

Dissertação de Mestrado

**CATÁLOGO DE DADOS  
ESPECTROSCÓPICOS DE REGIÕES HII  
E ESTUDOS APLICADOS**

Aline Beatriz Rauber

PPGFísica

Santa Maria, RS, Brasil

2009

# CATÁLOGO DE DADOS ESPECTROSCÓPICOS DE REGIÕES HII E ESTUDOS APLICADOS<sup>†</sup>

por

**Aline Beatriz Rauber**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física,  
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Física**

**Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Fontana Copetti**

Santa Maria, RS, Brasil

2009

---

<sup>†</sup>Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Física**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação

**CATÁLOGO DE DADOS ESPECTROSCÓPICOS DE  
REGIÕES HII E ESTUDOS APLICADOS**

elaborada por  
**Aline Beatriz Rauber**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Física**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Marcus Vinicius Fontana Copetti, Dr.**  
**(Presidente/Orientador)**

---

**Eduardo Luiz Damiani Bica, Dr. (UFRGS)**

---

**Alex André Schmidt, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 20 de março de 2009

**Aos meus pais, Tarcísio e Hedi.**

**Aos meus irmãos, Sandro (*in memoriam*) e Marcelo.**

# Agradecimentos

Agradeço a todos que de alguma maneira sempre me incentivaram ao longo de minha formação, em especial:

- ★ ao Prof. Dr. Marcus Vinicius Copetti por sua orientação;
- ★ ao meus pais Tarcísio & Hedi por acreditarem e proporcionarem a vida que tenho hoje;
- ★ ao meu irmão Marcelo por sua amizade e pela agradável convivência;
- ★ aos professores do Curso de Física e do Programa de Pós-Graduação em Física;
- ★ aos demais professores do Laboratório de Análise Numérica e Astrofísica, Maria Inês, Alex e Alice, por sua atenção;
- ★ aos colegas David, Igor, Márcio e Vinicius por sua atenção sempre que precisei e por garantirem um ambiente agradável de trabalho;
- ★ à Cristiane, grande amiga, mesmo distante;
- ★ aos demais familiares e amigos por me estimarem e compreenderem as ausências;
- ★ ao CNPq pelo apoio financeiro.

**“O ser humano descobre a si mesmo quando  
se defronta com os obstáculos.”**

Antoine de Saint-Exupéry

# Resumo

Medidas quantitativas de intensidades de linhas de emissão têm sido feitas desde o início do século passado. A quantidade e a qualidade dos dados disponíveis têm crescido drasticamente com o advento dos detectores eletrônicos. Porém, os dados estão amplamente espalhados na literatura. Diante disso, compilamos um catálogo de intensidades de linhas de emissão. Este contém dados de regiões HII de 41 galáxias, totalizando aproximadamente 36 000 intensidades de linhas. Construímos uma tabela com 1 750 linhas de emissão observadas, apresentando suas probabilidades de transição e configurações ou termos. Padronizamos a identificação de todas as linhas de emissão do catálogo com base nessa tabela. O banco de dados foi utilizado para diferentes estudos. Checamos os valores das razões  $[\text{O III}] \lambda 5007 / \lambda 4959$  e  $[\text{N II}] \lambda 6583 / \lambda 6548$  com razões de linhas de emissão de regiões HII do catálogo. Os valores encontrados concordam com os teóricos. Com o diagrama  $\lambda 6717 / \text{H}\beta$  versus  $\lambda 6731 / \text{H}\beta$ , verificamos que a maior parte dos objetos do catálogo estão próximos ao limite de baixa densidade. Apresentamos também uma comparação de diferentes indicadores de temperatura baseada em dados observacionais de regiões HII, de galáxias HII e de nebulosas planetárias extraídos da literatura. Encontramos que não há uma única relação entre indicadores de temperaturas de diferentes zonas de ionização que permita uma derivação confiável de uma destas a partir da outra. Construímos diagramas de diagnóstico comparando as razões de linhas  $[\text{O I}] / \text{H}\alpha$ ,  $[\text{O II}] / \text{H}\beta$ ,  $[\text{O III}] / \text{H}\beta$ ,  $[\text{N II}] / \text{H}\alpha$ ,  $[\text{S II}] / \text{H}\alpha$  e  $[\text{O II}] / [\text{O III}]$ . Para eles, distinguimos as razões de linhas de emissão de regiões HII de galáxias diferentes e, para os dados de nossa galáxia, distinguimos os diferentes objetos. Descrevemos os diagramas de diagnóstico utilizando grades teóricas variando o parâmetro de ionização e a metalicidade. Estas foram calculadas usando um código de fotoionização e diferentes distribuições espectrais de energia. Com o diagrama  $[\text{N II}] / [\text{O II}]$  versus  $[\text{O III}] / [\text{O II}]$ , obtivemos a melhor separação entre o parâmetro de ionização e a metalicidade. Verificamos grandes discrepâncias entre as abundâncias químicas das grades de modelos e aquelas determinadas de linhas excitadas colisionalmente.

Palavras-chave: meio interestelar; regiões HII; linhas de emissão

# Abstract

Quantitative measurements of line intensities have been made since the beginning of the last century. The quantity and quality of the data available have increased drastically with the advent of electronic detectors. However, the data are widely scattered in the literature. In face of this, we compiled a catalog of emission-lines intensities. It contains data on HII regions in 41 galaxies, all totaling approximately 36 000 line intensities. We have constructed a table with 1 750 emission-lines observed, showing their transition probabilities and configurations or terms. We have standardized the identification of all the emission-lines of the catalog based on this table. The database was used for different studies. We checked the values of the ratios  $[\text{O III}] \lambda 5007 / \lambda 4959$  and  $[\text{N II}] \lambda 6583 / \lambda 6548$  with the emission-line ratios from the HII regions in the catalog. The values found are in agreement with the theoretical ones. With the diagram  $\lambda 6717 / \text{H}\beta$  *versus*  $\lambda 6731 / \text{H}\beta$ , we verified that most of the objects in the catalog are near the low-density limit. We also present a comparison of different temperature indicators based on observational data from HII regions, HII galaxies and planetary nebulae extracted from the literature. We have found that there is not a unique relation between the temperature indicators of different ionization zones which allows a reliable derivation of one of these from another. We have constructed diagnostic diagrams comparing the emission-lines ratios  $[\text{OI}] / \text{H}\alpha$ ,  $[\text{O II}] / \text{H}\beta$ ,  $[\text{O III}] / \text{H}\beta$ ,  $[\text{N II}] / \text{H}\alpha$ ,  $[\text{S II}] / \text{H}\alpha$  e  $[\text{O II}] / [\text{O III}]$ . For them, we have distinguished the emission-line ratios of HII regions of different galaxies and, for data from our galaxy, we have distinguished different objects. We described the diagnostic diagrams using theoretical grids varying the ionization parameter and the chemical abundance. These were computed using a photoionization code and different spectral energy distributions. With the diagram  $[\text{N II}] / [\text{O II}]$  *versus*  $[\text{O III}] / [\text{O II}]$ , we have obtained the best separation between ionization parameter and metallicities. We observed large discrepancies between the chemical abundances of the grids of models and those determined from collisionally excited lines.

Key words: interstellar medium; HII regions; emission-lines



# Lista de Figuras

1.1	Imagem da Nebulosa de Órion . . . . .	18
1.2	Espectro de uma região HII na faixa do azul . . . . .	20
1.3	Espectro de uma região HII na faixa do vermelho . . . . .	20
1.4	Diagramas de níveis de energia para [O III] e [S III] . . . . .	23
1.5	Diagramas de níveis de energia para [N II] e [O II] . . . . .	23
1.6	Diagramas de níveis de energia para [S II] . . . . .	24
2.1	Tela inicial do Incat . . . . .	30
2.2	Segunda tela do Incat . . . . .	31
2.3	Tela suplementar do Incat . . . . .	31
2.4	Terceira tela do Incat . . . . .	32
2.5	Quarta tela do Incat . . . . .	32
2.6	Arquivo gerado pelo Incat . . . . .	33
3.1	Ajustes lineares para $\lambda 5007/H\beta$ versus $\lambda 4959/H\beta$ : todos os dados . . . . .	38
3.2	Ajustes lineares para $\lambda 5007/H\beta$ versus $\lambda 4959/H\beta$ passando pela origem do sistema: apenas dados com estimativas de erros . . . . .	38
3.3	Ajustes lineares para $\lambda 6583/H\beta$ versus $\lambda 6548/H\beta$ : todos os dados . . . . .	40
3.4	Ajustes lineares para $\lambda 6583/H\beta$ versus $\lambda 6548/H\beta$ : melhores dados . . . . .	40
3.5	Ajustes lineares para $\lambda 6583/H\beta$ versus $\lambda 6548/H\beta$ passando pela origem do sistema: apenas dados com estimativas de erros . . . . .	41
3.6	$\lambda 6731/H\beta$ versus $\lambda 6717/H\beta$ . . . . .	42
4.1	[S III] $(\lambda 9069 + \lambda 9532)/\lambda 6312$ versus [N II] $(\lambda 6548 + \lambda 6583)/\lambda 5755$ . . . . .	47
4.2	[S III] $(\lambda 9069 + \lambda 9532)/\lambda 6312$ versus [O II] $(\lambda 3726 + \lambda 3729)/(\lambda 7320 + \lambda 7330)$ . . . . .	47
4.3	[S III] $(\lambda 9069 + \lambda 9532)/\lambda 6312$ versus [S II] $(\lambda 6717 + \lambda 6731)/(\lambda 4068 + \lambda 4076)$ . . . . .	48
4.4	[S III] $(\lambda 9069 + \lambda 9532)/\lambda 6312$ versus [O III] $(\lambda 4959 + \lambda 5007)/\lambda 4363$ . . . . .	48
4.5	[O III] $(\lambda 4959 + \lambda 5007)/\lambda 4363$ versus [N II] $(\lambda 6548 + \lambda 6583)/\lambda 5755$ . . . . .	49
4.6	[O III] $(\lambda 4959 + \lambda 5007)/\lambda 4363$ versus [N II] $(\lambda 6548 + \lambda 6583)/\lambda 5755$ : modelos de outros autores . . . . .	49

4.7	[OIII] ( $\lambda 4959 + \lambda 5007$ )/ $\lambda 4363$ <i>versus</i> [OII] ( $\lambda 3726 + \lambda 3729$ )/( $\lambda 7320 + \lambda 7330$ ) . . . . .	50
4.8	[OIII] ( $\lambda 4959 + \lambda 5007$ )/ $\lambda 4363$ <i>versus</i> [SII] ( $\lambda 6717 + \lambda 6731$ )/( $\lambda 4068 + \lambda 4076$ ) . . . . .	50
4.9	[NII] ( $\lambda 6548 + \lambda 6583$ )/ $\lambda 5755$ <i>versus</i> [OII] ( $\lambda 3726 + \lambda 3729$ )/( $\lambda 7320 + \lambda 7330$ ) . . . . .	51
4.10	[NII] ( $\lambda 6548 + \lambda 6583$ )/ $\lambda 5755$ <i>versus</i> [SII] ( $\lambda 6717 + \lambda 6731$ )/( $\lambda 4068 + \lambda 4076$ ) . . . . .	51
4.11	[OII] ( $\lambda 3726 + \lambda 3729$ )/( $\lambda 7320 + \lambda 7330$ ) <i>versus</i> [SII] ( $\lambda 6717 + \lambda 6731$ )/( $\lambda 4068 + \lambda 4076$ ) . . . . .	52
5.1	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [NII]/ $H\alpha$ retirado de Stasińska <i>et al.</i> (2006) . . . . .	57
5.2	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [NII]/ $H\alpha$ : todos os dados . . . . .	58
5.3	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [NII]/ $H\alpha$ : melhores dados . . . . .	59
5.4	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [NII]/ $H\alpha$ para regiões HII Galácticas: todos os dados . . . . .	59
5.5	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.4 . . . . .	60
5.6	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [NII]/ $H\alpha$ para regiões HII Galácticas: melhores dados . . . . .	60
5.7	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.6 . . . . .	61
5.8	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [OI]/ $H\alpha$ . . . . .	61
5.9	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [OI]/ $H\alpha$ para regiões HII Galácticas . . . . .	62
5.10	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.9 . . . . .	62
5.11	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [OII]/ $H\beta$ . . . . .	63
5.12	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [OII]/ $H\beta$ para regiões HII Galácticas . . . . .	63
5.13	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.12 . . . . .	64
5.14	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [SII]/ $H\alpha$ . . . . .	64
5.15	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [SII]/ $H\alpha$ para regiões HII Galácticas . . . . .	65
5.16	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.15 . . . . .	65
5.17	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [OII]/[OIII] . . . . .	66
5.18	[OIII]/ $H\beta$ <i>versus</i> [OII]/[OIII] para regiões HII Galácticas . . . . .	66
5.19	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.18 . . . . .	67
5.20	[NII]/ $H\alpha$ <i>versus</i> [OII]/[OIII] . . . . .	67
5.21	[NII]/ $H\alpha$ <i>versus</i> [OII]/[OIII] para regiões HII Galácticas . . . . .	68
5.22	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.21 . . . . .	68
5.23	[OI]/ $H\alpha$ <i>versus</i> [OII]/[OIII] . . . . .	69
5.24	[OI]/ $H\alpha$ <i>versus</i> [OII]/[OIII] para regiões HII Galácticas . . . . .	69
5.25	Valores medianos para as razões de linhas dos objetos na figura 5.24 . . . . .	70
5.26	Contínuos ionizantes utilizados para $Z = Z_{\odot}$ e $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	73
5.27	Contínuos ionizantes do ATLAS ODFNEW para diferentes metalicidades e $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	73

---

5.28	Contínuos ionizantes do STARBURST99 para diferentes metalicidades e $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	74
5.29	Contínuos ionizantes do STARBURST99 e do TLUSTY para diferentes massas e diferentes temperaturas efetivas, respectivamente, e para $Z = Z_{\odot}$ . . . . .	74
5.30	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com limite superior de massa $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	75
5.31	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com limite superior de massa $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	75
5.32	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	76
5.33	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	76
5.34	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	77
5.35	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	77
5.36	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	78
5.37	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [N II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	78
5.38	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	79
5.39	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	79
5.40	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	80
5.41	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	80
5.42	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	81
5.43	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	81
5.44	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	82
5.45	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O I]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	82

5.46	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	83
5.47	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	83
5.48	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	84
5.49	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	84
5.50	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	85
5.51	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	85
5.52	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	86
5.53	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/H $\beta$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	86
5.54	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	87
5.55	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	87
5.56	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	88
5.57	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	88
5.58	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	89
5.59	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	89
5.60	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	90
5.61	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [S II]/H $\alpha$ utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	90
5.62	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	91
5.63	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	91
5.64	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	92

5.65	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	92
5.66	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	93
5.67	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	93
5.68	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	94
5.69	Grade teórica para [O III]/H $\beta$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	94
5.70	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	95
5.71	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	95
5.72	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	96
5.73	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	96
5.74	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	97
5.75	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	97
5.76	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	98
5.77	Grade teórica para [N II]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	98
5.78	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	99
5.79	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	99
5.80	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	100
5.81	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	100
5.82	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	101
5.83	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	101

---

5.84	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	102
5.85	Grade teórica para [O I]/H $\alpha$ <i>versus</i> [O II]/[O III] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	102
5.86	Grade teórica para [N II]/[O II] <i>versus</i> [O III]/[O II] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 60 M_{\odot}$ . . . . .	106
5.87	Grade teórica para [N II]/[O II] <i>versus</i> [O III]/[O II] utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com $M = 120 M_{\odot}$ . . . . .	106
5.88	Grade teórica para [N II]/[O II] <i>versus</i> [O III]/[O II] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	107
5.89	Grade teórica para [N II]/[O II] <i>versus</i> [O III]/[O II] utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com $T_{\text{eff}} = 52\,500$ K . . . . .	107
5.90	Grade teórica para [N II]/[O II] <i>versus</i> [O III]/[O II] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 44\,500$ K . . . . .	108
5.91	Grade teórica para [N II]/[O II] <i>versus</i> [O III]/[O II] utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com $T_{\text{eff}} = 50\,000$ K . . . . .	108

# Lista de Tabelas

1.1	Razões de intensidades de linhas para diagnóstico da densidade eletrônica e potenciais de ionização (P. I.) . . . . .	21
1.2	Razões de intensidades de linhas para diagnóstico da temperatura eletrônica e potenciais de ionização (P. I.) . . . . .	22
2.1	Referências bibliográficas dos dados catalogados . . . . .	34
3.1	Resultados dos ajustes lineares para $\lambda 5007/H\beta$ <i>versus</i> $\lambda 4959/H\beta$ . . . . .	37
3.2	Resultados dos ajustes lineares para $\lambda 6583/H\beta$ <i>versus</i> $\lambda 6548/H\beta$ . . . . .	39
4.1	Referências dos parâmetros atômicos . . . . .	46
5.1	Razões de linhas utilizadas nos diagramas de diagnóstico . . . . .	56
5.2	Abundâncias de oxigênio das galáxias presentes nos diagramas [NII]/[OII] <i>versus</i> [OIII]/[OII] retiradas da literatura . . . . .	105
A.1	Linhas de emissão presentes no catálogo . . . . .	129

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>17</b>
1.1	Regiões HII . . . . .	17
1.2	Condições físicas de regiões HII . . . . .	21
1.2.1	Densidade eletrônica . . . . .	21
1.2.2	Temperatura eletrônica . . . . .	22
1.3	Abundâncias químicas . . . . .	24
1.4	Gradientes de abundâncias . . . . .	25
1.5	Nosso trabalho . . . . .	26
<b>2</b>	<b>O catálogo</b>	<b>27</b>
2.1	Organização do banco de dados . . . . .	27
<b>3</b>	<b>As razões [OIII] <math>\lambda 5007/\lambda 4959</math> e [NII] <math>\lambda 6583/\lambda 6548</math></b>	<b>35</b>
3.1	Ajustes lineares e valores obtidos . . . . .	36
3.1.1	$\lambda 5007/H\beta$ versus $\lambda 4959/H\beta$ . . . . .	36
3.1.2	$\lambda 6583/H\beta$ versus $\lambda 6548/H\beta$ . . . . .	39
3.2	Outras análises possíveis . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Comparação de diferentes sensores de temperatura eletrônica</b>	<b>43</b>
4.1	A estratificação da temperatura eletrônica em regiões HII . . . . .	43
4.2	As relações entre as diferentes estimativas de temperatura eletrônica . . . . .	44
4.3	Os dados e os modelos teóricos . . . . .	45
4.4	Discussão dos resultados . . . . .	53
<b>5</b>	<b>A seqüência das regiões HII nos diagramas de diagnóstico</b>	<b>55</b>
5.1	Os diagramas de diagnóstico clássicos . . . . .	55
5.2	Diagramas obtidos para regiões HII do catálogo . . . . .	56
5.3	Modelos teóricos de regiões HII . . . . .	71
5.4	Discussão dos resultados . . . . .	103
5.4.1	Dados observacionais versus grades teóricas . . . . .	103
5.4.2	Metalicidade e parâmetro de ionização . . . . .	104



6	Conclusões	109
A	Linhas de emissão	128
B	STARBURST99: parâmetros de entrada utilizados	159

# Capítulo 1

## Introdução

Nuvens do meio interestelar se formam, colidem, colapsam e se fragmentam para dar origem a estrelas. É neste meio que as estrelas se formam e é a ele que devolvem matéria enriquecida em elementos pesados no final de suas vidas. Considerando os padrões terrestres, o meio entre as estrelas é vazio. Formada principalmente por gás e poeira, esta matéria concentra-se entre as estrelas nos braços das galáxias espirais, é abundante em galáxias irregulares e escasso nas elípticas.

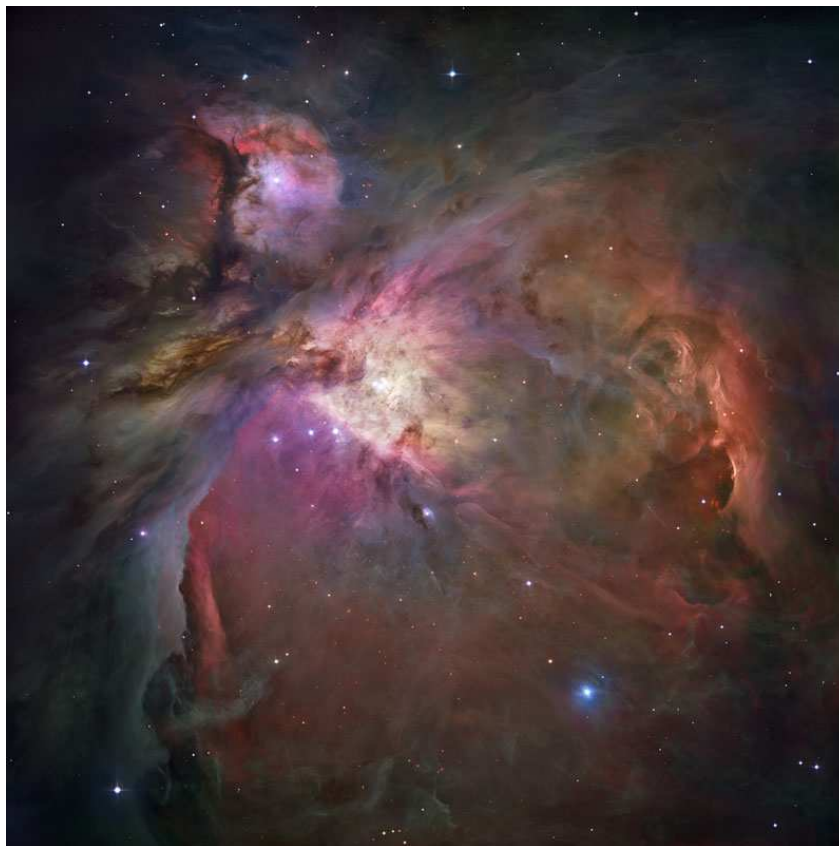
O meio interestelar contém uma diversidade de objetos, nos quais ocorrem processos físicos fundamentais para a estrutura e evolução das galáxias. Dentre eles podemos citar as regiões HII, as nebulosas planetárias e os remanescentes de supernovas. É a espectroscopia que nos fornece a maior parte da informação quantitativa que temos sobre estes objetos. Seus espectros são dominados por linhas de emissão. Estas, por sua vez, fornecem-nos informações a respeito dos processos atômicos, densidades, composição química, temperatura do gás e sobre o campo de radiação da fonte central.

### 1.1 Regiões HII

Compostas basicamente de hidrogênio (aproximadamente 90% em número de átomos) e expostas à radiação de alta energia de estrelas quentes do tipo espectral O ou B<sup>1</sup>, regiões HII são nuvens de plasma ou gás ionizado. HII refere-se ao hidrogênio ionizado, enquanto que HI indica que o hidrogênio é neutro. Estando entre os principais objetos que permeiam o espaço entre as estrelas, elas são importantes no mapeamento da estrutura espiral da Galáxia e de outras galáxias. São objetos jovens, comparando-se com as idades médias dos demais objetos da Galáxia e, portanto, ligados a regiões de formação estelar. Possuem massa da ordem de  $10^2 M_{\odot}$  a  $10^4 M_{\odot}$  e dimensões típicas de 1 pc (regiões HII compactas) a 100 pc (regiões HII gigantes).

---

<sup>1</sup>Sistema de classificação espectral cujo parâmetro básico é a temperatura efetiva. Esta temperatura é definida de modo que o fluxo total da estrela seja equivalente ao calculado usando a função de Planck.



**Figura 1.1:** Imagem da Nebulosa de Órion.

Na figura 1.1 é apresentada uma imagem da Nebulosa de Órion<sup>2</sup> (M42). Esta imagem é composta por um mosaico de exposições obtidas com o *Hubble Space Telescope* (HST) e o telescópio de 2.2 m do *European Southern Observatory* (ESO) La Silla utilizando diferentes filtros. A Nebulosa de Órion é a mais próxima (localizada a 460 pc) e mais brilhante região HII e, também, o objeto mais observado desse tipo. Sua composição química tem sido tradicionalmente considerada referência para o gás ionizado na vizinhança solar.

Nessas nebulosas gasosas ocorrem, basicamente, os processos físicos de *fotoionização*, *recombinação*, *excitação colisional* e *colisões elásticas* entre os elétrons livres. As estrelas do tipo espectral O ou B, estrelas quentes com temperatura efetiva de 30 000 K a 50 000 K, são fontes de contínuo de fótons ultravioletas que ionizam um volume de H formando a chamada esfera de Strömgen. Dentro deste volume o He, segundo elemento mais abundante (aproximadamente 10% em número de átomos), assim como outros elementos como C, N, O, Ne, S, Cl e Ar também encontram-se ionizados em vários estágios dependendo da distribuição da energia do campo de radiação ultravioleta das estrelas. Este processo, em que há a absorção de um fóton e a emissão de um elétron por um átomo, é conhecido como *fotoionização*. A energia cinética do elétron livre será igual a diferença entre a energia do fóton e o potencial de ionização do átomo. Os elétrons livres, por sua vez, colidem

<sup>2</sup>Disponível em <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2006/01/>.

elasticamente uns com os outros na nebulosa. Como a seção de choque de espalhamento dos elétrons é muito maior que a seção de choque de fotoionização do H (e do He), os elétrons livres rapidamente adotam localmente uma distribuição maxwelliana de velocidades, caracterizada por uma única temperatura eletrônica, mesmo estando as condições na nebulosa longe do equilíbrio termodinâmico.

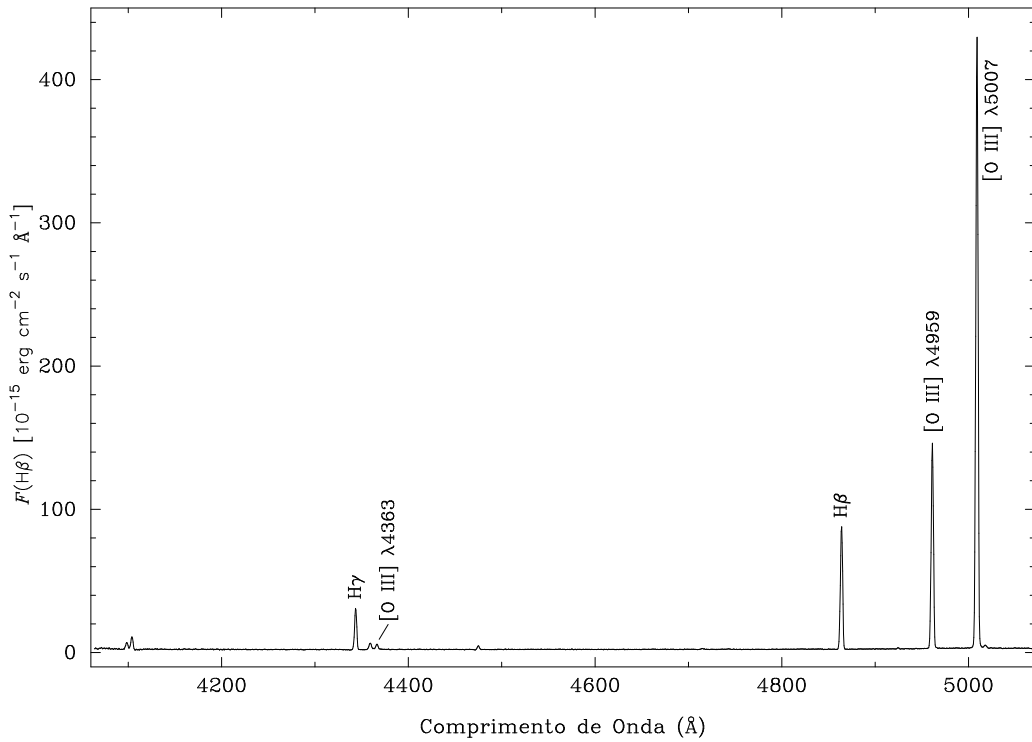
Como processo inverso à fotoionização, a *recombinação* consiste na captura de elétrons livres da nebulosa por átomos. O elétron livre pode ser capturado em qualquer nível. Quando capturado em um nível excitado, o elétron irá realizar várias transições a estados de menor energia, emitindo fótons com comprimentos de onda característicos das transições atômicas realizadas. As linhas de emissão do H e do He são linhas de recombinação. Já os elementos pesados possuem linhas de recombinação muito fracas ou inexistentes.

Um átomo ou íon que possua níveis de excitação próximos ao estado fundamental pode ser excitado pela colisão com elétrons livres. Este processo é conhecido como *excitação colisional* e é responsável pelas linhas excitadas colisionalmente<sup>3</sup>, conhecidas também como linhas proibidas, por serem originadas de transições do tipo quadrupolo elétrico ou dipolo magnético, que têm baixas probabilidades de ocorrer. Por isso, nas condições de laboratório a desexcitação é feita colisionalmente. Nas nebulosas, porém, as densidades são muito baixas e a desexcitação é radiativa, com a emissão de um fóton. Exemplos de linhas emitidas nestes processos são linhas características de íons de elementos pesados O, N, S, entre outros, como as linhas 4959 Å e 5007 Å do [O III] e a linha 5754 Å do [N II].

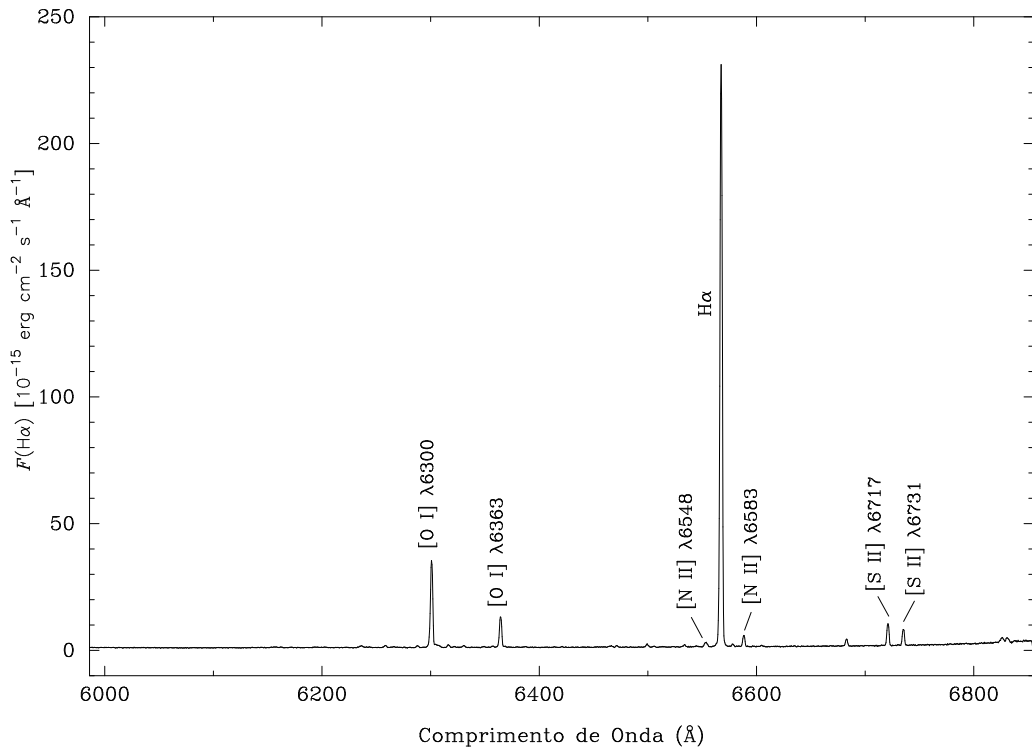
Nas figuras 1.2 e 1.3 temos os espectros das faixas azul e vermelha, respectivamente, de uma região HII, a NGC 346 da Pequena Nuvem de Magalhães. Estes foram obtidos no Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) por Ângela Krabbe e Marcus Copetti em 2002 (faixa do azul) e por Vinicius Oliveira em 2004 (faixa do vermelho).

---

<sup>3</sup>Citadas também como CELs, do termo em inglês *collisionally excited lines*.



**Figura 1.2:** Espectro de emissão na faixa do azul de NGC 346, região HII da Pequena Nuvem de Magalhães. As principais linhas de emissão estão indicadas por suas respectivas identificações.



**Figura 1.3:** Espectro de emissão na faixa do vermelho de NGC 346, região HII da Pequena Nuvem de Magalhães. As principais linhas de emissão estão indicadas por suas respectivas identificações.

## 1.2 Condições físicas de regiões HII

### 1.2.1 Densidade eletrônica

Os valores de densidade eletrônica observados em regiões HII variam de  $10 \text{ cm}^{-3}$  a  $10^2 \text{ cm}^{-3}$ . Essa pode ser estimada pela comparação das intensidades de duas linhas excitadas colisionalmente. Estas linhas devem ser de um mesmo íon e emitidas nas transições entre níveis com energias de excitação semelhantes. Uma vez que estes íons possuem diferentes probabilidades de transição e diferentes taxas de desexcitação colisional, a população relativa desses níveis será altamente dependente da densidade eletrônica. A dependência das intensidades destas linhas de emissão com a densidade eletrônica é obtida resolvendo-se as equações de equilíbrio estatístico dos níveis (Osterbrock & Ferland, 2006)

$$\sum_{j \neq i} n_j N_e q_{ji} + \sum_{j > i} n_j A_{ji} = \sum_{j \neq i} n_i N_e q_{ij} + \sum_{j < i} n_i A_{ij}, \quad (1.1)$$

onde  $n_j$  é a fração de íons que possuem elétrons no nível  $j$ ,  $N_e$  é a densidade eletrônica (em  $\text{cm}^{-3}$ ),  $q_{ij}$  é o coeficiente de excitação colisional do nível  $i$  para o nível  $j$  (em  $\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$ ) e  $A_{ij}$  é a probabilidade de transição radiativa de um nível superior  $i$  para um nível inferior  $j$  (em  $\text{s}^{-1}$ ). Esta é a equação para um nível  $i$ . O lado esquerdo da igualdade é a taxa de transição para o nível  $i$  e o lado direito, a taxa de transição do nível  $i$  para outros níveis. O primeiro termo à esquerda é a taxa de transição colisional ao nível  $i$ . O segundo termo é a taxa de transição radiativa de níveis superiores ao inferior  $i$ . O terceiro termo é a taxa de transição colisional do nível  $i$  para outros níveis e o último termo, a taxa de transição radiativa do nível  $i$  para os níveis inferiores.

Algumas das razões de intensidades de linhas que podem ser utilizadas para a determinação das densidades eletrônicas são listadas na tabela 1.1. Todas estas razões são relativas a íons com configuração fundamental do tipo  $p^3$ .

**Tabela 1.1:** Razões de intensidades de linhas para diagnóstico da densidade eletrônica e potenciais de ionização (P. I.).

Íon	Razão	P. I. (eV)
[N I]	$\lambda 5198 / \lambda 5200$	0.0
[S II]	$\lambda 6717 / \lambda 6731$	10.4
[O II]	$\lambda 3726 / \lambda 3729$	13.6
[Cl III]	$\lambda 5517 / \lambda 5537$	23.8
[Ar IV]	$\lambda 4711 / \lambda 4740$	40.9

## 1.2.2 Temperatura eletrônica

Regiões HII possuem temperaturas eletrônicas na faixa de 7000 K a 14000 K. Estas podem ser determinadas por diferentes métodos. Alguns destes são baseados em medidas de linhas de emissão no infravermelho ou até linhas de recombinação ou absorção em rádio frequências. Ao longo de nosso trabalho, as análises serão dedicadas ao método em que se utiliza as linhas excitadas colisionalmente.

Para uma nebulosa em equilíbrio térmico, a temperatura em um dado ponto é o resultado do equilíbrio entre os processos de aquecimento e resfriamento do gás. O aquecimento é devido ao processo de fotoionização e o resfriamento ocorre através dos processos de recombinação, excitação colisional e da emissão livre-livre (*bremstrahlung*). Os íons que dominam o mecanismo de resfriamento do gás são íons de metais com configuração de estado fundamental  $p^2$ ,  $p^3$  ou  $p^4$ , os quais têm cinco níveis mais baixos de energia. Como uma aproximação, somente estes cinco níveis são geralmente relevantes para o cálculo do espectro observado.

A temperatura eletrônica de uma nebulosa pode ser determinada comparando-se intensidades de linhas de emissão provenientes de um mesmo íon com energias de excitação consideravelmente diferentes e com configuração de estado fundamental  $p^2$ . Nestes, as taxas de excitação para níveis superiores ou inferiores dependem fortemente da temperatura. Linhas originadas dos níveis  $^2D$  e  $^2P$  dos íons com configuração de estado fundamental  $p^3$ , como [OII] e [SII], também podem ser usados como indicadores de temperatura, uma vez que estes níveis tem potenciais de excitação diferentes. Neste caso, deve-se comparar as somas das intensidades de linhas originadas de transições de um mesmo nível inicial. Na tabela 1.2 apresentamos as razões de linhas utilizadas neste trabalho, a configuração de estado fundamental (Config.) e o potencial de ionização (P. I.) do íon associado. Nas figuras 1.4, 1.5 e 1.6 são apresentados os cinco níveis mais baixos de energia dos íons [OIII], [SIII], [NII], [OII] e [SII]. Os níveis estão fora de escala visando maior clareza. Apenas as transições relevantes em nosso estudo estão indicadas.

**Tabela 1.2:** Razões de intensidades de linhas para diagnóstico da temperatura eletrônica e potenciais de ionização (P. I.).

Íon	Config.	Razão	P. I. (eV)
[SII]	$p^3$	$(\lambda 6717 + \lambda 6731)/(\lambda 4068 + \lambda 4076)$	10.4
[OII]	$p^3$	$(\lambda 3726 + \lambda 3729)/(\lambda 7320 + \lambda 7330)$	13.6
[NII]	$p^2$	$(\lambda 6548 + \lambda 6583)/\lambda 5755$	14.5
[SIII]	$p^2$	$(\lambda 9069 + \lambda 9532)/\lambda 6312$	23.4
[OIII]	$p^2$	$(\lambda 4959 + \lambda 5007)/\lambda 4363$	35.1

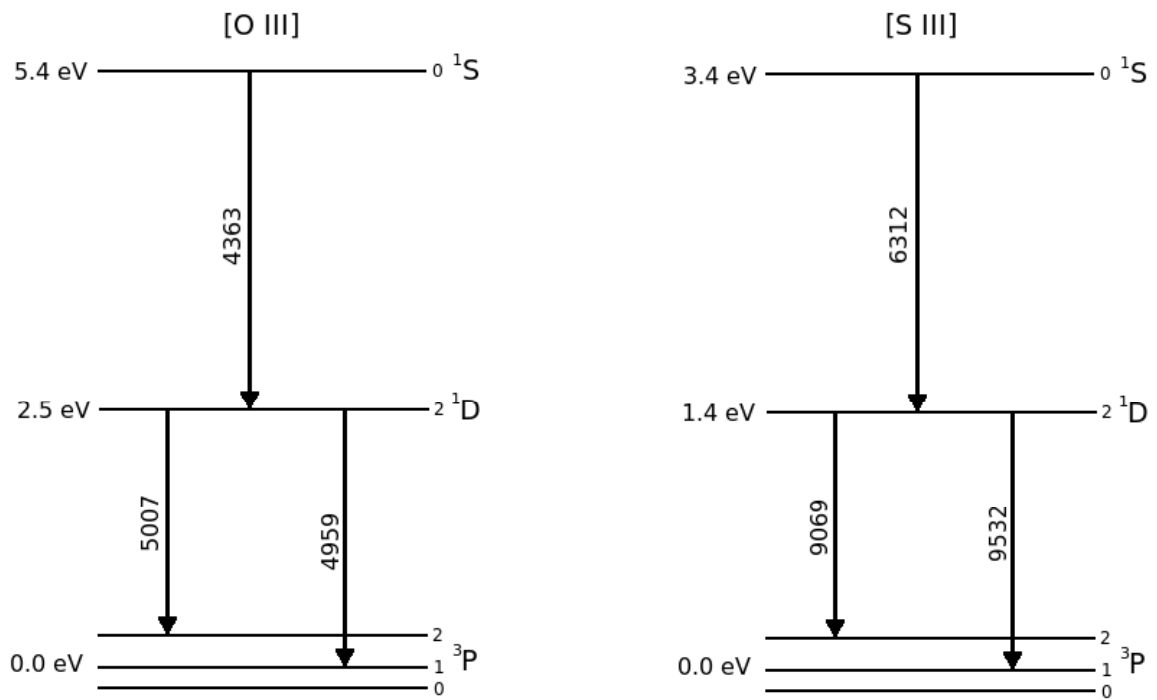


Figura 1.4: Diagramas de níveis de energia para [OIII] e [SIII].

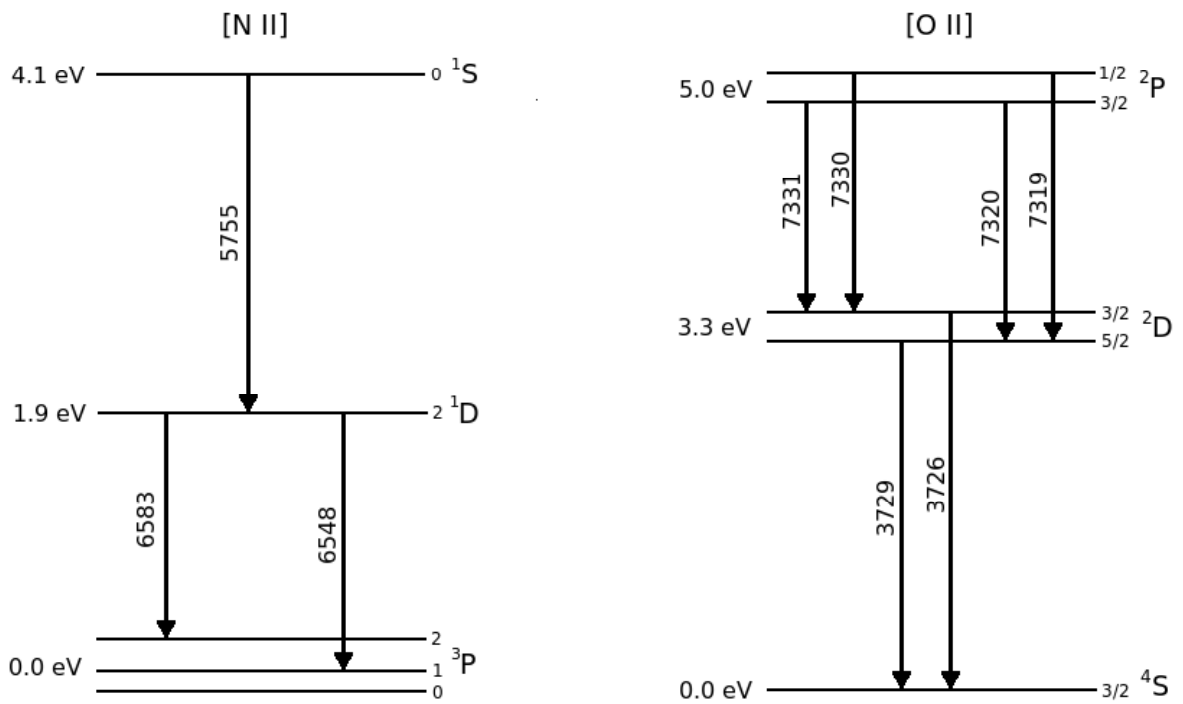


Figura 1.5: Diagramas de níveis de energia para [NII] e [OII].



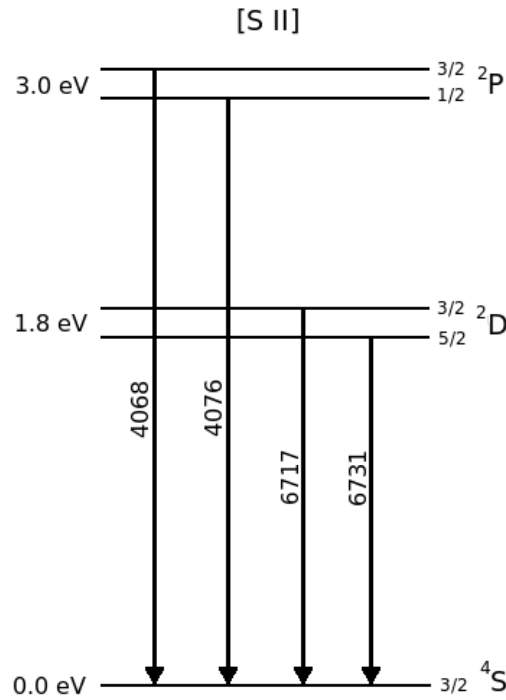


Figura 1.6: Diagramas de níveis de energia para [SII].

### 1.3 Abundâncias químicas

As regiões HII estão entre os melhores objetos para investigar a composição química do meio interestelar. A partir de medidas de intensidades de linhas de emissão de nebulosas podemos derivar as abundâncias de íons observáveis. A intensidade de uma linha de emissão emitida por um íon  $X^i$ , onde  $i$  é o grau de ionização, é

$$I_{\lambda_{lm}} = \frac{1}{4\pi} \int N(X^i) N_e h(\nu_m - \nu_l) q_{lm}(T_e) b dS, \quad (1.2)$$

sendo que  $N(X^i)$  é a abundância do íon (em número de íons por unidade de volume),  $N_e$  a densidade de elétrons na nebulosa,  $h(\nu_m - \nu_l)$  a diferença de energia entre o nível  $m$  e  $l$ ,  $q_{lm}$  é a taxa de excitação colisional de elétrons do nível  $l$  para o  $m$ ,  $b$  é o fator de desvio do equilíbrio termodinâmico (no equilíbrio termodinâmico  $b = 1$ ) e  $dS$  é o elemento diferencial de distância percorrido pela luz na nebulosa ao longo da linha de visada.

Considerando  $N(X^i)$  e  $N_e$  constantes ao longo da linha de visada e integrando a equação anterior obtemos uma expressão dependente de  $S$  para  $I_{\lambda_{lm}}$ . Geralmente as intensidades de linhas são normalizadas em relação à linha H $\beta$  para eliminar essa dependência em  $S$ . Então a intensidade da linha  $\lambda_{lm}$  em relação à H $\beta$  será dada por:

$$\frac{I_{\lambda_{lm}}}{I_{H\beta}} = \frac{N(X^i) h(\nu_m - \nu_l) q_{lm}(T_e) b}{N(H) j_{H\beta}}, \quad (1.3)$$

sendo  $j_{H\beta}$  o coeficiente de emissão da linha do hidrogênio  $H\beta$ , correspondente à transição radiativa do nível 4 para o 2. Reescrevendo a equação anterior, obtemos a abundância do íon  $X^i$  relativa ao hidrogênio como:

$$\frac{N(X^i)}{N(H)} = \frac{I_{\lambda_{lm}}}{I_{H\beta}} \frac{j_{H\beta}}{h(\nu_m - \nu_l) q_{lm}(T_e) b}. \quad (1.4)$$

A abundância total de um elemento qualquer  $N(X)$  é obtida somando-se as abundâncias dos íons desse elemento em todos os estágios de ionização. Como geralmente não é possível encontrar linhas na faixa espectral que estamos trabalhando de todos os estágios de ionização de um elemento, utilizamos fatores de correção de ionização (ICFs). Estes são obtidos através de modelos de fotoionização ou estimados com base nos potenciais de ionização dos íons e são encontrados na literatura. Assim, a abundância total será dada por:

$$\frac{N(X)}{N(H)} = \sum_{i>1} \frac{N(X^i)}{N(H^+)} = \text{ICF}_{\text{Íons não observados}} \times \sum_{\text{Íons observados}} \frac{N(X^i)}{N(H^+)}. \quad (1.5)$$

## 1.4 Gradientes de abundâncias

Desde que a nucleossíntese de diferentes elementos químicos ocorre em estrelas de massas diferentes, o estudo das abundâncias químicas em discos de galáxias espirais é um método poderoso para entender a história da formação estelar e evolução nestas galáxias. Os gradientes de abundância química são o resultado da evolução química galáctica, a qual depende da taxa de formação estelar, da função de massa inicial, da produção relativa de elementos, homogeneidade do meio interestelar e do fluxo radial de entrada e saída de gás.

A existência de gradientes de componentes químicos em galáxias é conhecida desde o estudo espectrofotométrico de regiões HII localizadas em seis galáxias espirais realizado por Searle (1971). Em seu trabalho, ele confirmou a tendência da razão  $[O III] \lambda 5007/H\beta$  diminuir com o raio galáctico, proposta primeiramente por Aller (1942). Entretanto, nesse trabalho não houve a possibilidade de determinações precisas de abundâncias, já que estas apenas são possíveis com a detecção de linhas sensíveis à temperatura eletrônica, como a linha  $[O III] \lambda 4363$ . A confirmação da existência de gradientes de abundância foi realizada por Smith (1975), que detectou a linha  $[O III] \lambda 4363$  em nebulosas nas galáxias espirais M 33 e M 101.

Enquanto a existência de gradientes de abundâncias químicas extragalácticas já estava bem estabelecida, pouco se sabia se esses ocorriam em nossa galáxia. Foi com o trabalho de Peimbert (1979) que iniciaram-se os estudos de gradientes de abundância Galácticos, com medidas de abundância para 18 regiões HII na faixa de distâncias galactocêntricas de 8 a 14 kpc. Shaver *et al.* (1983) obtiveram espectros óticos de regiões HII localiza-

das entre as distâncias galactocêntricas de 5 e 12 kpc e, com a ajuda de observações em rádio, as propriedades físicas e abundâncias foram derivadas. Este trabalho estabeleceu a existência de um gradiente negativo de abundância de elementos mais pesados que o hélio no disco de nossa galáxia. Outro estudo foi o de Afflerbach *et al.* (1997) que apresentaram observações de regiões HII, obtendo estimativas para N/H e O/H similares aos encontrados por Shaver *et al.* (1983). Vílchez & Esteban (1996), em um estudo de regiões HII com distâncias galactocêntricas de 11.5 a 18 kpc, encontraram gradientes com um inclinação menor para O/H e N/H e constante para S/H. Recentemente, Rudolph *et al.* (2006) determinaram as abundâncias químicas de 6 regiões HII (com distâncias galactocêntricas de 10–15 kpc) a partir de observações em infravermelho longínquo. Unindo estes resultados com dados da literatura, eles mostraram que há diferenças significativas nas abundâncias de oxigênio e enxofre determinadas via observações no ótico e no infravermelho. Todos os trabalhos citados anteriormente diferem consideravelmente quanto a forma do gradiente de abundância químico de nossa galáxia e, apesar de haver grande esforço para sua determinação, não há resultados conclusivos.

## 1.5 Nosso trabalho

Medidas quantitativas de intensidades de linhas de emissão têm sido feitas desde o início do século passado. Os dados, porém, estão amplamente espalhados e existe na literatura um grande número de dados espectrais de regiões HII. Para estudos estatísticos de fenômenos astronômicos são necessários extensivos bancos de dados, comuns atualmente em muitas áreas. Tendo em vista isso, construímos um catálogo de intensidades de linhas de emissão de regiões HII. Este será descrito em detalhes no próximo capítulo.

Realizamos diversos estudos a partir desse banco de dados. Como uma forma de testar a concordância entre observação e teoria, no Capítulo 3, apresentamos os valores das razões  $[O\ III] \lambda 5007 / \lambda 4959$  e  $[N\ II] \lambda 6583 / \lambda 6548$  para nossa amostra de regiões HII. No Capítulo 4, apresentamos uma comparação entre estimativas de temperatura eletrônica baseada em diferentes razões de linhas de emissão. Para tanto, consideramos as razões do  $[S\ III]$ ,  $[O\ III]$ ,  $[S\ II]$ ,  $[O\ II]$  e  $[N\ II]$ , dados de regiões HII de nosso catálogo e de nebulosas planetárias e de galáxias HII também extraídos da literatura. No Capítulo 5, sete diagramas de diagnóstico, amplamente utilizados como forma de classificação de objetos segundo seu mecanismo de excitação, foram construídos. Grades teóricas foram obtidas como o código de fotoionização *Cloudy* com o objetivo de descrever os resultados apresentados nos diagramas. Em nossos modelos, consideramos contínuos ionizantes de estrela única e de aglomerado estelar. Comparamos também os resultados obtidos com diferentes atmosferas estelares. A síntese dos principais resultados obtidos e as considerações finais são apresentadas no Capítulo 6.

