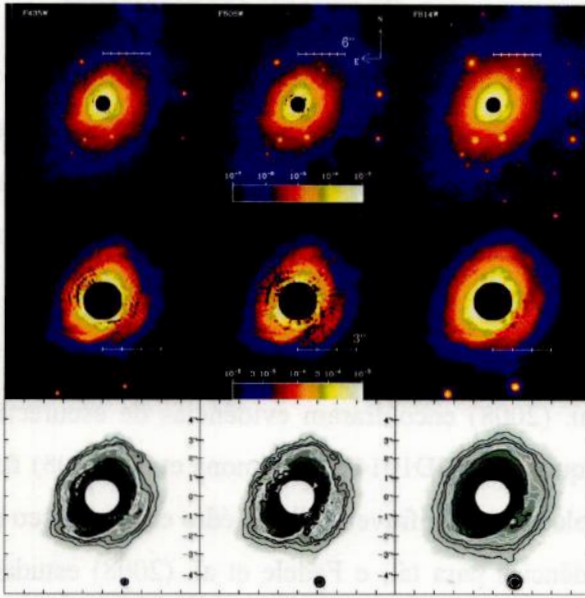


Figura 2.1: Observação coronográfica do *HST*: mapas de superfície de brilho do ambiente circunestelar de HD100546 (Ardila et al. 2007).

2.2 - HD101412

A estrela HD101412 foi primeiro classificada como HAeBe por Hu & Zhou (1990), com base em seu excesso no infravermelho do *IRAS* (*Infrared Astronomical Satellite*). A estrela tem um tipo espectral entre B9.5Ve (Houk & Cowley 1975) e A0 III/IVe (Guimarães et al. 2006). Ela exibe uma emissão $H\alpha$ de duplo pico, assim como emissões [OI] $\lambda\lambda 6300\text{\AA}$, 6364\AA (ex. Vieira et al. 2003), e pode exibir variabilidade na polarização em escala de tempo de minutos (Yudin & Evans 1998).

Embora HD101412 não esteja associada com uma nebulosa de reflexão (Ray & Eisloffel 1994), Vieira et al. (2003) foram capazes de associá-la com a região *DC 295.0 + 1.3 SFR* no complexo *Crux* e *Centaurus*, comprovando sua natureza pré-sequência principal. Nenhum dado de paralaxe é disponível para essa estrela mas, baseados na distância de *DC 295.0 + 1.3 SFR* (500-700pc; Corradi, Franco & Knude (1997), Wade et al (2005) estimaram seu posicionamento no diagrama HR e, com o modelo evolutivo de Palla & Stahler (1993), calcularam uma massa de $2.6 \pm 0.3 M_{\odot}$ e uma idade de 2 Mano. Isso sugere que HD101412 ainda está acretando material e queimando deutério como principal fonte de energia, e sua estrutura deve ser significativamente diferente às das estrelas A de seqüência principal. $H\beta$ mostra uma assimetria na asa interna azul, provavelmente devida à emissão. Wade et al. (2007) sugeriram a presença de um campo magnético fotosférico com intensidade

longitudinal da ordem de 500G, mas afirmam que mais observações são necessárias.

O espectro do satélite *Spitzer-IRS* de HD101412 tem um formato não usual, sendo dominado por fortes componentes em emissão devido à presença de silicatos cristalinos. PAHs também são detectados, o que está de acordo com a classificação como fonte de grupo I (Acke & van den Ancker 2004). Essa forte presença de PAHs, junto com a forte presença de emissão [OI] sugere que o disco dessa estrela é uma transição entre brilhante e auto-sombreado (*self-shadowed*, em inglês).

Recentemente, Van der Plas et al. (2008) encontraram evidências de escurecimento causado por uma borda interna no disco que cerca HD101412; Carmona et al. (2008) fizeram uma busca por emissão de hidrogênio molecular no infravermelho-médio em seu disco proto-planetário e não encontraram fortes evidências para tal; e Fedele et al. (2008) estudaram a estrutura do disco proto-planetário que cerca HD101412. A figura 2.2 mostra um esquema simplificado do modelo dos autores para esse disco.

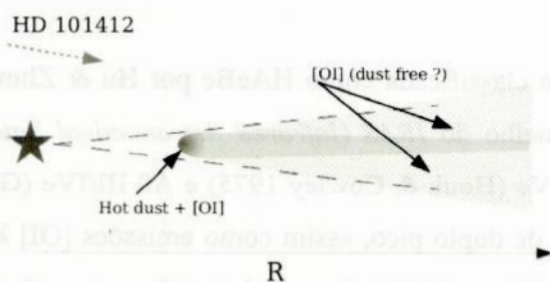


Figura 2.2: Esquema simplificado do disco de HD101412: um anel de poeira compacto voltado diretamente para a estrela é responsável pelo excesso no IR-médio. A linha de [OI] 6300Å vem da mesma região. A partir desse anel, o disco é sombreado. (Fedele et al. 2008).

2.3 - HD104237

HD104237 pertence à categoria de estrelas PMS pulsantes e é uma das estrelas HAeBe mais brilhantes do Hemisfério Sul. Ela faz parte da região *Chamaleon* de formação estelar. Sua classificação como HAeBe foi confirmada no estudo fotométrico e espectroscópico de Hu et al. (1989). Donati et al. (1997) observaram esse objeto em 1993 e 1995 utilizando espectroscopia de alta resolução e reportaram que o seu espectro mostra várias linhas com perfis relativamente afiados ($v_{\text{seni}} = 12 \pm 2$ km/s) e concluíram que ou a estrela é vista através do pólo (pole-on, em inglês) ou girando moderadamente. Eles também descobriram em seus dados uma modulação pico-a-pico e atribuíram à uma pulsação estelar. Em 2001, Kurtz &

Müller confirmaram a variabilidade pulsacional do tipo δ Scuti em HD104237 por observações fotométricas.

Feigelson et al. (2003), utilizando em imagens em raios-X do satélite *Chandra* (figura 2.3), mostraram que essa estrela é na verdade um sistema múltiplo (um quinteto, no mínimo), formado pela estrela Ae de Herbig e quatro companheiras PMS de baixa massa. Duas dessas são T-Tauris clássicas ativamente acretantes e outra está muito próxima do objeto primário e deve contribuir com o espectro como uma companheira binária espectroscópica de tipo K ou M (chamada de 104237 B). Baseados em observações do *HST/STIS*, Grady et al. (2004) reportaram um micro-jato bipolar, o que se ajusta ao cenário de uma atmosfera estelar estruturada magneticamente.

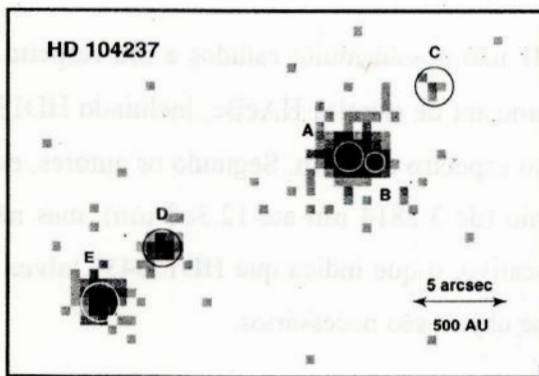


Figura 2.3: Imagem em raios-X do satélite *Chandra* para a estrela HD104237 (Feigelson et al. 2003)

Donati et al. (1997, 2000) detectaram um campo magnético estelar de 50G. Tatulli et al. (2007) apresentaram observações interferométricas de alta resolução para essa estrela e acreditam que a emissão $\text{Br}\gamma$ não deve se originar nem nas colunas magnetosféricas acretoras nem no disco de gás, e sim num vento para fora do disco compacto lançado na vizinhança de sua borda, a aproximadamente 0.5 AU da estrela.

O espectro de HD104237 mostra significativa emissão em $\text{H}\beta$, que mostra um centro forte e variável, assim como emissão no multipletto 42FeII (Wade et al. 2007). As incertezas no diagnóstico magnético dos autores foram muito altas para se poder encontrar um campo de intensidade longitudinal semelhante à observada por Donati et al. (2000).

Além de seu excesso no IR, HD104237 mostra um excesso no UV/FUV, um indicativo de acreção ativa. Böhm et al. (2004) confirmaram que o sistema HD104237 inclui

uma binária espectroscópica, cuja componente primária HD104237 A é pulsante, e detectaram oscilações multi-periódicas típicas de pulsações δ Scuti. Os autores, baseados na massa de $2.2 \pm 0.1 M_{\odot}$ da estrela primária, concluíram que a secundária espectroscópica HD 104237 b deve ter uma massa de $1.7 \pm 0.1 M_{\odot}$ e se localizar fora da faixa de instabilidade PMS de tipos espectrais tardios, com tipo espectral K3.

Segundo Meeus et al. (2001), o espectro em $10\mu\text{m}$ mostra uma componente de silicato muito forte, superposta a um contínuo plano. Bandas de PAHs não estão presentes. Carmona et al. (2008) fizeram uma busca por emissão de hidrogênio molecular no infravermelho-médio em seu disco proto-planetário e não encontraram fortes evidências para tal.

2.4 - HD130437

Essa estrela de classe espectral B1 não possui muito estudos a seu respeito. Acke & van den Ancker (2006) estudaram uma amostra de estrelas HAeBe, incluindo HD130437, na busca por estruturas de nano-diamantes no espectro de $3\mu\text{m}$. Segundo os autores, esse objeto mostra as séries Humphreys do hidrogênio (de $3.2814\mu\text{m}$ até $12.368\mu\text{m}$), mas não mostra um excesso no IR-próximo muito significativo, o que indica que HD130437 talvez seja uma estrela Be normal. Mais estudos sobre esse objeto são necessários.

2.5 - HD132947

Objeto também pouco estudado, HD132947 teve seu grau de polarização (cerca de 1% - 1.5%) medido por Yudin & Evans (1998). Esse estudo também mostrou que pelo menos duas componentes de polarização estão presentes nesse objeto e que o grau de polarização tende a crescer em direção ao vermelho do espectro. Os autores não detectaram nenhuma variação fotométrica.

Malfait et al. (1998) estudaram a distribuição espectral de energia de HD132947 (figura 2.4), que mostra semelhanças com a do objeto HD41551, uma binária com companheira fria. Na SED de ambas um máximo é observado em torno de $2\mu\text{m}$, enquanto que para a maioria das estrelas HAeBe por eles observadas o excesso no infravermelho aumenta em comprimentos de onda maiores. A possibilidade de que HD132947 apresente uma companheira fria deve ser estudada.

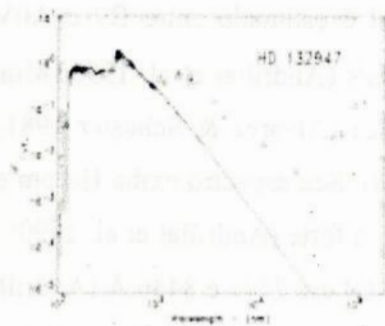


Figura 2.4: Distribuição espectral de energia de HD132947 (Malfait et al. 1998)

2.6 - HD141569

HD141569 é um sistema triplo, de acordo com o trabalho de Weinberger et al. (2000). O sistema é jovem (5 ± 3 Myr) e perto o suficiente para se resolver o disco de poeira que cerca a estrela. Estudos no infravermelho próximo (NIR) indicam perturbações na estrutura do disco, o que, de acordo com Weinberger et al. (1999), pode ser explicado pela formação de planetas. Aarnio et al. (2008) identificaram um grupo de vinte e uma estrelas pré-sequência principal associadas a HD141569, formando um grupo co-movente e de mesma idade. Uma região extensa de luz espalhada do disco circunstelar foi imageada por diversos autores através de coronografia (ex. Mouillet et al. 2001), e tanto essas quanto as imagens no infravermelho médio indicam uma inclinação de 52° .

HD141569 é considerada um objeto transitório entre as estrelas PMS HAeBe e os sistemas mais evoluídos do tipo Vega (Merín et al. 2004). O disco em HD141569 mostra muitas propriedades de discos de *debris* associados a estrelas jovens da sequência principal, como β Pic ou HD4796. Por outro lado, o conteúdo de gás do disco é significativamente maior do que os discos de *debris* da sequência principal, como evidenciado por medidas de CO em comprimentos de onda milimétricos e no infravermelho próximo (ex: Boccaletti et al. 2003). Dent et al. (2005) obtiveram um espectro profundo de CO que mostra um perfil de linha de duplo pico, com um “ombro” distinto em velocidades radiais mais altas. Os autores adotaram um modelo de estrutura de anel duplo para explicar essa linha. Esse modelo sugere que gás molecular e poeira são bem misturados num par físico de anéis finos. Uma comparação mais detalhada entre a poeira espalhada e o gás molecular requer um mapa de alta resolução de CO desse sistema complexo.

Em relação à estrela central, seu tipo espectral é estimado entre B9 e A0V e sua velocidade de rotação é bem alta, $v_{\text{seni}} = 258 \pm 17$ km/s (Andrillat et al. 1990; Mora et al. 2001). A estrela não apresenta variabilidade fotométrica (Alvarez & Schuster 1981) e tem uma polarização de 0.5% a 0.9% (Yudin & Evans 1998). Seu espectro exibe H α em emissão de duplo pico superposta a uma linha de absorção larga e forte (Andrillat et al. 1990; Dunkin et al. 1997), assim como uma emissão de duplo pico de OI em 7772 e 8446 Å (Andrillat et al. 1990); um fluxo de material para fora (*outflow*, em inglês) é sugerido pelas linhas NaID (Dunkin et al. 1997).

Quillen et al. (2005) descobriram que a estrutura espiral de dois braços em raios maiores que 300 UA observada no disco de HD141569 é qualitativamente reproduzida com perturbações de maré das suas companheiras binárias HD141569B e HD141569 C numa órbita próximo ao periastro.

Uma busca por binárias espectroscópicas em estrelas HAeBe deu resultado negativo para HD141569 (Corporan & Lagrange 1999). As posições e a fotometria das duas companheiras binárias foram discutidas por Weinberger et al. (2000): a astrometria confirmou que as duas companheiras são ligadas e a presença de absorção de lítio em seus espectros estabeleceu sua natureza PMS (figura 2.5).

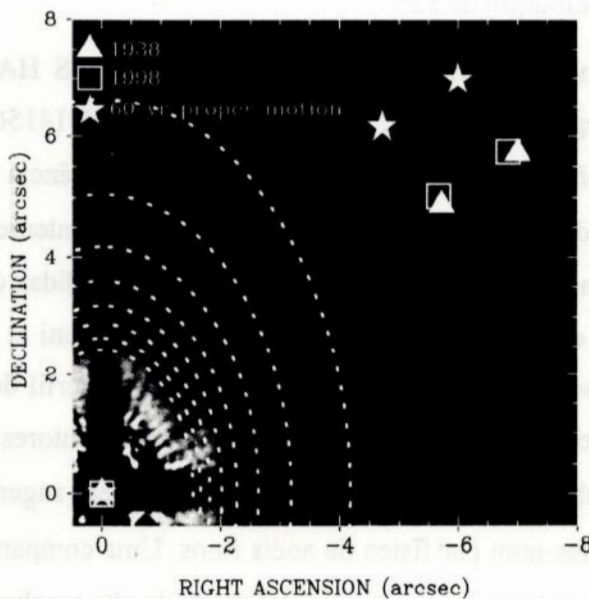


Figura 2.5: Posições das estrelas B e C relativas a HD141569A mostradas para duas épocas: 1938 e 1998. Um imagem NICMOS do disco (Weinberger et al. 1999) é mostrada sobreposta. (Weinberger et al. 2000).

As observações do satélite *Chandra* para HD141569 foram apresentadas por Feigelson et al. (2003), que reportaram a detecção de HD141569 A, mas nenhuma emissão de raios-X das duas companheiras visuais. Stelzer et al. (2006) re-analisaram os mesmos dados e encontraram uma nova interpretação, identificando duas fontes de raios-X com as duas companheiras, enquanto que a emissão de raios-X da estrela HAeBe é mais escura que o limite de detecção.

2.7 - HD142666

HD142666 está localizada na região de formação estelar *Sco RI* (Vieira et al. 2003) a uma distância de 100-160 pc, de acordo com Racine (1968). Os parâmetros estelares encontrados na literatura vão desde os de uma estrela de classe espectral A5V ($T_{\text{eff}}=8250$ K e $\log g = 4.5$, Malfait et al. 1998, Meeus et al. 1998) aos de uma estrela de classe espectral A8Ve ($T_{\text{eff}} = 7150$ K e $\log g = 4.4$, Dunkin et al. 1997). Os parâmetros encontrados por Meeus et al. (1998) basearam-se em observações fotométricas nas regiões do óptico e do ultravioleta e em ajustes de modelos de atmosferas, enquanto que Dunkin et al. (1997) fizeram a classificação espectral usando espectros *échelle* e os parâmetros estelares por eles encontrados estão de acordo com os de Guimarães et al. (2006).

Ao se comparar os dados da literatura, (ex: Malfait et al. 1998; Vieira et al. 2003) percebe-se que HD142666 sofre variações fotométricas. A amplitude da variação pode atingir até ~ 1.0 mag em V numa escala de tempo de meses (Meeus et al. 1998) e ela também apresenta pulsações δ Scuti (Kurtz & Müller, 2001). Guimarães et al. (2006) observaram mudanças na profundidade das absorções das linhas H β , H γ e H δ (figura 2.6), mas como não existem fotometrias simultâneas, não é possível se determinar se elas são devidas à mudanças no fluxo total da estrela. Habart et al. (2006) detectaram a presença de PAHs no envoltório desse objeto.

Segundo Meeus et al. (1998), o perfil de H α de HD142666 mostra uma emissão de duplo pico com uma absorção reversa atingindo o contínuo adjacente logo abaixo. Uma absorção larga de HeI λ 5875 Å é também observada e o perfil de NaID consiste de uma componente estreita e forte, superposta numa componente mais alargada. Em relação à fotometria, HD142666 mostra variações irregulares em brilho, e se avermelha quando se torna menos brilhante. Os autores sugerem que esse fato pode ser explicado assumindo que a

diminuição no brilho é causada por nuvens densas girando em torno da estrela. À medida que essas nuvens interceptam a linha de visada, acontece o obscurecimento, enquanto que o espalhamento e a absorção da luz da estrela causam o avermelhamento estelar. Esse processo, chamado de *absorção circumstelar variável* é a explicação mais popular para as estrelas Ae/Be de Herbig com “mínimo do tipo Algol não-periódico”, para o qual a estrela UX Ori é o protótipo (Grinin et al. 1994). Essas nuvens têm tamanho típico de vários raios estelares (Grinin & Tambóvtseva 1995).

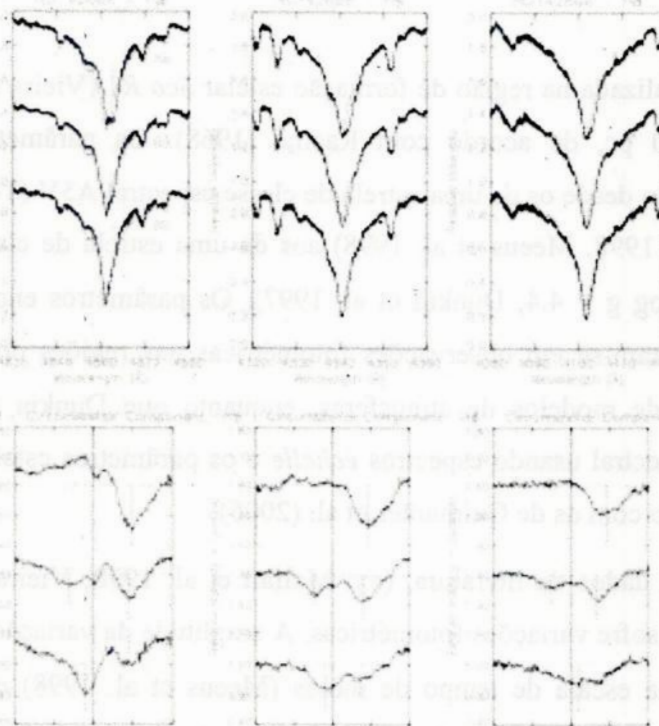


Figura 2.6: Evidências de acreção e ejeção de matéria encontradas nas componentes circumstelares das linhas de Balmer em HD142666. As figuras de cima mostram as linhas de Balmer observadas (linhas sólidas) e sintéticas (linhas pontilhadas) H β , H γ e H δ , e as figuras de baixo mostram as componentes circumstelares das linhas de Balmer (Guimarães et al. 2006).

Waelkens et al. (1994) analisaram a SED de HD142666 e concluíram que o material circumstelar é distribuído não-esfericamente e que a inclinação do disco é alta. As medidas de Yudin & Evans (1998) mostram um pequeno grau de polarização, $\approx 0.7\%$, que é intrínseca da estrela e conectada com o espalhamento Thomson na casca circumstelar.

2.8 - HD144432

HD144432 é uma das estrelas Ae/Be de Herbig de tipo espectral mais posterior. Ela foi descrita como uma fonte pontual IRAS por Oudmaijer et al. (1992), podendo ser uma pós-AGB ou uma estrela Ae de Herbig. Carballo et al. (1992), usando os fluxos IRAS, descreveram HD144432 como parte da região *Centaurus-Lupus*, mas a classificaram como um objeto galáctico evoluído de tipo espectral F0IIIe, com uma assinatura de casca de poeira devido à perda de massa.

Por outro lado, em seu catálogo de estrelas HAeBe, Thé et al. (1994) consideraram HD144432 como provável membro desse grupo. Muitos autores (ex. Sylvester et al. 1995) observaram emissões devidas à silicatos e sugeriram a presença de grãos grandes (raio ≥ 0.1 mm) e grande quantidade de material frio no envoltório da estrela.

Uma extensa discussão sobre HD144432 foi feita por Pérez et al. (2004), que classificaram-na como A9/F0V. Eles confirmaram a natureza PMS e verificaram a existência de uma companheira mais fraca de tipo espectral posterior (figura 2.7), através de imagens no óptico e no IR-próximo. O movimento próprio comum à HD144432 A e B sugerem fortemente que elas se formaram juntas. Carmona et al. (2007) estudaram a companheira HD144432 B, cujo espectro mostra uma floresta de linhas de absorção metálicas, características de estrelas do tipo K. Os autores, através de análise espectroscópica, derivaram um tipo espectral entre K4 e K7, o que está de acordo com Pérez et al (2004).

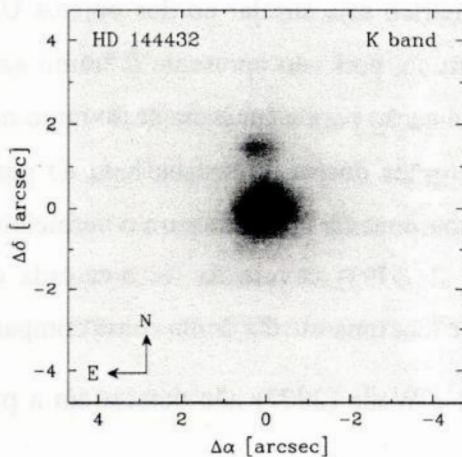


Figura 2.7: Imagem na banda K ($2.2\mu\text{m}$) de HD144432, mostrando a fraca companheira binária (HD144432 B), localizada a $1.4''$ ao norte de HD144432 A. (Pérez et al. 2004).

Li I λ 6707.8 Å foi detectado no espectro de HD144432 (Pérez et al. 2004; Guimarães et al. 2006), o que dá suporte à natureza PMS dessa estrela. Esse objeto mostra várias componentes espectrais no NIR, como uma forte emissão de silicato em torno de 10 μ m (Meeus et al. 1998). Segundo esses autores, HD144432 mostra um perfil de H α de duplo pico com uma absorção reversa profunda indo para baixo do contínuo, com a componente vermelha muito mais forte do que a azul, HeI λ 5876 Å aparece em larga emissão e linhas de sódio aparecem em emissão com duas componentes de absorção interestelar. O espectro de HD144432 é muito similar ao de HD142666, mas sem a presença de bandas de PAH (Meeus et al. 2001). Essas duas fontes são em bastante semelhantes, sendo a diferença a inclinação de seus discos (Meeus et al. 1998).

Em relação ao campo magnético, essa estrela foi discutida por Hubrig et al. (2004, 2006), que reportaram uma detecção marginal (119 ± 38 G). Hubrig et al. (2007) reportaram fortes assinaturas Stokes V em algumas linhas espectrais dessa estrela e interpretaram como a presença de um campo magnético circunstelar, mas Wade et al. (2007) não encontraram indícios de assinaturas Stokes, descartando a presença de campo magnético em HD144432.

2.9 - HD144668 (HR5999)

A classificação espectral visível dessa estrela da associação *Lupus T3* é A5-7 IIIe (ex: Bessell & Eggen 1972). HD144668 é muito, e fortemente, variável em brilho (ex: Bessell & Eggen 1972; Baade & Stahl 1989a), assim como nos perfis e intensidades das linhas espectrais. Embora seu comportamento fotométrico seja similar ao dos objetos UX Ori, ela não costuma ser considerada membro desse grupo, pois não apresenta o “ramo azulante” no seu diagrama cor-magnitude (CMD). Uma explicação para a ausência desse ramo no CMD de HD144668 pode ser a depleção de pequenos grãos de poeira no seu halo. O perfil de alta resolução de Ly α de HD144668 mostra uma componente desviada para o vermelho, e $i = 53^\circ$ pode ser derivada de seu perfil (Blondel et al. 1993). A estrela foi detectada como uma variável δ Scuti PMS (Kurtz & Marang 1995) e tem uma estrela dupla como companheira.

Estudos de Hubrig et al. (2004, 2006) e Wade (2007) não detectaram a presença de campo magnético nessa estrela.

2.10 - HD150193

HD150193 foi classificada no espectro visível como A4e (Finkenzeller, 1985). Não há indicações de variabilidade fotométrica, mas variações espectrais em pequenas escalas de tempo não foram pesquisadas (Blondel et al. 2006). O *Hipparcos* mediu uma distância de 150 pc para esse objeto, confirmando sua associação com a região *Ophiucus DC L1729* em *Scorpius*, e também revelou que a estrela é um sistema duplo. O espectro de alta resolução no UV mostra a presença de uma componente estelar desviada para o vermelho da emissão Ly α (Blondel et al. 2006). Através do perfil dessa linha, os autores estimaram $i=67^\circ$.

Uma companheira visual de HD150193 foi primeiramente descoberta por Reipurth & Zinnecker (1993). Posteriormente Corcoran & Lagrange (1999) identificaram, através da absorção de Li, que HD150193 A é uma binária espectroscópica com uma companheira fria adicional. Esse objeto mostra características de T-Tauri (Bouvier & Corcoran 2001 apud Carmona et al. 2007) e tem a mesma idade do primário (Fukagawa et al. 2003). O sistema primário é cercado por um disco circunstelar e nenhum disco foi detectado ao redor da companheira visível. Baseados nas imagens do *Chandra*, Feigelson et al. (2003) consideraram a companheira como não-detectada e clamaram pela presença de uma nova companheira "C", identificada pela emissão de raios-X. Na re-análise dos dados do *Chandra*, Stelzer et al. (2006) detectaram uma única e alongada fonte de raios-X no meio-caminho entre a estrela HAeBe e a sua companheira conhecida, localizada à sudeste da primária (figura 2.8). Visualmente eles identificaram duas fontes marginalmente separadas, uma das quais é a "companheira C" identificada por Feigelson et al. (2003). No entanto, os autores sugerem que essa fraca fonte de raios-X deve ser identificada com a própria estrela HAeBe, enquanto que a fonte brilhante coincide com a companheira T-Tauri.

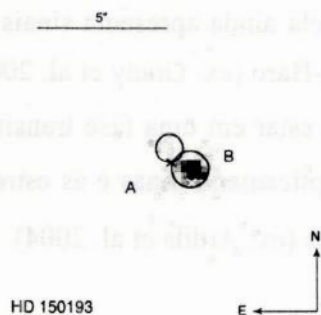


Figura 2.8: Imagem ACIS do Chandra para HD150193 (Stelzer et al. 2006)

Carmona et al. (2007) estudaram a estrela companheira de HD150193 e, através de análise espectroscópica, deduziram um tipo espectral F9Ve, diferente do resultado de Bouvier & Corporon (2001), que derivaram um tipo espectral K4 através de espectro-imageamento de alta resolução e ajuste da SED. Os dados de Carmona et al. (2007) também mostram que HD150193 B é uma estrela T-Tauri, o que concorda com a sugestão de Bouvier & Corporon (2001).

Meeus et al. (2001), ao estudarem a SED de HD150193, encontraram uma componente muito forte em 10 μ m, superposta ao contínuo plano, mas não detectaram bandas de PAH. As medidas polarimétricas indicam polarização variável em HD150193 (ex: Yudin & Evans 1998).

2.11 - HD156702

Existem poucas referências a esse objeto de tipo espectral B1 (Levenhagen & Leister 2006) na literatura. Yudin & Evans (1998) detectaram variabilidade polarimétrica nas bandas V, R e I, mas não nas bandas U e V e não detectaram variabilidade fotométrica em suas medidas. Ela está presente no catálogo de estrelas HAeBe de Thé et al. (1994), mas de Winter et al. (2001) a classificam como B[e] em seu catálogo fotométrico de estrelas do hemisfério sul com linhas de emissão. Levenhagen & Leister (2006), através de análise espectroscópica, mediram os parâmetros estelares listados na tabela 1.

2.12 - HD163296

HD163296 é uma estrela HAeBe jovem (van den Ancker et al. 2000), e próxima (van den Ancker et al. 1998). Se, por um lado, a estrela não está profundamente embebida na nuvem de poeira natal (Thé et al. 1985), por outro lado ela ainda apresenta sinais claros de acreção ativa através da presença de jatos e nós de Herbig-Haro (ex: Grady et al. 2000), o que pode ser visto na figura 2.9. Assim, HD163296 aparenta estar em uma fase transitória entre estrelas pré-sequência principal extremamente jovens e opticamente finas e as estrelas muito mais opticamente finas, quase ZAMS, com discos de *debris* (ex: Ardila et al. 2004).

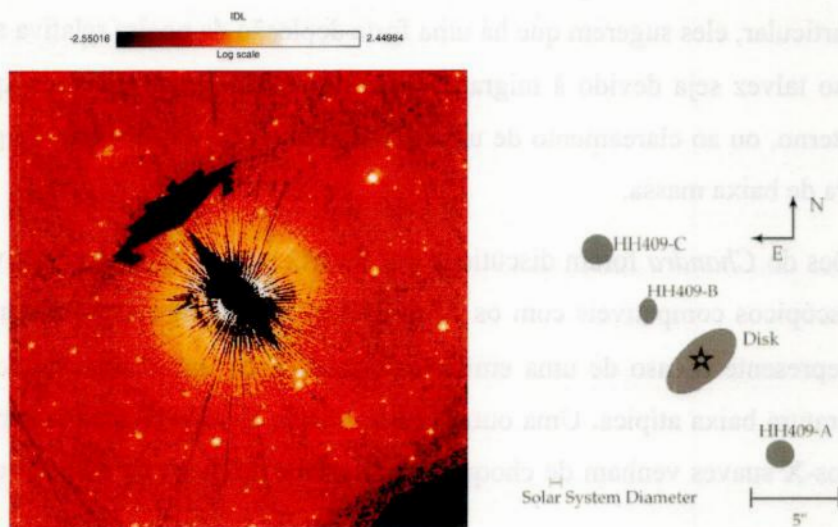


Figura 2.9: Imagem composta de HD163296 combinando os dados de três orientações. Ao lado um desenho do sistema disco/nós HH (Grady et al. 2000).

Técnicas indiretas (Bjorkman et al. 1995 apud Wisniewski et al. 2008) e imagens resolvidas (ex: Grady et al. 2000; Isella et al. 2007) confirmaram a presença de um disco circunestelar associado com HD163296. As observações coronográficas do *HST* resolveram espacialmente as regiões externas desse disco e detectaram evidências de uma estrutura de disco incluindo um anel interno de espalhamento reduzido e um anel brilhante externo (Grady et al. 2000). A região interna do disco circunestelar de HD163296 exibe evidências de variabilidade, possivelmente devido à mudanças na parede interna do disco (Sitko et al. 2008).

O espectro rico em linhas de emissão dessa estrela foi estudado por Deleuil et al. (2005), revelando componentes P-Cygni indicativas de vento e evidências de uma cromosfera (região aquecida). Os perfis de linha de espécies ionizadas podem ser explicados por acreção magnetosférica ou por choques de vento confinados magnetosfericamente. A modelagem de Dent et al. (2005) para o perfil de emissão CO sugere que esse gás existe no disco em raios menores que 20 UA e mostra uma concordância razoável com um modelo de disco inclinado em 30° .

Isella et al. (2007) apresentaram observações interferométricas de HD163296 no contínuo e nas linhas de emissão de CO e encontraram fortes evidências de que o material circunestelar está em rotação kepleriana em torno da estrela central de $2.6 M_\odot$. A comparação entre as temperaturas da poeira e de CO indica que o CO está presente somente no disco interior. Com seus resultados, os autores suportam que o disco de HD163296 é fortemente

desenvolvido. Em particular, eles sugerem que há uma forte depleção da poeira relativa ao gás fora de 200 AU. Isso talvez seja devido à migração para dentro de corpos grandes, que se formam no disco externo, ou ao clareamento de uma grande lacuna na distribuição de poeira por uma companheira de baixa massa.

As observações do *Chandra* foram discutidas por Swartz et al. (2005), que derivaram parâmetros espectroscópicos compatíveis com os de Stelzer et al. (2006) e especularam que essa estrela talvez represente o caso de uma emissão de raios-X de um choque de acreção devido a uma temperatura baixa atípica. Uma outra possibilidade, levantada por Stelzer et al. (2006), é que os raios-X suaves venham de choques na interface do disco de acreção com o jato óptico.

Segundo Vinkovic et al (2006), as imagens do *HST*, que é incapaz de resolver o halo interno, não mostram evidências de alguma outra estrutura de larga escala além do disco. Uma outra componente importante dessa imagem é um jato bipolar, cujo processo de formação pode provavelmente levantar a poeira acima do disco e criar um halo de pequena escala responsável pela protuberância no IR-próximo (Vinkovic et al. 2006). Wisniewski et al. (2008) apresentaram uma visão multi-época e multicolor da luz espalhada do disco de HD163296, que aparenta ser variável. Os autores especulam que a parede interna do disco induz um auto-sombreamento (em inglês: self-shadowing) variável no disco externo.

2.13 - HD293782 (UX Ori)

HD293782, mais comumente chamada de UX Ori, é uma estrela Ae/Be de Herbig localizada a uma distância aproximada de 430 pc. Ela tem tipo espectral A2-3 IIIe, massa $\sim 2.5 M_{\odot}$ e idade ~ 2 Manos. A classificação espectral no UV (ex: Grady et al. 1995) concorda com a no visível.

O maior interesse em UX Ori reside em sua complexa variabilidade espectroscópica, fotométrica e polarimétrica, que tem sido monitorada por muitos anos. A estrela é muito variável no visível, com mínimos profundos esporádicos ocorrendo com uma frequência de 1-2 por ano, com uma duração de alguns dias (Bibo & Thé 1990, 1991). Durante esse mínimo, a luz estelar primeiro se torna mais vermelha e depois mais azul novamente e, ao mesmo tempo, a fração de luz polarizada aumenta (Voshchinnikov et al. 1988). A figura 2.10 mostra as variações no perfil de $H\alpha$ de UX Ori.

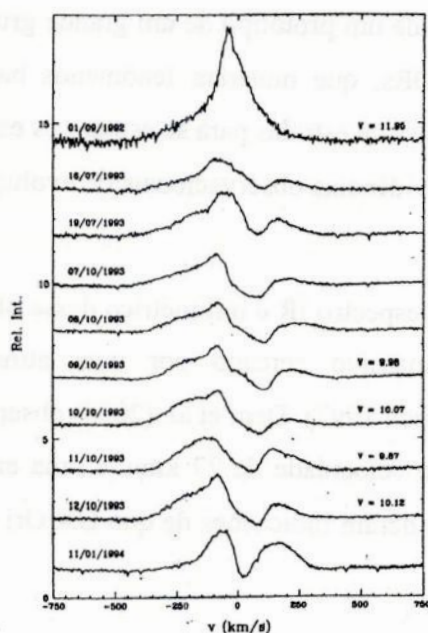


Figura 2.10: Perfil da linha H α de UX Ori numa fase brilhante, em julho e outubro de 1993. O perfil de setembro de 1992 é mostrado para comparação. Todos os perfis estão normalizados para o nível do contínuo (Grady et al. 1994).

Grinin et al. (1991) interpretaram que UX Ori é cercada por uma nuvem circunstelar achatada (geralmente referida como um disco), composta de partículas relativamente pequenas, que espalha e polariza uma fração da luz estelar. Segundo os autores, o sistema também contém densas condensações de poeira (*clumps*, em inglês), que ocasionalmente ocultam a estrela e causam o mínimo profundo. Nesse ponto, a fração da radiação estelar recebida diretamente cai, enquanto que a fração vista após ser espalhada pelo disco permanece praticamente inalterada e representa uma significativa contribuição para o total. Estima-se que a massa da poeira nesses *clumps* é da ordem de 10^{20} - 10^{21} g (ex: Meeus et al. 1998), similar aos maiores cometas do Sistema Solar. Uma condição necessária desses modelos é que o disco é visto quase de lado (*edge-on*, em inglês) (Voshchinnikov et al. 1988).

O espectro de UX Ori é rico em linhas circunstelares típicas de todas as estrelas PMS. Algumas dessas linhas, em particular linhas de metais de baixa ionização, mostram componentes esporádicas em absorção, desviadas para o vermelho. A presença de um fluxo de gás para dentro da vizinhança da estrela (Grinin et al. 1994) tem sido interpretada como devida à evaporação de grandes corpos sólidos (planetesimais ou proto-cometas) em torno da estrela (Grady et al. 2000). De acordo com essa interpretação, UX Ori é uma precursora dos sistemas β Pictoris.

UX Ori não é um caso isolado, é na verdade um protótipo de um grande grupo de estrelas PMS de massa similar, chamados de UXORs, que mostram fenômenos bastante similares. As UXORs talvez forneçam a melhor amostra de estrelas para se estudar os estágios iniciais da formação planetária, onde se podem ver evidências observacionais de evolução do disco.

Natta et al. (1999) analisaram observações no espectro IR e milimétrico desse objeto e propuseram um modelo de disco circunstelar massivo cercado por uma atmosfera, opticamente fina e mais quente (ex: Chiang & Goldreich 1997). Dent et al. (2005) observaram emissões extensas de CO na região do IR com uma velocidade de 27 km/s e uma emissão estreita com velocidade estelar. Bertout et al. (1999) deram indicações de que UX Ori é uma estrela dupla.

2.14 - HD34282

HD34282 é uma estrela HAeBe de tipo espectral estimado no intervalo entre A0V – A3V e de velocidade de rotação $v_{\text{seni}} = 129 \pm 8$ km/s (Mora et al. 2001). Ela é variável, com valores de m_v publicados entre 9.8 e 10.11 mag (ex: de Winter et al. 2001). Malfait et al. (1998) reportaram uma variabilidade no visível de amplitude de 2.5 mag, enquanto que um mínimo de Algol de $\Delta m \sim 0.8$ mag foi observado na curva de luz do *Hipparcos*, indicando que HD34282 é muito provavelmente um objeto UXOR.

Sua SED (figura 2.11) mostra um forte excesso no IR que já é notado em comprimentos de onda do IR próximo (ex: Malfait et al. 1998). Um grande disco kepleriano ao redor de HD34282 foi inferido por Piétu et al. (2003), através de interferometria. Os mesmos autores derivaram uma distância de 400 pc, baseados em considerações dinâmicas. Esse resultado leva a uma luminosidade, uma massa e uma posição no diagrama HR muito mais consistentes com as propriedades PMS esperadas de HD34282 do que a distância de 164 pc medida com alta incerteza (± 60 pc) pelo *Hipparcos*.

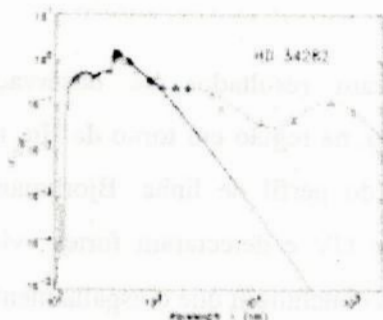


Figura 2.11: Distribuição espectral de energia de HD34282 (Malfait et al. 1998).

Dent et al. (2005) derivaram, utilizando dados interferométricos, um modelo detalhado incluindo uma revisão da distância e da luminosidade dessa estrela. Os resultados desse modelo são consistentes com os dados de Piétu et al. (2003).

Merín et al. (2004) apresentaram um estudo dos parâmetros estelares, distância e SED de HD34282 e concluíram que esse é um objeto deficiente em metais. Além disso, os autores apontaram que o disco de HD34282 é ativo em acreção, é massivo e apresenta grãos pequenos ($\sim 1\mu\text{m}$) na superfície e grãos maiores ($\sim 1\text{cm}$) no médio-plano.

Sylvester et al. (1996) mostraram que HD34282 apresenta um forte excesso no IR. Schütz et al. (2005) apontam que HD34282 mostra fortes bandas PAH, mas não observaram silicatos. Os autores sugerem então que os pequenos grãos de silicato no disco interno devem ter sido fortemente depletados, o que está de acordo com o modelo de disco passivo de Dominik et al. (2003).

Yudin & Evans (1998) não detectaram polarização significativa em HD34282.

2.15 - HD50138

O estágio evolutivo de HD50138 ainda é sujeito a debates, pois ela parece não estar associada a nenhuma região de formação estelar. Por outro lado, Grady et al. (1994) apontaram que os dados fotométricos e polarimétricos dessa estrela sugerem grandes similaridades com estrelas HAeBe vistas através de seus discos e que apresentem mínimo de Algol. Pogodin (1997) encontrou evidências de material em acreção, através da variabilidade de algumas linhas ópticas. E a distância de 290 pc medida pelo *Hipparcos* coloca esse objeto numa posição compatível com estrelas HAeBe, corroborando com a hipótese da natureza

PMS de HD50138.

Oudmaijer & Drew (1996) publicaram resultados de observações espectro-polarimétricas de alta resolução para esse objeto, na região em torno de $H\alpha$, mostrando uma mudança de polarização significativa através do perfil de linha. Bjorkman et al. (1998) fizeram observações espectro-polarimétricas no UV e detectaram fortes evidências de um disco gasoso fino ao redor da estrela. Os autores concluíram que o espalhamento de elétrons é o principal mecanismo de polarização e sugeriram que o disco está um pouco inclinado da posição *edge-on* com respeito à linha de visada.

2.16 - HD76534

HD76534 é uma estrela B2.5 muito brilhante (Valenti et al. 2000). Ela ilumina uma nebulosa de reflexão na qual está embebida e é membro da associação *Vela R2* (Herbst 1975). Finkenzeller & Mundt (1984) foram os primeiros a classificar HD76534 como uma estrela HAeBe, mas esse status foi questionado por Thé et al. (1985), devido ao seu baixo excesso no infravermelho próximo, que difere das outras estrelas da classe Ae/Be de Herbig.

Posteriormente, diversos autores concordaram em classificá-la como uma estrela Be de Herbig (ex: Hillenbrand et al. 1992; Thé et al. 1994; Valenti et al. 2000), pois o baixo excesso no NIR da SED de HD76534 pode ser explicado pela presença de uma região livre de material no ambiente circunstelar próximo da estrela, devido ao seu forte campo radiativo. Alternativamente, essa região poderia representar uma fase muito inicial de formação de planetas (Martin et al. 2004).

Oudmaijer & Drew (1997 e 1999) reportaram grandes variações no perfil de $H\alpha$ e Martin et al. (2004) concluíram que no ambiente circunstelar hostil de HD76534, que é uma estrela B2, a presença de um disco circunstelar é muito pouco provável. Esse resultado concorda com a análise da SED por Hillenbrand et al. (1992), que chamou atenção para o baixo excesso no IR-próximo, semelhante ao de uma estrela Be clássica, o que se acredita ser devido à emissão livre-livre num envelope ionizado, ao invés de devido à poeira circunstelar. Esses autores também analisaram as linhas de absorção de H_2 no UV e evidenciaram que grandes quantidades dessa molécula, quente e fria, está presente no envoltório da estrela (figura 2.12).

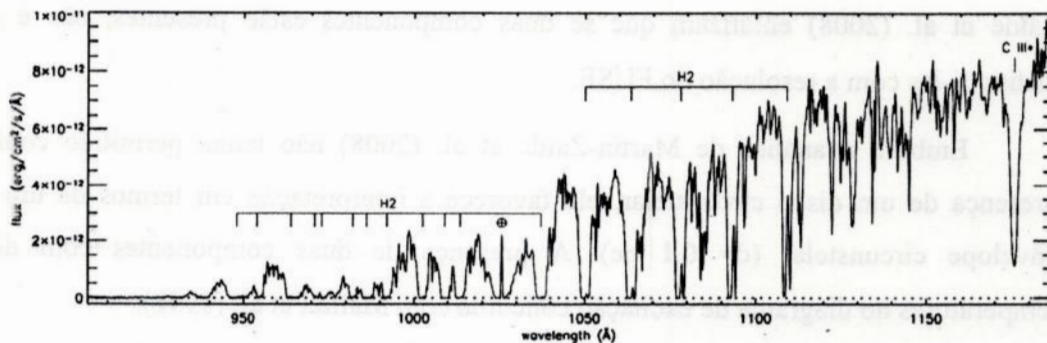


Figura 2.12: Espectro FUSE de HD76534, mostrando a presença de moléculas de hidrogênio

2.17 - HD85567

HD85567 foi classificada como B8Vne por Garrison et al. (1977). A fotometria da estrela foi estudada por Malfait et al. (1998) e Miroshnichenko et al. (2001). Yudin & Evans (1998) e Klare & Neckel (1977) mediram a polarização desse objeto.

Oudmaijer et al. (1992) identificaram HD85567 com uma fonte IRAS e sugeriram ser uma estrela Ae/Be de Herbig. Malfait et al. (1998) ajustaram sua SED a um modelo de envelope de duas componentes opticamente finas de poeira. Uma das componentes estaria localizada entre 100 e 2000 raios estelares e conteria apenas poeira quente, enquanto a outra estaria localizada a partir de 3500 raios estelares e conteria poeira fria. O aparente declive na SED entre 6 e 10 μm foi interpretado como um buraco físico na distribuição de poeira, causado pela quebra (*break-up*, em inglês) do disco de poeira opticamente fino.

Um limite inferior na distância de HD85567, $D \geq 480$ pc, foi determinado pela medida de paralaxe do *Hipparcos* (ESO 1997). Van der Ancker et al. (1998) usaram essa distância para estimar a luminosidade da estrela ($L_{\text{bol}}/L_{\odot} \geq 2.54$). A posição correspondente no diagrama HR é distante da seqüência principal de idade zero (ZAMS) e próxima da linha de nascimento de estrelas Ae/Be de Herbig (Palla & Stahler 1993), o que indica que essa estrela é bem jovem.

Miroshnichenko et al. (2001) mostraram que, sem observações de imageamento, é impossível distinguir entre uma componente extensa, opticamente fina e mais esférica, e um disco mais compacto. Esses autores mostraram também que os perfis das diversas linhas de emissão presentes do espectro (linhas de Paschen, por exemplo) indicam estruturas complexas no envelope circunstelar, que é do tipo não-esférico, com uma componente opticamente fina e com a possível presença de uma componente extensa opticamente fina de poeira. Martin-

Zaïde et al. (2008) enfatizam que se duas componentes estão presentes, não é possível distingui-las com a resolução do FUSE.

Embora a análise de Martin-Zaïde et al. (2008) não tenha permitido confirmar a presença de um disco circunstelar, ela favorece a interpretação em termos de um extenso envelope circunstelar ($d = 0.1$ pc). A presença de duas componentes com diferentes temperaturas no diagrama de excitação concorda com Malfait et al. (1998).

2.18 - HD94509

Não encontramos na literatura nenhum estudo sobre os parâmetros estelares dessa estrela HAeBe de classe espectral A0I. O objeto está presente no trabalho de Yudin & Evans (1998), que apontam que a polarização do objeto é provavelmente variável em escala de tempo de minutos.

Segundo Corporon & Lagrange (1999) essa estrela mostra um espectro composto na região do HeI $\lambda 6678\text{\AA}$ de HD94509, com a presença de estreitas componentes em absorção. Os autores tentaram identificá-las como FeI 6677.989, CaI 6680.628 e CaI 6717.681, mas a velocidade de cada elemento não era coerente. Além disso, Li I não foi detectado, tornando duvidosa uma possível interpretação de que essas componentes seriam devidas a uma companheira mais fria. Os autores sugerem, considerando-se que essa é uma “estrela concha” A0I, que as absorções estreitas talvez sejam linhas metálicas formadas na concha. O objeto ainda necessita de mais estudo para se determinar o seu estágio evolutivo.

2.19 - HD95881

Esse objeto, também pouco estudado, mostra variabilidades em parâmetros polarimétricos numa escala de tempo de minutos (Yudin & Evans 1998). As únicas medidas UBV indicam que a dependência do comprimento de onda com a polarização é plana. Variações fotométricas em HD95881 são desconhecidas. Blondel et al. 2006 calcularam uma distância de 300 pc e, baseados na medidas de largura equivalente do Fe e de H α , assumem que o sistema é visto *edge-on*.

2.20 - HD98922

Essa estrela é classificada como tendo um disco *self-shadowed* com base em sua SED (van Boekel et al. 2003). Seu espectro óptico mostra largos, mas relativamente fracos, perfis de emissão [OI], que não podem se originar na superfície de poeira do disco, mas possivelmente num disco gasoso em rotação dentro do raio de sublimação de poeira (Acke et al. 2005). As medidas polarimétricas de Yudin & Evans (1998) mostram uma pequena polarização (em torno de 0.3%), com possíveis variações em escala de tempo de dias. O grau de polarização aumenta em menores comprimentos de onda.

As observações fotométricas de Winter et al. (2001) mostram que esse objeto não é variável em pequena escala de tempo (dias). As medidas do satélite *Hipparcos* dão um limite inferior de 540pc para a distância de HD98922, o que é muito incerto, já que o intervalo de observação do satélite é limitado a $d \leq 350$ pc. A estrela é provavelmente uma binária espectroscópica (Bond 1970). Talavera et al. (1994) analisaram o perfil de alta resolução da linha Ly α , que indica a presença de uma componente desviada para o vermelho. Blondel et al. (2006) estimaram $i \sim 45^\circ$ a partir do formato dessa linha.

A análise preliminar de seu espectro FUSE indica que o ambiente circunstelar dessa estrela é rico em H₂ e a excitação dessas moléculas aparenta ser similar à de outras HBes observadas (Martin-Zaïdi et al. 2008). A modelagem das condições de excitação com o código Meudon PDR (Le Petit et al. 2006) permitiu que os autores concluíssem que o gás observado está provavelmente localizado na nuvem remanescente onde a estrela se formou. É importante enfatizar que nenhuma linha de H₂ no infravermelho médio foi detectada pelo *Spitzer Space Telescope* nessa estrela (Lahuis et al. 2007).

CAPÍTULO 3

O ATLAS

3.1 – As Observações

Nesse capítulo apresentamos as medidas das linhas $H\alpha$, $H\beta$, $NaID$, HeI e $[OI]$ de todos os objetos HAeBe observados. Algumas dessas linhas aparecem em emissão e outras em absorção, dependendo das condições físicas do envoltório da estrela. O processo de formação de linhas espectrais pode ser entendido através do estudo do transporte radiativo em atmosferas estelares. Uma simplificação desse processo está no diagrama da figura 3.1.

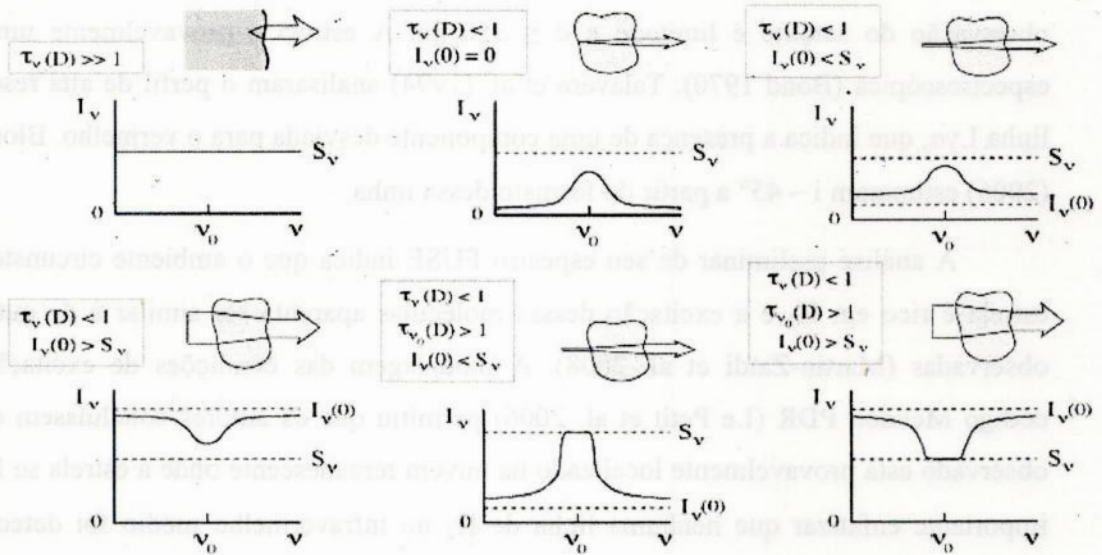


Figura 3.1: Diagrama de formação de linhas espectrais (Rutten 2003).

O diagrama mostra gráficos de intensidade I_ν da radiação em função da frequência ν . τ_ν é a profundidade óptica do meio e S_ν é a função fonte (razão entre a emissividade e o coeficiente de extinção). Em (a) a atmosfera é opticamente espessa e nenhuma linha emerge no espectro. Se a atmosfera é opticamente fina, (b) linhas de emissão emergem quando ela não recebe radiação ($I_\nu(0) = 0$), ou (c) quando ela é “iluminada” pela radiação, com $I_\nu(0) < S_\nu$. Linhas de absorção serão observadas no espectro apenas quando a atmosfera for opticamente fina e $I_\nu(0) > S_\nu$ (d). A linha emergente satura até $I_\nu(0) \approx S_\nu$, quando o objeto é opticamente espesso no centro da linha, seja ela em emissão (e) ou em absorção (f). É importante ressaltar que os envoltórios de estrelas são muito mais complexos do que esse modelo elementar,

fazendo com que as linhas espectrais observadas tenham tanto componentes em emissão quanto em absorção.

As nossas observações foram realizadas entre dezembro de 1998 e junho de 2000, com a utilização do espectrógrafo FEROS (*Fiber-fed Extended Range Optical Spectrograph*) acoplado ao telescópio de 1,52m do ESO (*European Southern Observatory*), localizado em La Silla, no Chile. O CCD usado possuía 2048 x 4096 pixels de 15 μm e um poder de resolução $R \sim 48.000$. Os espectros obtidos cobrem a região entre 4000Å e 9000Å e para normalizá-los, dividimos em regiões de 200Å e utilizamos a tarefa *splot* do software IRAF (*Image Reduction and Analise Facilities*), desenvolvido pelo NOAO (*National Optical Astronomy Observatories*). A normalização é feita através do ajuste de um polinômio que passe pelo contínuo da estrela e tenha a menor ordem possível. Também com a tarefa *splot* realizamos as medidas de centro de linha, largura equivalente, largura total e largura a meia altura.

A largura equivalente, denotada por W , é uma medida da área de uma linha. Essa grandeza pode ser definida, qualitativamente, como a largura de um retângulo cuja área é igual à área da linha e cuja altura é igual ao fluxo na região do contínuo (figura 3.2). Matematicamente, a largura equivalente é definida como:

$$W = \frac{\text{Área da linha}}{F_c} = \frac{1}{F_c} \int (F_c - F_\lambda) d\lambda = \int \frac{(F_c - F_\lambda)}{F_c} d\lambda$$

Os valores do fluxo no contínuo e em um determinado comprimento de onda são representados, respectivamente, por F_c e F_λ . A integral é feita somente sobre o intervalo spectral no qual se encontra a linha em questão. Como todos os nossos espectros estão normalizados, temos que $F_c = 1$. Logo, a equação acima pode ser reescrita da seguinte forma:

$$W = \int (1 - F_\lambda) d\lambda$$

A normalização é um procedimento importante, pois elimina a arbitrariedade e a subjetividade inerentes à determinação de F_c . Desse modo, as medidas de largura equivalente são mais rápidas e precisas, facilitando a comparação dos nossos valores de W com os de outros autores.

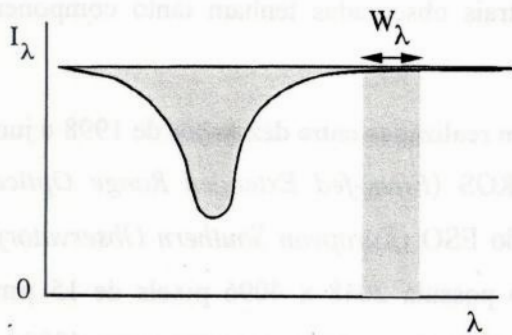


Figura 3.2: Definição de largura equivalente (Rutten 2003).

Nesse trabalho estudamos quatro regiões espectrais específicas. Na região de 6520Å a 6600Å está presente a linha H α (λ 6562.8Å), que ocorre quando um elétron do átomo de hidrogênio neutro realiza uma transição entre os níveis quânticos $n=2$ e $n=3$. Na região de 4810Å a 4920Å aparece a linha H β (λ 4861.3Å), que ocorre com a transição entre os níveis $n=2$ e $n=4$. Ambas as linhas são da série de Balmer do átomo de hidrogênio e são fortes em estrelas de classe espectral A e B. A presença da linha H α em emissão é uma das características principais das estrelas HAeBe e a análise detalhada de seu perfil pode fornecer informações sobre a dinâmica do envoltório da estrela. A análise do perfil de H β também é importante, pois para ela ser observada em emissão é necessária uma temperatura mais alta.

Na região de 5870Å a 5910Å aparece a linha de HeI em 5876Å. Estão presentes também as linhas interestelares do sódio neutro em 5889Å e 5896Å, chamadas de duplete do sódio (NaID). O seu formato fino e comprido indica a sua natureza interestelar e com elas é possível medir a velocidade radial da estrela.

A última região por nós estudada é a de 6250Å a 6380Å. Nessa região estão presentes as linhas proibidas de oxigênio neutro [OI], em 6300Å e 6363Å. Uma linha proibida é decorrente de transições envolvendo um estado excitado cujo tempo de vida médio é muito grande (da ordem de um segundo). Para que esse tipo de transição possa ocorrer, o gás do meio deve ser rarefeito o suficiente para que o tempo entre as colisões atômicas seja maior do que o tempo de vida do estado. Desse modo, a formação de linhas proibidas ocorre em regiões mais distantes da estrela central, onde a densidade do envoltório é mais baixa.

As nossas medidas foram organizadas em diferentes tabelas para cada objeto. Na primeira tabela detalhamos a data, a data juliana e o tempo de exposição de cada observação. Na próxima tabela fornecemos as medidas de largura equivalente, largura a meia altura e

largura da linha $H\alpha$. Para o caso de um perfil de duplo pico bem definido, medimos também a separação entre os picos. Nas tabelas seguintes apresentamos as medidas de centro de linha e largura equivalente de HeI, NaID e [OI], se as linhas estiverem presentes. Como dito anteriormente, algumas linhas apresentam tanto componente em emissão como em absorção. Nesses casos, as medidas de largura equivalente foram feitas separadamente para cada componente e seus valores estão separados por barras nas tabelas. O sinal negativo indica que a linha está em emissão.

Após as tabelas, apresentamos as regiões espectrais estudadas. Para estrelas com poucas observações os espectros dos diferentes dias foram colocados no mesmo gráfico. Nas estrelas com muitas observações separamos os espectros por dia, para que os gráficos ficassem mais claros.

3.2 – As Medidas

3.2.1 - HD100546:

As tabelas 3.1 a 3.4, a seguir, reúnem os dados observacionais do objeto HD100546.

Tabela 3.1: Resumo das observações de HD100546.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|----|-------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | 24/12/98 | 51171.2830324 | 120. |
| 2 | 25/12/98 | 51172.3253935 | 90. |
| 3 | 26/12/98 | 51173.284456 | 90. |
| 4 | 26/12/98 | 51173.3016319 | 600. |
| 5 | 28/12/98 | 51175.3482755 | 80. |
| 6 | 01/03/99 | 51238.2613079 | 180. |
| 7 | 02/03/99 | 51239.3100231 | 180. |
| 8 | 07/03/99 | 51244.1651042 | 150. |
| 9 | 07/03/99 | 51244.2111574 | 150. |
| 10 | 08/03/99 | 51245.0181481 | 150. |
| 11 | 08/03/99 | 51245.0670023 | 150. |
| 12 | 08/03/99 | 51245.1168287 | 150. |
| 13 | 08/03/99 | 51245.2013773 | 150. |
| 14 | 10/03/99 | 51247.3735648 | 180. |
| 15 | 21/04/99 | 51289.1972338 | 180. |
| 16 | 23/06/99 | 51352.1119097 | 180. |
| 17 | 18/02/00 | 51592.3835417 | 300. |
| 18 | 20/02/00 | 51594.3637269 | 600. |

| | | | |
|----|----------|---------------|---------|
| 19 | 20/02/00 | 51594.4007292 | 600. |
| 20 | 21/02/00 | 51595.036794 | 500. |
| 21 | 22/02/00 | 51596.0519676 | 300. |
| 22 | 25/02/00 | 51599.0524074 | 300. |
| 23 | 26/02/00 | 51600.0526273 | 300. |
| 24 | 26/02/00 | 51600.2206944 | 300. |
| 25 | 27/02/00 | 51601.2037963 | 300. |
| 26 | 28/02/00 | 51602.1327199 | 300. |
| 27 | 29/02/00 | 51603.1512963 | 300. |
| 28 | 21/04/00 | 51655.0211921 | 400. |
| 29 | 21/04/00 | 51655.090706 | 357.637 |
| 30 | 22/04/00 | 51656.0166204 | 500. |
| 31 | 22/04/00 | 51656.072662 | 500. |
| 32 | 22/04/00 | 51656.9904282 | 300. |
| 33 | 16/06/00 | 51711.1305671 | 300. |

Tabela 3.2: Medidas de largura equivalente, separação entre os picos, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD100546.

| | W_{eq} (Å) | Sep. Pic (km/s) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|----|------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | 1.3627/-40.3527/0.5768 | - | 182.62 | 1614.798 |
| 2 | 1.4318/-36.5934/1.1803 | - | 175.932 | 1979.597 |
| 3 | 1.3441/-37.2716/0.3886 | - | 179.826 | 1760.937 |
| 4 | 1.9440/-8.1779/1.5807 | - | 99.827 | 2279.132 |
| 5 | 1.0323/-33.6883/0.5191 | - | 157.178 | 1772.37 |
| 6 | 0.9324/-24.4212/0.2187 | - | 127.352 | 1637.424 |
| 7 | 1.4754/-25.7150/0.9576 | - | 140.409 | 2596.461 |
| 8 | 1.7675/-22.4454/0.9868 | 142.18 | 115.934 | 2418.461 |
| 9 | 1.7473/-22.4989/1.2579 | 142.18 | 116.08 | 2426.356 |
| 10 | 1.5176/-22.4367/0.6161 | 149.563 | 117.811 | 2534.81 |
| 11 | 1.6958/-21.7459/0.8682 | 153.219 | 118.07 | 2306.912 |
| 12 | 1.6876/-21.8654/0.7818 | 152.556 | 117.072 | 2395.174 |
| 13 | 1.9133/-21.7287/1.1895 | 147.096 | 120.521 | 2458.359 |
| 14 | 1.5843/-23.1203/0.5787 | 138.628 | 104.001/46.289 | 2367.628 |
| 15 | 2.1238/-27.0666/0.5278 | - | 238.309 | 2664.842 |
| 16 | 1.2986/-20.3830/0.5407 | - | 310.714 | 2073.882 |
| 17 | 1.7869/-22.1859/1.3591 | 133.933 | 322.402 | 2102.571 |
| 18 | 1.6650/-20.9677/0.7529 | 94.352 | 223.954 | 2163.724 |
| 19 | 1.7079/-20.7951/0.7317 | 95.619 | 229.2 | 2328.908 |
| 20 | 1.0712/-21.1763/0.7723 | 106.842 | 272.888 | 2149.324 |
| 21 | 1.4154/-17.7660/0.8572 | 106.140 | 253.403 | 2266.516 |
| 22 | 1.5700/-16.2793/1.1138 | 88.213 | 217.405 | 2396.786 |
| 23 | 1.6759/-13.8952/1.2997 | 78.253 | 186.006 | 2198.139 |
| 24 | 1.7669/-14.2538/1.2047 | 80.753 | 187.288 | 2126.334 |
| 25 | 1.1528/-18.3601/0.9464 | 78.054 | 245.765 | 2188.304 |
| 26 | 1.6057/-19.4579/1.1308 | 73.479 | 317.548 | 2580.739 |
| 27 | 1.6116/-22.0435/0.7345 | 64.315 | 275.841 | 1124.149 |

| | | | | |
|----|------------------------|---------|-----------------|----------|
| 28 | 2.2479/-28.3241/0.5440 | 77.553 | 184.475 | 2571.522 |
| 29 | 3.5447/-29.0173/0.2580 | 77.553 | 99.663/134.992 | 2320.967 |
| 30 | 1.9751/-27.0579/0.7759 | 75.346 | 320.805 | 2706.388 |
| 31 | 1.9941/-27.1605/0.6342 | 65.694 | 133.377/131.388 | 2478.907 |
| 32 | 1.5466/-27.6627/0.7867 | 104.307 | 274.399 | 2384.752 |
| 33 | 1.3063/-33.6220/0.5028 | 96.987 | 73.35/122.988 | 2224.223 |

Tabela 3.3: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD100546.

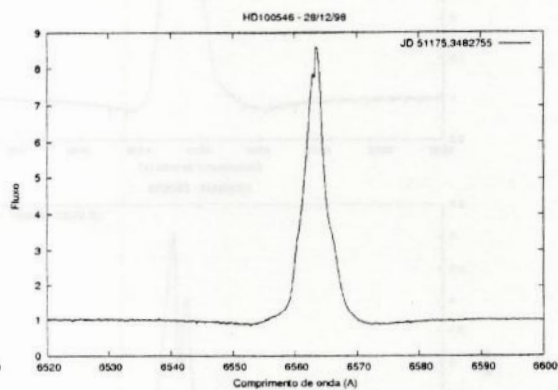
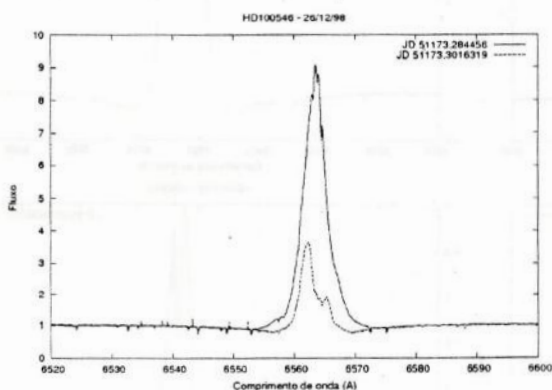
| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|----|------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4862.554 | 3.5988/-0.9479/4.2528 | 5876.464 | -0.0505/0.2103 |
| 2 | 4862.399 | 4.9404/-0.07/5.6743 | 5876.255 | 0.7509 |
| 3 | 4861.909 | 5.0642/-0.2265/4.9699 | 5875.211 | -0.0406/0.0779 |
| 4 | 4862.485 | 12.6108 | 5876.484 | 0.0478 |
| 5 | 4861.962 | 5.0106/-0.1332/5.0647 | 5876.374 | -0.0128 / 0.0104/-0.0181 |
| 6 | 4861.676 | 5.6556 | 5877.175 | -0.0341/0.5292 |
| 7 | 4862.262 | 9.1281 | 5876.633 | -0.0247/0.3624 |
| 8 | 4861.949 | 3.8681/-0.0435/4.5380 | 5875.89 | 0.2707 |
| 9 | 4861.908 | 3.9271/-0.0573/4.4559 | 5875.773 | 0.2593 |
| 10 | 4862.161 | 3.6990/-0.0166/4.7230 | 5876.689 | -0.0382/0.3408 |
| 11 | 4862.136 | 8.6418 | 5876.761 | -0.0344/0.3226 |
| 12 | 4862.175 | 8.8418 | 5876.802 | -0.0521/0.2737 |
| 13 | 4862.049 | 8.5846 | 5876.658 | -0.0421/0.2124 |
| 14 | 4861.814 | 8.2256 | 5874.712 | -0.0809/0.0356 |
| 15 | 4864.388 | 7.6921 | 5876.383 | 0.1873 |
| 16 | 4862.103 | 11.5281 | 5876.019 | 0.6641 |
| 17 | 4863.039 | 9.7974 | 5877.842 | 0.7132 |
| 18 | 4861.677 | 8.7085 | 5876.37 | -0.033/0.236 |
| 19 | 4861.554 | 8.8558 | 5876.158 | -0.02/0.2359 |
| 20 | 4862.474 | 8.3637 | 5876.934 | 0.638 |
| 21 | 4862.409 | 10.4836 | 5876.805 | -0.0154/0.5253 |
| 22 | 4861.895 | 9.7433 | 5877.186 | -0.0143/0.7315 |
| 23 | 4862.437 | 10.3331 | 5875.899 | 0.4075 |
| 24 | 4862.676 | 10.3545 | 5876.215 | -0.0281/0.5665 |
| 25 | 4862.762 | 9.4303 | 5875.269 | -0.0218/0.3959 |
| 26 | 4861.896 | 9.0494 | 5880.733 | -0.0679/0.3428 |
| 27 | 4862.281 | 8.6191 | 5876.067 | 0.1724/-0.0176 |
| 28 | 4862.782 | 7.8950 | 5875.745 | 0.2342 |
| 29 | 4862.563 | 6.6503 | 5875.497 | 0.2942 |
| 30 | 4862.534 | 10.2235 | 5875.176 | -0.0793/0.1175 |
| 31 | 4862.382 | 8.7407 | 5875.477 | -0.0598/0.1153 |
| 32 | 4861.971 | 9.2396 | 5875.297 | -0.0439/0.1371 |
| 33 | 4861.665 | 9.4052 | 5875.68 | -0.0599/0.1664 |

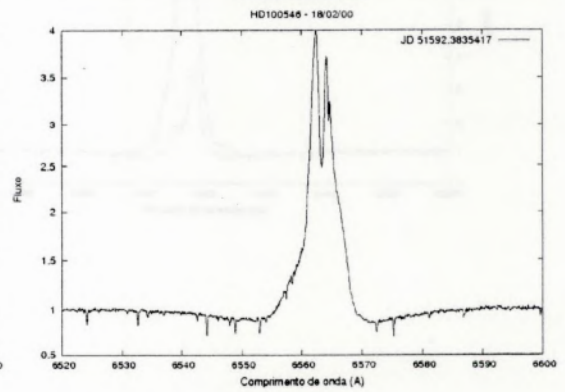
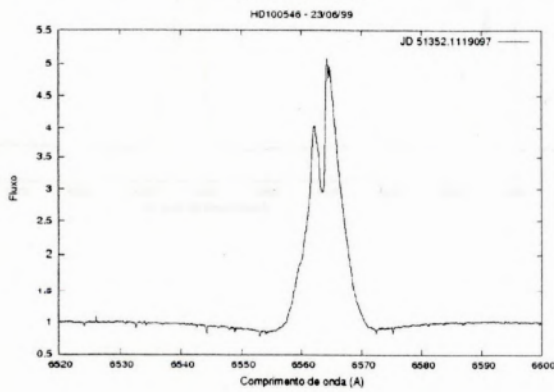
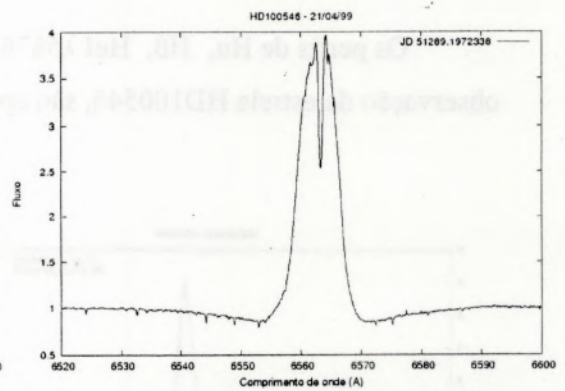
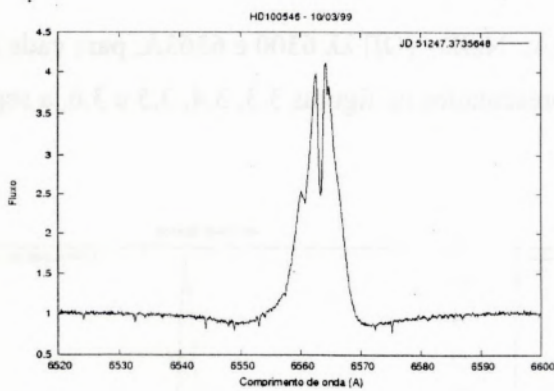
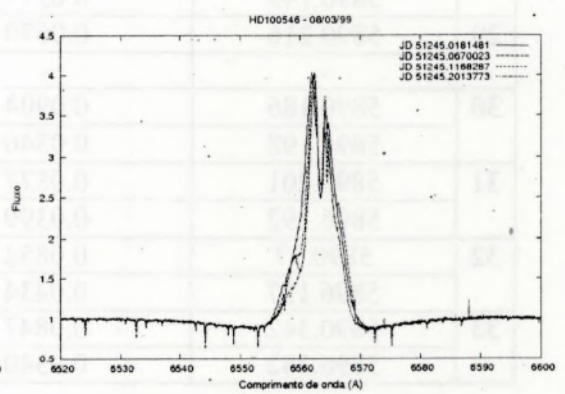
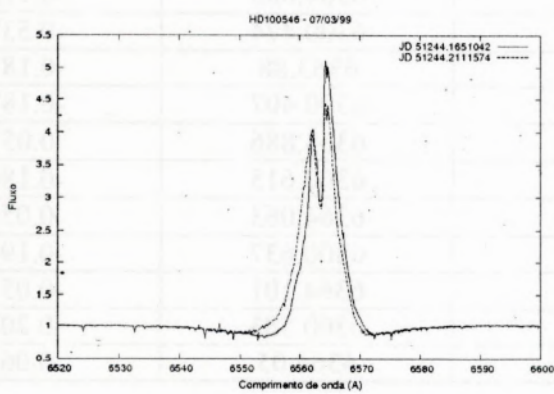
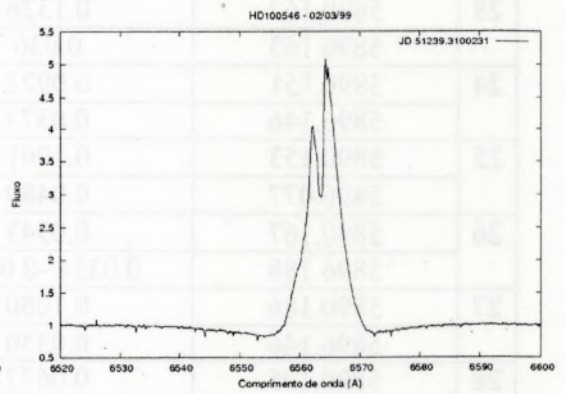
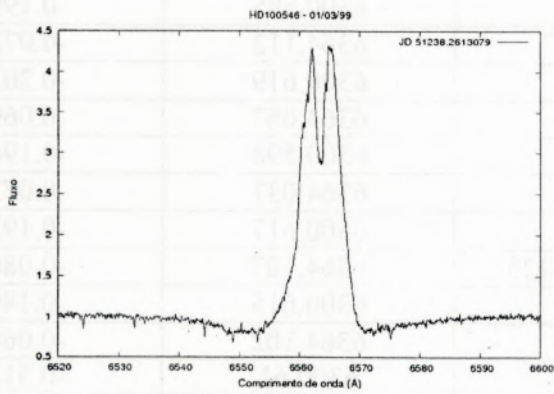
Tabela 3.4: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD100546.

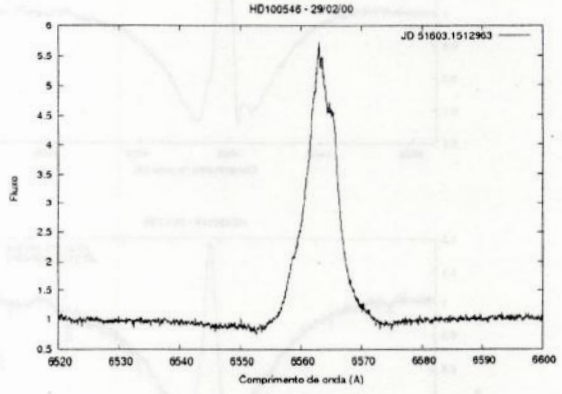
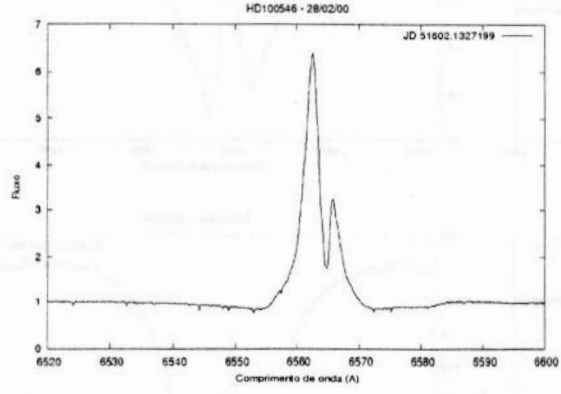
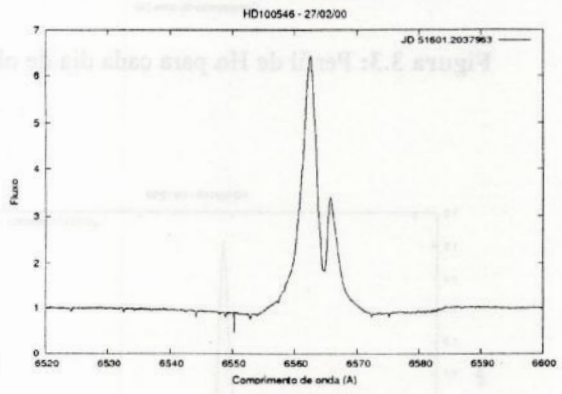
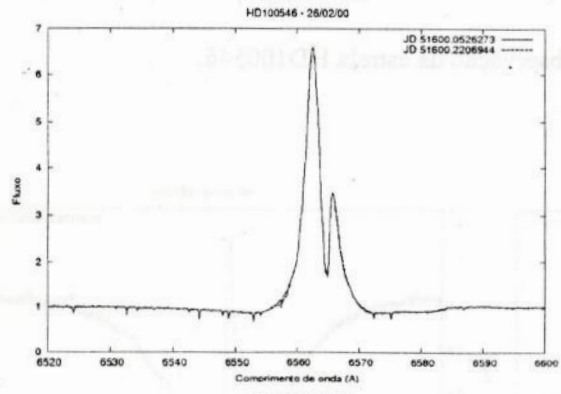
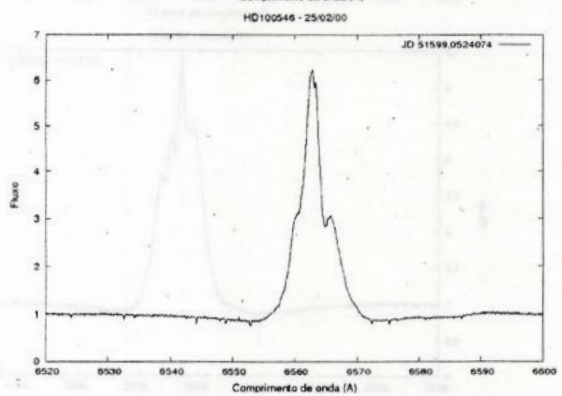
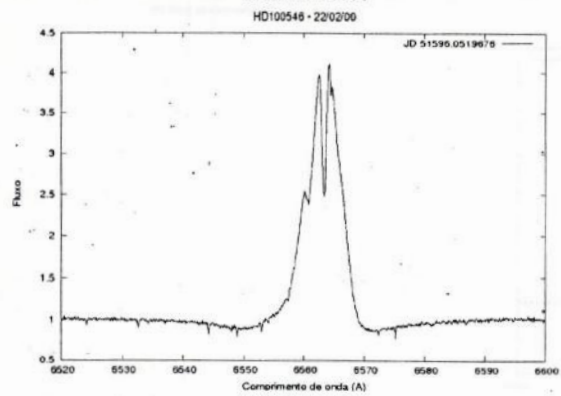
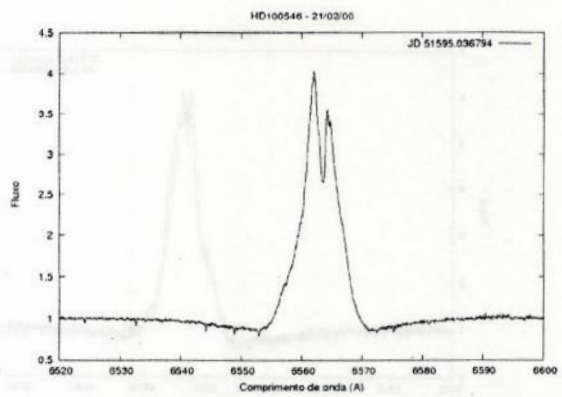
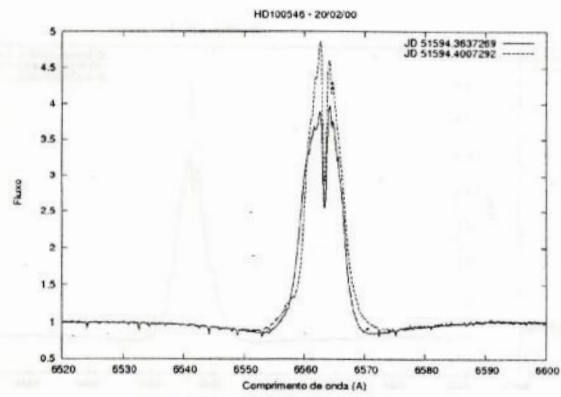
| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|----|------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.165 | 0.1029 | 6300.619 | -0.1817 |
| | 5896.17 | 0.0381 | 6364.099 | -0.0655 |
| 2 | 5890.15 | 0.1031 | 6300.648 | -0.1923 |
| | 5896.167 | 0.0336 | 6364.121 | -0.0560 |
| 3 | 5890.148 | 0.1080 | 6300.65 | -0.1941 |
| | 5896.16 | 0.0313 | 6364.145 | -0.0628 |
| 4 | 5890.164 | 0.3767 | 6300.695 | -0.1333 |
| | 5896.167 | 0.2979 | 6364.212 | -0.0407 |
| 5 | 5890.171 | 0.0844 | 6300.629 | -0.1743 |
| | 5896.127 | 0.0482 | 6364.117 | -0.0591 |
| 6 | 5890.156 | 0.1010 | 6300.633 | -0.1928 |
| | 5896.156 | 0.0445 | 6364.089 | -0.0756 |
| 7 | 5890.169 | 0.0920 | 6300.638 | -0.1737 |
| | 5896.15 | 0.0396 | 6364.126 | -0.0580 |
| 8 | 5890.16 | 0.1140 | 6300.639 | -0.1813 |
| | 5896.161 | 0.0423 | 6364.115 | -0.0674 |
| 9 | 5890.16 | 0.1199 | 6300.622 | -0.1794 |
| | 5896.161 | 0.0432 | 6364.097 | -0.0615 |
| 10 | 5890.158 | 0.1022 | 6300.617 | -0.1918 |
| | 5896.146 | 0.0452 | 6364.089 | -0.0581 |
| 11 | 5890.166 | 0.1035 | 6300.641 | -0.1820 |
| | 5896.147 | 0.0455 | 6364.112 | -0.0677 |
| 12 | 5890.167 | 0.0982 | 6300.635 | -0.1821 |
| | 5896.164 | 0.0429 | 6364.119 | -0.0613 |
| 13 | 5890.175 | 0.0989 | 6300.638 | -0.1763 |
| | 5896.171 | 0.0437 | 6364.101 | -0.0613 |
| 14 | 5890.163 | 0.1073 | 6300.632 | -0.1799 |
| | 5896.181 | 0.0344 | 6364.134 | -0.0615 |
| 15 | 5890.139 | 0.1058 | 6300.628 | -0.1885 |
| | 5896.191 | 0.0523 | 6364.083 | -0.0559 |
| 16 | 5890.128 | 0.1138 | 6300.62 | -0.1713 |
| | 5896.151 | 0.0562 | 6364.061 | -0.0719 |
| 17 | 5890.136 | 0.2281 | 6300.625 | -0.1995 |
| | 5896.03 | 0.1170 | 6364.116 | -0.0671 |
| 18 | 5890.201 | 0.116 | 6300.62 | -0.1892 |
| | 5896.166 | 0.044 | 6364.083 | -0.052 |
| 19 | 5890.158 | 0.096 | 6300.618 | -0.1928 |
| | 5896.153 | 0.043 | 6364.089 | -0.0593 |
| 20 | 5890.172 | 0.1016 | 6300.608 | -0.1917 |
| | 5896.164 | 0.0347 | 6364.112 | -0.0673 |
| 21 | 5890.162 | 0.0903 | 6300.603 | -0.1830 |
| | 5896.158 | 0.0369 | 6364.021 | -0.0658 |
| 22 | 5890.167 | 0.1446 | 6300.605 | -0.1917 |
| | 5896.154 | 0.0395 | 6364.069 | -0.0646 |

| | | | | |
|----|----------|----------------|----------|---------|
| 23 | 5890.162 | 0.1326 | 6300.595 | -0.1991 |
| | 5896.163 | 0.036 | 6364.112 | -0.0724 |
| 24 | 5890.151 | 0.0922 | 6300.619 | -0.2038 |
| | 5896.146 | 0.0373 | 6364.067 | -0.0696 |
| 25 | 5890.153 | 0.1001 | 6300.598 | -0.1943 |
| | 5896.077 | 0.0489 | 6364.037 | -0.0732 |
| 26 | 5890.167 | 0.0943 | 6300.617 | -0.1934 |
| | 5896.188 | 0.0354/-0.0125 | 6364.107 | -0.0803 |
| 27 | 5890.186 | 0.1080 | 6300.615 | -0.1891 |
| | 5896.146 | 0.0330 | 6364.102 | -0.0663 |
| 28 | 5890.195 | 0.0677 | 6300.61 | -0.3180 |
| | 5896.149 | 0.0375 | 6364.088 | -0.1121 |
| 29 | 5890.216 | 0.0670 | 6300.474 | -0.5371 |
| | - | - | 6363.88 | -0.1871 |
| 30 | 5890.186 | 0.0904 | 6300.407 | -0.1875 |
| | 5896.198 | 0.0340 | 6363.886 | -0.0573 |
| 31 | 5890.201 | 0.0877 | 6300.615 | -0.1861 |
| | 5896.192 | 0.0399 | 6364.063 | -0.0554 |
| 32 | 5890.17 | 0.0852 | 6300.637 | -0.1976 |
| | 5896.157 | 0.0434 | 6364.101 | -0.0578 |
| 33 | 5890.342 | 0.0847 | 6300.583 | -0.2030 |
| | 5896.382 | 0.0340 | 6364.05 | -0.0660 |

Os perfis de H α , H β , HeI λ 5876Å, NaID, [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å, para cada dia de observação da estrela HD100546, são apresentados na figuras 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6, a seguir:







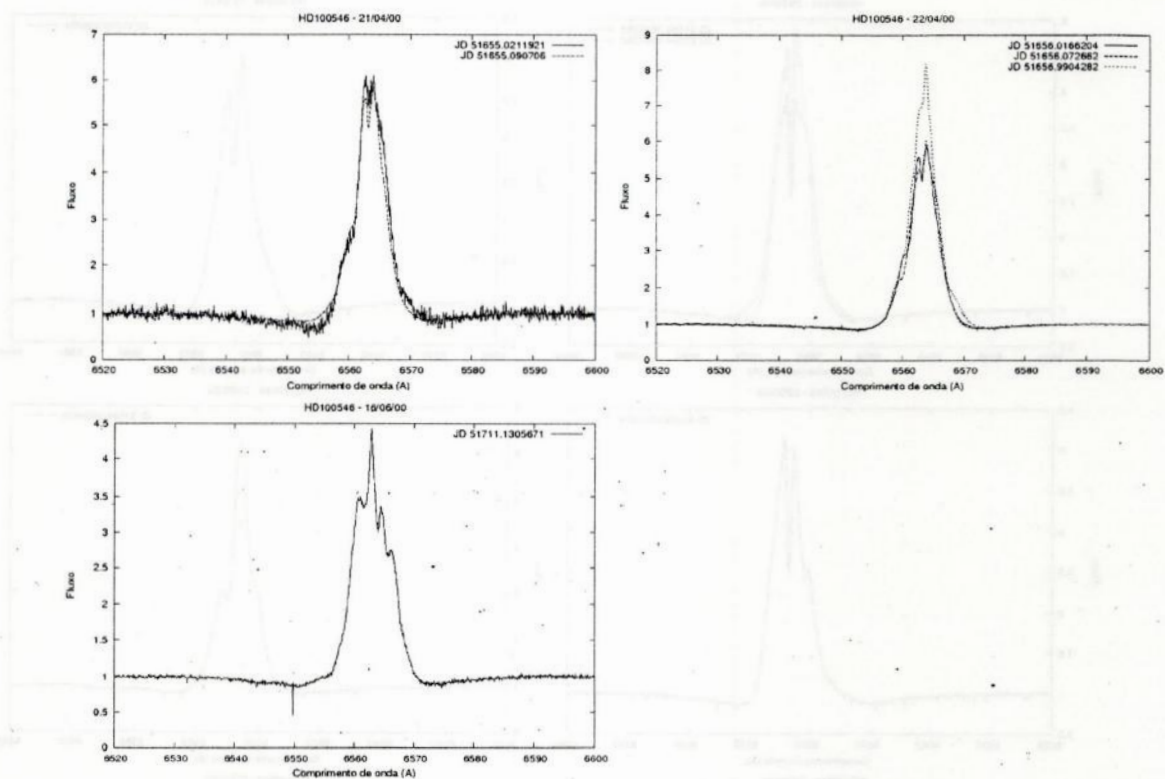
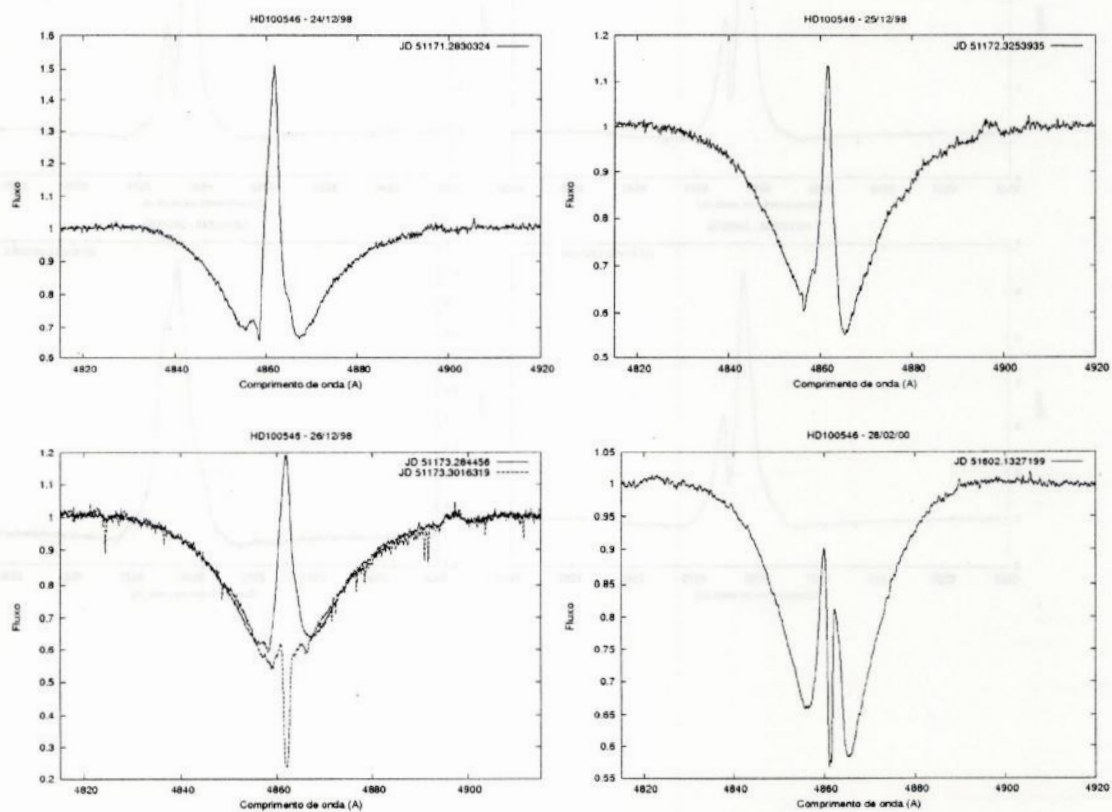
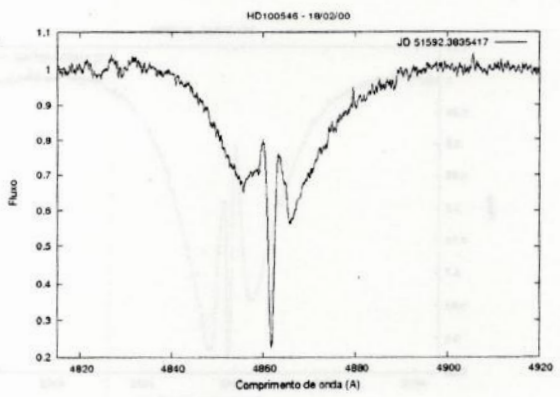
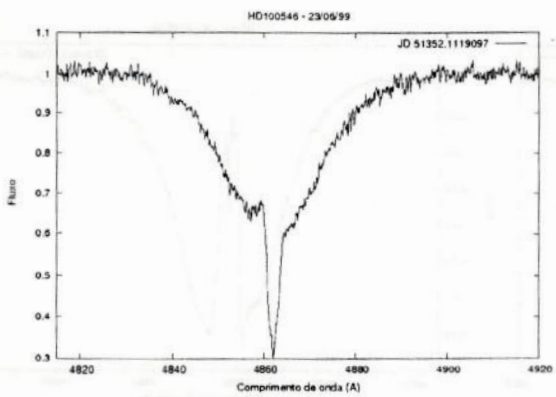
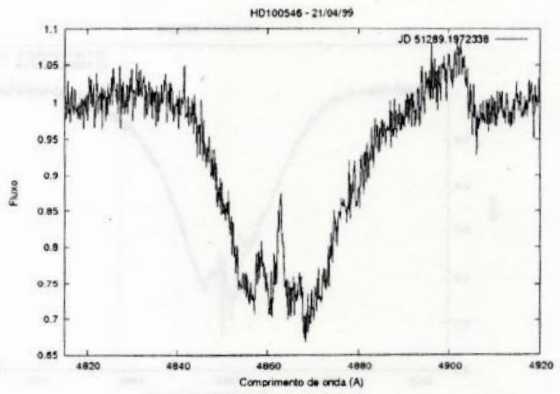
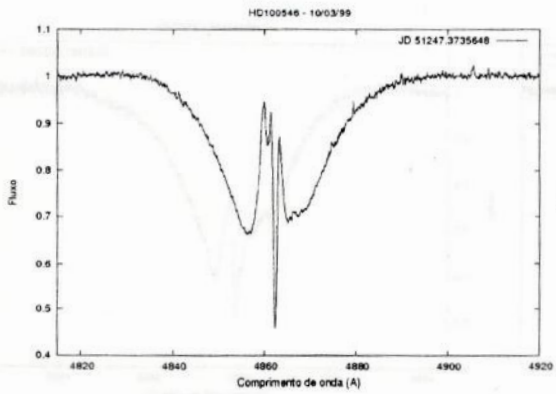
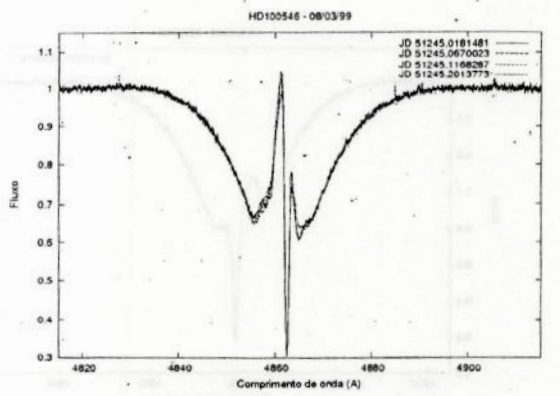
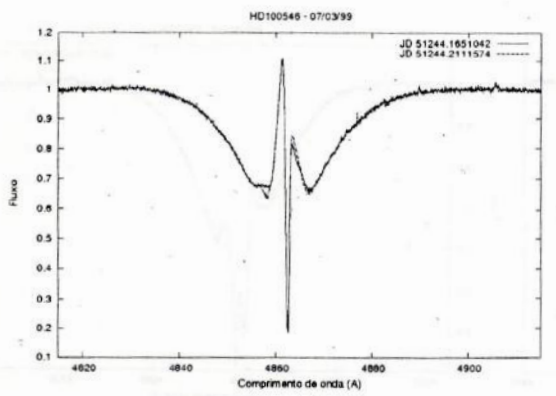
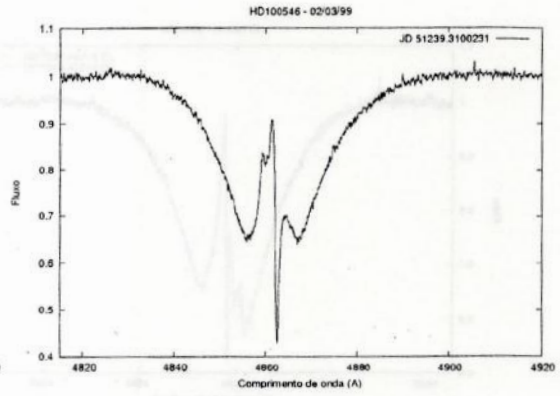
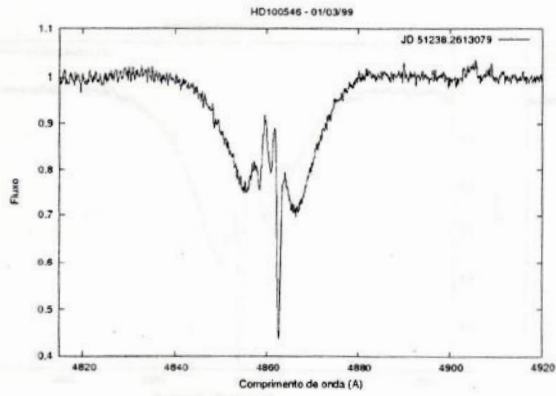
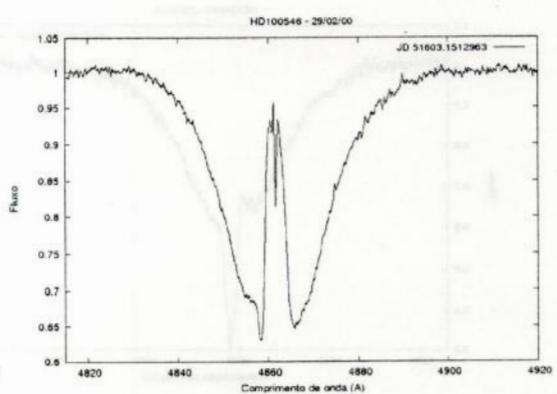
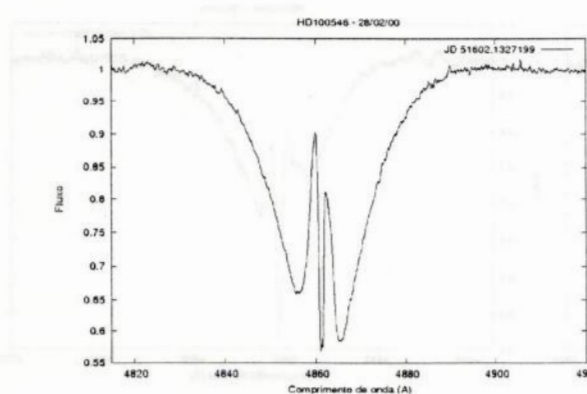
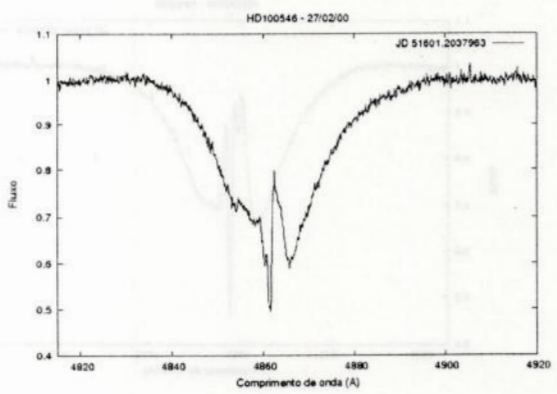
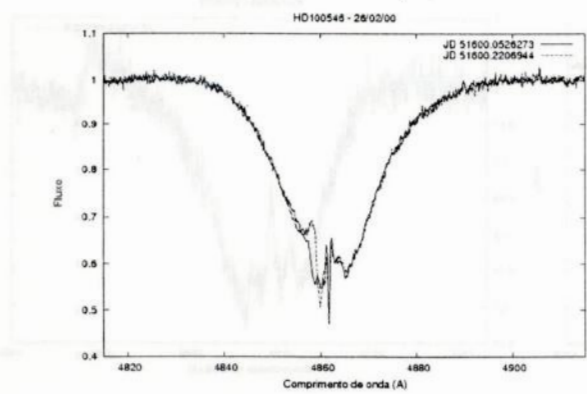
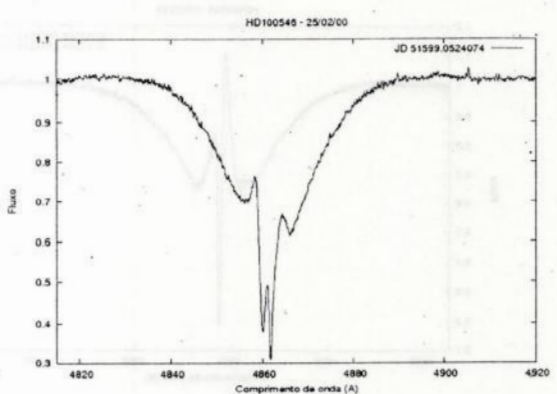
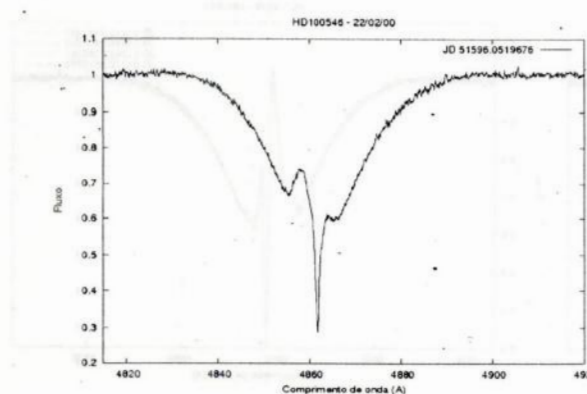
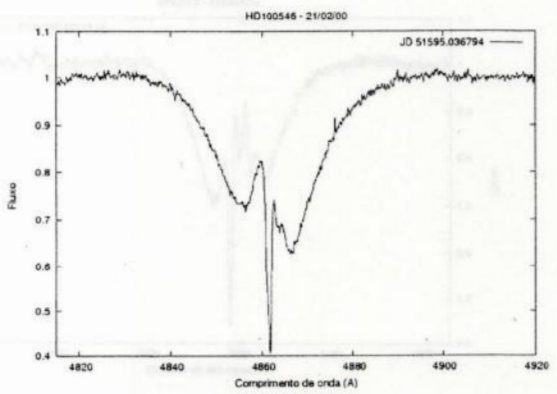
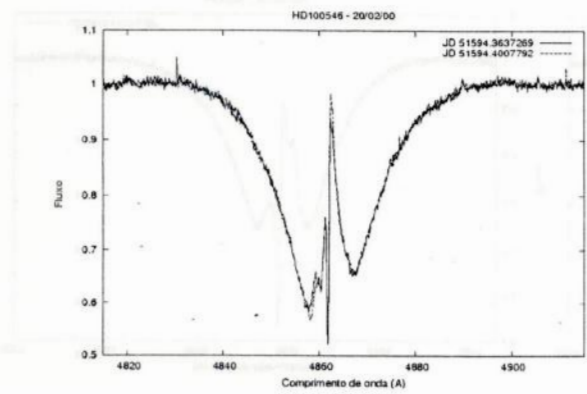


Figura 3.3: Perfil de H α para cada dia de observação da estrela HD100546.