# Capítulo 2

## O catálogo

Com o advento dos detectores eletrônicos, a quantidade e a qualidade dos dados disponíveis na literatura têm aumentado drasticamente. Linhas que antes eram impossíveis ou difíceis de se detectar, agora são medidas com alta precisão. Tem-se cada vez mais a necessidade de bancos de dados que nos disponibilizem as informações de forma fácil e confiável. Kaler (1976) compilou um catálogo de intensidades de linhas para nebulosas planetárias e regiões HII contendo 18 554 intensidades de linhas de emissão. Este mesmo catálogo foi atualizado por Kaler *et al.* (1997), excluindo os dados de regiões HII e tornando-o apenas um conjunto de dados de nebulosas planetárias apresentando aproximadamente 70 000 intensidades.

Tendo em vista isso, construímos um catálogo de intensidades de linhas de emissão de regiões HII. A busca por publicações que apresentassem tais medidas foi realizada através da biblioteca digital de Física e Astronomia da NASA *Astrophysics Data System* (ADS)<sup>1</sup>. Ao longo deste capítulo, descreveremos a forma como nosso catálogo está organizado e apresentaremos algumas estatísticas.

### 2.1 Organização do banco de dados

Em virtude do número considerável de informações a serem catalogadas e visando uma uniformização dos dados, houve a necessidade do desenvolvimento de um programa (**Incat**) para organização tanto dos dados de entrada como os de saída. Este programa foi desenvolvido pelo Prof. Marcus Copetti. A seguir serão descritas cada uma das telas desse programa:

- **Primeira tela:** apresenta a referência bibliográfica dos dados catalogados (figura 2.1). Esta foi retirada do sistema ADS no formato BIBTEX e salva em um arquivo nomeado *bibcode.bib*, onde o *bibcode* é o código bibliográfico do respectivo artigo.

---

<sup>1</sup>Disponível em [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html).

- **Segunda tela:** são apresentados os objetos estudados e os dados existentes na publicação (figura 2.2). Para incluirmos informações novas digitamos o nome do objeto, a galáxia a que pertence e o número de posições observadas. Os objetos adicionados aparecem no quadro logo abaixo na tela.
- **Tela suplementar:** disponível para cada um dos objetos ou posições, é nela que incluímos informações adicionais sobre o objeto, a observação e as intensidades de linhas (figura 2.3). Estas são salvas em um arquivo nomeado *bibcode.txt*. Abaixo apresentamos uma descrição detalhada de cada um dos campos presentes no programa e dos encontrados no arquivo:

*object* – Nome do objeto utilizado pelo autor.

*Simbad id* – Identificação do *Simbad Astronomical Database*<sup>2</sup> para o objeto.

*class* – Classe a que pertence o objeto. Os números encontrados no arquivo correspondem as seguintes opções: [1] região HII, [2] nebulosa planetária e [3] remanescente de supernova.

*host galaxy* – Galáxia onde se localiza o objeto.

*section number* – Número de referência para a posição observada do objeto, não necessariamente igual ao utilizado pelo autor.

*section name* – Nome utilizado pelo autor para a posição observada do objeto, sendo somente preenchida quando esta difere do *section number*.

*right ascension* – Coordenada de ascensão reta do sistema equatorial.

*declination* – Coordenada de declinação do sistema equatorial.

*epoch* – Época a que se referem as coordenadas equatoriais.

$C(H\beta)$  – Coeficiente de extinção interestelar em  $H\beta$ .

$E(B - V)$  – Excesso de cor B - V.

$-\log F(H\beta)$  – Valor negativo do logaritmo do fluxo em  $H\beta$ .

*intensity scale* – Escala de intensidade adotada. No arquivo, [1] corresponde à linear e [2], à logarítmica. Esta é igual a adotada pelo autor.

*reference line* – Linha de referência com relação a qual as intensidades foram normalizadas, em sua maioria em relação à linha  $H\beta$ .

*reference intensity* – Valor de intensidade utilizado na normalização das intensidades de linhas catalogadas.

*percent error* – Informa se os erros nas intensidades são percentuais ou não. O valor encontrado no arquivo é [1] para erros percentuais e [2], caso contrário.

---

<sup>2</sup>Disponível em <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

*existing data* – Através dos números 0 e 1, informa quais dados estão presentes na publicação. Os campos referem-se ao comprimento de onda observado, à intensidade observada, ao erro na intensidade observada, à intensidade corrigida e ao erro na intensidade corrigida, respectivamente, conforme apresentado na última tela do programa (figura 2.5).

*spectral range* – Intervalo espectral para o qual há medidas de intensidades de linhas para o objeto ou posição considerada.

*aperture shape* – Formato da abertura. Os números presentes no arquivo correspondem as seguintes opções: [1] para retangular e [2] para circular.

*aperture length* – Comprimento da abertura, em segundos de arco.

*aperture width* – Largura da abertura, em segundos de arco.

*pos. angle* – Ângulo de posição, em graus.

*exposure time* – Tempo de exposição, em segundos.

*telescope dia.* – Diâmetro do telescópio, em metros.

*observatory* – Para este campo, que informa em qual observatório foram obtidos os dados, diversas opções estão disponíveis. Estas são apresentadas como códigos no arquivo.

*technique* – Técnica utilizada. Os números presentes no arquivo correspondem as seguintes opções disponíveis: [1] *slit spectroscopy*, [2] *Echelle spec.*, [3] *Fabry-Perot spec.* e [4] *filter photometry*.

*detector type* – Tipo de detector utilizado. Os números presentes no arquivo correspondem as seguintes opções disponíveis: [1] CCD (*Charge-Coupled Device*), [2] Reticom, [3] *photografic plate*, [4] IDS (*Image Dissector Scanner*) e [5] IPCS (*Image Photon Counting System*).

*spectral res.* – Resolução espectral, em Å

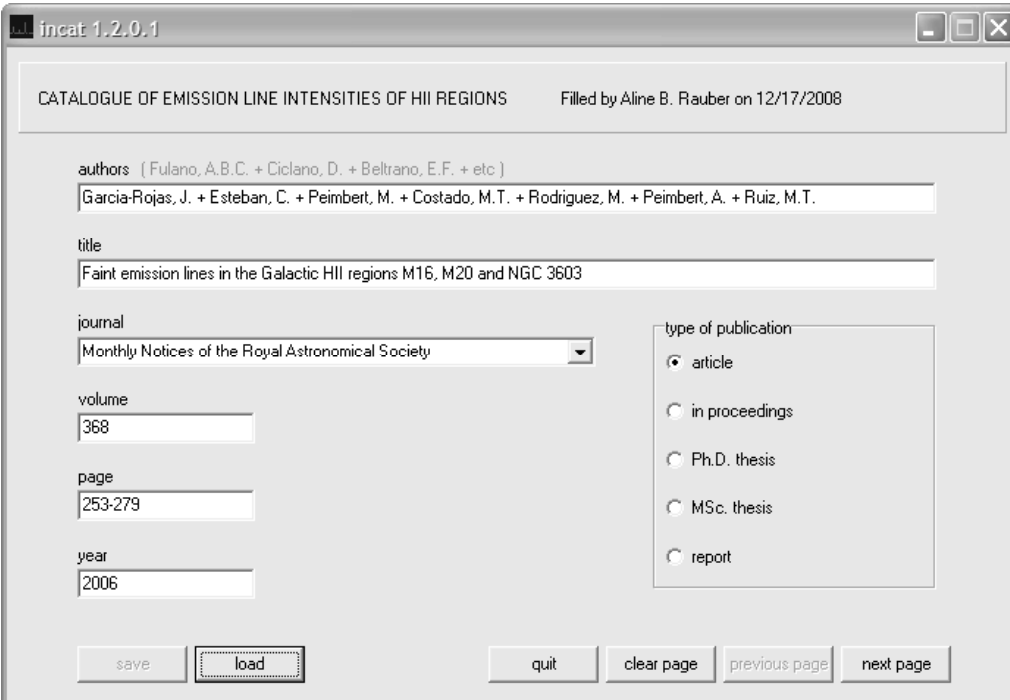
*comments* – Espaço reservado a comentários adicionais.

- **Terceira tela:** selecionamos as linhas de emissão que apresentam medidas de intensidade (figura 2.4). Na coluna à esquerda localizam-se todos comprimentos de onda (em Å) e, na coluna à direita, os presentes na publicação. Quando duas ou mais linhas não foram resolvidas (*blended*) estas foram distinguidas das demais com letras logo após o íon.
- **Quarta tela:** digitamos ou visualizamos (quando já catalogadas) as intensidades das linhas selecionadas na tela anterior (figura 2.5). Na primeira coluna digitamos o comprimento de onda observado (em Å); na segunda, a intensidade observada; na terceira, o erro na intensidade observada; na quarta, a intensidade corrigida por avermelhamento interestelar e, na quinta, o erro na intensidade corrigida.

O programa gera arquivos com as intensidades nomeados como *bibcode.vbt* (figura 2.6) para cada publicação. Nestes, todos os dados são organizados em colunas na mesma ordem em que são apresentados no programa. Quando as tabelas dos artigos estiveram disponíveis *on-line*, estas foram adaptadas ao formato requerido pelo programa com programas em Fortran, não sendo então necessário digitar os dados.

Tornam-se possíveis diversas análises estatísticas deste conjunto de dados, sendo apenas algumas neste trabalho. Apresentamos na tabela A.1 (Apêndice A) a lista de linhas de emissão presentes no catálogo. Apresentamos também suas respectivas probabilidades de transição e suas configurações ou termos. Estas totalizam aproximadamente 1 750 linhas observadas de 38 elementos químicos diferentes. Foi a partir desta tabela que, através de um esforço enorme, padronizamos todas as identificações das linhas de emissão do catálogo.

Catalogamos aproximadamente 36 000 intensidades de linhas de emissão. Estas são dados de objetos de 41 galáxias, incluindo a nossa. São aproximadamente 130 objetos Galácticos. Na tabela 2.1 informamos as publicações que tiveram seu dados catalogados. Nos próximos capítulos apresentaremos três estudos distintos realizados, todos baseados neste conjunto de dados.



The screenshot shows a window titled "incat 1.2.0.1" with a header bar containing "CATALOGUE OF EMISSION LINE INTENSITIES OF HII REGIONS" and "Filled by Aline B. Rauber on 12/17/2008". The main area contains a form with the following fields and options:

- authors**: ( Fulano, A.B.C. + Ciclano, D. + Beltrano, E.F. + etc )  
Garcia-Rojas, J. + Esteban, C. + Peimbert, M. + Costado, M.T. + Rodriguez, M. + Peimbert, A. + Ruiz, M.T.
- title**: Faint emission lines in the Galactic HII regions M16, M20 and NGC 3603
- journal**: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society
- type of publication**:
  - article
  - in proceedings
  - Ph.D. thesis
  - MSc. thesis
  - report
- volume**: 368
- page**: 253-279
- year**: 2006

At the bottom, there are buttons for "save", "load", "quit", "clear page", "previous page", and "next page".

**Figura 2.1:** Primeira tela do programa onde encontramos a referência bibliográfica.

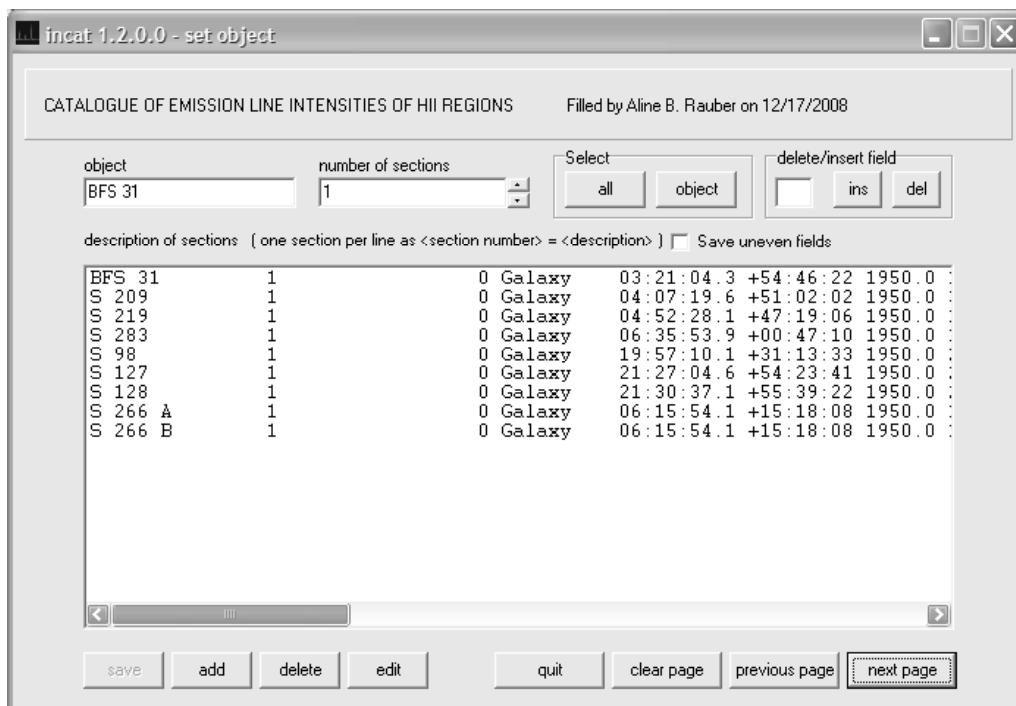


Figura 2.2: Tela do programa onde são apresentados os objetos e os dados existentes no artigo.

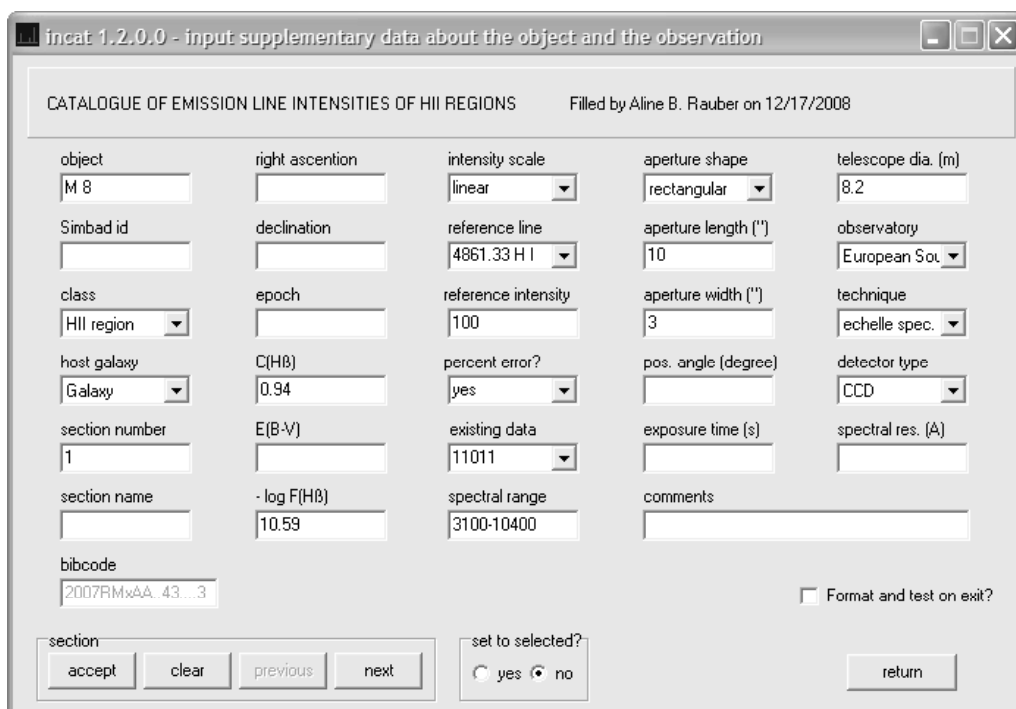


Figura 2.3: Tela suplementar sobre o objeto e a observação.



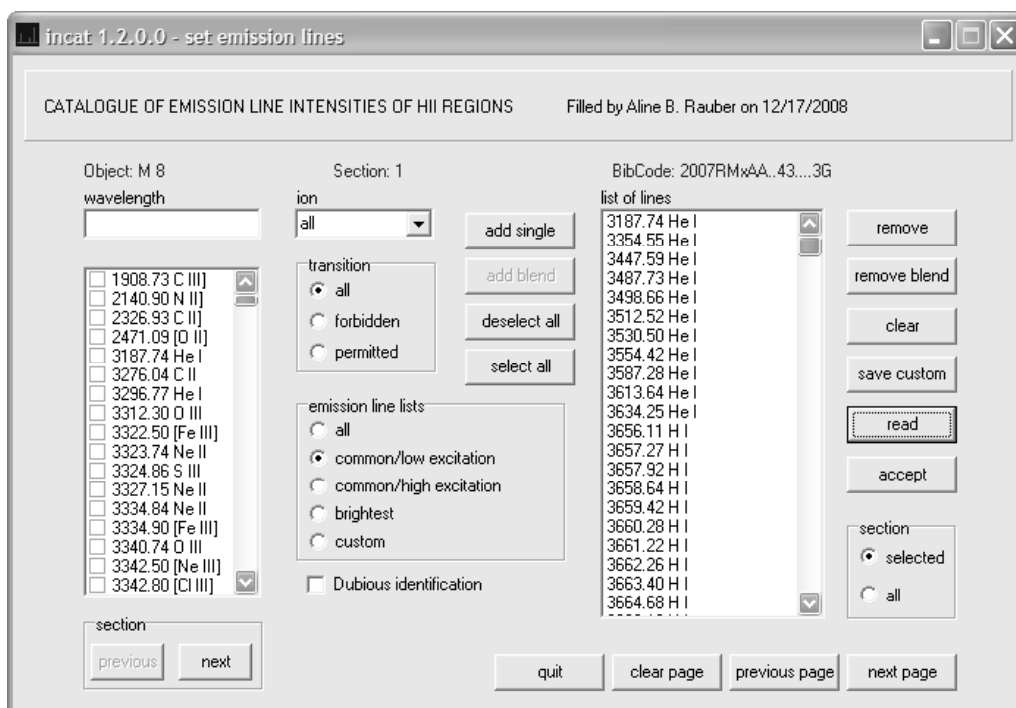


Figura 2.4: Tela do programa onde selecionamos as linhas de emissão.

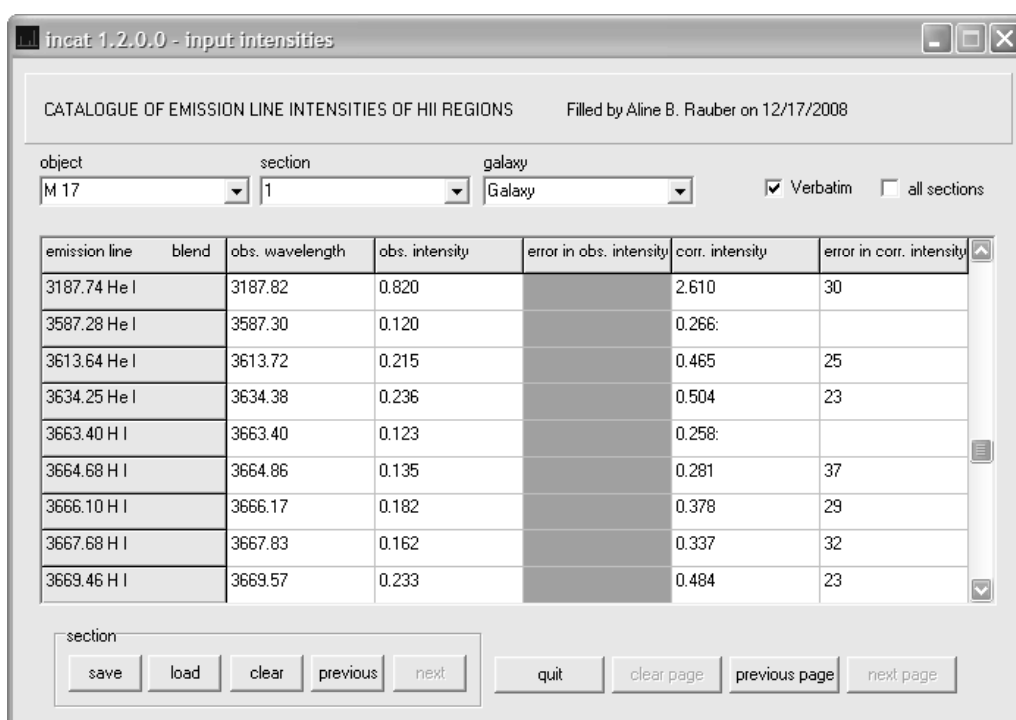


Figura 2.5: Tela do programa onde as intensidades das linhas são digitadas e apresentadas.

M 16	1	Galaxy	He I	3187.74	3187.81	0.693	1.352	6	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3354.55	3354.64	0.146	0.276	18	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3447.59	3447.65	0.201	0.375	14	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3554.42	3554.45	0.219	0.401	13	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3587.28	3587.37	0.178	0.325	15	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3613.64	3613.71	0.250	0.453	12	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3634.25	3634.30	0.383	0.691	8	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3660.28	3660.41	0.112	0.200	23	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3661.22	3661.27	0.162	0.290	17	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3662.26	3662.33	0.213	0.381	13	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3663.40	3663.50	0.217	0.388	13	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3664.68	3664.73	0.210	0.376	13	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3666.10	3666.15	0.259	0.464	11	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3667.68	3667.77	0.253	0.453	12	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3669.46	3669.57	0.322	0.575	10	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3671.48	3671.56	0.362	0.646	9	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3673.76	3673.86	0.398	0.710	8	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3676.36	3676.44	0.398	0.711	8	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3679.35	3679.43	0.434	0.774	8	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3682.81	3682.89	0.434	0.772	8	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3686.83	3686.91	0.565	1.005	7	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3691.56	3691.62	0.594	1.054	6	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3697.15	3697.24	0.684	1.213	6	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3703.85	3703.94	0.804	1.423	5	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3705.02	3705.10	0.378	0.669	9	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3711.97	3712.05	0.972	1.715	5	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	A [S III]	3721.69	3721.96	1.679	2.955	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	A H I	3721.94	3721.96	1.679	2.955	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	[O II]	3726.04	3726.16	88.191	154.979	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	[O II]	3728.81	3728.91	69.245	121.581	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3734.37	3734.46	1.580	2.770	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3750.15	3750.24	2.014	3.511	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3770.63	3770.72	2.503	4.336	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3797.90	3797.98	3.424	5.874	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	He I	3819.62	3819.70	0.653	1.112	6	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	H I	3835.38	3835.47	4.845	8.197	4	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	B Si II	3856.02	3856.07	0.126	0.211	10	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	B O II	3856.13	3856.07	0.126	0.211	10	2006MNRAS.368..253G
M 16	1	Galaxy	Si II	3862.60	3862.59	0.080	0.133	14	2006MNRAS.368..253G

**Figura 2.6:** Arquivo gerado pelo programa com as intensidades de linhas de emissão para cada publicação.

Tabela 2.1: Referências bibliográficas dos dados catalogados.

---

Aller <i>et al.</i> (1968)	Feast (1961)	Pagel <i>et al.</i> (1980)
Aller <i>et al.</i> (1974)	Ferguson (1998)	Peña <i>et al.</i> (2007)
Aller & Faulkner (1962)	Fich & Silkey (1991)	Peimbert (1970)
Aller & Liller (1959)	Foukal (1974)	Peimbert (2003)
Aller & Walker (1970)	García-Rojas <i>et al.</i> (2005)	Peimbert & Costero (1969)
Baldwin <i>et al.</i> (2000)	García-Rojas <i>et al.</i> (2004)	Peimbert & Spinrad (1970a)
Benvenuti <i>et al.</i> (1973)	García-Rojas <i>et al.</i> (2006)	Peimbert & Spinrad (1970b)
Bohuski <i>et al.</i> (1974)	García-Rojas <i>et al.</i> (2007)	Peimbert & Torres-Peimbert (1974)
Bresolin (2007)	Garnett & Kennicutt (1994)	Peimbert & Torres-Peimbert (1976)
Bresolin & Kennicutt (2002)	Girardi <i>et al.</i> (1997)	Peimbert & Torres-Peimbert (1977)
Bresolin <i>et al.</i> (2004)	Gonzalez-Delgado (1994)	Peimbert & Torres-Peimbert (1992)
Bresolin <i>et al.</i> (2005)	Grachev & Dibai (1966)	Peimbert <i>et al.</i> (1978)
Caplan <i>et al.</i> (2000)	Grandi (1975)	Peimbert <i>et al.</i> (1993)
Chopinnet <i>et al.</i> (1974)	Greenstein & Henyey (1939)	Peimbert <i>et al.</i> (2000)
Comte & Monnet (1974)	Hawley (1978)	Peimbert <i>et al.</i> (2005)
Copetti <i>et al.</i> (2007)	Hunter (1992)	Persson & Frogel (1974)
Danks (1970)	Johnson (1959)	Rubin <i>et al.</i> (1998)
Danziger (1974)	Kaler <i>et al.</i> (1965)	Sanchez & Peimbert (1991)
Davies <i>et al.</i> (1964)	Kennicutt <i>et al.</i> (2000)	Schmidt (1974)
Díaz <i>et al.</i> (1991)	Lee & Skillman (2004)	Searle (1971)
Díaz <i>et al.</i> (2000)	Leibowitz (1973)	Seaton & Osterbrock (1957)
Dickel <i>et al.</i> (1964)	Luridiana <i>et al.</i> (2002)	Shaver <i>et al.</i> (1983)
Dopita (1972)	Magrini <i>et al.</i> (2007)	Simpson (1973)
Dopita (1973)	Mathis (1957)	Skillman (1985)
Dopita (1974)	Mathis (1965)	Talent (1982)
Doroshenko (1972)	Mathis <i>et al.</i> (1985)	Thackeray (1950)
Dufour (1975)	McCall <i>et al.</i> (1985)	Tsamis <i>et al.</i> (2003)
Dufour & Mathis (1975)	Méndez (1967)	Vermeij <i>et al.</i> (2002)
Esteban <i>et al.</i> (1998)	Morgan (1971)	Vílchez & Esteban (1996)
Esteban <i>et al.</i> (1999)	O'dell (1966)	Walter <i>et al.</i> (1992)
Esteban <i>et al.</i> (2002)	Osterbrock (1955)	Wares & Aller (1968)
Esteban <i>et al.</i> (2004)	Osterbrock & Flather (1959)	Woolf (1961)
Esteban <i>et al.</i> (2005)	Osterbrock <i>et al.</i> (1992)	Wyse (1942)
Faulkner & Aller (1965)	Pagel <i>et al.</i> (1979)	Zhang <i>et al.</i> (2005)

---

## Capítulo 3

# As razões [OIII] $\lambda 5007/\lambda 4959$ e [NII] $\lambda 6583/\lambda 6548$

As linhas proibidas [OIII]  $\lambda 4959$  e  $\lambda 5007$  estão entre as linhas de emissão mais proeminentes no espectro de nebulosas fotoionizadas. Tal fato deve-se à abundância relativamente alta de íons  $O^{+2}$  nestes objetos e à posição destas linhas na faixa do espectro ótico. A razão  $\lambda 5007/\lambda 4959$  pode ser utilizada para testar observacionalmente a precisão de cálculos teóricos. Por ter pouca dependência com  $N_e$  e  $T_e$ ,  $\lambda 5007/\lambda 4959$  depende principalmente de parâmetros atômicos. Em primeira aproximação, podemos estimar que esta é igual à razão dos pesos estatísticos dos níveis  $^3P_2$  e  $^3P_1$  multiplicada pela razão inversa dos comprimentos de onda. Além desta, a razão [NII]  $\lambda 6583/\lambda 6548$  também pode ser utilizada da mesma maneira.

Na década de 80, diversos trabalhos avaliaram o valor da razão  $\lambda 5007/\lambda 4959$ . O valor teórico proposto por Mendoza (1983) era de 2.88. Este divergia dos propostos com dados observacionais por Rosa (1985) e Iye *et al.* (1987),  $3.03 \pm 0.03$  e  $3.17 \pm 0.04$ , respectivamente. No trabalho de Leisy & Dennefeld (1996) o valor observacional obtido foi de  $3.00 \pm 0.08$ , também superior ao teórico. Galavís, Mendoza & Zeppen (1997) previram o valor de 2.89. No entanto, o trabalho teórico mais recente é o de Storey & Zeppen (2000). Considerando correções relativísticas para o operador dipolo magnético, eles demonstraram que elas afetam as probabilidades de transição de  $\lambda 4959$  e  $\lambda 5007$  e obtiveram que a razão de intensidades destas linhas é de 2.98. Dimitrijevic *et al.* (2007) verificaram este valor utilizando 62 núcleos ativos de galáxias (AGNs, do termo em inglês *active galactic nuclei*) obtidos do *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS; York *et al.* 2000). Eles encontraram um valor médio para a razão de  $2.993 \pm 0.014$ , o qual está em concordância com o valor teórico.

A seguir são apresentados diversos diagramas com as razões de linhas  $\lambda 4959/H\beta$ ,  $\lambda 5007/H\beta$ ,  $\lambda 6583/H\beta$  e  $\lambda 6548/H\beta$ . Com eles desejamos, através de um estudo estatístico, avaliar o valor das razões [OIII]  $\lambda 5007/\lambda 4959$  e [NII]  $\lambda 6583/\lambda 6548$  utilizando regiões H II. Para tanto, realizamos diversos ajustes lineares.

## 3.1 Ajustes lineares e valores obtidos

### 3.1.1 $\lambda 5007/H\beta$ versus $\lambda 4959/H\beta$

Na figura 3.1, apresentamos três regressões lineares para  $\lambda 5007/H\beta$  versus  $\lambda 4959/H\beta$ , considerando todos os dados de regiões HII presentes no catálogo (437 pontos). Adotamos que  $x = \lambda 4959/H\beta$  e  $y = \lambda 5007/H\beta$  visando simplificar a notação. Os ajustes [1] e [2] são ajustes lineares através do método dos mínimos quadrados. No entanto, em [2] consideramos que quando uma das razões for nula, a outra também deve ser. Obrigamos, assim, a reta passar pela origem do sistema de coordenadas. A fim de verificarmos de diversas maneiras nosso resultado, realizamos em [3] um ajuste linear robusto (ver Press *et al.*, 1996) para os dados. Para tanto, ajustamos uma reta ao conjunto de  $N$  pontos  $(x_i, y_i)$  minimizando a soma dos valores absolutos dos resíduos  $S$ , dada por:

$$S = \sum_{i=1}^N |y_i - a - bx_i|, \quad (3.1)$$

onde  $a$  e  $b$  são os coeficientes linear e angular, respectivamente. Desta forma, tornamos esta estimativa insensível a pontos fora da distribuição.

Na figura 3.2, obrigamos todos ajustes lineares a passar pela origem do sistema de coordenadas. Além disso, o diagrama  $\lambda 5007/H\beta$  versus  $\lambda 4959/H\beta$  apresentado nesta figura é construído utilizando apenas intensidades de linhas de emissão com estimativas de erros (268 pontos). Para propagarmos estes erros para as razões de intensidades utilizamos a equação proposta por Bevington & Robinson (1992):

$$\delta_x^2 = \delta_u^2 \left( \frac{\partial x}{\partial u} \right)^2 + \delta_v^2 \left( \frac{\partial x}{\partial v} \right)^2 + 2\delta_{uv} \left( \frac{\partial x}{\partial u} \right) \left( \frac{\partial x}{\partial v} \right). \quad (3.2)$$

Esta propaga o erro de uma medida  $x$  em função de duas variáveis  $u$  e  $v$ .  $\delta_u$  e  $\delta_v$  são os erros nas medidas  $u$  e  $v$ , respectivamente, e  $\delta_{uv}$  é o termo de covariância entre  $u$  e  $v$ , que é nulo no caso de  $u$  e  $v$  serem independentes. Com isso, para este conjunto de dados, realizamos ajustes lineares ponderados que consideraram os seguintes pesos para cada medida  $i$ :

$$\omega_{i_1} = \frac{1}{\delta_{y_i}^2} \quad (3.3)$$

$$\omega_{i_2} = \frac{1}{y_i} \quad (3.4)$$

$$\omega_{i_3} = \frac{1}{\sqrt{\delta_{x_i}^2 + (\delta_{y_i} \cdot \Delta)^2}}, \quad (3.5)$$

onde  $\Delta = \sqrt{\sigma_x^2/\sigma_y^2}$ , sendo  $\sigma_x^2$  e  $\sigma_y^2$  a variância em  $x$  e  $y$ , respectivamente. Para  $x$ , por

exemplo, a variância é dada por:

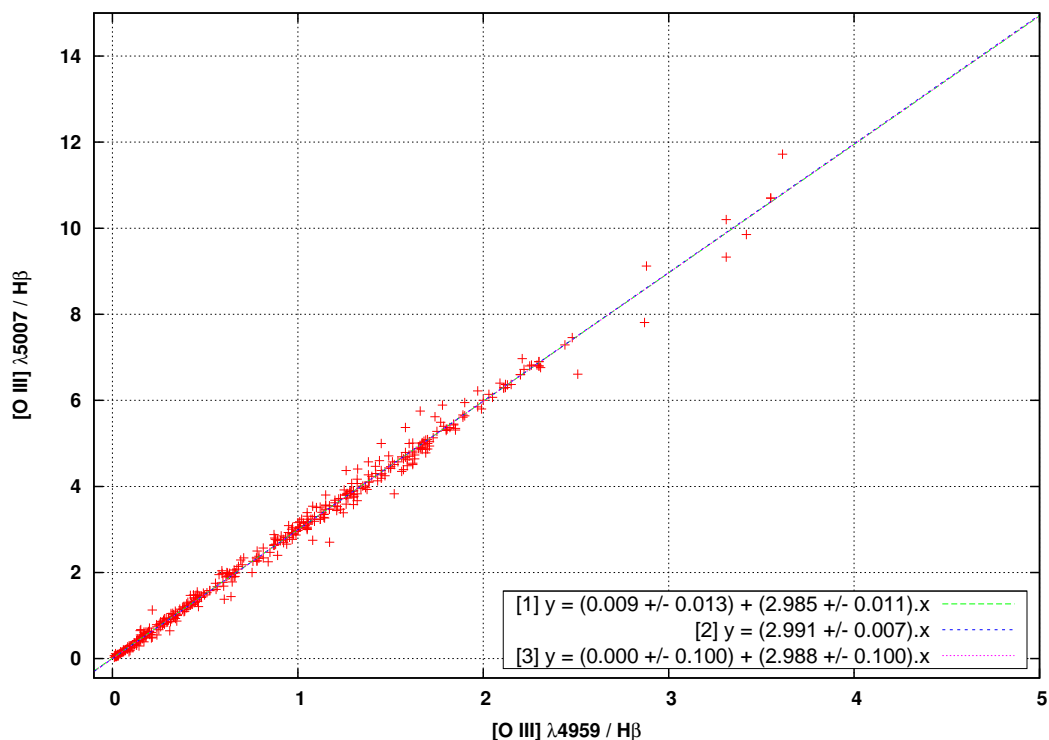
$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^N x_i\right)^2}{N}}{N-1}. \quad (3.6)$$

Os resultados obtidos para os ajustes lineares apresentados nos diagramas  $\lambda 5007/\text{H}\beta$  versus  $\lambda 4959/\text{H}\beta$  (figuras 3.1 e 3.2) são sumarizados na tabela 3.1. Calculamos também os valores médio  $\bar{X}$  e mediano  $Md$  para a razão  $\lambda 5007/\lambda 4959$ . Considerando todos os dados, os valores obtidos foram  $\bar{X} = 3.007 \pm 0.018$  e  $Md = 2.995$ .

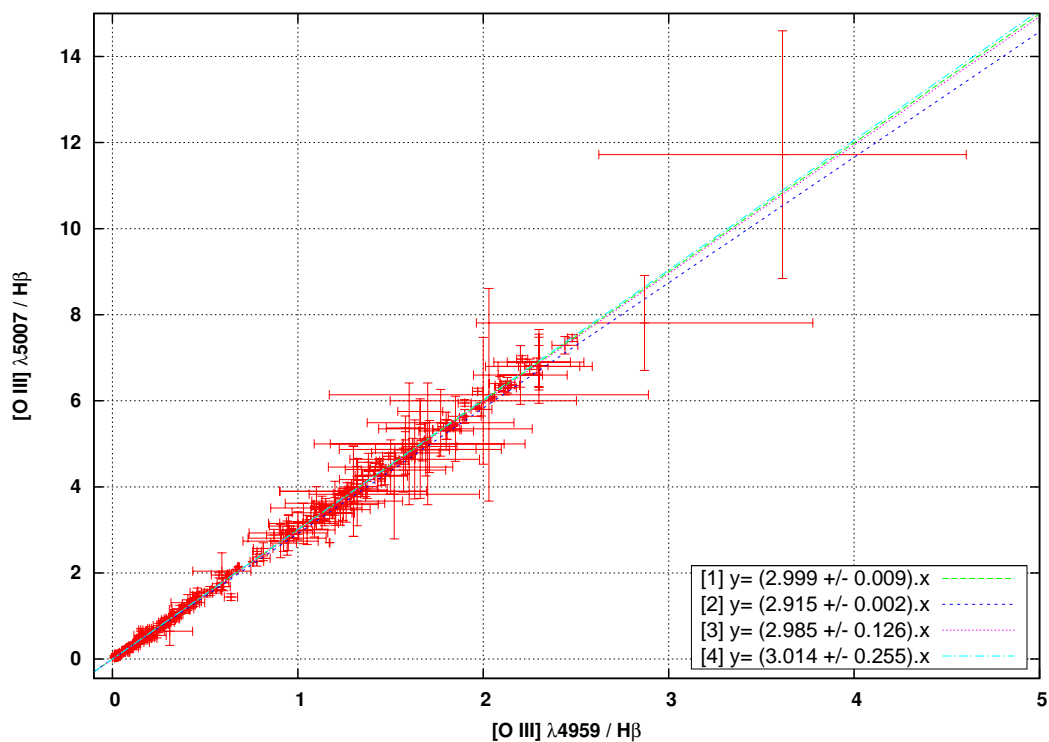
Analisando o conjunto de resultados obtidos, verificamos que os únicos valores que diferem dos demais são aqueles calculados através de ajustes lineares ponderados pelos erros. Tal fato pode ser explicado se considerarmos que as estimativas desses erros são menos confiáveis que as próprias medidas de intensidades. Esta explicação é ainda mais consistente quando lembramos que as estimativas dos erros foram realizadas por diferentes autores com diferentes métodos. Assim, desconsiderando os resultados que incluem as estimativas de erros, concluímos que os valores encontrados estão de acordo com o teórico proposto por Storey & Zeippen (2000), que é 2.98.

**Tabela 3.1:** Resultados dos ajustes lineares para  $\lambda 5007/\text{H}\beta$  versus  $\lambda 4959/\text{H}\beta$ .

Rótulo	Método	Resultado
Todos os dados (figura 3.1)		
[1]	Mínimos Quadrados	$y = (0.009 \pm 0.013) + (2.985 \pm 0.011) x$
[2]	Mínimos Quadrados	$y = (2.991 \pm 0.007) x$
[3]	Robusto	$y = (0.000 \pm 0.100) + (2.988 \pm 0.100) x$
Dados com estimativas de erro (figura 3.2)		
[1]	Mínimos Quadrados	$y = (2.999 \pm 0.009) x$
[2]	Mínimos Quadrados Ponderado (eq. 3.3)	$y = (2.915 \pm 0.002) x$
[3]	Mínimos Quadrados Ponderado (eq. 3.4)	$y = (2.985 \pm 0.126) x$
[4]	Mínimos Quadrados Ponderado (eq. 3.5)	$y = (3.014 \pm 0.255) x$



**Figura 3.1:** Diagrama  $\lambda 5007/\text{H}\beta$  versus  $\lambda 4959/\text{H}\beta$  para todos os dados de regiões HII. [1] e [2] são os ajustes lineares simples, sendo que em [2] a reta é obrigada a passar pela origem. [3] é o ajuste linear robusto para os dados.



**Figura 3.2:** Ajustes lineares para  $\lambda 5007/\text{H}\beta$  versus  $\lambda 4959/\text{H}\beta$  passando pela origem do sistema. Em [1] o ajuste linear é não-ponderado. Já [2], [3] e [4] são ajustes lineares ponderados que consideram como pesos  $\omega_i$  as equações 3.3, 3.4 e 3.5, respectivamente.

### 3.1.2 $\lambda 6583/H\beta$ versus $\lambda 6548/H\beta$

A mesma análise realizada para as linhas do [OIII]  $\lambda 4959$  e  $\lambda 5007$  pode ser estendida para as linhas do [NII],  $\lambda 6583$  e  $\lambda 6548$ . Para tanto, construímos os diagramas  $\lambda 6583/H\beta$  versus  $\lambda 6548/H\beta$  apresentados a seguir nas figuras 3.3, 3.4 e 3.5.

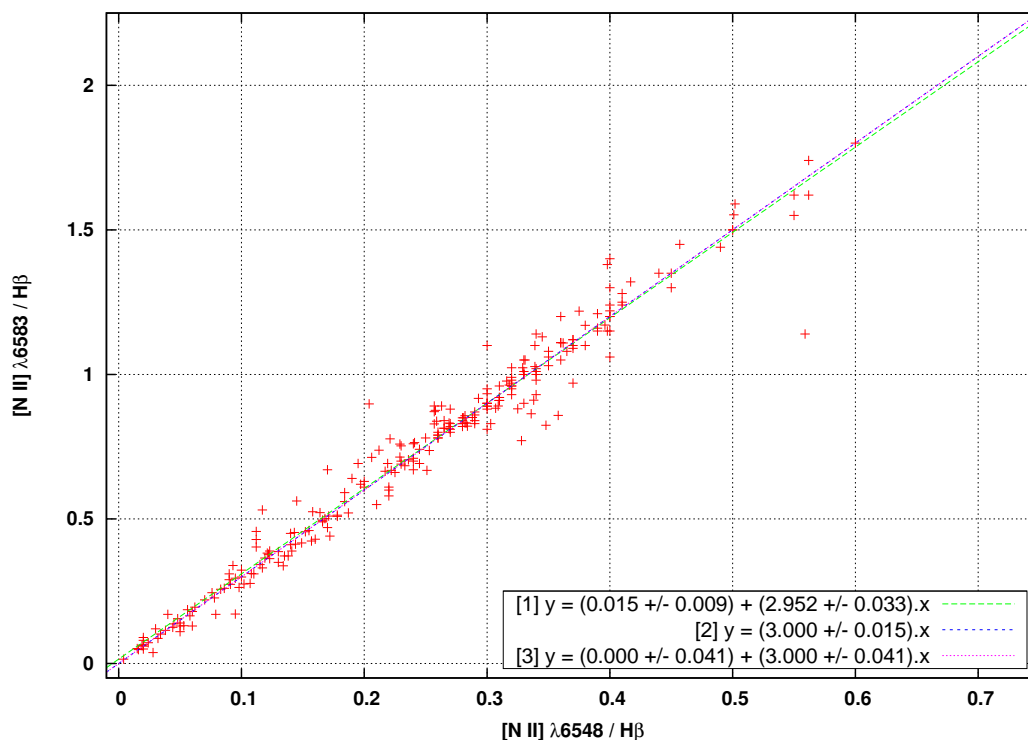
Na figura 3.3, realizamos três ajustes considerando todas medidas de regiões HII (263 pontos). Os valores médio e mediano para este conjunto de dados são, respectivamente,  $3.029 \pm 0.022$  e 3.000. Na figura 3.4, consideramos apenas medidas de regiões HII com resolução espectral maior que  $20 \text{ \AA}$  (216 pontos). O valor médio para estes dados é  $3.021 \pm 0.022$  e, o mediano, 3.000. Na figura 3.5, realizamos ajustes lineares passando pela origem apenas para os dados com estimativas de erros (164 pontos). Os resultados obtidos para os ajustes lineares apresentados nos diagramas  $\lambda 6583/H\beta$  versus  $\lambda 6548/H\beta$  (figuras 3.3, 3.4 e 3.5) são sumarizados na tabela 3.2.

Tendo em vista esses resultados obtidos, verificamos novamente que as estimativas que consideram os erros nas medidas produzem valores distintos dos demais mas, neste caso, menos evidentes quando comparados aos obtidos para  $\lambda 5007/H\beta$  versus  $\lambda 4959/H\beta$ . Assim, obtivemos valores próximos ao teórico 3.05 proposto por Storey & Zeippen (2000), no entanto, inferiores a este.

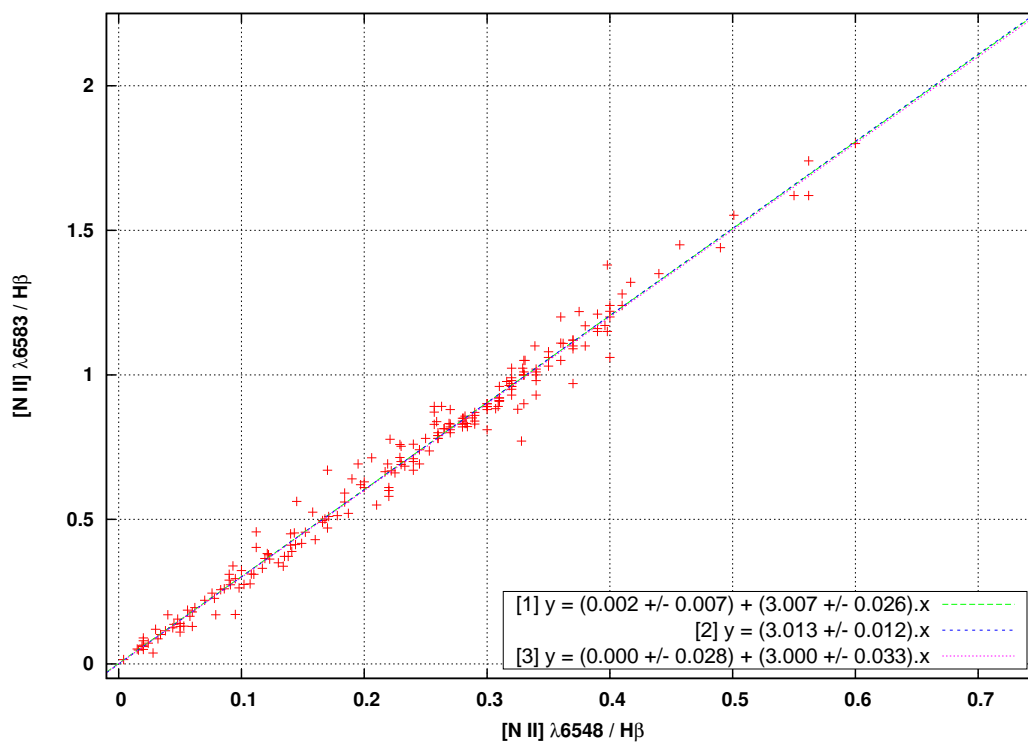
**Tabela 3.2:** Resultados dos ajustes lineares para  $\lambda 6583/H\beta$  versus  $\lambda 6548/H\beta$ .

Rótulo	Método	Resultado
Todos os dados (figura 3.3)		
[1]	Mínimos Quadrados	$y = (0.015 \pm 0.009) + (2.952 \pm 0.033) x$
[2]	Mínimos Quadrados	$y = (3.000 \pm 0.015) x$
[3]	Robusto	$y = (0.000 \pm 0.041) + (3.000 \pm 0.041) x$
Dados com resolução espectral maior que $20 \text{ \AA}$ (figura 3.4)		
[1]	Mínimos Quadrados	$y = (0.002 \pm 0.007) + (3.007 \pm 0.026) x$
[2]	Mínimos Quadrados	$y = (3.013 \pm 0.012) x$
[3]	Robusto	$y = (0.000 \pm 0.033) + (3.000 \pm 0.033) x$
Dados com estimativas de erro (figura 3.5)		
[1]	Mínimos Quadrados	$y = (2.993 \pm 0.013) x$
[2]	Mínimos Quadrados Ponderado (eq. 3.3)	$y = (2.993 \pm 0.007) x$
[3]	Mínimos Quadrados Ponderado (eq. 3.4)	$y = (2.981 \pm 0.013) x$
[4]	Mínimos Quadrados Ponderado (eq. 3.5)	$y = (2.989 \pm 0.016) x$

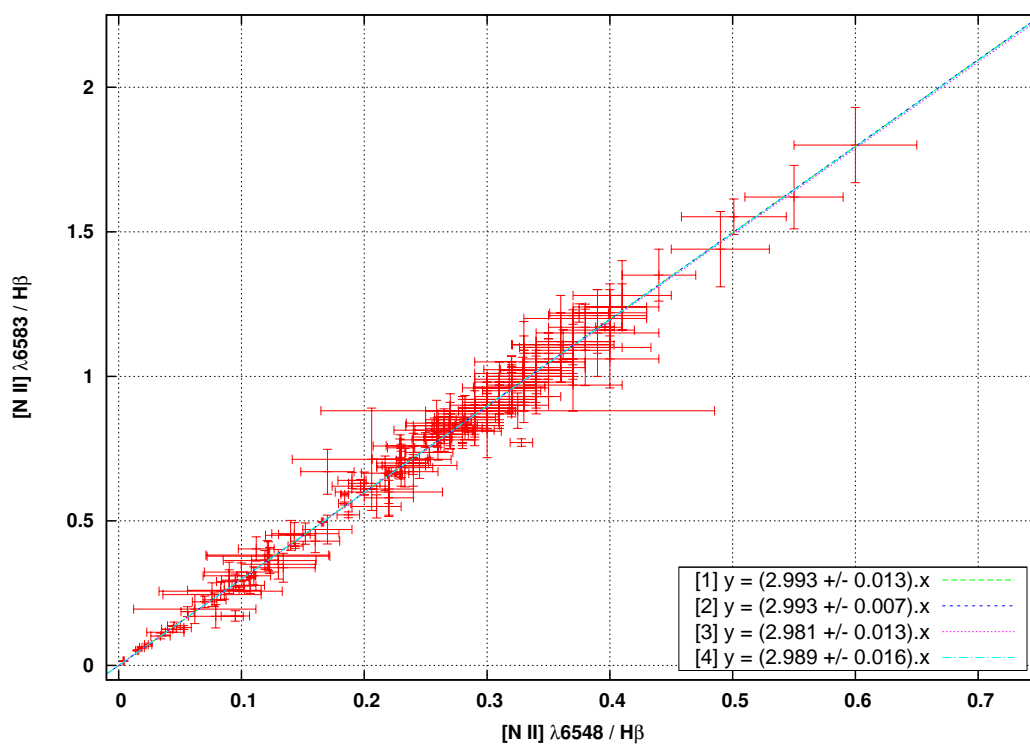




**Figura 3.3:** Diagrama  $\lambda 6583/\text{H}\beta$  versus  $\lambda 6548/\text{H}\beta$  para todos os dados de regiões HII. [1] e [2] são ajustes lineares simples, sendo que em [2] a reta é obrigada a passar pela origem. Já [3] é o ajuste linear robusto.