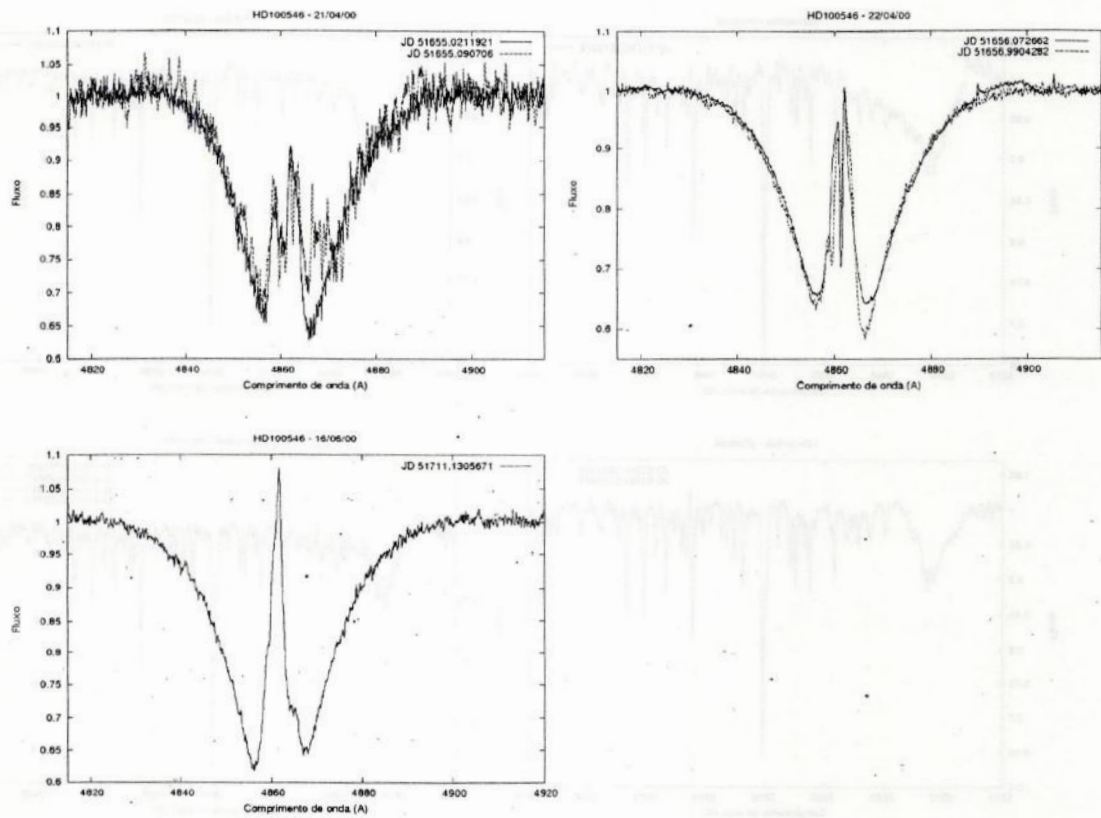
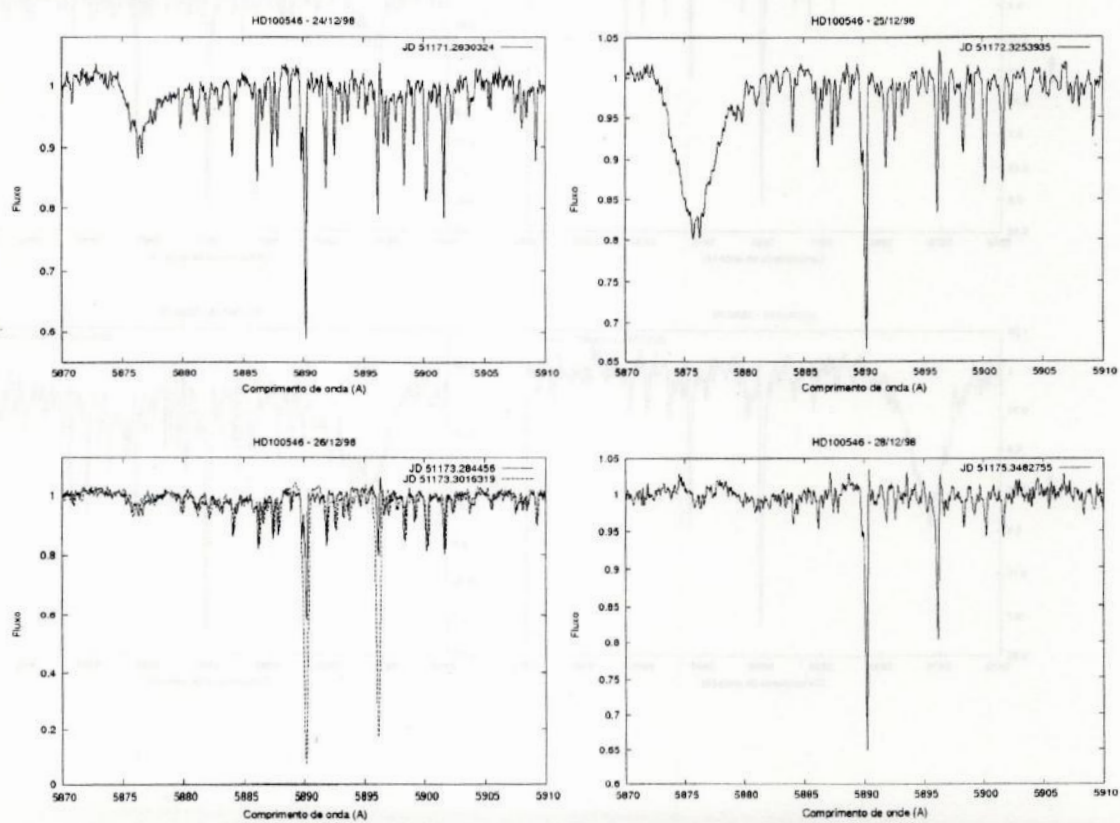
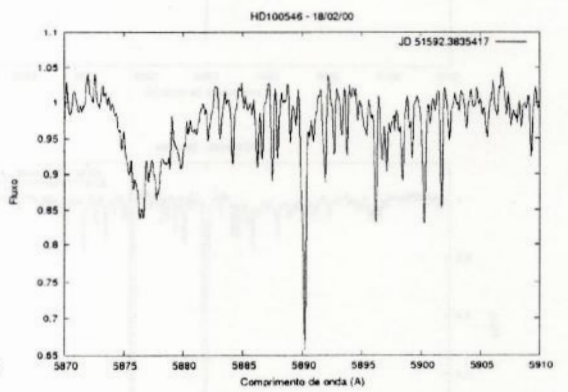
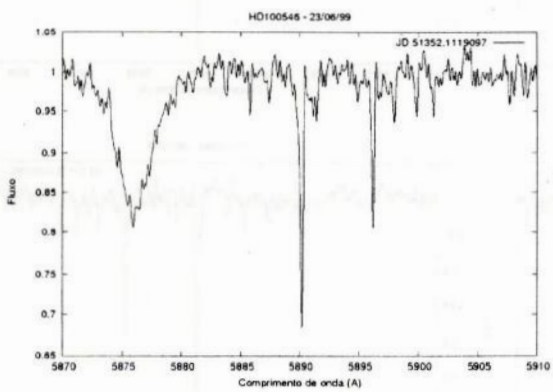
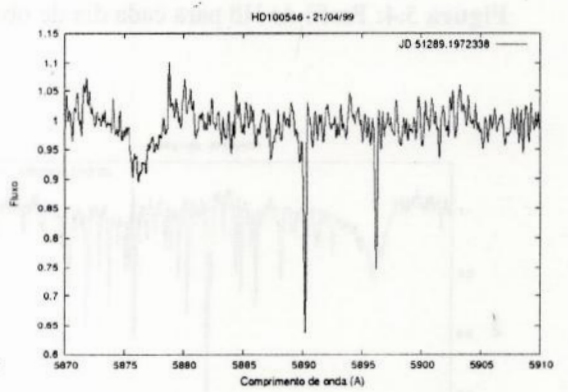
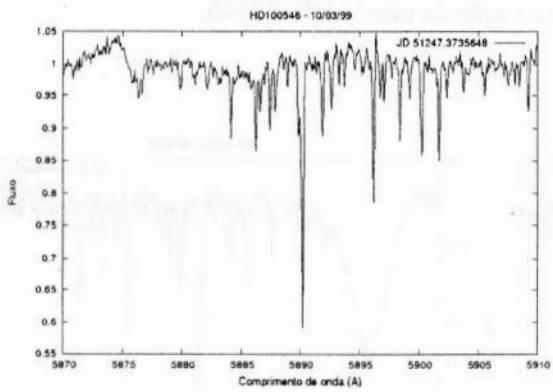
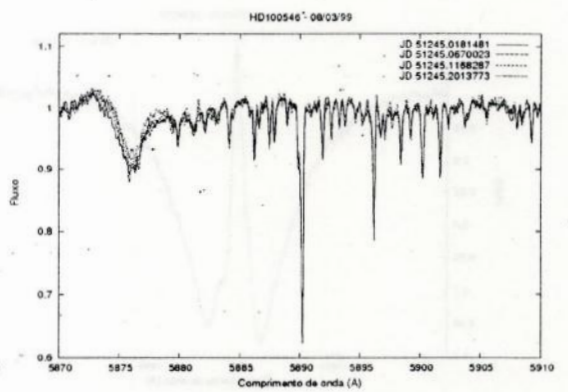
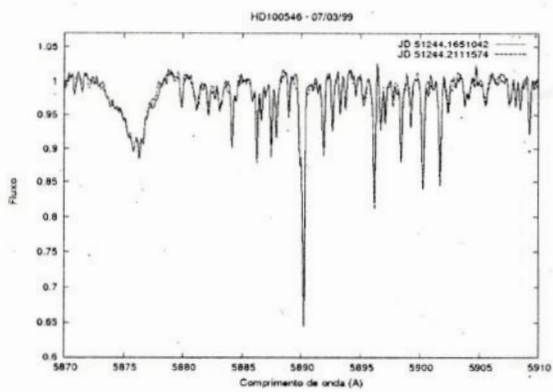
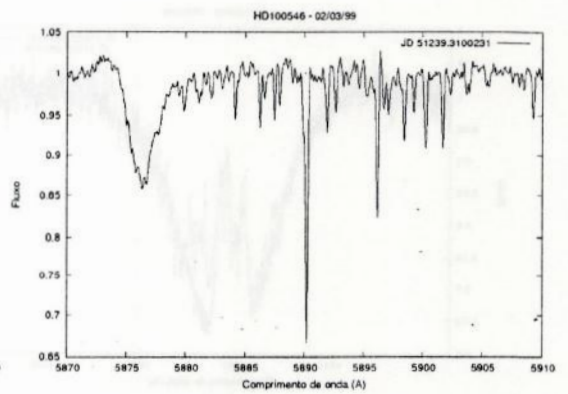
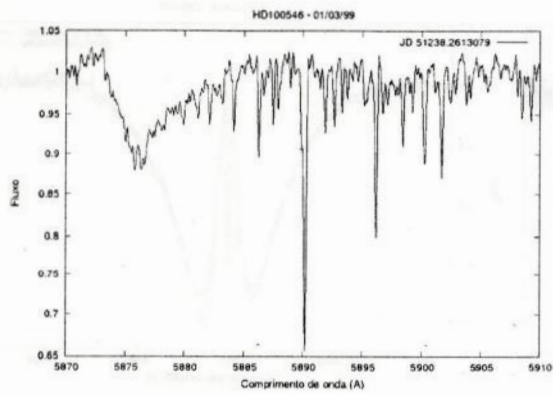
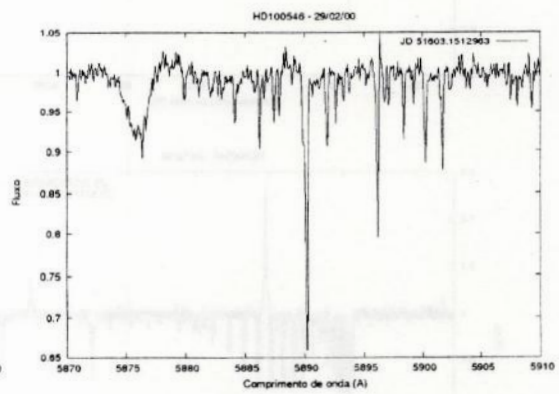
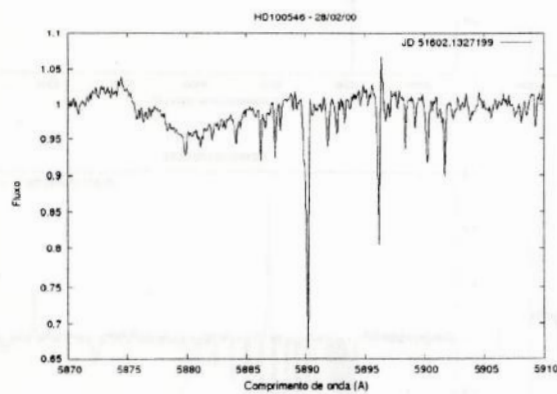
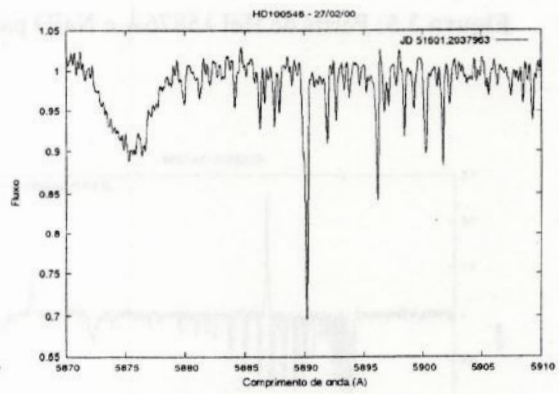
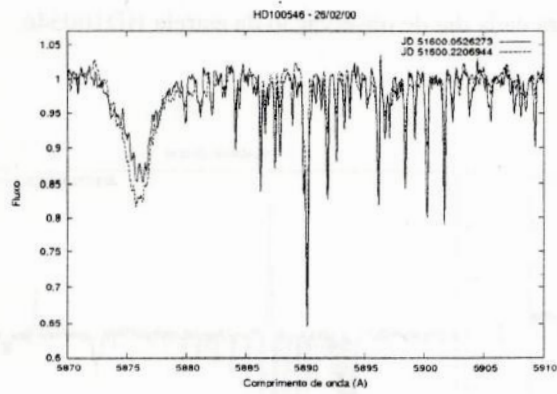
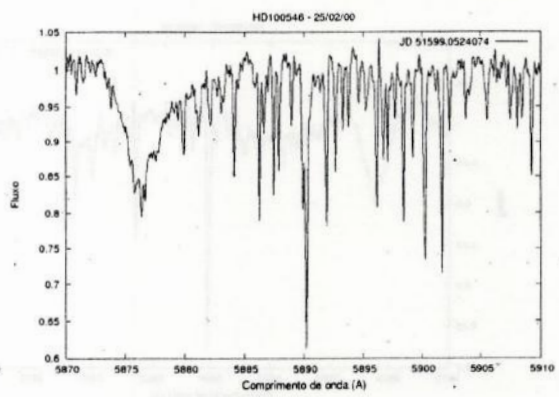
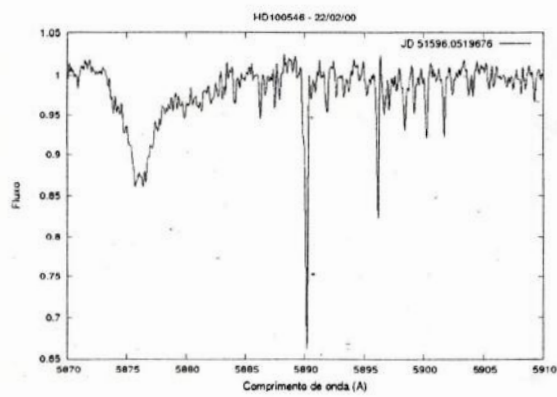
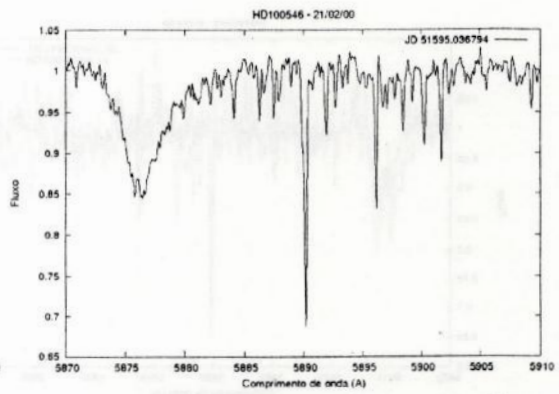
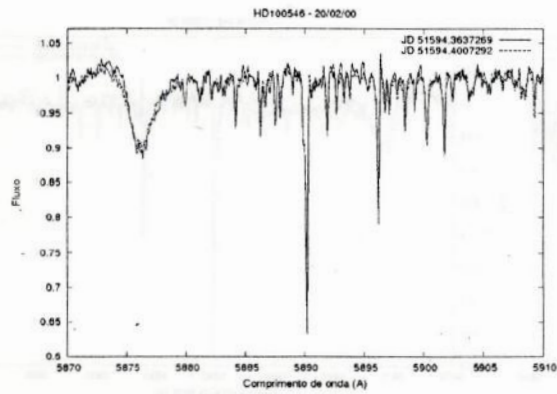


Figura 3.4: Perfil de H β para cada dia de observação da estrela HD100546.







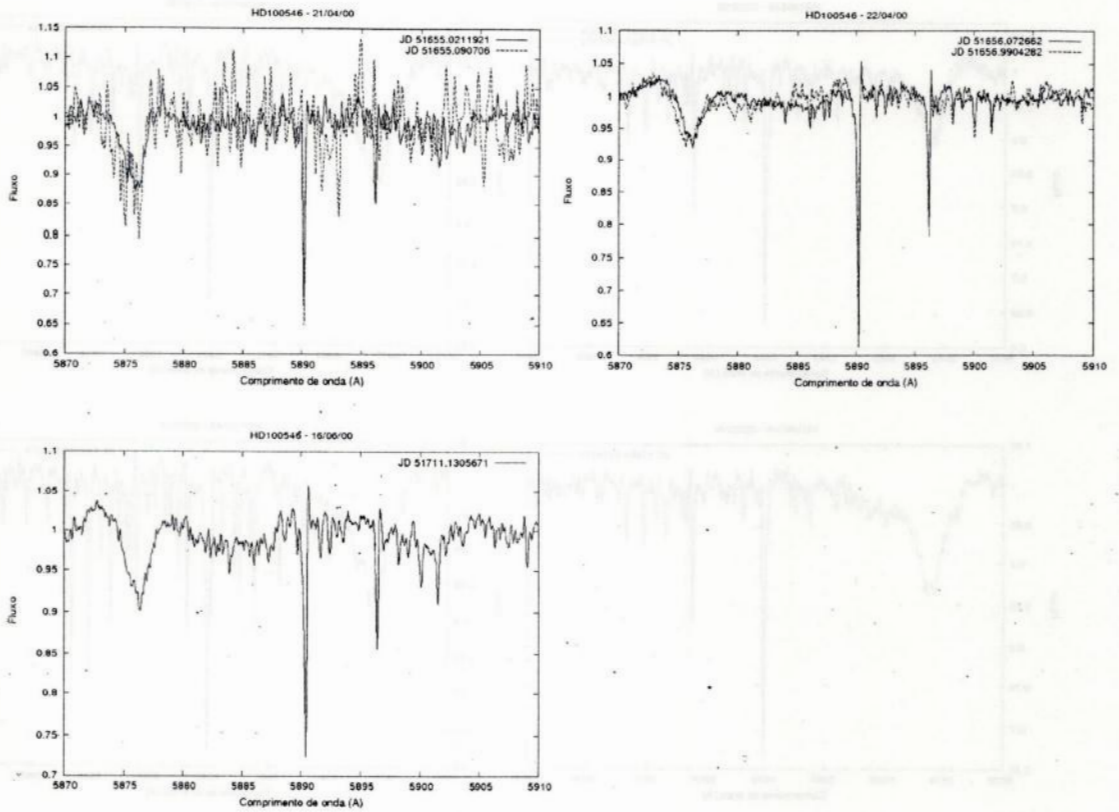
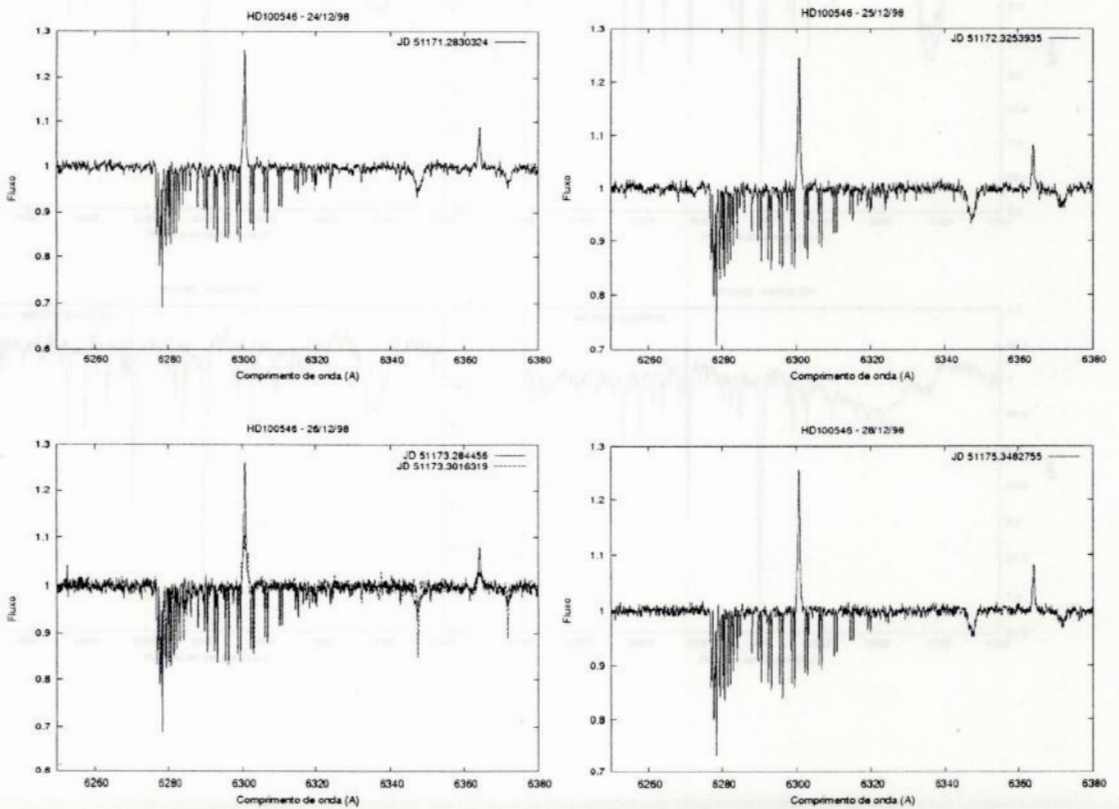
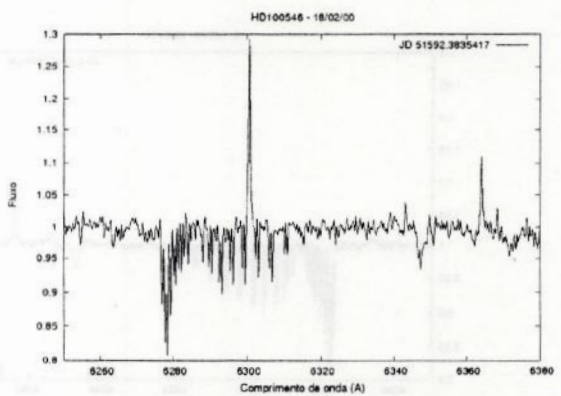
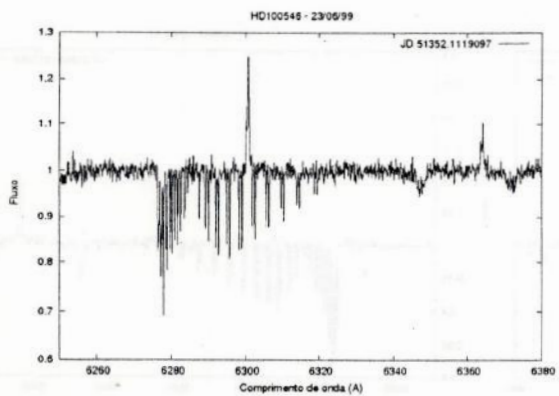
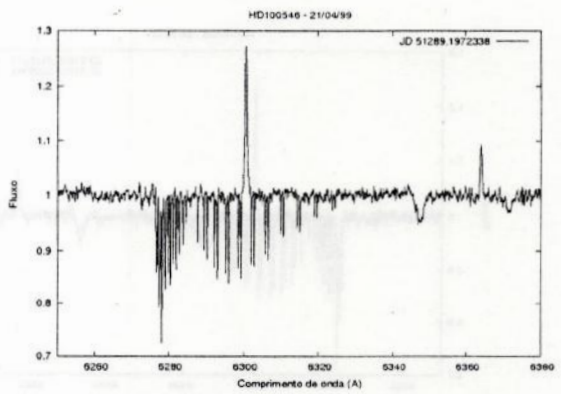
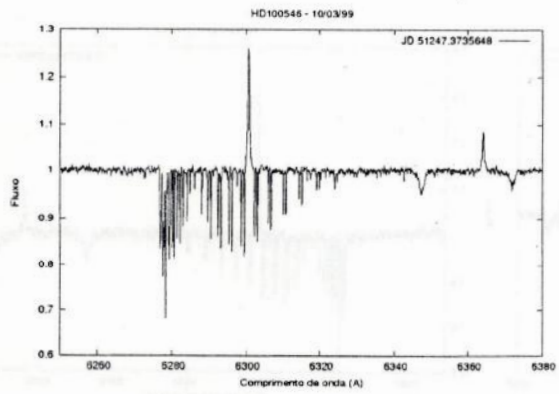
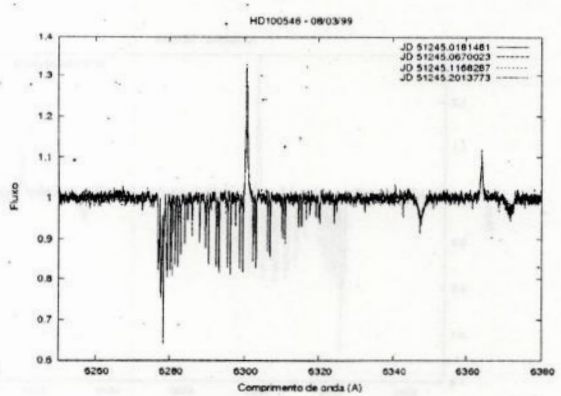
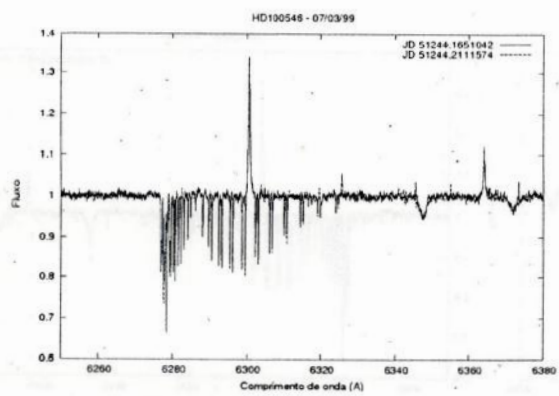
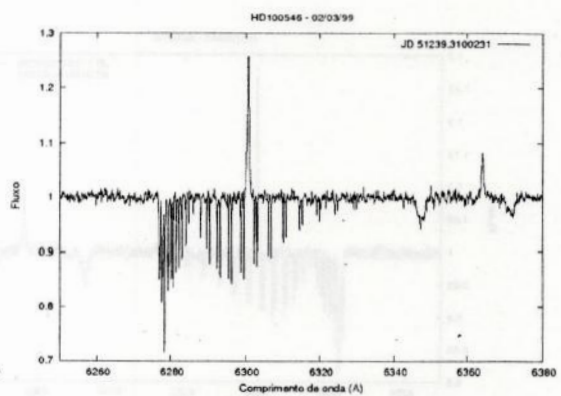
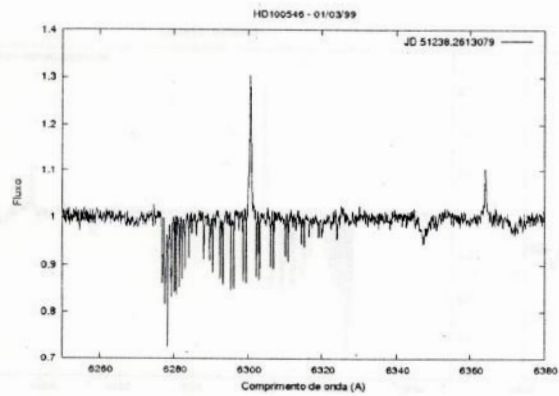
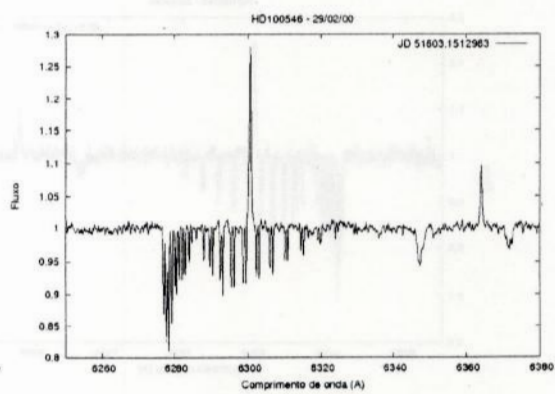
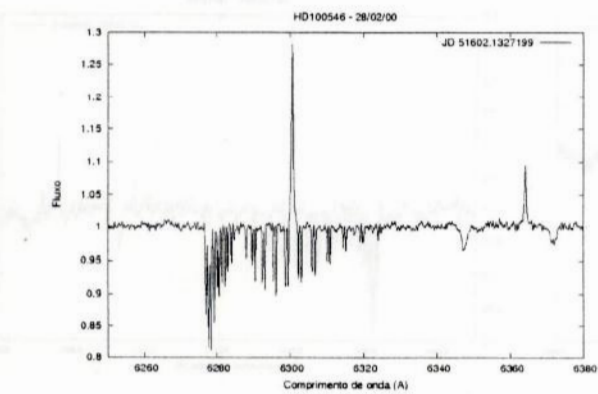
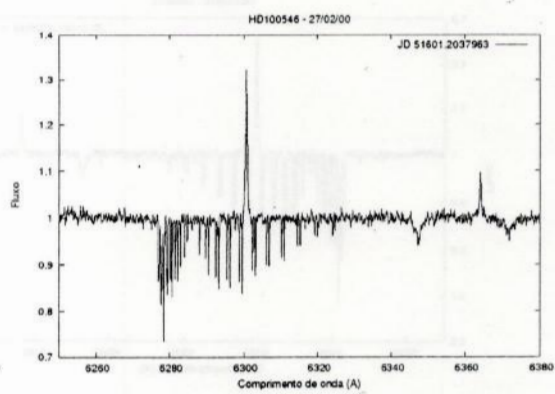
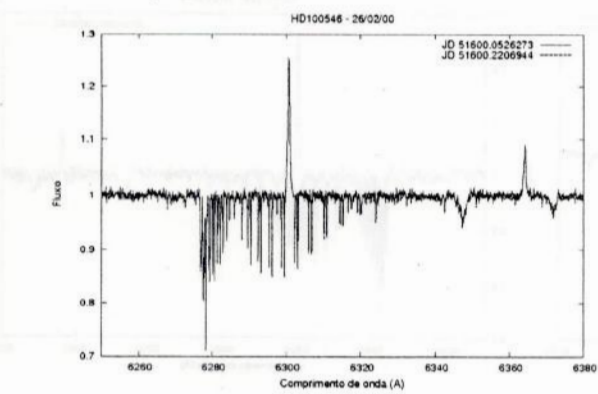
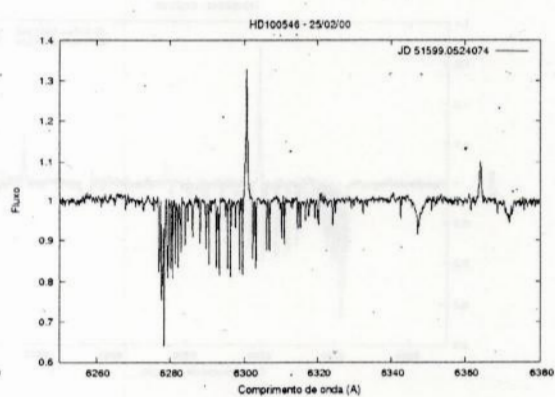
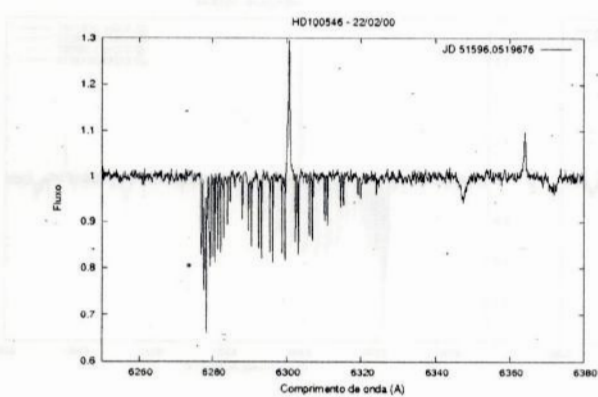
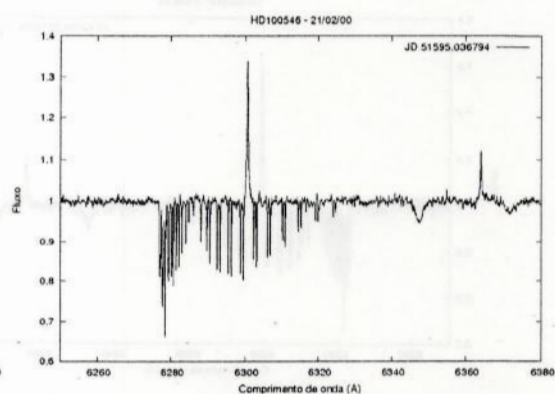
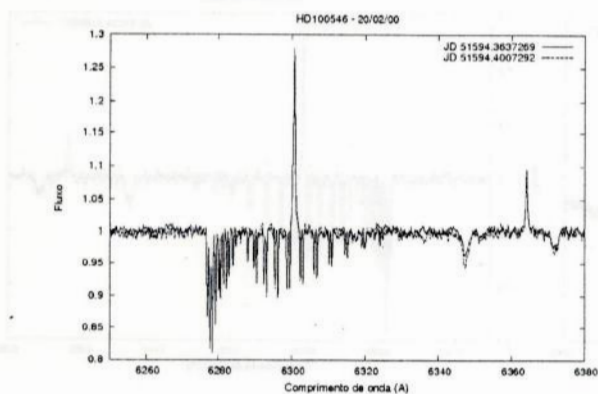


Figura 3.5: Perfis de HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ e NaID para cada dia de observação da estrela HD100546.







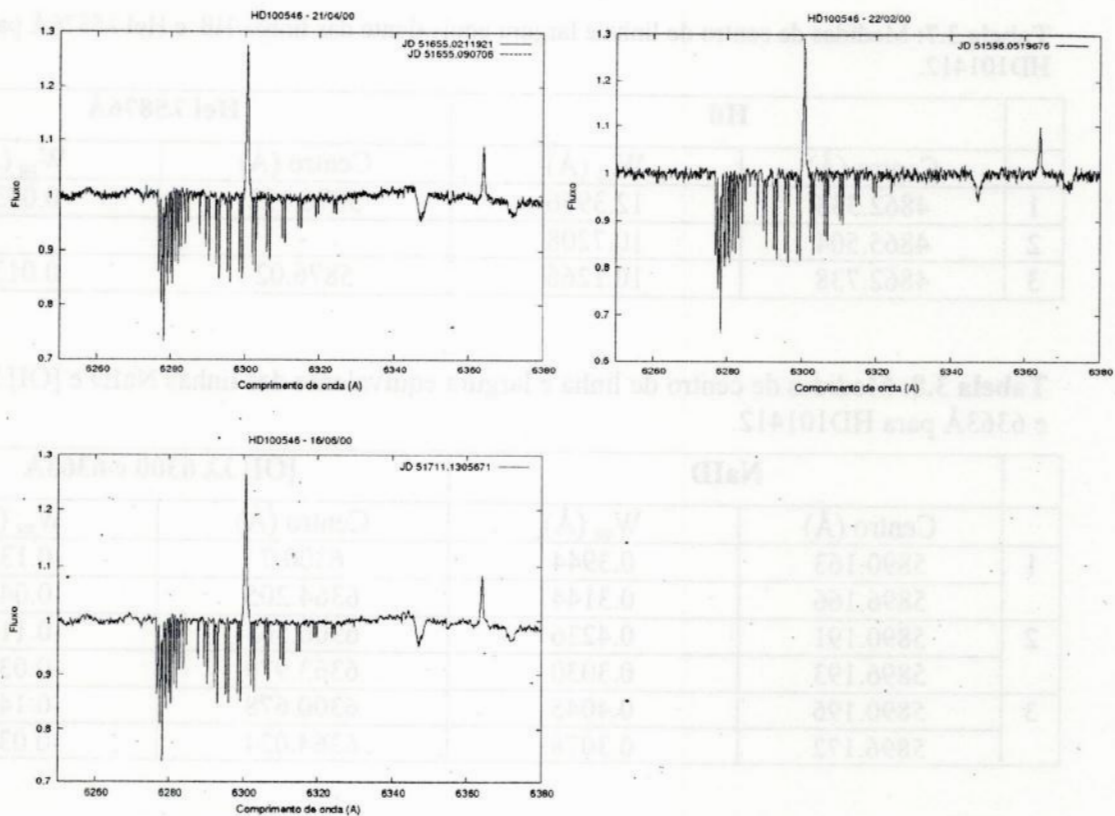


Figura 3.6: Perfis de [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para cada dia de observação da estrela HD100546.

3.2.2 - HD101412

As tabelas 3.5 a 3.8 resumem os dados de observação da estrela HD101412 e a figura 3.7 reúne os perfis de H α , H β , HeI λ 5876Å, NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å.

Tabela 3.5: Resumo das observações de HD101412.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 26/12/98 | 51173.3016319 | 600. |
| 2 | 21/04/99 | 51289.2062037 | 1200. |
| 3 | 29/02/00 | 51603.2185995 | 720. |

Tabela 3.6: Medidas de largura equivalente, separação entre os picos, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD101412.

| | W_{eq} (Å) | Sep. Pic (km/s) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | 1.9168/-8.1784/1.5743 | 142.177 | 100.333 | 1487.116 |
| 2 | 1.8875/-11.4611/0.8035 | 135.709 | 86.343/37.041 | 1215.579 |
| 3 | 2.2082/-9.7747/1.2002 | 168.005 | 112.412/48.431 | 1529.837 |

Tabela 3.7: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD101412.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 4862.333 | 12.3956 | 5876.132 | 0.0430 |
| 2 | 4865.504 | 10.7208 | - | - |
| 3 | 4862.738 | 10.1266 | 5876.02 | 0.0132 |

Tabela 3.8: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD101412.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 5890.163 | 0.3944 | 6300.7 | -0.1343 |
| | 5896.166 | 0.3144 | 6364.205 | -0.0422 |
| 2 | 5890.191 | 0.4236 | 6300.563 | -0.1190 |
| | 5896.193 | 0.3030 | 6363.979 | -0.0364 |
| 3 | 5890.196 | 0.4045 | 6300.678 | -0.1408 |
| | 5896.172 | 0.3078 | 6364.024 | -0.0378 |

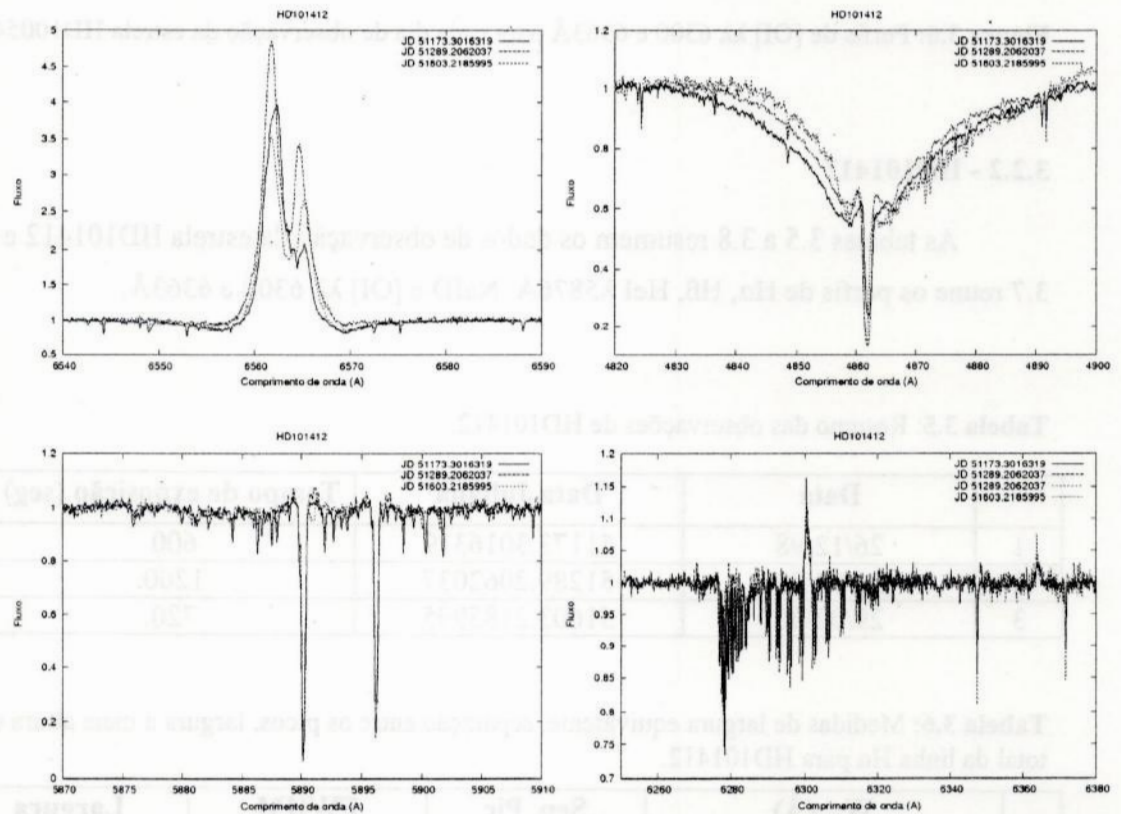


Figura 3.7: Perfis de H α , H β , HeI λ 5876Å, NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å da estrela HD101412.

3.2.3 - HD104237

As tabelas 3.9 a 3.12, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD104237. Os perfis de H α , H β , HeI λ 5876Å, NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å são mostrados nas figuras 3.8 a 3.11.

Tabela 3.9: Resumo das observações de HD104237.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 24/12/98 | 51171.2879745 | 90. |
| 2 | 26/12/98 | 51173.2986111 | 75. |
| 3 | 10/03/99 | 51247.3776968 | 180. |
| 4 | 21/04/99 | 51289.2276852 | 240. |
| 5 | 23/06/99 | 51352.1174769 | 180. |
| 6 | 28/02/00 | 51602.1386806 | 180. |
| 7 | 20/04/00 | 51654.0789931 | 300. |

Tabela 3.10: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD104237.

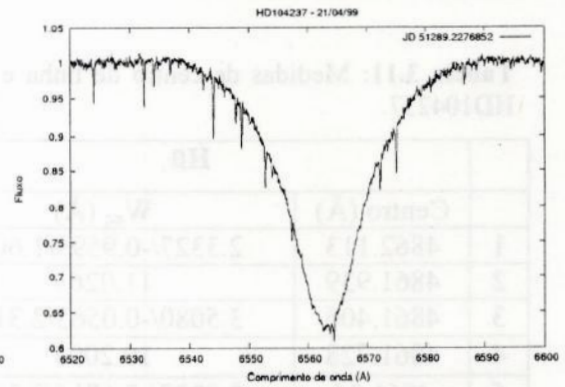
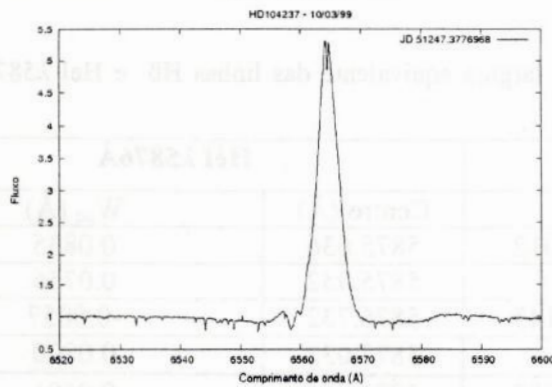
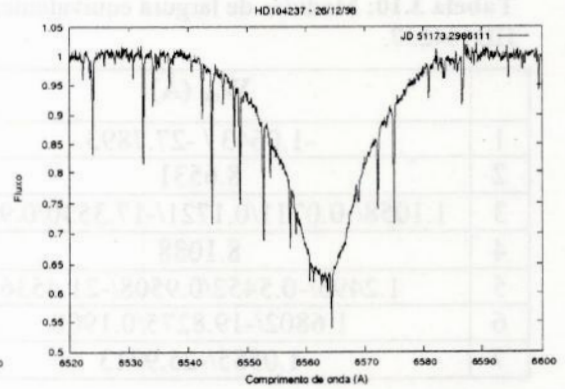
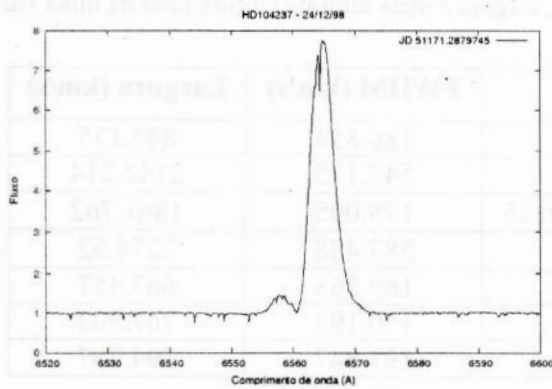
| | W _{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|---------------------------------------|-------------|----------------|
| 1 | -1.0643 / -27.7893 | 186.854 | 843.135 |
| 2 | 8.6531 | 547.175 | 2142.214 |
| 3 | 1.1058/-0.0711/0.1721/-17.3530/0.9125 | 175.095 | 1861.762 |
| 4 | 8.1088 | 583.498 | 2274.52 |
| 5 | 1.2495/-0.5452/0.9508/-21.4536 | 169.263 | 667.457 |
| 6 | 1.6802/-19.8275/0.1908 | 150.193 | 767.902 |
| 7 | 1.0555/-25.9713 | 193.847 | 794.787 |

Tabela 3.11: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD104237.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 4862.113 | 2.3327/-0.9599/1.6012 | 5875.636 | 0.0835 |
| 2 | 4861.939 | 11.0263 | 5875.952 | 0.0756 |
| 3 | 4861.406 | 3.5080/-0.0563/2.3143 | 5876.732 | -0.0057 |
| 4 | 4861.728 | 10.2095 | 5877.032 | 0.0800 |
| 5 | 4861.34 | 3.3337/-0.1716/2.2303 | 5876.066 | 0.0601 |
| 6 | 4861.853 | 5.1065 | 5875.845 | -0.0310/0.0123 |
| 7 | 4861.822 | 4.4643/-0.0594/2.0783 | 5875.039 | 0.1764/-0.0694 |

Tabela 3.12: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD104237.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.144 | 0.1296 | 6300.599 | -0.0368 |
| | 5896.168 | 0.0890 | 6364.146 | -0.0037 |
| 2 | 5889.721 | 0.7576 | - | - |
| | 5895.694 | 0.6715 | - | - |
| 3 | 5889.719 | 0.7584 | 6300.662 | -0.0272 |
| | 5895.694 | 0.6713 | 6364.051 | -0.0053 |
| 4 | 5889.719 | 0.7366 | - | - |
| | 5895.701 | 0.6689 | - | - |
| 5 | 5890.431 | 0.0710 | 6300.394 | -0.0319 |
| | 5896.387 | 0.0915 | 6363.634 | -0.0044 |
| 6 | 5890.23 | 0.0851 | 6300.611 | -0.0426 |
| | 5896.191 | 0.1000 | 6364.137 | -0.0060 |
| 7 | 5890.413 | 0.0626 | 6300.572 | -0.0576 |
| | 5896.363 | 0.0611 | 6363.895 | -0.0135 |



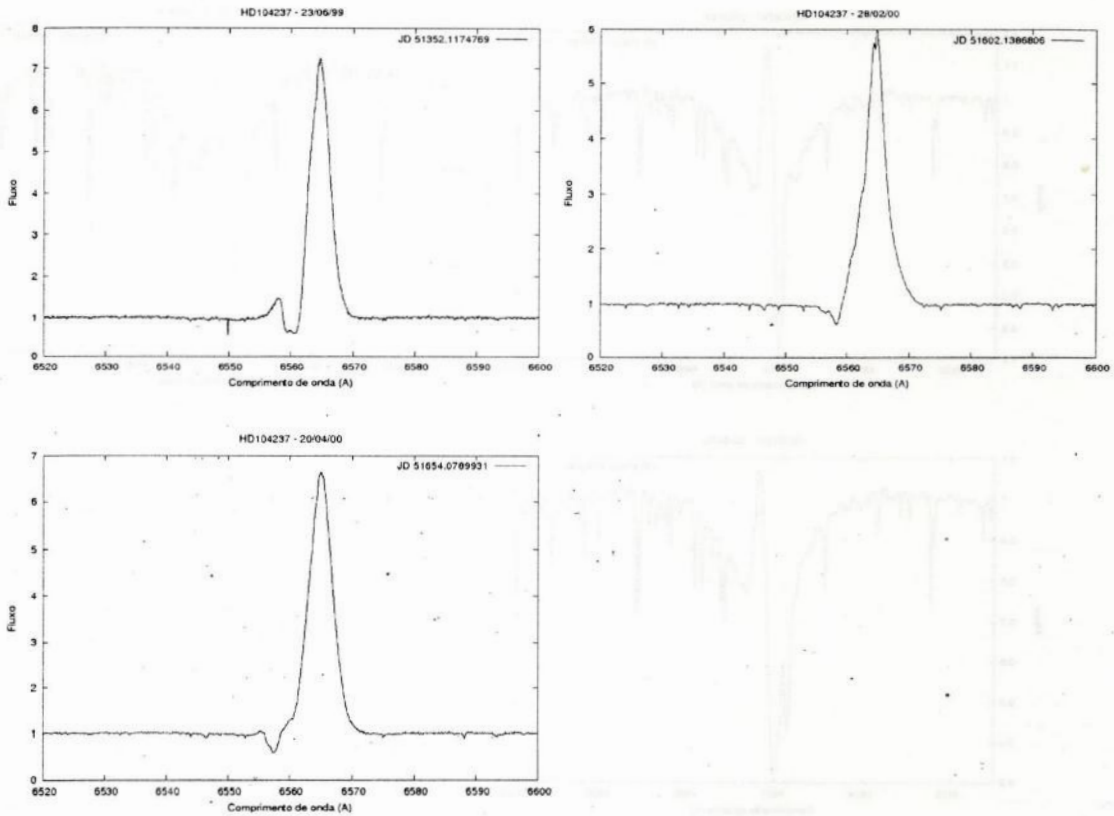
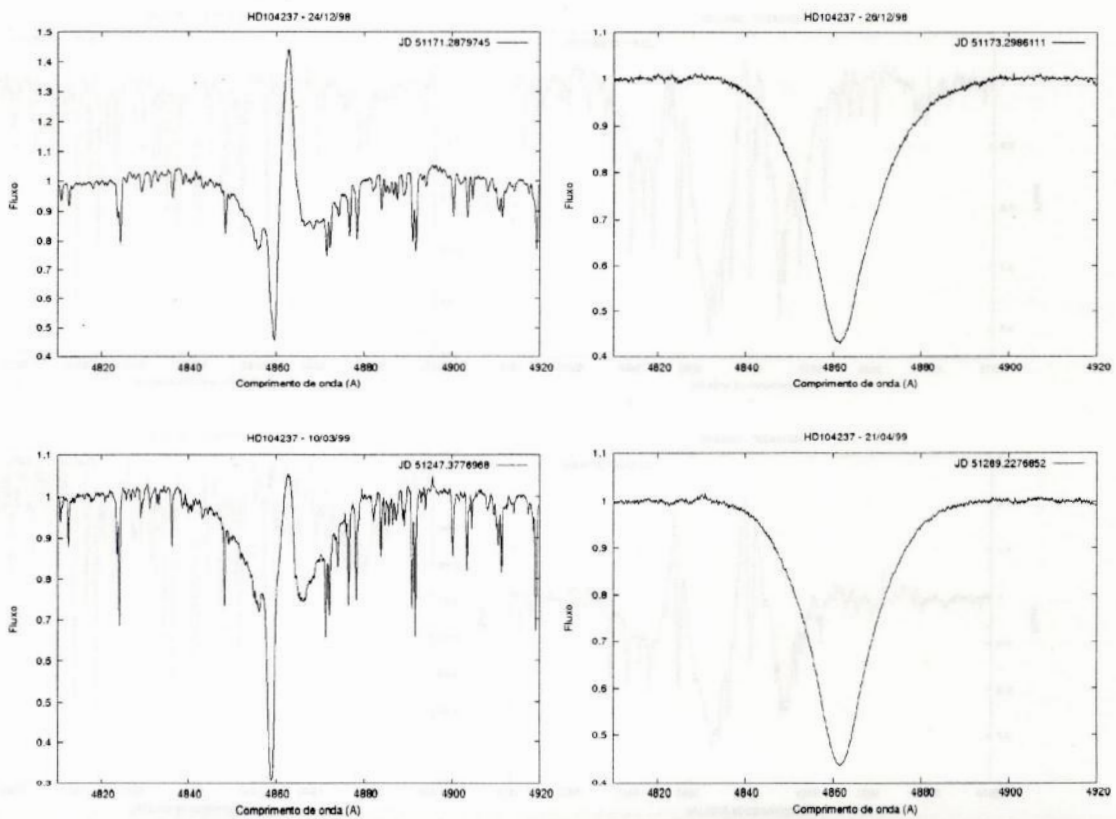


Figura 3.8: Perfil de H α para cada dia de observação da estrela HD104237.



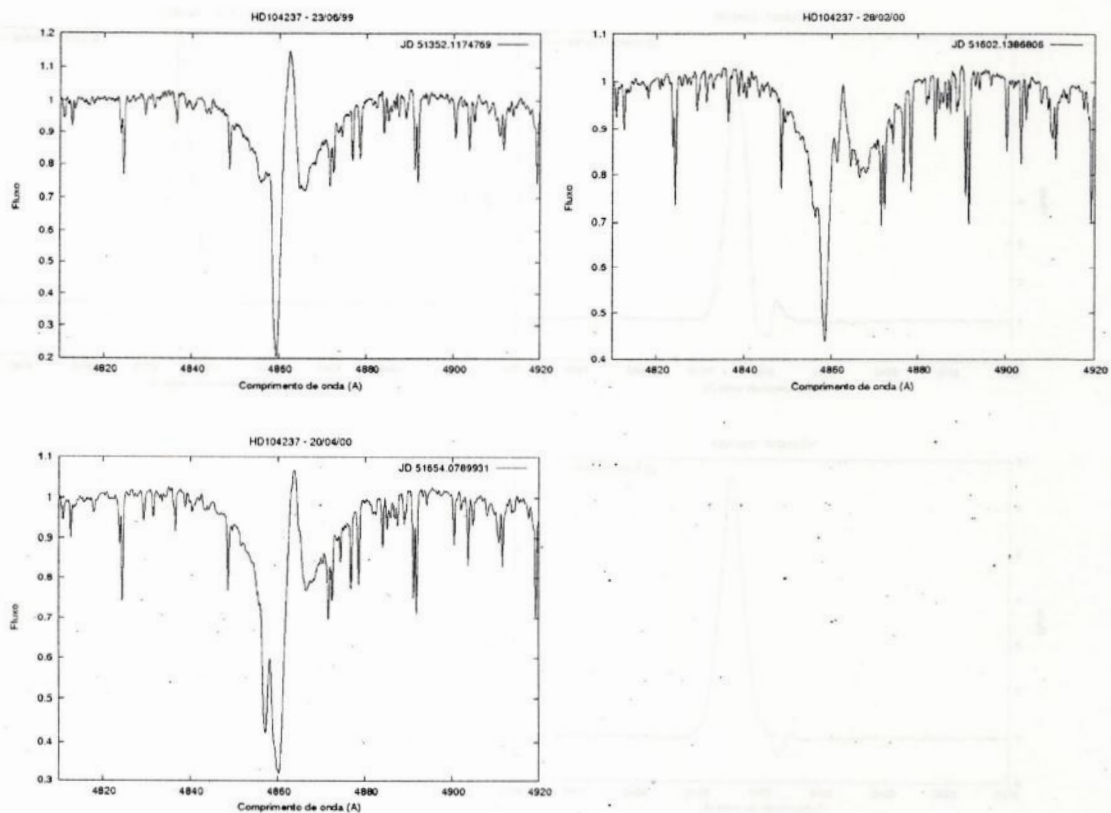
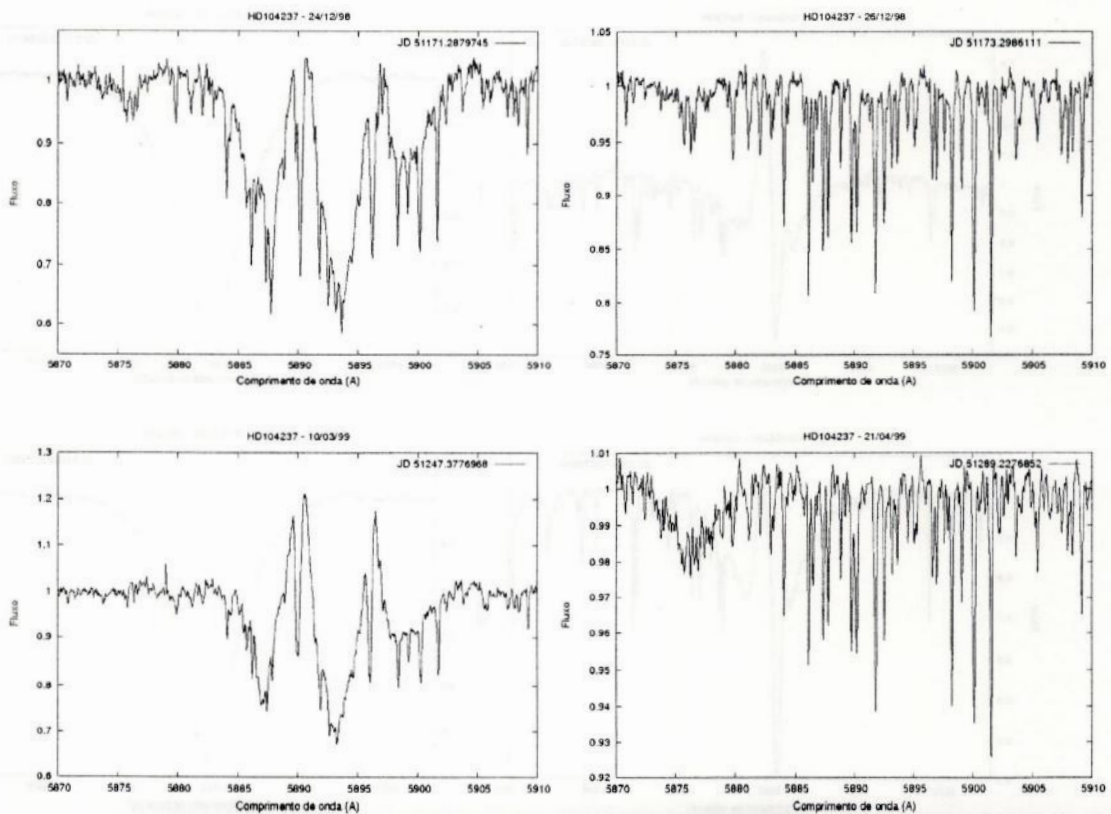


Figura 3.9: Perfil de H β para cada dia de observação da estrela HD104237.



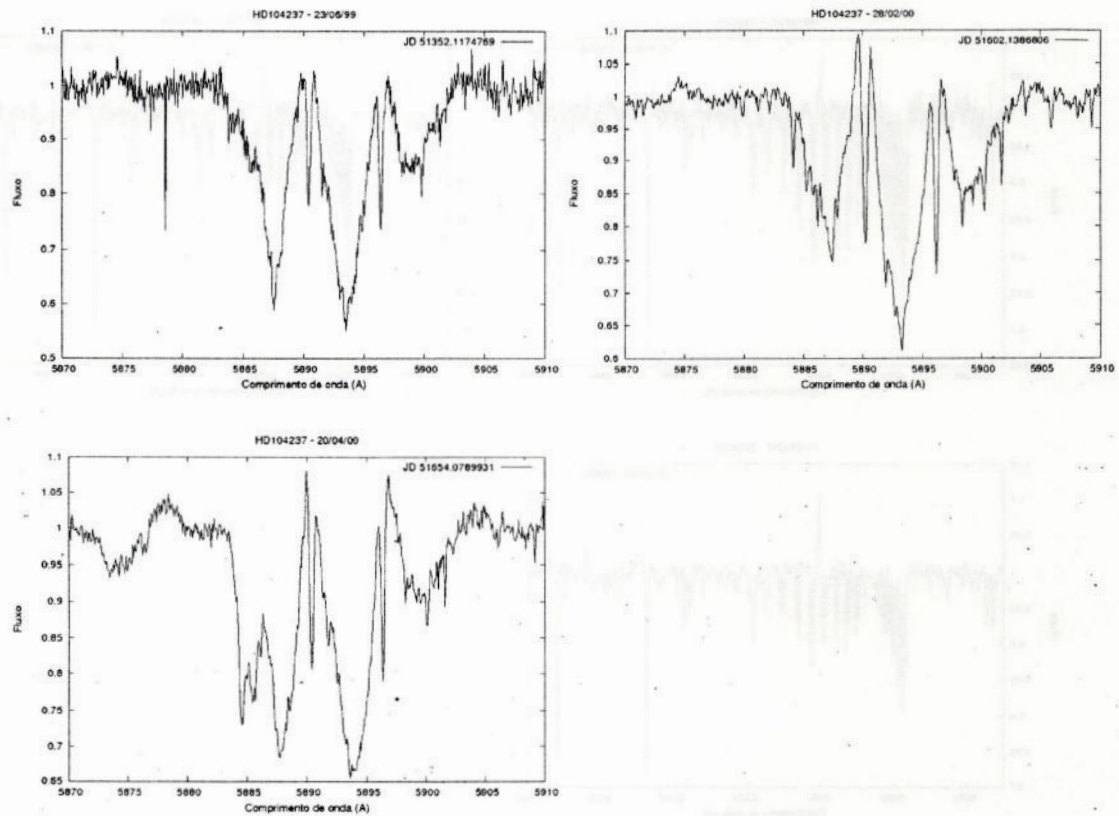
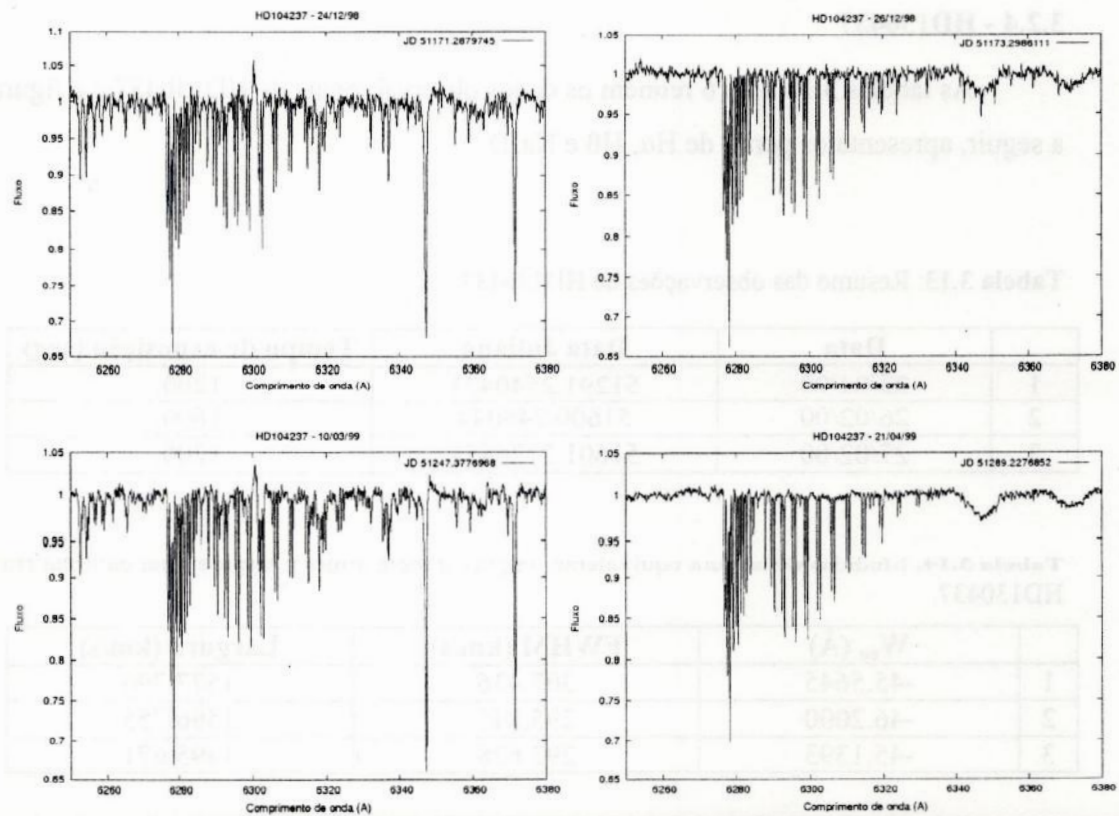


Figura 3.10: Perfis de He I e Na I D para cada dia de observação da estrela HD104237.



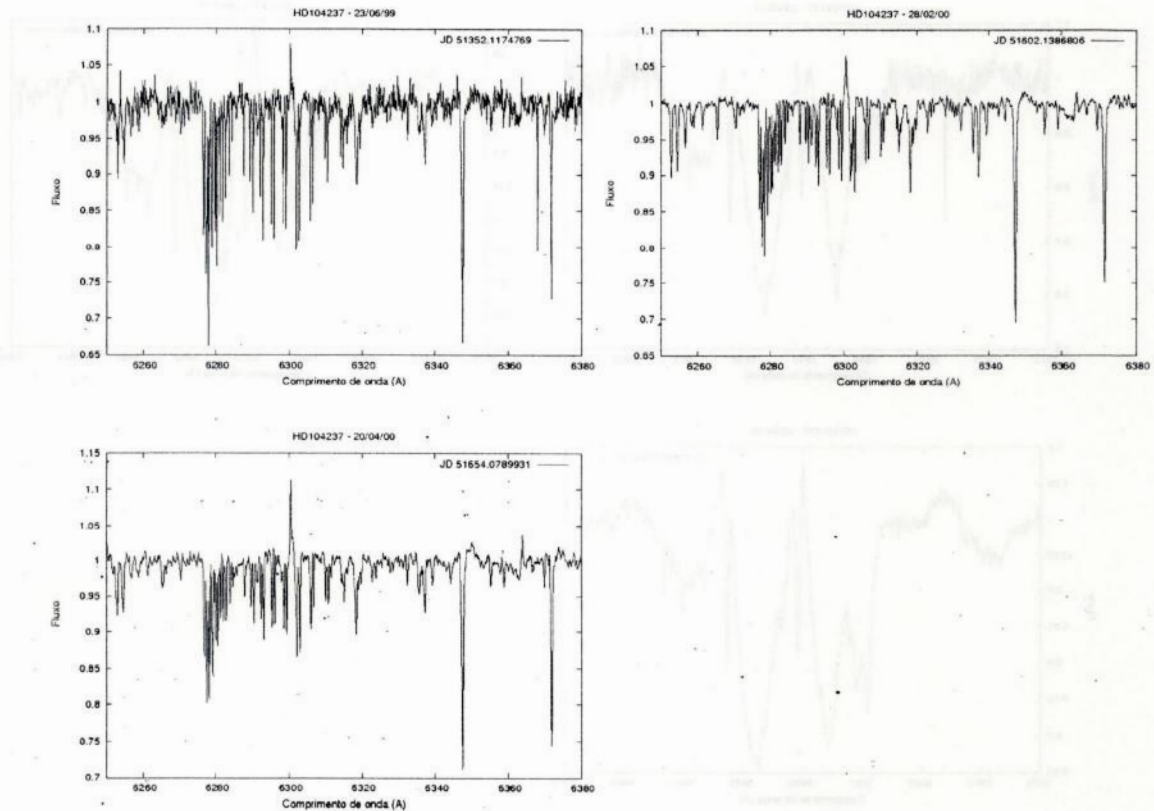


Figura 3.11: Perfil de [OI] para cada dia de observação da estrela HD104237.

3.2.4 - HD130437

As tabelas 3.13 a 3.16 reúnem os dados observacionais de HD130437 e a figura 3.12, a seguir, apresenta os perfis de $H\alpha$, $H\beta$ e $NaID$.

Tabela 3.13: Resumo das observações de HD130437.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 23/04/99 | 51291.2540471 | 1200. |
| 2 | 26/02/00 | 51600.248044 | 1800. |
| 3 | 27/02/00 | 51601.2126852 | 1200. |

Tabela 3.14: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha $H\alpha$ para HD130437.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|--------------|-------------|----------------|
| 1 | -45.5645 | 307.436 | 1577.796 |
| 2 | -46.2000 | 295.845 | 1596.755 |
| 3 | -45.1393 | 292.628 | 1495.671 |

Tabela 3.15: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linha H β para HD130437.

| H β | | |
|-----------|-------------------------|---------------------------|
| | Centro (\AA) | W_{eq} (\AA) |
| 1 | 4860.706 | -5.0112 |
| 2 | 4860.738 | -4.1669 |
| 3 | 4860.87 | -4.3246 |

Tabela 3.16: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID para HD130437.

| NaID | | |
|------|-------------------------|---------------------------|
| | Centro (\AA) | W_{eq} (\AA) |
| 1 | 5889.764 | 0.6698 |
| | 5895.72 | 0.6642 |
| 2 | 5889.72 | 0.7602 |
| | 5895.694 | 0.6734 |
| 3 | 5889.719 | 0.7376 |
| | 5895.699 | 0.6677 |

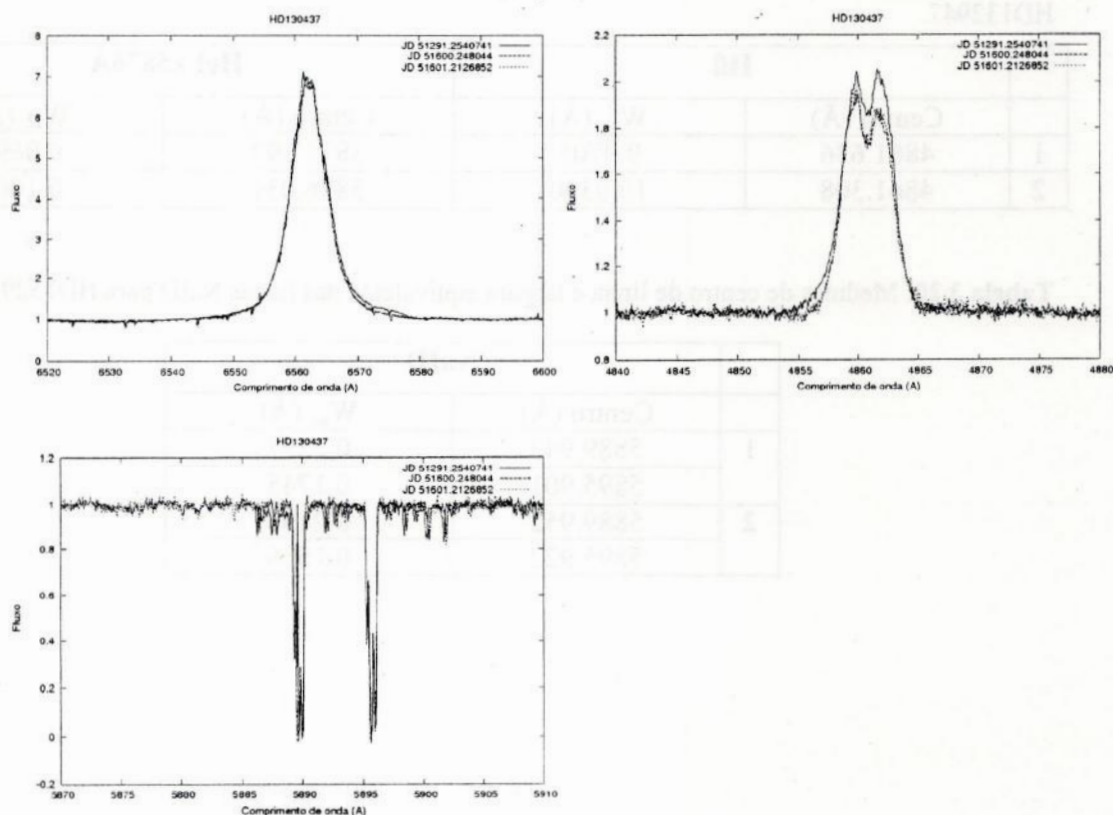


Figura 3.12: Perfis de H α , H β e NaID da estrela HD130437.

3.2.5 - HD132947

Os dados observacionais da estrela HD132947 são apresentados nas tabelas 3.17 a 3.20. A figura 3.13 mostra os perfis de H α , H β , HeI e NaID da estrela HD132947.

Tabela 3.17: Resumo das observações de HD132947.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 26/02/00 | 51600.2715856 | 600. |
| 2 | 26/02/00 | 51601.2339583 | 900. |

Tabela 3.18: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD132947.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|--------------|-------------|----------------|
| 1 | 6.2965 | 491.141 | 1764.572 |
| 2 | 5.8989 | 438.834 | 1777.375 |

Tabela 3.19: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD132947.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4861.636 | 9.9705 | 5875.397 | 0.0691 |
| 2 | 4861.308 | 10.0390 | 5876.031 | 0.1005 |

Tabela 3.20: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID para HD132947.

| | NaID | |
|---|------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5889.943 | 0.2297 |
| | 5895.901 | 0.1745 |
| 2 | 5889.952 | 0.2198 |
| | 5895.922 | 0.1536 |

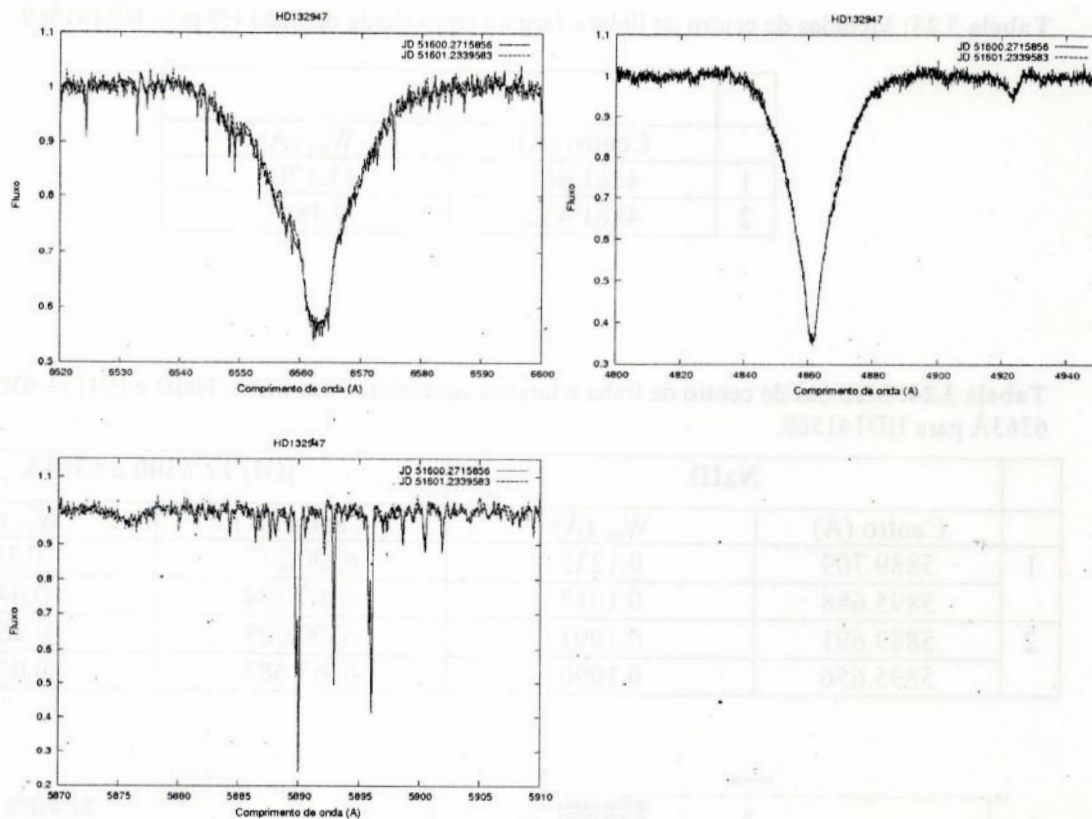


Figura 3.13: Perfis de H α , H β , HeI e NaID da estrela HD132947.

3.2.6 - HD141569

As tabelas 3.21 a 3.24, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD141569. Os perfis de H α , H β , NaID e [OI] são mostrados nas figuras 3.14.

Tabela 3.21: Resumo das observações de HD141569.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 21/04/99 | 51289.3088079 | 240. |
| 2 | 24/02/00 | 51598.3007986 | 400. |

Tabela 3.22: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD141569.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|-----------------------|-------------|-----------------|
| 1 | 0.8810/-3.5634/0.6610 | 258.909 | 142.528/142.177 |
| 2 | 1.1792/-3.3265/0.7298 | 242.301 | 142.583/132.059 |

Tabela 3.23: Medidas de centro de linha e largura equivalente da linha H β para HD141569.

| H β | | |
|-----------|-------------------------|---------------------------|
| | Centro (\AA) | W_{eq} (\AA) |
| 1 | 4861.961 | 11.1705 |
| 2 | 4861.432 | 9.4863 |

Tabela 3.24: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363 \AA para HD141569.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363 \AA | |
|---|-------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| | Centro (\AA) | W_{eq} (\AA) | Centro (\AA) | W_{eq} (\AA) |
| 1 | 5889.709 | 0.1235 | 6300.247 | -0.184 |
| | 5895.688 | 0.1017 | 6363.684 | -0.0468 |
| 2 | 5889.691 | 0.1091 | 6300.005 | -0.1531 |
| | 5895.656 | 0.1090 | 6363.687 | -0.0583 |

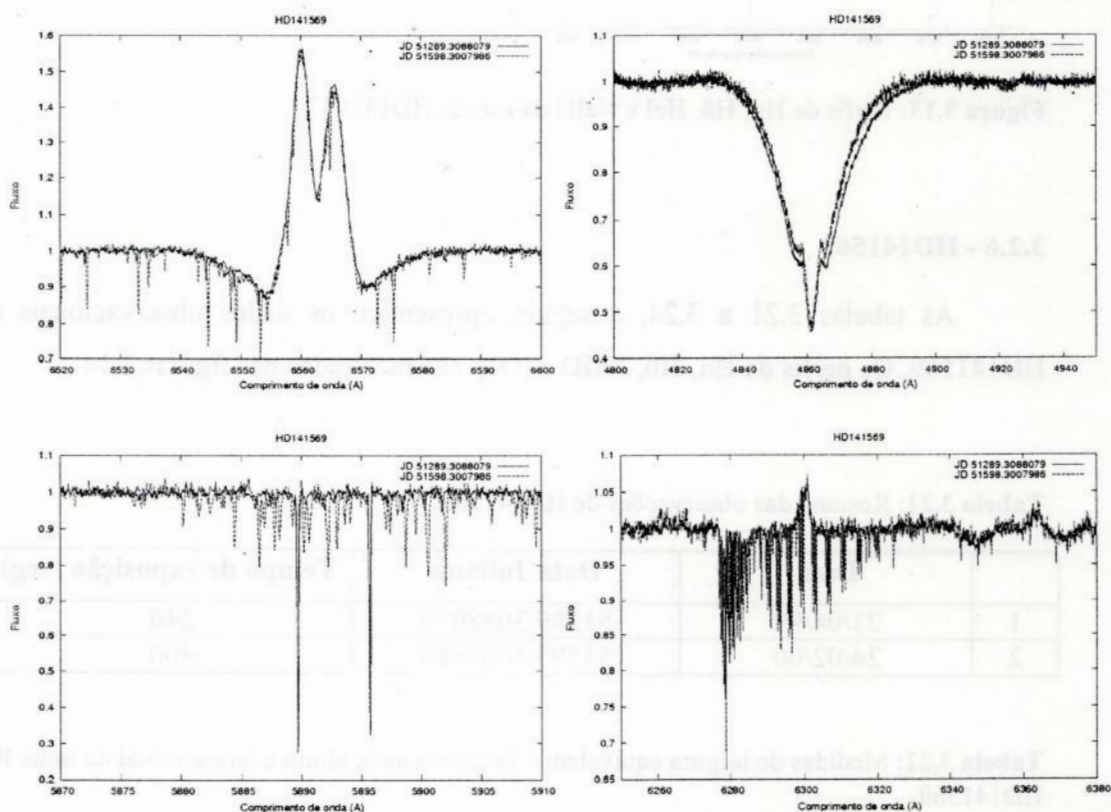


Figura 3.14: Perfis de H α , H β , NaID e [OI] da estrela HD141569.

3.2.7 - HD142666

As tabelas 3.25 a 3.28 reúnem os dados observacionais de HD142666 e a figura 3.15, a seguir, apresenta os perfis de H α , H β , HeI, NaID e [OI].

Tabela 3.25: Resumo das observações de HD142666.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 23/04/99 | 51291.1828241 | 600. |
| 2 | 24/02/00 | 51598.3133102 | 540. |

Tabela 3.26: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD142666.

| | W _{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|-------------------------------|-------------|----------------|
| 1 | 0.5686/-1.1854/0.7199/-0.3764 | 129.655 | 1424.193 |
| 2 | 5.0001 | 77.552 | 1264.085 |

Tabela 3.27: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD142666:

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 4861.649 | 5.4136 | 5876.181 | 0.3899 |
| 2 | 4860.669 | 2.9107 | - | - |

Tabela 3.28: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID para HD142666.

| | NaID | | [OI] λ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 5889.569 | 0.7529 | 6301.817 | 0.0562 |
| | 5895.734 | 0.5191 | - | - |
| 2 | 5889.792 | 0.5267 | - | - |
| | 5895.756 | 0.4146 | - | - |

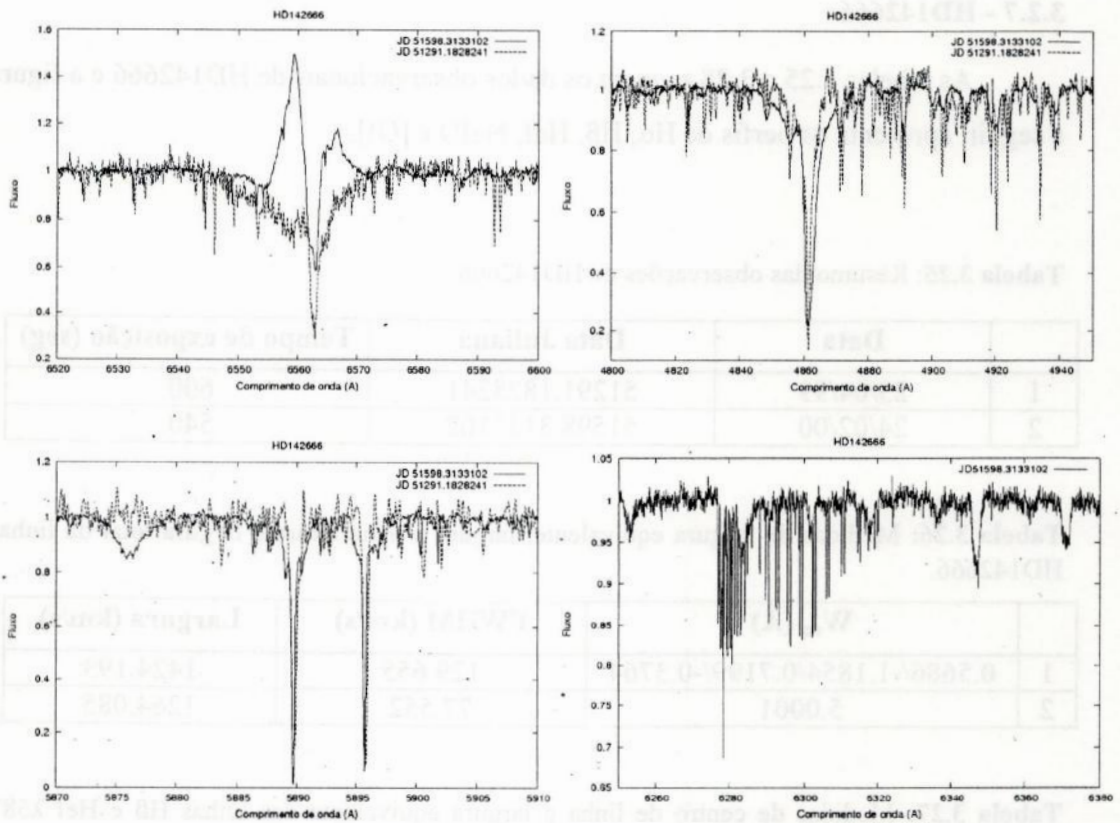


Figura 3.15: Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD142666.

3.2.8 - HD144432

Os dados observacionais da estrela HD144432 são apresentados nas tabelas 3.29 a 3.32. A figura 3.16 mostra os perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e NaID.

Tabela 3.29: Resumo das observações de HD144432.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 23/04/99 | 51291.1947454 | 720. |
| 2 | 27/02/00 | 51601.361794 | 720. |

Tabela 3.30: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha $H\alpha$ para HD144432.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|--------------------------------------|-------------|----------------|
| 1 | 0.6624/-0.3814/0.3953/-8.7913/0.1452 | 139.876 | 1006.753 |
| 2 | 0.8836/-0.6852/0.3966/-3.2935/0.4813 | 129.251 | 1529.636 |

Tabela 3.31: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD144432.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4861.856 | 5.9634 | 5876.188 | -0.2111 |
| 2 | 4861.793 | 5.8141 | 5872.448 | -0.19448 |

Tabela 3.32: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID para HD144432.

| | NaID | |
|---|------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5889.693 | 0.0430 |
| | 5895.627 | 0.0152 |
| 2 | 5889.515 | 0.3193 |
| | 5895.561 | 0.2418 |

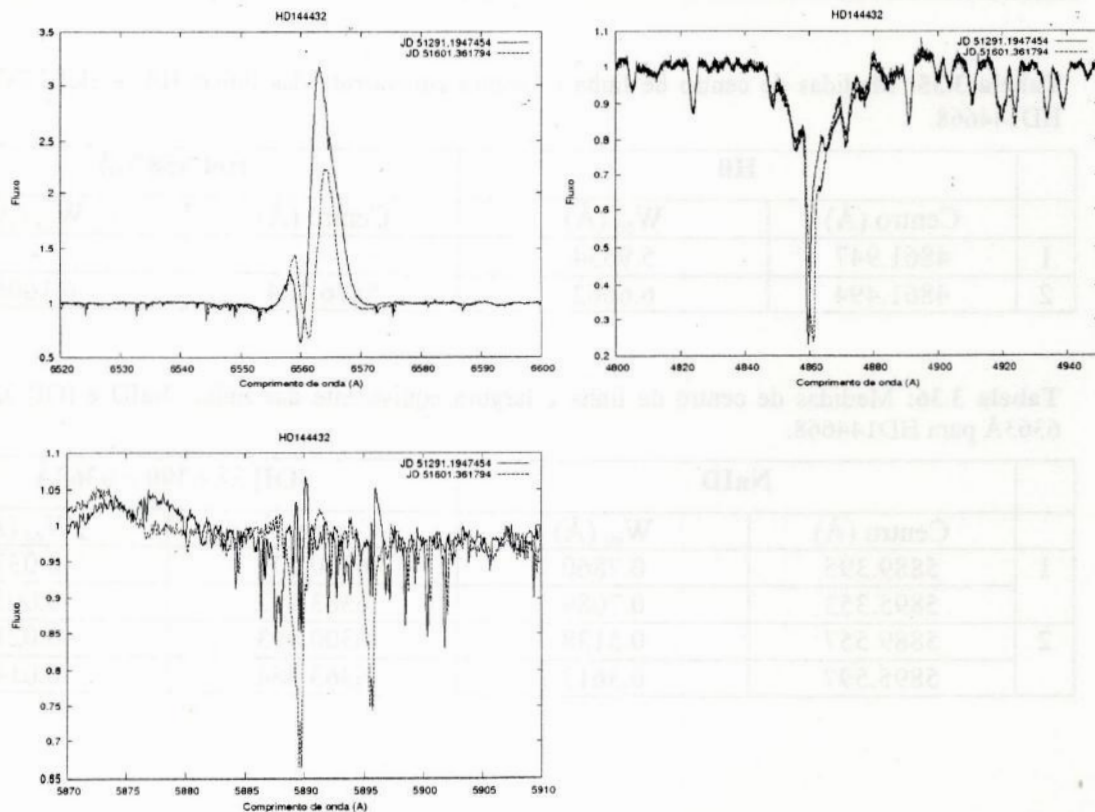


Figura 3.16: Perfis de H α , H β , HeI e NaID da estrela HD144432.

3.2.9 - HD144668 (HR5999)

As tabelas 3.33 a 3.36, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD144668. Os perfis de H α , H β , HeI, NaID e [OI] são mostrados nas figuras 3.17

Tabela 3.33: Resumo das observações de HD144668.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 21/04/99 | 51289.3020139 | 240. |
| 2 | 22/06/99 | 51351.1512616 | 360. |

Tabela 3.34: Medidas de largura equivalente, separação entre os picos, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD144668.

| | W_{eq} (Å) | Sep. Pic (km/s) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0.7320/-4.1445/0.4145/-8.9310/0.2407 | 220.128 | 51.7/168.024 | 842.979 |
| 2 | 0.8414/-1.7585/1.2338/-4.3743/0.2389 | 271.832 | 38.776/142.177 | 1638.114 |

Tabela 3.35: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD144668.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4861.947 | 5.9634 | - | - |
| 2 | 4861.494 | 6.6662 | 5876.334 | 0.1606 |

Tabela 3.36: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD144668.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5889.395 | 0.7860 | 6300.279 | -0.0373 |
| | 5895.353 | 0.7089 | 6363.432 | -0.0058 |
| 2 | 5889.557 | 0.5138 | 6300.093 | -0.0210 |
| | 5895.597 | 0.3613 | 6363.484 | -0.0147 |

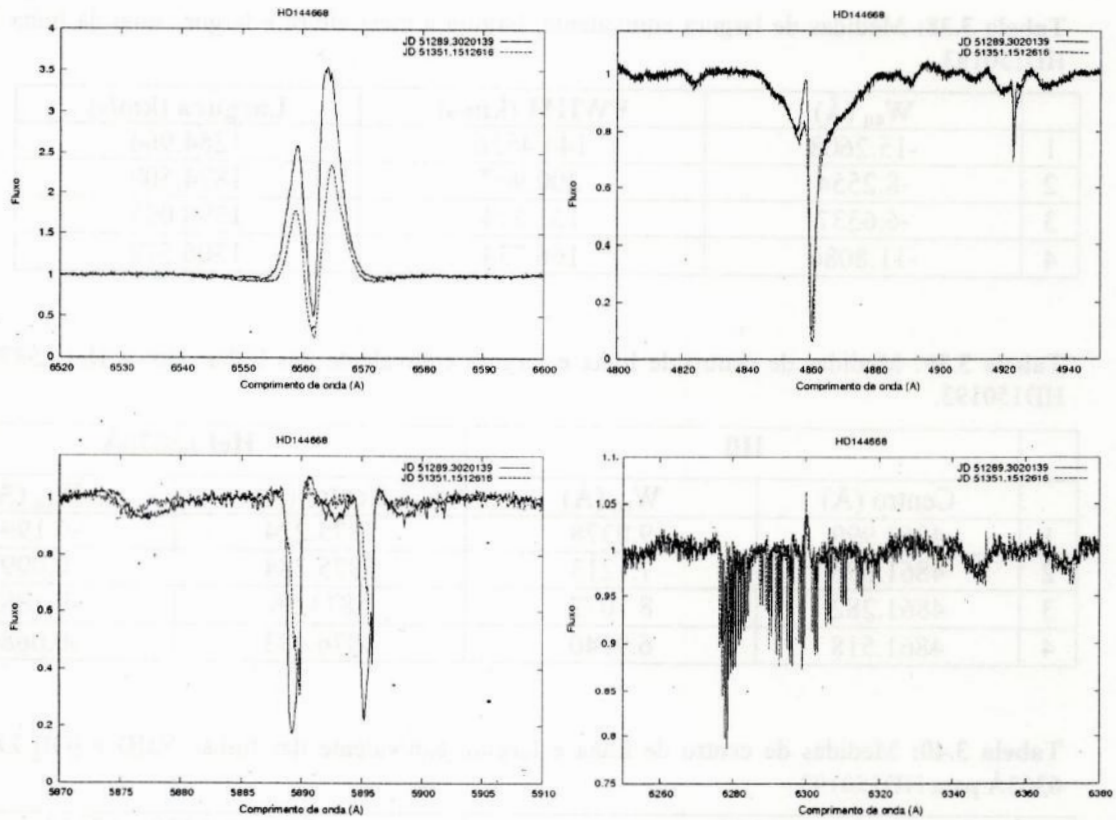


Figura 3.17: Perfis de H α , H β , HeI, NaID e [OI] da estrela HD144668.

3.2.10 - HD150193

Os dados observacionais da estrela HD150193 são apresentados nas tabelas 3.37 a 3.40. As figuras 3.18 a 3.21 mostram os perfis de H α , H β , HeI e NaID e [OI].

Tabela 3.37: Resumo das observações de HD150193.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 20/04/99 | 51288.3519907 | 600. |
| 2 | 23/06/99 | 51352.1997454 | 600. |
| 3 | 27/02/00 | 51601.3739815 | 600. |
| 4 | 21/04/00 | 51655.2351042 | 600. |

Tabela 3.38: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD150193.

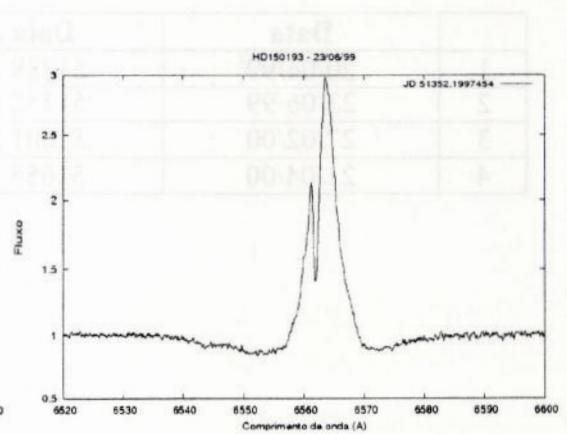
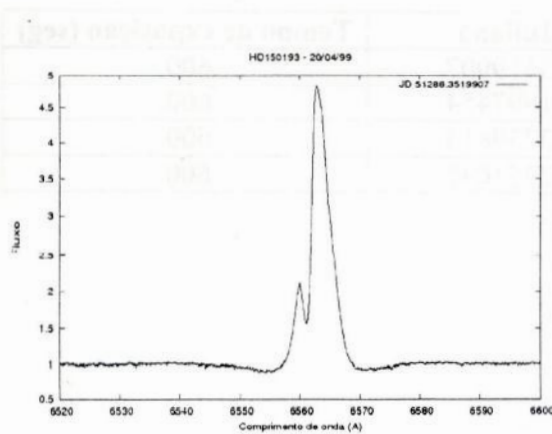
| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|--------------|-------------|----------------|
| 1 | -15.2608 | 144.4556 | 1254.966 |
| 2 | -8.2554 | 200.967 | 1824.509 |
| 3 | -6.6337 | 131.574 | 1598.035 |
| 4 | -11.8086 | 166.734 | 1306.579 |

Tabela 3.39: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD150193.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4863.999 | 9.0378 | 5875.224 | -0.1994 |
| 2 | 4861.698 | 7.1213 | 5875.284 | -0.0999 |
| 3 | 4861.282 | 8.1072 | 5873.56 | -0.1882 |
| 4 | 4861.518 | 6.9140 | 5876.433 | -0.0688 |

Tabela 3.40: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD150193.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5889.813 | 0.1135 | 6300.291 | -0.0233 |
| | 5895.785 | 0.1112 | 6363.438 | - |
| 2 | 5889.725 | 0.1804 | 6300.177 | -0.0346 |
| | 5895.788 | 0.1021 | 6363.628 | -0.0165 |
| 3 | 5889.795 | 0.1275 | 6300.334 | -0.0109 |
| | 5895.77 | 0.1273 | - | - |
| 4 | 5889.799 | 0.1287 | 6300.554 | -0.0309 |
| | 5895.773 | 0.1178 | - | - |



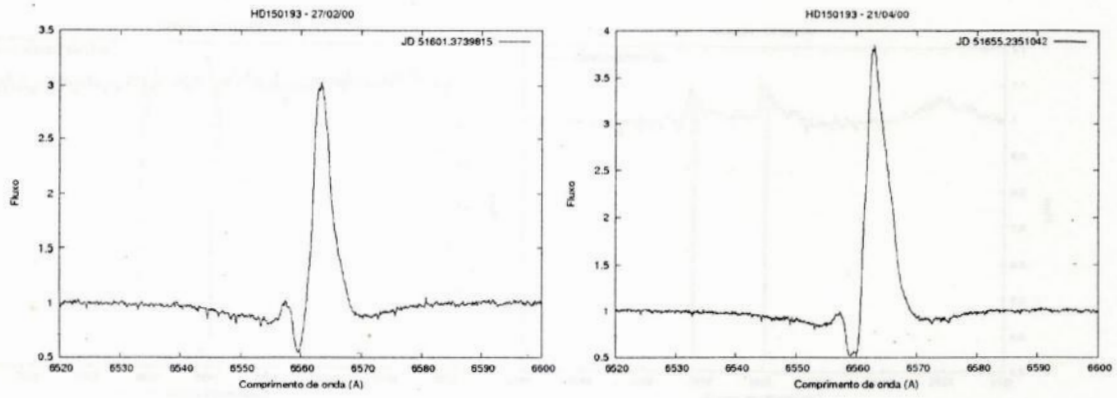


Figura 3.18: Perfil de $H\alpha$ para cada dia de observação da estrela HD150193.

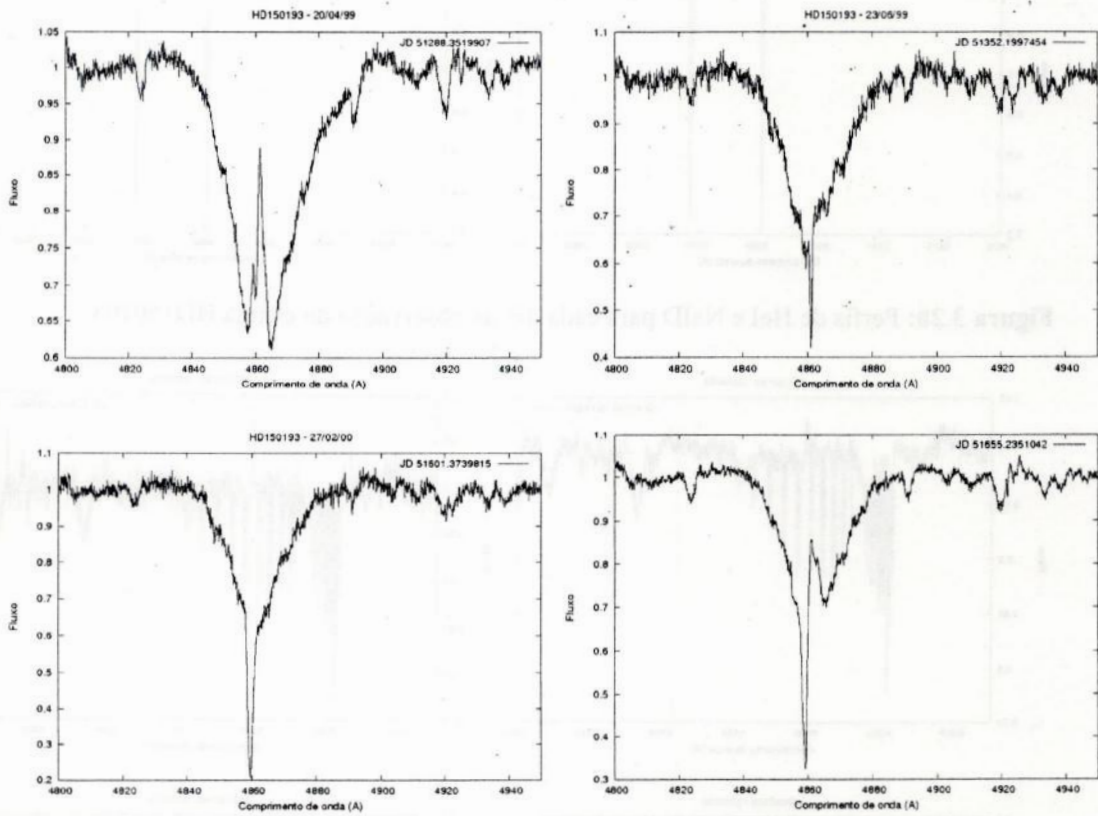


Figura 3.19: Perfil de $H\beta$ para cada dia de observação da estrela HD150193.