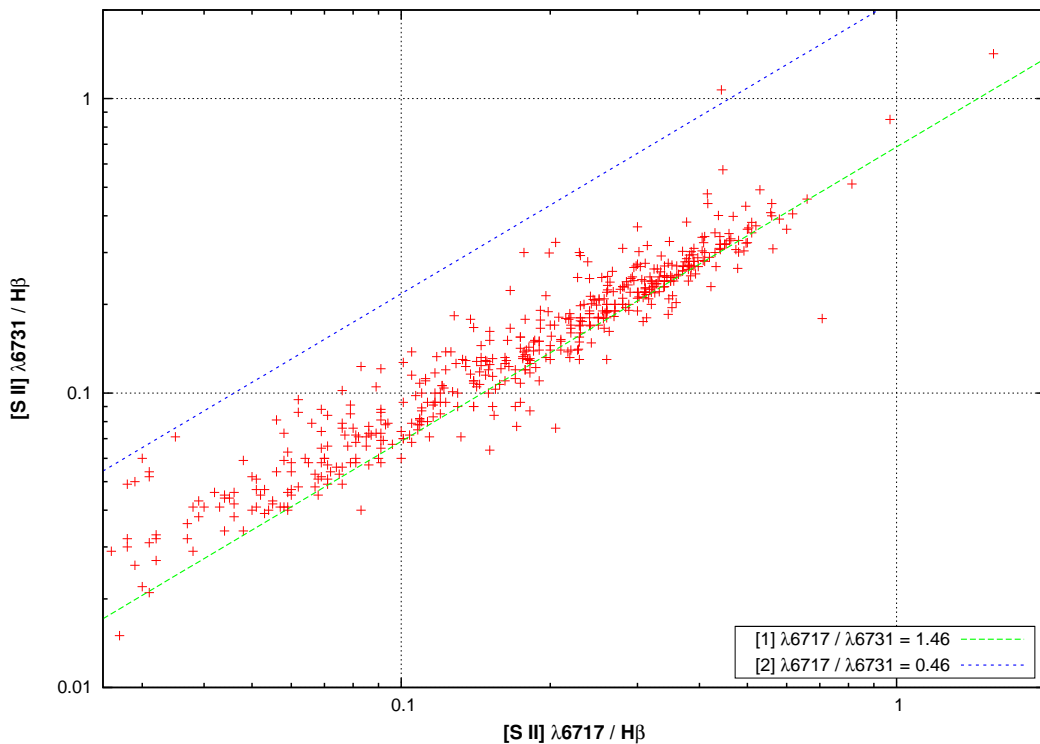
**Figura 3.4:** Diagrama  $\lambda 6583/\text{H}\beta$  versus  $\lambda 6548/\text{H}\beta$  para dados de regiões HII com resolução espectral maior que 20 Å. [1] e [2] são os ajustes lineares simples, sendo que em [2] a reta é obrigada a passar pela origem. Já [3] é o ajuste linear robusto.



**Figura 3.5:** Diagrama  $\lambda 6583/\text{H}\beta$  versus  $\lambda 6548/\text{H}\beta$  para todos os dados de regiões H II. Apenas são consideradas intensidades de linhas de emissão com erros. Em [1] o ajuste linear é não-ponderado. Já [2], [3] e [4] são ajuste lineares ponderados que consideram como pesos  $\omega_i$  as equações 3.3, 3.4 e 3.5, respectivamente.

### 3.2 Outras análises possíveis

A figura 3.6 apresenta outro tipo de análise que pode ser realizada. Para esta, utilizamos as intensidades do indicador de densidade [SII]  $\lambda 6717/\lambda 6731$ . Construímos o diagrama  $\lambda 6731/H\beta$  versus  $\lambda 6717/H\beta$  para regiões HII do catálogo (522 pontos). Também indicamos através das linhas [1] e [2] os limites de saturação para baixas e altas densidades, respectivamente, para este duplete considerando uma temperatura eletrônica de 5000 K. A maior parte das medidas encontra-se próxima ao limite de baixa densidade, o que significa que a densidade da maior parte dos objetos é de algumas centenas por  $\text{cm}^{-3}$ . O único objeto acima do limite superior de alta densidade é +092+098 da galáxia NGC 7793 (valores de intensidades de McCall *et al.*, 1985). Já os outros seis pontos situados próximos a esse limite são dados de M 42. O ponto mais abaixo do limite de saturação de baixa densidade é o objeto Galáctico BFS 64 (valores de intensidades de Fich & Silkey, 1991). Não apresentamos diagramas semelhantes para outros sensores de densidade pelo fato destes não possuírem um número significativo de pontos.



**Figura 3.6:** Diagrama  $\lambda 6731/H\beta$  versus  $\lambda 6717/H\beta$  para todos os dados de regiões HII. As linhas [1] e [2] correspondem aos limites de saturação para baixa e alta densidade, respectivamente.

# Capítulo 4

## Comparação de diferentes sensores de temperatura eletrônica

### 4.1 A estratificação da temperatura eletrônica em regiões HII

A temperatura eletrônica é uma das principais propriedades físicas de uma região HII. Uma vez esta e a densidade determinadas, podemos derivar a abundância química desses objetos. Para isso, assumimos que uma nebulosa apresenta três regiões: uma externa, com baixa ionização, uma com ionização intermediária e uma interna, com alta ionização. A zona de baixa ionização é caracterizada, por exemplo, pelos íons  $N^+$ ,  $O^+$  e  $S^+$ . A zona de ionização intermediária, proposta por Garnett (1992), possui temperatura obtida pelos íons  $Ar^{+2}$  e  $S^{+2}$ . Já a zona de alta ionização é caracterizada pelos íons  $O^{+2}$  e  $Ne^{+2}$ . Estes íons estão presentes em apenas uma das zonas, considerando seus potenciais de ionização e resultados fornecidos pelos modelos de fotoionização.

Um dos principais problemas enfrentados ao derivar abundâncias químicas é a determinação da temperatura eletrônica de cada uma das zonas de ionização da nebulosa. Linhas como [O III]  $\lambda 4363$  e [N II]  $\lambda 5755$  são fracas, detectáveis apenas em regiões HII quentes ( $T_e \geq 7000$  K). Já para a utilização dos sensores do [O II] e do [S II], necessitamos a observação de linhas muito separadas em comprimento de onda, o que torna sua utilização ainda mais difícil. Quando apenas a temperatura de uma das zonas pode ser determinada, é comum na literatura assumir que as duas zonas apresentam temperaturas iguais. Ou ainda, em casos extremos, que a temperatura é igual a 10 000 K. Estas aproximações induzem erros graves na determinação das abundâncias, uma vez que dependem fortemente da temperatura, quando determinadas via linhas excitadas colisionalmente. Além disso, estas aproximações podem levar a falsas conclusões, por exemplo, com respeito ao gradiente de abundância químico da Galáxia.

## 4.2 As relações entre as diferentes estimativas de temperatura eletrônica

Dada a sua importância para a correta determinação das abundâncias, tentativas vêm sendo feitas para encontrar relações entre as temperaturas derivadas com sensores diferentes. McKenna *et al.* (1996) determinaram temperaturas eletrônicas médias utilizando as razões de linhas do [O III] e do [N II] para 106 nebulosas planetárias. Com parâmetros atômicos mais recentes, reanalisaram os resultados obtidos por Kaler (1986). Em seu estudo, encontraram que a diferença média entre  $T_e(\text{O III})$  e  $T_e(\text{N II})$  em uma nebulosa planetária é 2070 K. Este valor é menor que o derivado por Kaler (1986), que foi estimado em 2210 K, em média.

Martins & Viegas (2002) encontraram uma relação entre as temperaturas da zona de baixa e alta ionização usando modelos de fotoionização para nebulosas planetárias. Os valores de  $T_e(\text{O III})$  e  $T_e(\text{N II})$  assim calculados foram comparados às temperaturas derivadas de observações de uma amostra de nebulosas planetárias de uma dada classe de excitação. Em geral, encontraram valores de  $T_e(\text{N II})$  menores que  $T_e(\text{O III})$  para as nebulosas da amostra. Eles obtiveram uma relação linear entre  $T_e(\text{O III})$  e  $T_e(\text{N II})$  para cada classe de excitação, com razões  $T_e(\text{N II})/T_e(\text{O III})$  que variam de 0.50 a 0.92.

Kennicutt, Bresolin & Garnett (2003) compararam as medidas de temperaturas  $T_e(\text{O II})$ ,  $T_e(\text{S III})$  e  $T_e(\text{N II})$  com as  $T_e(\text{O III})$  obtidas para regiões H II de M 101 e de NGC 2403. A melhor correlação encontrada foi entre  $T_e(\text{O III})$  e  $T_e(\text{S III})$ . Como em apenas alguns objetos a linha [N II]  $\lambda 5755$  foi observada, a comparação entre  $T_e(\text{N II})$  e  $T_e(\text{O III})$  foi menos clara. Já para  $T_e(\text{O II})$  e  $T_e(\text{O III})$  não foi verificada correlação para a maior parte dos objetos.

Izotov *et al.* (2006) propuseram relações teóricas entre  $T_e(\text{O II})$ ,  $T_e(\text{O III})$  e  $T_e(\text{S III})$  a partir dos resultados de modelos de fotoionização. Além disso, mostraram que estas estão de acordo com as observações para uma amostra de objetos do SDSS *Data Release 3*. As relações sugeridas por eles foram:

- para  $12 + \log(\text{O}/\text{H}) = 7.2$ :

$$T_e(\text{O II}) = -5.770 \times 10^5 + T_e(\text{O III}) \times [2.065 - 4.980 \times 10^{-5} \times T_e(\text{O III})] \quad (4.1)$$

$$T_e(\text{S III}) = -1.085 \times 10^4 + T_e(\text{O III}) \times [2.320 - 4.200 \times 10^{-5} \times T_e(\text{O III})] \quad (4.2)$$

- para  $12 + \log(\text{O}/\text{H}) = 7.6$ :

$$T_e(\text{O II}) = -7.440 \times 10^5 + T_e(\text{O III}) \times [2.338 - 6.100 \times 10^{-5} \times T_e(\text{O III})] \quad (4.3)$$

$$T_e(\text{S III}) = -1.276 \times 10^4 + T_e(\text{O III}) \times [2.645 - 5.460 \times 10^{-5} \times T_e(\text{O III})] \quad (4.4)$$

- para  $12 + \log(\text{O}/\text{H}) = 8.2$ :

$$T_e(\text{O II}) = 2.967 \times 10^4 + T_e(\text{O III}) \times [-4.797 + 2.827 \times 10^{-4} \times T_e(\text{O III})] \quad (4.5)$$

$$T_e(\text{S III}) = 1.653 \times 10^4 + T_e(\text{O III}) \times [-2.261 + 1.605 \times 10^{-4} \times T_e(\text{O III})] \quad (4.6)$$

Pilyugin, Vílchez & Thuan (2006) encontraram que a relação entre  $T_e(\text{O III})$  e  $T_e(\text{O II})$  pode ser aproximada por uma função linear. A relação por eles obtida é baseada em dados de regiões H II de alta metalicidade ( $12 + \log(\text{O}/\text{H}) > 8.25$ ) e é dada por  $T_e(\text{O II}) = 0.72 T_e(\text{O III}) + 2600 \text{ K}$ .

Pilyugin (2007) encontrou que a relação entre  $T_e(\text{O II})$  e  $T_e(\text{O III})$  é dependente do parâmetro de excitação  $P$ , dado por:

$$P = \frac{[\text{O III}](\lambda 4959 + \lambda 5007)}{[\text{O II}](\lambda 3726 + \lambda 3729) + [\text{O III}](\lambda 4959 + \lambda 5007)} \quad (4.7)$$

Seu estudo foi realizado utilizando regiões H II de alta metalicidade e a relação obtida foi:

$$\frac{10^4}{T_e(\text{O II})} = 0.41 \frac{10^4}{T_e(\text{O III})} - 0.34 P + 0.81 \quad (4.8)$$

As relações entre  $T_e(\text{O III})$ ,  $T_e(\text{O II})$ ,  $T_e(\text{S III})$  e  $T_e(\text{S II})$  foram estudadas por Hägele *et al.* (2008). Para tanto, utilizaram dados de boa qualidade de galáxias H II. Mostraram que não há uma relação única entre as temperaturas do [O II] e [O III]. Para a relação entre as temperaturas do [S II] e do [O II] não houve resultados conclusivos devido à dificuldade de avaliar a densidade. Já para  $T_e(\text{S III})$  *versus*  $T_e(\text{O III})$ , a maior parte dos objetos pareceu seguir as seqüências de modelos de Pérez-Montero & Díaz (2005) – que sugeriram a relação  $T_e(\text{O III}) = 0.95 T_e(\text{S III}) + 800 \text{ K}$  – e de Izotov *et al.* (2006) para metalicidades baixas e intermediárias.

Há muitas outras versões na literatura propostas para estas relações (Campbell, Terlevich & Melnick, 1986; Pagel *et al.*, 1992; Izotov, Thuan & Lipovetsky, 1997; Deharveng *et al.*, 2000; Oey & Shields, 2000), mas a concordância entre elas não é boa. No presente capítulo, comparamos a temperatura eletrônica estimada através de diferentes íons utilizando o nosso banco de dados. Para tanto, comparamos as diversas razões de intensidades de linhas de sensores de temperatura umas com as outras, ao invés de comparar as temperaturas derivadas, como têm sido realizado por todos os outros autores.

### 4.3 Os dados e os modelos teóricos

Construímos diversos diagramas com dados de regiões H II comparando os sensores de temperatura eletrônica do [S III], [O III], [N II], [O II] e [S II] uns com os outros utilizando as razões de linhas extraídas de nosso banco de dados. Consideramos também dados da literatura de galáxias H II (Guseva *et al.*, 2001; Hägele *et al.*, 2006; Hägele *et al.*, 2008; Hidalgo-Gómez *et al.*, 2001a; Hidalgo-Gómez *et al.*, 2001b; Izotov *et al.*, 1994; Izotov *et al.*, 1997; Izotov *et al.*, 2001a; Izotov *et al.*, 2001b; Izotov & Thuan, 1998; Izotov & Thuan, 2004; Popescu & Hopp, 2000; Pustilnik *et al.*, 2004 e Vílchez & Iglesias-Páramo, 2003) e de nebulosas planetárias do catálogo de Kaler *et al.* (1997), de Krabbe & Copetti (2006) e de Hyung, Aller, Feibelman e colaboradores (Aller & Hyung, 1995; Aller *et al.*, 1996;

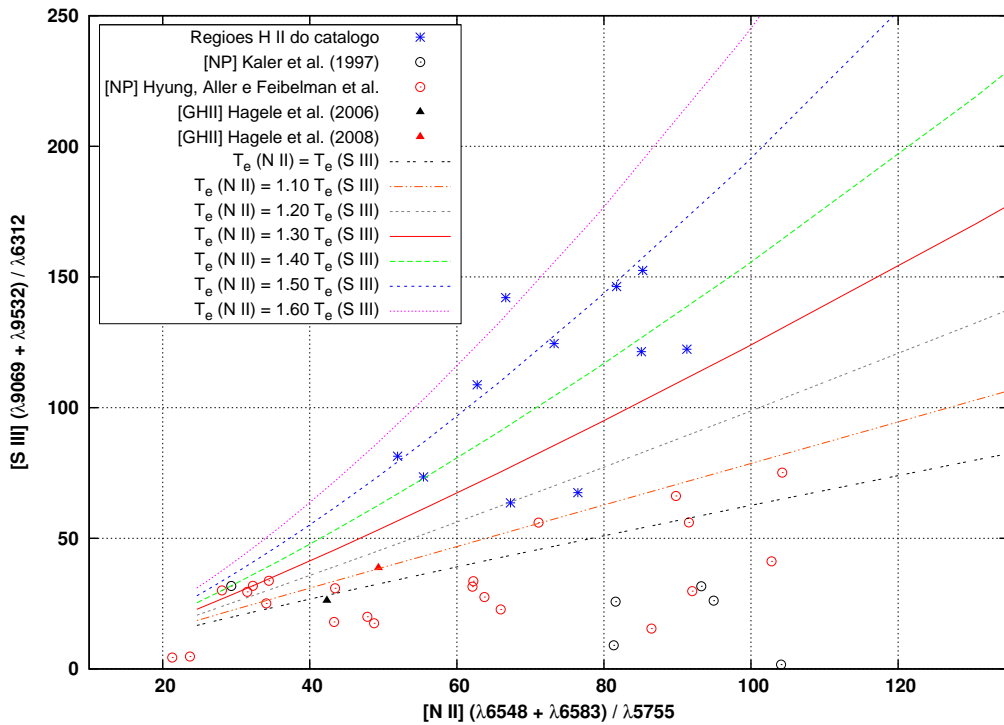
Feibelman *et al.*, 1994, 1996; Hyung, 1994; Hyung & Aller, 1995a,b, 1996, 1997a,b, 1998; Hyung *et al.*, 1993, 1994a,b,c, 1995, 1997, 1999a,b, 2000, 2001).

Além dos dados observacionais, são apresentadas também curvas teóricas construídas utilizando a rotina *temden* do pacote *stdas.nebular* (Shaw & Dufour, 1995) do IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*). Esta tarefa resolve numericamente a equação de equilíbrio estatístico dos níveis (equação 1.1) e calcula  $N_e$  dado  $T_e$ , ou  $T_e$  dado  $N_e$ , para um dos vários íons dada a razão de linhas associada. As referências para as forças de colisão e probabilidades de transição usadas são apresentadas na tabela 4.1. Cada curva obtida é o *locus* onde a razão de temperaturas assumida *ad hoc* é satisfeita. Nelas, a temperatura aumenta de cima para baixo ou da direita para esquerda. Os resultados são apresentados nas figuras 4.1 a 4.11.

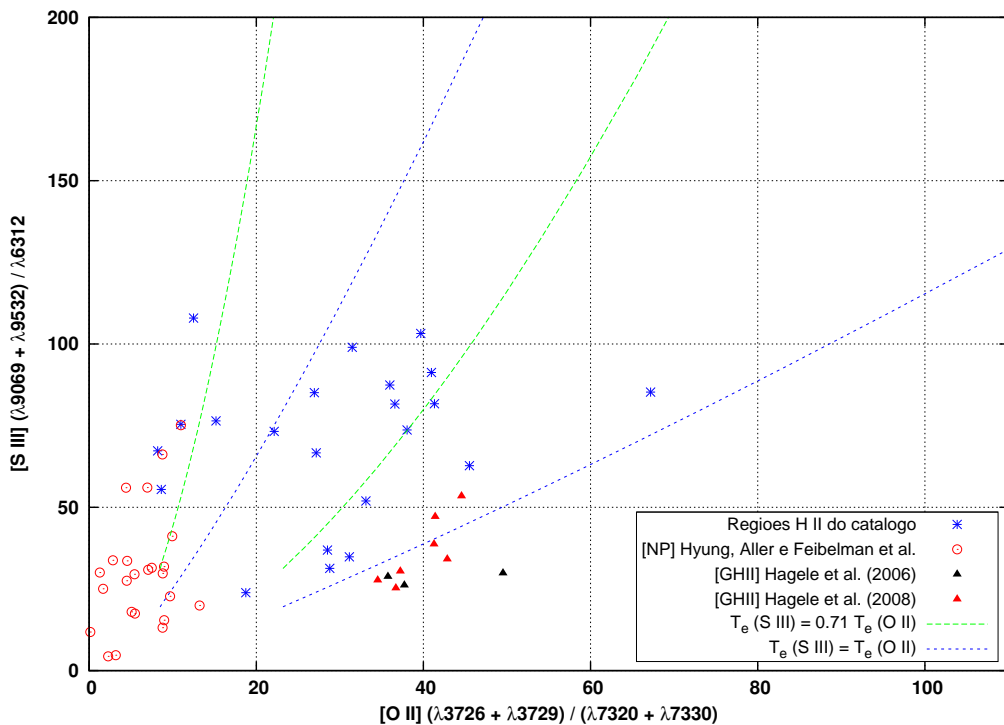
**Tabela 4.1:** Referências dos parâmetros atômicos.

Íon	Níveis de Energia	Probabilidades de Transição	Forças de Colisão
[SII]	B60, VVF96	VVF96, KHOC93	RBS96
[OII]	B60, KS86, F75	WFD96	P76, MB93
[NII]	B60, WL95	WFD96	LB94
[SIII]	B60	MZ82, HSC95, LL93, KS86	GMZ95
[OIII]	B60, M85	WFD96	LB94

*Referências:* B60 - Bowen (1960); F75 - Fawcett (1975); GMZ95 - Galavis, Mendoza & Zeippen (1995); HSC95 - Heise, Smith & Calamai (1995); KHOC93 - Keenan, Hibbert Ojha & Caylon (1993); KS86 - Kaufman & Sugar (1986); LB94 - Lennon & Burke (1994); LL93 - LaJohn & Luke (1993); M85 - Moore (1985); MB93 - McLaughlin & Bell (1993); MZ82 - Mendoza & Zeippen (1982); P76 - Pradhan (1976); RBS96 - Ramsbottom, Bell & Stafford (1996); VVF96 - Verner D.A., Verner E.M. & Ferland (1996); WFD96 - Wiese, Fuhr & Deters (1996); WL95 - Williams & Livio (1995);

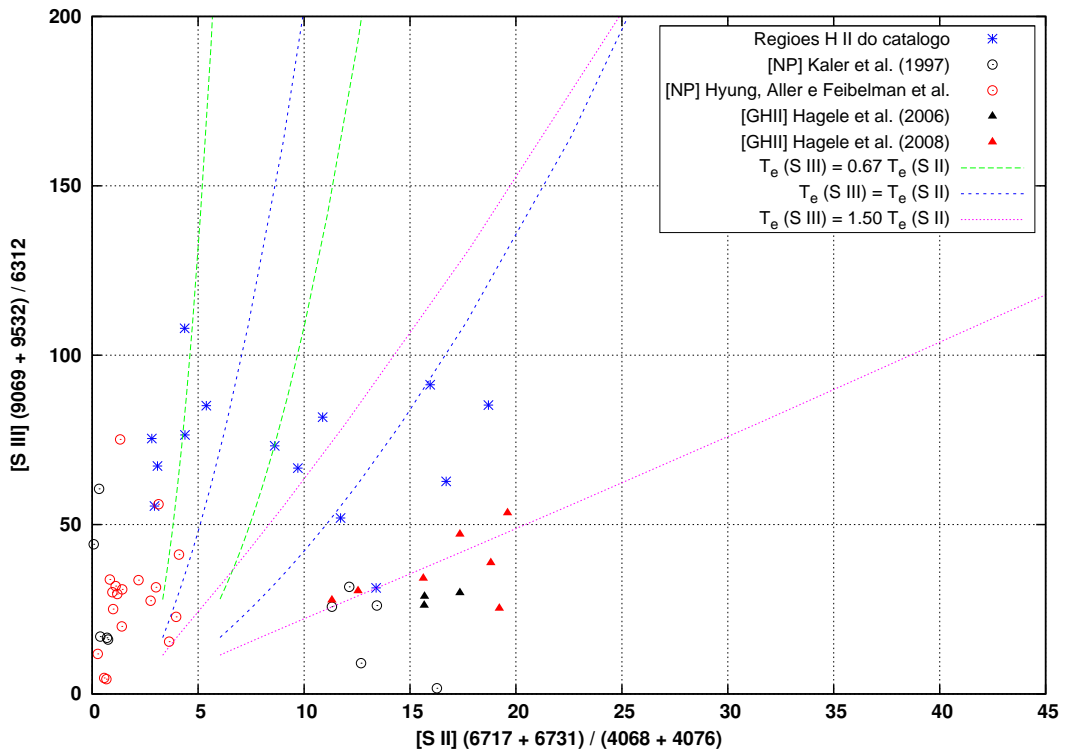


**Figura 4.1:**  $[S III] (\lambda 9069 + \lambda 9532) / \lambda 6312$  versus  $[N II] (\lambda 6548 + \lambda 6583) / \lambda 5755$  para regiões HII do catálogo, galáxias HII e nebulosas planetárias. O rótulo [NP] refere-se aos dados de nebulosas planetárias e o [GHII], aos de galáxias HII. Curvas teóricas calculadas assumindo  $N_e = 100 \text{ cm}^{-3}$  e variando as razões das temperaturas  $T_e(S III) / T_e(N II)$ .

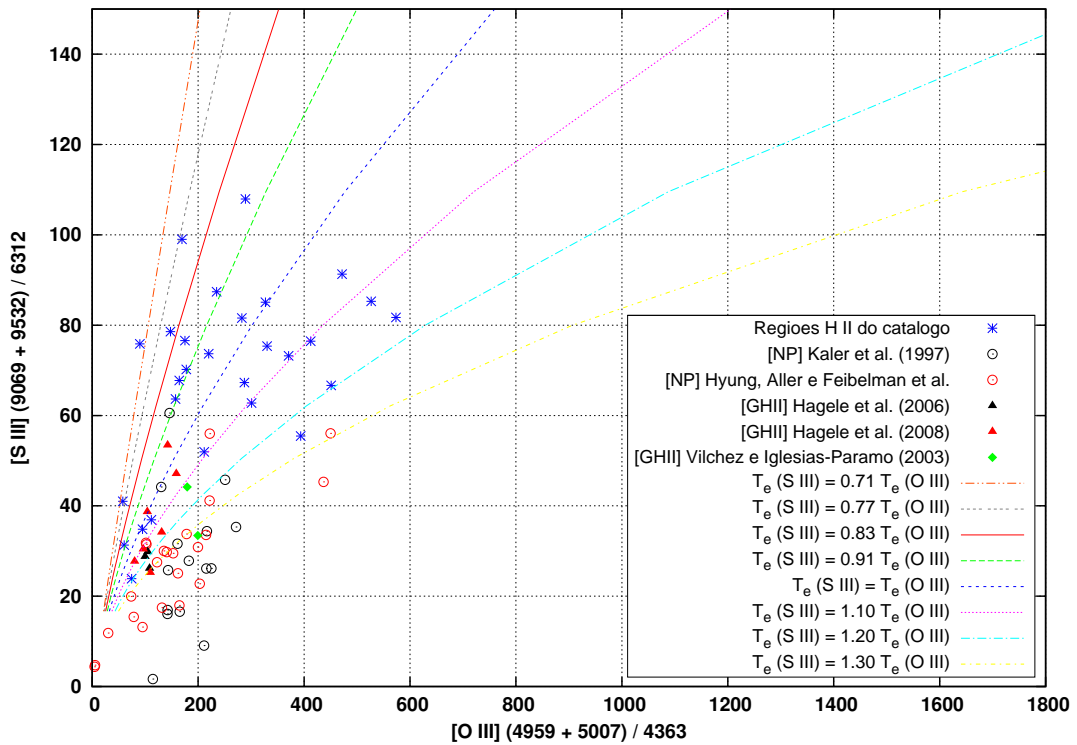


**Figura 4.2:**  $[S III] (\lambda 9069 + \lambda 9532) / \lambda 6312$  versus  $[O II] (\lambda 3726 + \lambda 3729) / (\lambda 7320 + \lambda 7330)$  para regiões HII do catálogo, galáxias HII e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas obtidas variando-se as razões das temperaturas  $T_e(S III) / T_e(O II)$  e as densidades eletrônicas. Para cada razão de temperaturas, a curva à direita é calculada para  $N_e = 20 \text{ cm}^{-3}$  e a curva à esquerda, para  $N_e = 2000 \text{ cm}^{-3}$ .





**Figura 4.3:**  $[S\ III] (\lambda 9069 + \lambda 9532) / \lambda 6312$  versus  $[S\ II] (\lambda 6717 + \lambda 6731) / (\lambda 4068 + \lambda 4076)$  para regiões HII do catálogo, galáxias HII e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas obtidas variando-se as razões das temperaturas  $T_e(S\ III)/T_e(S\ II)$  e as densidades eletrônicas. Densidades como figura 4.2.



**Figura 4.4:**  $[S\ III] (\lambda 9069 + \lambda 9532) / \lambda 6312$  versus  $[O\ III] (\lambda 4959 + \lambda 5007) / \lambda 4363$  para regiões HII do catálogo, galáxias HII e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas calculadas assumindo  $N_e = 100\text{ cm}^{-3}$  e variando as razões das temperaturas  $T_e(S\ III)/T_e(O\ III)$ .

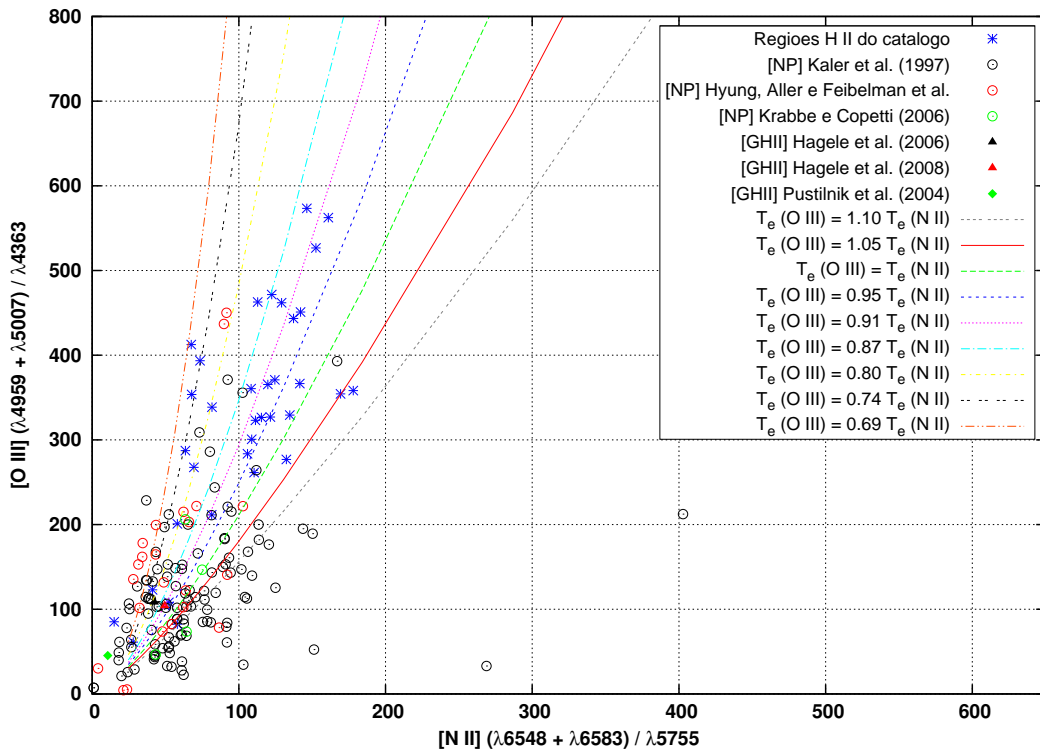


Figura 4.5:  $[\text{O III}] (\lambda 4959 + \lambda 5007) / \lambda 4363$  versus  $[\text{N II}] (\lambda 6548 + \lambda 6583) / \lambda 5755$  para regiões HII do catálogo, galáxias HII e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas calculadas assumindo  $N_e = 100 \text{ cm}^{-3}$  e variando as razões das temperaturas  $T_e(\text{O III}) / T_e(\text{N II})$ .

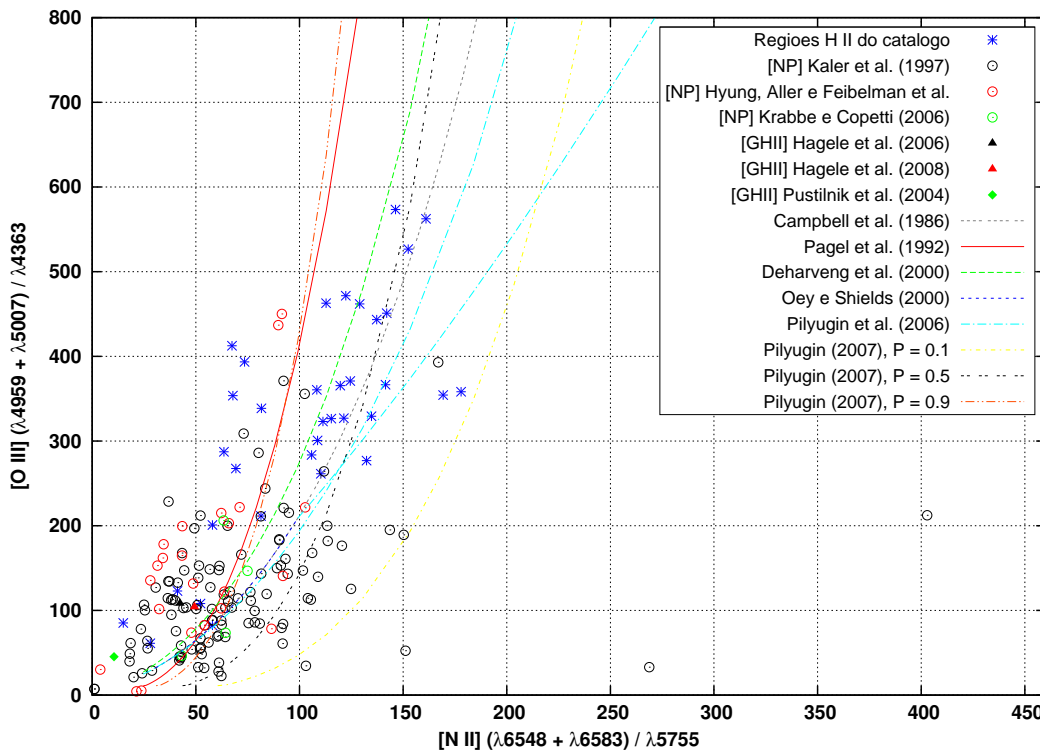


Figura 4.6:  $[\text{O III}] (\lambda 4959 + \lambda 5007) / \lambda 4363$  versus  $[\text{N II}] (\lambda 6548 + \lambda 6583) / \lambda 5755$  para regiões HII do catálogo, galáxias HII e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas obtidas por outros trabalhos para  $N_e = 100 \text{ cm}^{-3}$ .

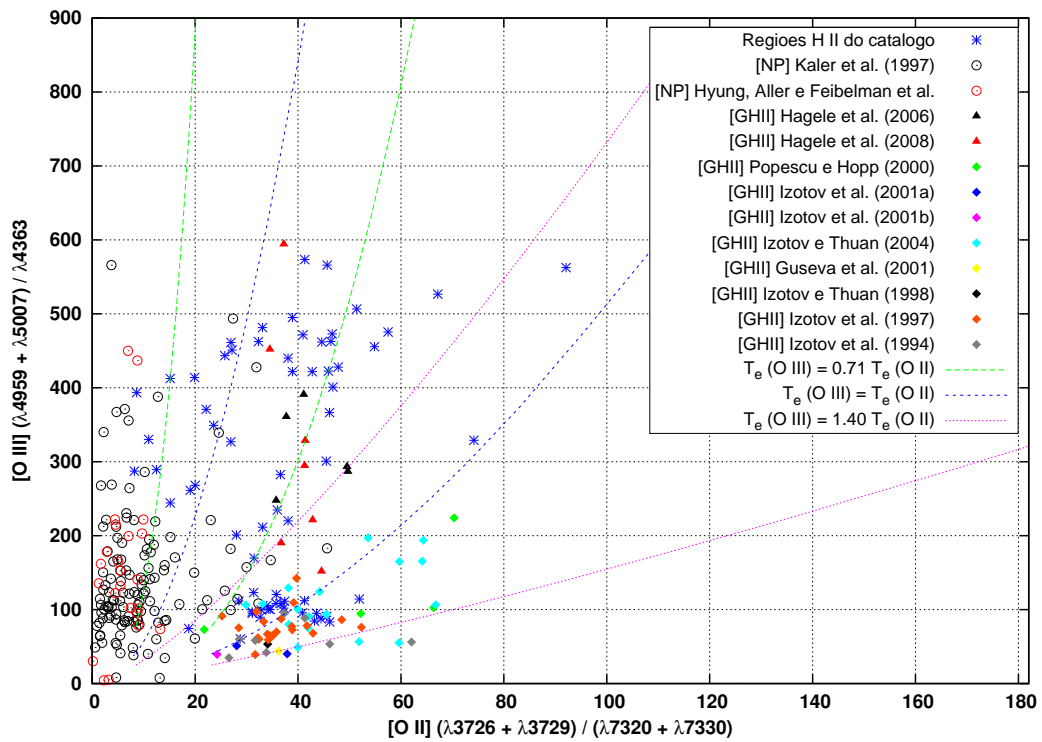


Figura 4.7:  $[O III] (\lambda 4959 + \lambda 5007) / \lambda 4363$  versus  $[O II] (\lambda 3726 + \lambda 3729) / (\lambda 7320 + \lambda 7330)$  para regiões H II do catálogo, galáxias H II e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas obtidas variando-se as razões das temperaturas  $T_e(O III)/T_e(O II)$  e as densidades eletrônicas. Densidades como figura 4.2.

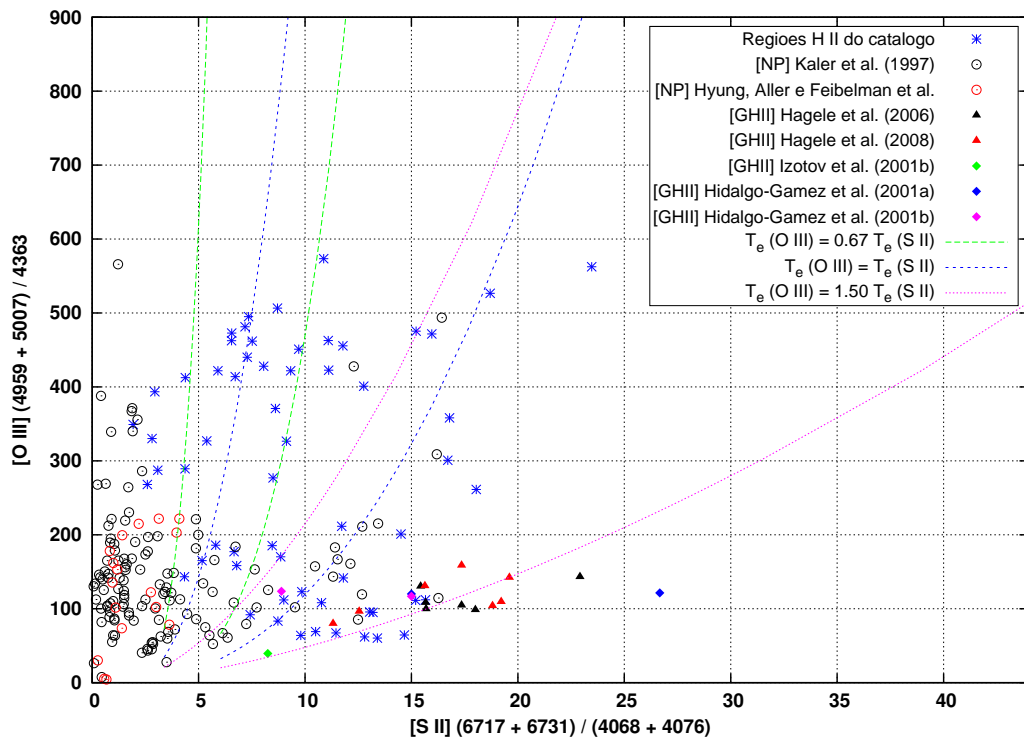
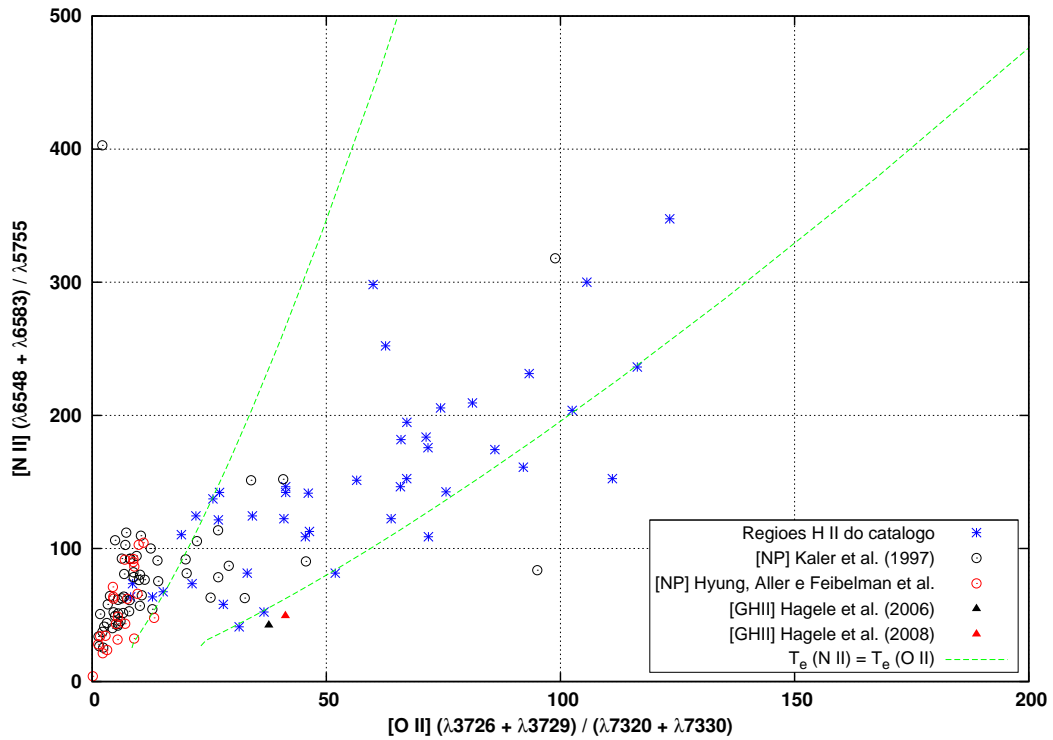
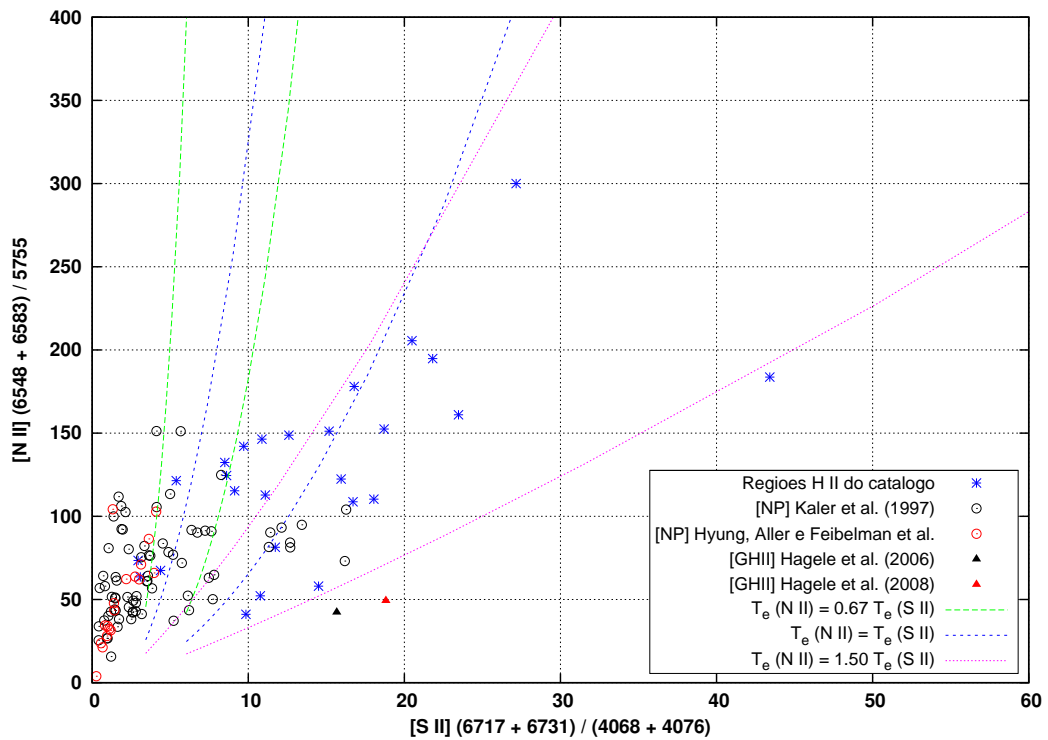


Figura 4.8:  $[O III] (\lambda 4959 + \lambda 5007) / \lambda 4363$  versus  $[S II] (\lambda 6717 + \lambda 6731) / (\lambda 4068 + \lambda 4076)$  para regiões H II do catálogo, galáxias H II e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas obtidas variando-se as razões das temperaturas  $T_e(O III)/T_e(S II)$  e as densidades eletrônicas. Densidades como figura 4.2.



**Figura 4.9:**  $[N II] (\lambda 6548 + \lambda 6583) / \lambda 5755$  versus  $[O II] (\lambda 3726 + \lambda 3729) / (\lambda 7320 + \lambda 7330)$  para regiões H II do catálogo, galáxias H II e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas obtidas variando-se as razões das temperaturas  $T_e(N II)/T_e(O II)$  e as densidades eletrônicas. Densidades como figura 4.2.



**Figura 4.10:**  $[N II] (\lambda 6548 + \lambda 6583) / \lambda 5755$  versus  $[S II] (\lambda 6717 + \lambda 6731) / (\lambda 4068 + \lambda 4076)$  para regiões H II do catálogo, galáxias H II e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas obtidas variando-se as razões das temperaturas  $T_e(N II)/T_e(S II)$  e as densidades eletrônicas. Densidades como figura 4.2.

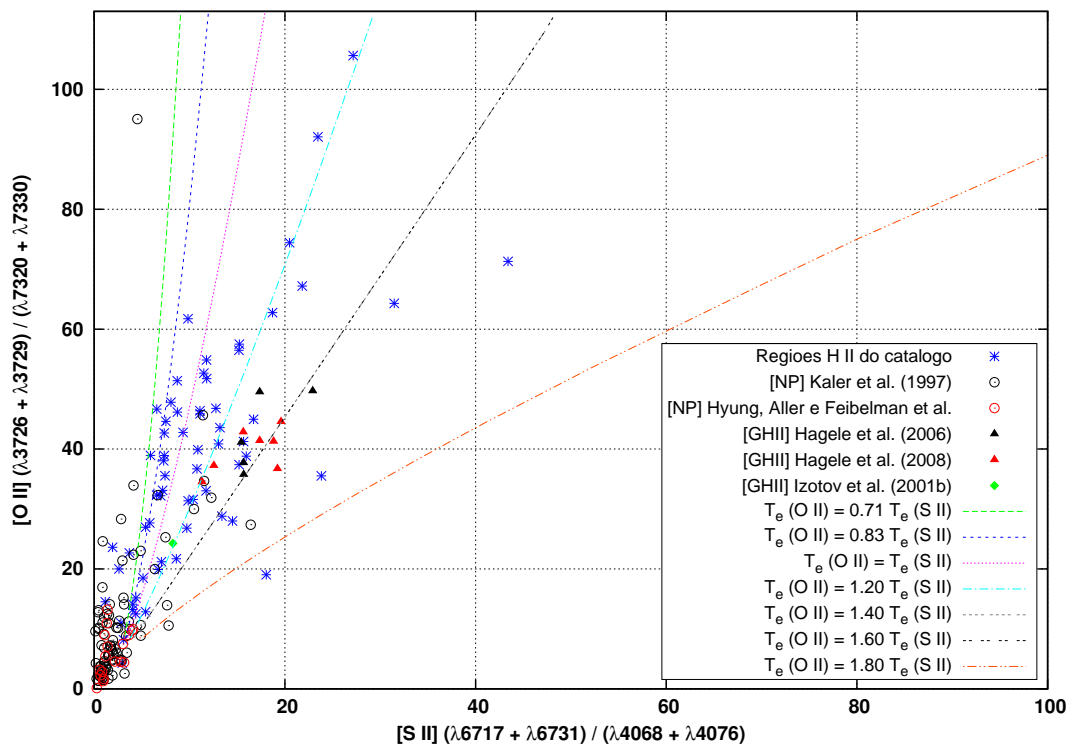


Figura 4.11:  $[O II] (\lambda 3726 + \lambda 3729) / (\lambda 7320 + \lambda 7330)$  versus  $[S II] (\lambda 6717 + \lambda 6731) / (\lambda 4068 + \lambda 4076)$  para regiões HII do catálogo, galáxias HII e nebulosas planetárias. Rótulos com na figura 4.1. Curvas teóricas calculadas assumindo  $N_e = 2000 \text{ cm}^{-3}$  e variando-se as razões das temperaturas  $T_e(O II) / T_e(S II)$ .

## 4.4 Discussão dos resultados

Na figura 4.6, são apresentadas as relações obtidas para  $T_e(\text{O III})$  *versus*  $T_e(\text{O II})$  por outros autores, assumindo  $N_e = 100 \text{ cm}^{-3}$ . Escolhemos o diagrama  $[\text{O III}]$  *versus*  $[\text{N II}]$  buscando não relacionar a dispersão dos pontos com o efeito da densidade. Neste fica claro que boa parte dos objetos não segue os modelos propostos.

Para  $[\text{S III}]$  *versus*  $[\text{N II}]$ ,  $[\text{S III}]$  *versus*  $[\text{O III}]$  e  $[\text{O III}]$  *versus*  $[\text{N II}]$  (figuras 4.1, 4.4 e 4.5), as curvas foram obtidas variando as razões das temperaturas determinadas pelos respectivos sensores, mantendo a densidade fixa e igual a  $100 \text{ cm}^{-3}$ . Isto porque, para uma dada temperatura, houve pouca variação das curvas ao variarmos a densidade. Tal fato deve-se à fraca dependência destes sensores com relação a este parâmetro. Considerando-se que na estrutura da nebulosa a ionização diminui radialmente a partir da fonte central, a temperatura eletrônica também varia com esta distância. Diferentes íons são encontrados em cascas esféricas distintas dependendo de seu potencial de ionização. Assim, por tratarem-se de íons pertencentes a zonas com graus de ionização distintos, as diferentes razões utilizadas *ad hoc* para as temperaturas do  $[\text{N II}]$ ,  $[\text{S III}]$  e  $[\text{O III}]$  são justificadas.

A dependência dos sensores de temperatura com a densidade é observada para as razões do  $[\text{O II}]$  e do  $[\text{S II}]$ . A variação da densidade, dada por valores extremos para regiões H II ( $20$  e  $2000 \text{ cm}^{-3}$ ), para  $T_e(\text{N II}) = T_e(\text{O II})$  foi suficiente para reproduzir de maneira satisfatória os dados em  $[\text{N II}]$  *versus*  $[\text{O II}]$  (figura 4.9). Este resultado é esperado uma vez que os dois íons são sensores de temperatura da zona de baixa ionização e, portanto, não deve haver diferenças significativas nas temperaturas com eles determinadas. Para  $[\text{S III}]$  *versus*  $[\text{O II}]$ ,  $[\text{S III}]$  *versus*  $[\text{S II}]$ ,  $[\text{O III}]$  *versus*  $[\text{O II}]$  e  $[\text{O III}]$  *versus*  $[\text{S II}]$  (figuras 4.2, 4.3, 4.7 e 4.8), além de variarmos a densidade, modificamos as razões de temperatura, visto que estamos considerando em cada diagrama sensores de temperatura de zonas distintas. Em  $[\text{O II}]$  *versus*  $[\text{S II}]$  (figura 4.11), as curvas teóricas foram construídas alterando apenas as razões das temperaturas. Houve pouca variação destas com a alteração das densidades. Isto porque suas dependências com relação à densidade deslocam-se sobre si mesmas nas curvas.

Para  $[\text{N II}]$  *versus*  $[\text{S II}]$  (figura 4.10), os pontos somente foram explicados com variações da densidade e da temperatura. Assim como para  $[\text{O II}]$  *versus*  $[\text{S II}]$ , este não é o resultado que esperávamos. Estes íons são sensores de temperatura da zona de baixa ionização e, assim, deveriam apresentar estimativas com valores próximos. Desta maneira, podemos concluir que as temperaturas estimadas via razão de linhas do  $[\text{S II}]$  divergem das estimadas via  $[\text{O II}]$  e  $[\text{N II}]$ . García-Rojas *et al.* (2005, 2006 e 2007) encontraram valores de temperaturas muito mais baixos para  $[\text{S II}]$  comparados aos obtidos com as linhas do  $[\text{N II}]$  e do  $[\text{O II}]$ . Segundo eles, este efeito pode ser produzido pela presença de uma estratificação da temperatura nas zonas externas da nebulosa ou, por outro lado, por erros nos parâmetros atômicos do íon.

Há uma separação entre os diferentes tipos de objetos em alguns diagramas. As nebulosas planetárias localizam-se nas regiões de mais altas densidades dos diagramas com os sensores do [OII] e [SII]. Em [OII] *versus* [SII] (figura 4.11) as curvas teóricas foram obtidas para  $N_e = 2000 \text{ cm}^{-3}$  visando melhor descrever os pontos na região de altas densidades e temperaturas eletrônicas, onde há maior concentração de nebulosas planetárias.

Conjuntamente, dados observacionais e modelos mostram que não existe uma única relação entre temperaturas de diferentes zonas de ionização que permita uma determinação confiável de uma a partir da outra. Mesmo nos diagramas em que há dependência com a densidade, a dispersão dos pontos não é explicada somente com a variação desta. Necessitamos variar a temperatura numa ampla faixa de valores para descrevermos os dados observacionais quando comparamos sensores de íons com diferentes potenciais de ionização.