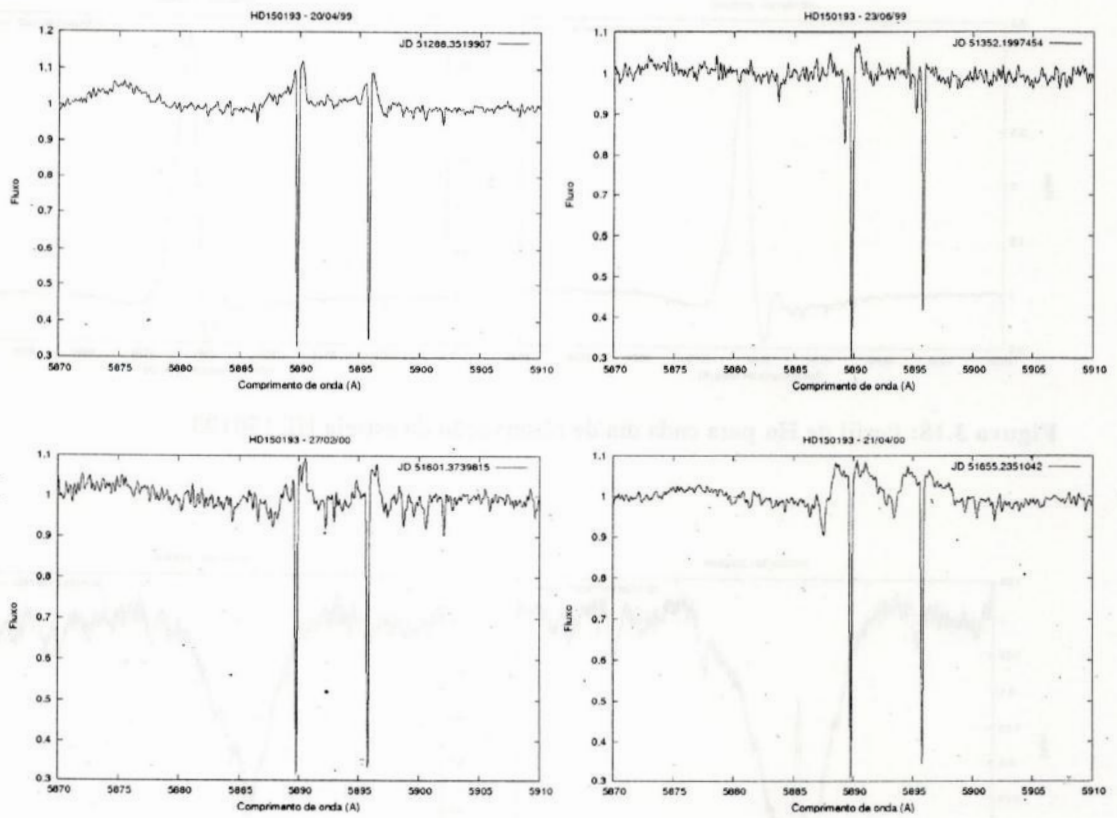


Figura 3.20: Perfis de HeI e NaID para cada dia de observação da estrela HD150193.

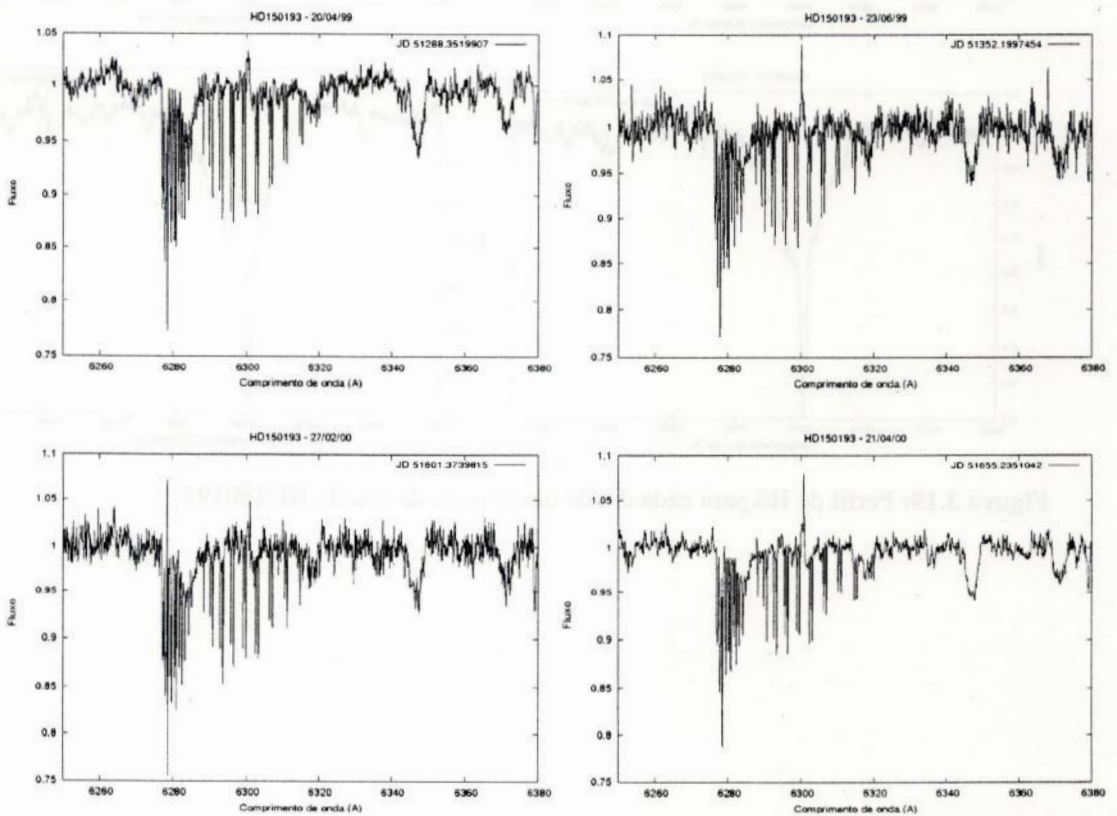


Figura 3.21: Perfis de [OI] para cada dia de observação da estrela HD150193.

3.2.11 - HD156702

As tabelas 3.41 a 3.44, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD156702. Os perfis de H α , H β , HeI e NaID são mostrados nas figuras 3.22.

Tabela 3.41: Resumo das observações de HD156702.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 23/04/99 | 51291.2987384 | 600. |
| 2 | 23/06/99 | 51352.2113426 | 600. |
| 3 | 27/02/00 | 51601.3521412 | 600. |

Tabela 3.42: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD156702.

| | W _{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|---------------------|-------------|----------------|
| 1 | -37.3048 | 319.221 | 1591.873 |
| 2 | -35.8459 | 307.289 | 1103.996 |
| 3 | -37.0410 | 317.917 | 1306.678 |

Tabela 3.43: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD156702.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 4861.243 | 0.2986/-2.3990/0.2995 | 5875.343 | 0.4001 |
| 2 | 4861.142 | 0.3584/-2.0899/0.2768 | 5875.685 | 0.7654 |
| 3 | 4861.251 | 0.2675/-2.4158/0.1478 | 5875.899 | 0.6087 |

Tabela 3.44: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD156702.

| | NaID | |
|---|------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 5889.887 | 0.4647 |
| | 5895.865 | 0.3872 |
| 2 | 5889.867 | 0.4761 |
| | 5895.852 | 0.3762 |
| 3 | 5889.867 | 0.4782 |
| | 5895.847 | 0.3754 |

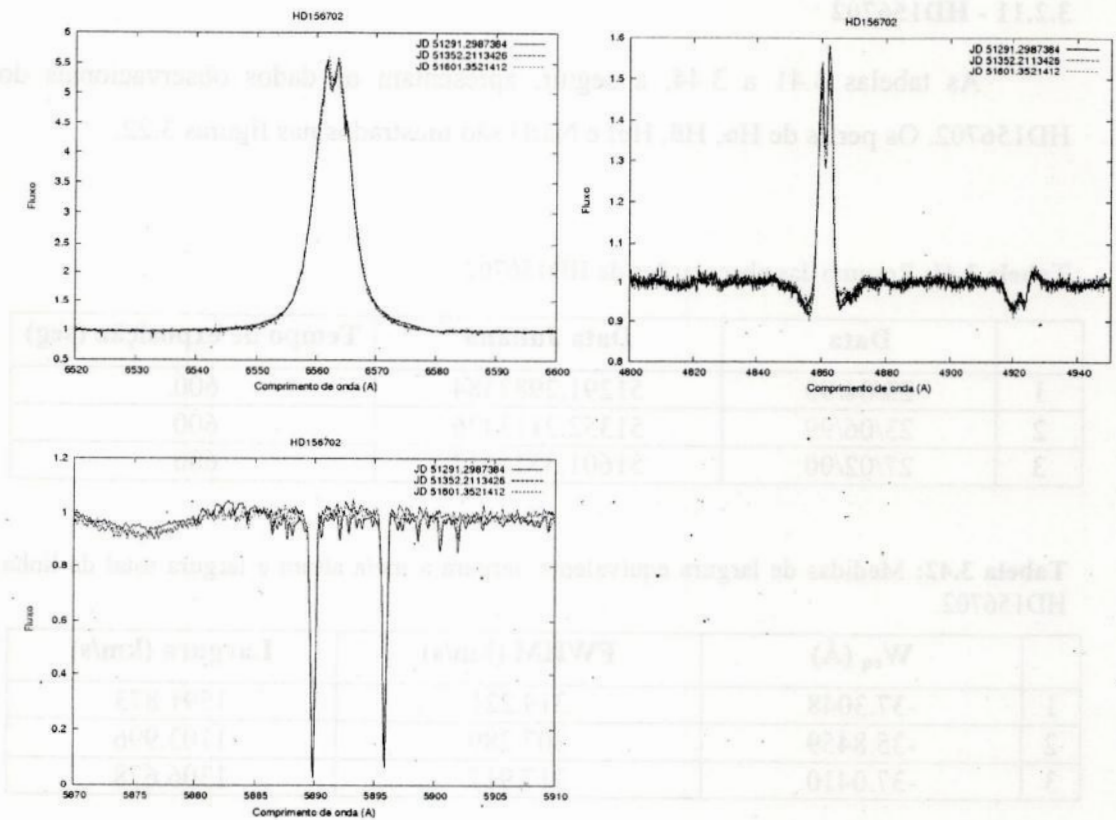


Figura 3.22: Perfil de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e NaID da estrela HD156702.

3.2.12 - HD163296

Os dados observacionais da estrela HD163296 são apresentados nas tabelas 3.45 a 3.48. As figuras 3.23 a 3.26 mostram os perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e NaID e [OI].

Tabela 3.45: Resumo das observações de HD163296.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 21/04/99 | 51289.4127662 | 240. |
| 2 | 22/06/99 | 51351.1411227 | 300. |
| 3 | 27/02/00 | 51601.3345252 | 240. |
| 4 | 28/02/00 | 51602.3233681 | 900. |
| 5 | 16/06/00 | 51711.3178241 | 300. |

Tabela 3.46: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD163296.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|--------------|-------------|----------------|
| 1 | -24.6338 | 311.634 | 1446.312 |
| 2 | -17.9671 | 241.256 | 1772.778 |
| 3 | -24.1767 | 253.159 | 1908.57 |
| 4 | -25.1511 | 226.68 | 1332.8 |
| 5 | -19.2791 | 482.164 | 1583.261 |

Tabela 3.47: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD163296.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|----------------------|---------------------|---|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4861.65 | 6.0803 | 5867.181 | 0.2430/-0.0860/0.0188/- 0.0751 /0.0514 |
| 2 | 4860.635 | 3.8337/0.0027/2.2875 | 5867.628 | 0.6009/-0.0333/0.0848/- 0.0073 /0.1993 |
| 3 | 4861.313 | 3.0695/0.0406/2.2917 | 5875.051 | 0.0465/-0.3009/0.4611 |
| 4 | 4862.445 | 8.0201 | 5876.128 | 0.0780/-0.1445/0.5430 |
| 5 | 4861.781 | 6.9929 | 5875.037 | 0.1042/-0.1697/0.5441 |

Tabela 3.48: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] λ 6300 e 6363Å para HD163296.

| | NaID | | [OI] λ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5892.257 | -1.0875 | 6300.518 | -0.0188 |
| | | | - | - |
| 2 | 5892.78 | -0.7508 | 6300.242 | -0.0248 |
| | | | - | - |
| 3 | 5889.63 | -0.4971 | 6300.303 | -0.0123 |
| | 5895.079 | -0.4569 | 6363.574 | -0.0047 |
| 4 | 5889.251 | -0.2849 | 6300.862 | -0.0710 |
| | 5895.619 | -0.2558 | 6364.274 | -0.0281 |
| 5 | 5890.239 | 0.1722 | 6300.226 | -0.0490 |
| | 5896.921 | 0.1357 | - | - |

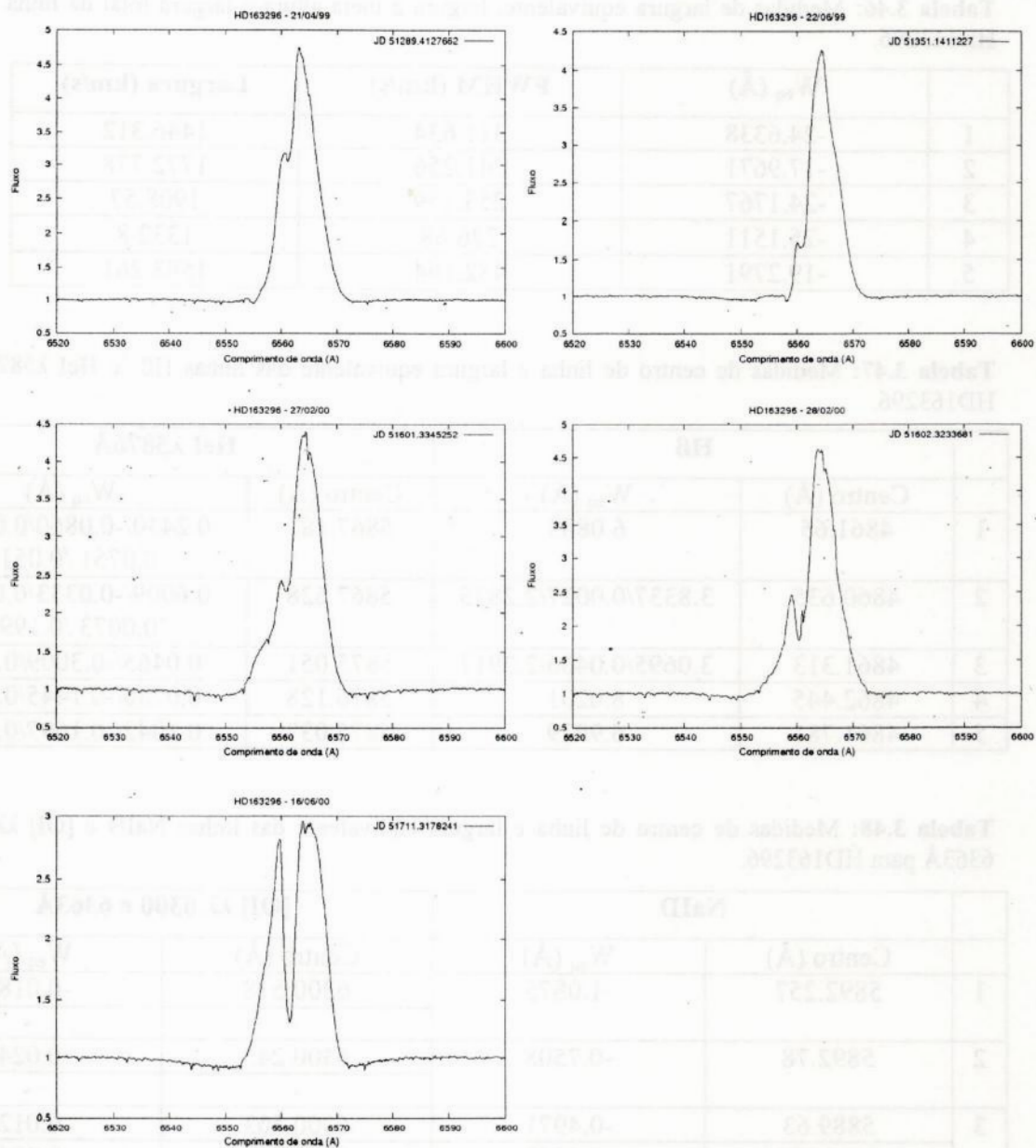
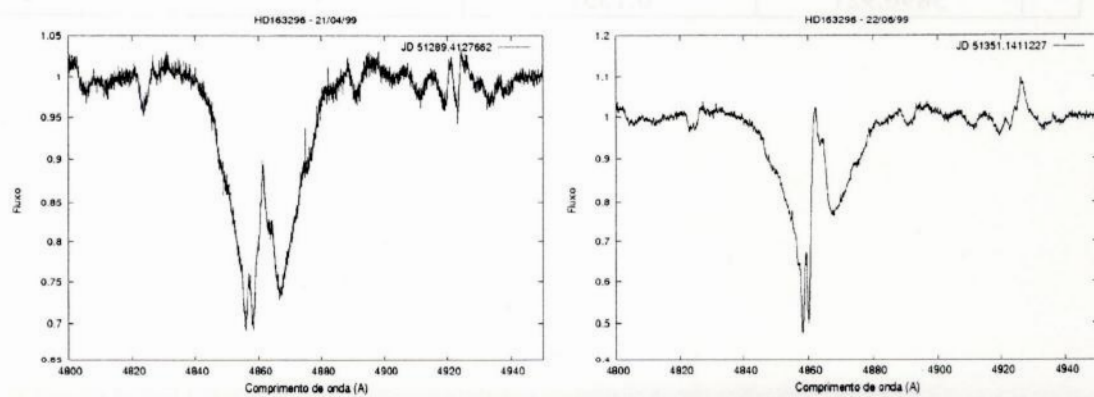


Figura 3.23: Perfil de H α para cada dia de observação da estrela HD163296.



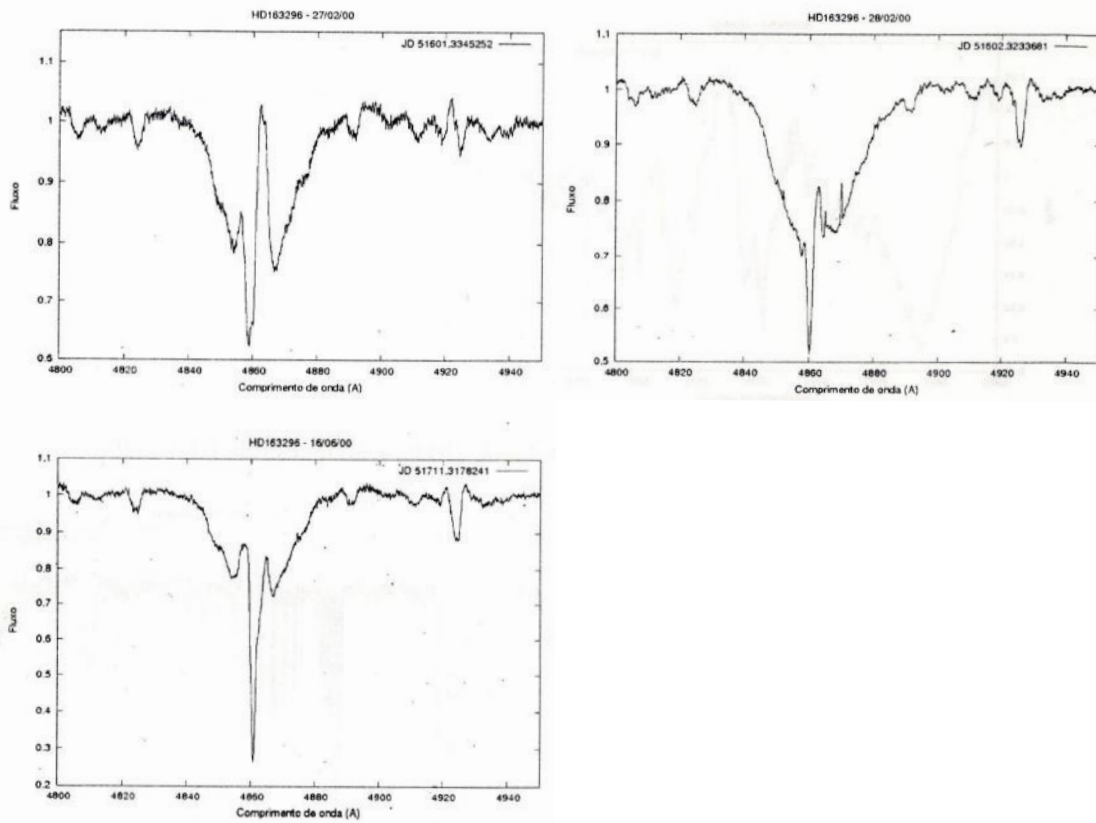
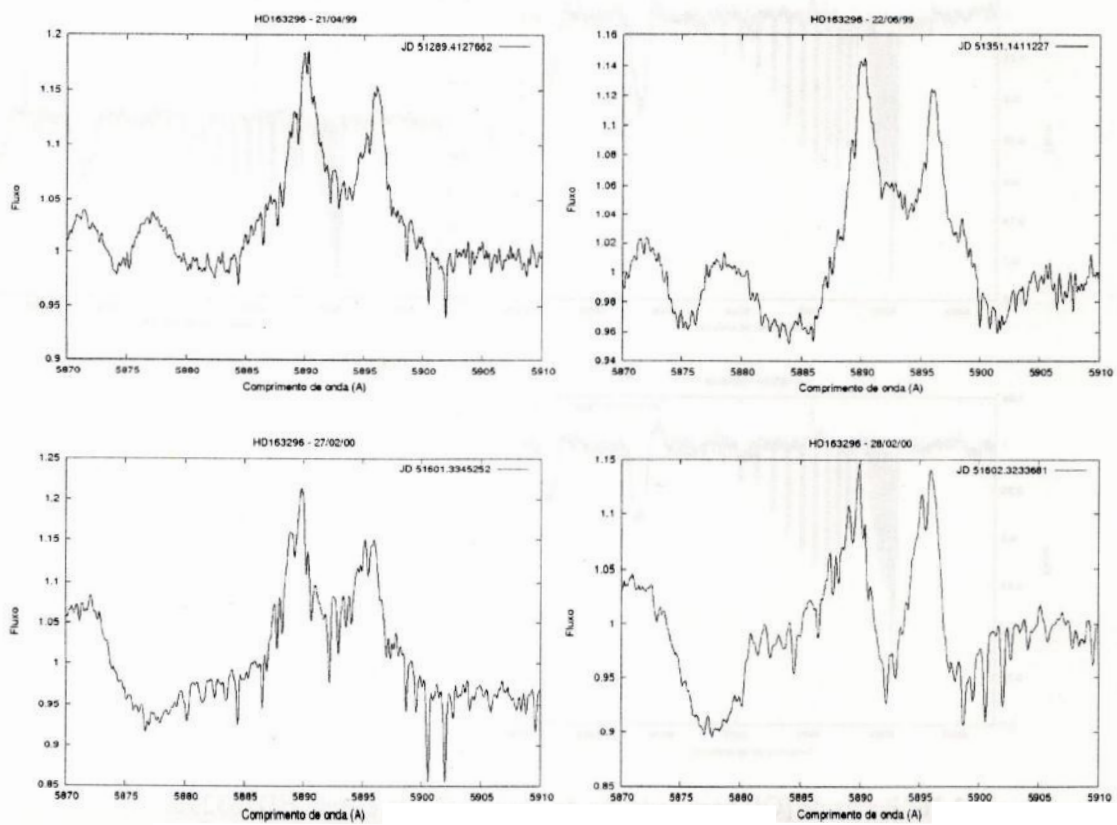


Figura 3.24: Perfil de H β para cada dia de observação da estrela HD163296.



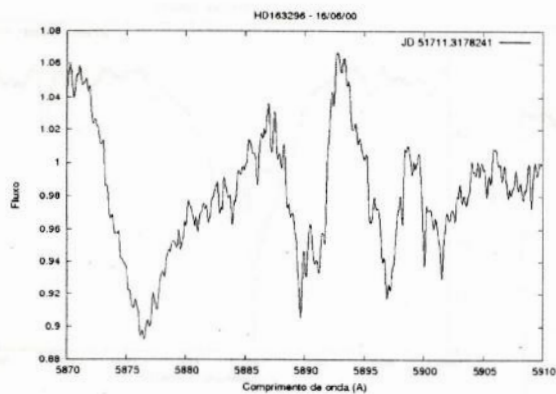


Figura 3.25: Perfis de HeI e NaID para cada dia de observação da estrela HD163296.

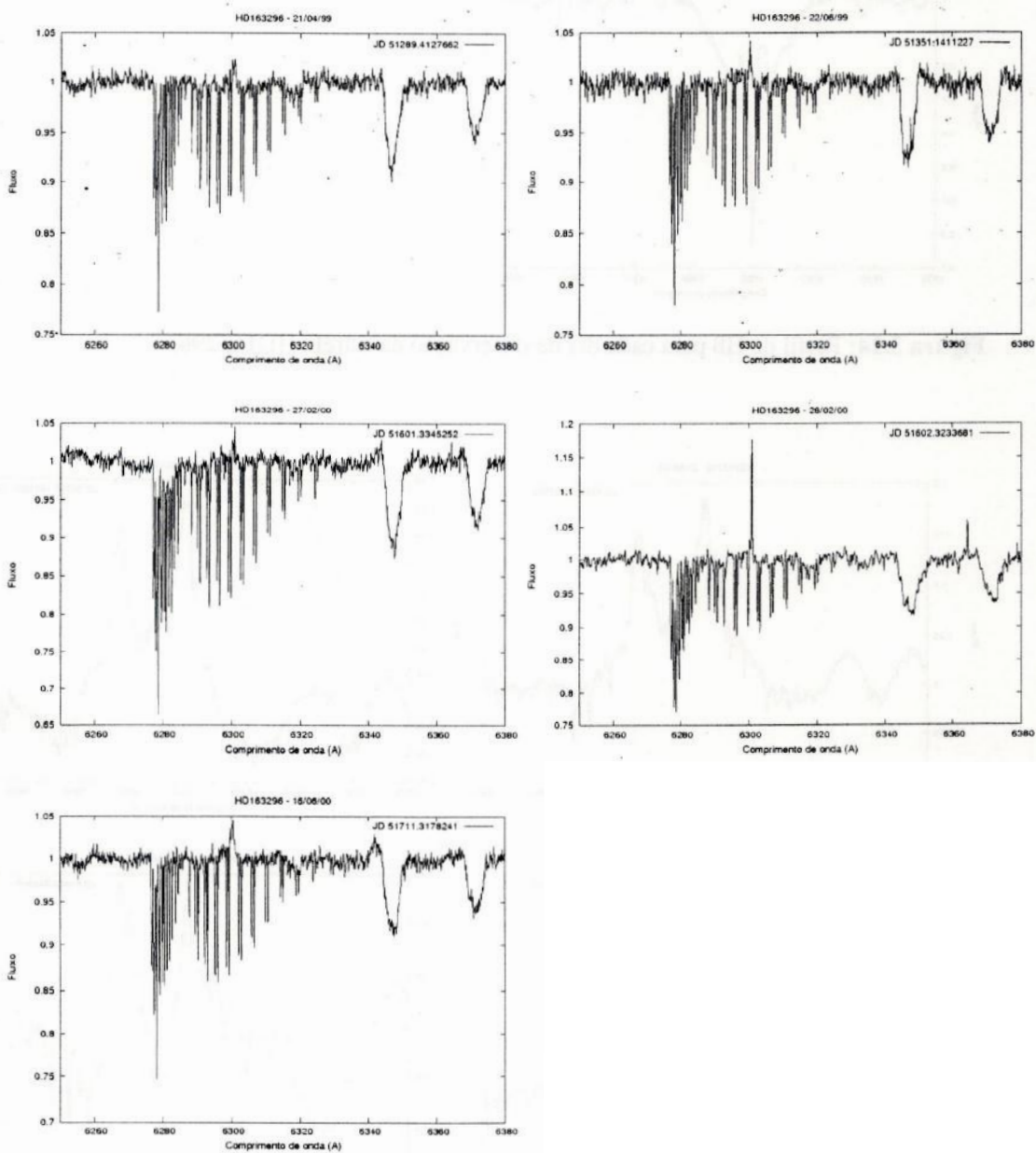


Figura 3.26: Perfis de [OI] para cada dia de observação da estrela HD163296.

3.2.13 - HD293782 (UX Ori)

As tabelas 3.49 a 3.52, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD293782 (UX Ori). Os perfis de H α , H β , HeI e NaID e [OI] são mostrados nas figuras 3.27 a 3.30.

Tabela 3.49: Resumo das observações de HD293782.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 25/02/00 | 51599.0119907 | 900. |
| 2 | 25/02/00 | 51599.1026736 | 900. |
| 3 | 26/02/00 | 51600.006169 | 400. |
| 4 | 26/02/00 | 51600.012581 | 400. |
| 5 | 26/02/00 | 51600.0192477 | 400. |
| 6 | 28/02/00 | 51602.0078819 | 1200. |
| 7 | 29/02/00 | 51603.0531134 | 600. |

Tabela 3.50: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD293782.

| | W _{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|------------------------|-------------|----------------|
| 1 | -3.039/1.2896 | 150.633 | 1979.527 |
| 2 | -3.0485/1.4570 | 171.208 | 1992.512 |
| 3 | -3.4227/1.9425 | 148.099 | 1254.98 |
| 4 | -3.0181/2.2784 | 131.829 | 1513.894 |
| 5 | -3.4314/1.9360 | 148.843 | 1306.683 |
| 6 | -1.7369/2.0232 | 167.482 | 1953.486 |
| 7 | -1.7755/0.9104/-0.9358 | 118.087 | 1940.558 |

Tabela 3.51: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD293782.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 4862.521 | 10.2360 | 5878.16 | 0.5172 |
| 2 | 4862.496 | 9.9597 | 5876.437 | 0.5014 |
| 3 | 4863.227 | 10.6106 | 5878.008 | 0.6591 |
| 4 | 4863.24 | 10.3470 | 5878.616 | 0.7395 |
| 5 | 4863.24 | 10.8906 | 5878.378 | 0.6186 |
| 6 | 4863.24 | 12.4198 | 5878.561 | 0.6008 |
| 7 | 4862.29 | 9.7260 | 5877.306 | 0.3380 |

Tabela 3.52: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD293782.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.403 | 0.2878 | 6300.721 | -0.0486 |
| | 5896.38 | 0.2191 | - | - |
| 2 | 5890.399 | 0.2763 | 6300.591 | -0.0489 |
| | 5896.359 | 0.2414 | - | - |
| 3 | 5890.364 | 0.2465 | 6300.407 | -0.0717 |
| | 5896.346 | 0.1797 | - | - |
| 4 | 5890.364 | 0.2609 | - | - |
| | 5896.333 | 0.2097 | - | - |
| 5 | 5890.382 | 0.2676 | 6300.648 | -0.0630 |
| | 5896.342 | 0.1830 | - | - |
| 6 | 5890.343 | 0.1954 | 6300.356 | -0.0397 |
| | 5896.318 | 0.1568 | - | - |
| 7 | 5890.344 | 0.1813 | 6300.565 | -0.0545 |
| | 5896.33 | 0.1447 | - | - |

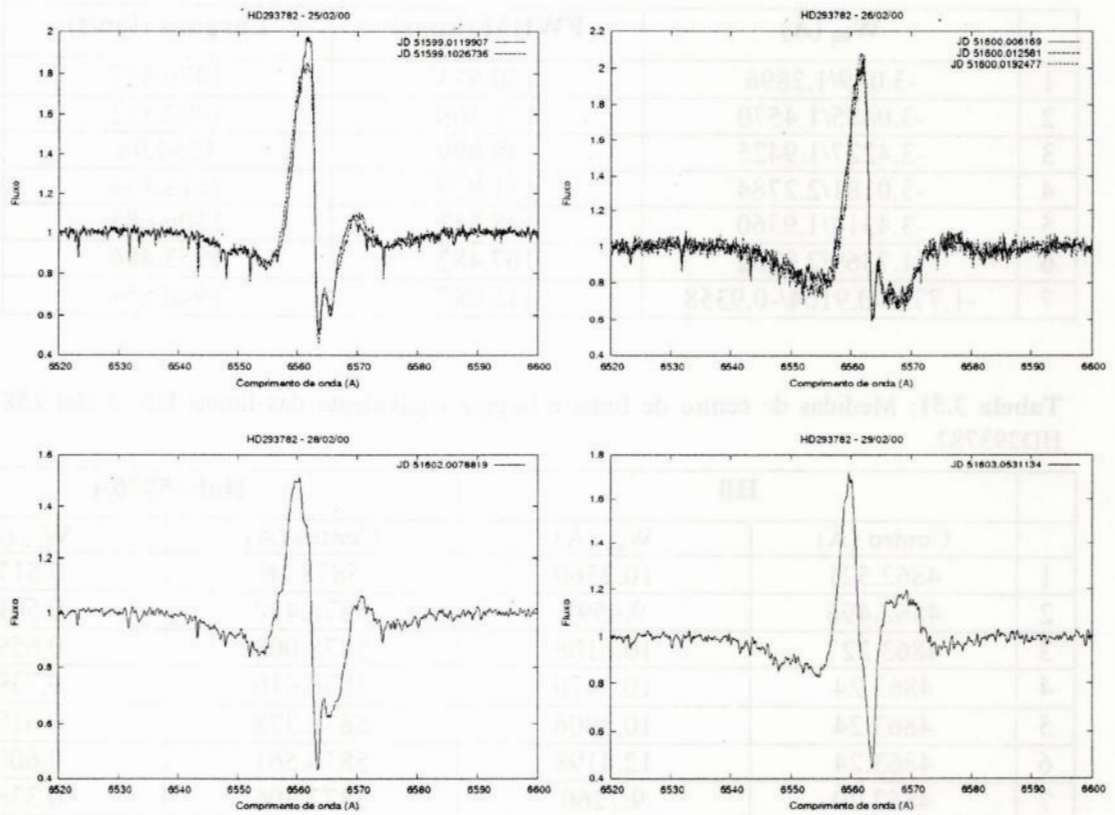


Figura 3.27: Perfil de $H\alpha$ para cada dia de observação da estrela HD293782.

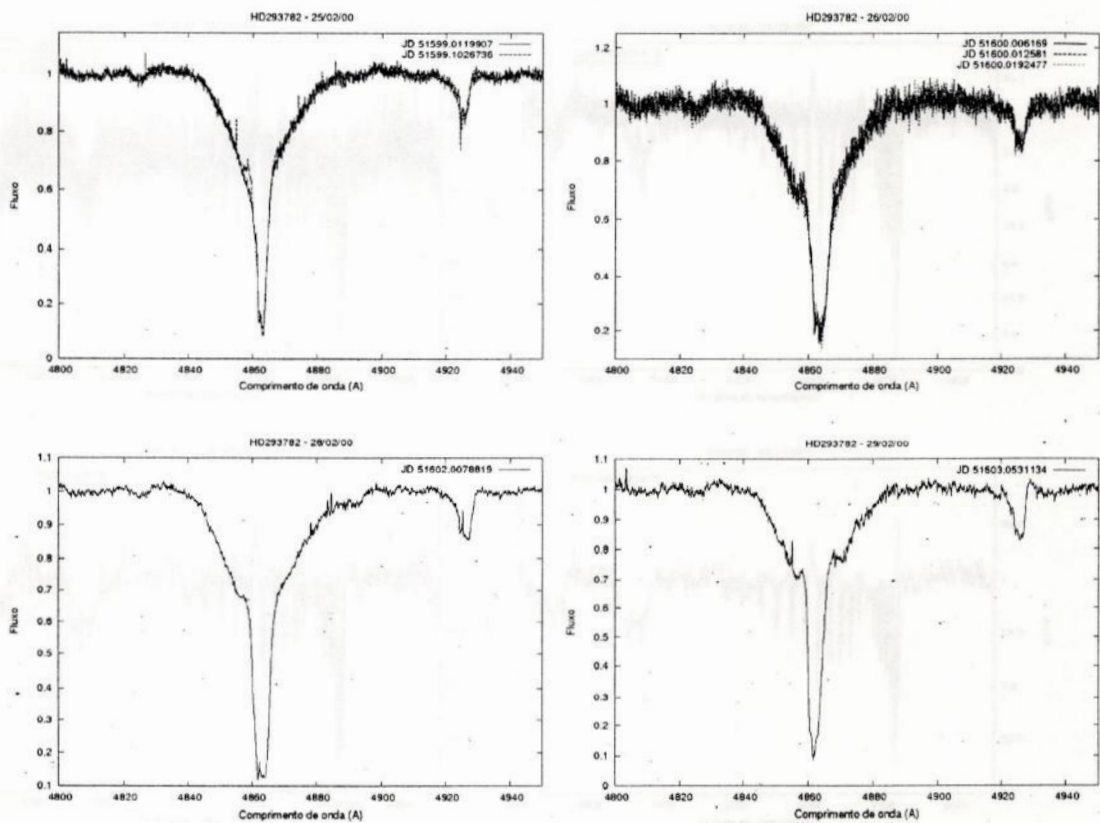


Figura 3.28: Perfil de H β para cada dia de observação da estrela HD293782.

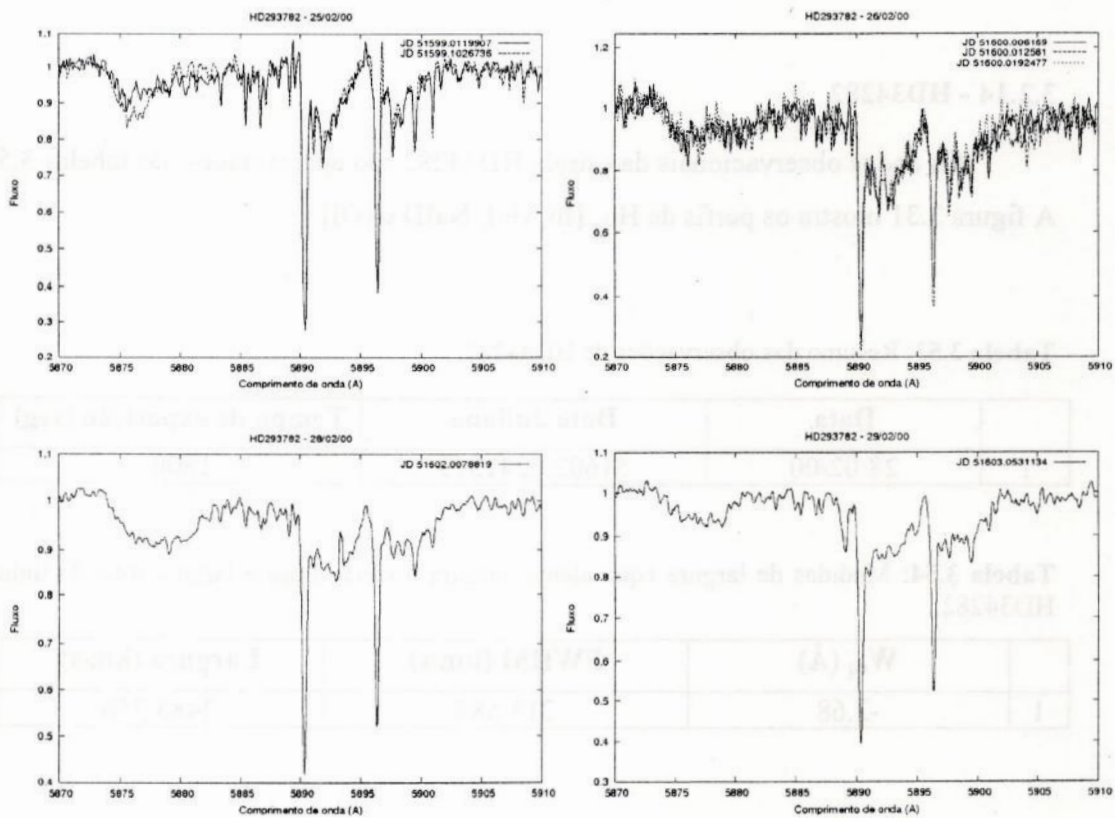


Figura 3.29: Perfis de He I e Na I D para cada dia de observação da estrela HD293782.

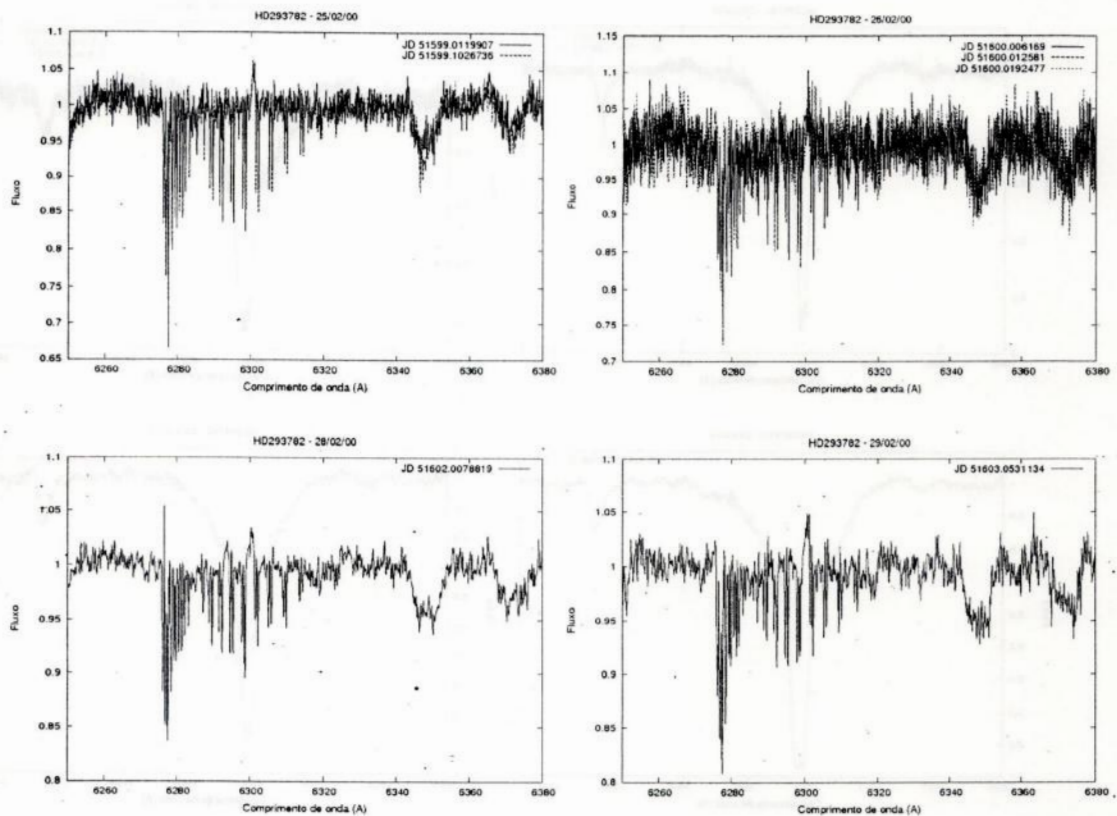


Figura 3.30: Perfis de [OI] para cada dia de observação da estrela HD293782.

3.2.14 - HD34282

Os dados observacionais da estrela HD34282 são apresentados nas tabelas 3.53 a 3.56. A figura 3.31 mostra os perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI , $NaID$ e $[OI]$.

Tabela 3.53: Resumo das observações de HD34282.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 28/02/00 | 51602.0241319 | 1800. |

Tabela 3.54: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha $H\alpha$ para HD34282.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|--------------|-------------|----------------|
| 1 | -2.68 | 213.585 | 2483.756 |

Tabela 3.55: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD34282.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4862.493 | 11.4066 | 5877.705 | 0.3995 |

Tabela 3.56: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD34282.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.312 | 0.1021 | 6300.451 | -0.0246 |
| | 5896.273 | 0.0627 | - | - |

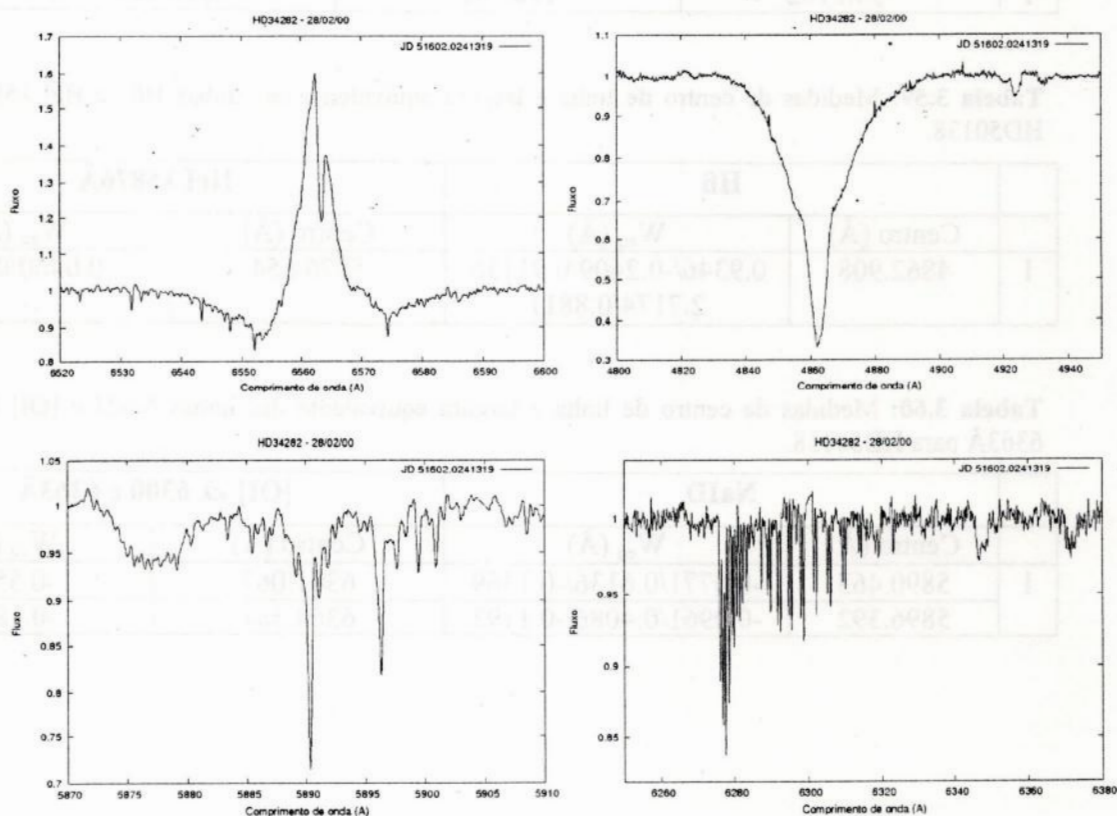


Figura 3.31: Perfis de H α , H β , HeI, NaID e [OI] da estrela HD34282.

3.2.15 - HD50138

As tabelas 3.57 a 3.60, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD50138. Os perfis de H α , H β , HeI e NaID e [OI] são mostrados na figura 3.32.

Tabela 3.57: Resumo das observações de HD50138.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 22/02/00 | 51596.0105208 | 300. |

Tabela 3.58: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD50138.

| | W _{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|---------------------|-------------|----------------|
| 1 | -54.8182 | 110.782 | 935.884 |

Tabela 3.59: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD50138.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|--|---------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 4862.908 | 0.9346/-0.2409/0.9113/ -2.7174/0.8811 | 5876.654 | -0.0460/0.2988 |

Tabela 3.60: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD50138.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|------------------------|------------------------------------|---------------------|
| | Centro (Å) | W _{eq} (Å) | Centro (Å) | W _{eq} (Å) |
| 1 | 5890.463 | -0.0771/0.6136/-0.1369 | 6301.067 | -0.5563 |
| | 5896.392 | -0.0961/0.4086/-0.1192 | 6364.581 | -0.1807 |

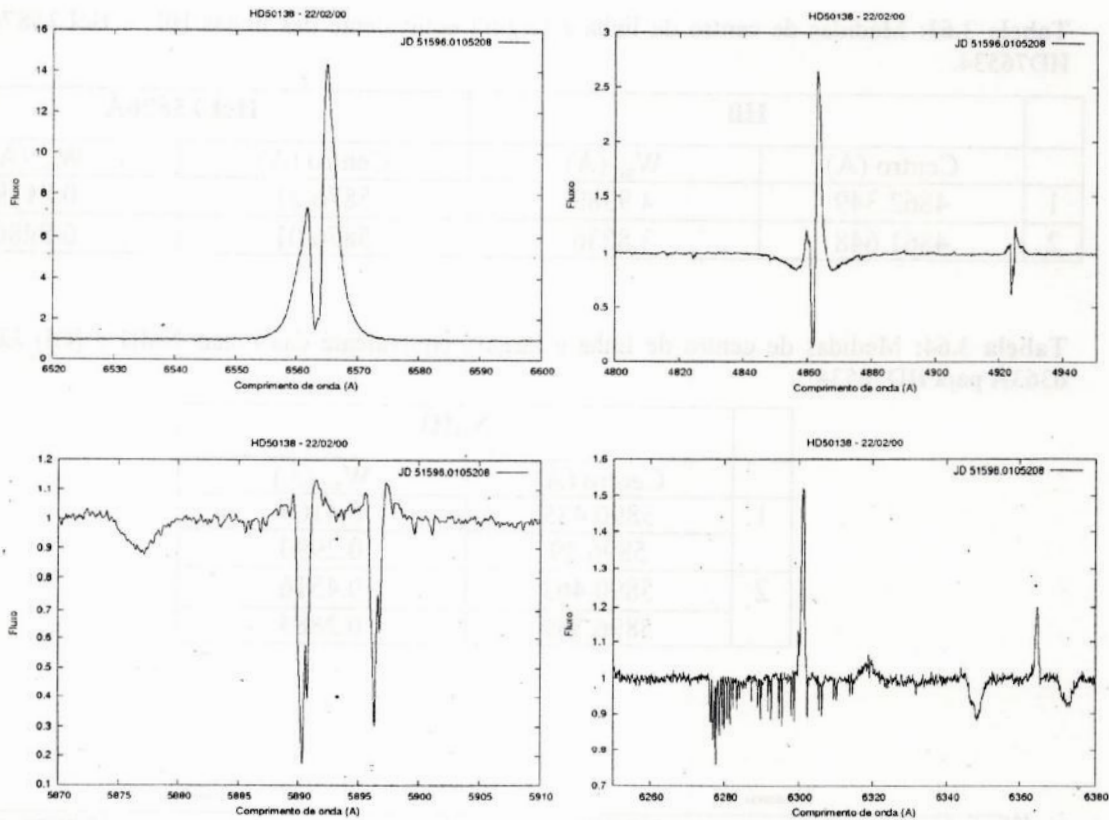


Figura 3.32: Perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI, NaID e [OI] da estrela HD50138.