# Capítulo 5

## A seqüência das regiões HII nos diagramas de diagnóstico

### 5.1 Os diagramas de diagnóstico clássicos

O mecanismo de excitação predominante em um objeto em que se observa linhas de emissão é quase sempre um dos seguintes: fotoionização por estrelas O ou B, fotoionização por radiação sincrotrônica ou ionização provocada por onda de choque. Objetos que possuem mecanismos de excitação diferentes apresentam também espectros diferentes. Assim, estes podem ser classificados utilizando as intensidades relativas de suas linhas de emissão. Classicamente, um conjunto de diagramas baseados em razões de intensidades de linhas de emissão é utilizado para distinguir galáxias normais das que apresentam núcleo ativo.

Baldwin, Phillips & Terlevich (1981) mostraram que objetos com diferentes mecanismos de excitação podem ser efetivamente classificados utilizando os diagramas  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  versus  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$ ,  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  versus  $[\text{O II}]/[\text{O III}]$ ,  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$  versus  $[\text{O II}]/[\text{O III}]$  e  $[\text{O I}]/\text{H}\alpha$  versus  $[\text{O II}]/[\text{O III}]$ . Estes são conhecidos na literatura como diagramas BPT. Veilleux & Osterbrock (1987) revisaram esse método de classificação excluindo razões de linhas muito sensíveis a correções por avermelhamento e erros de calibração, como  $[\text{O II}]/[\text{O III}]$ . Propuseram, então, os diagramas  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  versus  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$ ,  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  versus  $[\text{S II}]/\text{H}\alpha$  e  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  versus  $[\text{O I}]/\text{H}\alpha$ . Estes são conhecidos como diagramas VO. Tresse *et al.* (1996) e Lamareille *et al.* (2004) também utilizaram em seu estudo o diagrama  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  versus  $[\text{O II}]/\text{H}\beta$ , proposto por Rola *et al.* (1997). As linhas de emissão utilizadas em cada razão são apresentadas na tabela 5.1.

A idéia básica destes diagramas é que, para um dado valor das razões  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  ou  $[\text{O II}]/[\text{O III}]$ , AGNs apresentam valores para as razões  $[\text{O II}]/\text{H}\beta$ ,  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$ ,  $[\text{S II}]/\text{H}\alpha$  e  $[\text{O I}]/\text{H}\alpha$  mais altos que galáxias normais. Isto porque estas possuem um limite superior para o valor das razões de linhas excitadas colisionalmente e de linhas de recombinação,



**Tabela 5.1:** Razões de linhas utilizadas nos diagramas de diagnóstico.

Símbolo	Definição
$[\text{N II}]/\text{H}\alpha$	$[\text{N II}]\lambda 6583/\text{H}\alpha$
$[\text{N II}]/[\text{O II}]$	$[\text{N II}](\lambda 6548 + \lambda 6583)/[\text{O II}](\lambda 3726 + \lambda 3729)$
$[\text{O I}]/\text{H}\alpha$	$[\text{O I}]\lambda 6300/\text{H}\alpha$
$[\text{O II}]/\text{H}\beta$	$[\text{O II}](\lambda 3726 + \lambda 3729)/\text{H}\beta$
$[\text{O II}]/[\text{O III}]$	$[\text{O II}](\lambda 3726 + \lambda 3729)/[\text{O III}]\lambda 5007$
$[\text{O III}]/\text{H}\beta$	$[\text{O III}]\lambda 5007/\text{H}\beta$
$[\text{O III}]/[\text{O II}]$	$[\text{O III}]\lambda 5007/[\text{O II}](\lambda 3726 + \lambda 3729)$
$[\text{S II}]/\text{H}\alpha$	$[\text{S II}](\lambda 6717 + \lambda 6731)/\text{H}\alpha$

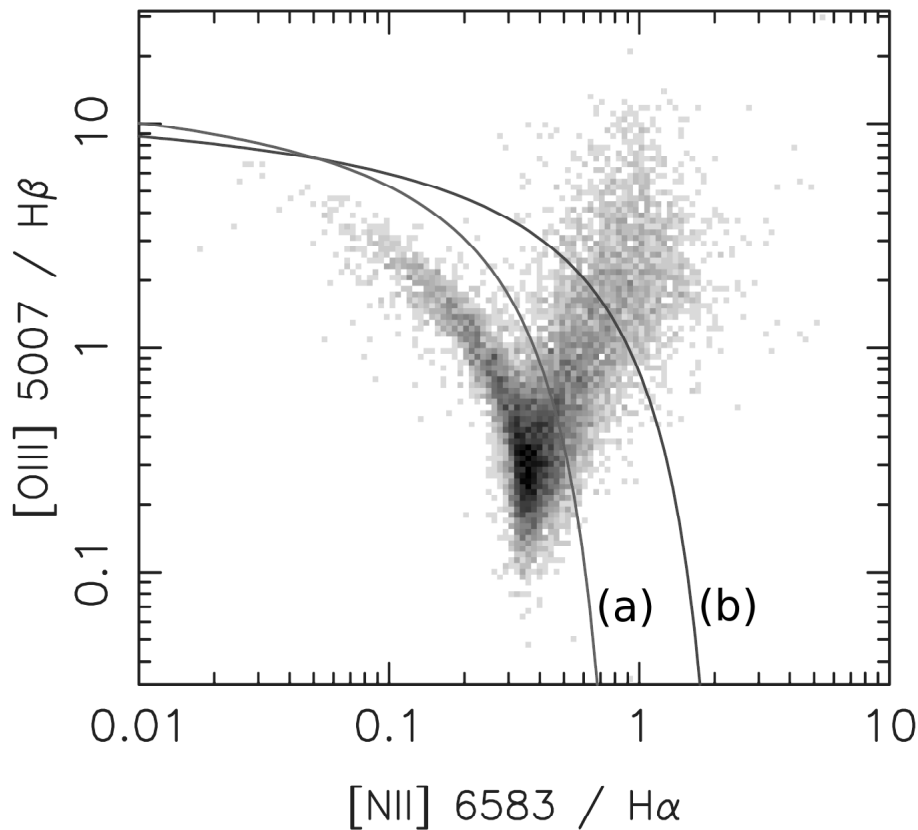
uma vez que sua fonte de energia são estrelas massivas. Já AGNs possuem uma fonte de energia com fótons muito mais energéticos e, sendo assim, suas linhas proibidas são muito mais intensas. Isto implica que estes objetos devem ser encontrados no lado superior direito destes diagramas.

Em seu estudo baseado em regiões HII extragalácticas, Dopita *et al.* (2000) definiram um limite teórico entre objetos excitados por estrelas e aqueles excitados por AGNs para os diagramas  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$  e  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{S II}]/\text{H}\alpha$ . Uma linha de separação teórica entre as galáxias normais e as de núcleo ativo foi proposta por Kewley *et al.* (2001) utilizando uma combinação de modelos de fotoionização e de síntese de população estelar. Kauffmann *et al.* (2003) selecionaram AGNs do SDSS pertencentes ao *Data Release 1* e, baseados nestes dados, escolheram uma nova linha divisória para os objetos no diagrama  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$ . Stasińska *et al.* (2006) utilizaram dados do SDSS *Data Release 2* e basearam sua análise em modelos de fotoionização. Com isso, mostraram que de todos os diagramas de diagnóstico clássicos o que melhor funciona é o  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$ . Apresentaram para este uma nova divisão entre galáxias normais e AGNs. Neste diagrama, estes objetos localizam-se em “asas” distintas, o que o tornou conhecido como “diagrama da gaivota” (ver figura 5.1).

Ao longo dos anos, a linha divisória tem mudado. Neste capítulo apresentamos diversos diagramas de diagnóstico construídos utilizando nosso banco de dados. Modelos de fotoionização para regiões HII utilizando contínuos ionizantes de estrelas individuais e aglomerados estelares também são apresentados.

## 5.2 Diagramas obtidos para regiões HII do catálogo

Baseados em razões de linhas de emissão presentes no catálogo, os diagramas  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{N II}]/\text{H}\alpha$ ,  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{O I}]/\text{H}\alpha$ ,  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{O II}]/\text{H}\beta$ ,  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  *ver-*



**Figura 5.1:**  $[OIII]/H\beta$  versus  $[NII]/H\alpha$  retirado de Stasińska *et al.* (2006). Este apresenta 10 702 galáxias do SDSS. A escala em níveis cinza nos informa quantas galáxias há em cada pixel. Os pontos com maior número de galáxias são os mais escuros. A curva (a) é a linha divisória proposta por Kauffmann *et al.* (2003) e a (b), proposta por Kewley *et al.* (2001).

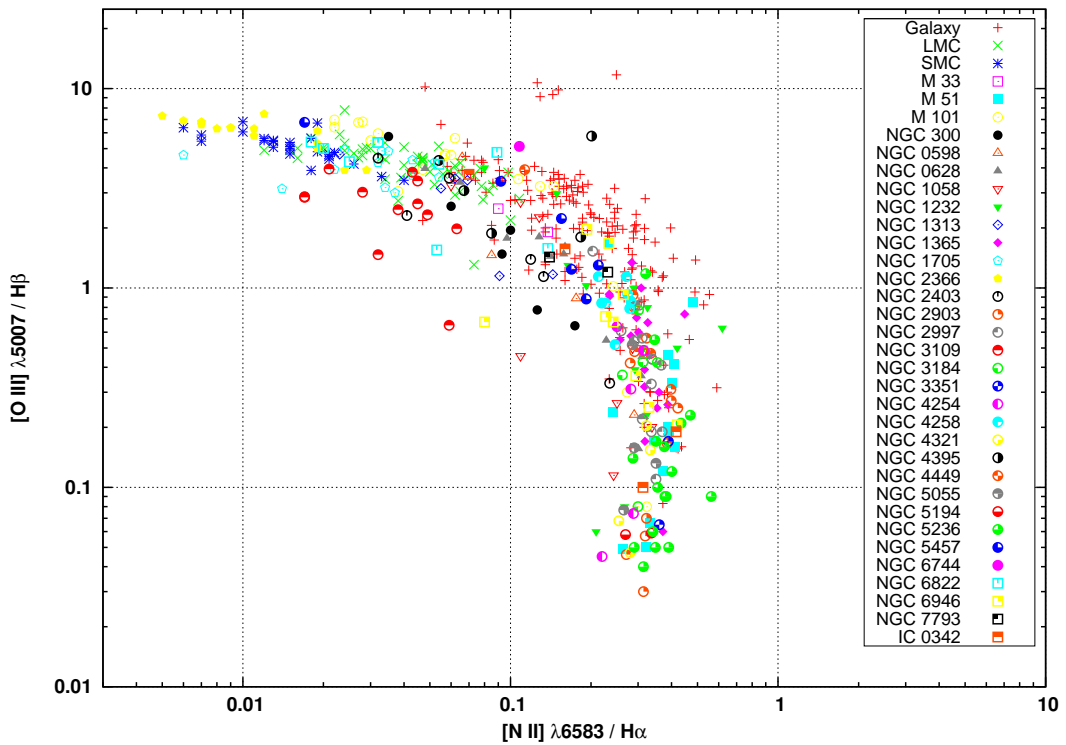
*versus*  $[SII]/H\alpha$ ,  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OII]/[OIII]$ ,  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  e  $[OI]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  foram construídos. Para tanto, diferenciamos medidas de regiões H II de galáxias diferentes. Para dados de nossa galáxia, distinguimos também os diferentes objetos e encontramos valores medianos para suas razões. Os resultados obtidos são apresentados nas figuras 5.2 a 5.25. Nos diagramas das figuras 5.3 e 5.14, incluímos o limite superior teórico proposto no trabalho de Dopita *et al.* (2000).

Para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[NII]/H\alpha$  construímos dois diagramas, um com todos os dados e outro para dados com resolução espectral maior que 20 Å. Este valor é, aproximadamente, a diferença em comprimento de onda das linhas  $[NII] \lambda 6583$  e  $H\alpha$ . Adotamos este critério como uma forma de selecionar as melhores medidas, uma vez que desejávamos apenas dados em que estas linhas foram bem resolvidas.

É possível analisar a influência das abundâncias de elementos sobre os diagramas. Kennicutt *et al.* (2000) mostraram que, para sua amostra de regiões HII extragalácticas, a estreita seqüência observada no diagrama  $[OIII]/H\beta$  versus  $[NII]/H\alpha$ , por exemplo, não

é apenas uma seqüência de abundâncias mas, também, principalmente de temperatura efetiva estelar. Analisando apenas os dados de nossa galáxia, estes localizam-se em uma faixa bastante estreita na maioria dos diagramas e, quando comparados aos dados de outras galáxias, localizam-se também em regiões distintas.

Observamos nos diagramas que os objetos RCW 5 e RCW 48 destacam-se por seus altos valores para a razão  $[O III]/H\beta$ . Estes objetos são ionizados por estrelas Wolf-Rayet, caracterizadas por possuírem temperaturas efetivas altas. Esteban *et al.* (1993) derivou temperaturas efetivas de  $(67 \pm 11) \times 10^4$  K e  $(57 \pm 14) \times 10^4$  K para RCW 5 e RCW 48, respectivamente.



**Figura 5.2:**  $[O III]/H\beta$  versus  $[N II]/H\alpha$  para regiões HII utilizando todos os dados disponíveis.

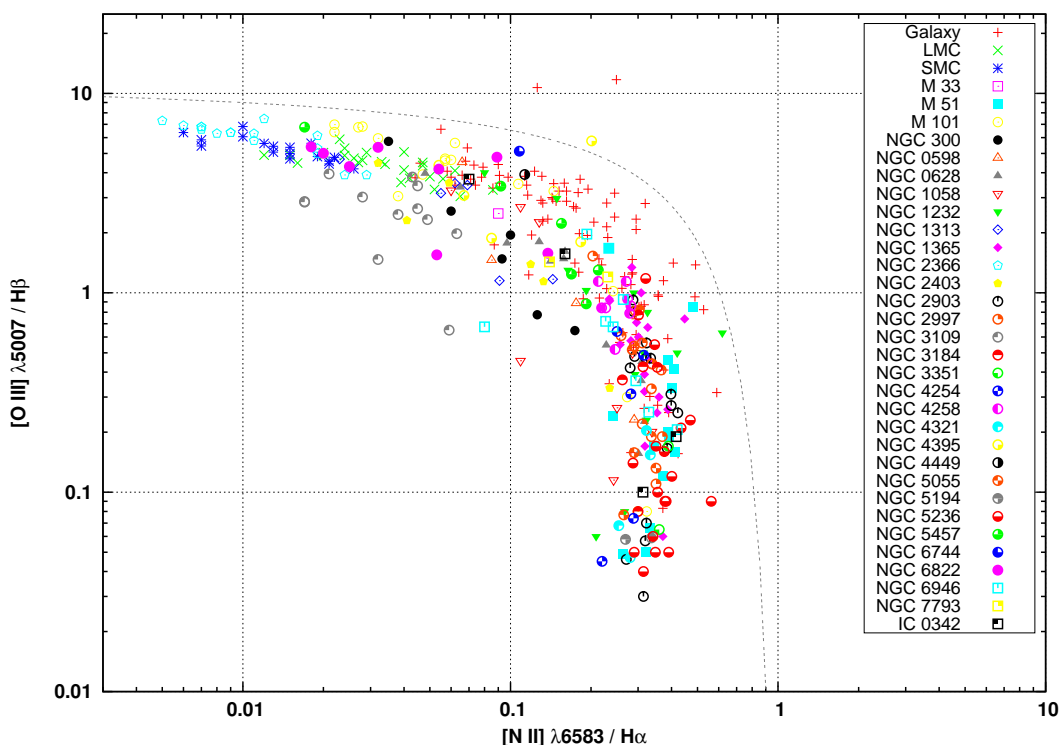


Figura 5.3:  $[O III]/H\beta$  versus  $[N II]/H\alpha$  para regiões HII utilizando dados de observações com resolução espectral maior que 20 Å. A linha pontilhada representa o limite superior teórico definido por Dopita *et al.* (2000).

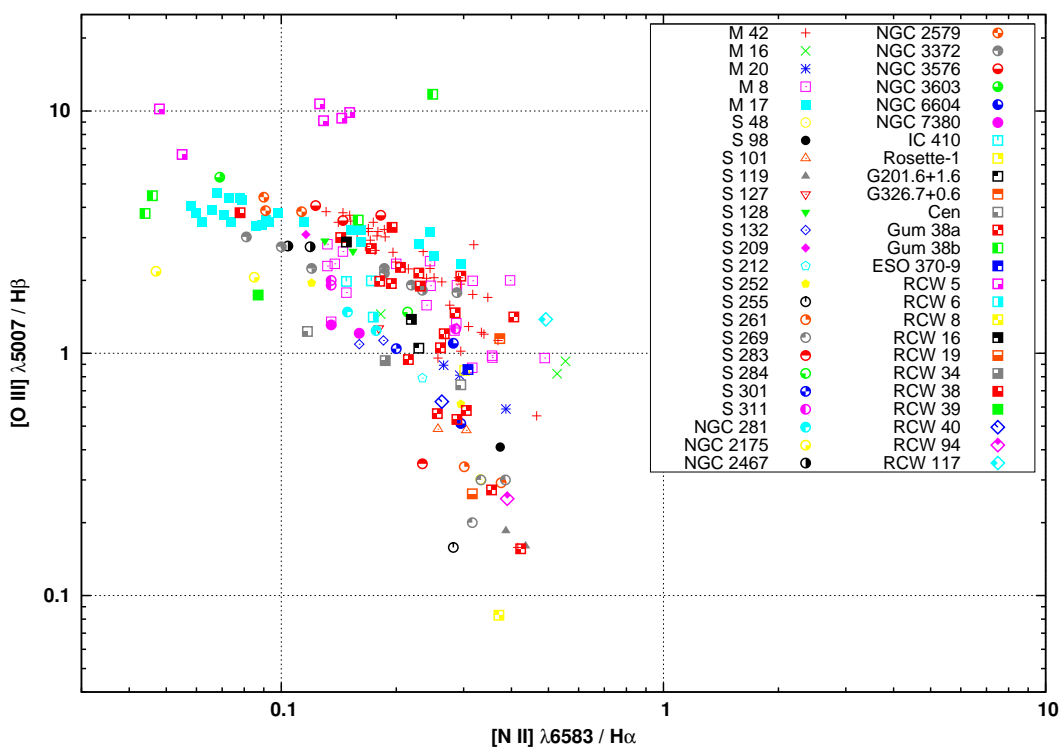


Figura 5.4:  $[O III]/H\beta$  versus  $[N II]/H\alpha$  para regiões HII Galácticas utilizando todos os dados disponíveis.

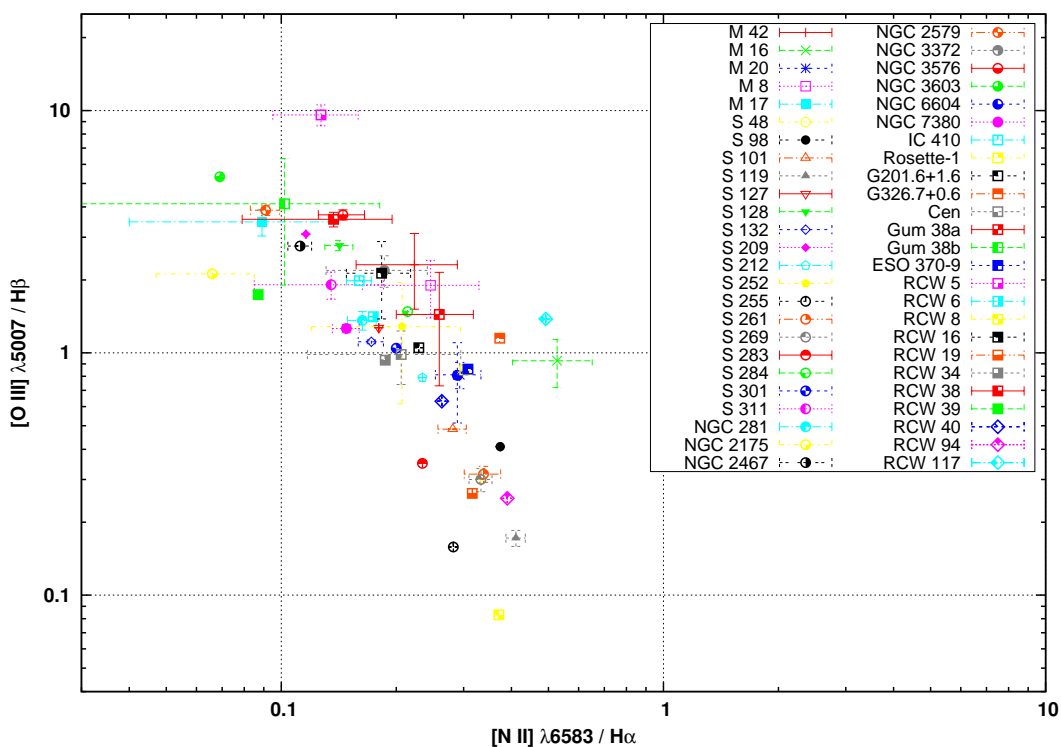


Figura 5.5:  $[O III]/H\beta$  versus  $[N II]/H\alpha$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.4. As barras de erro correspondem ao desvio médio absoluto.

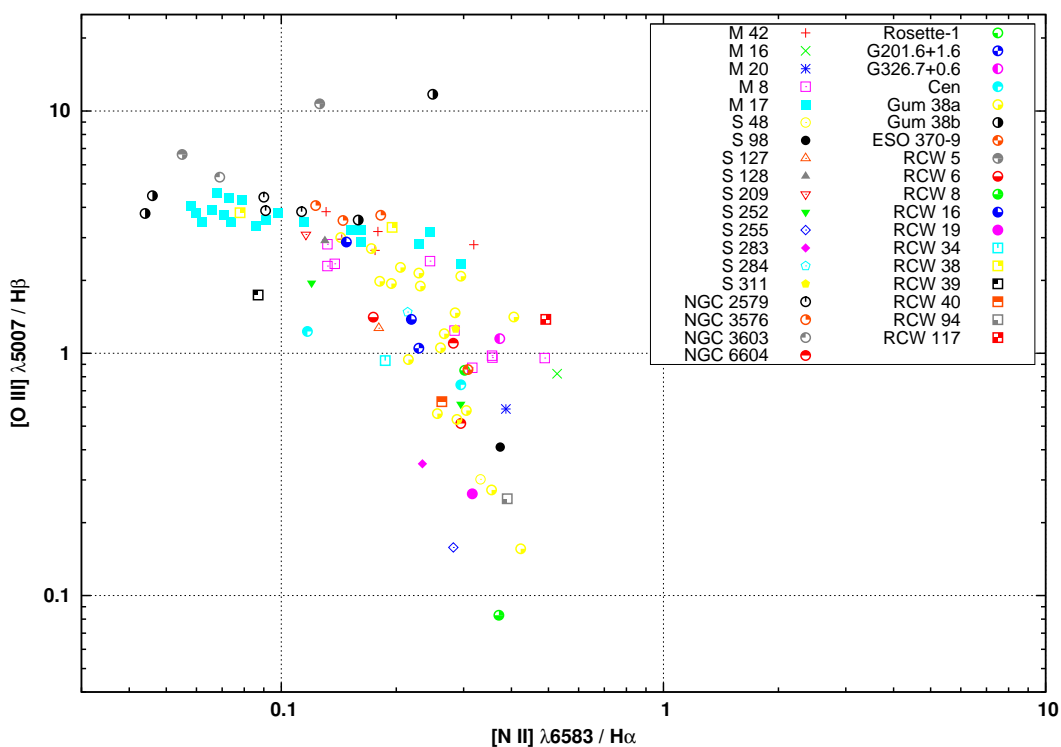


Figura 5.6:  $[O III]/H\beta$  versus  $[N II]/H\alpha$  para regiões HII Galácticas utilizando dados de observações com resolução espectral maior que 20 Å.

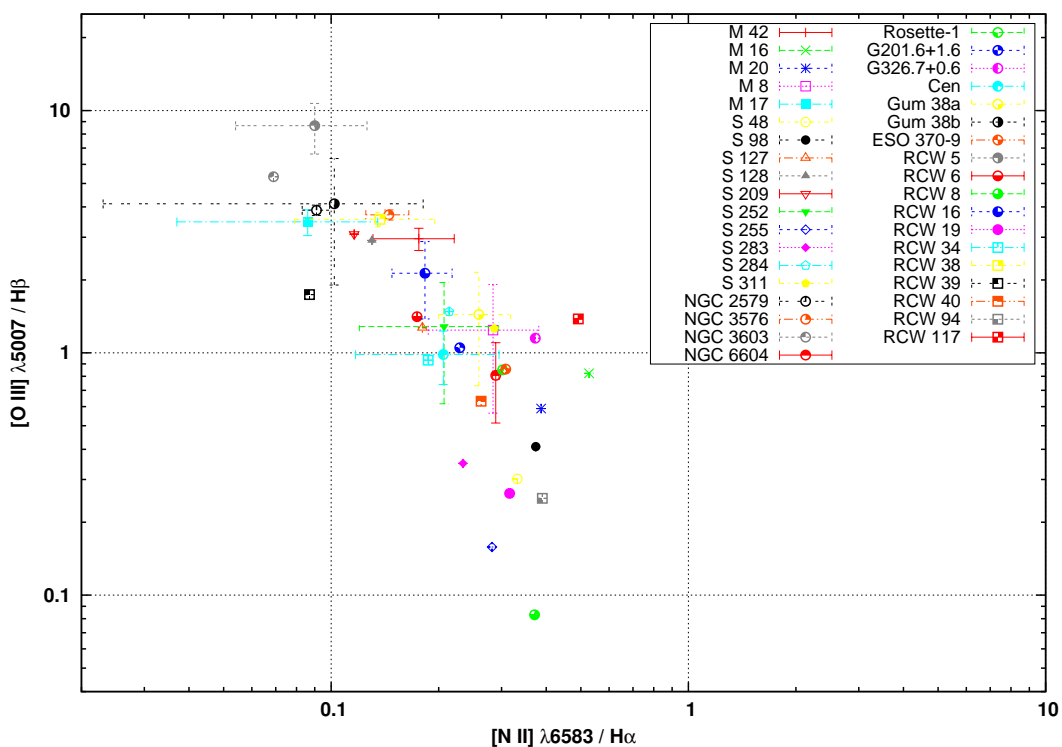


Figura 5.7:  $[O\ III]/H\beta$  versus  $[N\ II]/H\alpha$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.6. As barras de erro como 5.5.

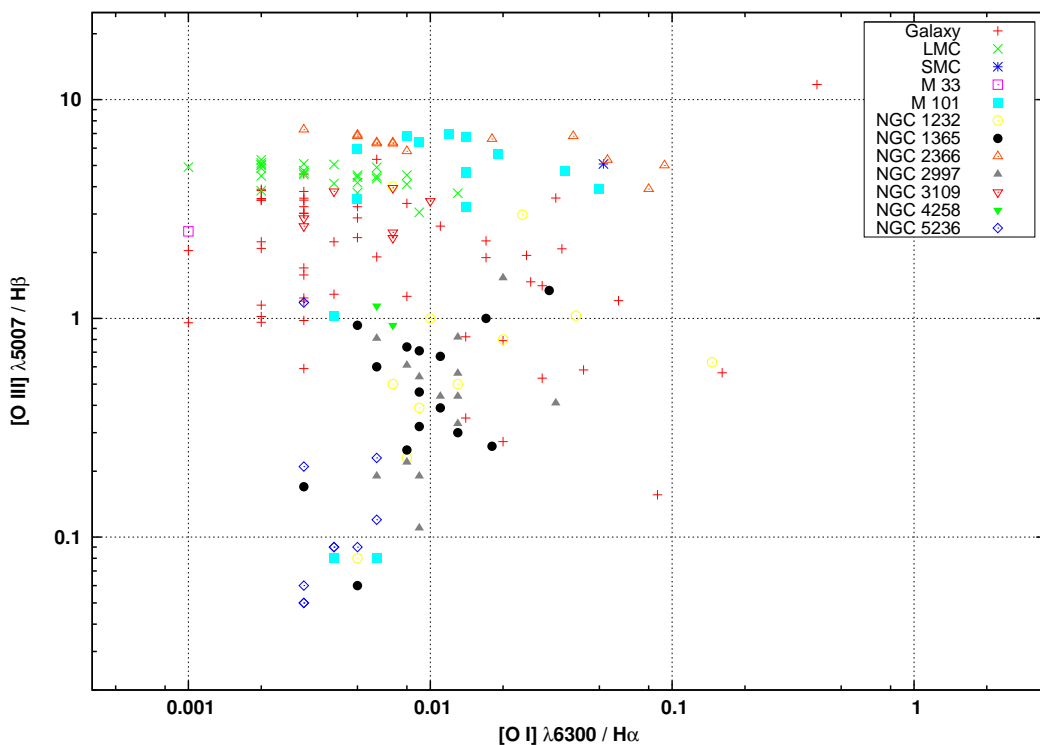


Figura 5.8: Diagrama  $[O\ III]/H\beta$  versus  $[O\ I]/H\alpha$  para regiões HII utilizando todos os dados disponíveis.

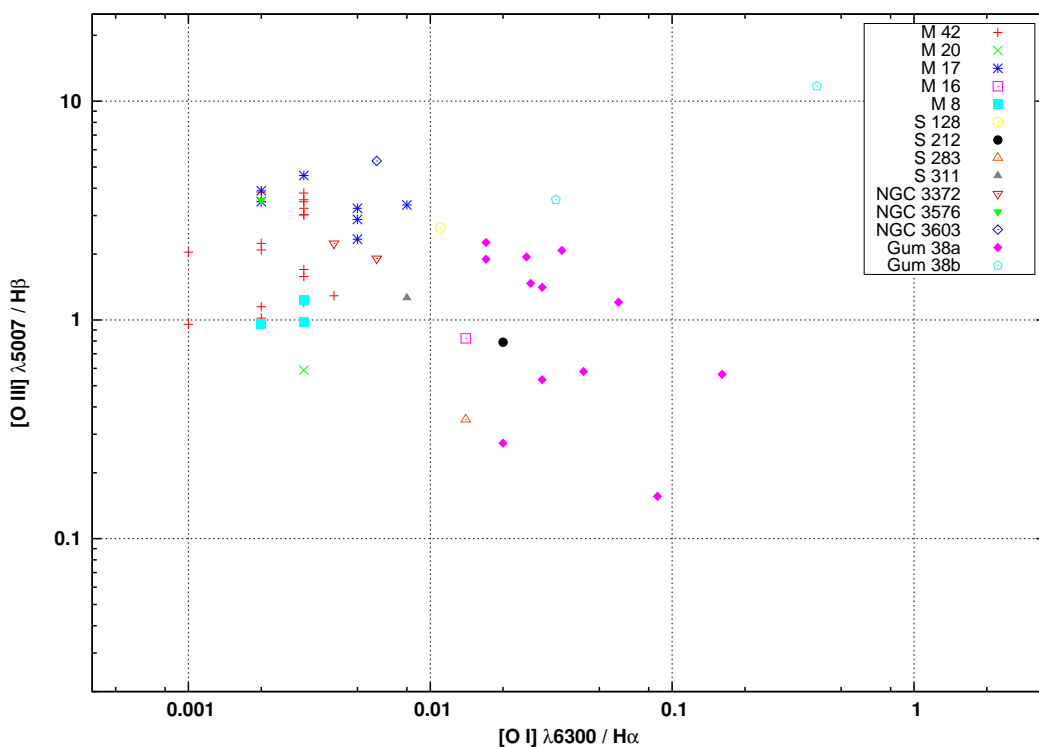


Figura 5.9: Diagrama  $[O III] \lambda 5007 / H\beta$  versus  $[O I] \lambda 6300 / H\alpha$  para regiões HII Galácticas utilizando todos os dados disponíveis.

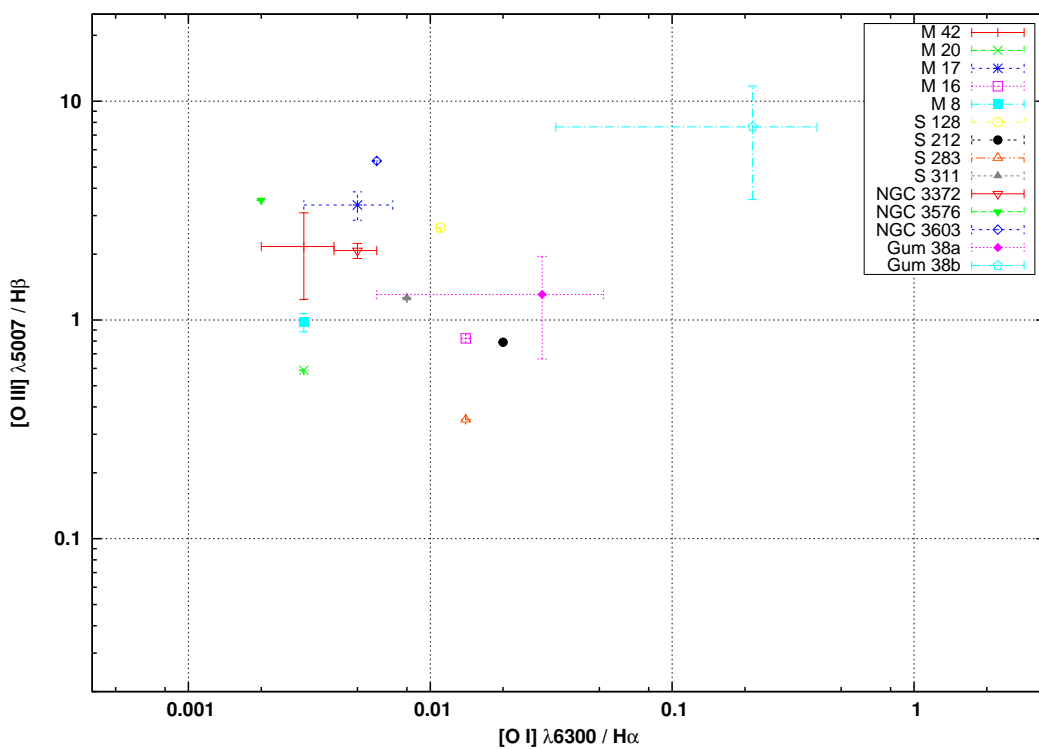


Figura 5.10: Diagrama  $[O III] \lambda 5007 / H\beta$  versus  $[O I] \lambda 6300 / H\alpha$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.9. Barras de erro como figura 5.5.

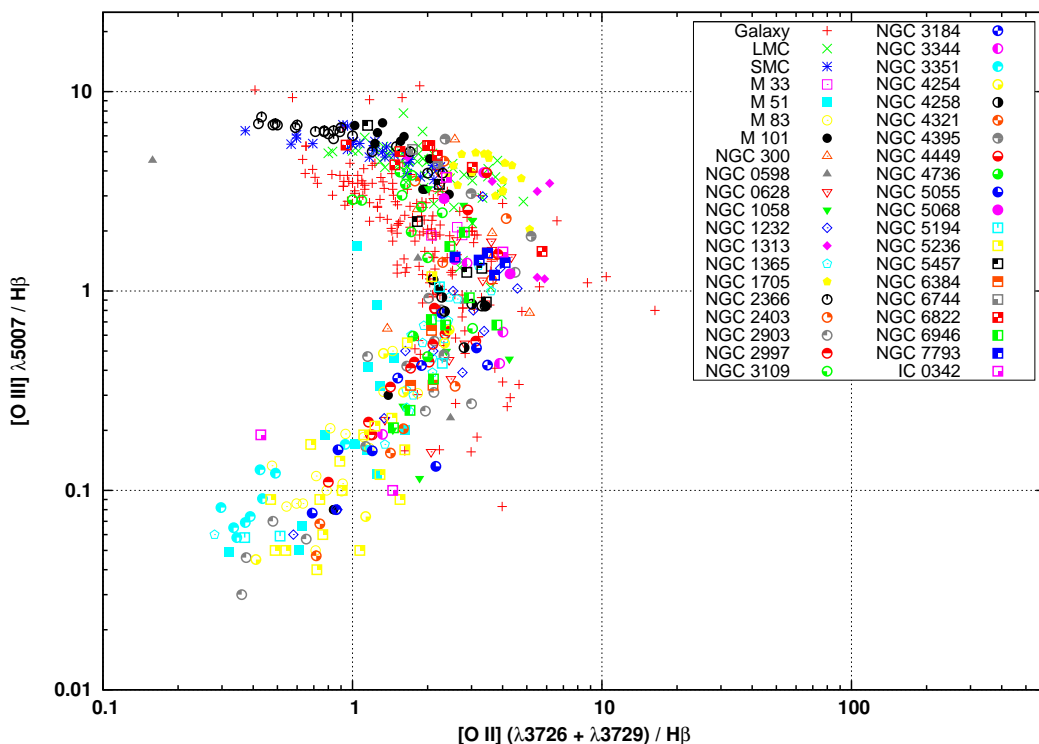


Figura 5.11: Diagrama  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/H\beta$  para regiões HII utilizando todos os dados disponíveis.

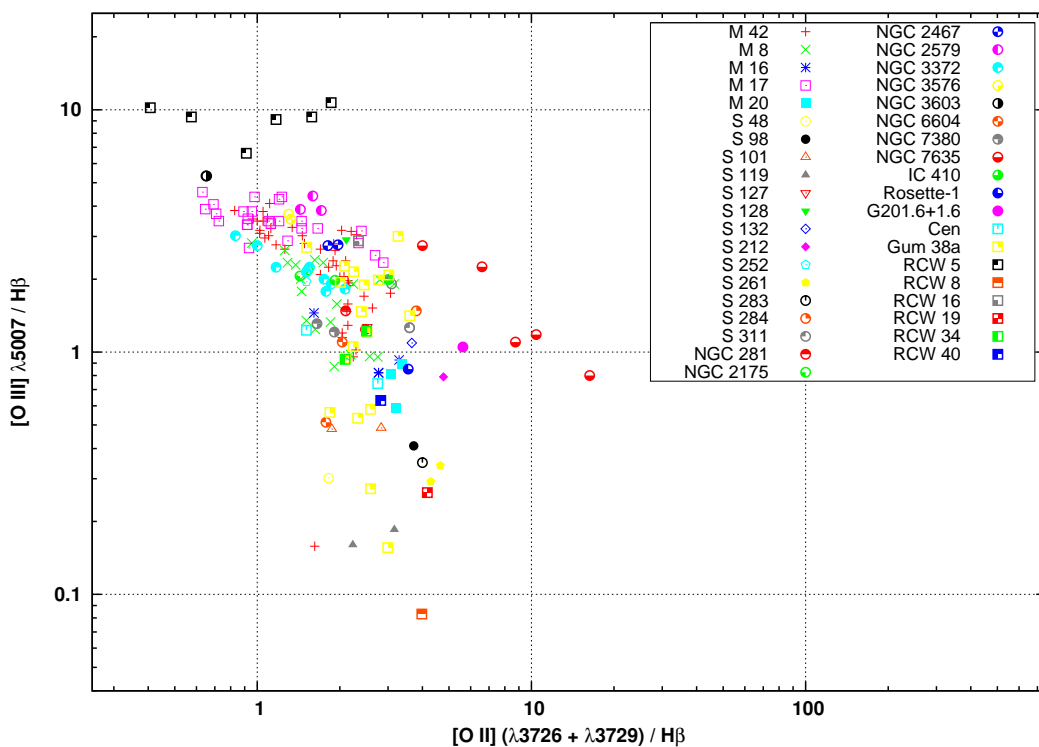


Figura 5.12: Diagrama  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/H\beta$  para regiões HII Galácticas utilizando todos os dados disponíveis.



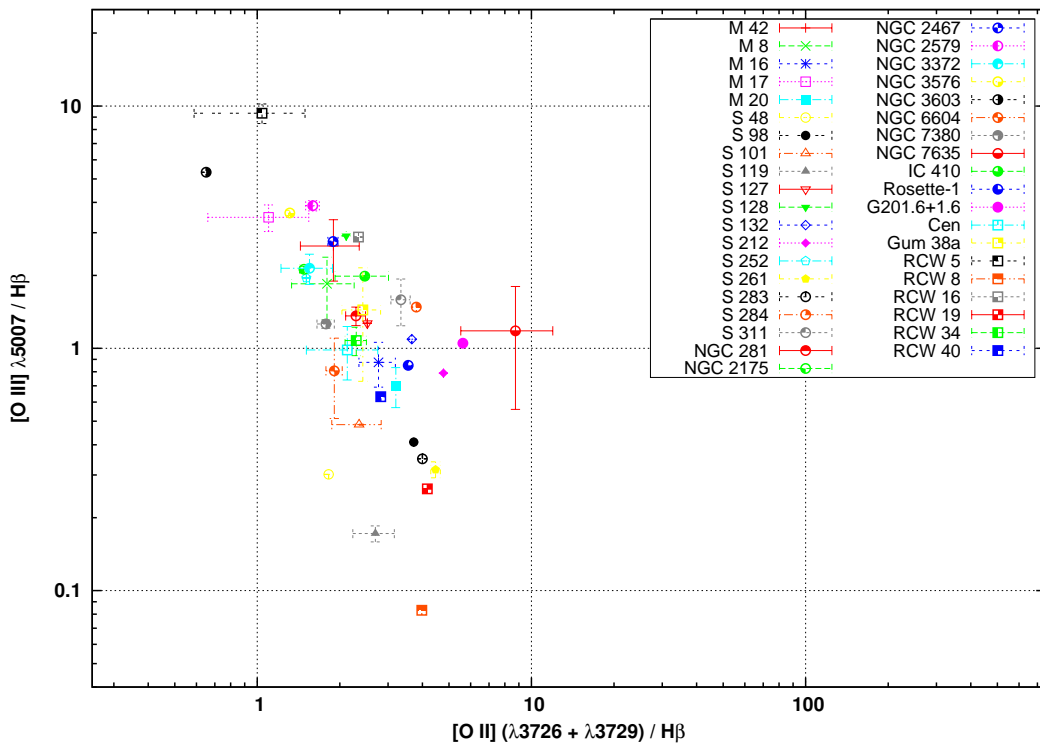


Figura 5.13: Diagrama  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/H\beta$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.12. Barras de erro como figura 5.5.

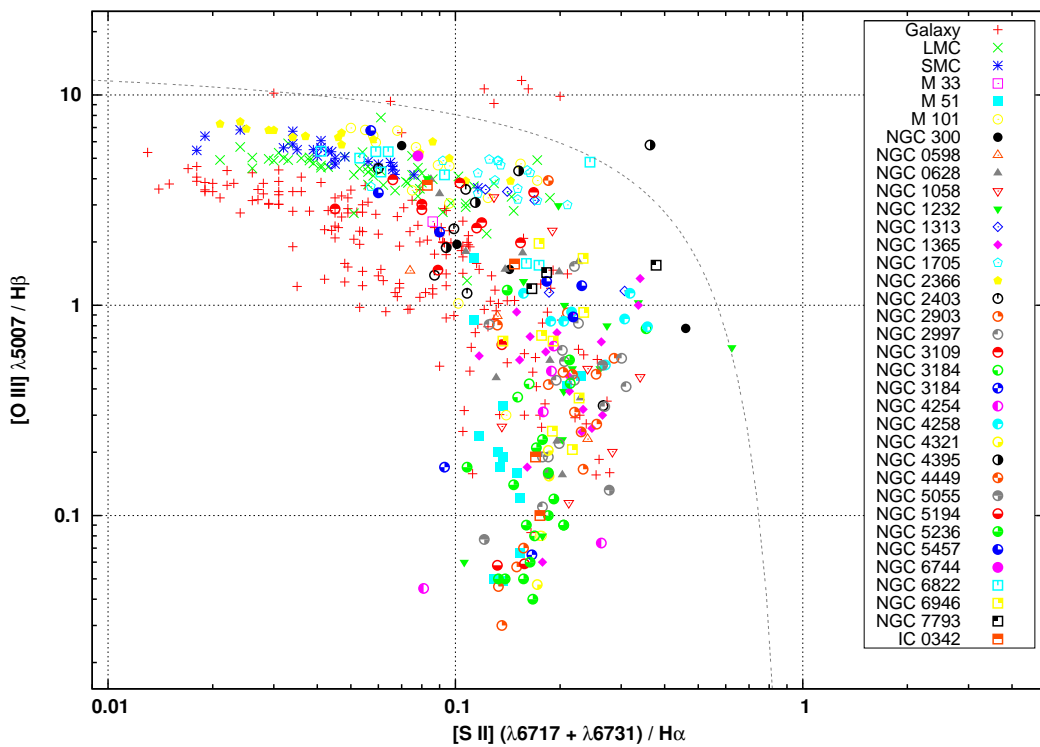


Figura 5.14: Diagrama  $[O III]/H\beta$  versus  $[S II]/H\alpha$  para regiões HII utilizando todos os dados disponíveis. A linha pontilhada representa o limite superior teórico definido por Dopita *et al.* (2000).

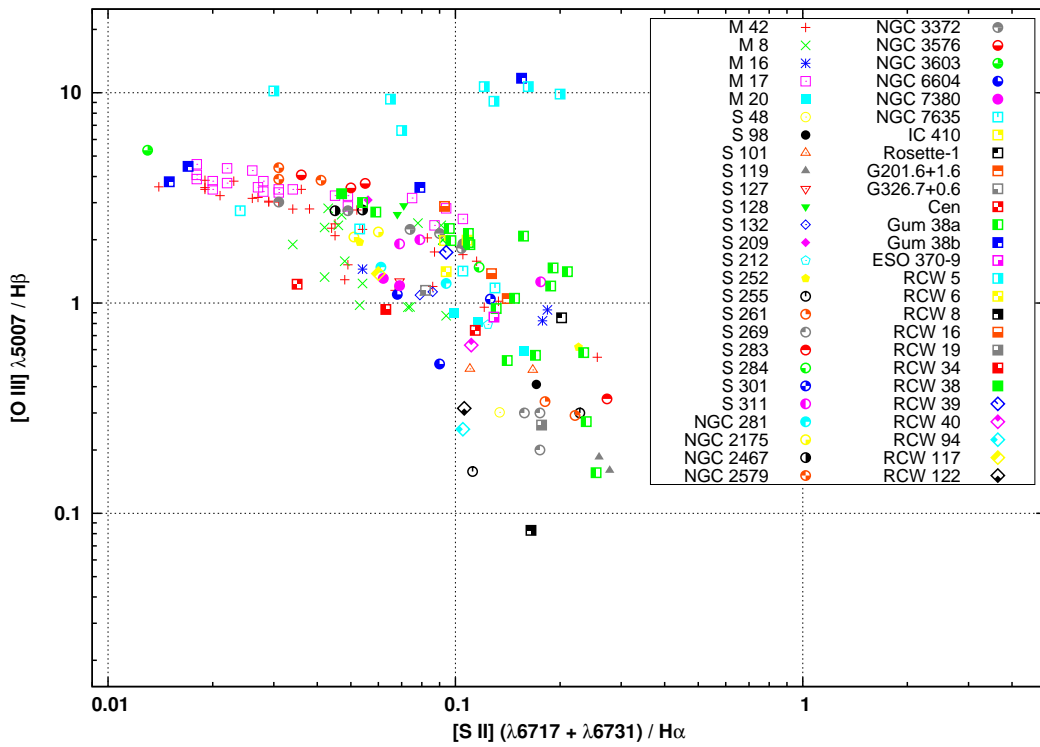


Figura 5.15: Diagrama  $[O III] \lambda 5007 / H\beta$  versus  $[S II] / H\alpha$  para regiões HII Galácticas utilizando todos os dados disponíveis.

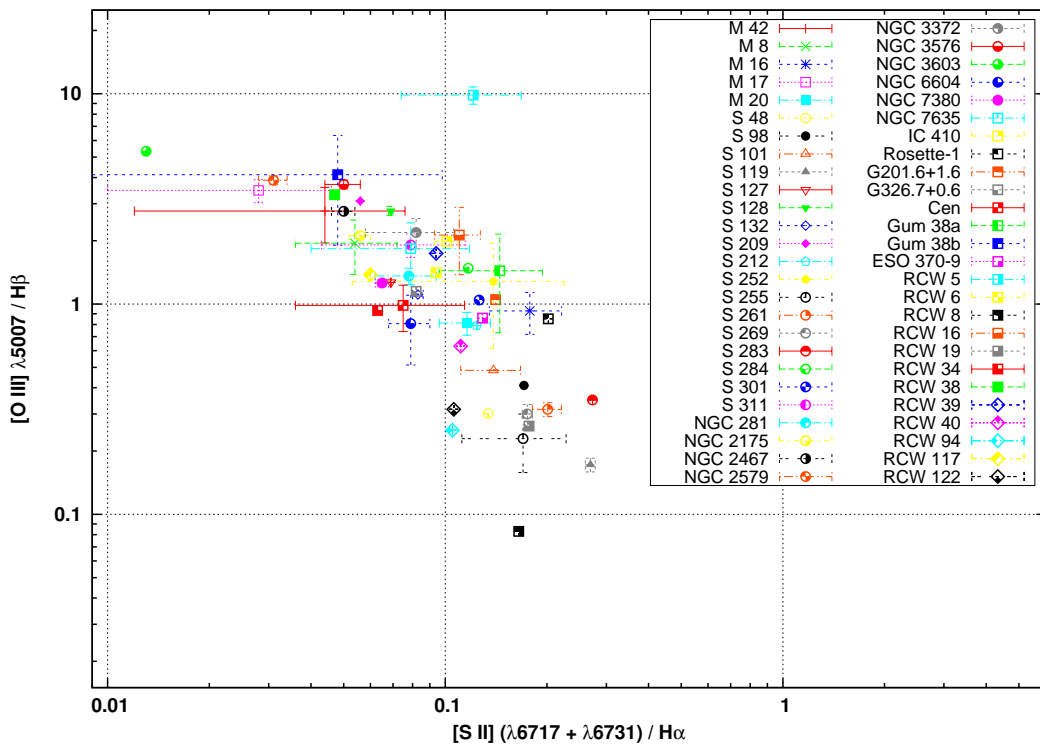


Figura 5.16: Diagrama  $[O III] \lambda 5007 / H\beta$  versus  $[S II] / H\alpha$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.15. Barras de erro como figura 5.5.

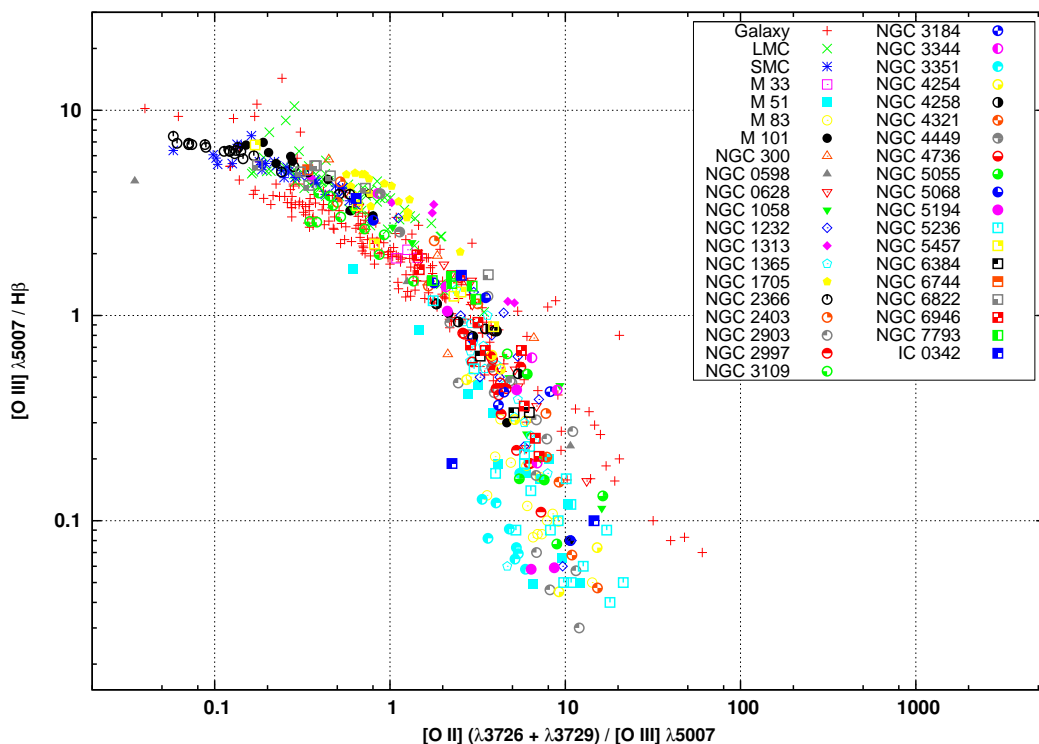


Figura 5.17: Diagrama  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  para regiões HII utilizando todos os dados disponíveis.

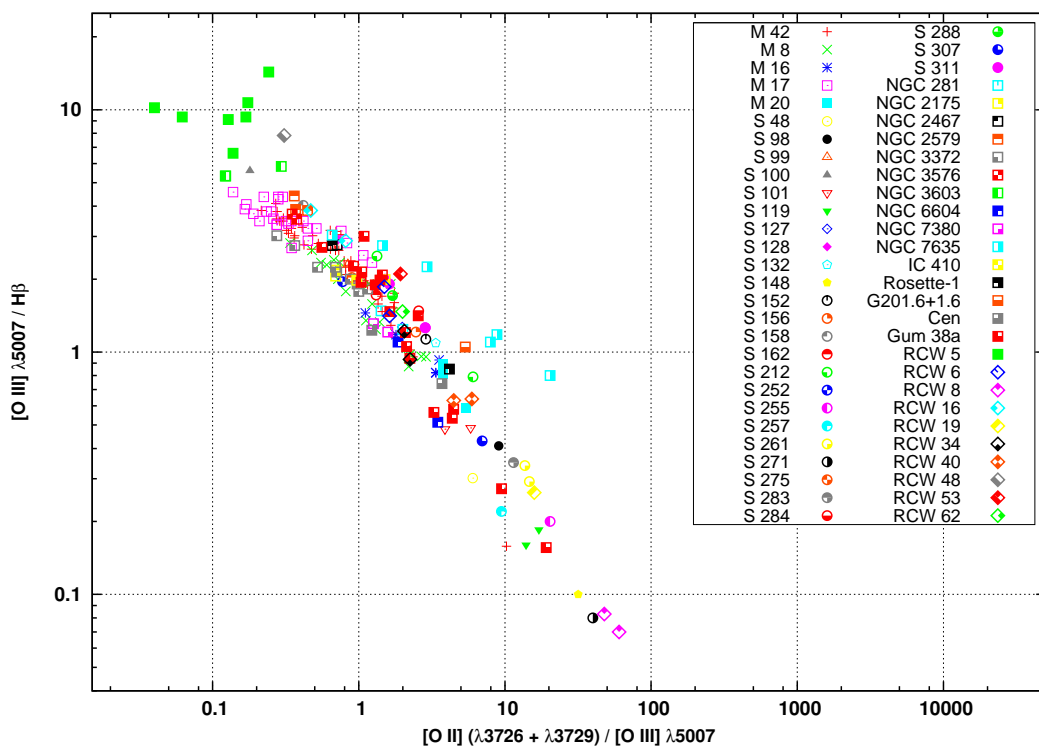


Figura 5.18: Diagrama  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  para regiões HII Galácticas utilizando todos os dados disponíveis.

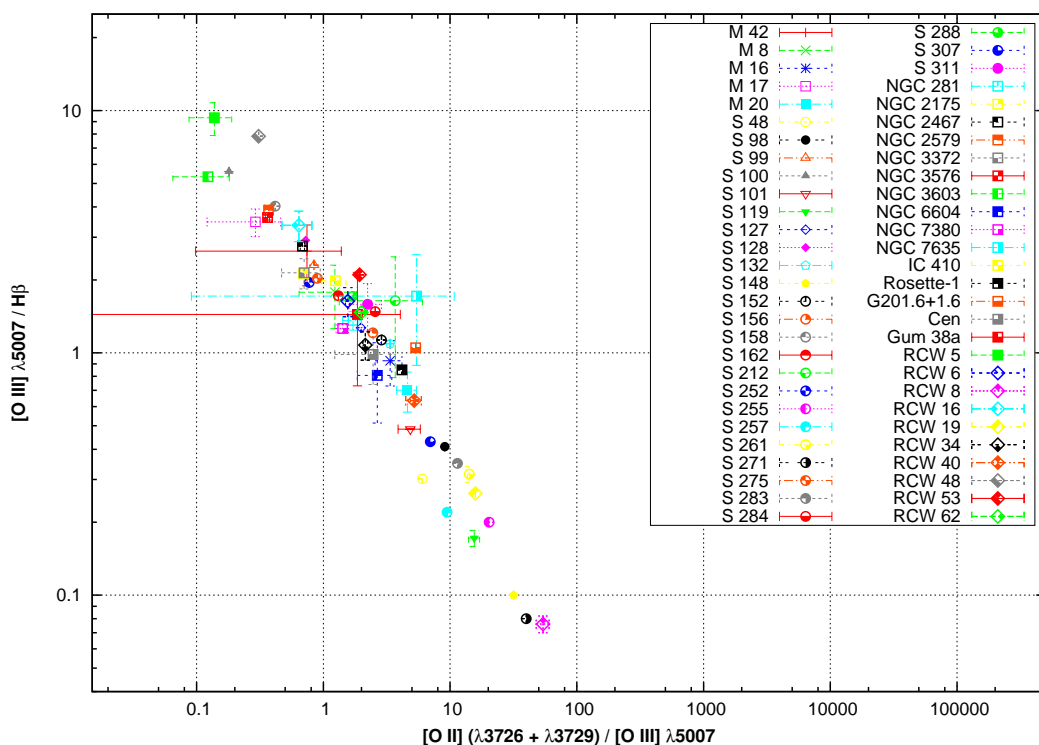


Figura 5.19: Diagrama  $[O III] \lambda 5007 / H\beta$  versus  $[O II] (\lambda 3726 + \lambda 3729) / [O III] \lambda 5007$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.18. Barras de erro como figura 5.5.

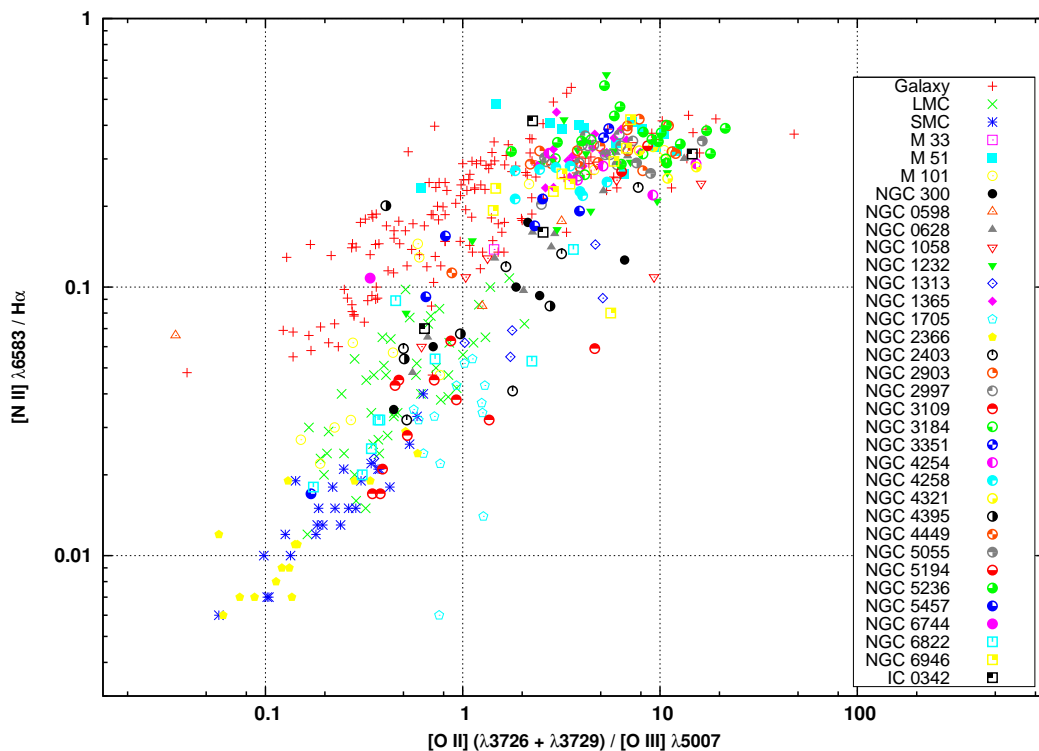


Figura 5.20: Diagrama  $[N II] \lambda 6583 / H\alpha$  versus  $[O II] (\lambda 3726 + \lambda 3729) / [O III] \lambda 5007$  para regiões HII utilizando todos os dados disponíveis.

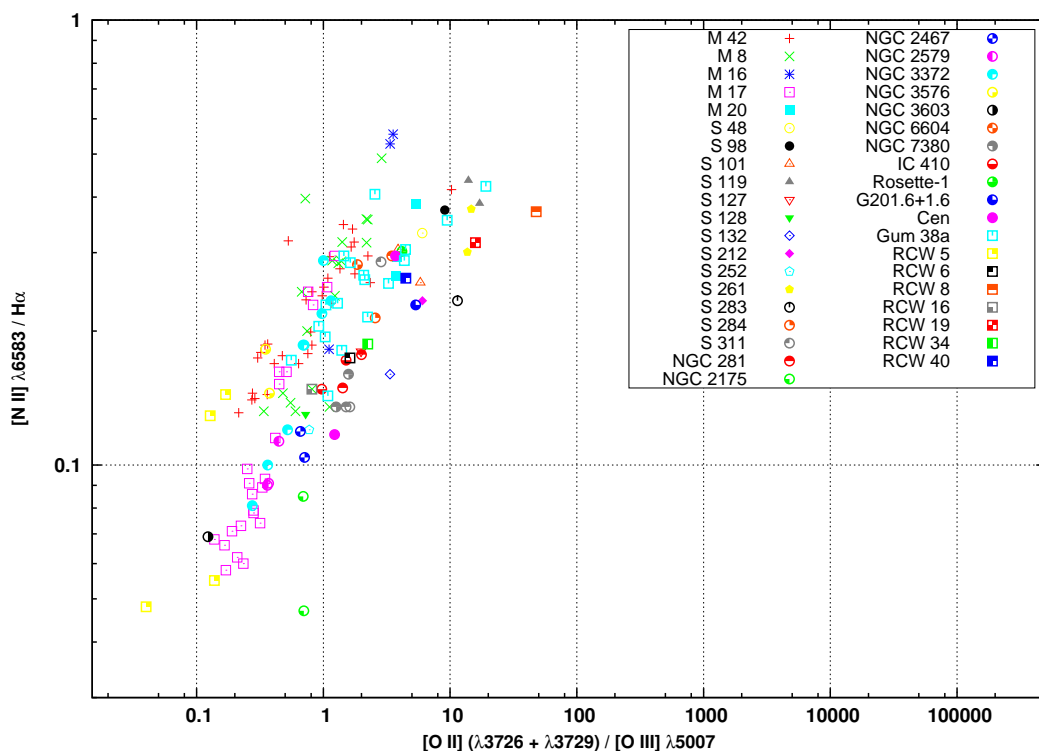


Figura 5.21: Diagrama  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  para regiões HII Galácticas utilizando todos os dados disponíveis.

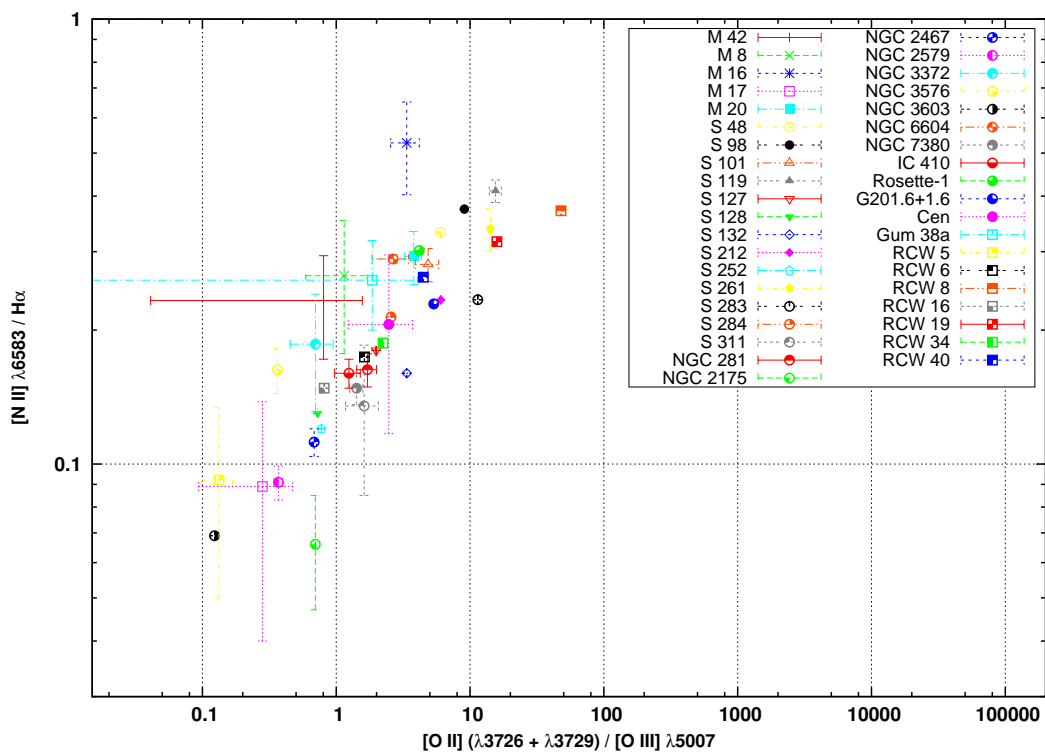


Figura 5.22: Diagrama  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.21. Barras de erro como figura 5.5.

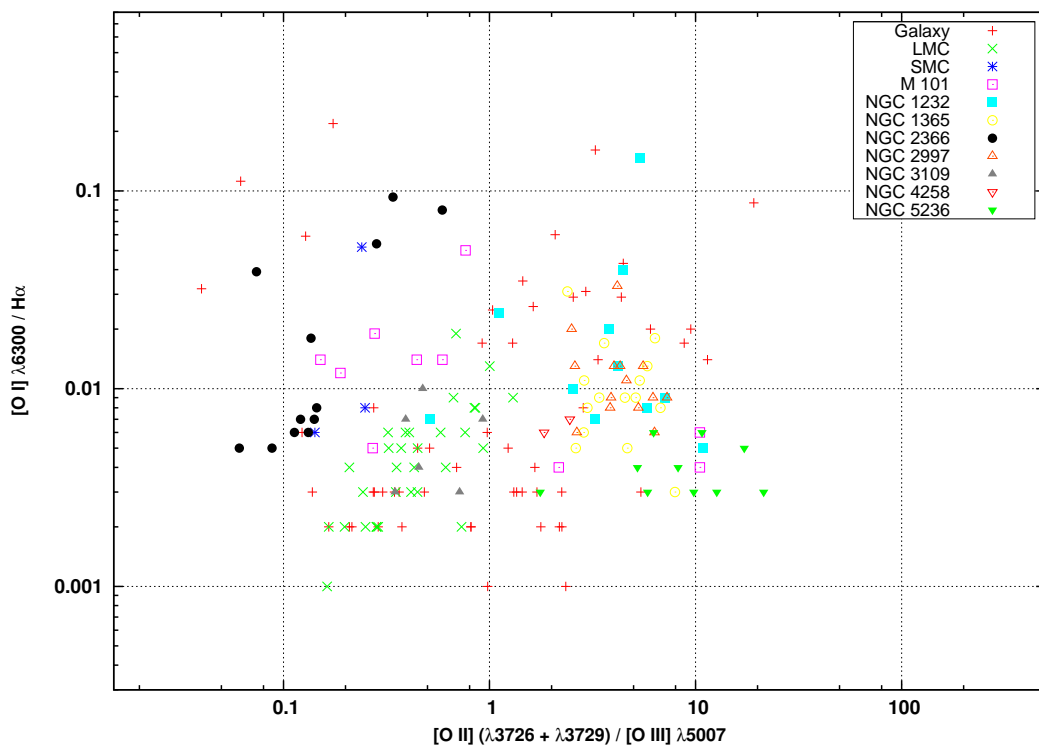


Figura 5.23: Diagrama  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  para regiões HII utilizando todos os dados disponíveis.

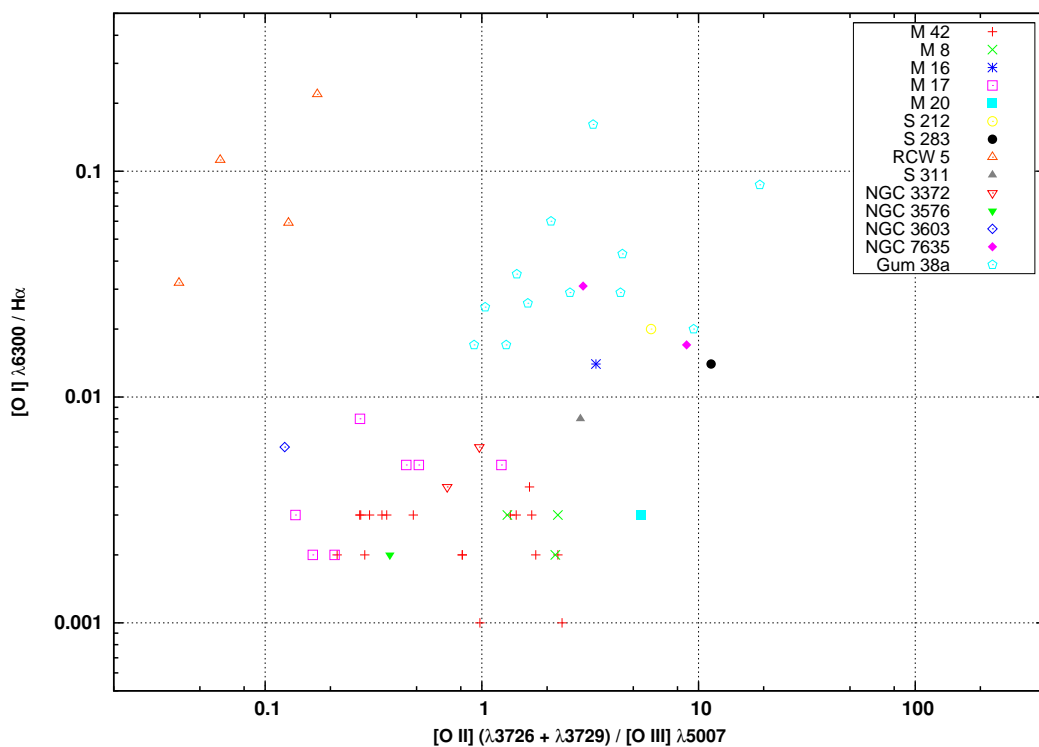
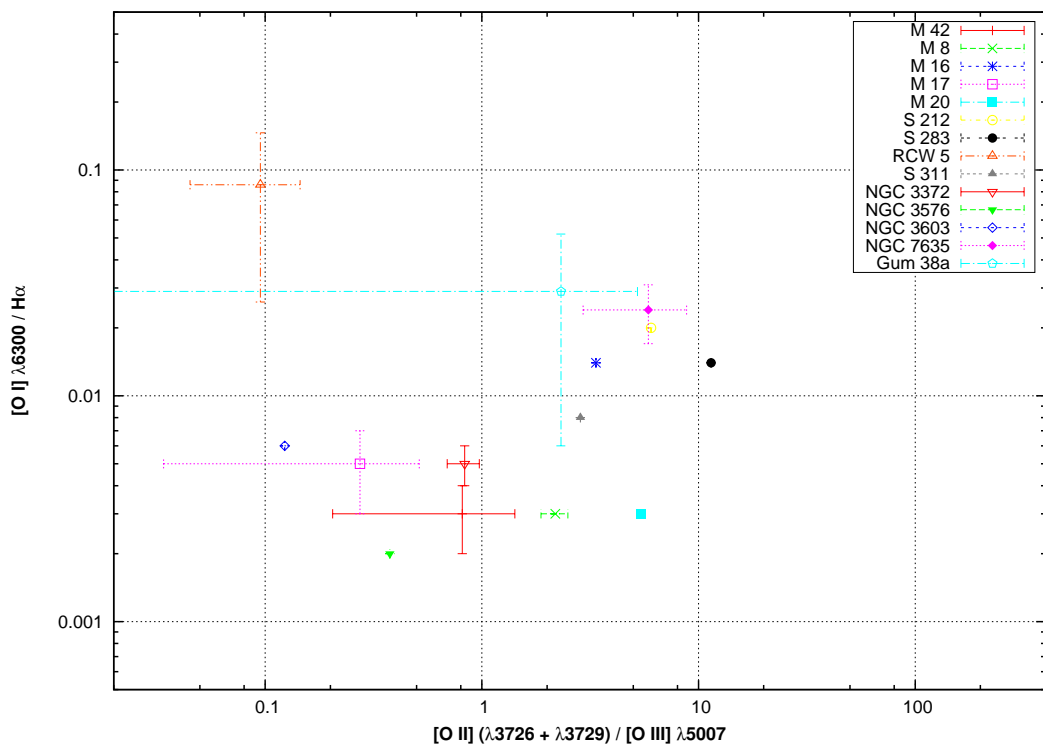


Figura 5.24: Diagrama  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  para regiões HII Galácticas utilizando todos os dados disponíveis.



**Figura 5.25:** Diagrama  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  para os valores medianos das razões de intensidades das regiões HII Galácticas da figura 5.24. Barras de erro como figura 5.5.

### 5.3 Modelos teóricos de regiões HII

Com o objetivo de descrever os diversos diagramas de diagnóstico obtidos, construímos modelos teóricos de regiões HII utilizando a versão 07.02.01 do *Cloudy*, código de fotoionização descrito por Ferland *et al.* (1998). Basicamente, este considera uma nebulosa hipotética estática e com simetria plano-paralela ou esférica. Assumindo equilíbrio de fotoionização após a temperatura ser estabelecida por balanço entre os processos de aquecimento e resfriamento, o código resolve as equações de equilíbrio estatístico, conservação de carga e conservação de energia. Estes cálculos iniciam na margem interna da nebulosa e são realizados sucessivamente para regiões mais externas, considerando divisões no raio para as quais a diferença de temperatura não seja mais de 100 K. O código determina o nível de ionização, a densidade de partículas, a temperatura eletrônica, a composição química iônica e prediz o espectro completo.

Os principais parâmetros de entrada a serem informados ao *Cloudy* são a forma e a intensidade do contínuo ionizante estelar, a composição química da nebulosa e a distribuição geométrica do gás em relação à fonte ionizante. Em nossos modelos, resumimos todos os fatores geométricos em um único fator, o parâmetro de ionização  $U$ , definido como

$$U = \frac{Q_{\text{H}}}{4\pi r^2 n_{\text{H}} c} \quad (5.1)$$

onde  $Q_{\text{H}}$  é o número total de fótons que podem ionizar o  $\text{H}^0$  emitidos por segundo pela(s) estrela(s),  $r$  é distância da fonte ionizante em cm,  $n_{\text{H}}$  é a densidade de  $\text{H}^0$  em  $\text{cm}^{-3}$  e  $c$  é a velocidade da luz no vácuo em cm/s. Como entrada no programa, utilizamos tabelas de distribuições espectrais de energia<sup>1</sup> estelares. Para comparação, consideramos modelos de aglomerados estelares e estrela única.

Com o programa STARBURST99 (Leitherer *et al.*, 1999) obtivemos espectros ultravioletas de aglomerados estelares. Para tanto, assumimos formação estelar instantânea com limites superiores de massa do aglomerado sendo 60 e 120  $M_{\odot}$  e uma função de massa inicial<sup>2</sup> de lei de potência do tipo Salpeter (Salpeter, 1955). Consideramos caminhos evolucionários do grupo de Geneva com alta taxa de perda de massa e modelos de atmosferas estelares de Pauldrach/Hillier (Pauldrach *et al.*, 2001; Hillier & Millier, 1998). Obtivemos modelos para todas as metalicidades disponíveis. Os demais parâmetros de entrada para cada modelo foram os recomendados pelo programa e podem ser encontrados no Apêndice B. Nos modelos de regiões HII obtidos consideramos aglomerados com 1 milhão de anos.

Para os modelos de estrela única, assumimos  $\log g = 4 \text{ cm/s}^2$  e temperaturas efetivas de 44 500 e 52 500 K, respectivamente, para estrelas de 60 e 120  $M_{\odot}$  (Lang, 1991). Estes valores foram escolhidos visando obter resultados que possam ser comparáveis ao obtidos com aglomerados estelares, pois o espectro ionizante de uma região HII depende

<sup>1</sup>Também conhecidas como SEDs, da expressão em inglês *spectral energy distributions*.

<sup>2</sup>Define a distribuição de massa das estrelas do aglomerado.



principalmente da temperatura das estrelas mais massivas da associação. Consideramos as seguintes distribuições espectrais de energia:

- ATLAS ODFNEW: modelos de atmosferas de Castelli & Kurucz (2004), consideram equilíbrio termodinâmico local, simetria plano-paralela, velocidade de turbulência de 2 km/s e utilizam as mais recentes funções de distribuição de opacidade;
- TLUSTY: modelos de estrelas O e B que não consideram equilíbrio termodinâmico local. Lanz & Hubeny (2003) descrevem os modelos para estrelas O, utilizadas neste trabalho;
- WMBASIC: grades de modelos para metalicidades 1.0 e 0.5  $Z_{\odot}$ , descritas em Pauldrach *et al.* (2001).

Nas figuras 5.26 a 5.29 são apresentados alguns espectros ultravioletas utilizados.

Além disso, em nossos modelos de regiões HII, assumimos densidade de hidrogênio constante e igual a  $100 \text{ cm}^{-3}$ . O raio externo da nebulosa foi definido como sendo aquele em que a temperatura eletrônica atinge 4 000 K. Em temperaturas mais baixas o gás emite poucas linhas no ótico. Consideramos que as metalicidades do gás nebuloso e das estrelas são as mesmas e obtivemos modelos para 0.05, 0.2, 0.4, 1.0 e 2.0  $Z_{\odot}$ . Para cada valor de metalicidade, variamos o parâmetro de ionização de  $\log U = -4.0$  a  $\log U = -1.0$ , com passos de 0.5 dex. Todos os diagramas com as grades de modelos obtidas são apresentados nas figuras 5.30 a 5.85 a seguir.

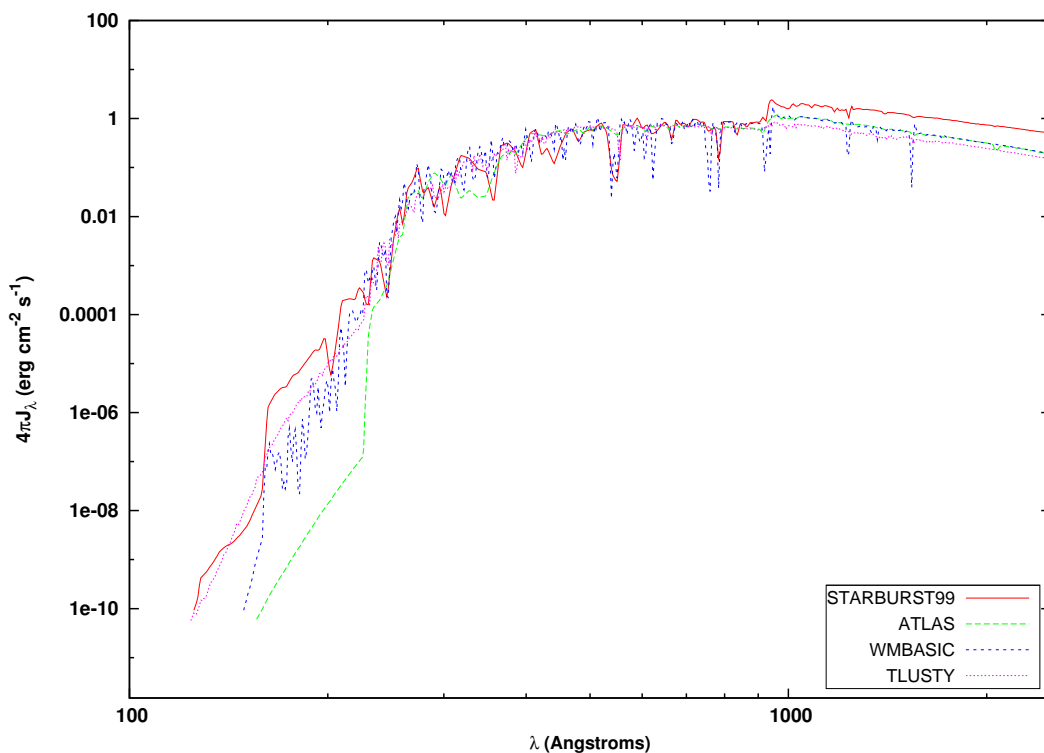


Figura 5.26: Contínuos ionizantes utilizados para  $Z = Z_{\odot}$  e  $M = 60M_{\odot}$ .

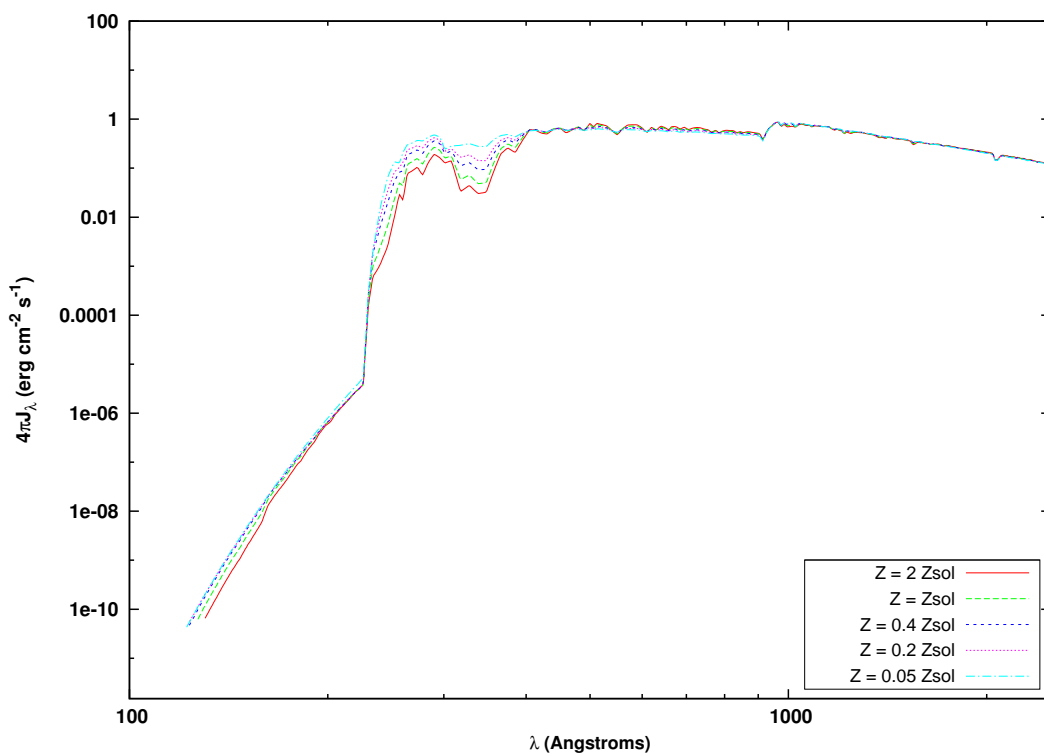


Figura 5.27: Contínuos ionizantes do ATLAS ODFNEW para diferentes metalicidades e  $T_{\text{eff}} = 50\,000\text{ K}$ .

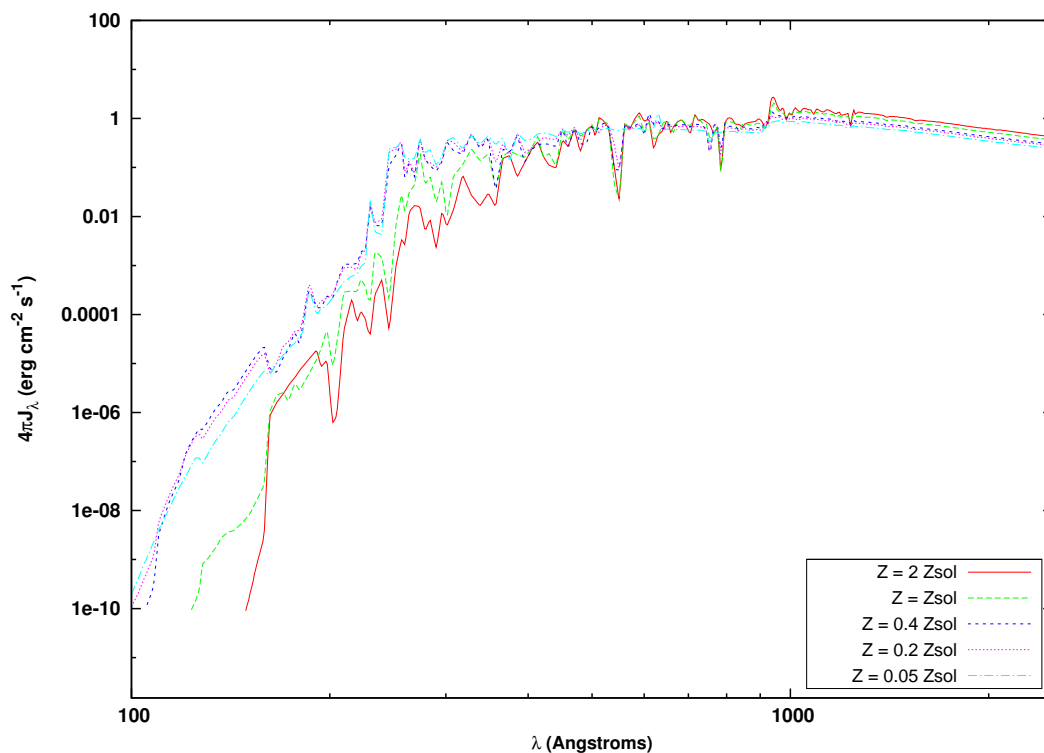


Figura 5.28: Contínuos ionizantes do STARBURST99 para diferentes metalicidades e  $M = 120 M_{\odot}$ .

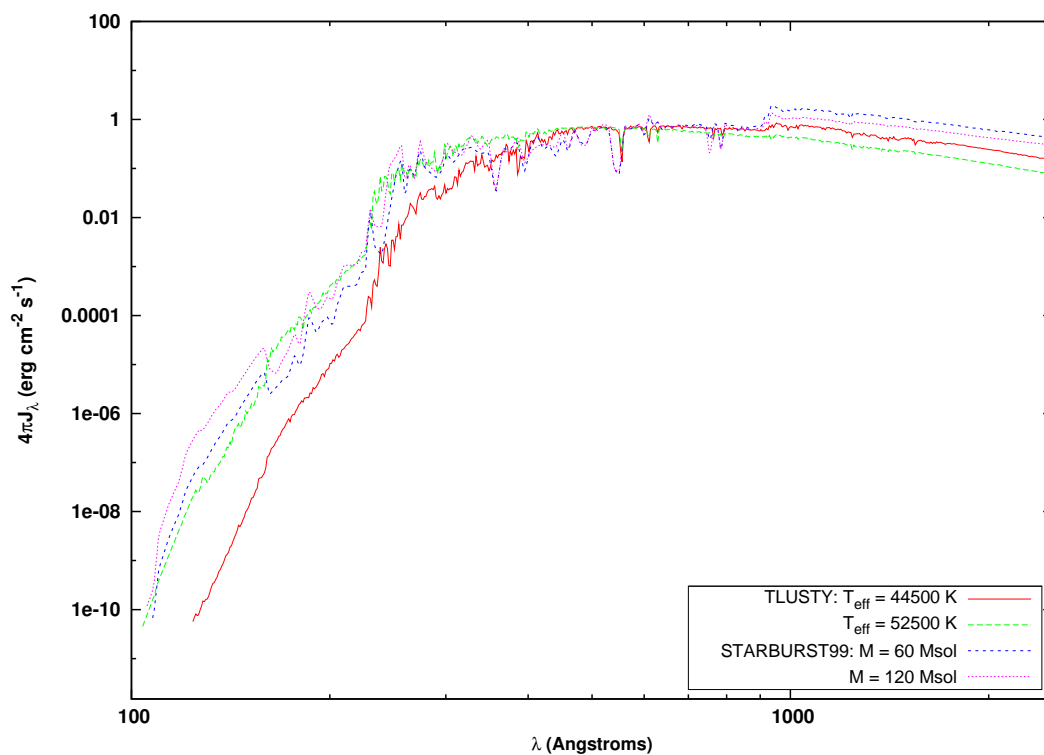
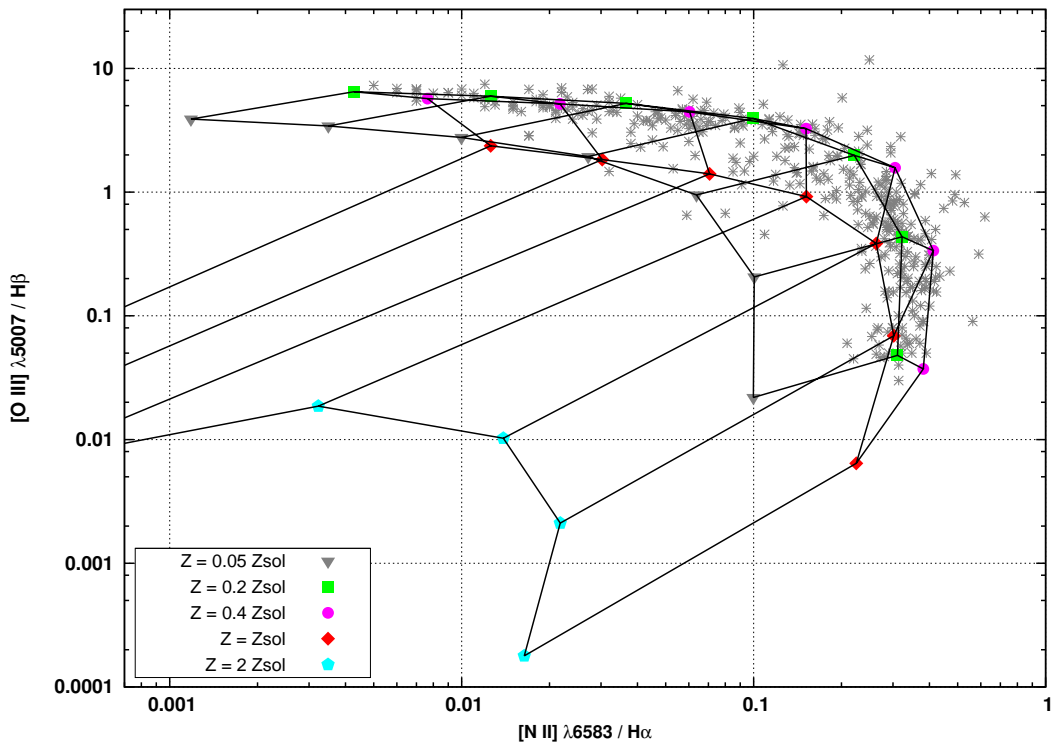
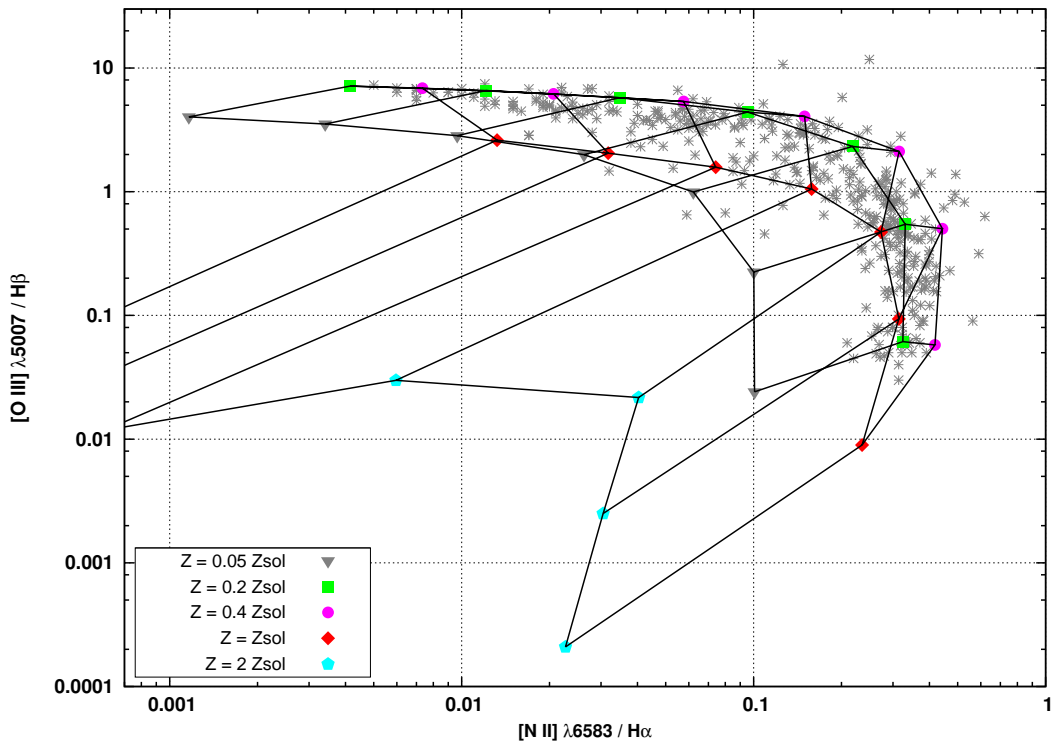


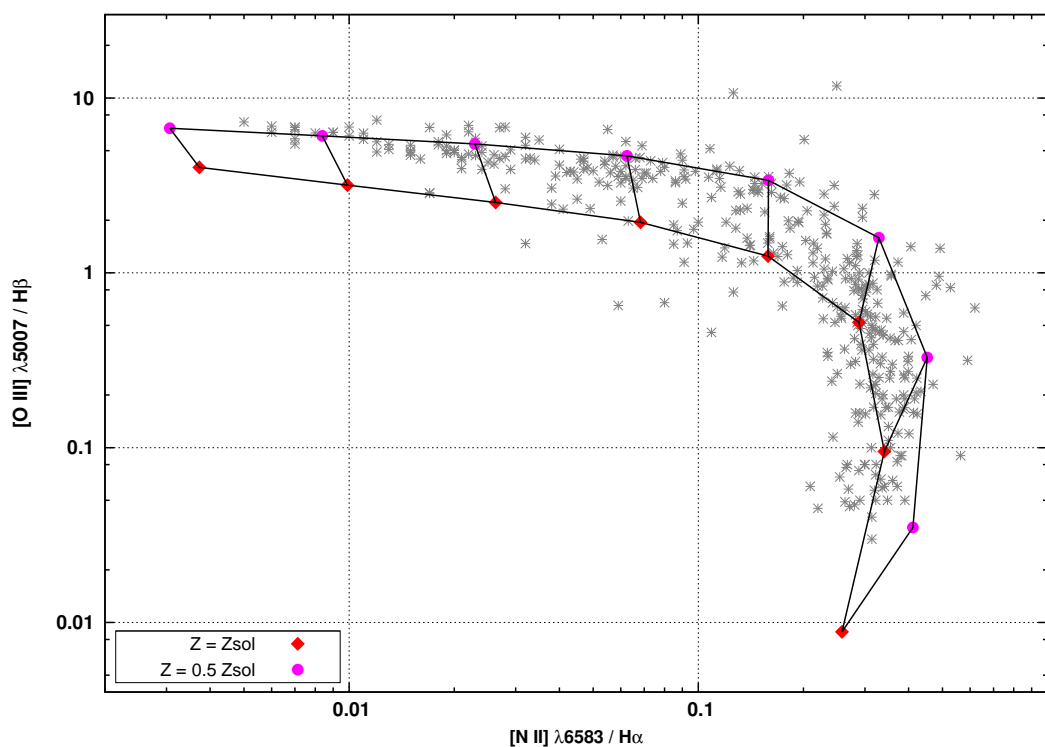
Figura 5.29: Contínuos ionizantes do STARBURST99 e do TLUSTY para diferentes massas e diferentes temperaturas efetivas, respectivamente, e para  $Z = Z_{\odot}$ .



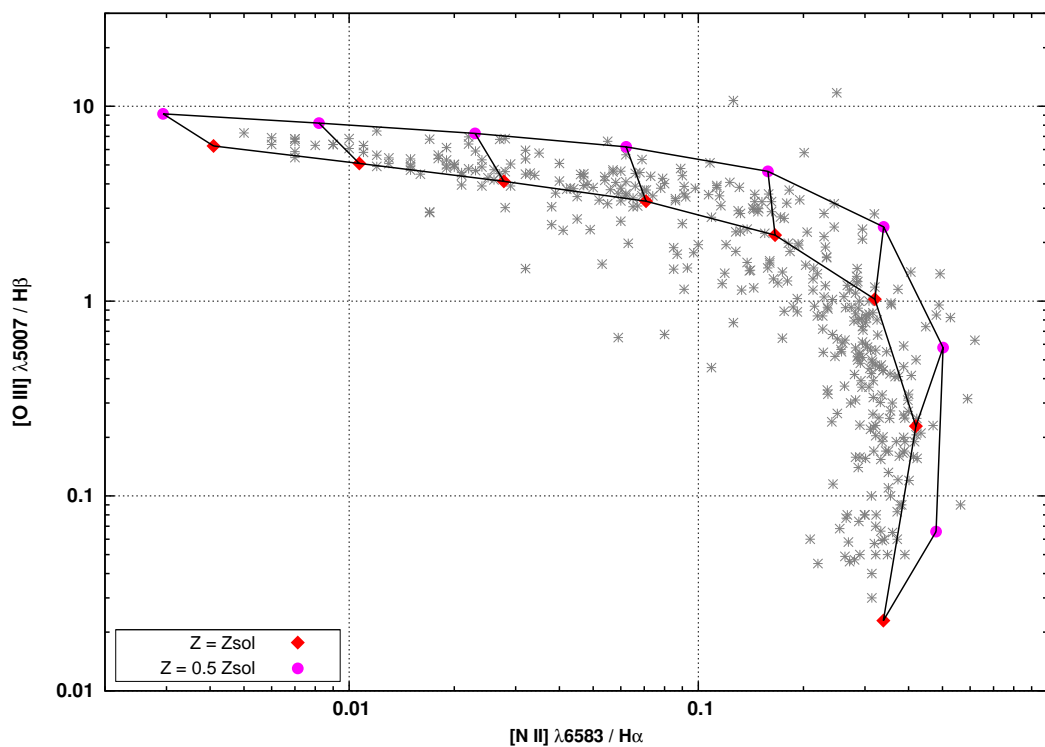
**Figura 5.30:** Grade teórica para  $[O\text{ III}]/H\beta$  versus  $[N\text{ II}]/H\alpha$  variando o parâmetro de ionização e a metalicidade. Modelos baseados na distribuição espectral de energia do STARBURST99 com limite superior de massa  $M = 60 M_{\odot}$ . Os valores do parâmetro de ionização variam de  $\log U = -4$  a  $\log U = -1$  com passos de 0.5 dex, aumentando da direita para esquerda.