3.2.16 - HD76534

Os dados observacionais da estrela HD76534 são apresentados nas tabelas 3.61 a 3.64. A figura 3.33 mostra os perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e NaID.

Tabela 3.61: Resumo das observações de HD76534.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 20/04/99 | 51288.0165972 | 300. |
| 2 | 29/02/00 | 51603.1134954 | 300. |

Tabela 3.62: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha $H\alpha$ para HD76534.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|-----------------------|-------------|----------------|
| 1 | 0.7652/-3.2781/1.1379 | 139.508 | 303.001 |
| 2 | 0.8050/-2.7153/0.6767 | 165.632 | 344.679 |

Tabela 3.63: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD76534.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4862.349 | 4.9389 | 5876.21 | 0.8119 |
| 2 | 4861.648 | 3.8236 | 5876.01 | 0.8280 |

Tabela 3.64: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD76534.

| | NaID | |
|---|------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.435 | 0.4109 |
| | 5896.39 | 0.2990 |
| 2 | 5890.463 | 0.4516 |
| | 5896.389 | 0.2885 |

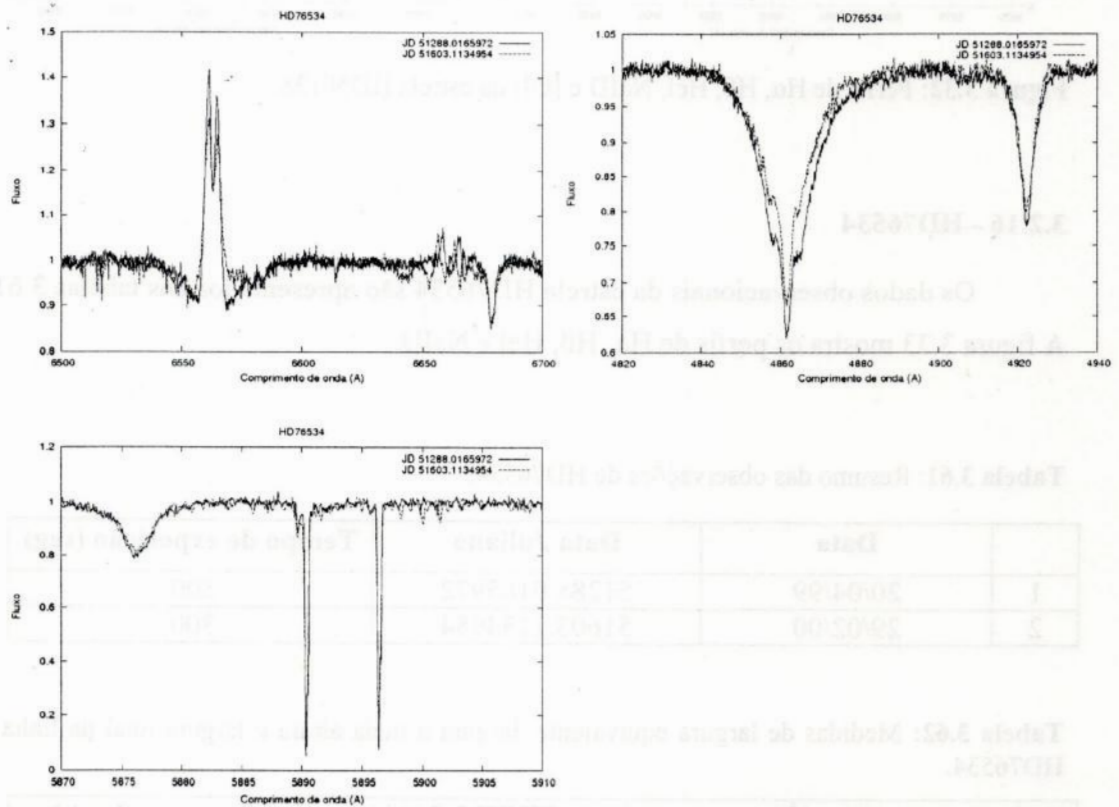


Figura 3.33: Perfis de H α , H β , HeI e NaID da estrela HD76534.

3.2.17 - HD85567

As tabelas 3.65 a 3.68, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD85567. Os perfis de H α , H β , HeI e NaID e [OI] são mostrados na figura 3.34.

Tabela 3.65: Resumo das observações de HD85567.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 20/04/99 | 51288.0331134 | 600. |
| 2 | 23/02/00 | 51597.2363542 | 900. |

Tabela 3.66: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD85567.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|----|--------------|-------------|----------------|
| 1. | -44.8998 | 140.814 | 943.825 |
| 2 | -35.7863 | 94.926 | 1321.192 |

Tabela 3.67: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD85567.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|---|------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4861.104 | 1.5764/-5.0091/0.6861 | 5875.7 | 0.1483 |
| 2 | 4860.288 | 2.6646/-3.1962/0.6014 | 5875.738 | 0.2174 |

Tabela 3.68: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD85567.

| | NaID | |
|---|------------|------------------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.067 | -0.1668/0.2521/-0.1436 |
| | 5896.01 | -0.1337/0.1857/-0.0969 |
| 2 | 5890.103 | -0.1226/0.2630/-0.1212 |
| | 5896.014 | -0.1200/0.1782/-0.0772 |

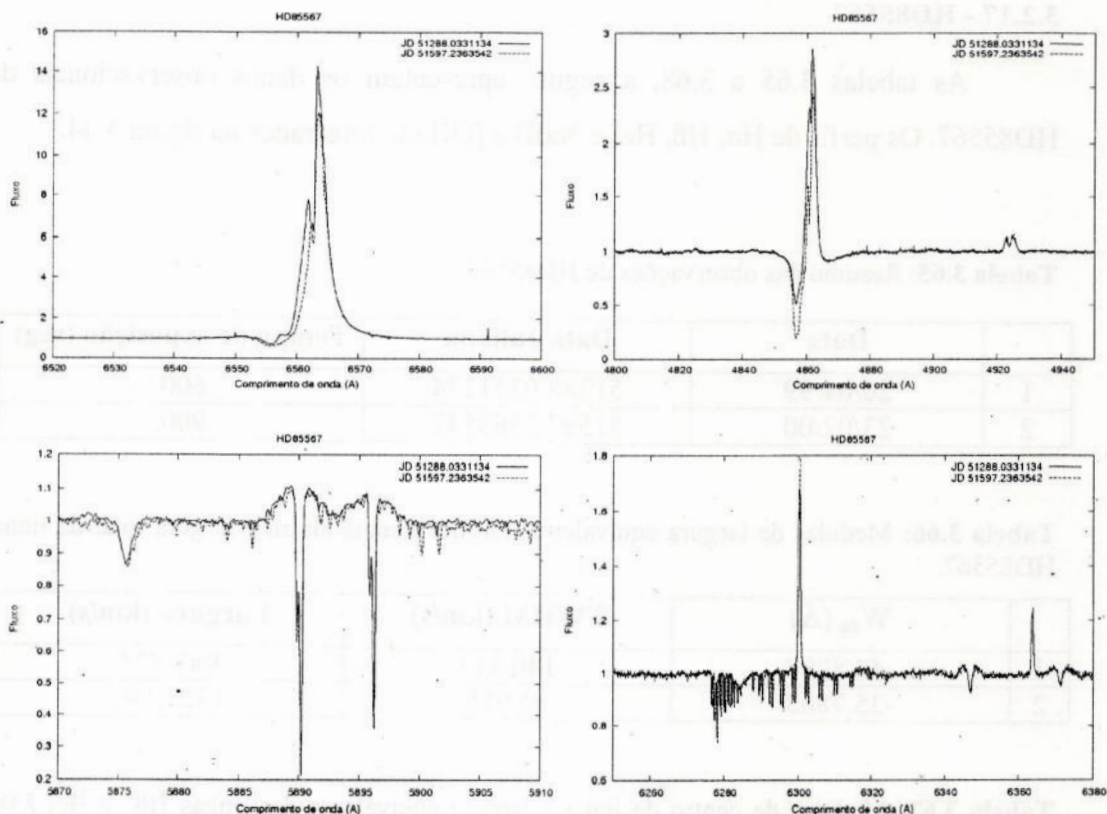


Figura 3.34: Perfis de H α , H β , HeI, NaID e [OI] da estrela HD85567.

3.2.18 - HD94509

Os dados observacionais da estrela HD94509 são apresentados nas tabelas 3.69 a 3.72. A figura 3.35 mostra os perfis de H α , H β , HeI e NaID.

Tabela 3.69: Resumo das observações de HD94509.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|---|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 23/04/99 | 51291.1207755 | 600. |

Tabela 3.70: Medidas de largura equivalente, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD94509.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|---|-----------------|-------------|----------------|
| 1 | -7.1376/-7.9316 | 332.972 | 1668.972 |

Tabela 3.71: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD94509.

| H β | | HeI λ 5876Å | |
|-----------|------------|--------------------------------------|----------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | |
| 1 | 4861.412 | 1.2932/-0.0804/1.3993/-0.0356/1.5825 | 5876.417 |
| | | | W_{eq} (Å) |
| | | | 0.2635/-0.0099 |

Tabela 3.72: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD94509.

| NaID | | |
|------|------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5889.854 | 0.6626 |
| | 5895.805 | 0.5988 |

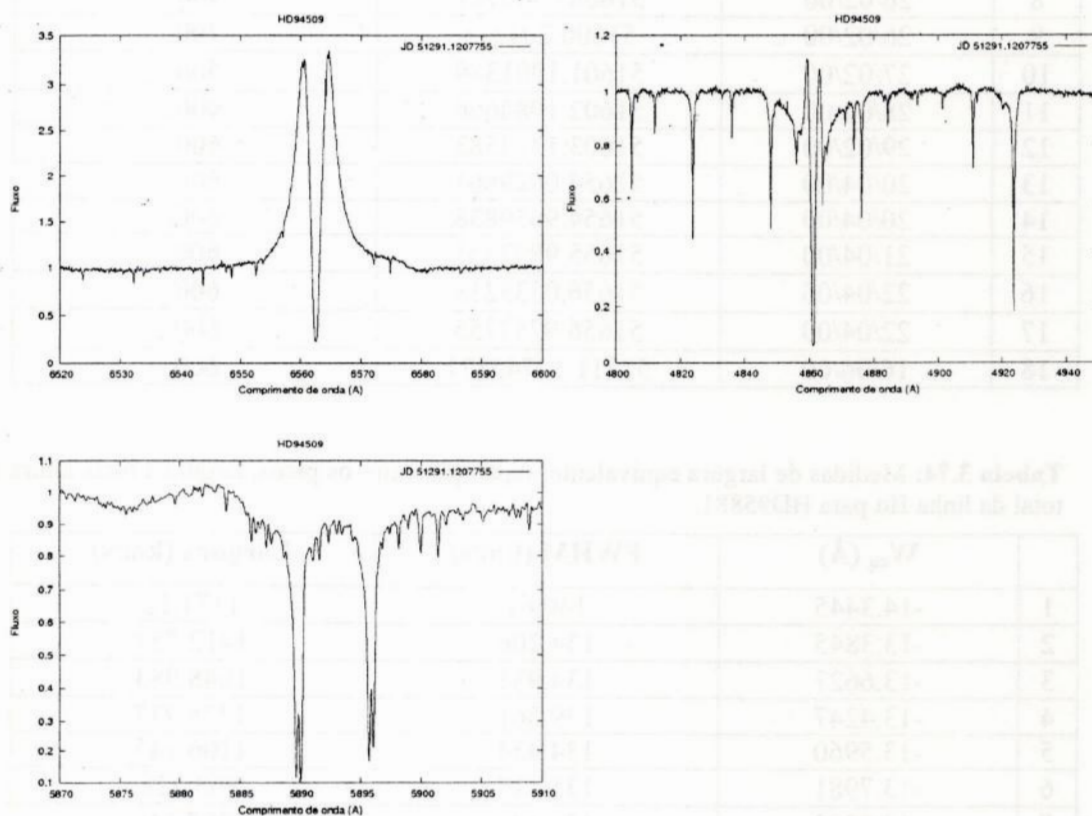


Figura 3.35: Perfis de H α , H β , HeI e NaID da estrela HD94509.

3.2.19 - HD95881

As tabelas 3.73 a 3.76, a seguir, apresentam os dados observacionais do objeto HD95881. Os perfis de H α , H β , HeI e NaID e [OI] são mostrados nas figuras 3.36 a 3.39.

Tabela 3.73: Resumo das observações de HD95881.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|----|----------|----------------|--------------------------|
| 1 | 18/02/00 | 51592.3735185 | 600. |
| 2 | 20/02/00 | 51594.3881713 | 900. |
| 3 | 21/02/00 | 51595.0163194 | 900. |
| 4 | 22/02/00 | 51596.0309144 | 900. |
| 5 | 25/02/00 | 51599.0391667 | 900. |
| 6 | 05/02/00 | 51599.1162037 | 900. |
| 7 | 25/02/00 | 51599.1892593 | 900. |
| 8 | 26/02/00 | 51600.0330787 | 900. |
| 9 | 26/02/00 | 51600.204213 | 700. |
| 10 | 27/02/00 | 51601.1901389 | 500. |
| 11 | 28/02/00 | 51602.1084606 | 900. |
| 12 | 29/02/00 | 51603.1364583 | 600. |
| 13 | 20/04/00 | 51654.0629861 | 600. |
| 14 | 20/04/00 | 51654.9659838 | 600. |
| 15 | 21/04/00 | 51655.9892361 | 600. |
| 16 | 22/04/00 | 51656.0533218 | 600. |
| 17 | 22/04/00 | 51656.9757755 | 600. |
| 18 | 16/06/00 | 51711.10745371 | 600. |

Tabela 3.74: Medidas de largura equivalente, separação entre os picos, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD95881.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|----|--------------|-------------|----------------|
| 1 | -14.3445 | 140.61 | 1171.12 |
| 2 | -13.3845 | 134.206 | 1412.757 |
| 3 | -13.6627 | 134.933 | 1648.983 |
| 4 | -13.4247 | 139.261 | 1378.977 |
| 5 | -13.5960 | 134.434 | 1106.145 |
| 6 | -13.7981 | 135.713 | 963.226 |
| 7 | -13.9392 | 136.149 | 1397.146 |
| 8 | -14.1619 | 134.692 | 1410.07 |
| 9 | -13.3906 | 129.513 | 1397.14 |
| 10 | -14.0175 | 134.389 | 1296.671 |
| 11 | -14.3253 | 129.828 | 1044.769 |
| 12 | -14.1325 | 134.787 | 1294.379 |
| 13 | -17.6562 | 121.381 | 1532.600 |
| 14 | -16.8320 | 121.317 | 1764.749 |
| 15 | -17.1750 | 127.656 | 1428.844 |

| | | | |
|----|----------|----------------|----------|
| 16 | -17.2232 | 129.024 | 1450.945 |
| 17 | -15.9756 | 125.440 | 1602.266 |
| 18 | -14.8841 | 32.832/124.525 | 1688.302 |

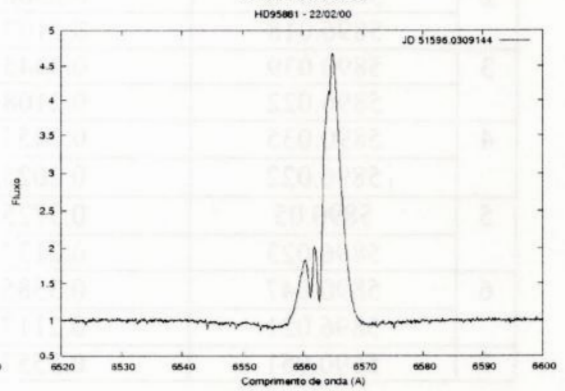
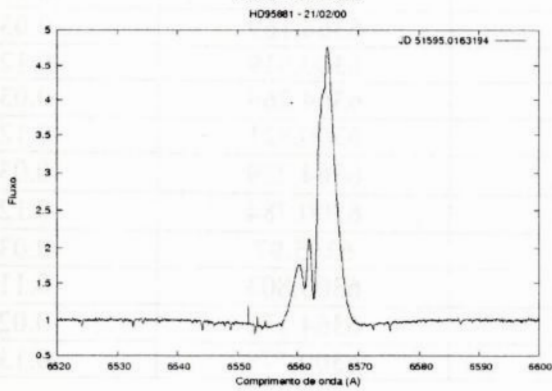
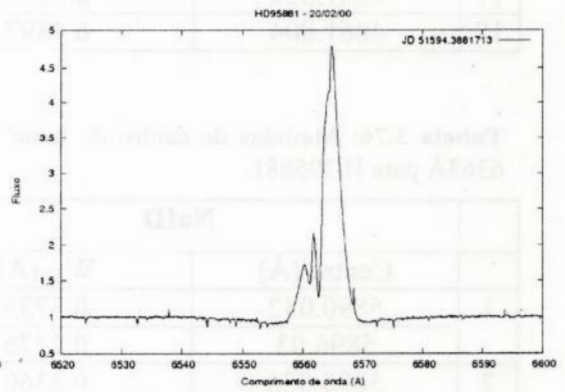
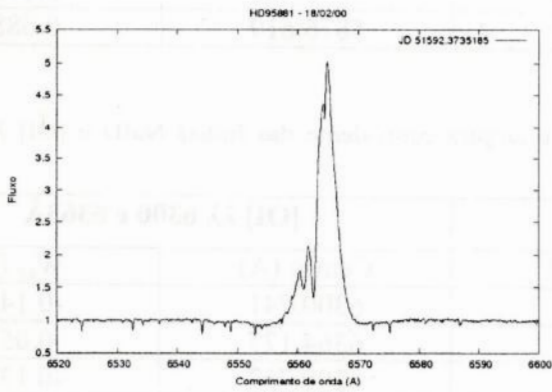
Tabela 3.75: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas HB e HeI λ 5876Å para HD95881.

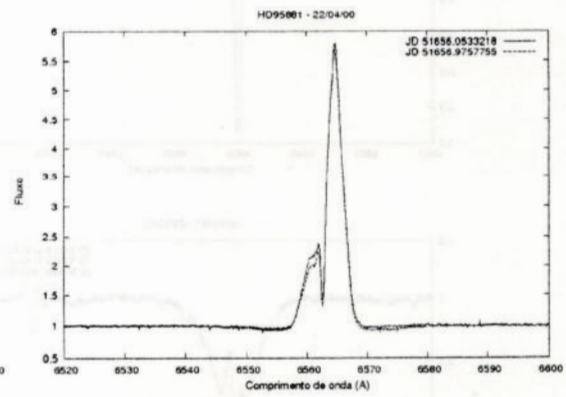
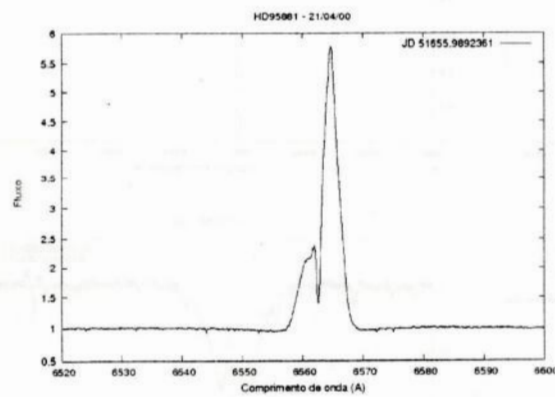
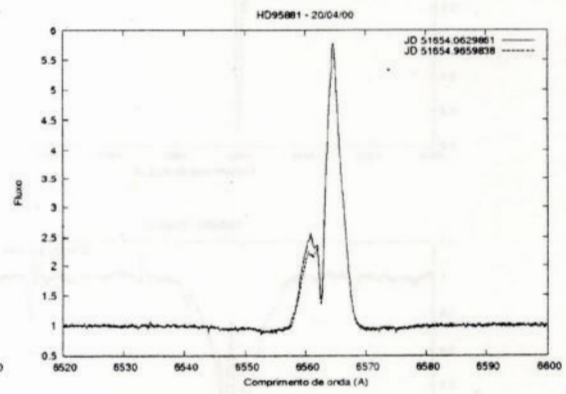
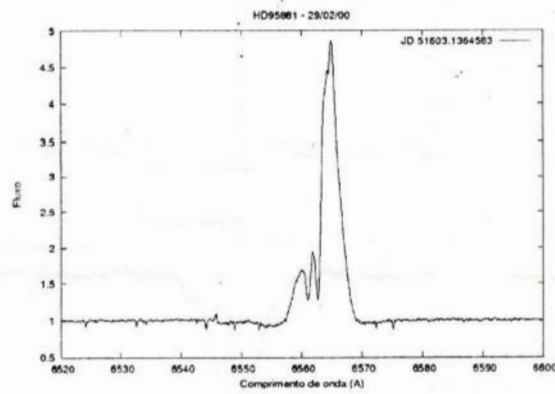
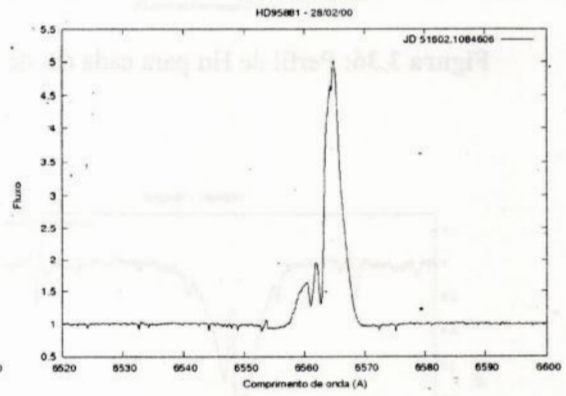
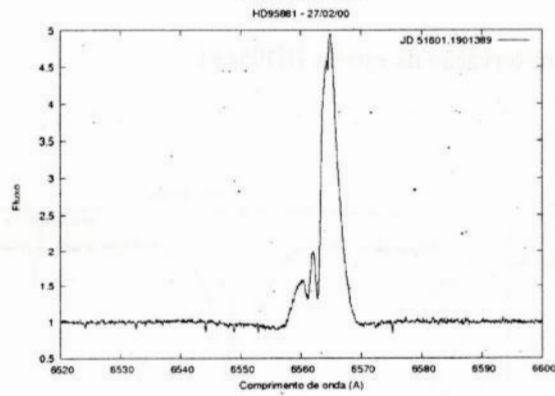
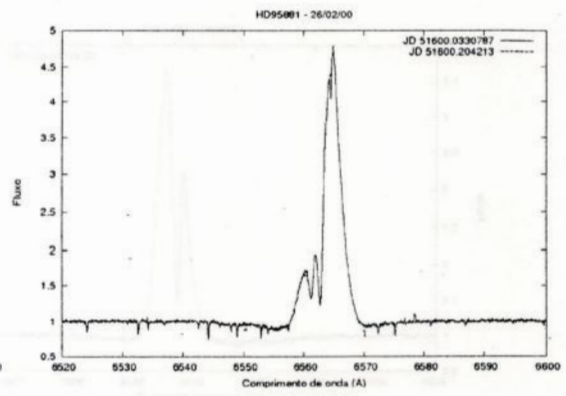
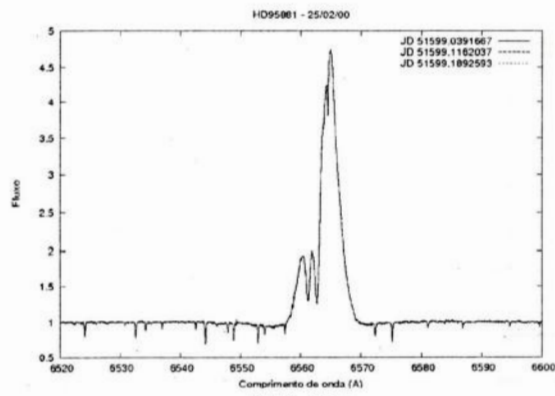
| | HB | | HeI λ 5876Å | |
|----|------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4861.671 | 6.8427 | 5876.243 | 0.1098 |
| 2 | 4861.627 | 6.8793 | 5877.213 | 0.1081 |
| 3 | 4861.547 | 6.6869 | 5878.176 | 0.0958 |
| 4 | 4861.551 | 6.6869 | 5878.237 | 0.0941 |
| 5 | 4861.514 | 6.6582 | 5876.274 | 0.1552 |
| 6 | 4861.516 | 6.7962 | 5876.182 | 0.1570 |
| 7 | 4861.555 | 6.7633 | 5876.102 | 0.1458 |
| 8 | 4861.42 | 6.7076 | - | - |
| 9 | 4861.465 | 6.9220 | 5876.352 | 0.1324 |
| 10 | 4861.254 | 6.7128 | 5876.389 | 0.1077 |
| 11 | 4861.602 | 6.0362 | 5876.382 | 0.0810 |
| 12 | 4861.431 | 6.4799 | 5876.163 | 0.0492 |
| 13 | 4861.738 | 5.8595 | 5876.363 | 0.1182 |
| 14 | 4861.816 | 3.2440/ 0.0002/2.4840 | 5877.079 | 0.0705 |
| 15 | 4862.498 | 6.9586 | 5876.707 | 0.1067 |
| 16 | 4862.21 | 7.0527 | 5877.221 | 0.2120 |
| 17 | 4861.634 | 6.7376 | 5876.762 | 0.1782 |
| 18 | 4861.804 | 6.4897 | 5876.619 | 0.0882 |

Tabela 3.76: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] λ 6300 e 6363Å para HD95881.

| | NaID | | [OI] λ 6300 e 6363Å | |
|---|------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.052 | 0.3735 | 6300.741 | -0.1458 |
| | 5896.03 | 0.2276 | 6364.177 | -0.0574 |
| 2 | 5890.076 | 0.3360 | 6300.757 | -0.1327 |
| | 5896.018 | 0.2107 | 6364.169 | -0.0315 |
| 3 | 5890.039 | 0.3445 | 6300.819 | -0.1241 |
| | 5896.022 | 0.2108 | 6364.269 | -0.0341 |
| 4 | 5890.035 | 0.3453 | 6300.821 | -0.1275 |
| | 5896.022 | 0.2025 | 6364.229 | -0.0305 |
| 5 | 5890.05 | 0.3725 | 6300.784 | -0.1280 |
| | 5896.023 | 0.2137 | 6365.97 | -0.0301 |
| 6 | 5890.047 | 0.3585 | 6300.803 | -0.1153 |
| | 5896.021 | 0.2117 | 6364.171 | -0.0259 |
| 7 | 5890.051 | 0.3557 | 6300.778 | -0.1399 |

| | | | | |
|----|----------|--------|----------|---------|
| | 5896.03 | 0.2103 | 6364.121 | -0.0349 |
| 8 | 5890.212 | 0.5289 | - | - |
| | 5896.087 | 0.9957 | - | - |
| 9 | 5890.057 | 0.3892 | 6300.717 | -0.1222 |
| | 5896.029 | 0.2269 | 6364.315 | -0.0235 |
| 10 | 5890.059 | 0.3599 | 6300.817 | -0.1123 |
| | 5896.022 | 0.2259 | 6364.341 | -0.0494 |
| 11 | 5890.059 | 0.3358 | 6300.83 | -0.1723 |
| | 5896.028 | 0.2157 | 6364.294 | -0.0449 |
| 12 | 5890.048 | 0.2971 | 6360.779 | -0.1230 |
| | 5896.046 | 0.1901 | 6364.35 | -0.0435 |
| 13 | 5890.052 | 0.3288 | 6300.782 | -0.1425 |
| | 5896.033 | 0.2038 | 6364.171 | -0.0420 |
| 14 | 5890.084 | 0.2464 | 6300.744 | -0.1193 |
| | 5896.075 | 0.1599 | 6364.495 | -0.0321 |
| 15 | 5890.054 | 0.2758 | 6300.712 | -0.1359 |
| | 5896.035 | 0.1794 | 6364.225 | -0.0319 |
| 16 | 5890.085 | 0.2821 | 6360.776 | -0.1363 |
| | 5896.063 | 0.1767 | 6364.302 | -0.0452 |
| 17 | 5890.086 | 0.2813 | 6300.793 | -0.1366 |
| | 5896.063 | 0.1793 | 6364.307 | -0.0455 |
| 18 | 5890.052 | 0.2790 | 6300.747 | -0.1356 |
| | 5896.028 | 0.1755 | 6364.229 | -0.0341 |





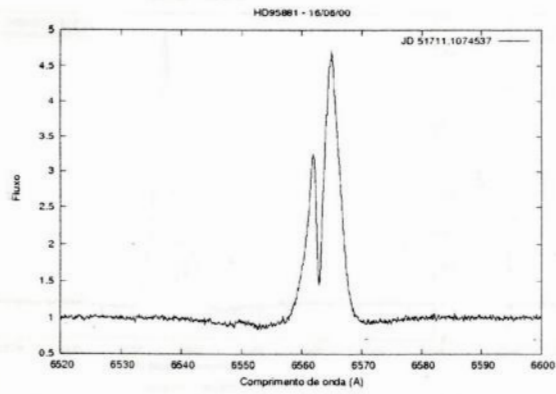
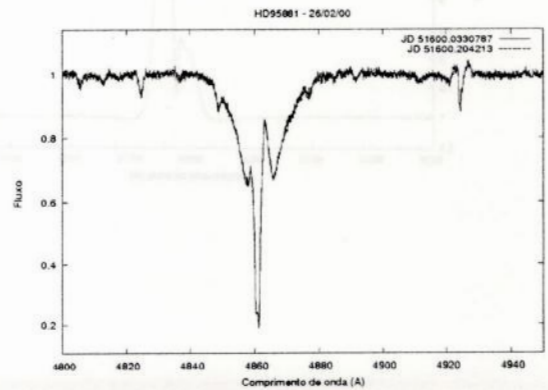
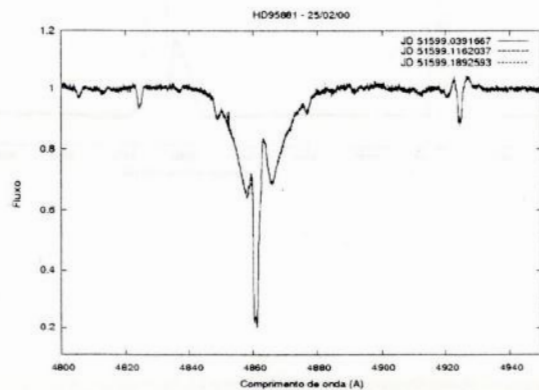
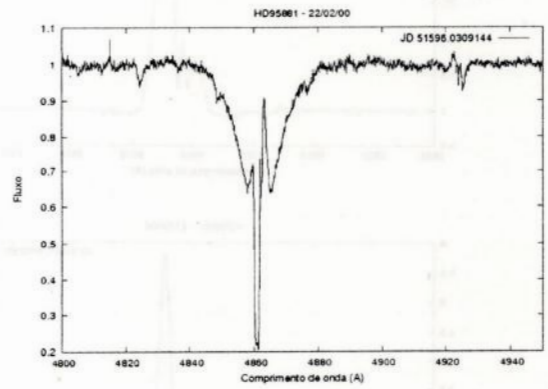
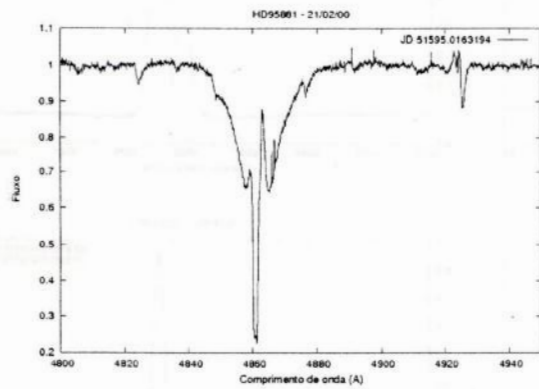
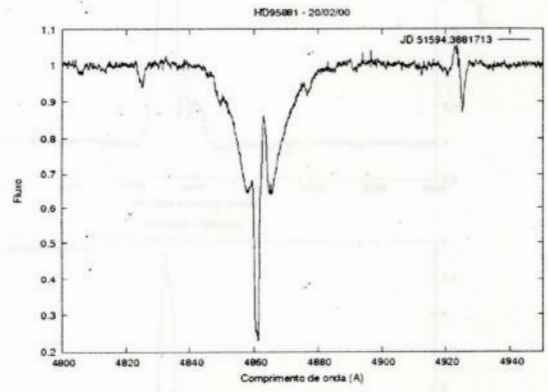
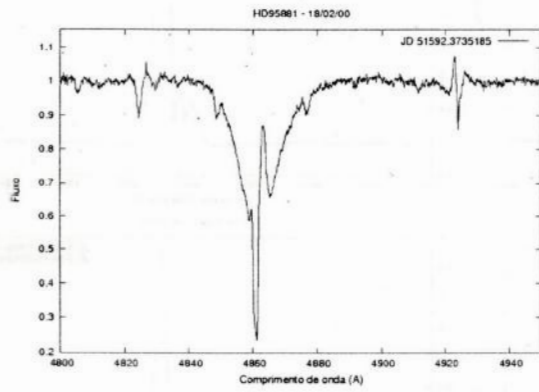


Figura 3.36: Perfil de H α para cada dia de observação da estrela HD95881.



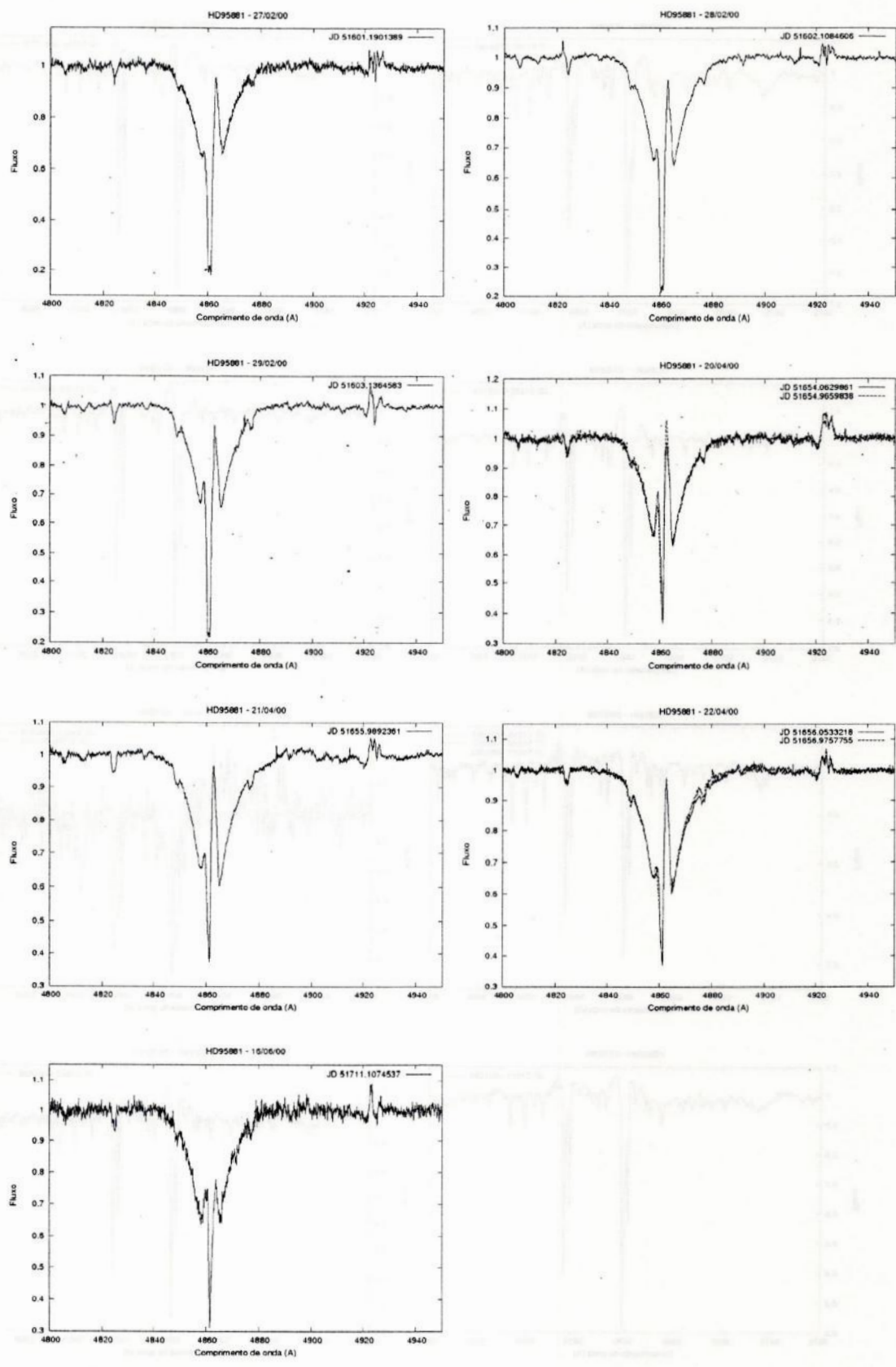
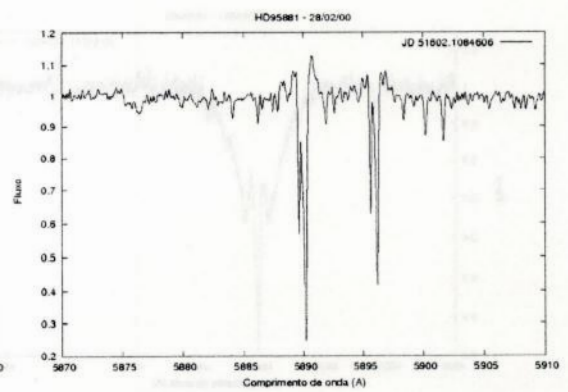
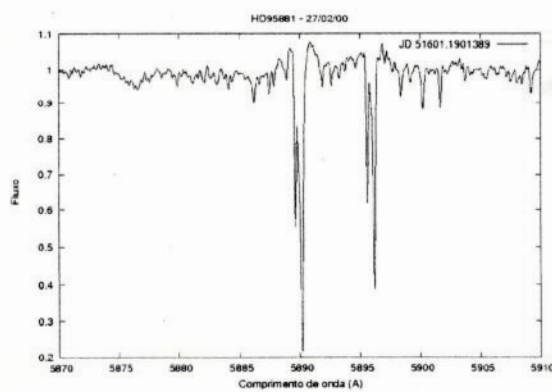
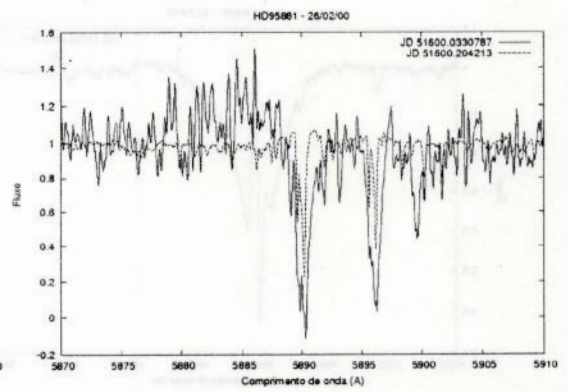
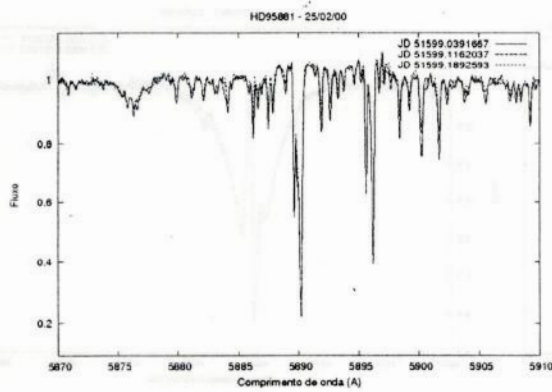
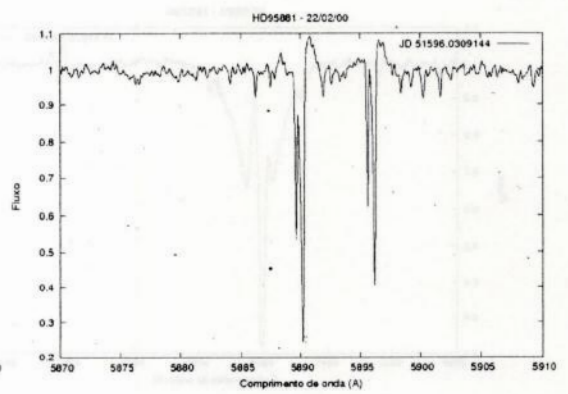
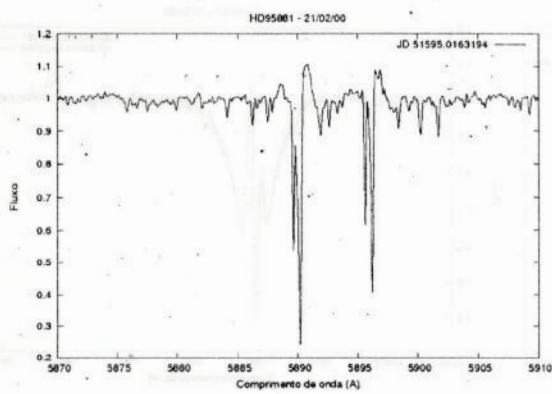
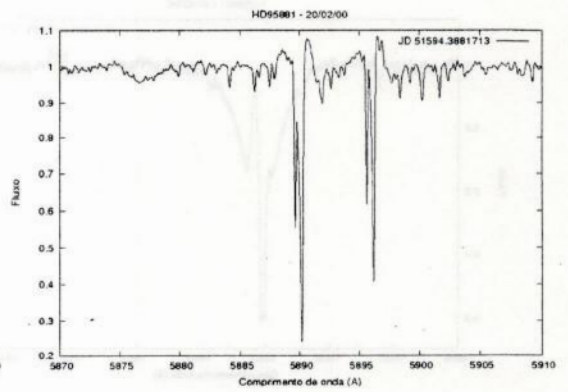
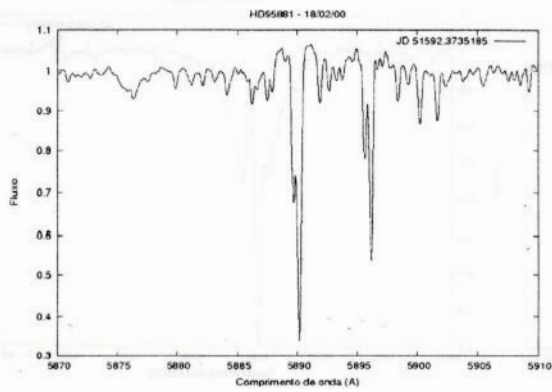


Figura 3.37: Perfil de H β para cada dia de observação da estrela HD95881.



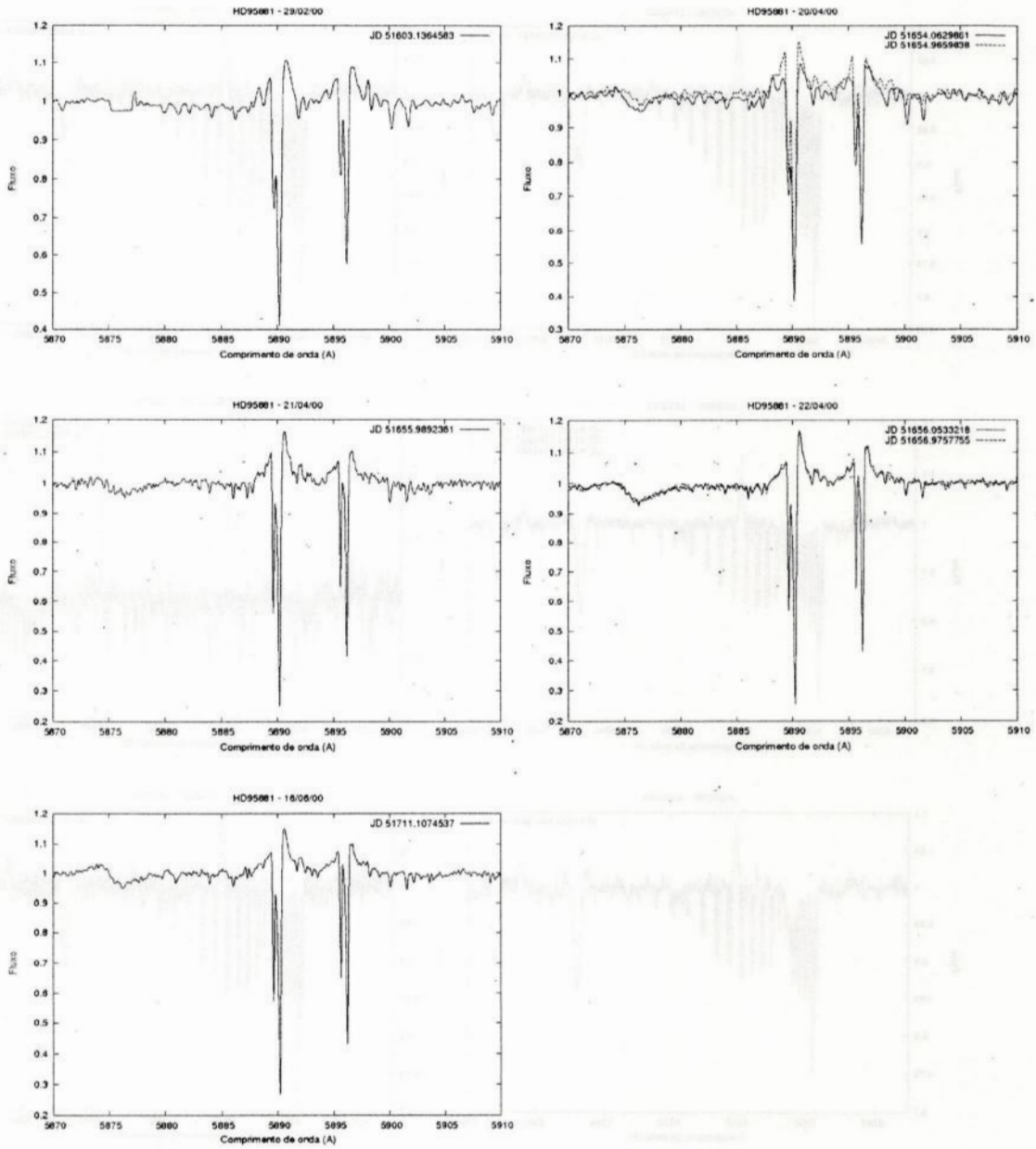
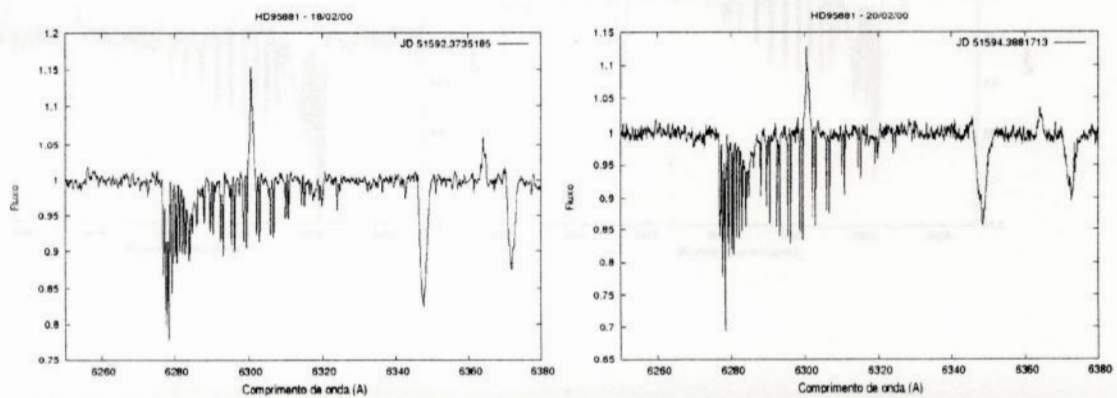
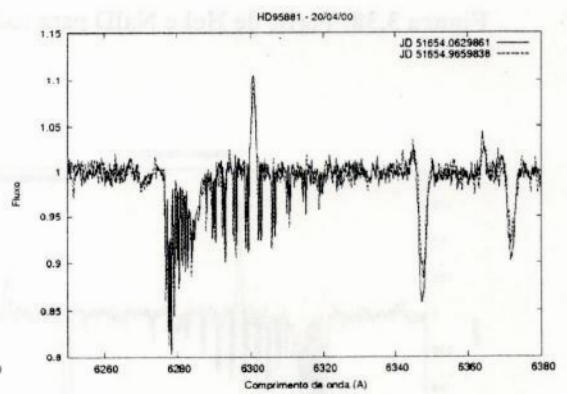
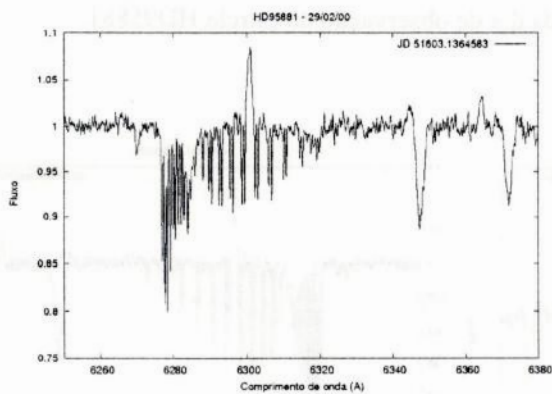
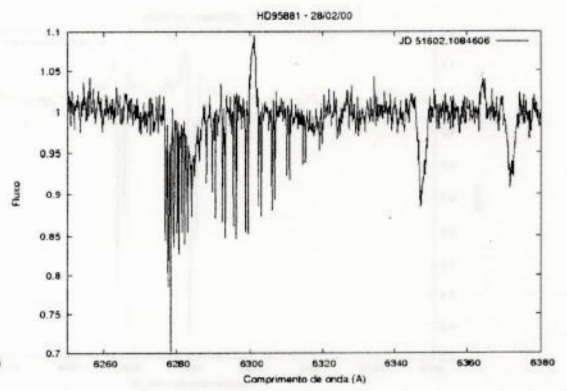
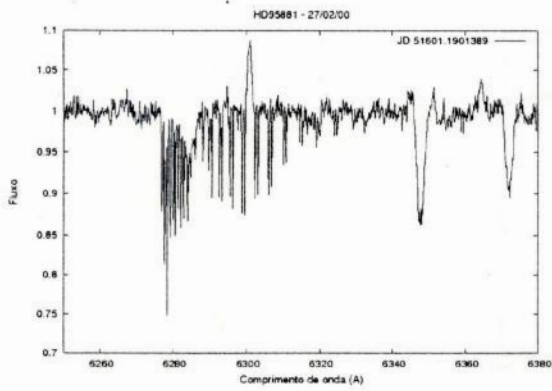
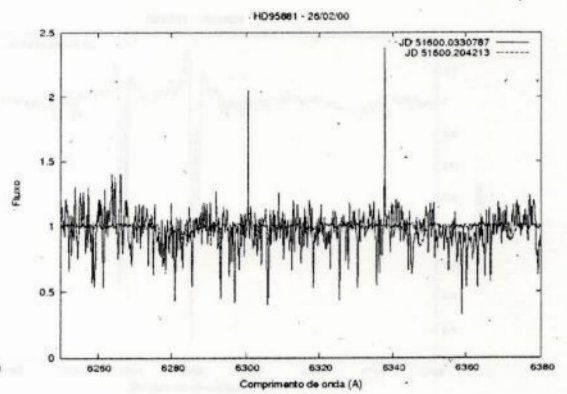
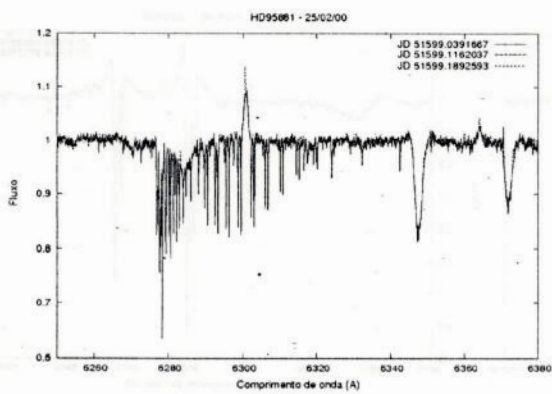
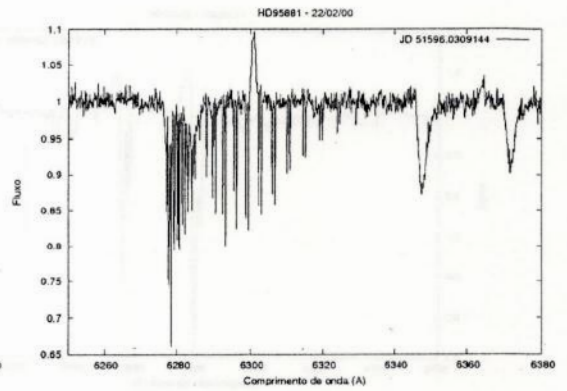
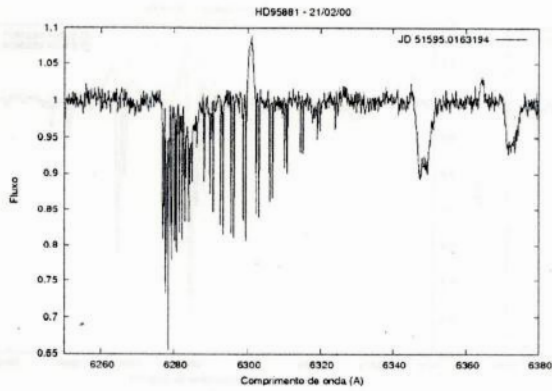


Figura 3.38: Perfis de He I e Na I D para cada dia de observação da estrela HD95881.