**Figura 5.31:** Grade teórica para  $[O\text{ III}]/H\beta$  versus  $[N\text{ II}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com limite superior de massa  $M = 120 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



**Figura 5.32:** Grade teórica para  $[O\text{III}]\lambda 5007 / H\beta$  versus  $[N\text{II}]\lambda 6583 / H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



**Figura 5.33:** Grade teórica para  $[O\text{III}]\lambda 5007 / H\beta$  versus  $[N\text{II}]\lambda 6583 / H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

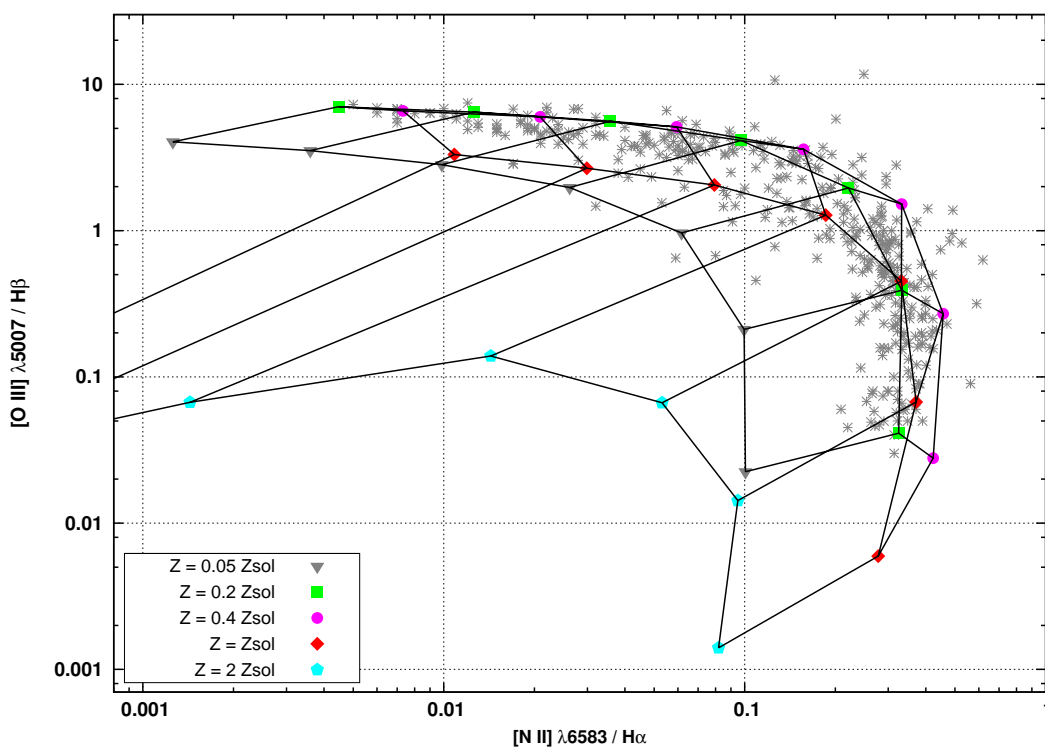


Figura 5.34: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[N II]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

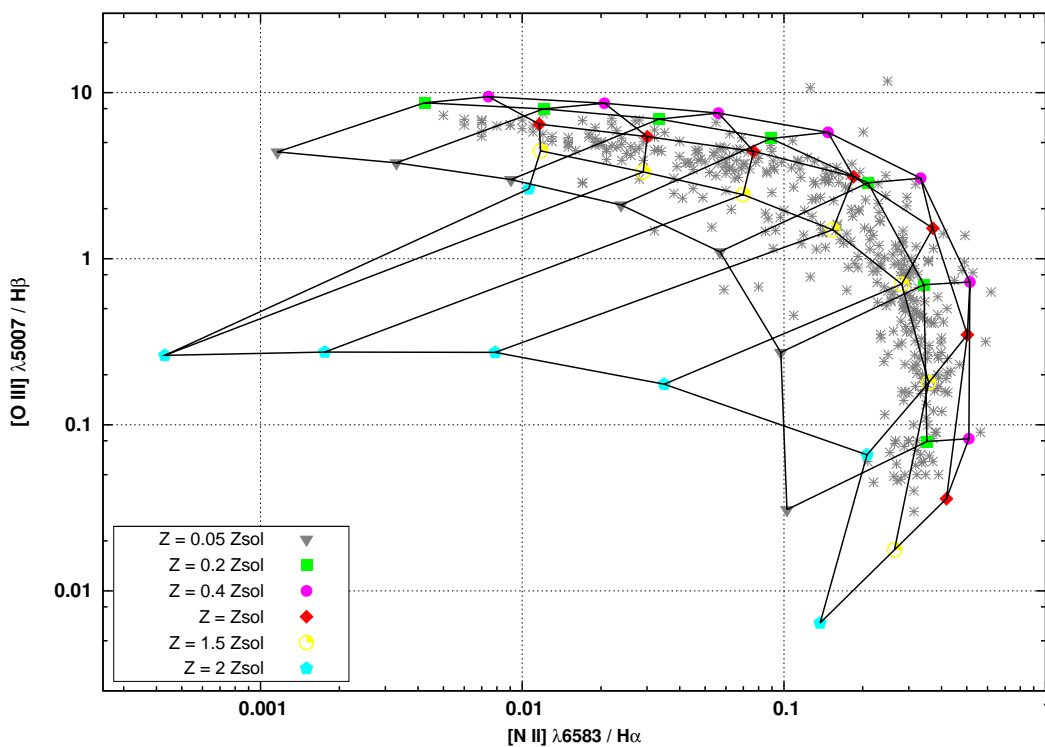


Figura 5.35: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[N II]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

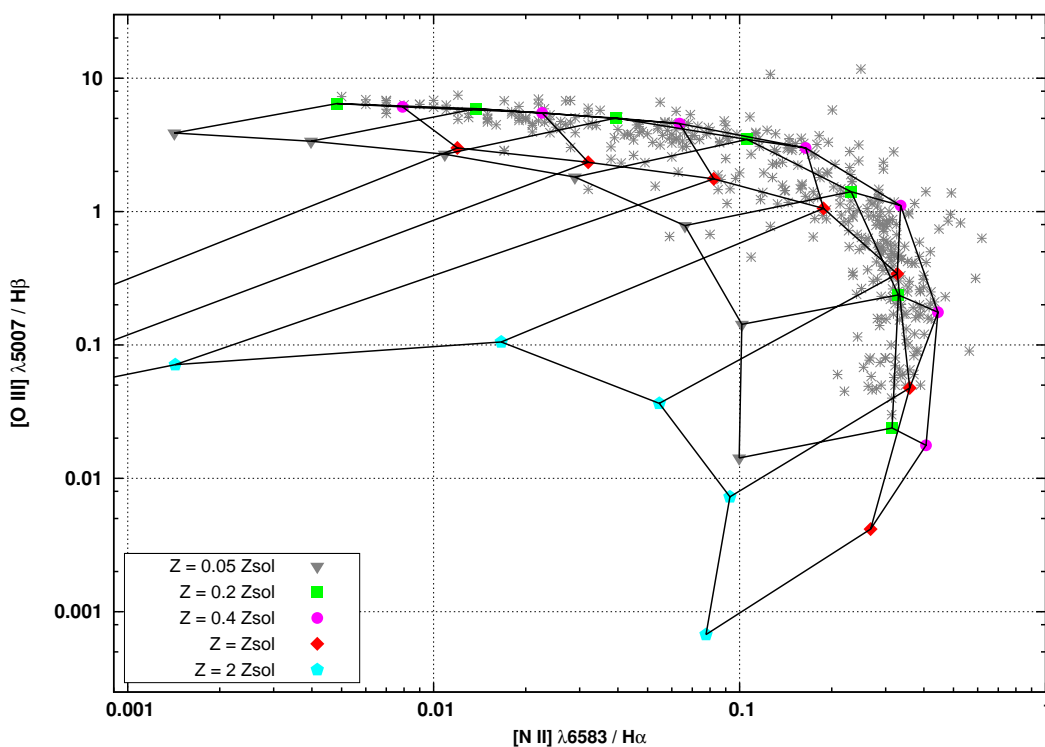


Figura 5.36: Grade teórica para  $[O\text{III}]/H\beta$  versus  $[N\text{II}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

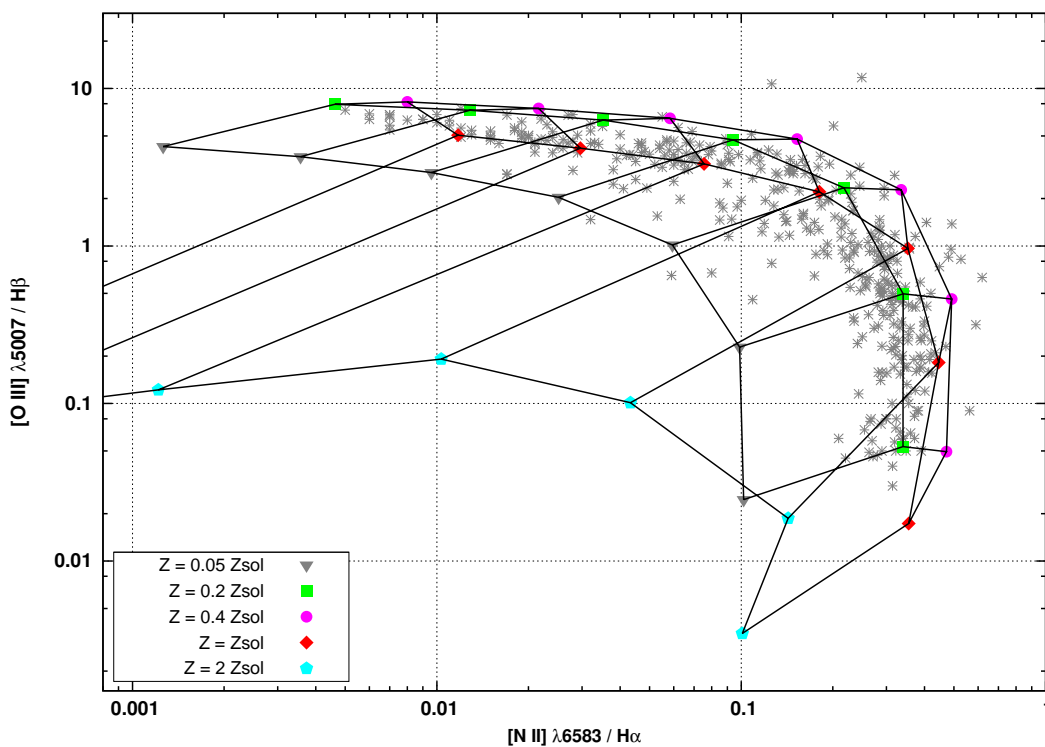


Figura 5.37: Grade teórica para  $[O\text{III}]/H\beta$  versus  $[N\text{II}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

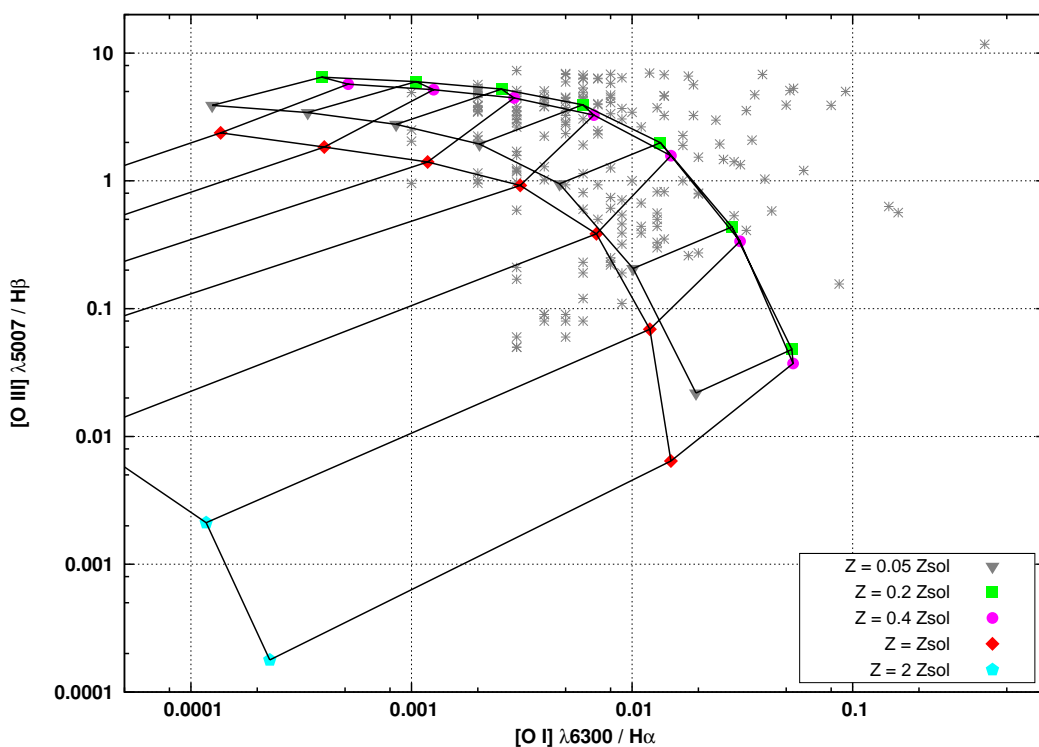


Figura 5.38: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OI]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 60 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

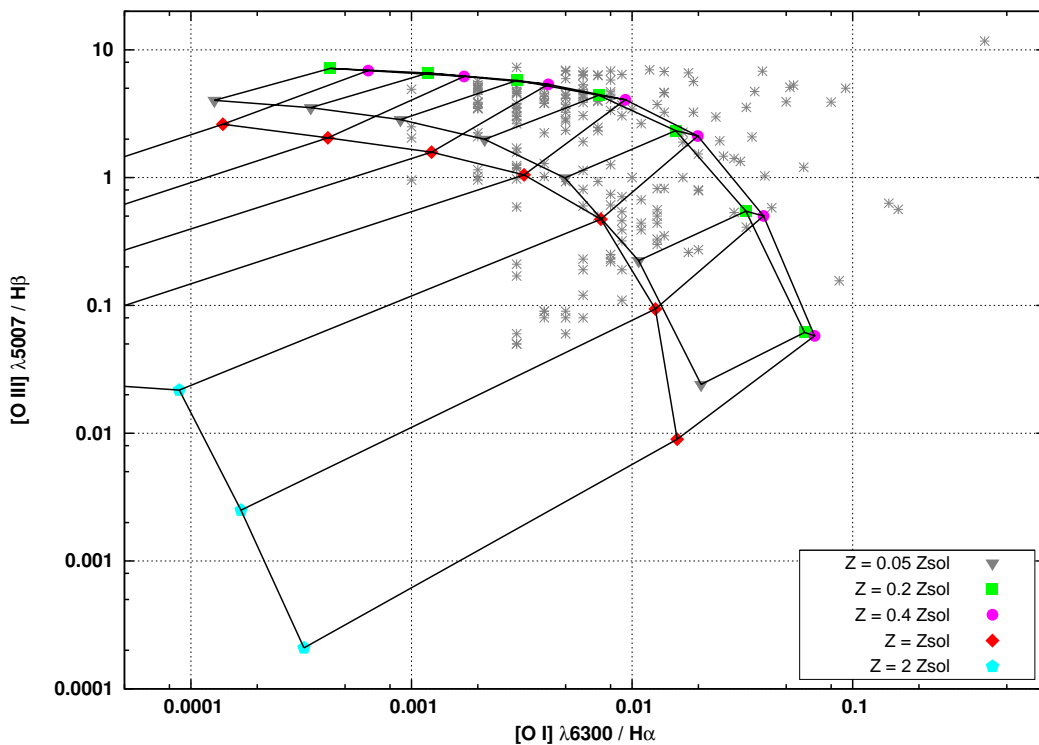


Figura 5.39: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OI]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 120 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



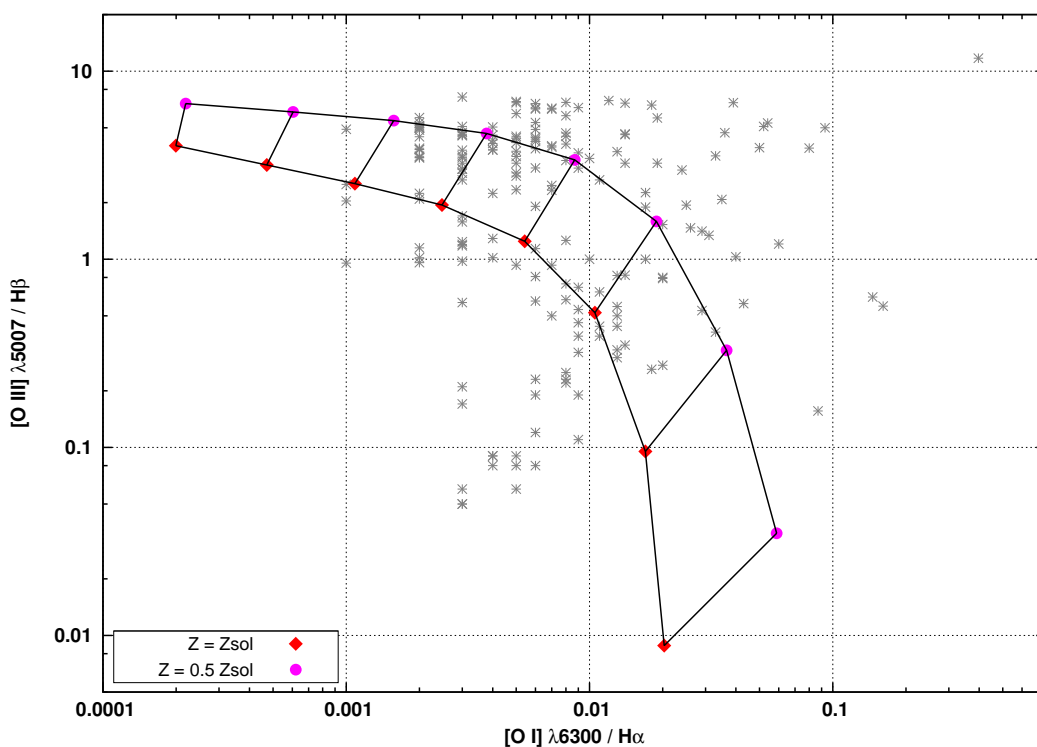


Figura 5.40: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O I]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

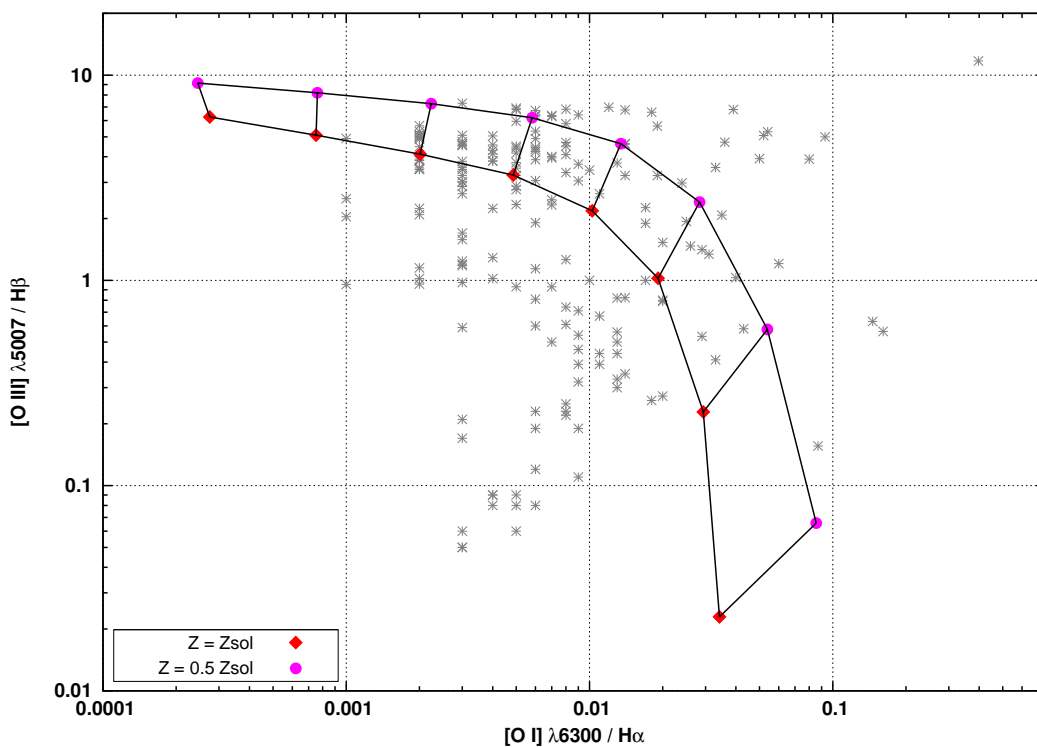


Figura 5.41: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O I]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

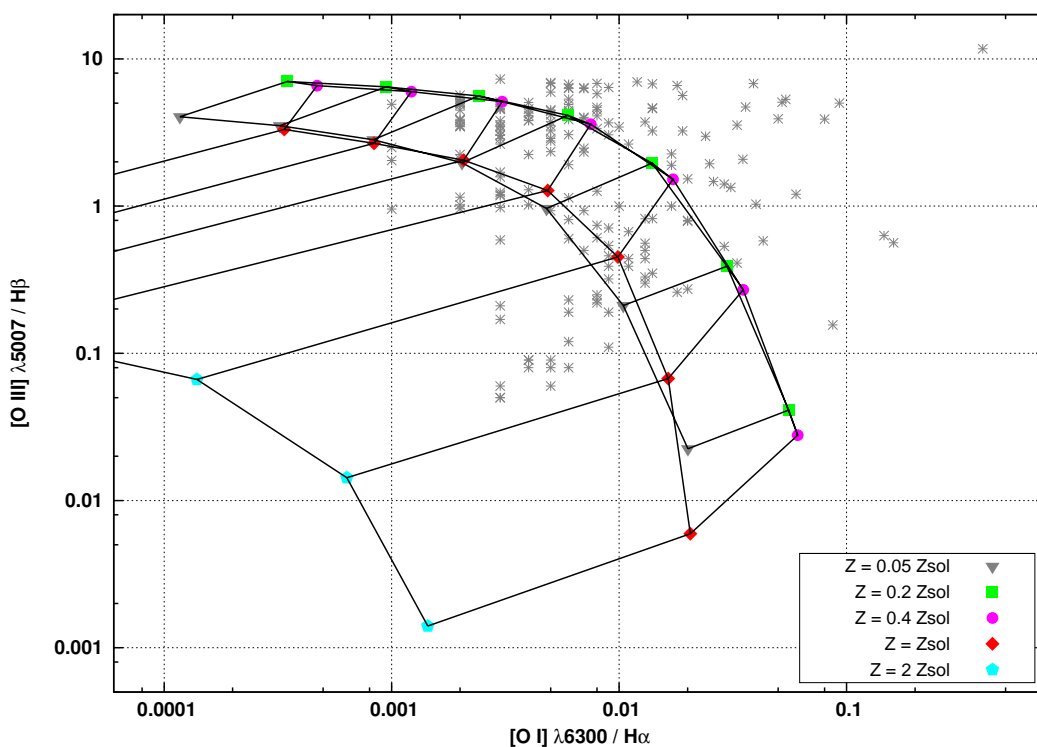


Figura 5.42: Grade teórica para  $[O\text{III}]/H\beta$  versus  $[O\text{I}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

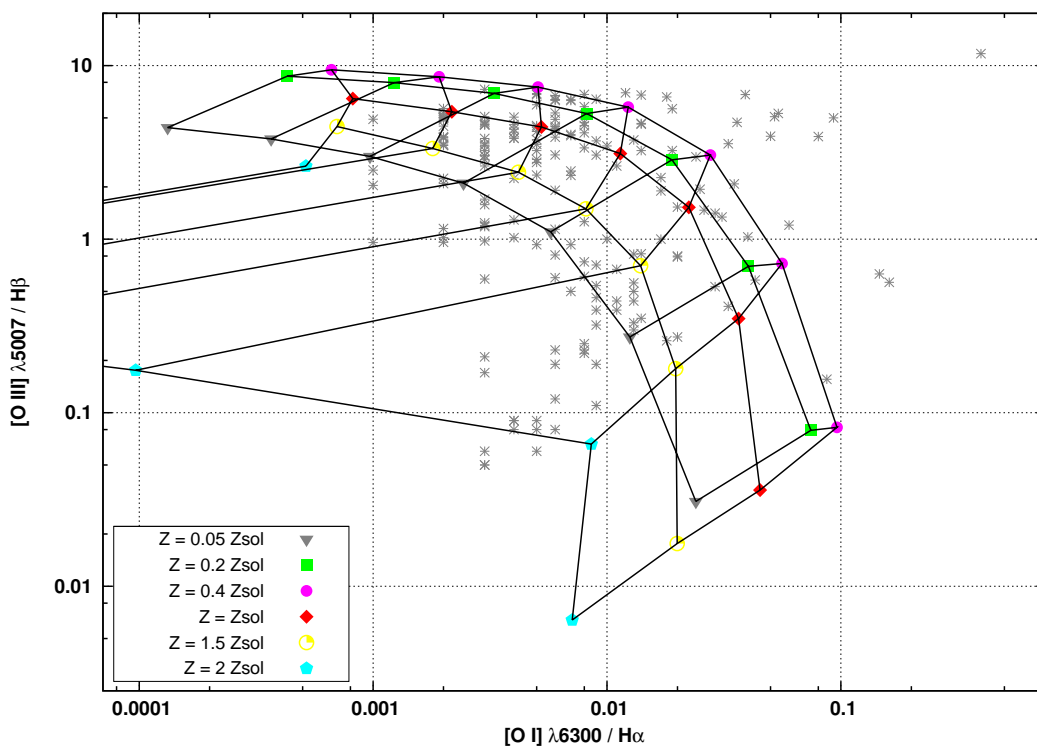


Figura 5.43: Grade teórica para  $[O\text{III}]/H\beta$  versus  $[O\text{I}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

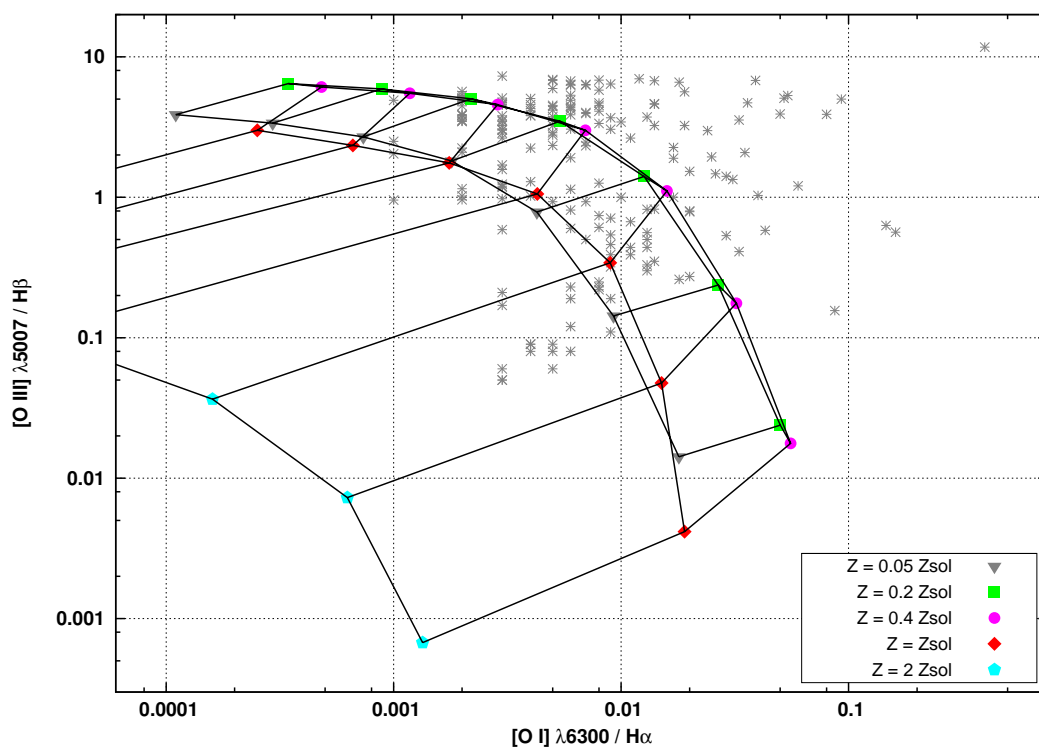


Figura 5.44: Grade teórica para  $[O\text{III}]/H\beta$  versus  $[O\text{I}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

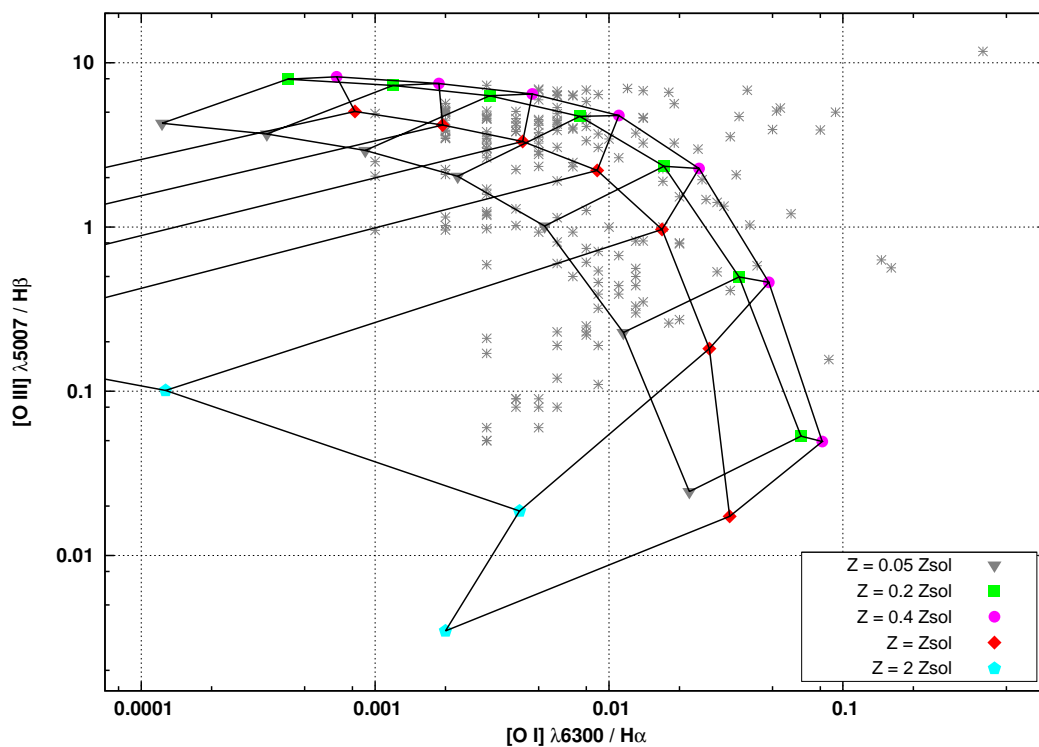


Figura 5.45: Grade teórica para  $[O\text{III}]/H\beta$  versus  $[O\text{I}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

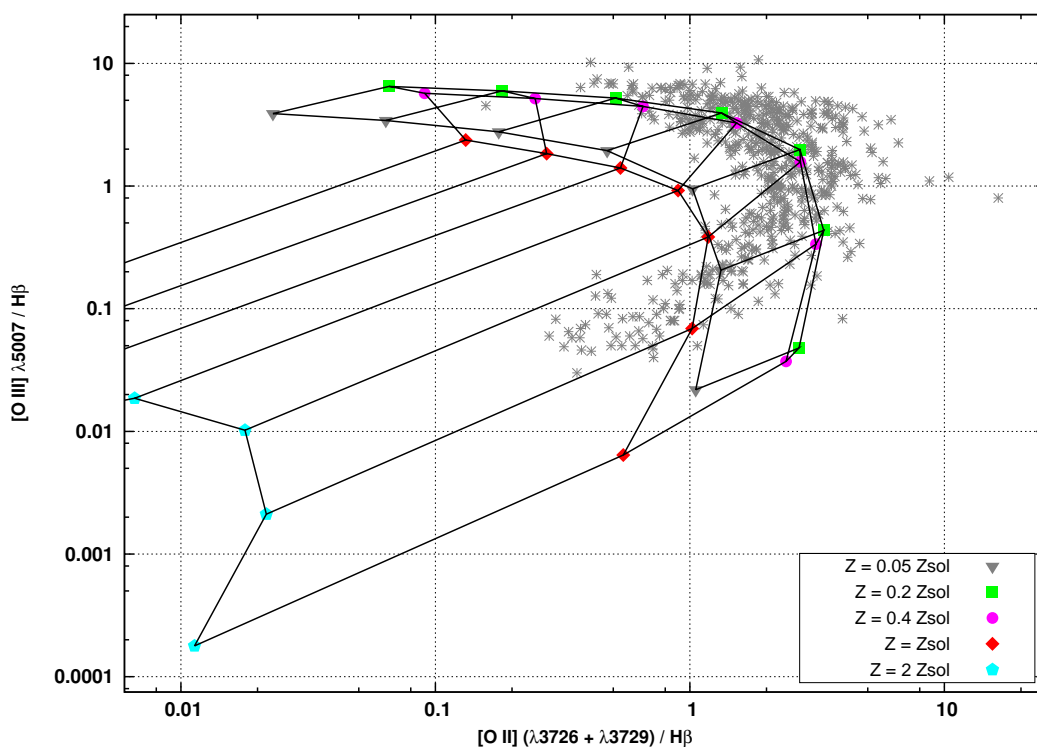


Figura 5.46: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OII]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 60 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

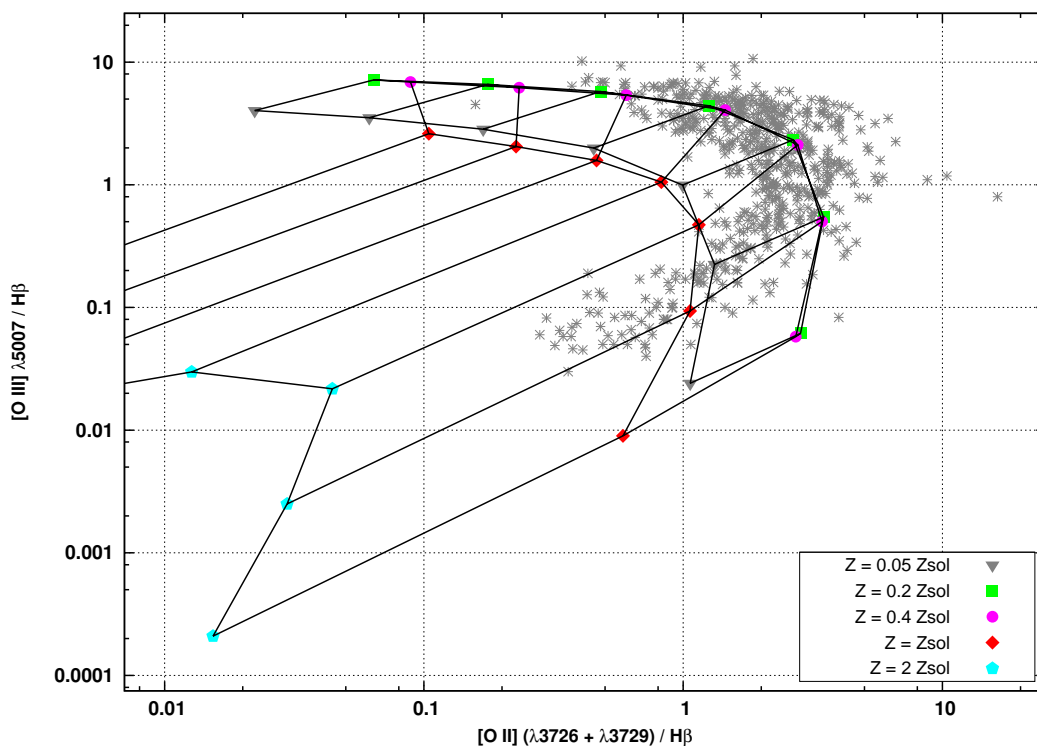


Figura 5.47: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OII]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 120 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

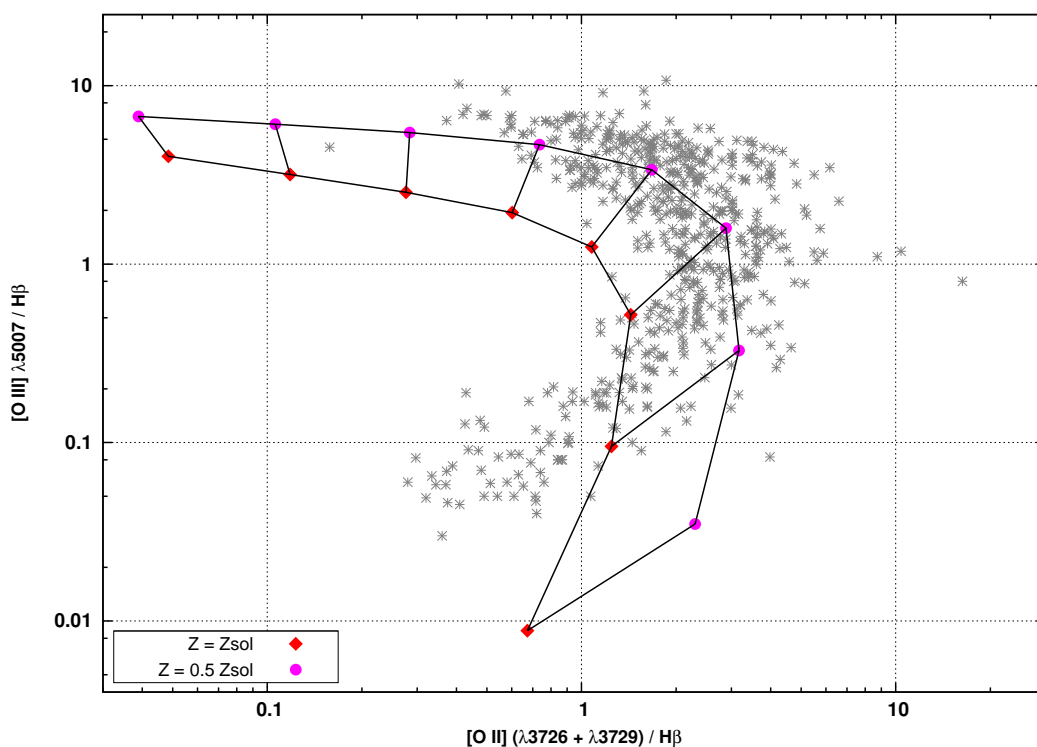


Figura 5.48: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OII]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

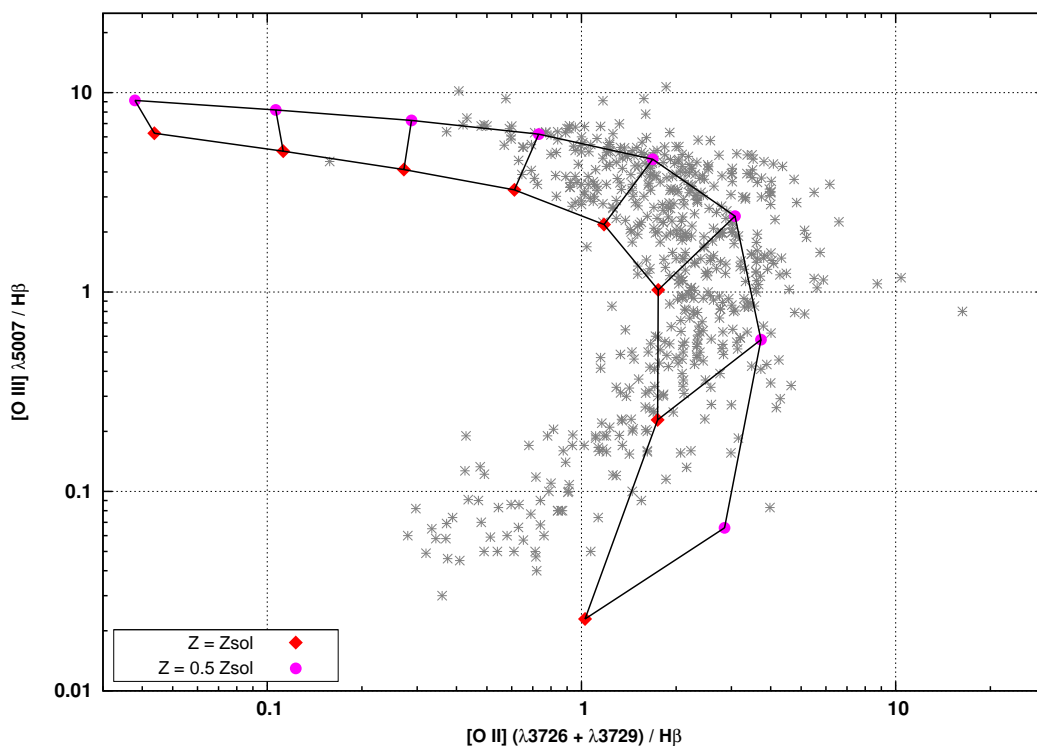


Figura 5.49: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OII]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

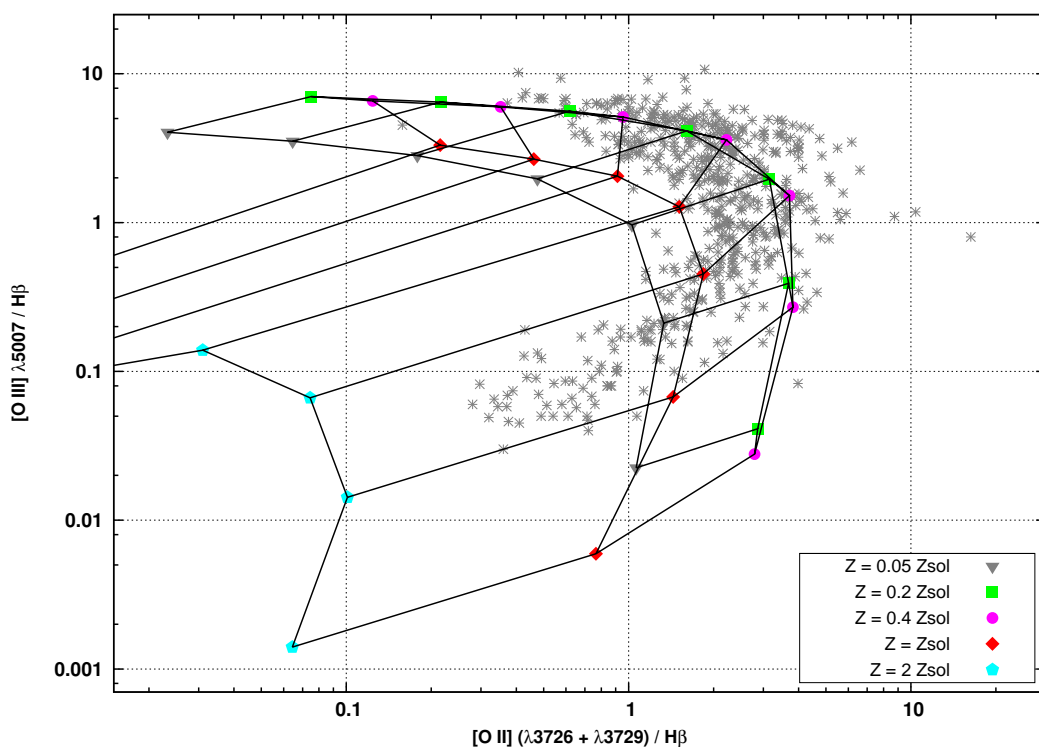


Figura 5.50: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OII]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

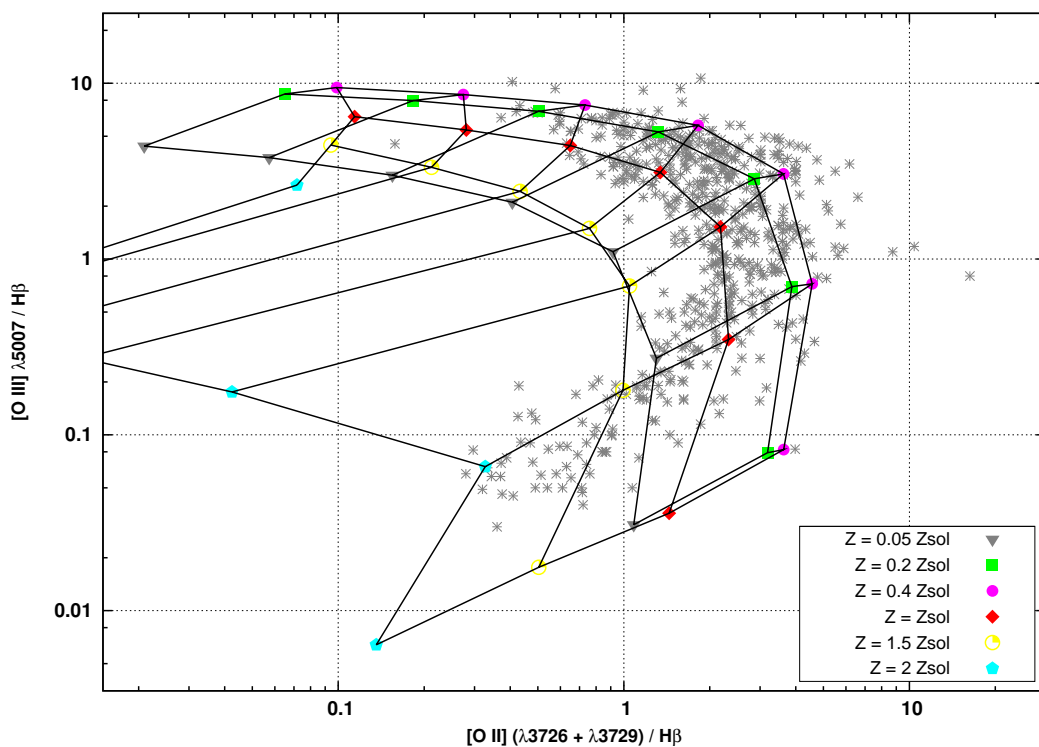
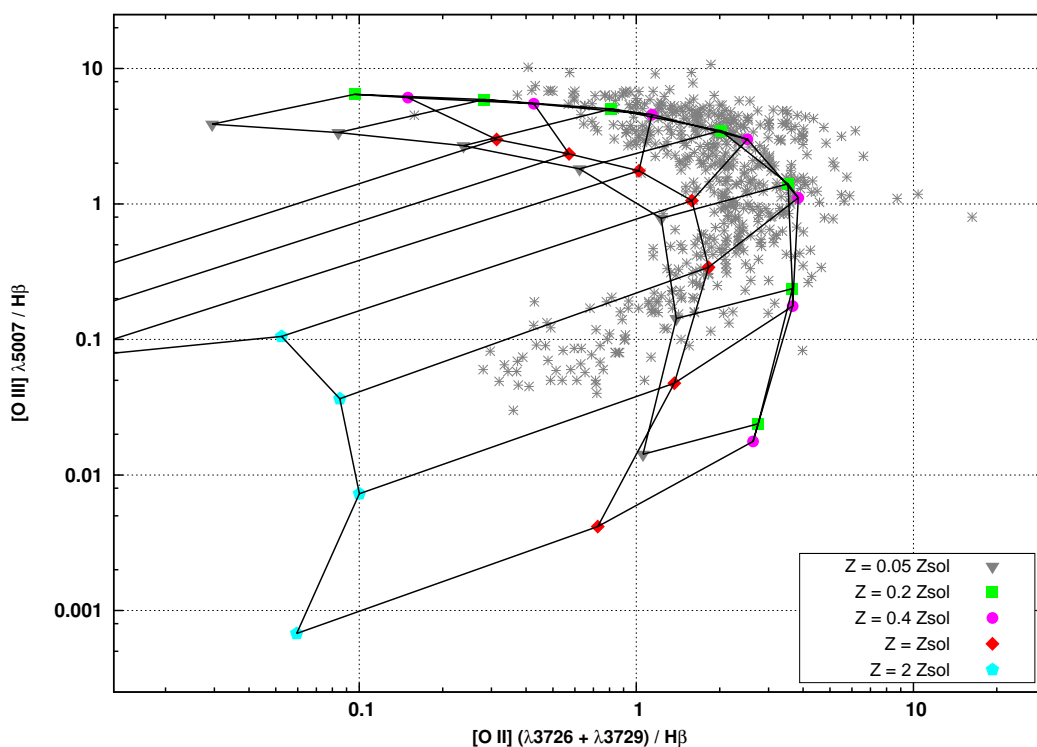
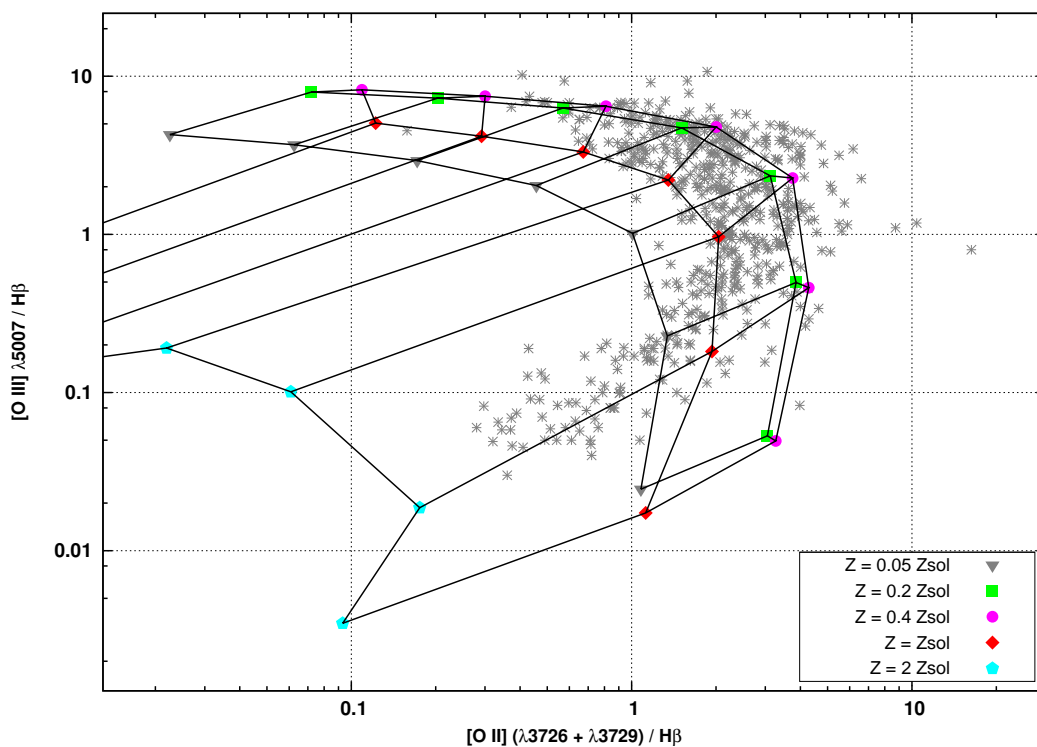


Figura 5.51: Grade teórica para  $[OIII]/H\beta$  versus  $[OII]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



**Figura 5.52:** Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



**Figura 5.53:** Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/H\beta$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

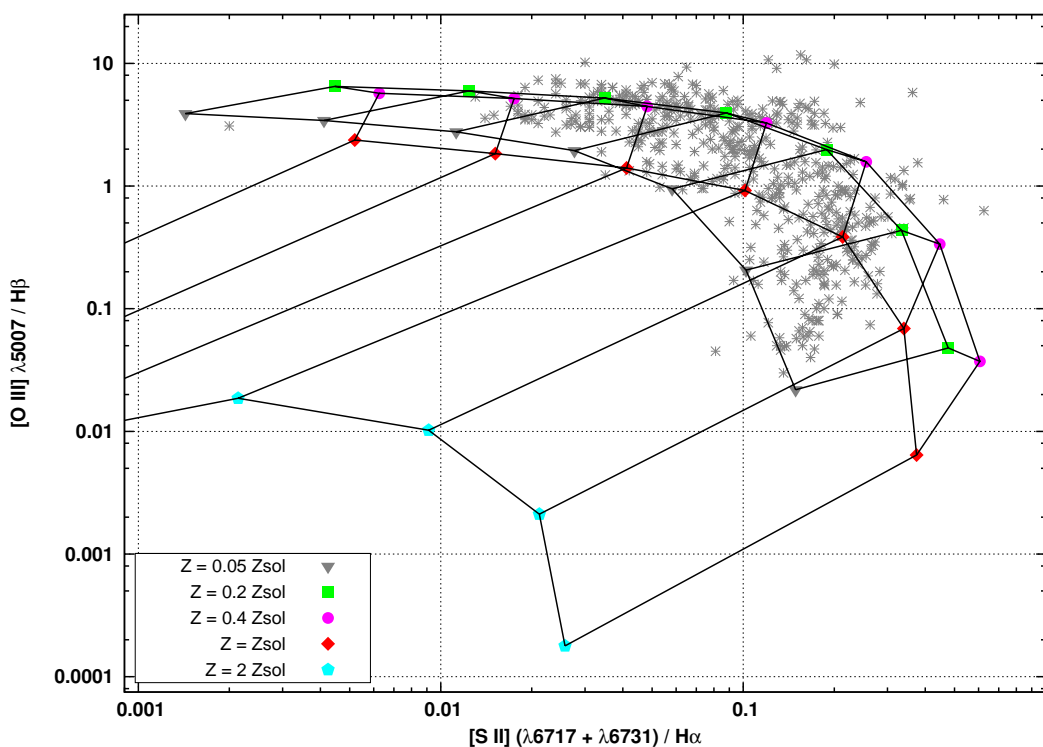


Figura 5.54: Grade teórica para  $[O\ III]/H\beta$  versus  $[S\ II]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 60 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

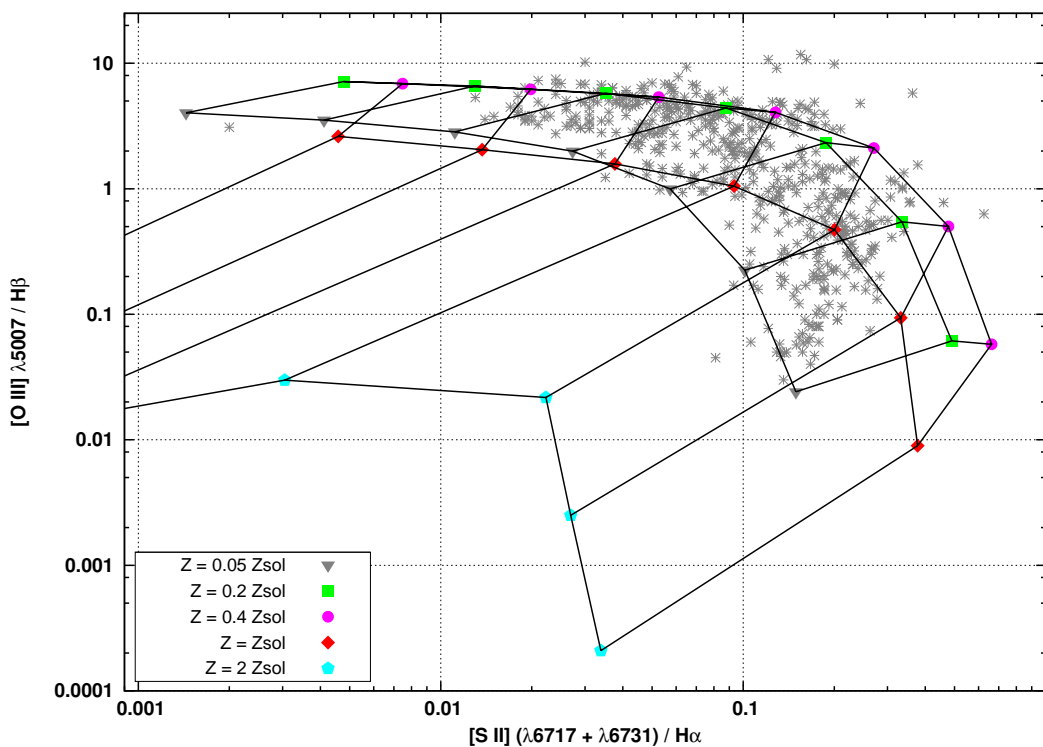


Figura 5.55: Grade teórica para  $[O\ III]/H\beta$  versus  $[S\ II]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 120 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



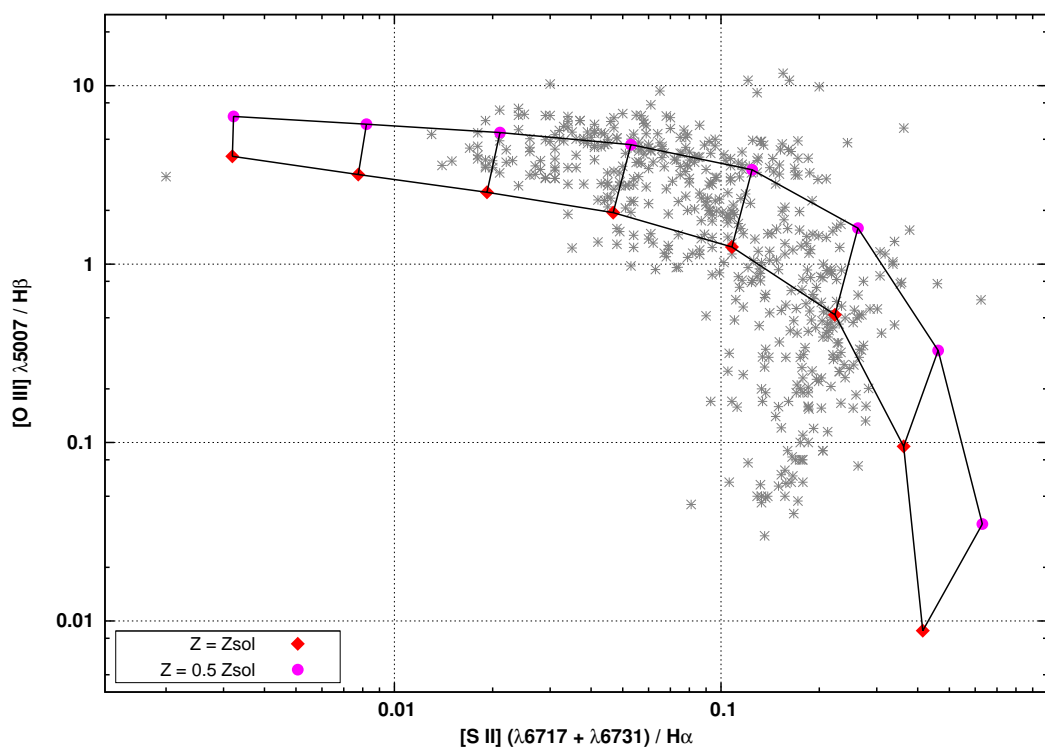


Figura 5.56: Grade teórica para  $[O\text{ III}]/H\beta$  versus  $[S\text{ II}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

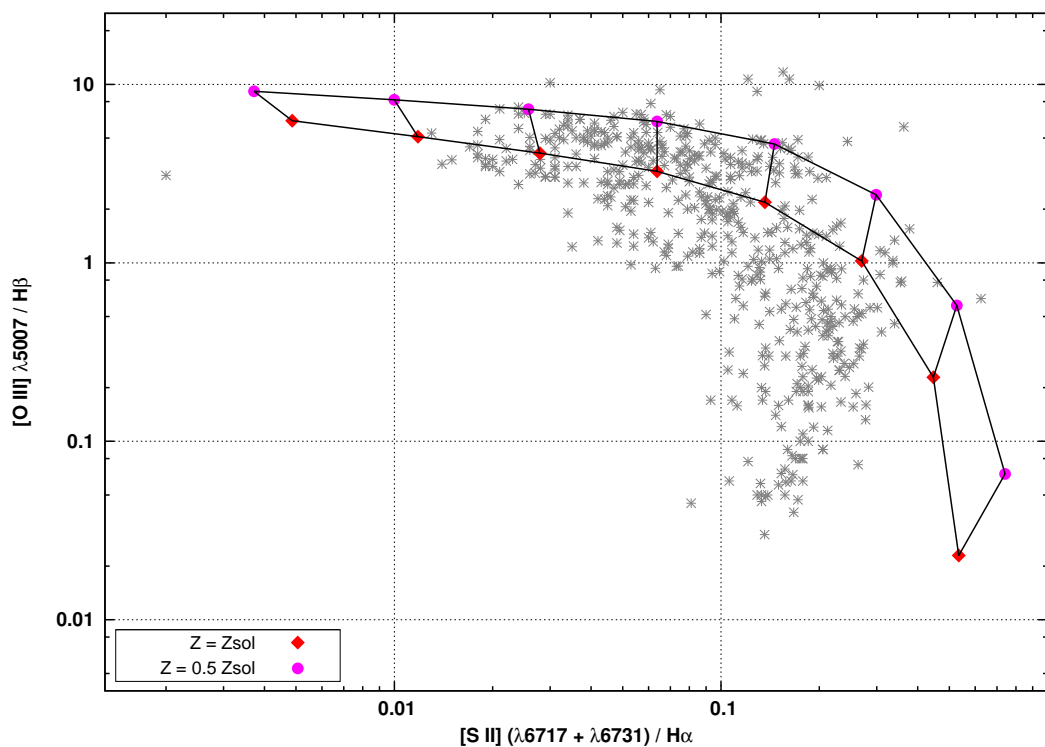


Figura 5.57: Grade teórica para  $[O\text{ III}]/H\beta$  versus  $[S\text{ II}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

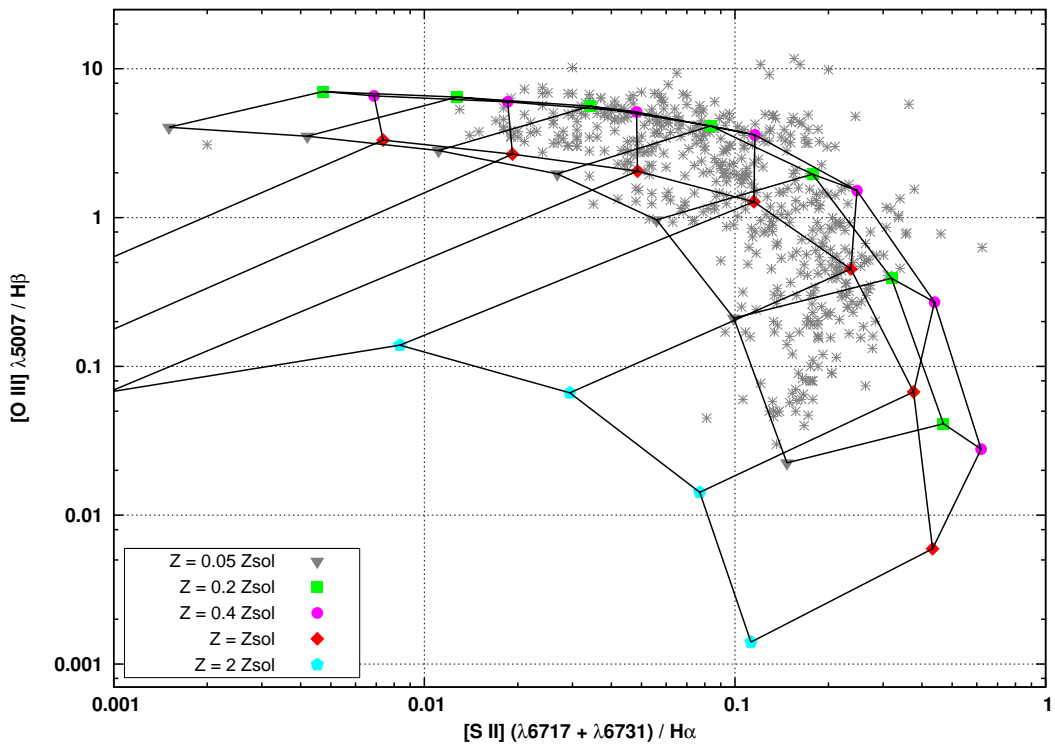


Figura 5.58: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[S II]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

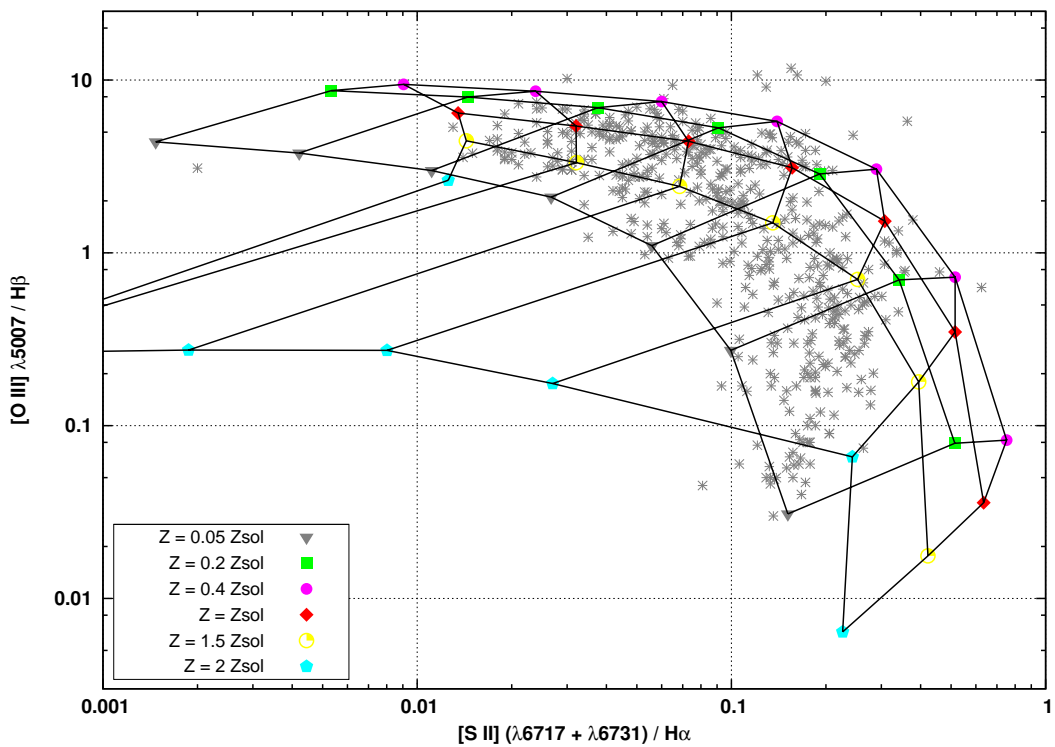


Figura 5.59: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[S II]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

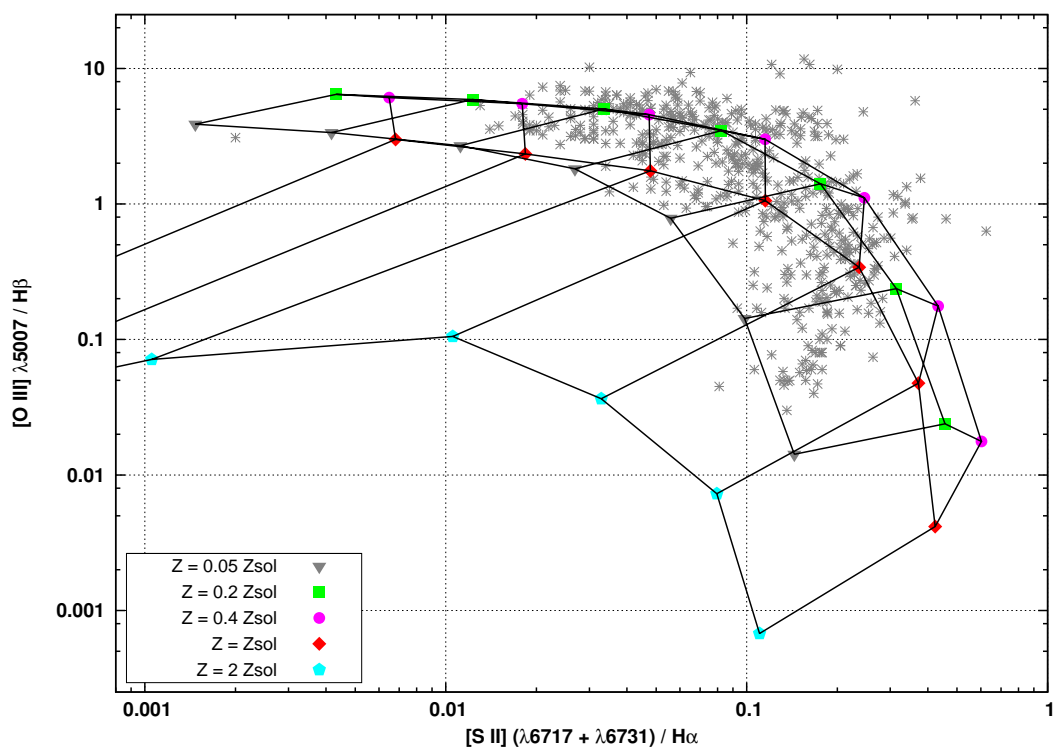


Figura 5.60: Grade teórica para  $[O\text{ III}]/H\beta$  versus  $[S\text{ II}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

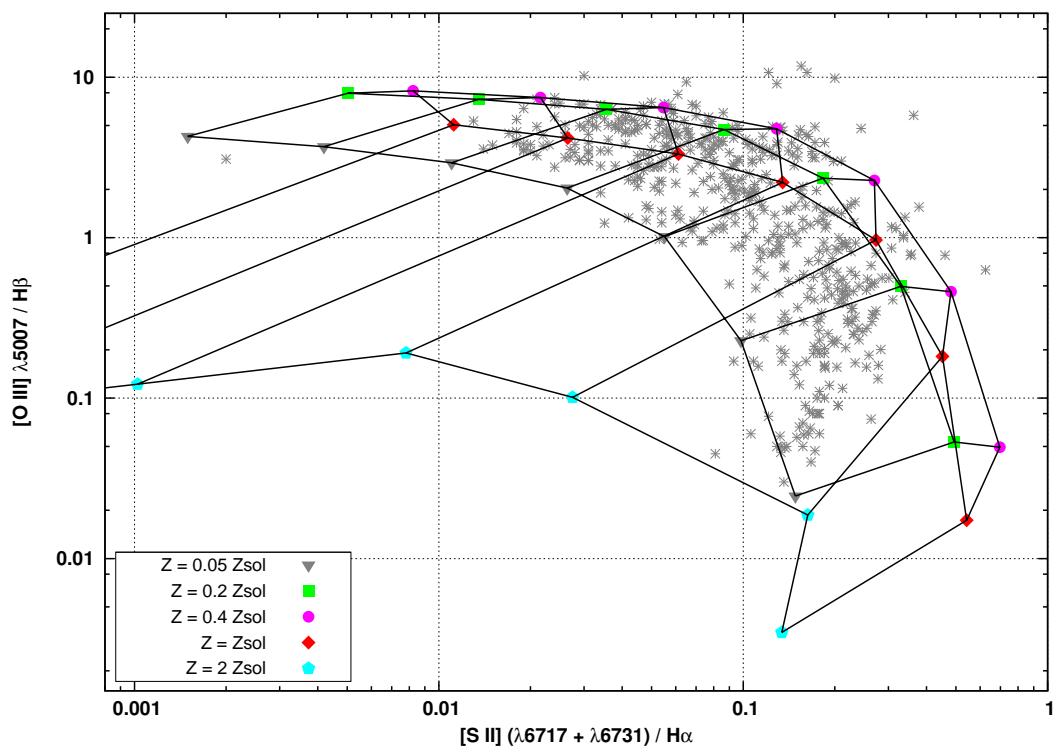


Figura 5.61: Grade teórica para  $[O\text{ III}]/H\beta$  versus  $[S\text{ II}]/H\alpha$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

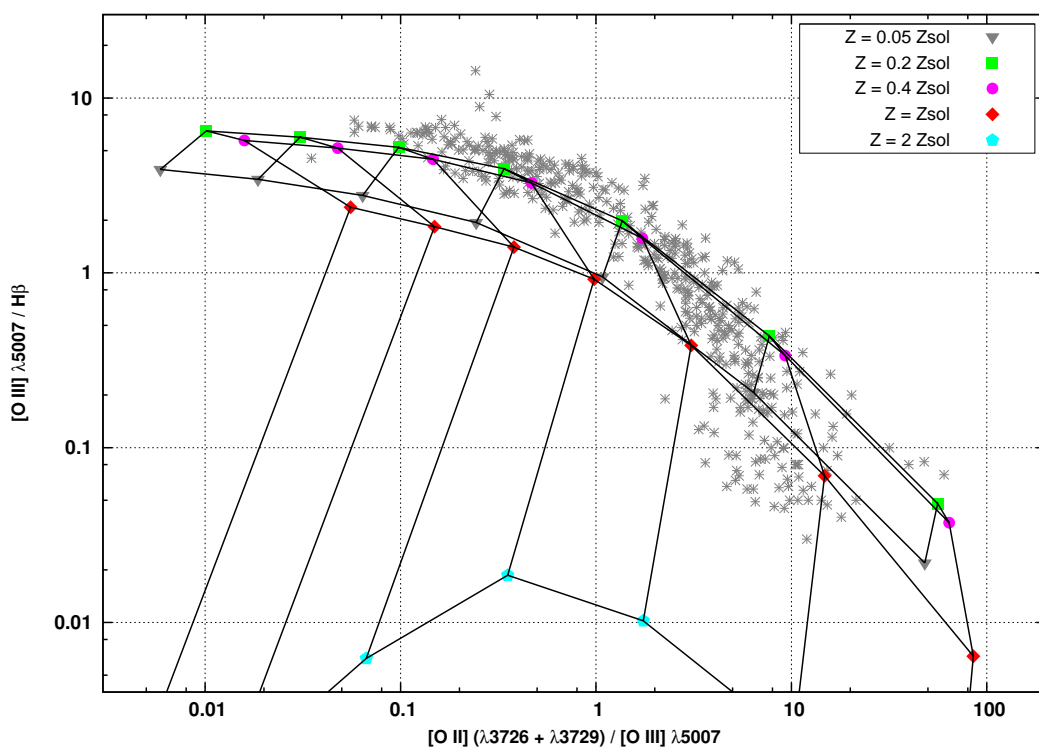


Figura 5.62: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 60 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

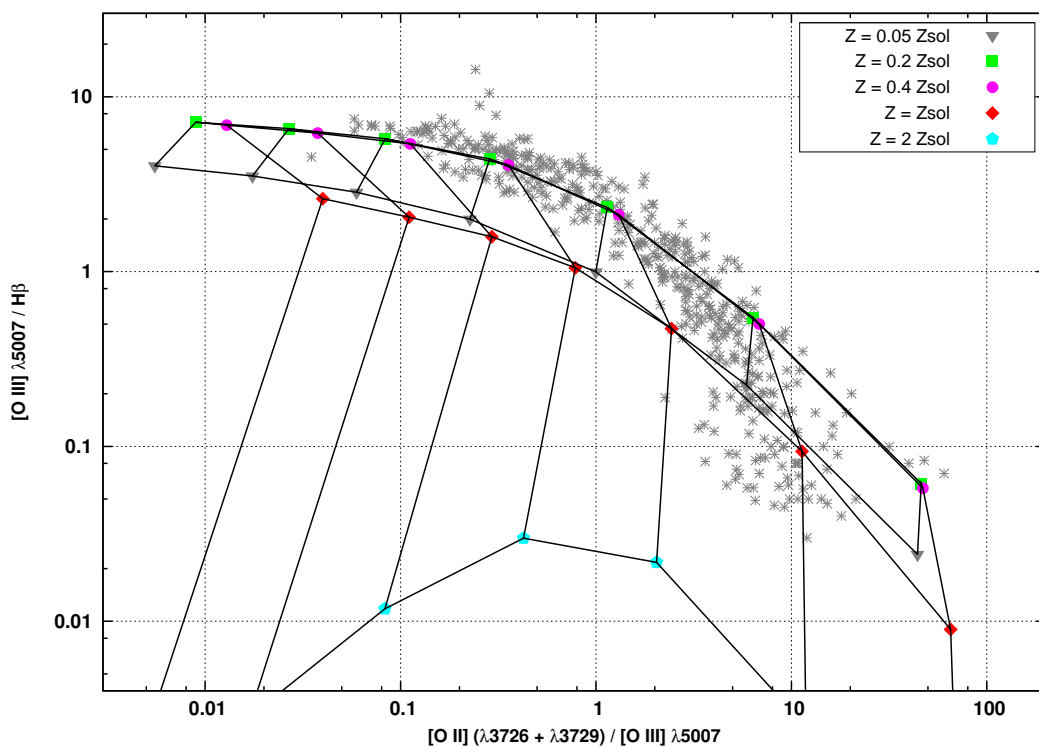


Figura 5.63: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 120 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

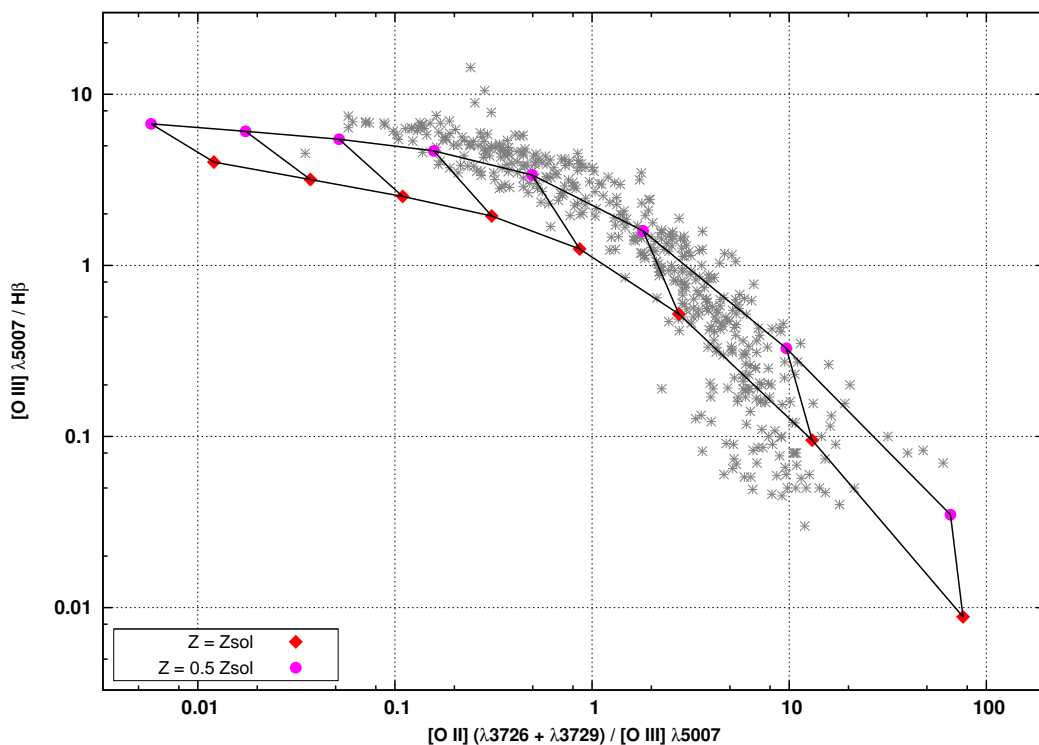


Figura 5.64: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

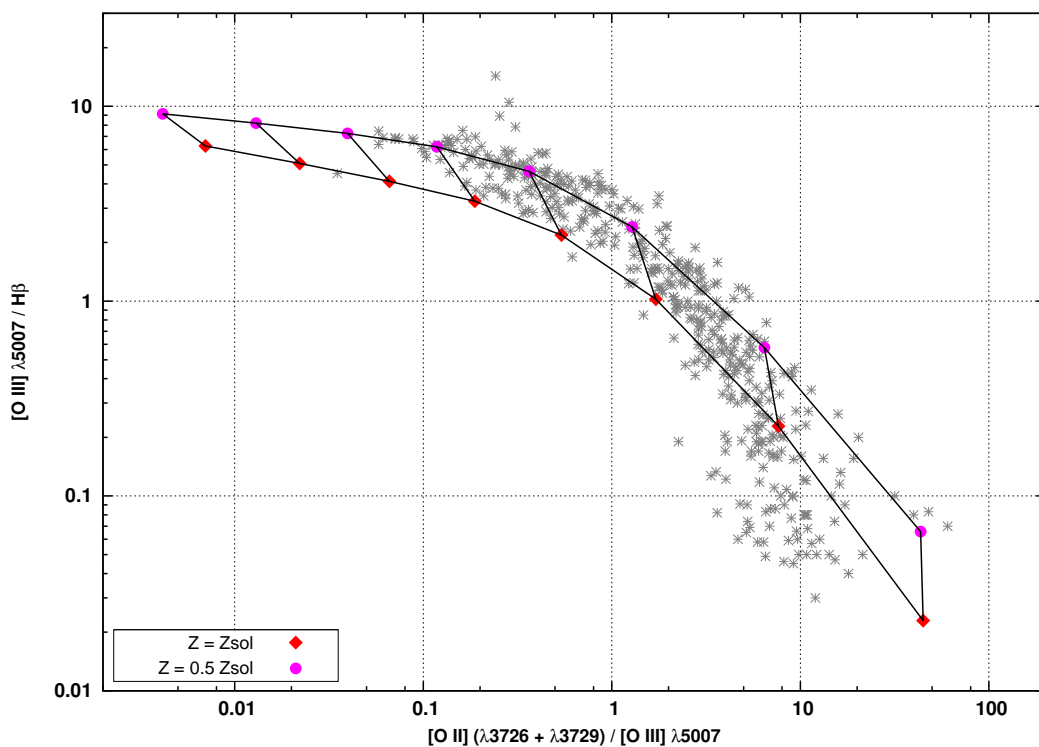


Figura 5.65: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

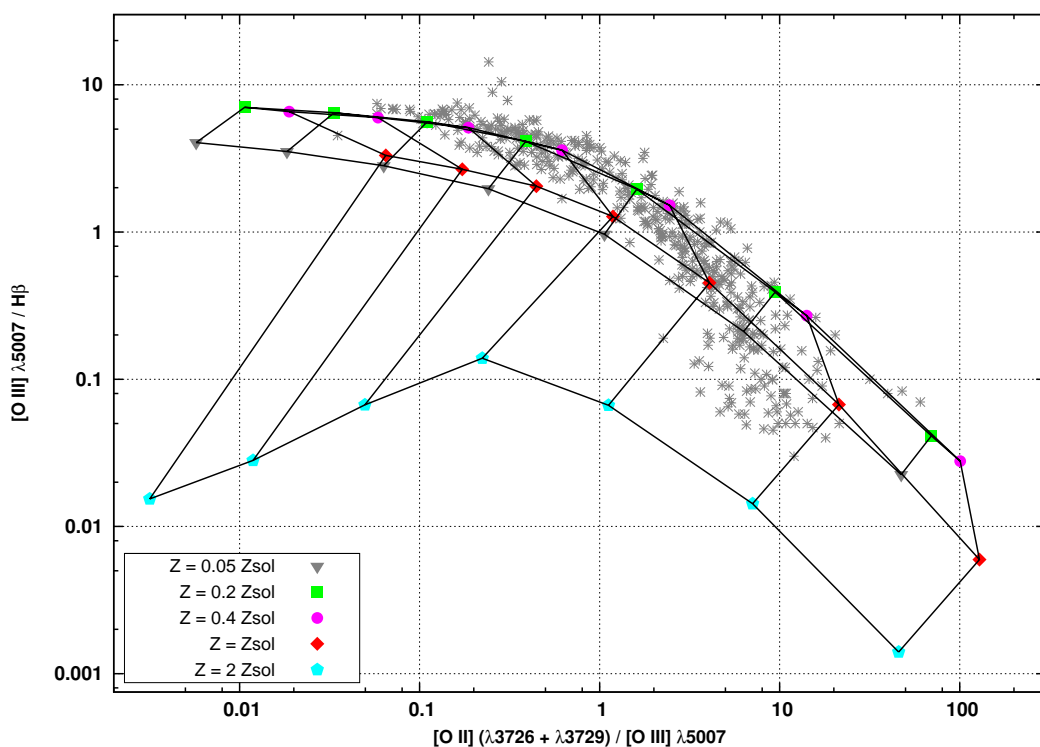


Figura 5.66: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

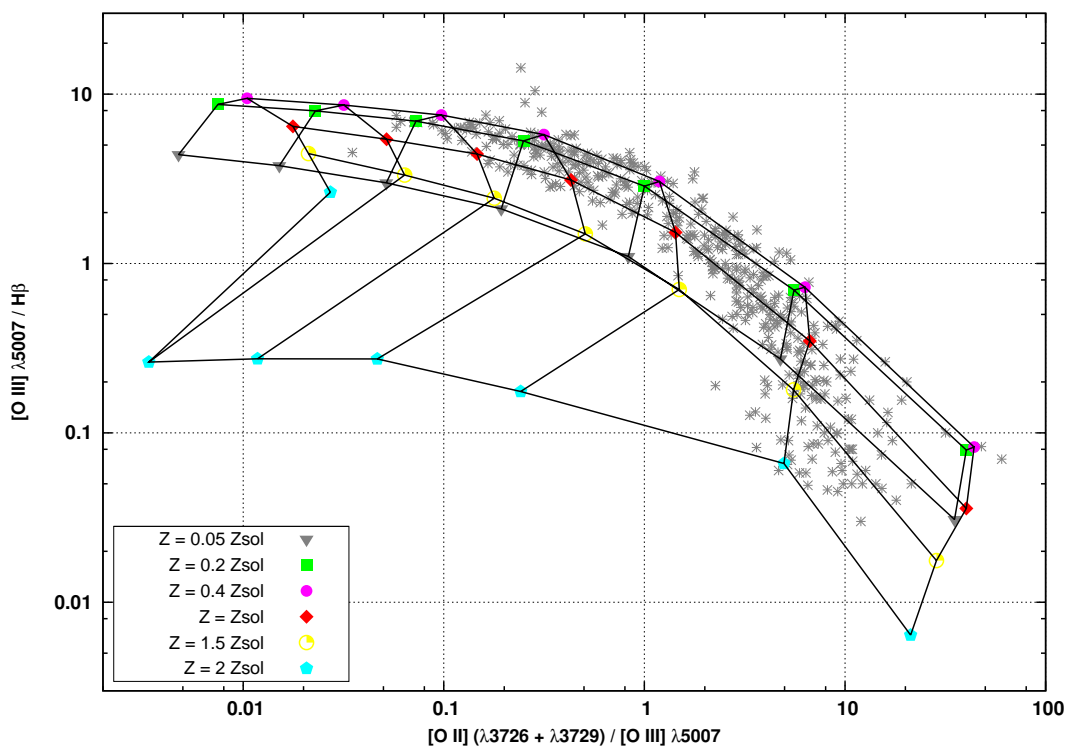


Figura 5.67: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

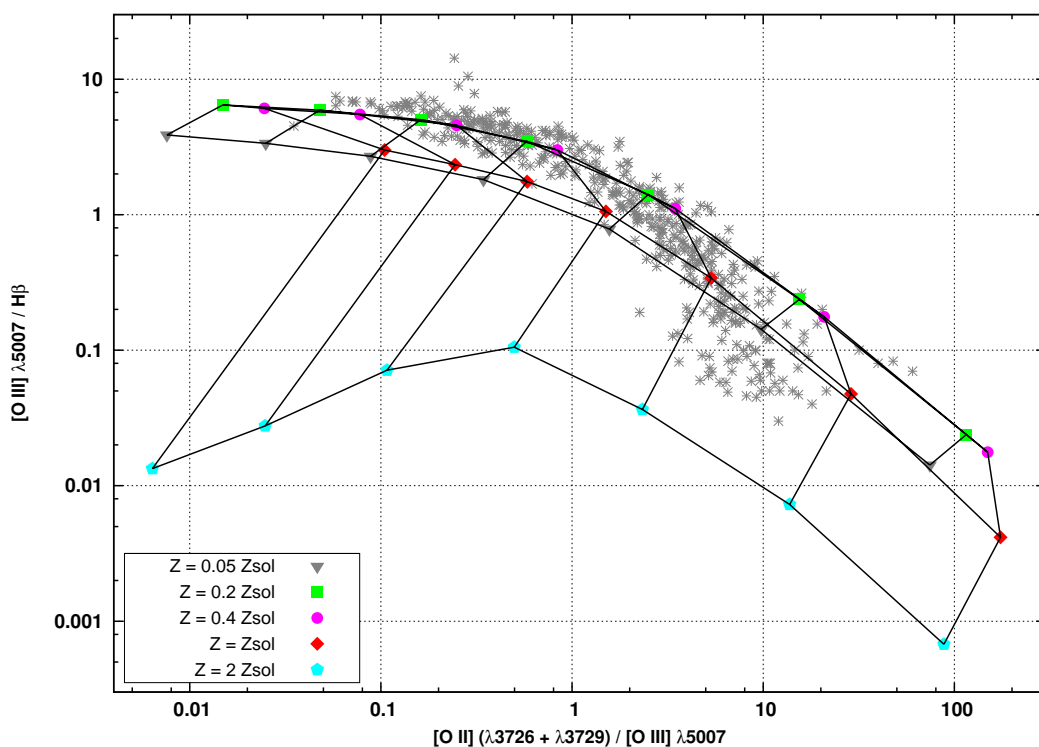


Figura 5.68: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

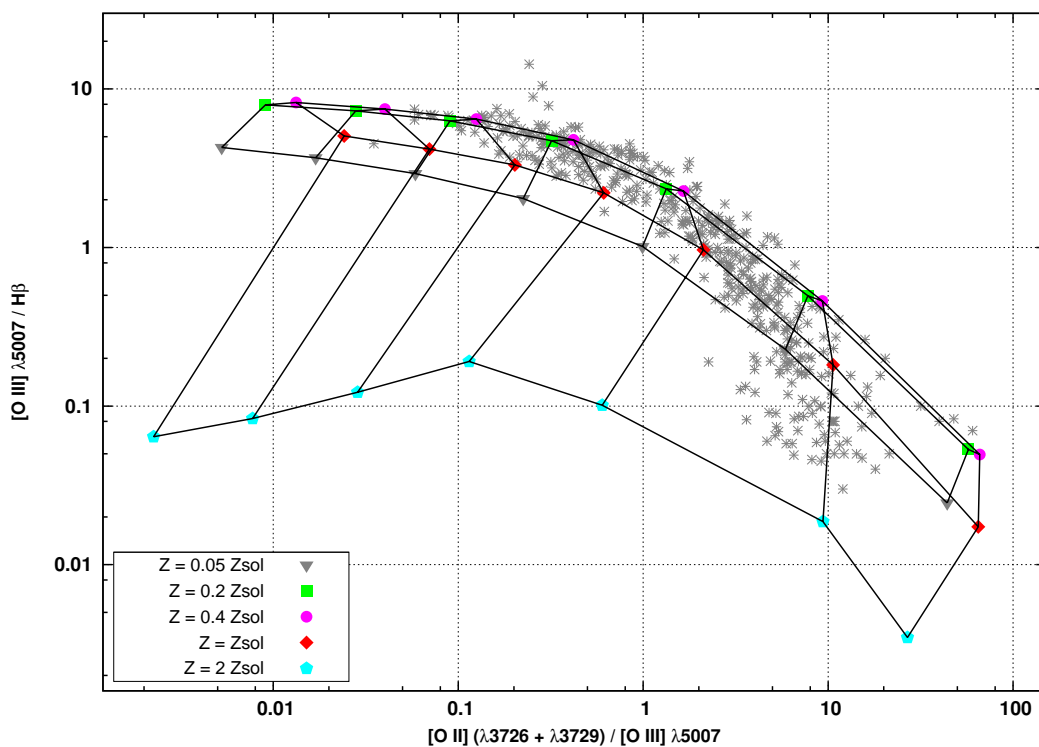


Figura 5.69: Grade teórica para  $[O III]/H\beta$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

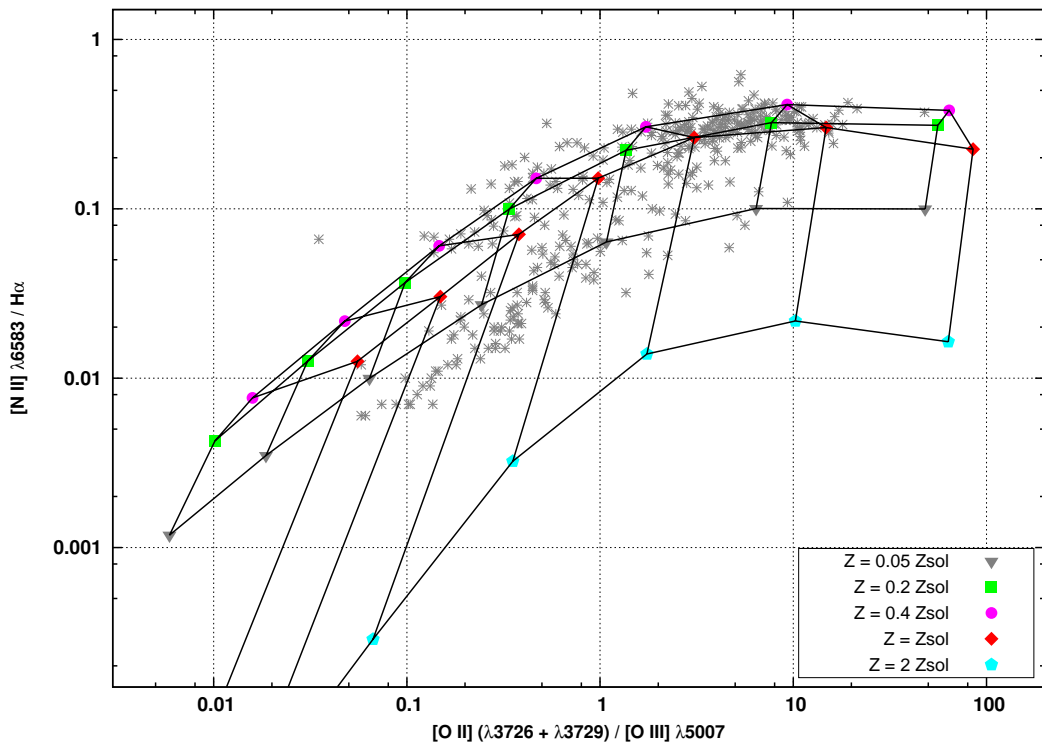


Figura 5.70: Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 60 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

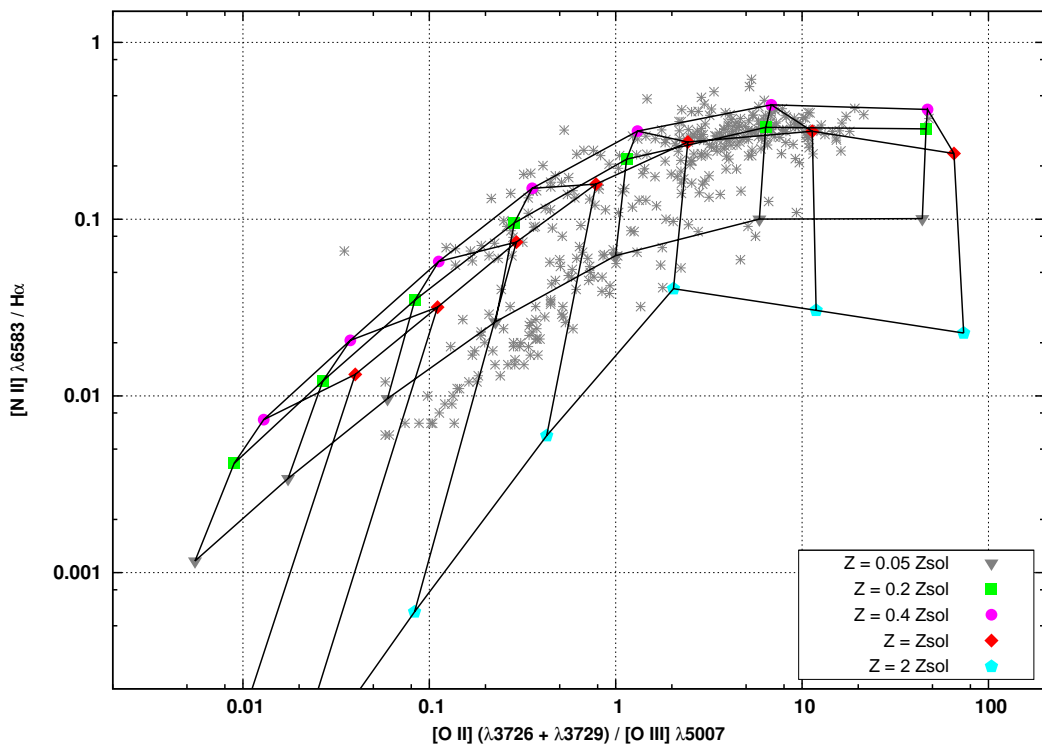
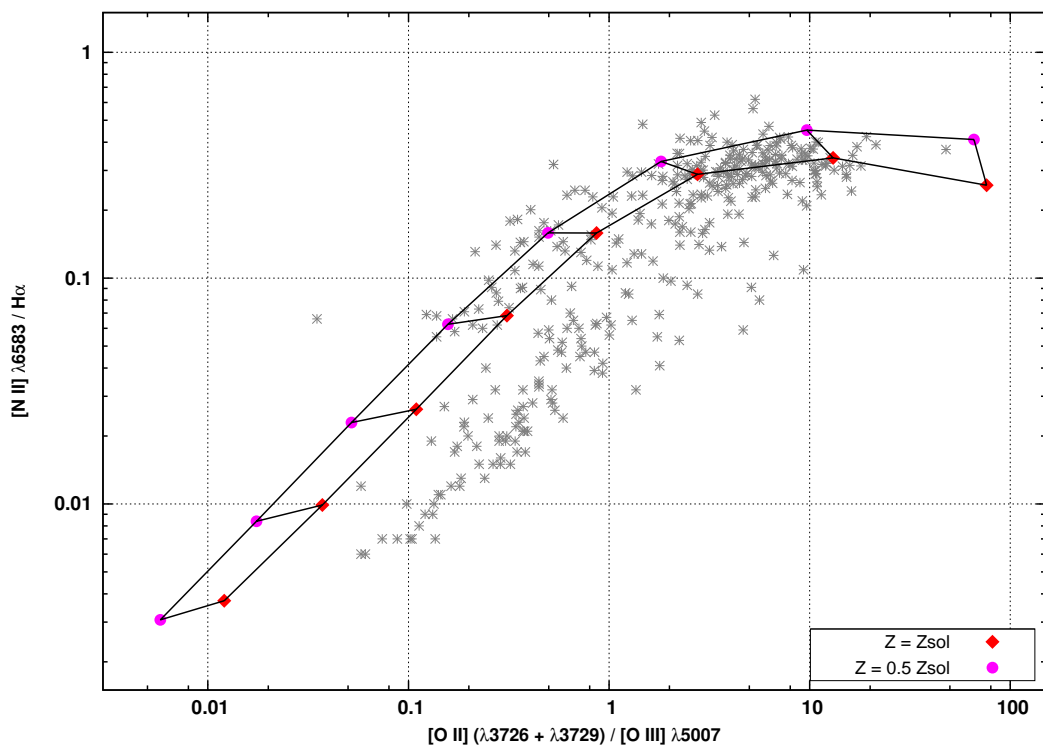
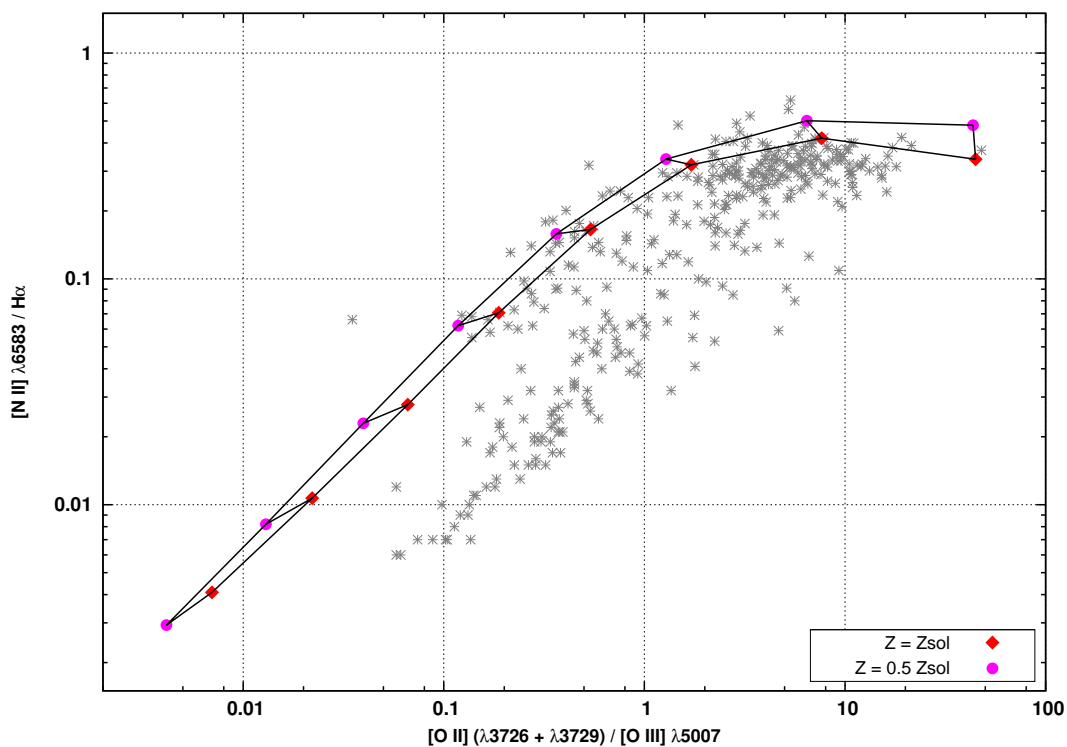


Figura 5.71: Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 120 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

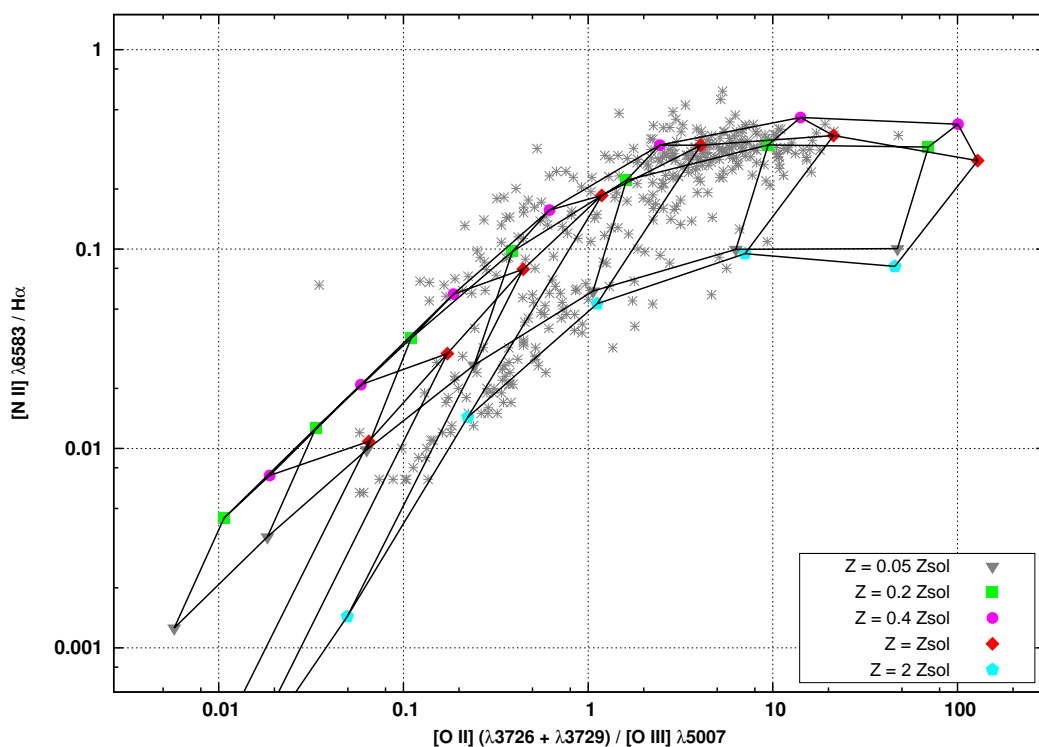




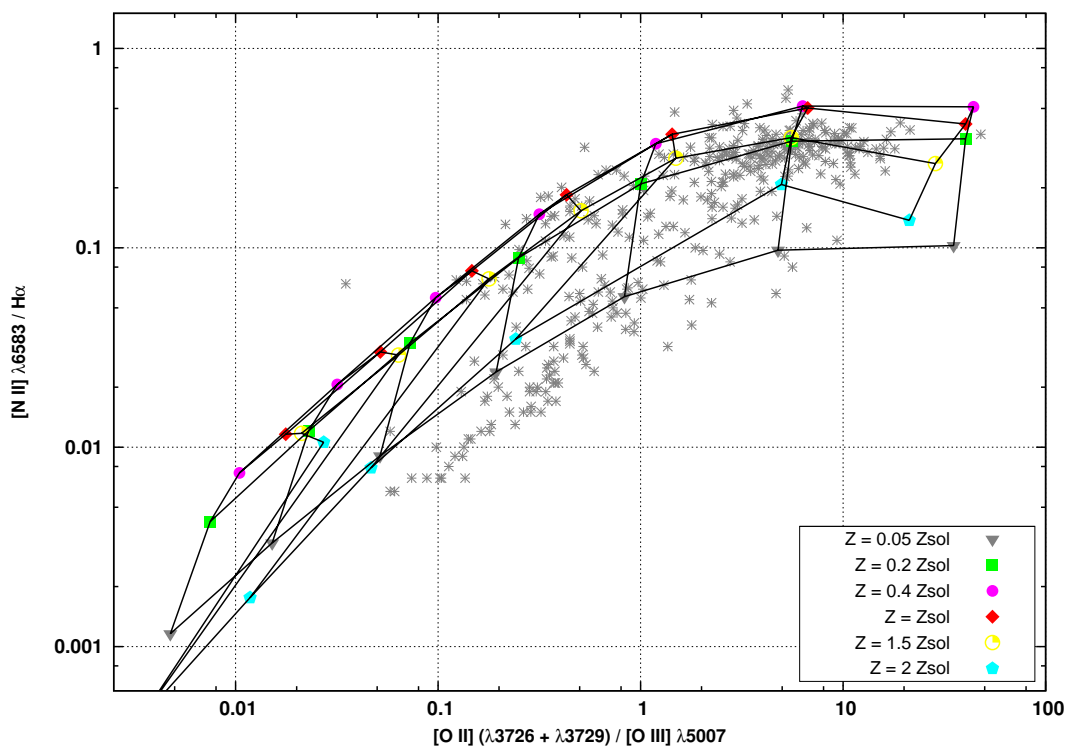
**Figura 5.72:** Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



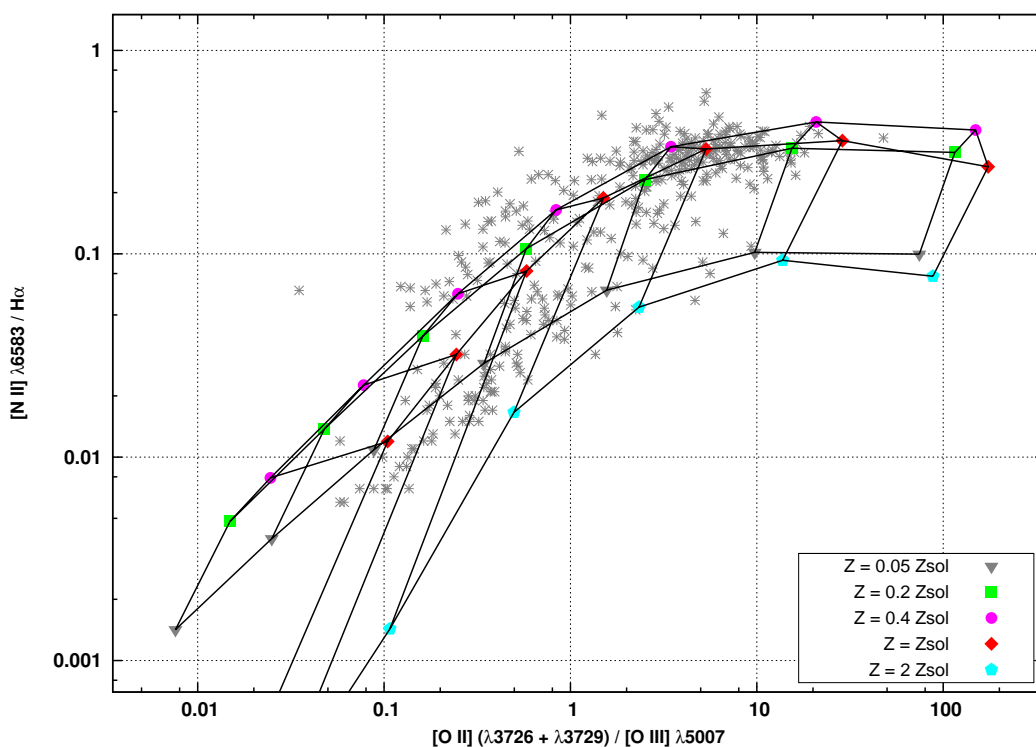
**Figura 5.73:** Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