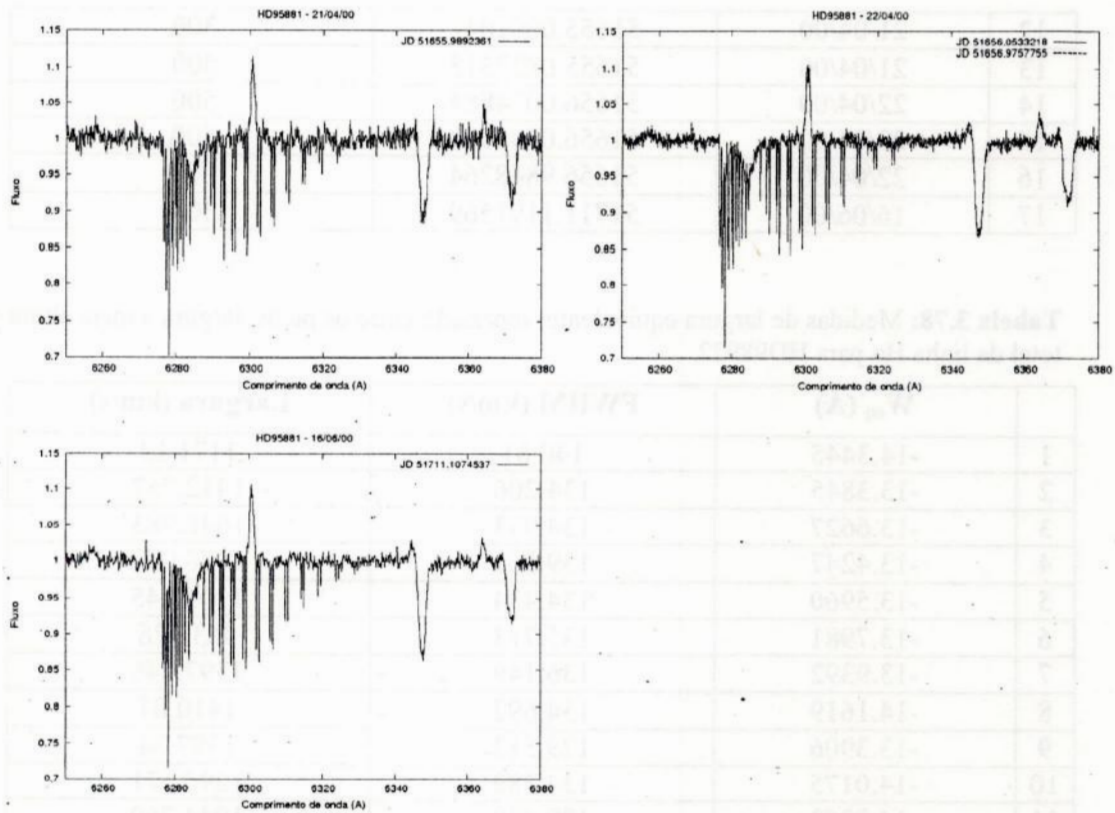


Figura 3.39: Perfis de [OI] para cada dia de observação da estrela HD95881.

3.2.20 - HD98922

Os dados observacionais da estrela HD98922 são apresentados nas tabelas 3.77 a 3.80. A figura 3.40 a 43 mostra os perfis de $H\alpha$, $H\beta$, HeI e $NaID$ e [OI] para cada dia de observação.

Tabela 3.77: Resumo das observações de HD98922.

| | Data | Data Juliana | Tempo de exposição (seg) |
|----|----------|---------------|--------------------------|
| 1 | 02/03/99 | 51239.3058796 | 180. |
| 2 | 07/03/99 | 51244.1604514 | 150. |
| 3 | 07/03/99 | 51244.2072685 | 150. |
| 4 | 08/03/99 | 51245.0143056 | 150. |
| 5 | 08/03/99 | 51245.0632292 | 150. |
| 6 | 08/03/99 | 51245.1128588 | 150. |
| 7 | 08/03/99 | 51245.1972685 | 150. |
| 8 | 10/03/99 | 51247.3694329 | 180. |
| 9 | 21/04/99 | 51289.1862037 | 180. |
| 10 | 23/06/99 | 51352.1061227 | 180. |
| 11 | 20/04/00 | 51654.0573727 | 300. |

| | | | |
|----|----------|---------------|------|
| 12 | 21/04/00 | 51655.0001042 | 300. |
| 13 | 21/04/00 | 51655.0827315 | 500. |
| 14 | 22/04/00 | 51656.0074884 | 500. |
| 15 | 22/04/00 | 51656.0648148 | 500. |
| 16 | 22/04/00 | 51656.9848264 | 500. |
| 17 | 16/06/00 | 51711.1197569 | 300. |

Tabela 3.78: Medidas de largura equivalente, separação entre os picos, largura a meia altura e largura total da linha H α para HD98922.

| | W_{eq} (Å) | FWHM (km/s) | Largura (km/s) |
|----|--------------|-------------|----------------|
| 1 | -14.3445 | 140.61 | 1171.12 |
| 2 | -13.3845 | 134.206 | 1412.757 |
| 3 | -13.6627 | 134.933 | 1648.983 |
| 4 | -13.4247 | 139.261 | 1378.977 |
| 5 | -13.5960 | 134.434 | 1106.145 |
| 6 | -13.7981 | 135.713 | 963.226 |
| 7 | -13.9392 | 136.149 | 1397.146 |
| 8 | -14.1619 | 134.692 | 1410.07 |
| 9 | -13.3906 | 129.513 | 1397.14 |
| 10 | -14.0175 | 134.389 | 1296.671 |
| 11 | -14.3253 | 129.828 | 1044.769 |
| 12 | -14.1325 | 134.787 | 1294.379 |
| 13 | -17.6562 | 121.381 | 1532.600 |
| 14 | -16.8320 | 121.317 | 1764.749 |
| 15 | -17.1750 | 127.656 | 1428.844 |
| 16 | -17.2232 | 129.024 | 1450.945 |
| 17 | -15.9756 | 125.440 | 1602.266 |

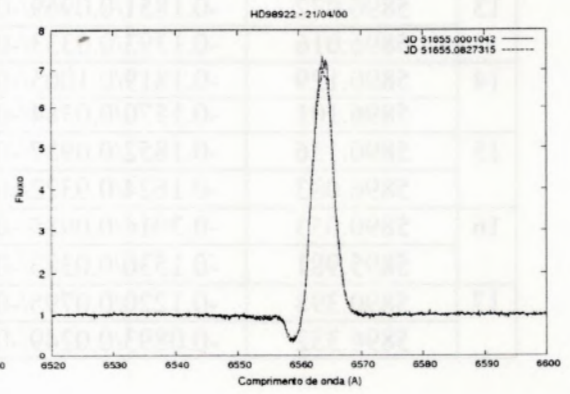
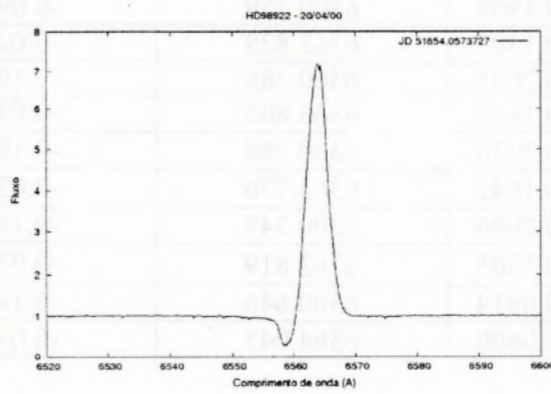
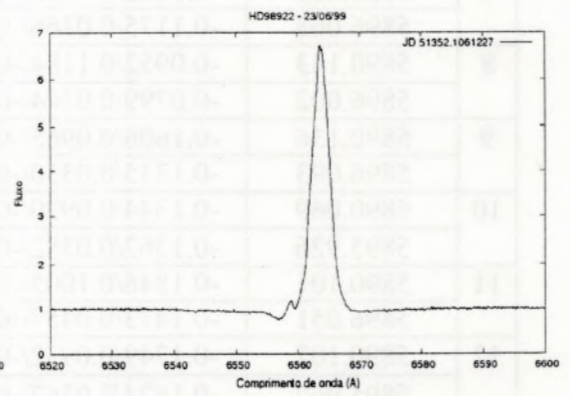
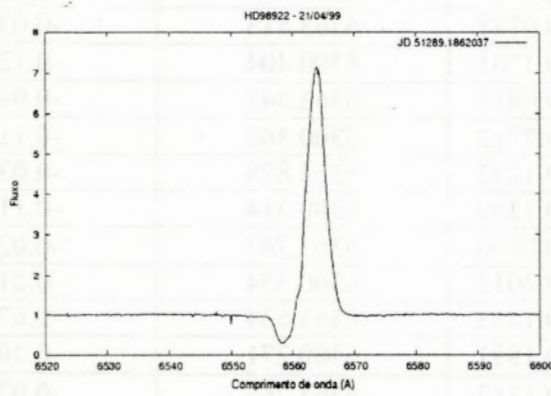
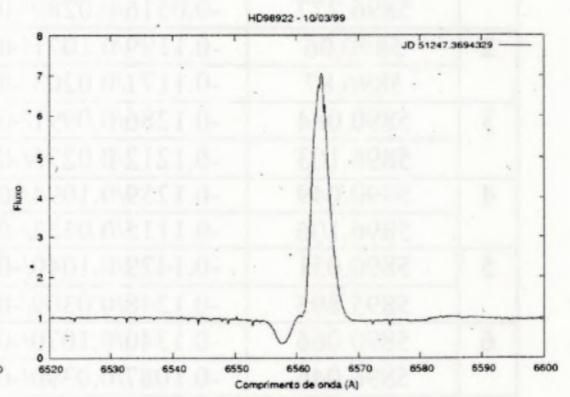
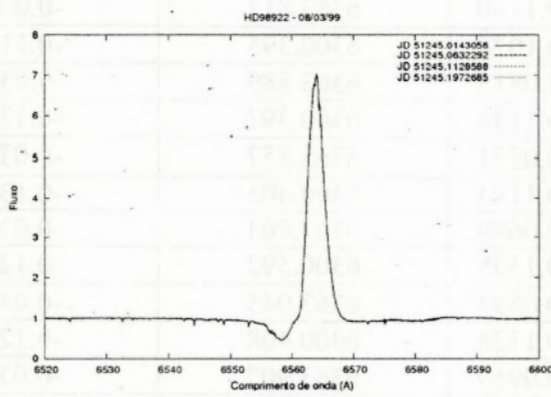
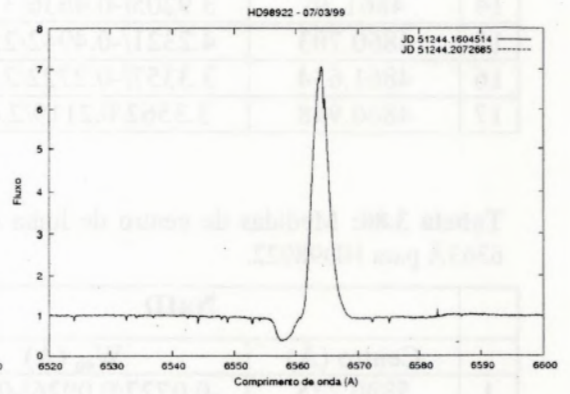
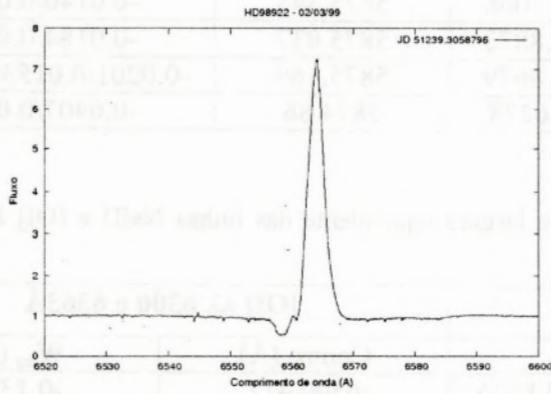
Tabela 3.79: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas H β e HeI λ 5876Å para HD98922.

| | H β | | HeI λ 5876Å | |
|----|------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 4861.155 | 3.9331/-0.3780/2.8831 | 5875.23 | -0.0243/0.0517 |
| 2 | 4860.835 | 3.8041/-0.2179/2.6401 | 5875.239 | -0.0230/0.0376/-0.0028 |
| 3 | 4860.79 | 3.8879/-0.2765/2.6980 | 5875.071 | -0.0287/0.0284/-0.0027 |
| 4 | 4860.93 | 3.5466/-0.3119/2.6288 | 5875.173 | -0.0288/0.0411 |
| 5 | 4860.857 | 3.6522/-0.3133/2.6604 | 5874.998 | -0.0352/0.0396 |
| 6 | 4860.9 | 3.6720/-0.3025/2.7057 | 5875.314 | -0.0292/0.0489 |
| 7 | 4861.133 | 3.7640/-0.2764/2.9478 | 5875.326 | -0.0287/0.0459 |
| 8 | 4860.774 | 3.6205/-0.3378/2.5710 | 5875.888 | -0.0119/0.0629/-0.0059 |
| 9 | 4860.497 | 4.7526/-0.1946/3.0655 | 5875.038 | -0.0382/0.0425 |
| 10 | 4860.453 | 4.7161/-0.5149/3.1347 | 5875.372 | -0.0276/0.0417 |
| 11 | 4860.583 | 3.9971/-0.5582/2.4883 | 5876.507 | -0.0066/0.0307/-0.0008 |
| 12 | 4860.669 | 4.3030/-0.5293/2.9179 | 5873.298 | 0.1398/0.0046/0.1018 |
| 13 | 4861.312 | 3.9428/-0.4713/3.0940 | 5875.095 | -0.0170/0.0226 |

| | | | | |
|----|----------|-----------------------|----------|------------------------|
| 14 | 4861.36 | 3.9205/-0.4636/3.1066 | 5875.345 | -0.0140/0.0210 |
| 15 | 4860.703 | 4.2321/-0.4942/2.8872 | 5875.037 | -0.0184/0.0164 |
| 16 | 4861.634 | 3.3357/-0.2722/2.8679 | 5875.169 | -0.0201/0.0153/-0.0055 |
| 17 | 4860.948 | 3.3562/0.2119/2.6278 | 5874.86 | -0.0407/0.0162 |

Tabela 3.80: Medidas de centro de linha e largura equivalente das linhas NaID e [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å para HD98922.

| | NaID | | [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å | |
|----|------------|------------------------|------------------------------------|--------------|
| | Centro (Å) | W_{eq} (Å) | Centro (Å) | W_{eq} (Å) |
| 1 | 5890.275 | -0.0727/0.0926/-0.1526 | 6300.417 | -0.1330 |
| | 5896.277 | -0.0516/0.0289/-0.1190 | 6363.817 | -0.0309 |
| 2 | 5890.06 | -0.1199/0.1071/-0.1078 | 6300.395 | -0.1154 |
| | 5896.87 | -0.1171/0.0203/-0.0815 | 6363.889 | -0.0305 |
| 3 | 5890.084 | -0.1286/0.0991/-0.1144 | 6300.397 | -0.1239 |
| | 5896.103 | -0.1212/0.0276/-0.0571 | 6363.857 | -0.0326 |
| 4 | 5890.049 | -0.1259/0.1094/-0.1183 | 6300.405 | -0.1335 |
| | 5896.106 | -0.1115/0.0353/-0.0680 | 6363.864 | -0.0389 |
| 5 | 5890.051 | -0.1429/0.1040/-0.1398 | 6300.392 | -0.1269 |
| | 5895.895 | -0.1248/0.0309/-0.0893 | 6363.945 | -0.0421 |
| 6 | 5890.066 | -0.1340/0.1070/-0.1326 | 6300.408 | -0.1262 |
| | 5896.046 | -0.1087/0.0390/-0.0959 | 6363.907 | -0.0394 |
| 7 | 5890.065 | -0.1482/0.1069/-0.1397 | 6300.403 | -0.1294 |
| | 5896.065 | -0.1175/0.0366/-0.0788 | 6363.813 | -0.0365 |
| 8 | 5890.143 | -0.0952/0.1184/-0.1261 | 6300.404 | -0.1251 |
| | 5896.002 | -0.0799/0.0344/-0.0915 | 6363.843 | -0.0403 |
| 9 | 5890.136 | -0.1606/0.0965/-0.7712 | 6300.366 | -0.1177 |
| | 5896.093 | -0.1335/0.0330/-0.1292 | 6363.828 | -0.0345 |
| 10 | 5890.069 | -0.1344/0.0920/-0.1289 | 6300.314 | -0.1119 |
| | 5895.926 | -0.1362/0.0382/-0.0890 | 6363.743 | -0.0295 |
| 11 | 5890.101 | -0.1846/0.1005/-0.2013 | 6300.354 | -0.2187 |
| | 5896.051 | -0.1473/0.0457/-0.1438 | 6363.634 | -0.0715 |
| 12 | 5890.107 | -0.1749/0.0932/-0.1891 | 6300.271 | -0.1060 |
| | 5895.962 | -0.1624/0.0367/-0.1313 | 6363.765 | -0.0252 |
| 13 | 5890.072 | -0.1851/0.0969/-0.1909 | 6300.359 | -0.0982 |
| | 5896.016 | -0.1393/0.0333/-0.1303 | 6363.828 | -0.0242 |
| 14 | 5890.129 | -0.1819/0.1005/-0.2002 | 6300.386 | -0.1012 |
| | 5896.101 | -0.1570/0.0384/-0.1616 | 6363.805 | -0.0356 |
| 15 | 5890.136 | -0.1852/0.0937/-0.2030 | 6300.388 | -0.1034 |
| | 5896.083 | -0.1624/0.0322/-0.1642 | 6363.776 | -0.0291 |
| 16 | 5890.053 | -0.3016/0.0985/-0.2006 | 6300.349 | -0.1187 |
| | 5895.981 | -0.1530/0.0383/-0.1305 | 6363.819 | -0.0322 |
| 17 | 5890.398 | -0.1220/0.0795/-0.0914 | 6300.646 | -0.1405 |
| | 5896.332 | -0.0893/0.0249/-0.0600 | 6364.045 | -0.0350 |



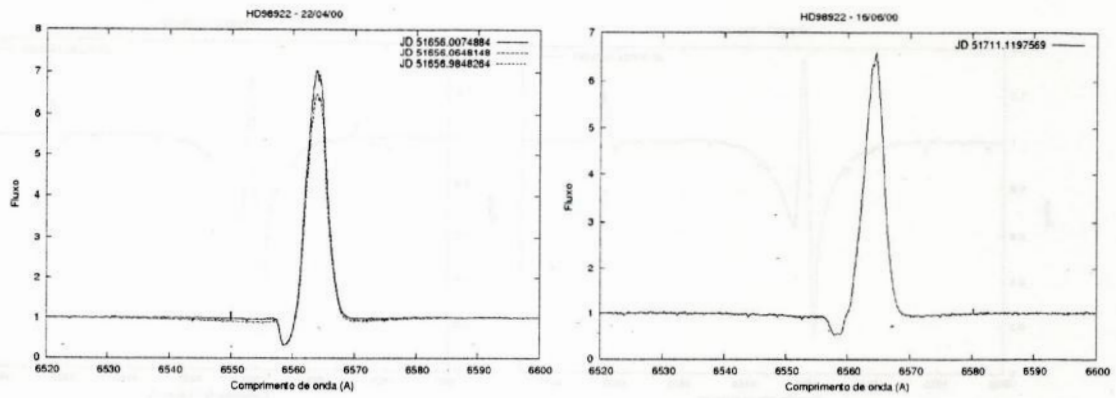
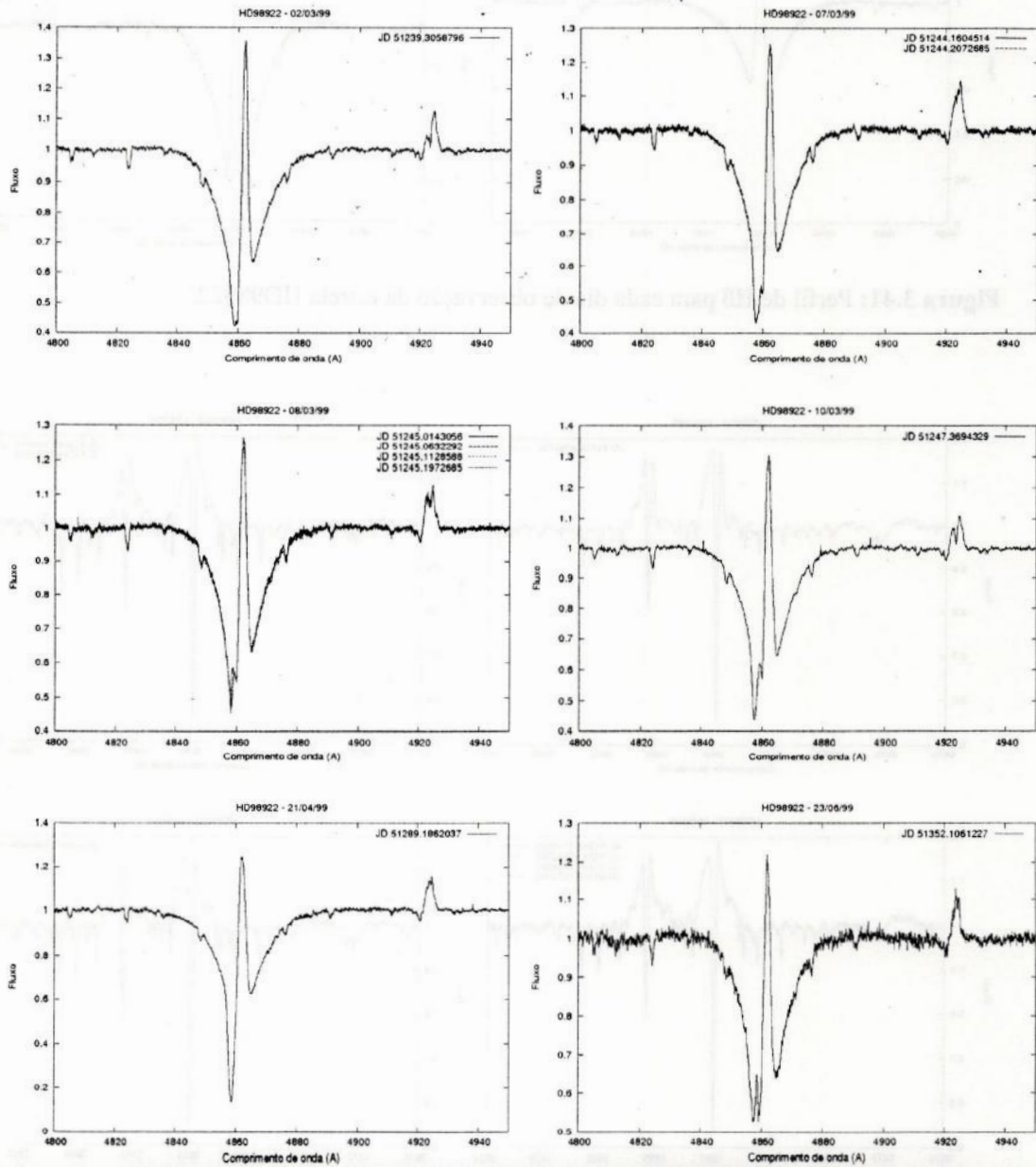


Figura 3.40: Perfil de H α para cada dia de observação da estrela HD98922.



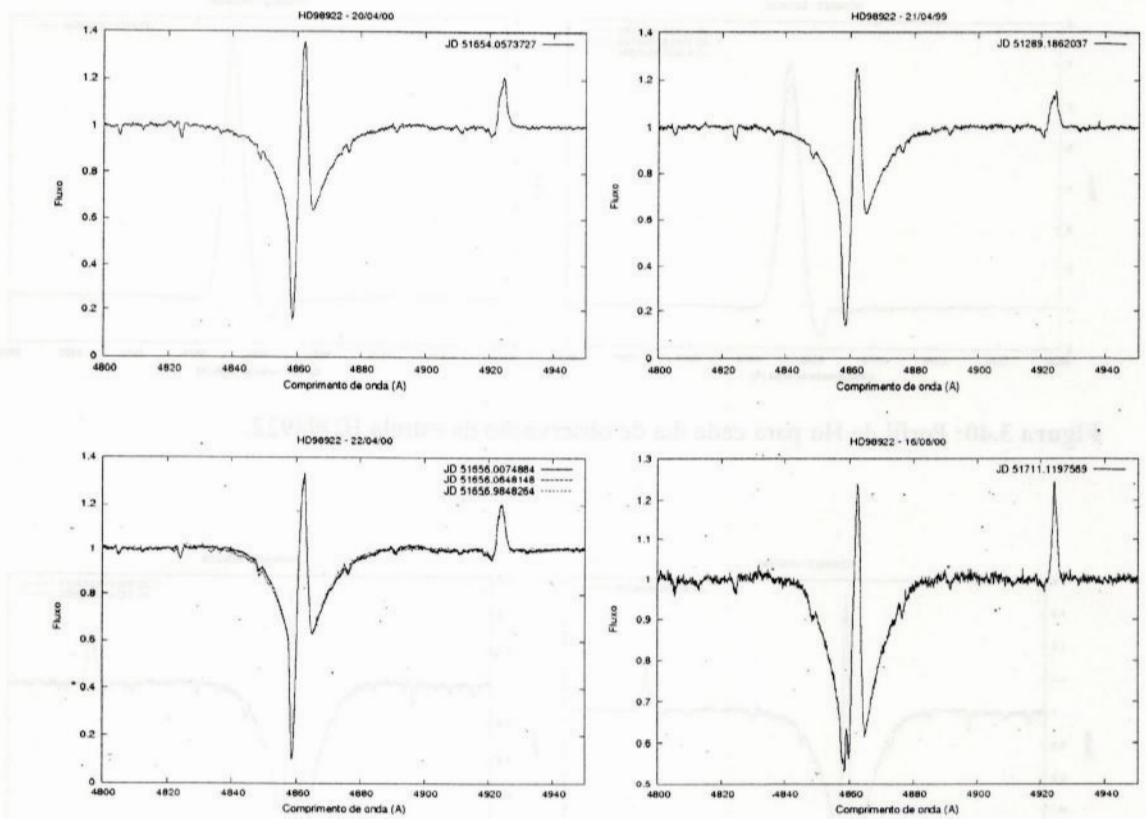
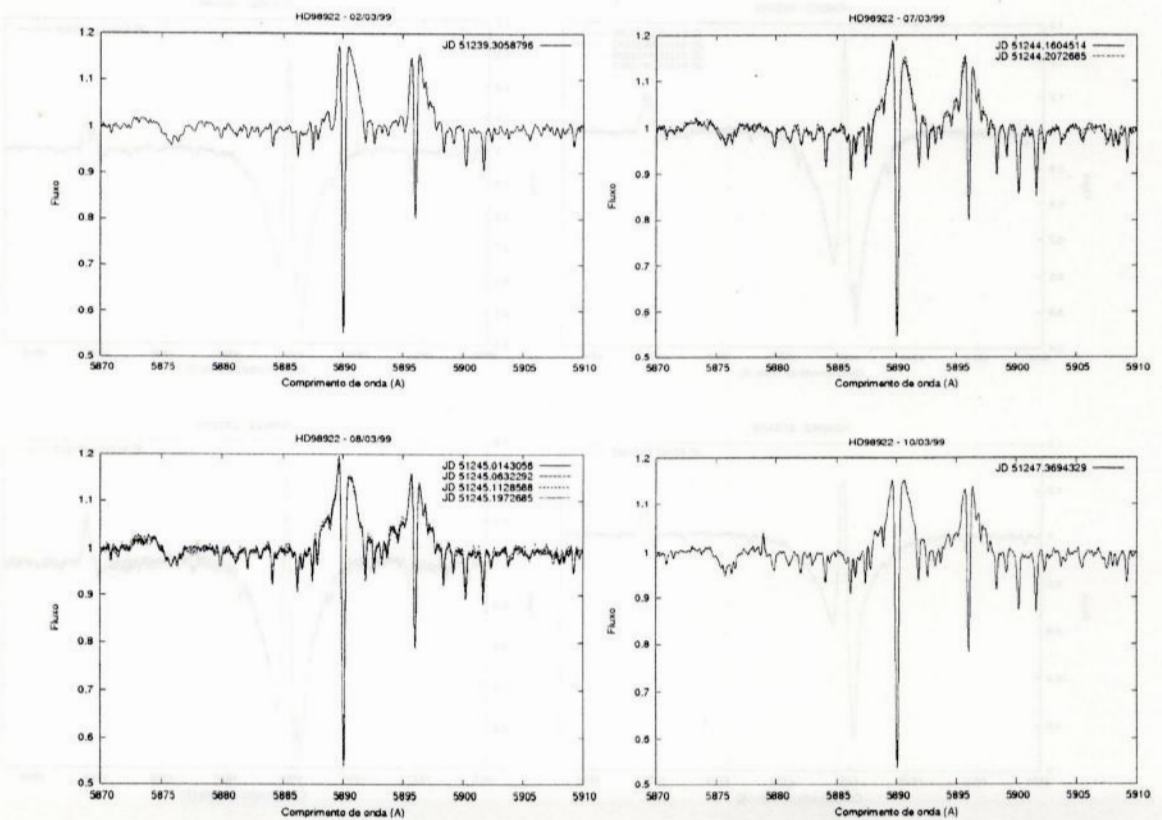


Figura 3.41: Perfil de H β para cada dia de observação da estrela HD98922.



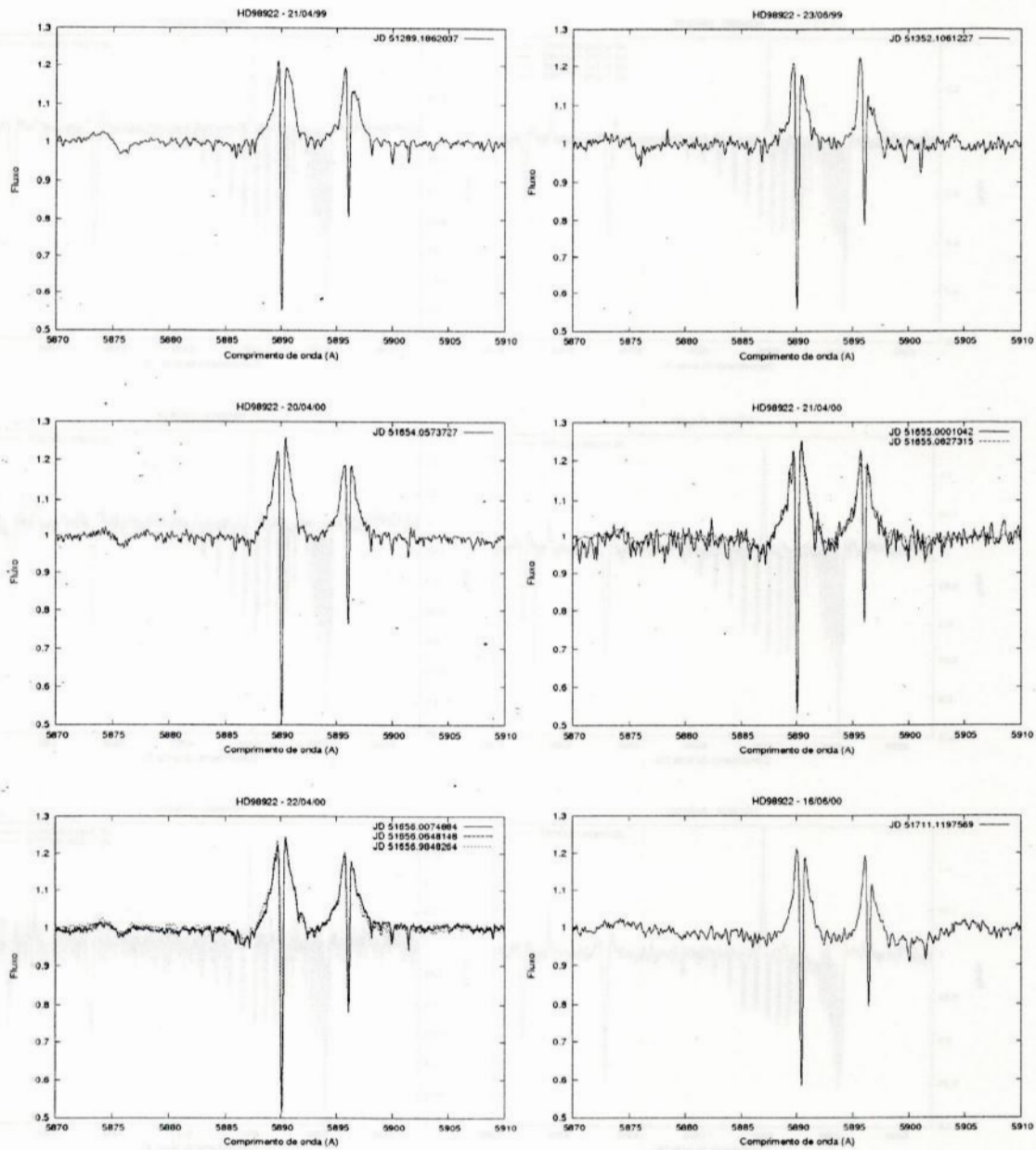
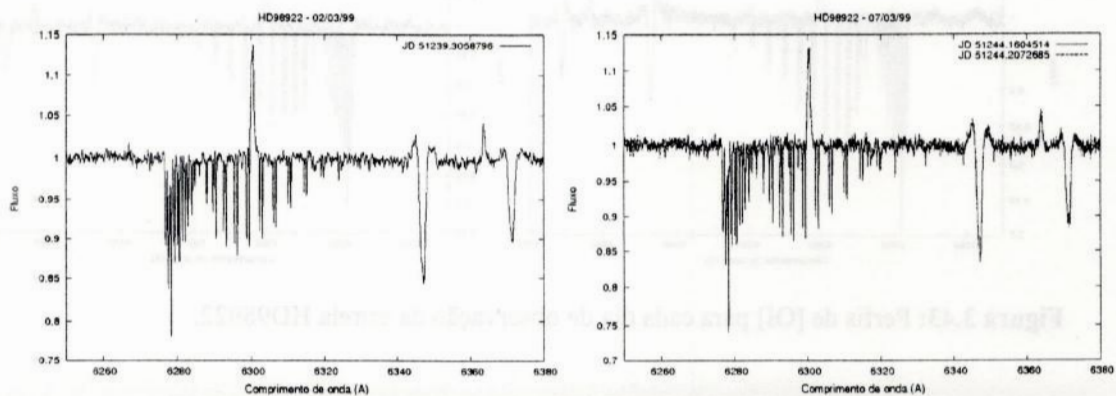


Figura 3.42: Perfis de He I e Na I D para cada dia de observação da estrela HD98922.



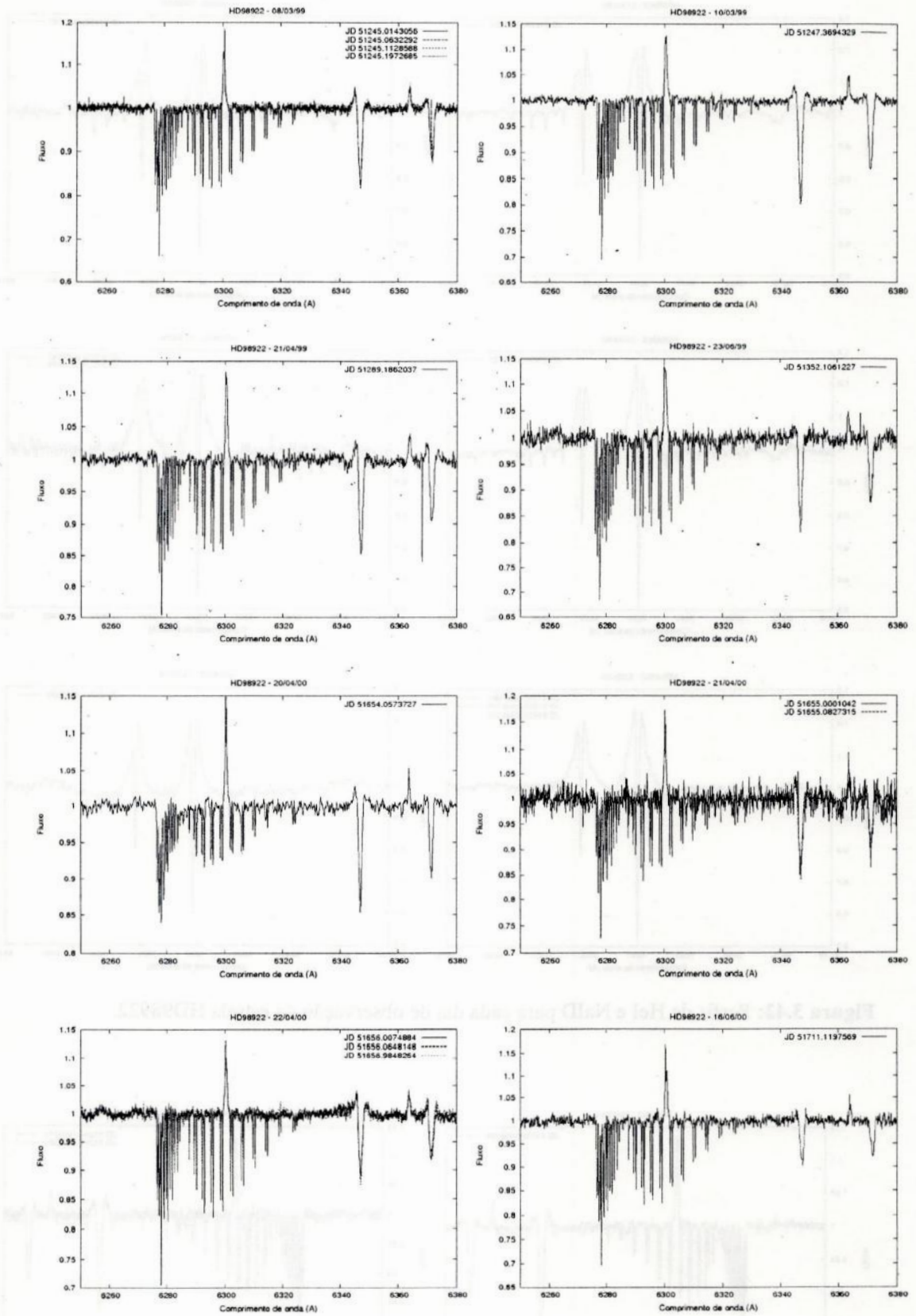


Figura 3.43: Perfis de [OI] para cada dia de observação da estrela HD98922.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo analisamos os dados obtidos no atlas do capítulo 3 e comparamos com os dados disponíveis na literatura. A análise é feita separadamente para cada objeto. Apresentamos também resultados do cálculo teórico feito com o código Cloudy para duas estrelas da amostra.

4.1 – Análise dos Dados Observacionais

4.1.1 - HD100546:

As nossas observações desse objeto (figuras 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6) mostram grandes variações nos perfis de $H\alpha$, $H\beta$ e $HeI \lambda 5876\text{\AA}$, o que já havia sido observado por Vieira et al. (1999). Acke et al. (2005) observaram as linhas proibidas [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$ (figura 4.1) e [OI] $\lambda 6363\text{\AA}$, e mediram suas larguras equivalentes $W = -0.19 \pm 0.01 \text{\AA}$ e $W = -0.06 \text{\AA}$, respectivamente. Esse resultado está de acordo com o nosso, o que já era esperado, pois essas linhas se formam em regiões mais distantes da estrela e não sofrem variações.

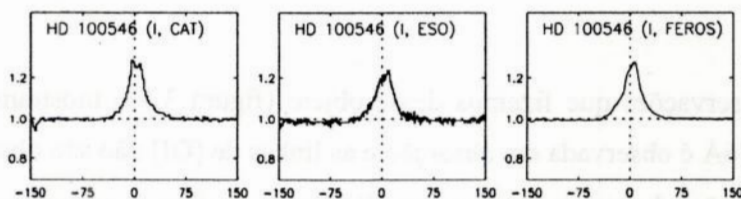


Figura 4.1: Linha [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$ para HD100546 observada por Acke et al. (2005).

4.1.2 – HD101412

Observamos $H\alpha$ com um perfil de duplo pico, com variações na intensidade dos picos, principalmente no lado vermelho (figura 3.7). É possível perceber as asas da absorção fotosférica. Não encontramos na literatura nenhuma observação em alta resolução para essa região. O perfil de $H\beta$ praticamente não apresenta variações (figura 3.7), $HeI \lambda 5876\text{\AA}$ é observada em fraca absorção e componentes circunstelares estão presentes em NaID (figura

3.7). Em relação à linha [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$, o valor que encontramos para a largura equivalente (tabela 3.8) está de acordo com os obtidos por Acke et al. (2005) e van der Plas (2008) (-0.12 ± 0.03 e $-0.13 \pm 0.01\text{\AA}$, respectivamente). Acke et al. (2005) estabelecem um valor máximo para a largura equivalente de 0.02\AA para [OI] $\lambda 6363\text{\AA}$, mas nós medimos W_{eq} em torno de 0.04\AA para essa linha.

4.1.3 – HD104237

Para esse objeto reconhecidamente variável, observamos variações nos perfis de todas as linhas estudadas (figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.11). Em duas datas (26/12/98 e 21/04/99) os perfis de H α e H β apresentam somente absorção, as evidências de forte atividade circunstelar presente na região de NaID cessam e as linhas de [OI] não são mais observadas.

4.1.4 – HD130437

Essa estrela apresenta H α com perfil de pico único, com uma pequena absorção no centro; o perfil de H β sofreu variação, inclusive com uma inversão da razão V/R de seus picos; a linha de HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ não é observada, assim como as linhas de [OI]; NaID apresenta componentes circunstelares (figura 3.12).

4.1.5 – HD132947

As duas observações que fizemos desse objeto (figura 3.13) mostram H α e H β em absorção. HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ é observada em absorção e as linhas de [OI] não são observadas. Desse modo, mais observações dessa estrela são necessárias para confirmar sua natureza HAeBe.

4.1.6 – HD141569

Nossas observações mostram um perfil de H α de duplo pico, com V>R e com as asas da absorção fotosférica claramente visíveis (figura 3.14). Essas características também foram observadas por Merín et al. (2004) e Harrington & Kuhn (2009). Observamos H β em absorção, com pequenas emissões em torno do centro da linha. A linha HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ não é observada e as linhas de [OI] em 6300 e 6363\AA são observadas em forte emissão. Os nossos

valores para a largura equivalente dessas linhas estão de acordo com Acke et al. (2005), que mediram $W_{eq} = -0.18 \pm 0.01 \text{ \AA}$ para $[\text{OI}] \lambda 6300 \text{ \AA}$ e $W_{eq} = -0.09 \text{ \AA}$ para $[\text{OI}] \lambda 6363 \text{ \AA}$.

4.1.7 - HD142666

Na observação de 23/04/99, $H\alpha$ está em absorção com uma componente em emissão no azul, $H\beta$ também aparece em absorção e a linha $\text{HeI } \lambda 5876 \text{ \AA}$ não é observada. Na observação de 24/02/00, $H\alpha$ apresenta um perfil de emissão em duplo pico muito semelhante ao observado por Harrington & Kuhn (2009) (figura 4.2), $H\beta$ está em absorção, mas com a presença de uma componente em emissão no azul e $\text{HeI } \lambda 5876 \text{ \AA}$ aparece em absorção (figura 3.14). Observamos $[\text{OI}] \lambda 6300 \text{ \AA}$ em absorção em 24/02/00, o que está de acordo com Acke et al. (2005). O espectro de 23/04/99 está muito ruidoso para essa região e não foi possível identificar nenhuma linha.

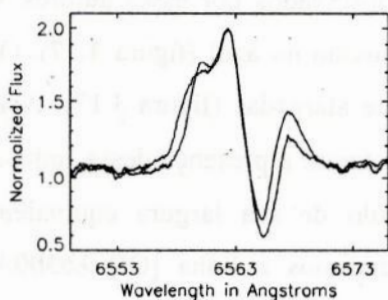


Figura 4.2: Linha $H\alpha$ de HD142666 (Harrington & Kuhn 2009).

4.1.8 – HD144432

Os dois perfis de $H\alpha$ que observamos nessa estrela são de duplo pico, com variações na intensidade da linha e no centro da absorção (figura 3.16). As observações de Pérez et al. (2004) também mostram variações no perfil dessa linha (figura 4.3). Observamos um perfil de $H\beta$ em absorção, com uma emissão variável no vermelho. $\text{HeI } \lambda 5876 \text{ \AA}$ mostra um perfil bastante complicado, com componentes em absorção e emissão, e não observamos linhas $[\text{OI}] \lambda 6300 \text{ \AA}$.

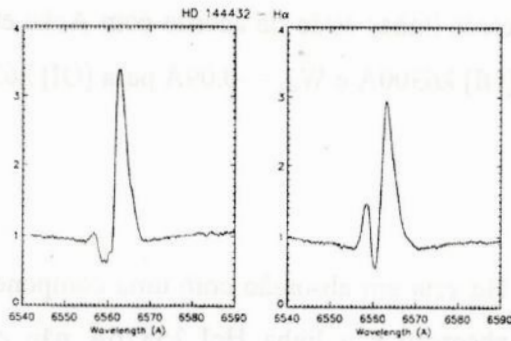


Figura 4.3: Linha H α em duas observações Pérez et al (2004) para HD144432.

4.1.9 – HD144668 (HR5999)

Finkenzeller & Mundt (1984) e Reipurth et al. (1996) realizaram observações em alta resolução dessa estrela para a região de H α (figuras 4.4 e 4.5). Os nossos perfis (figura 3.17) mantém essencialmente a mesma forma dos observados por esses autores. O perfil de H β mostra absorção, com uma componente em emissão no azul (figura 3.17). Observamos HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ em absorção e as linhas NaID bastante alargadas (figura 3.17). Acke et al. (2005) estudaram a região de [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$ e não detectaram a presença dessa linha e determinaram um limite superior de 0.04 \AA para o módulo de sua largura equivalente. Em nossas observações dessa região (figura 3.17), observamos a linha [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$, com largura equivalente entre -0.03 e -0.04 \AA .

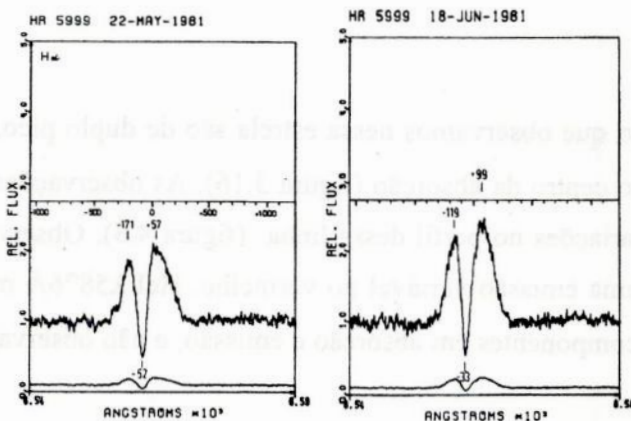


Figura 4.4: Espectros da região de H α de HD144668 (Finkenzeller & Mundt, 1984).

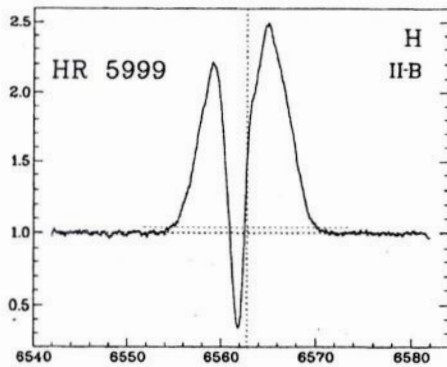


Figura 4.5: Espectro da região de $H\alpha$ de HD144668 (Reipurth et al. 1996).

4.1.10 – HD150193

Nós observamos variações nos perfis de $H\alpha$, $H\beta$, $HeI \lambda 5876\text{\AA}$ e $NaID$ (figuras 3.18, 3.19, 3.20 e 3.21). Harrington & Kuhn (2009) também observaram grandes variações no perfil de $H\alpha$ dessa estrela (figura 4.6) e os perfis de $H\alpha$ das nossas observações de 27/02/00 e 21/04/00 são bastante semelhantes ao observado por Finkenzeller & Mundt (1984) (figura 4.7). Em relação às linhas $[OI]$, observamos emissão em 6300\AA em todas as datas e emissão em 6363\AA em 23/06/99.

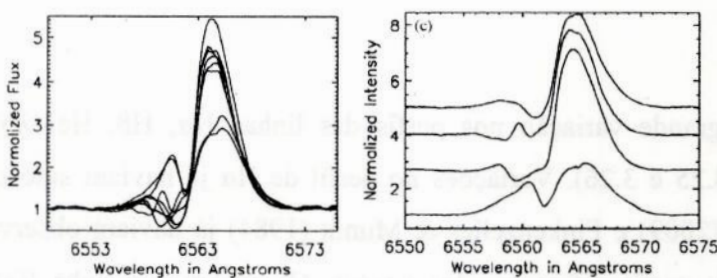


Figura 4.6: Variações no perfil de $H\alpha$ para HD150193 (Harrington & Kuhn 2009).

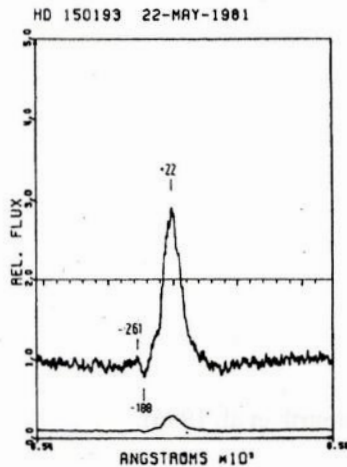


Figura 4.7: Perfil de H α para HD150193 (Finkenzeller & Mundt).

4.1.11 – HD156702

Observamos um perfil de pico único de H α , com uma pequena absorção no centro da linha, o perfil de H β é de duplo pico, com a presença marcante das asas da absorção fotosférica, HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ está presente em absorção e não há a presença de linhas de [OI] (figura 3.22). Não observamos nenhum tipo de variação no perfil das linhas estudadas e não existem observações espectroscópicas dessa estrela na literatura para que possamos comparar com as nossas.

4.1.12 – HD163296

Observamos grande variação nos perfis das linhas H α , H β , HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ e NaID (figuras 3.23, 3.24, 3.25 e 3.26). Variações no perfil de H α já haviam sido observadas por Harrington & Kuhn (2009) e Finkenzeller & Mundt (1984) já haviam observado essa linha (figura 4.8), com um perfil diferentes dos nossos. Observamos a linha [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$ em emissão, com larguras equivalentes dentro do limite superior estabelecido por Acke et al. (2005).

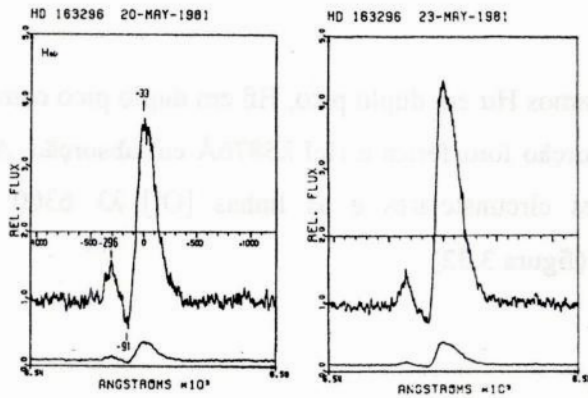


Figura 4.8: Perfis de H α observados por Finkenzeller & Mundt (1984)

4.1.13 – HD293782 (UX Ori)

O perfil de H α observado por Reipurth et al. (1996) para HD293782 (figura 4.9) é bastante semelhante aos nossos (figura 3.27), com exceção do nosso espectro de 29/02/00, onde desaparece uma pequena componente em emissão em 6564.4\AA . H β é observada em absorção, com uma componente em emissão no azul, e apresenta alguma variação (figura 3.28). Observamos HeI em absorção e componentes em absorção fotosféricas em NaID (figura 3.29).

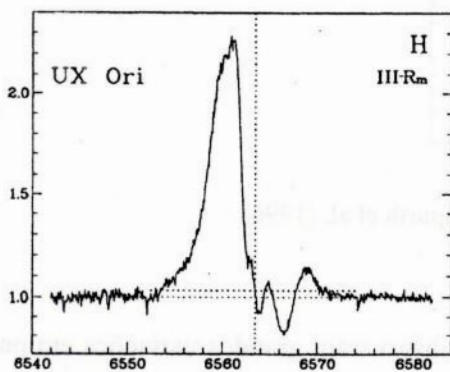


Figura 4.9: Região de H α observada por Reipurth et al. (1996).

4.1.14 - HD34282

Observamos H α em duplo pico e com asas de absorção fotosférica, característica já relatada por Merín et al. (2004), H β e HeI 5876\AA em absorção e [OI] 6300\AA em emissão (figura 3.31).

4.1.15 – HD50138

Para esse objeto, observamos H α em duplo pico, H β em duplo pico com uma absorção central bem forte e asas de absorção fotosférica e HeI λ 5876Å em absorção. As linhas NaID mostram também componentes circunstelares e as linhas [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å são observadas em intensa emissão (figura 3.32).

4.1.16 – HD76534

HD76534 foi observada por Reipurth et al. (1996) na região de H α (figura 4.10). Nossas observações para essa região (figura 3.33) mostram uma grande diferença em relação ao perfil observado por esses autores. As asas de absorção fotosférica são claramente visíveis em nossos espectros e a emissão no azul é maior do que no vermelho, ao contrário do observado por Reipurth et al. (1996). Além disso, uma componente extra em emissão aparece em nossa observação, em torno de 6550Å, com uma absorção deslocada para o azul, o que pode indicar ejeção de matéria.

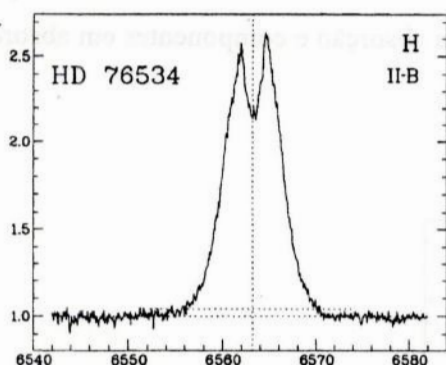


Figura 4.10: Região de H α observada por Reipurth et al. (1996).

Oudmajer & Drew (1997, 1999) observaram grandes variações em pequena escala de tempo no perfil de H α . A linha H β também foi observada (figura 4.11), com um perfil bastante diferente do observado por nós (figura 3.33), que não apresenta emissão.

As nossas observações da região de NaID mostram HeI λ 5876Å em absorção, mas com uma assimetria no azul, o que indica uma incidência de vento (figura 3.33).

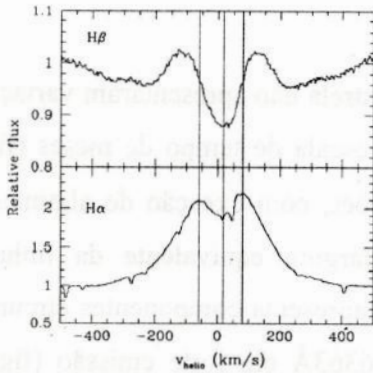


Figura 4.11: Perfis de H α e H β observados por Oudmaijer & Drew (1999).

4.1.17 – HD85567

Os perfis de H α , H β , HeI λ 5876Å e NaID que observamos (figura 3.34) são muito semelhantes aos observados por Miroshnichenko et al. (2001) (figura 4.12). As nossas medidas de largura equivalente para essas linhas estão de acordo com as feitas por esses autores. Observamos também as linhas [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å em forte emissão.

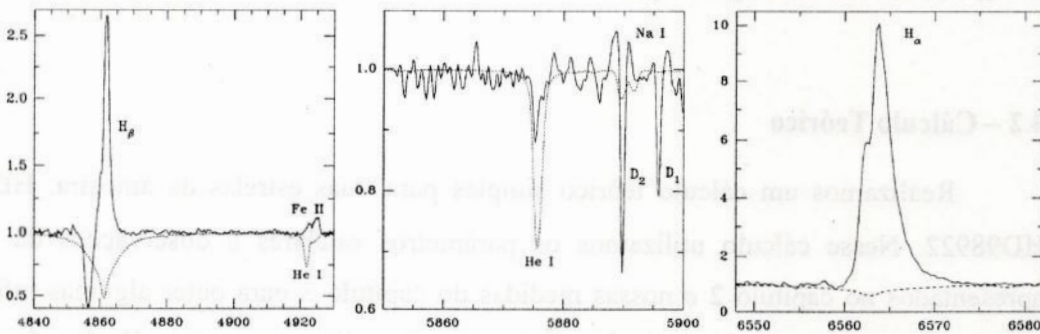


Figura 4.12: Perfis das linhas H α , H β , HeI λ 5876Å e NaID (Miroshnichenko et al. 2001).

4.1.18 – HD94509

As nossas observações para esse objeto mostram H α em duplo pico com uma forte absorção central. H β também mostra essas características, além da presença de grandes asas de absorção fotosférica. As linhas NaID mostram componentes circunstelares (figura 3.35).

4.1.19 – HD95581

Os perfis de H α que observamos nessa estrela não apresentaram variação significativa em escala de tempo de dias, mas variaram na escala de tempo de meses (figura 3.36). H β manteve o mesmo perfil em todas as observações, com exceção de algumas variações nas componentes em emissão (figura 3.37). A largura equivalente da linha HeI λ 5876Å apresentou variações, assim como o NaID, que apresenta componentes circunstelares (figura 3.38). Observamos as linhas [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å em forte emissão (figura 3.39), com valores de largura equivalente semelhantes aos medidos por Acke et al. (2005).

4.1.20 – HD98922

Observamos H α com perfil P-Cygni nesse objeto e esse perfil não varia significativamente em escala de tempo de dias ou meses (figura 3.40). H β mostra uma absorção com uma forte emissão central, cuja intensidade varia com o tempo (figura 3.41). Observamos ainda HeI λ 5876Å em absorção e componentes circunstelares de NaID (figura 3.42). Além disso, observamos as linhas [OI] $\lambda\lambda$ 6300 e 6363Å em forte emissão (figura 3.43), com valores de largura equivalente semelhantes aos medidos por Acke et al. (2005).

4.2 – Cálculo Teórico

Realizamos um cálculo teórico simples para duas estrelas da amostra, HD76534 e HD98922. Nesse cálculo utilizamos os parâmetros estelares e observações da literatura apresentados no capítulo 2 e nossas medidas do capítulo 3 para obter algumas informações sobre os envoltórios dessas estrelas. É importante salientar que os cálculos foram feitos considerando um envoltório de geometria esférica.

4.2.1 – O Código Cloudy

Para o cálculo teórico utilizamos a versão 07.00 do código Cloudy, descrito por (Ferland et al. 1998). Esse código bastante complexo calcula, entre outras coisas, os graus de ionização, a temperatura e a estrutura química de uma nuvem, que pode ou não estar exposta a uma fonte de radiação, e estima o seu espectro (sem definir o perfil das linhas). No nosso caso, a fonte de radiação é a estrela central e a nuvem é o seu envoltório.

O cálculo é feito a partir de um arquivo de entrada (exemplo na figura 4.13) que contém os parâmetros da estrela central (T_{ef} , L , R , $\log(g)$ e abundância química) e do envoltório (geometria, composição química, densidade, espessura e outros). O código então computa a estrutura da nuvem e o seu espectro. O arquivo de entrada também pode ser escrito de forma que o Cloudy compile uma rede de modelos, variando os parâmetros selecionados até encontrar os que mais se adequem às condições de contorno.

```

title - this is the input stream for a planetary nebula
//
// the double slash is one format for comments,
//
// set the temperature of the central star
blackbody, temp = 100,000K
//
// set the log of the total luminosity (erg / s) of the central star
luminosity total 38
//
// this sets a "typical" PN chemical composition
// including grains
abundances planetary nebula
//
// log of inner radius of nebula in cm
radius 17
//
// log of hydrogen density - cm-3 -
// constant H density is done by default
hden 4
//
// this is a sphere with large covering factor sphere
sphere

```

Figura 4.13: Exemplo de arquivo de entrada do código Cloudy (Ferland et al. 2006).

4.2.2 – Cálculo Teórico de HD76534

Escolhemos essa estrela porque as nossas observações de $H\alpha$ mostraram características diferentes das observadas por outros autores. Além disso, há observações de linhas de H_2 no espectro UV dessa estrela, observado pelo *FUSE* (Martin et al. 2004), o que fornece mais uma condição de contorno. Para o cálculo teórico, compilamos uma rede de modelo que variava a luminosidade da linha $H\alpha$ até que o seu valor ficasse compatível com as nossas observações. A luminosidade da linha observada foi calculada através da relação dessa grandeza com a largura equivalente da linha, o fluxo do contínuo nessa região e a distância do objeto. A largura equivalente foi medida ($W \sim -3\text{\AA}$), o fluxo do contínuo foi calculado com um modelo de atmosfera do Kurucz e a distância utilizada no cálculo foi retirada da literatura.

O cálculo teórico indicou que o hidrogênio molecular está presente no envoltório da estrela a partir de 1000 raios estelares (figura 4.14), o que é compatível com o trabalho de

Martin et al. (2004). Por outro lado, o resultado forneceu um valor para a densidade de coluna de H_2 que não está de acordo com as observações do *FUSE*. Isso indica que os parâmetros de entrada devem ser melhorados, principalmente a lei de densidade, que consideramos como constante nesse cálculo. A presença de grãos também devem ser considerada no cálculo.

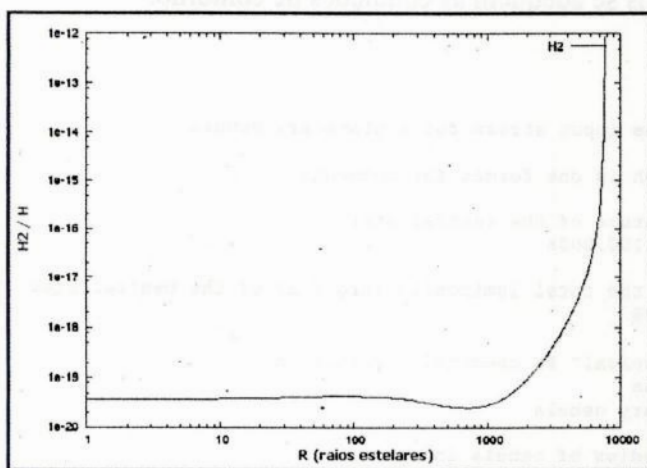


Figura 4.14: Resultado do cálculo teórico de HD76534: H_2 é observado no envoltório da estrela a partir de 1000 raios estelares ($\approx 11UA$).

4.2.3 – Cálculo Teórico de HD98922

Esse objeto foi escolhido porque, além de o termos observado muitas vezes, os resultados de Malfait et al. (1998) indicam que o seu envoltório é simples, com apenas uma componente de poeira. Para o cálculo teórico, consideramos um envoltório com a seguinte lei de densidade, bastante utilizada na literatura (ex: Pezutto et al. 1997; Malfait et al. 1998).

$$n(r) = n_0 (R/r)^p.$$

onde $n(r)$ é a densidade volumétrica do envoltório em função de seu raio, n_0 é a densidade na camada interna do envoltório, R é o raio da estrela e p é um fator de potência.

Para HD98922, fixamos $p=1.35$, que é o valor calculado por Malfait et al. (1998) através do ajuste da SED. Variamos então a densidade inicial de hidrogênio (h_{den}) entre 10^5 e 10^{10} cm^3 . O início do envoltório foi fixado em $10 R_{\star}$, de maneira a termos uma temperatura eletrônica de aproximadamente 0.8 vezes a temperatura efetiva, e o raio final foi de $10000 R_{\star}$, ou menos, se a temperatura do envoltório atingisse 2000K antes desse raio.

Tabela 4.1: Resultado fornecido pelo código Cloudy no cálculo teórico de HD98922, mostrando a luminosidade das linhas para cada valor de densidade do envoltório. As luminosidades de cada linha estão normalizadas em relação à luminosidade de H β , que corresponde à última coluna.

| <i>hden</i> (cm ³) | L HI 6365Å | L HI 4861Å | L [OI] 6300Å | L HeI 5876Å | L NaI 5892Å | L H β (erg.s ⁻¹ .cm ⁻²) |
|--------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|--|
| 5.0 | 9.151e+00 | 1.000e-00 | 6.287e-07 | 3.269e-05 | 9.608e-04 | 26.685 |
| 5.5 | 6.437e+00 | 1.000e-00 | 9.238e-07 | 5.339e-05 | 9.566e-04 | 27.638 |
| 6.0 | 5.232e+00 | 1.000e-00 | 6.714e-06 | 3.403e-04 | 1.804e-03 | 28.129 |
| 6.5 | 5.589e+00 | 1.000e-00 | 7.750e-05 | 2.611e-03 | 7.515e-03 | 28.440 |
| 7.0 | 8.240e+00 | 1.000e-00 | 2.274e-03 | 7.902e-03 | 9.167e-03 | 29.113 |
| 7.5 | 8.442e+00 | 1.000e-00 | 7.301e-03 | 1.050e-02 | 8.670e-03 | 30.947 |
| 8.0 | 7.591e+00 | 1.000e-00 | 1.049e-02 | 1.251e-02 | 7.699e-03 | 31.814 |
| 8.5 | 4.833e+00 | 1.000e-00 | 1.647e-02 | 1.522e-02 | 6.980e-03 | 32.416 |
| 9.0 | 3.345e+00 | 1.000e-00 | 1.745e-02 | 3.360e-02 | 1.203e-02 | 32.971 |
| 9.5 | 1.920e+00 | 1.000e-00 | 1.289e-02 | 8.663e-02 | 2.148e-02 | 33.391 |
| 10.0 | 1.344e+00 | 1.000e-00 | 1.232e-02 | 1.548e-01 | 4.044e-02 | |

Os resultados procurados foram as luminosidades das linhas H α , H β , HeI λ 5876Å, NaI λ 5890Å e [OI] λ 6300Å, o que pode ser visto na tabela 4.1. A figura 4.15 mostra esses resultados para todas as linhas, sendo a variabilidade de H α bem mais intensa. As figuras 4.16, 4.17 e 4.18 mostram claramente como cada linha tem um comportamento diferente das demais: H β tem um crescimento monotônico, HeI aumenta bastante sua intensidade a partir de uma densidade inicial de 10^{8.5} cm³ e NaI mostra um grande crescimento em uma faixa estreita de densidade (10⁹ – 10¹⁰ cm³). A figura 4.19 nos mostra a contribuição de cada camada do envoltório para a formação de cada uma das linhas, dependendo do valor da densidade.

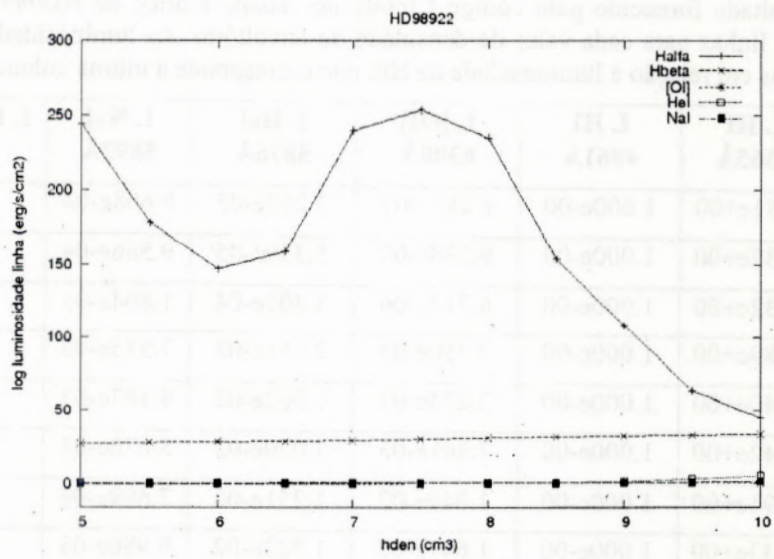


Figura 4.15: Luminosidade das linhas H α , H β , HeI λ 5876Å, NaI λ 5890Å e [OI] λ 6300Å em função da densidade do envoltório.

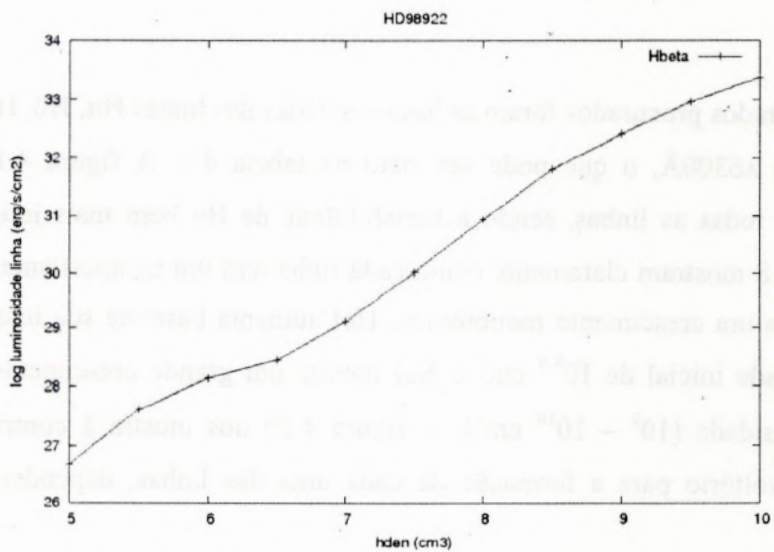


Figura 4.16: Luminosidade da linha H β em função da densidade do envoltório.

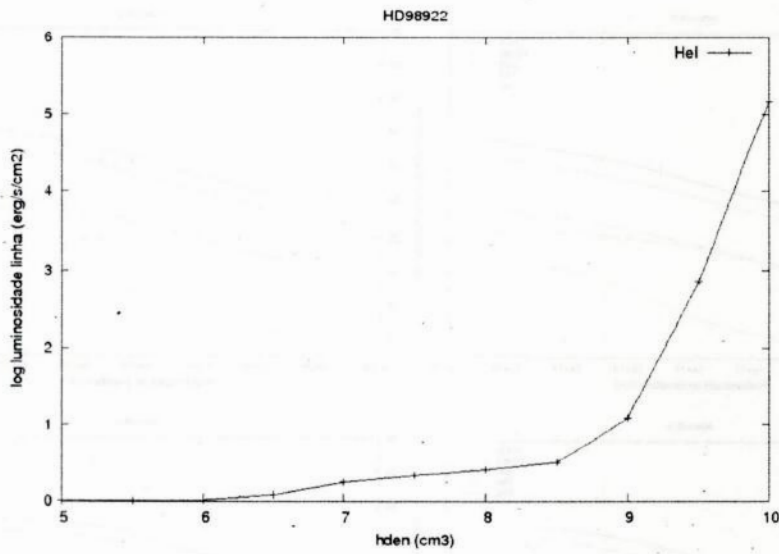


Figura 4.17: Luminosidade da linha HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ em função da densidade do envoltório.

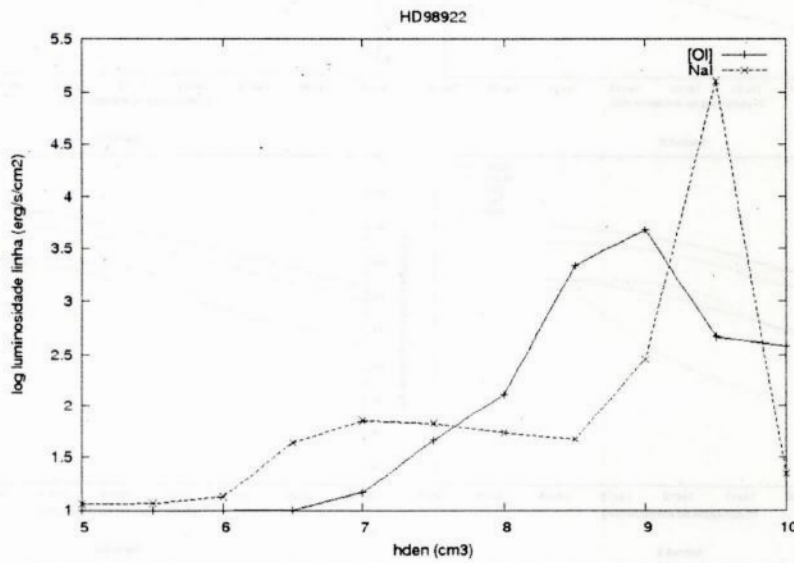
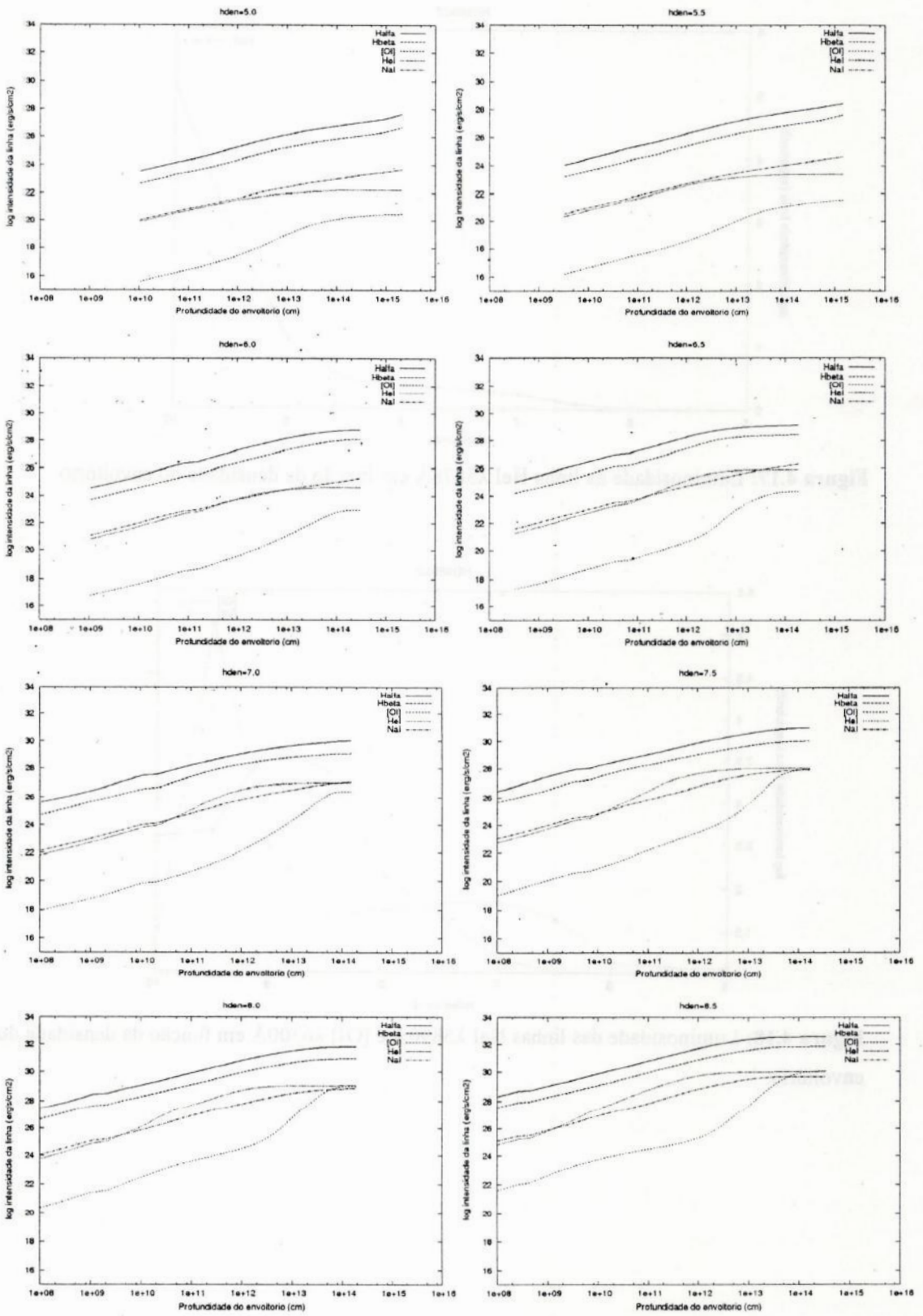


Figura 4.18: Luminosidade das linhas NaI $\lambda 5890\text{\AA}$ e [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$ em função da densidade do envoltório.



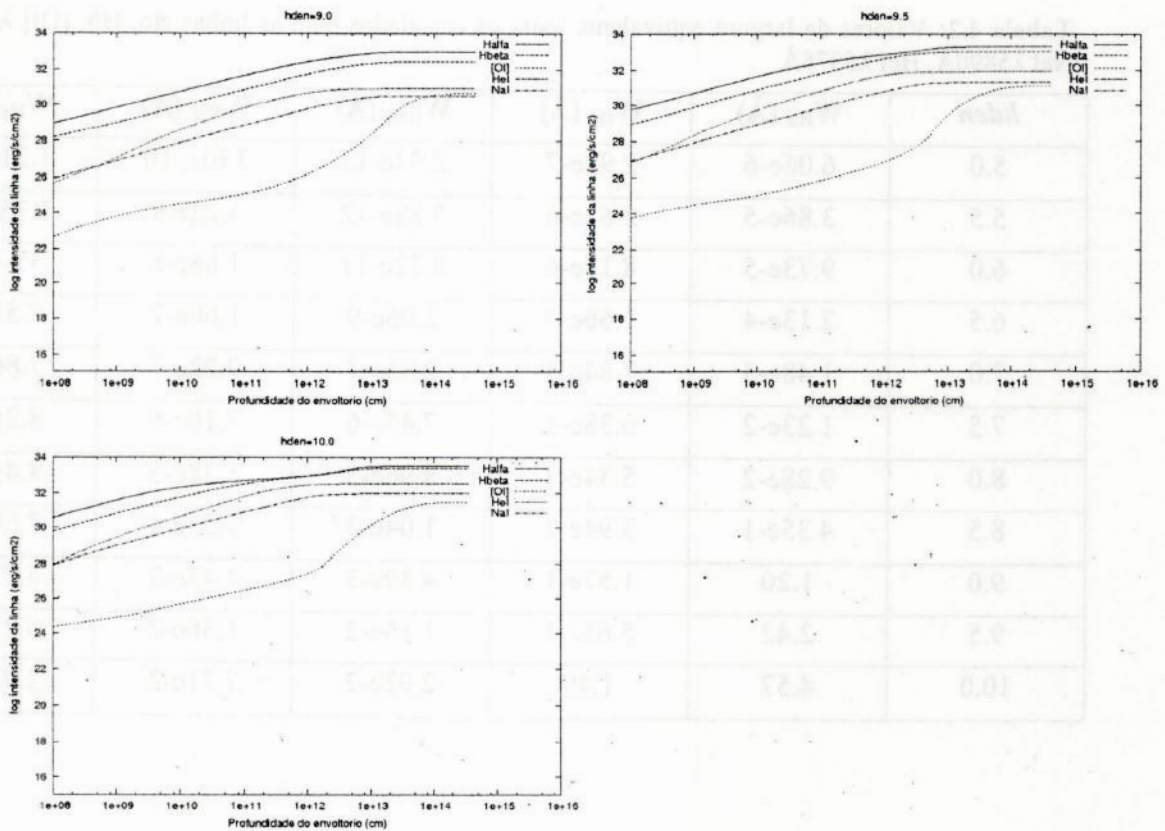


Figura 4.19: Intensidade das linhas H α , H β , HeI λ 5876Å, NaI λ 5890Å e [OI] λ 6300Å em função da profundidade do envoltório, medida a partir do começo do mesmo.

Utilizando os resultados obtidos desses cálculos, calculamos a largura equivalente teórica das linhas estudadas (tabela 4.2) para comparar com os valores observados. Vemos que os valores teóricos encontrados foram sistematicamente mais baixos do que os valores das larguras equivalentes observadas para todas as linhas. Como já dito, nesse cálculo fixamos o valor do fator de potência p como 1.35. Então, uma melhoria a se fazer no cálculo é utilizar valores menores para esse fator, de modo que a densidade diminua mais suavemente com a profundidade do envoltório e os valores teóricos de largura equivalente das linhas sejam maiores.

Mesmo sem conseguir reproduzir os valores de largura equivalente observados, os nossos resultados apontam que a análise do comportamento das linhas espectrais é uma boa ferramenta para se compreender melhor os envoltórios de estrelas HAeBe.

Tabela 4.2: Valores de largura equivalente teóricos calculados para as linhas H α , H β , [OI] λ 3600Å, NaI λ 5890Å, HeI λ 5876Å.

| <i>hden</i> | $W_{H\alpha}$ (Å) | $W_{H\beta}$ (Å) | $W_{[OI]}$ (Å) | W_{NaI} (Å) | W_{HeI} (Å) |
|-------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|---------------|
| 5.0 | 6.06e-6 | 2.92e-7 | 2.94e-13 | 3.61e-10 | 1.21e-11 |
| 5.5 | 3.86e-5 | 2.62e-6 | 3.88e-12 | 3.22e-9 | 1.78e-10 |
| 6.0 | 9.73e-5 | 8.13e-6 | 8.72e-11 | 1.88e-8 | 3.51e-9 |
| 6.5 | 2.13e-4 | 1.66e-5 | 2.06e-9 | 1.60e-7 | 5.51e-8 |
| 7.0 | 1.48e-3 | 7.84e-5 | 2.85e-7 | 9.22e-7 | 7.86e-7 |
| 7.5 | 1.23e-2 | 6.38e-4 | 7.45e-6 | 7.10e-6 | 8.26e-6 |
| 8.0 | 9.28e-2 | 5.34e-3 | 8.96e-5 | 5.28e-5 | 8.49e-5 |
| 8.5 | 4.35e-1 | 3.94e-2 | 1.04e-3 | 3.53e-4 | 7.60e-4 |
| 9.0 | 1.20 | 1.57e-1 | 4.39e-3 | 2.43e-3 | 6.71e-3 |
| 9.5 | 2.42 | 5.65e-1 | 1.16e-2 | 1.56e-2 | 6.21e-2 |
| 10.0 | 4.57 | 1.49 | 2.92e-2 | 7.71e-2 | 2.92e-1 |

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesse trabalho, apresentamos um atlas com quatro regiões espectrais diferentes de uma amostra de estrelas HAeBe e as medidas de largura equivalente das linhas $H\alpha$, $H\beta$, HeI $\lambda 5876\text{\AA}$, $NaID$ e $[OI] \lambda\lambda 6300\text{\AA}$ e 6363\AA , fornecendo informações que poderão ser utilizadas em trabalhos futuros. Além disso, com o resultado de nosso cálculo teórico simples, ressaltamos a importância de se criar diagramas para diagnóstico dos envoltórios das estrelas HAeBe (como mostrado nas figuras 4.15 a 4.18). Esse procedimento poderia ser, eventualmente, transportado para dentro de modelos mais complexos e específicos dos envoltórios, e com geometrias mais realistas.

Uma outra questão, que não abordamos em nosso cálculo, é a variabilidade das estrelas HAeBe. Acreditamos que um maior entendimento dessa característica passa pelo monitoramento constante, espectroscópico e fotométrico, desses objetos.

REFERÊNCIAS

- Aarnio, A. N., Weinberg, A. J., Stassun, K. G., Mamajek, E. E., James, D. J. 2008, ApJ 136, 2483.
- Acke, B. & van den Ancker, M. E. 2004, A&A 426, 151.
- Acke, B. & van den Ancker, M. E. 2006, A&A 449, 267.
- Acke, B. & van den Ancker, M. E. 2006, A&A 457, 171.
- Acke, B. & van den Ancker, M. E., Dullemond, C. P. 2005, A&A 436, 209.
- Alvarez, M., Schuster, W. J. 1981, RmxAA 6, 163.
- Andrillat Y., Jaschek, M., Jaschek, C. 1990, A&A 233, 474.
- Ardila, D. R., Golimowski, D. A., Kristi, J.E., Clampin, M., Williams, J. P., Blakeslee, J. P., Ford, H. C., Hartig, G. F., Illingworth, G. D. 2004, ApJ 617, L147.
- Ardila, D. R., Golimowski, D. A., Kristi, J.E., Clampin, M., Ford, H. C., Illingworth, G. D. 2007, ApJ, 665, 512.
- Augereau, J. C., Lagrange, A. M., Mouillet, D., Ménard, F. 2001, A&A 365, 78.
- Baade, D. & Stahl, O. 1989, A&A 209, 255.
- Baines, D., Oudmaijer, R. D., Porter, J. M., Pozzo, M. 2006, MNRAS 367, 737.
- Bastien, P. & Ménard, F. 1988, ApJ 326, 334.
- Bessel, M. S. & Eggen, O. J. 1972, ApJ 177, 209.
- Bertout, C., Robichon, N., Arenou, F. 1999, A&A 352, 574.
- Bibo, E. A. & Thé, P. S. 1990, A&A 236, 155.
- Bibo, E. A. & Thé, P. S. 1991, A&ASS 89, 319.
- Bjorkman, K. S., Miroshnichenko, A. S., Bjorkman, J. E., Meade, M.R., Babler, B. L., Code, A. D., Anderson, C. M., Fox, G. K., Johnson, J.J., Weitenbeck, A. J., Zellner, N. E. B., Lupie, O.L. 1998, ApJ 509, 904.
- Blondel, P. F. C., Talavera, A., Tjin A Djie, H. R. E. 1993, A&A 268, 624.
- Blondel, P. F. C., Tjin A Djie, H. R. E. 2006, A&A 456 1045.
- Boccaletti, A., Augereau, J. C., Marchis, F., Hahn, J. 2003, ApJ 585, 494.
- Brittain, S. D., Simon, T., Najita, J. R., Rettig, T. 2007, ApJ 659, 685.
- Böhm, T. & Catala, C. 1994, A&A 290, 167.
- Böhm, T., Catala, C., Balona, L., Carter B. 2004, A&A 427, 907.
- Bond, H. E. 1970, PASP 82, 1065.
- Bouwman, J., de Koter, A., Dominik, C., Waters, L., B., F. M. 2003, A&A 401, 577.
- Carballo, R., Wesseliuss, P. R., Whittet, D. C. B. 1992, A&A 262, 106.
- Carmona, A., van den Ancker, M. E., Henning, Th. 2007, A&A 464, 687.
- Carmona, A., van den Ancker, M. E., Henning, Th., Pavlyuchenkov, Ya., Dullemond, C. P., Goto, M., Thi, W.F., Bouwman, J., Waters, L. B. F. M. 2008, A&A 477, 839.

- Chiang, E. I. & Goldreich, P. 1997, ApJ 490, 368.
- Cloudy & Associates – Photoionization simulations for the discriminating astrophysicist. Disponível no link <<http://www.nublado.org>> .
- Corcoran, M., Ray, T. P. 1998, A&A 331, 147.
- Corpron, P., Lagrange, A. M. 1999, A&A 136, 429.
- Corradi, W. J. B., Franco, G. A. P., Jnude, J. 1997, A&A 326, 1215.
- Deleuil, M., Bouret, J. C., Catala, C., Lecavelier des Etanges, A., Vidal-Madjar, A., Roberge, A., Feldman, P. D., Martin, C., Ferlet, R. 2005, A&A 429, 247.
- de Winter, D., van den Ancker, M. E. 1997, A&A 121, 275.
- de Winter, D., van den Ancker, M. E., Maira, A., Thé, P.S., Tjin A Djie, H. R. E., Redondo, I., Eiroa, C., Molster, F. J. 2001, A&A 380, 609.
- Dent, W. R. F., Greaves J. S., Coulson, I. M. 2005, MNRAS 359, 663.
- Dominik, C., Dullemond, C. P., Waters, L. B. F. M., Walch, S. 2003, A&A 398, 607.
- Donati, J. F., Semel, M., Carter, B. D., Rees, D. E., Cameron, A. C. 1997, MNRAS 291, 658.
- Dullemond, C. P., Dominik, C., Natta, A. 2001, ApJ 560, 957.
- Dunkin, S. K., Barlow, M. J., Ryan, S. G. 1997, MNRAS 286, 604.
- Dunkin, S. K., Barlow, M. J., Ryan, S. G. 1997, MNRAS 290, 165.
- Fedele, D. van den Ancker, M. E., Acke, B., van der Plas, G., van Boekel, R., Wittkowski, M., Henning, Th., Bouwman, J., Meeus, G., Rafanelli, P. 2008, A&A 491, 809.
- Feigelson, E. D., Gaffney III, J. A., Garmire, G., Hillenbrand, L. A., Townsley, L. 2003, ApJ 589, 911.
- Finkenzeller, U. & Mundt, R. 1984, A&A 55, 109.
- Finkenzeller, U. 1985, A&A 151, 340.
- Fukagawa, M., Tamura, M., Itoh, Y., Hayashi, S. S., Oasa, Y. 2003, ApJ 590, L49.
- Garcia Lopez, R., Natta, A., Testi, L., Habart, E. 2006, A&A 459, 837.
- Garrison, L. M. & Anderson, C. M. 1977, ApJ 218, 438
- Geers, V. C., van Dishoeck, E. F., Visser, R., Pontoppidan, K. M., Augereau, J. C., Habart, E., Lagrange, A. M. 2007, A&A 476, 279.
- Grady, C. A., Pérez, M. R., Thé, P. S. 1994, ASPC 62, 409.
- Grady, C. A., Pérez, M. R., Thé, P. S., Grinin, V. P., de Winter, D., Johnson, S. B., Talavera, A. 1995, A&A 302, 472.
- Grady, C. A., Polomski, E. F., Henning, Th., Stecklum, B., Woodgate, B. E., Telesco, C. M., Piña, R. K., Gull, T. R., Boggess, A., Bowers, C. W. e 19 co-autores. 2001, AJ 122, 3396
- Grady, C. A., Devine, D., Woodgate, B., Kimble, R., Bruhweiler, F. C., Boggess, A., Linsky, J. L., Plait, P., Clampin, M., Kalas, P. 2000, ApJ 544, 895.

- Grady, C. A., Woodgate, B., Torres, C. A. O., Henning, Th., Apai, D., Rodmann, J., Wang, H., Stecklum, B., Linz, H., Williger, G. M. e 9 co-autores. 2004, ApJ 608, 809.
- Grady, C. A., Woodgate, B., Heap, S. R., Bowers, C., Nuth III, J.A., Herczeg, G. J., Hill, H. G. M. 2005, ApJ 620, 470.
- Grinin, V. P., Kiselev, N. N., Minikulov, N. KH., Chernova, G. P., Voshchinnikov, N. V. 1991, Ap&SS 186, 283.
- Grinin, V. P., Thé, P. S., de Winter, D., Giampapa, M., Rostopchina, A. N., Tambovtseva, L. V., van den Ancker, M. E. 1994, A&A 292, 165.
- Grinin, V. P. & Tambovtseva, L. V. 1995, A&A 293, 396.
- Guimarães, M. M., Alencar, S. H. P., Corradi, W. J. B., Vieira, S. L. A. 2006, A&A 457, 581.
- Habart, E., Natta, A., Testi, L., Carbillet, M. 2006, A&A 449, 1067.
- Hamaguchi, K., Yamauchi, S., Koyama, K. 2005, ApJ 618, 360.
- Hamann, F. & Persson, S. E. 1992, ApJSS 82, 285.
- Hamidouche, M., Wang, S., Looney, L. W. 2008, ApJ 135, 1474.
- Harrington, D. M. & Kuhn, J. R. 2009, ApJSS 180, 138
- Hartmann, L., Kenyon, S. J., Calvet, Nuria. 1993, ApJ 407, 231.
- Henning, Th., Launhardt, L., Steinacker, J., Thamm, E. 1994, A&A 291, 546.
- Herbig, G.H. 1960 ApJS 4, 337.
- Herbst, W. 1975, AJ 80, 683.
- Herbst, W., Holtzman, J. A., Phelps, B. E. 1982, AJ 87, 12.
- Hillenbrand, L. A., Strom, S. E. 1992, ApJ 397, 613.
- Hu, J. Y., Thé, P. S., de Winter, D. 1989, A&A 208, 213.
- Hubrig, S., Pogodin, M. A., Yudin, R. V., Schöller, M., Schnerr, R, S. 2007, A&A 463, 1039.
- Hubrig, S., Yudin, R. V., Schöller, M., Pogodin, M. A. 2006, A&A 446, 1089.
- Isella, A., Testi, L., Natta, A., Neri, R., Wilner, D., Qi, C. 2007, A&A 469, 213.
- Jonkheid, B., Dullemond, C. P., Hogerheijde, M. R., van Dishoeck, E. F. 2007, A&A 463, 203.
- Keller, L. D., Sloan, G. C., Forrest, W. J., Ayala, S., D'Alessio, P., Shah, S., Calvet, N., Najita, J., Li, A., Hartmann, L., Sargent, B., Watson, D. M., Chen, C. H. 2008, ApJ 684, 411.
- Klare, G. & Neckel, T. 1977, A&ASS 27, 215.
- Kurtz, D. W. & Marang, F. 1995, MNRAS 276, 191.
- Kurtz, D. W. & Müller, M. 2001, MNRAS 325, 1341.
- Lahuis, F., van Dishoeck, E. F., Blake, G. A., Evans, N. J., Kessler-Silacci, J. E., Pontoppidan, K. M. 2007, ApJ 665, 492.
- Le Petit, F., Nehmé, C., Le Bourlot, J., & Roueff, E. 2006, ApJS, 164, 506

- Levenhagen, R. S., Leister, N. V. 2006, MNRAS 371, 252.
- Liu, W. M., Hinz, P. M., Meyer, M. R., Mamajek, E. E., Hoffmann, W. F., Hora, J. L. 2003, ApJ 598, L111.
- Malfait, K., Bogaert, E., Waelkens, C. 1998, A&A 331, 211.
- Manoj, P., Bhatt, H. C., Maheswar, G., Muneer, S. 2006, ApJ 653, 657.
- Marques, A. J., 1998, *Um estudo sobre a estrela Be de Herbig HD 98922*. Dissertação de mestrado, Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brasil.
- Martin, C., Bouret, J.-C., Deleuil, M., Simon, T., Catala, C. 2004, A&A 416, L5.
- Martin-Záide, C., van Dishoeck, E. F., Augereau, J. C., Lagage, P. O., Pantin, E. 2008, A&A 489, 601.
- Meeus, G., Waelkens, C., Malfait, K. 1998, A&A 329, 131.
- Meeus, G., Waters, L. B. F. M., Bouwman, J., Waelkens, C., Malfait, K. 2001, A&A 365, 476.
- Meijer, J., Dominik, C., de Koter, A., Dullemond, C. P., van Boekel, R., Waters, L. B., F., M. 2008, A&A 492, 451.
- Merín, B., Montesinos, B., Eiroa, C., Solano, E., Mora, A., D'Alessio, P. D., Calvet, N., Oudmaijer, R. D., de Winter, D., Davies, J. K., e 14 co-autores. 2004, A&A 419, 301.
- Miroshnichenko, A. S., Levato, H., Njorkman, K. S., Grosso, M. 2001, A&A 371, 600.
- Mora, A. Merín, B., Solano, E., Montesinos, B., de Winter, D., Eiroa, C., Ferlet, R., Grady, C. A., Davies, J. K., Miranda, L. F. e 12 co-autores. 2001, A&A 378, 116.
- Mouillet, D., Lagrange, A. M., Augereau, J. C., Ménard, F. 2001, A&A 372, L61.
- Natta, A., Prusti, T., Neri, R., Thi, W. F., Grinin, V. P., Mannings, V. 1999, A&A 350, 541.
- Oudmaijer, R.D., van der Veen, W. E. C. J., Waters, L. B. F. M., Trams, N. R., Waelkens, C., Engelsman, E. 1992, A&ASS 96, 625.
- Oudmaijer, R.D. & Drew, J.E. 1997, A&A. 318, 198.
- Oudmaijer, R.D. & Drew, J.E., Jnet, E. 1999, A&A 350, 485.
- Pérez, M. R., van den Ancker, M. E., de Winter, D., Bopp, B. W. 2004, A&A 416, 647.
- Pezzuto, S., Strafella, F., Lorenzetti, D., 1997, ApJ, 485, 290.
- Piétu, V., Dutrey, A., Kahane, C. 2003, A&A 398, 565.
- Pogodin, M. A. 1997, A&A 317, 185.
- Quillen, A. C., Varnière, P., Minchev, I., Frank, A. 2005, ApJ 129, 2481.
- Reipurth, B., Zinnecker, H. 1993, A&A 278, 81.
- Reipurth, B., Pedrosa, A., Lago, M.T.V.T. 1996, A&A, 120, 229.
- Rutten, R. J. 2003. *Radiative Transfer in Stellar Atmospheres*, disponível no link <http://www.astro.uu.nl/~rutten/Lecture_notes.html>.

- SIMBAD Astronomical Database, Centre de Donn es Astronomiques de Strasbourg (CDS), disponível no link <<http://simbad.u-strasbg.fr/Simbad>>.
- Sitko, M. L., Carpenter, W. J., Kimes, R. L., Wilde, J. L., Lynch, D. K., Russel, R. W., Rudy, R. J., Mazuc, S. M., Venturini, C. C., Pueter, R. C., e 6 co-autores. 2008, ApJ 678, 1070.
- Skinner, S. L., Brown, A., Stewart, R. T. 1993 ApJSS 87, 217.
- Stahl, O., Gang, T., Sterken, C., Kaufer, A., Rivinius, T., Szeifert, T., Wolf, B. 2003, A&A 400, 279.
- Stelzer, B., Micela, G., Hamaguchi, K., Schmitt, J. H. M. M. 2006, A&A 457, 223.
- Stelzer, B., Robrade, J., Schmitt, J. H. M. M., Bouvier, J. 2009, A&A 493, 1109.
- Swartz, D. A., Drake, J. J., Elsner, R. F., Ghosh, K. K., Grady, C. A., Wassell, E., Woodgate, B. E., Kimble, R. A. 2005, ApJ 628, 811.
- Tatulli, E., Isella, A., Natta, A., Testi, L., Marconi, A., Malbet, F., Stee, P., Petrov, R. G., Millour, F., Chelli, A. e 89 co-autores. 2007, A&A 466, 55.
- Th , P.S., Felenbok, P., Cuypers, H., Tjin A Dije, H.R.E. 1985, A&A 149, 429.
- Th , P. S., de Winter, D., Pérez, M. R. 1994, A&AS, 104, 315.
- Valenti, J. A., Johns-Krull, C. M., Linsky, J. L. 2000, ApJSS 129, 399.
- van Boekel, R., Waters, L. B. F. M., Dominik, C., Bouwman, J., de Koter, A., Dullemond, C. P., Paresce, F. 2003, A&A 400, L21.
- van den Ancker, M. E., Th , P.S., Tjin A Dije, H.R.E., Catala, C., de Winter, D., Blondel, P.F.C., Waters, L.B.F.M. 1997b, A&A 324, L33 (Paper 1).
- van den Ancker, M. E., de Winter, D., Tjin A Dije, H.R.E., 1998, A&A 330, 145.
- van den Ancker, M. E., Bouwman, J., Wesselius, P. R., Waters, L. B. F. M., Dougherty, S. M., Dishoeck, E. F. 2000, A&A 357, 325.
- van der Plas, G., van den Ancker, M. E., Fedele, D., Acke, B., Dominik, C., Waters, L. B. F. M., Bouwman, J. 2008, A&A 485, 487.
- Vieira, S. L. A., Pogodin, M. A., Franco, G. A. P., 1999, A&A 345, 559.
- Vieira, S. L. A., Corradi, W. J. B., Alencar, S. H. P., Mendes, L. T. S., Torres, C. A. O., Quast, G. R., Guimar es, M. M., da Silva, L. 2003, ApJ, 126, 2971.
- Vinkovic, D., Ivezić, Z., Jurkic, T., Elitzur, M. 2006, ApJ 636, 348.
- Voshchinnikov, N. V. & Henning, T. 2008, A&A 483, L9.
- Waters, L. B. F. M., Waelkens, C 1998, ARA&A 36, 233.
- Wade, G. A., Drouin, D., Bagnulo, S., Landstreet, J. D., Mason, E., Silvester, J., Alecian, E., Böhm, T., Bouret, J. C., Catala, C., Donati, J. F. 2005, A&A 442, L31.
- Wade, G. A., Bagnulo, S., Drouin, D., Landstreet, J. D., Monin, D. 2007, MNRAS 376, 1145.
- Weinberger, A. J., Becklin, E. E., Schneider, G., Smith, B. A., Lowrance, P. J., Silverstone, M. D., Zuckerman, B., Terrile, R. J. 1999, ApJ 525, L53.
- Weinberger, A. J., Rich, R. M., Becklin, E. E., Zuckerman, B., Matthews, K. 2000, ApJ 544, 937.

- Wisniewski, J. P., Clampin, M., Grady, C. A., Ardila, D. R., Ford, H. C., Golimowski, D. A., Illingworth, G. D., Krist, J. E. 2008, ApJ 628, 548.
- Yudin, R. V. & Evans, A. 1998, A&A 131, 401.
- Yudin, R. V. 2000, A&ASS 144, 285.
- Zhang, P. Yang, H. T., Liu, J. 2006, Ap&SS 305, 11.