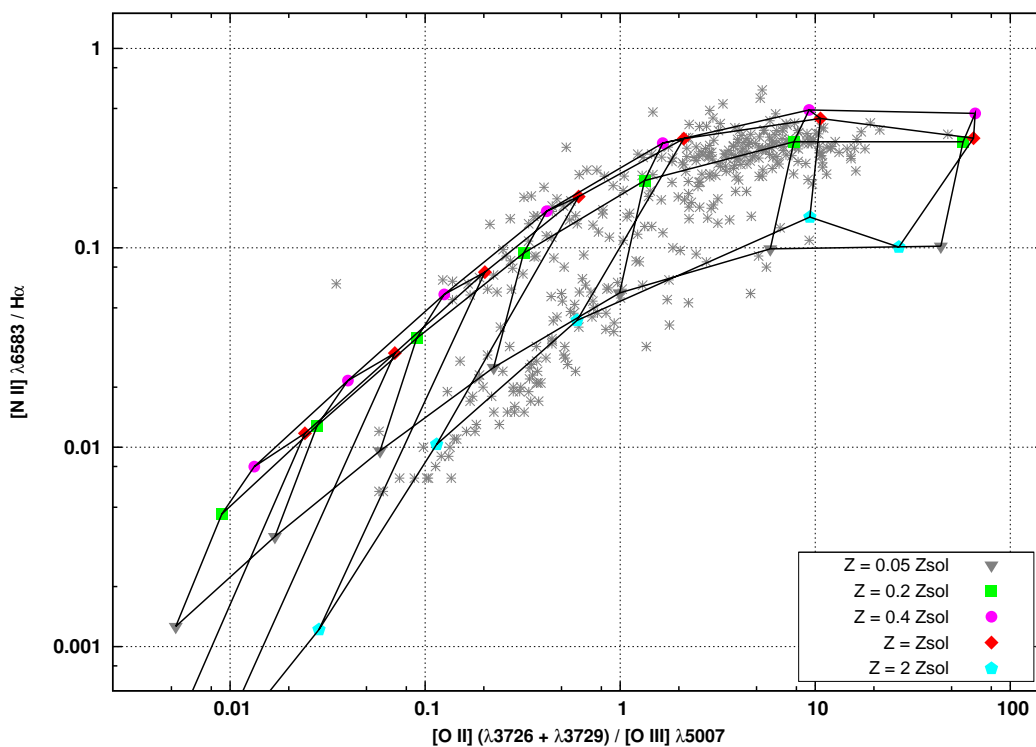
**Figura 5.74:** Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



**Figura 5.75:** Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



**Figura 5.76:** Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.



**Figura 5.77:** Grade teórica para  $[NII]/H\alpha$  versus  $[OII]/[OIII]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

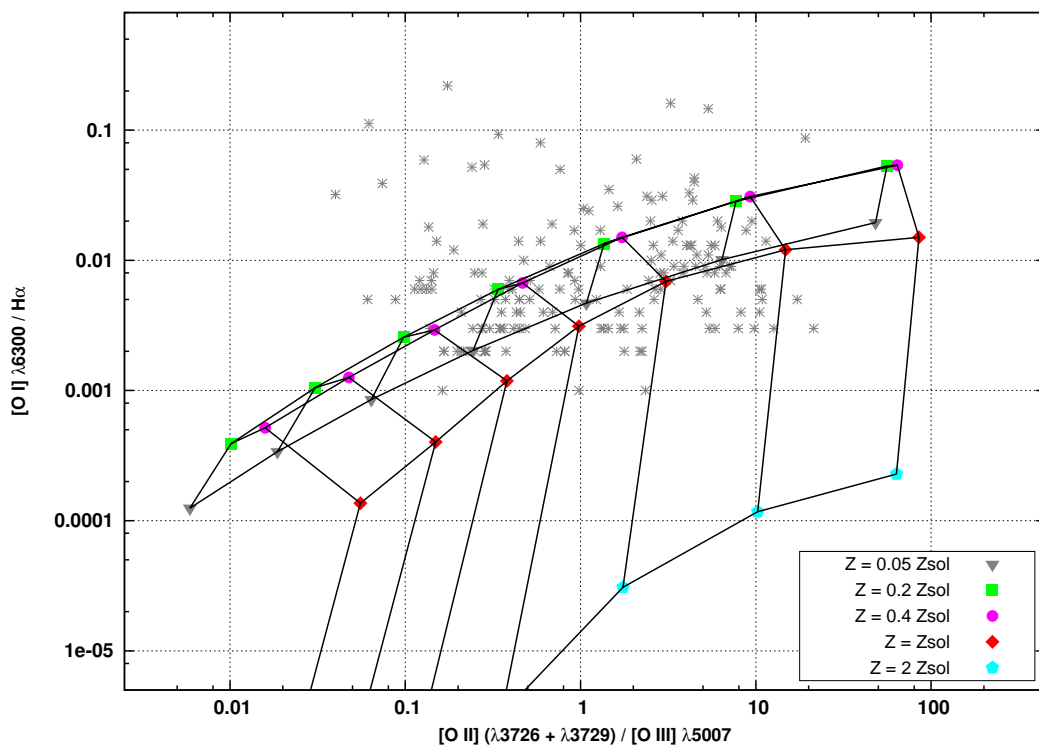


Figura 5.78: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 60 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

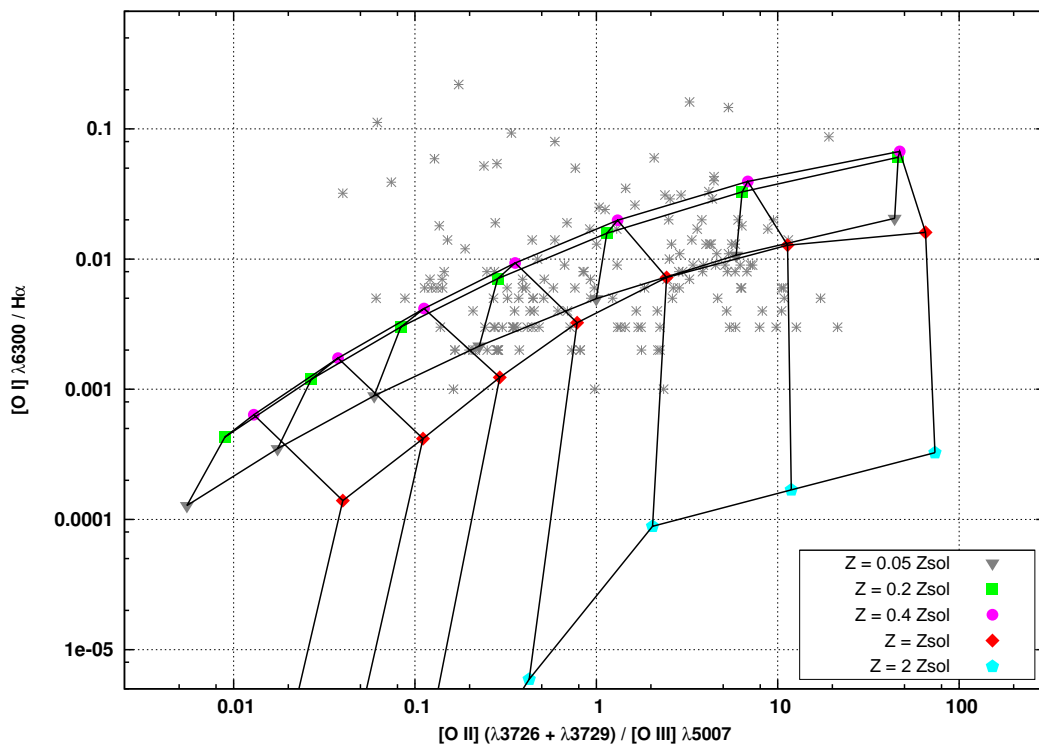


Figura 5.79: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 120 M_{\odot}$ . Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

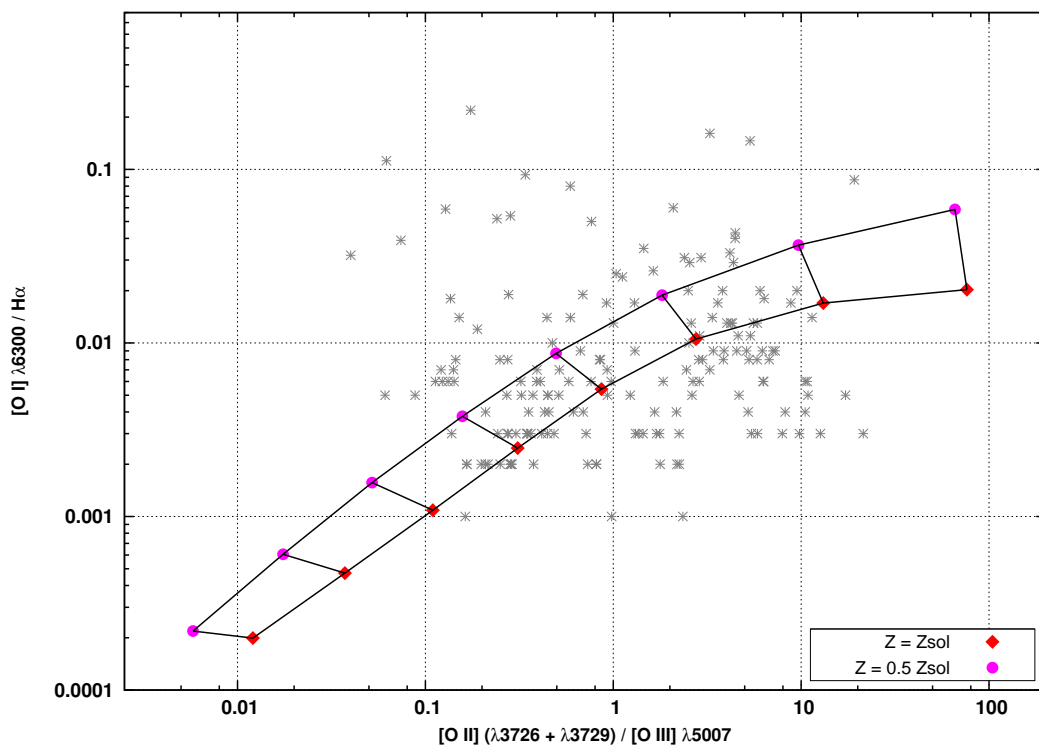


Figura 5.80: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

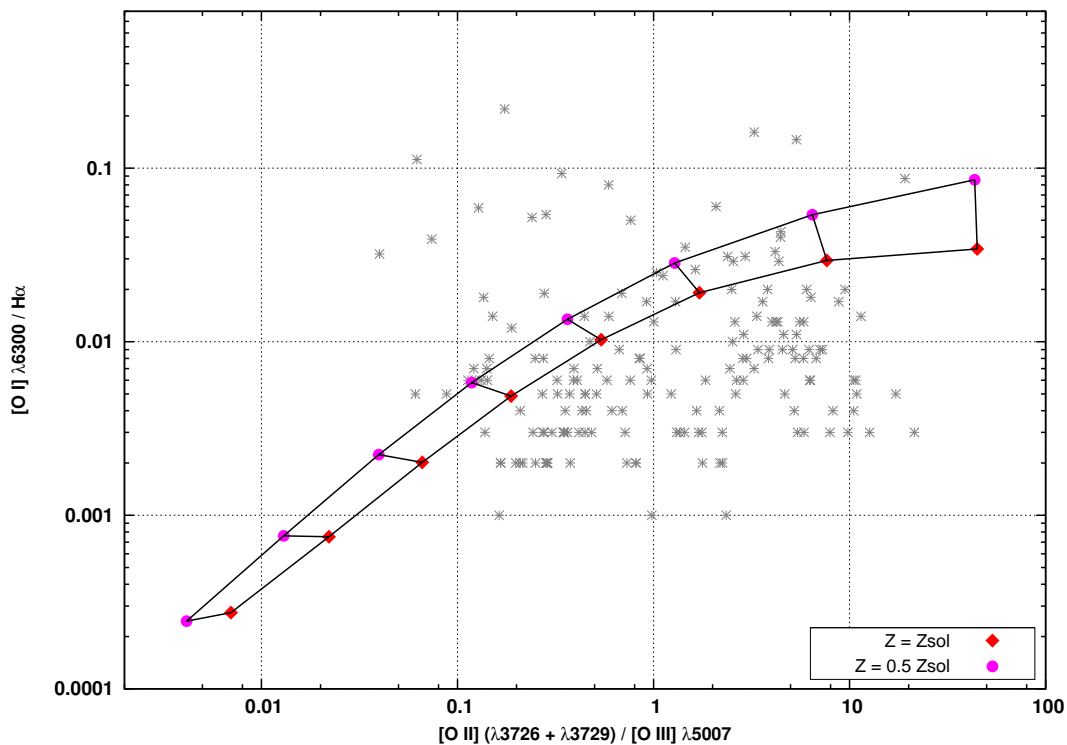


Figura 5.81: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do WMBASIC com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

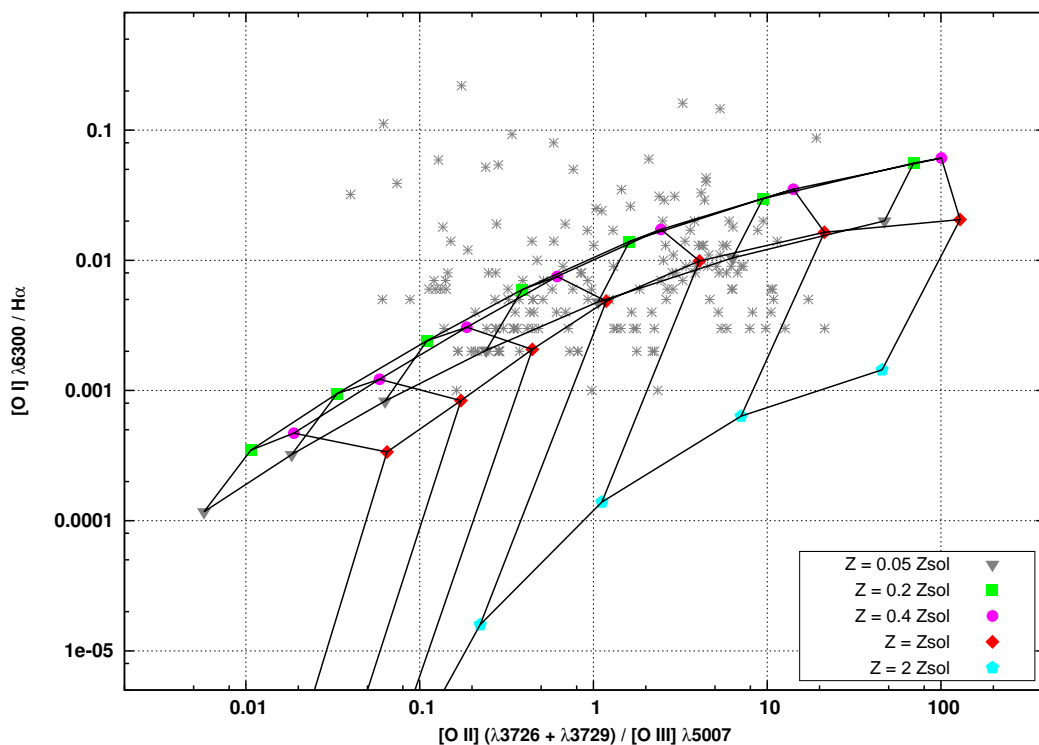


Figura 5.82: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

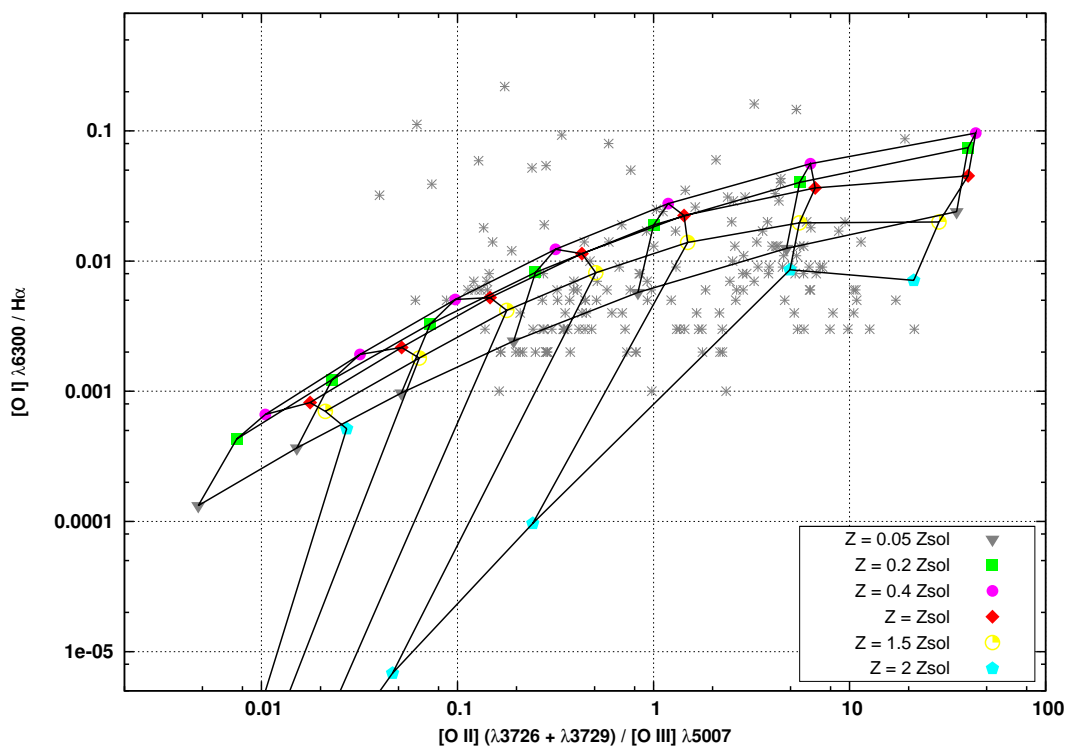


Figura 5.83: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

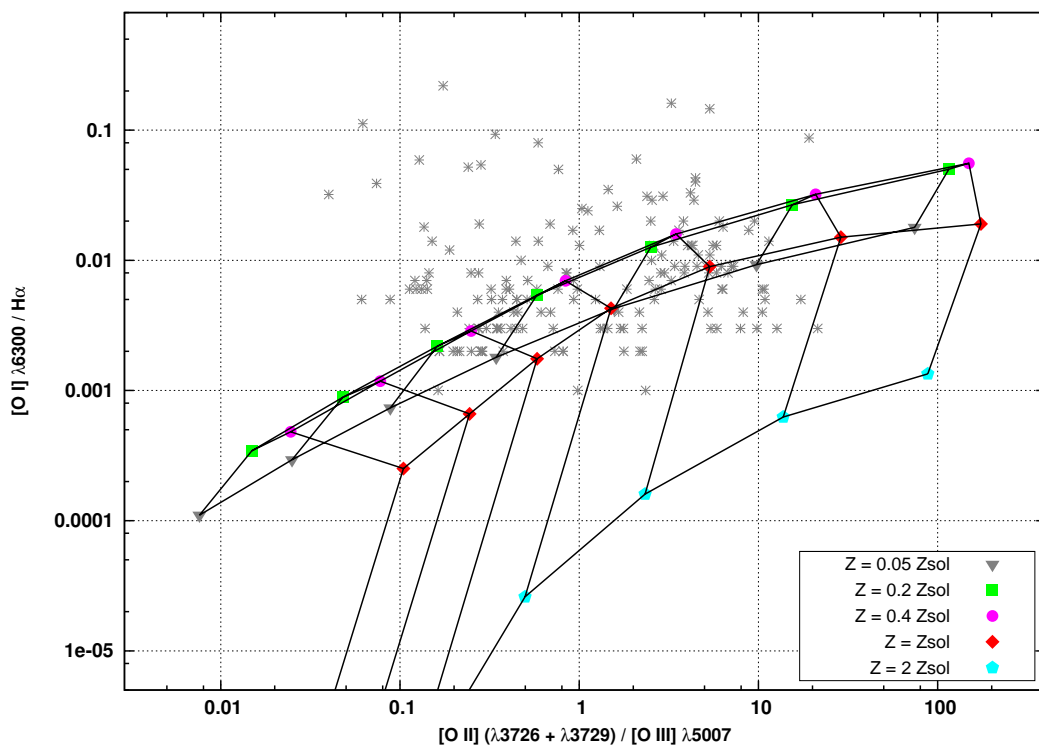


Figura 5.84: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

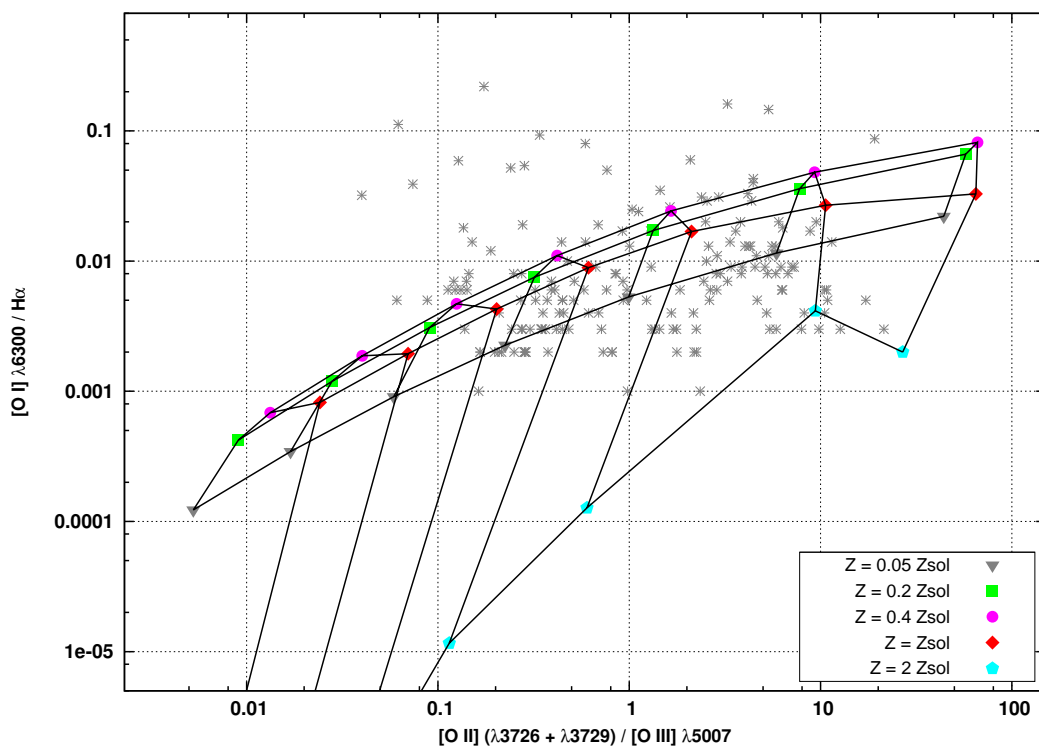


Figura 5.85: Grade teórica para  $[O I]/H\alpha$  versus  $[O II]/[O III]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K. Parâmetro de ionização como na figura 5.30.

## 5.4 Discussão dos resultados

### 5.4.1 Dados observacionais *versus* grades teóricas

Consideramos em nosso estudo modelos de contínuos ionizantes tanto de estrela única como de aglomerados. Objetos como a Nebulosa de Órion (M42) são ionizados principalmente por uma única estrela. Entretanto, regiões HII extragalácticas são ionizadas por aglomerados de estrelas. Regiões HII como Órion estão presentes em outras galáxias mas são, provavelmente, muito fracas para que possam ser bem estudadas. Dors & Copetti (2005) compararam razões de linhas observadas e preditas por modelos baseados em distribuições espectrais de energia de estrela única e de um aglomerado para NGC 5461 e mostraram haver pouca diferença entre elas. Tal fato também é verificado em nossas grades teóricas.

Ao analisarmos as grades teóricas que possuem mesmos modelos para o contínuo ionizante mas que diferem no limite superior de massa ou na temperatura efetiva, verificamos que a diferença mais evidente entre elas está nos valores para a razão  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ , sendo esta maior para temperaturas efetivas mais altas. Isto ocorre porque  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$  é, principalmente, um indicador do nível médio de ionização e da temperatura. Já a razão  $[\text{OII}]/[\text{OIII}]$ , em um dado valor do parâmetro de ionização, é mais baixa para temperaturas efetivas estelares mais altas como resultado do aumento da ionização do  $\text{O}^+$  para  $\text{O}^{2+}$ . Já comparando os modelos obtidos utilizando contínuos ionizantes de estrela única, observamos pouca diferença nos resultados obtidos.

Em todos os diagramas de diagnóstico observa-se um limite superior para as razões de linhas. Nas grades teóricas fica evidente a existência de uma “dobra” devido às abundâncias. Objetos que possuem abundâncias dentro de uma ampla faixa de valores localizam-se em uma mesma região destes diagramas. Isto explica porque, em sua maioria, as regiões HII estão em uma faixa tão estreita. De uma forma geral, os modelos com  $M = 120 M_{\odot}$  e  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K foram os que melhor descreveram estes limites superiores observados.

Houve boa correspondência entre os dados e os modelos para maior parte dos diagramas. No entanto, nos diagramas  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$  (figuras 5.38 a 5.45) e  $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$  *versus*  $[\text{OII}]/[\text{OIII}]$  (figuras 5.78 a 5.85) é visível que o valor da razão  $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$  é subestimado pelos modelos. Tal fato, também verificado por Dopita *et al.* (2000) e por outros autores, pode estar relacionado à energia liberada para o gás por ventos estelares e supernovas (Stasińska & Leitherer, 1996). Igualmente, é importante lembrar que  $\lambda 6300$  é uma linha bastante fraca cujos valores de intensidades determinados podem não ser tão precisos.

Já nos diagramas  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$  *versus*  $[\text{OII}]/\text{H}\beta$  (figuras 5.46 a 5.53) verifica-se uma disparidade entre os dados e os modelos. Tresse *et al.* (1996) atribuiu tal diferença à correção por avermelhamento (que move os dados para direita) e à absorção interestelar



(que move os dados para baixo e para a esquerda). Segundo ele, o efeito dominante varia para cada objeto, tornando este diagrama útil quando a absorção interestelar pode ser determinada.

### 5.4.2 Metalicidade e parâmetro de ionização

Os diagramas anteriores são úteis como forma de classificação de objetos segundo seu mecanismo de excitação. No entanto, com eles não conseguimos separar a metalicidade do parâmetro de ionização. Existem na literatura diversos diagramas que nos fornecem essa separação. Estes são baseados em razões de linhas de emissão usadas para determinar ou as abundâncias, ou o parâmetro de ionização. Diagramas  $[\text{NII}]/[\text{OII}]$  versus  $[\text{OIII}]/[\text{OII}]$  foram construídos (figuras 5.86 a 5.91), distinguindo objetos pertencentes à mesma galáxia. Dopita *et al.* (2000) mostraram que este diagrama fornece a melhor separação, por considerarem  $[\text{NII}]/[\text{OII}]$  e  $[\text{OIII}]/[\text{OII}]$  as melhores razões para estimativa da abundância e do parâmetro de ionização, respectivamente. Os modelos teóricos utilizados são os mesmos apresentados anteriormente.

Ao observarmos as grades de modelos, verificamos que  $[\text{OIII}]/[\text{OII}]$  também é bastante sensível à abundância, assim como  $[\text{NII}]/[\text{OII}]$  também é sensível ao parâmetro de ionização. Em modelos com  $M = 60 M_{\odot}$  e com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K, a dependência de  $[\text{NII}]/[\text{OII}]$  com relação ao parâmetro de ionização é ainda mais evidente.

Visando facilitar a análise destes diagramas, construímos a tabela 5.2. Nela são apresentados os valores inferiores e superiores das abundâncias de oxigênio para cada uma das galáxias consideradas. Selecionamos apenas abundâncias determinadas via linhas excitadas colisionalmente. Além disso, os trabalhos dos quais os valores das abundâncias foram retirados são a mesma fonte das razões de linhas presentes nos diagramas.

Comparando-se os valores da tabela com as grades de modelos verificamos algumas discrepâncias. Estas são mais evidentes principalmente para objetos com metalicidades menores que a solar. Não houve correspondência entre os valores de metalicidade da tabela 5.2 e dos modelos. Apesar destes modelos terem descrito bem os dados observados nos diagramas de diagnóstico, isso não ocorreu quando consideramos as abundâncias.

**Tabela 5.2:** Abundâncias de oxigênio das galáxias presentes nos diagramas  $[\text{NII}]/[\text{OII}]$  versus  $[\text{OIII}]/[\text{OII}]$  retiradas da literatura e determinadas via linhas excitadas colisionalmente.

Galáxia	$12 + \log(\text{O}/\text{H})$	$Z/Z_{\odot}^*$	Referência
Via Láctea	8.20 – 8.99	0.32 – 1.99	Kennicutt <i>et al.</i> (2000)
LMC	8.33 – 8.60	0.44 – 0.81	Peimbert (2003), Kennicutt <i>et al.</i> (2000)
SMC	8.11 – 8.22	0.26 – 0.34	Kennicutt <i>et al.</i> (2000), Tsamis <i>et al.</i> (2003)
M 51	8.40 – 8.84	0.51 – 1.41	Bresolin <i>et al.</i> (2004)
M 101	8.52 – 8.74	0.68 – 1.12	Bresolin (2007)
NGC 300	8.25 – 8.66	0.36 – 0.93	Pagel <i>et al.</i> (1979)
NGC 0628	8.07 – 8.92	0.24 – 1.70	Ferguson <i>et al.</i> (1998)
NGC 1058	7.95 – 8.96	0.18 – 1.86	Ferguson <i>et al.</i> (1998)
NGC 1232	7.43 – 8.90	0.05 – 1.62	Bresolin <i>et al.</i> (2005)
NGC 1365	8.33 – 8.71	0.44 – 1.05	Bresolin <i>et al.</i> (2005)
NGC 2903	7.70	0.10	Bresolin <i>et al.</i> (2005)
NGC 2997	8.04 – 8.92	0.22 – 1.70	Bresolin <i>et al.</i> (2005)
NGC 3109	7.66 – 7.88	0.09 – 0.15	Peña <i>et al.</i> (2007)
NGC 4258	8.39 – 8.65	0.50 – 0.91	Díaz <i>et al.</i> (2000)
NGC 5236	7.76 – 8.94	0.12 – 1.78	Bresolin <i>et al.</i> (2005)
NGC 6822	8.01 – 8.08	0.21 – 0.25	Peimbert <i>et al.</i> (2005)
NGC 6946	8.07 – 8.72	0.24 – 1.07	Ferguson <i>et al.</i> (1998)

\*Abundância solar de oxigênio adotada:  $12 + \log(\text{O}/\text{H}) = 8.69$  (Allende Prieto *et al.*, 2001).

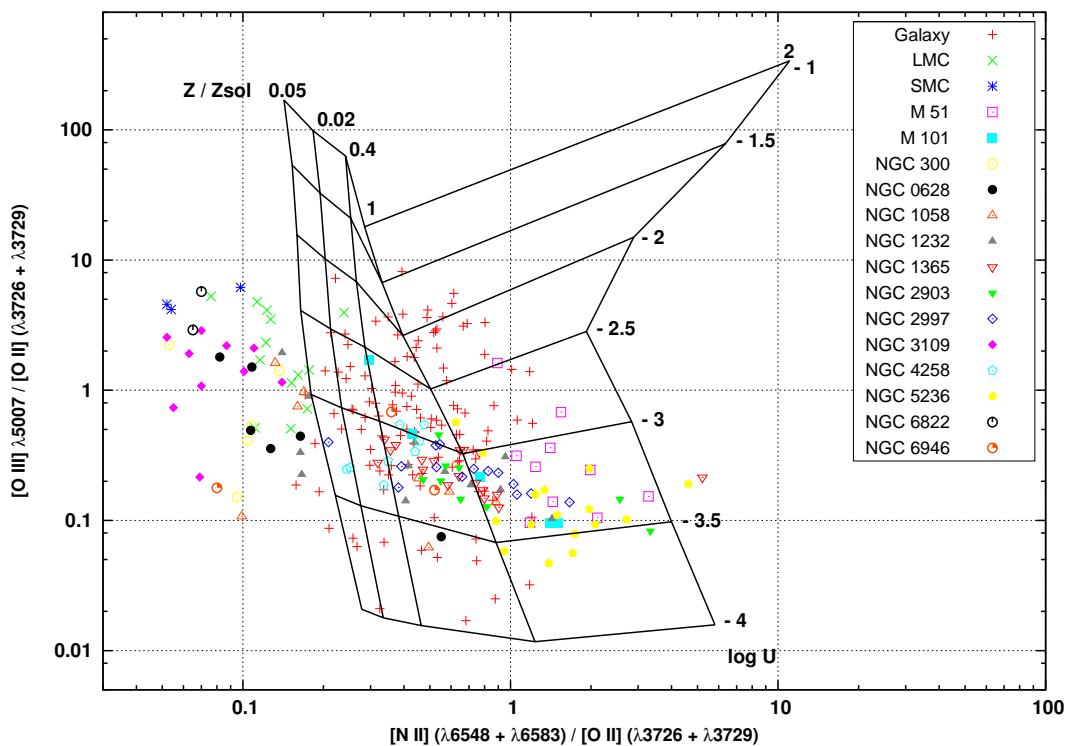


Figura 5.86: Grade teórica para  $[NII]/[OII]$  versus  $[OIII]/[OII]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 60 M_{\odot}$ .

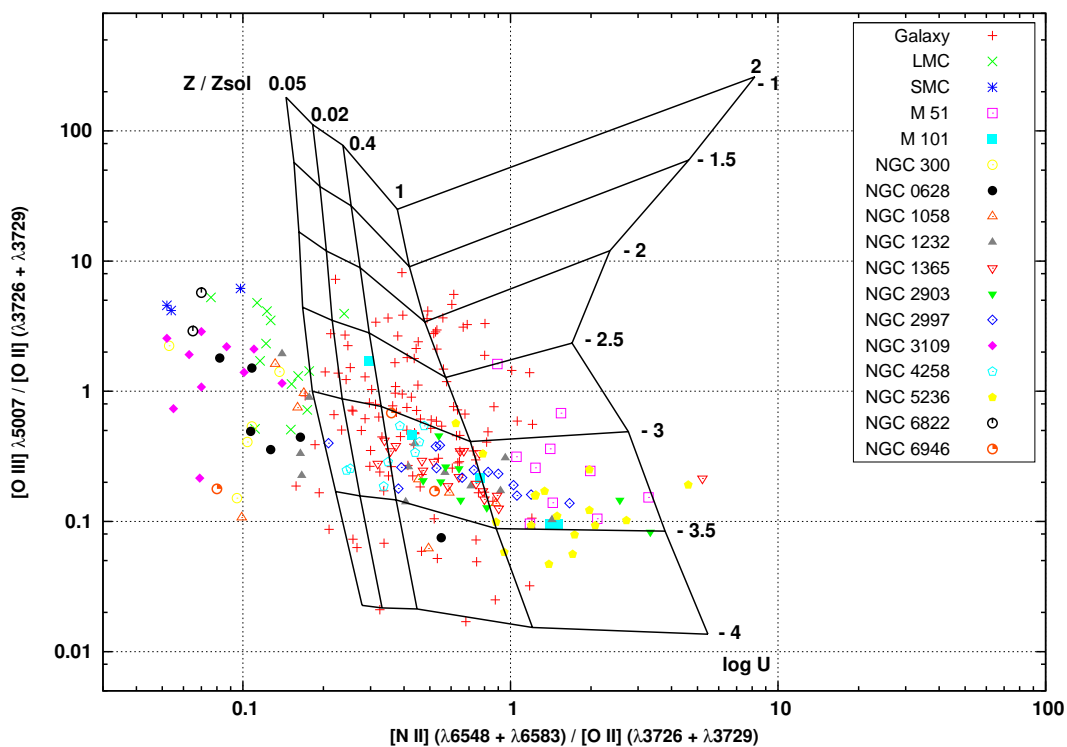


Figura 5.87: Grade teórica para  $[NII]/[OII]$  versus  $[OIII]/[OII]$  utilizando distribuição espectral de energia do STARBURST99 com  $M = 120 M_{\odot}$ .

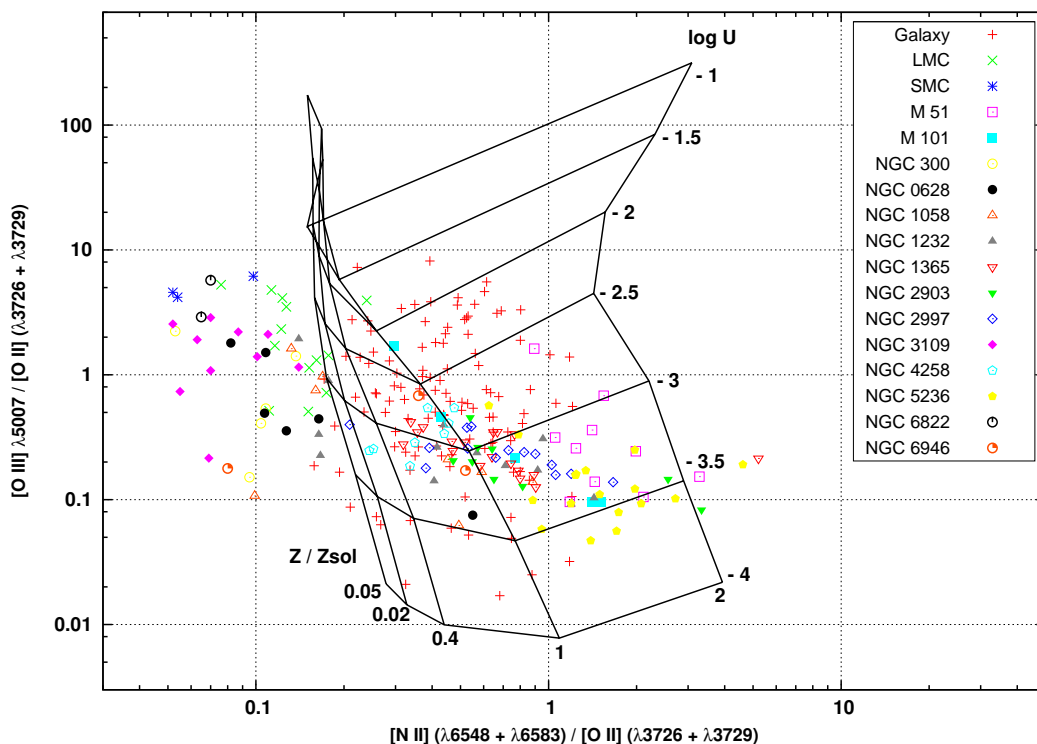


Figura 5.88: Grade teórica para  $[NII]/[OII]$  versus  $[OIII]/[OII]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K.

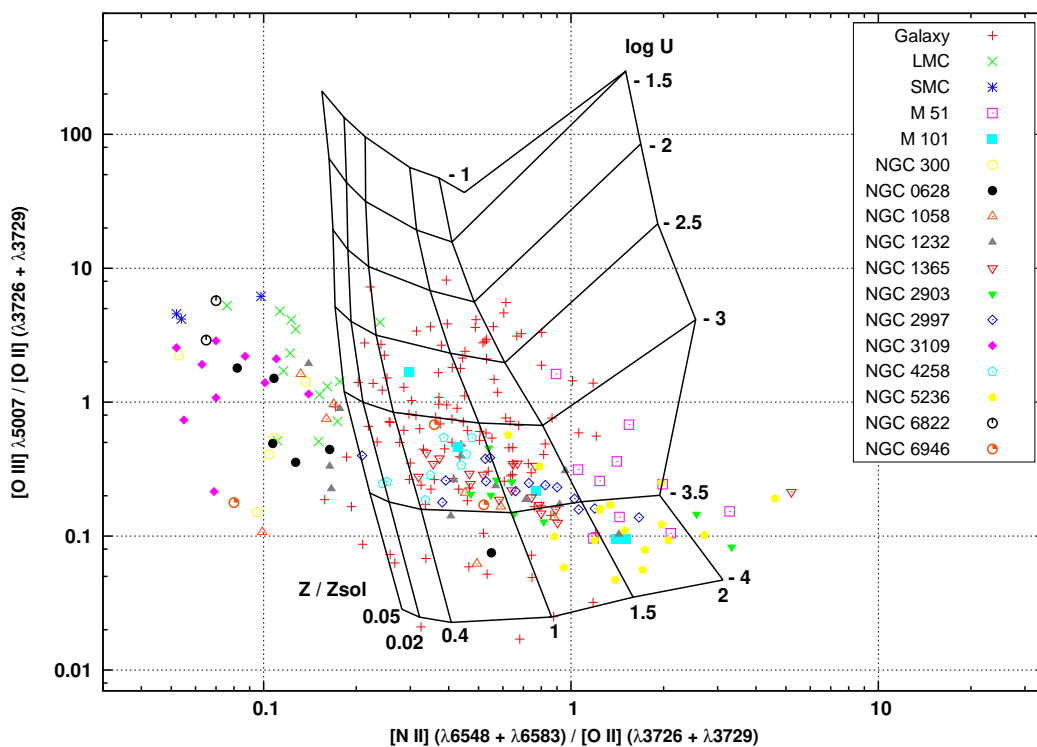


Figura 5.89: Grade teórica para  $[NII]/[OII]$  versus  $[OIII]/[OII]$  utilizando distribuição espectral de energia do TLUSTY com  $T_{\text{eff}} = 52\,500$  K.

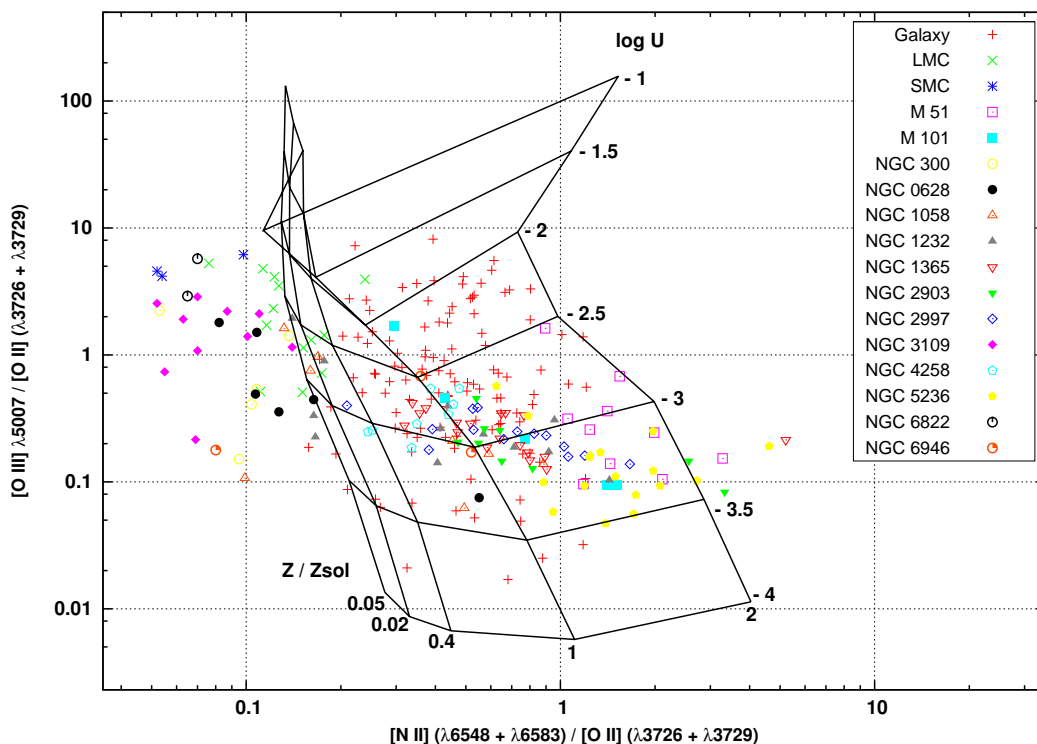


Figura 5.90: Grade teórica para  $[NII]/[OII]$  versus  $[OIII]/[OII]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 44\,500$  K.

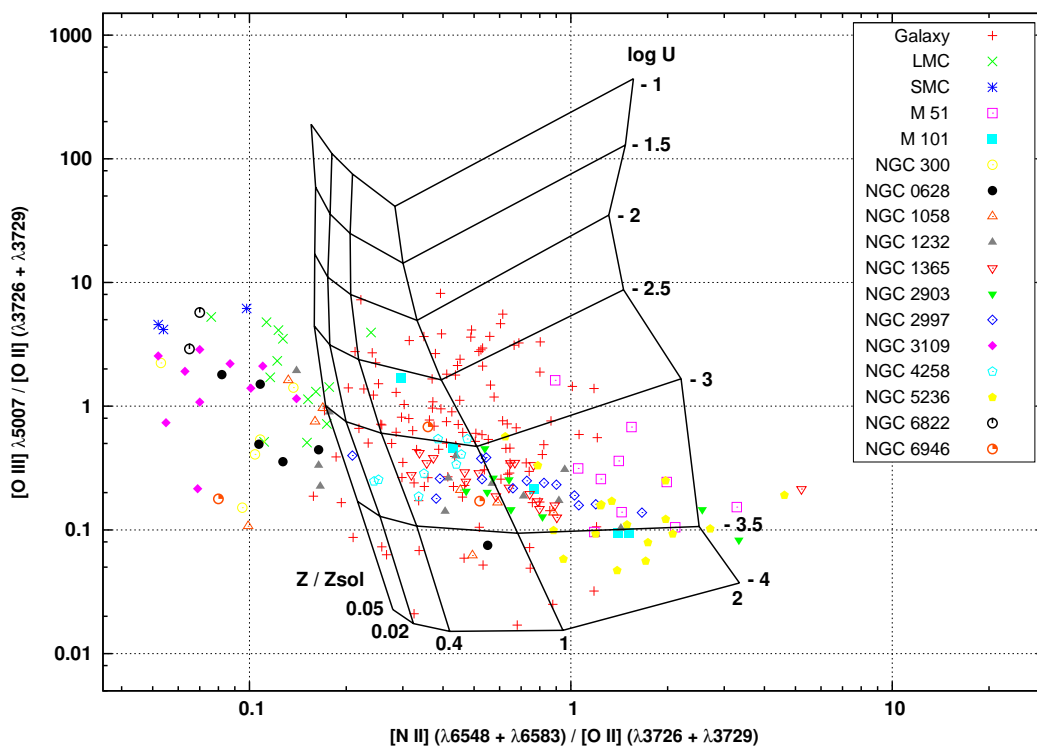


Figura 5.91: Grade teórica para  $[NII]/[OII]$  versus  $[OIII]/[OII]$  utilizando distribuição espectral de energia do ATLAS ODFNEW com  $T_{\text{eff}} = 50\,000$  K.

# Capítulo 6

## Conclusões

Neste trabalho, apresentamos um catálogo de intensidades de linhas de emissão de regiões HII. Possuímos um extensivo banco de dados. Catalogamos dados de 102 artigos e totalizamos, assim, aproximadamente 36 000 intensidades de linhas de emissão. Construimos uma tabela com todas as linhas de emissão presentes no catálogo, com suas respectivas probabilidades de transição e configurações ou termos.

Apesar desses números serem consideráveis, ainda há publicações que não foram catalogadas, principalmente de regiões HII extragalácticas. Estimamos, no entanto, que todas as principais publicações com tais medidas de regiões HII de nossa galáxia já façam parte do nosso banco de dados até o ano 2007. Este catálogo, em sua versão final, terá seu formato baseado no de Kaler *et al.* (1997) para nebulosas planetárias e será disponibilizado *on-line*.

As principais conclusões dos estudos realizados neste trabalho são:

- Avaliamos o valor das razões [OIII]  $\lambda 5007/\lambda 4959$  e [NII]  $\lambda 6583/\lambda 6548$  a partir dos dados de regiões HII do catálogo. Os resultados foram obtidos a partir de regressões lineares para os diagramas  $\lambda 4959/\text{H}\beta$  *versus*  $\lambda 5007/\text{H}\beta$  e  $\lambda 6548/\text{H}\beta$  *versus*  $\lambda 6583/\text{H}\beta$ . Os valores obtidos estão de acordo com os teóricos mais recentes propostos por Storey & Zeippen (2000);
- Uma análise com relação à densidade eletrônica foi realizada com o diagrama  $\lambda 6717/\text{H}\beta$  *versus*  $\lambda 6731/\text{H}\beta$ , juntamente com os limites de saturação para baixas e altas densidades para o duplete [SII]  $\lambda 6717/\lambda 6731$ . Verificamos que grande parte das regiões HII presentes em nosso catálogo possuem densidade eletrônica igual a algumas centenas de partículas por  $\text{cm}^{-3}$ ;
- Realizamos um estudo comparativo entre os sensores de temperatura eletrônica [S III], [O III], [N II], [O II] e [S II]. Para tanto, além de regiões HII, incluímos dados de galáxias HII e de nebulosas planetárias. Com o auxílio de curvas teóricas, mostramos que não existe uma única relação entre as temperaturas de diferentes zonas de

ionização, ao contrário do que têm sido proposto pela maior parte dos trabalhos presentes na literatura;

- Construímos sete diagramas de diagnóstico:  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$  versus  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ ,  $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$  versus  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ ,  $[\text{OII}]/\text{H}\beta$  versus  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ ,  $[\text{SII}]/\text{H}\alpha$  versus  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ ,  $[\text{OII}]/[\text{OIII}]$  versus  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ ,  $[\text{OII}]/[\text{OIII}]$  versus  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$  e  $[\text{OII}]/[\text{OIII}]$  versus  $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ . Estes diferenciaram-se dos já existentes na literatura, principalmente, por distinguirem dados de diferentes galáxias e por distinguirem diferentes objetos Galácticos;
- Visando compreender os resultados apresentados nos diagramas, obtivemos grades de modelos de fotoionização utilizando o código *Cloudy* e distribuições espectrais de energia de aglomerado estelar (STARBURST99) e de estrela única (TLUSTY, ATLAS ODFNEW e WMBASIC). Para tanto, variamos o parâmetro de ionização ( $-4 < \log U < -1$ ) e a metalicidade ( $0.05 < Z/Z_{\odot} < 2$ ). Verificamos que a seqüência das regiões HII foi reproduzida consideravelmente bem por nossos modelos;
- E, por último, com o objetivo de obter uma melhor separação entre os valores do parâmetro de ionização e da metalicidade, construímos o diagrama  $[\text{NII}]/[\text{OII}]$  versus  $[\text{OIII}]/[\text{OII}]$ . Distinguimos neste os dados de regiões HII de diferentes galáxias e extraímos da literatura as metalicidades destas. Com o auxílio dos modelos utilizados anteriormente nos diagramas de diagnóstico, verificamos haver grandes diferenças entre as abundâncias obtidas via linhas excitadas colisionalmente e aquelas obtidas pelos modelos.

Com isso, mostramos algumas aplicações para o nosso banco de dados de regiões HII. Estes estudos podem ser aprimorados com a variação de outros parâmetros ou a inclusão de dados de outros tipos de objetos como remanescentes de supernovas, por exemplo. Além disso, outros estudos ainda podem ser realizados. No entanto, estes serão desenvolvidos em trabalhos futuros.

# Referências Bibliográficas

Afflerbach, A.; Churchwell, E.; Werner, M. W. Galactic Abundance Gradients from Infrared Fine-Structure Lines in Compact H II Regions. **Astrophysical Journal**, v. 478, p. 190, mar. 1997.

Allende Prieto, C.; Lambert, D. L.; Asplund, M. The Forbidden Abundance of Oxygen in the Sun. **Astrophysical Journal**, v. 556, p. L63–L66, jul. 2001.

Aller, L. H. The Spectra of the Emission Nebulosities in Messier 33. **Astrophysical Journal**, v. 95, p. 52, jan. 1942.

Aller, L. H. et al. Chemical Composition of Nebulosities in the Magellanic Clouds. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 71, p. 4496–4499, 1974.

Aller, L. H.; Czyzak, S. J.; Walker, M. F. Spectrophotometric Studies of Gaseous Nebulae. IX. The Diffuse Nebula, NGC 604, in the Triangulum Galaxy, M33. **Astrophysical Journal**, v. 151, p. 491, fev. 1968.

Aller, L. H.; Faulkner, D. J. The Helium to Hydrogen Ratio in the Small Magellanic Cloud. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 74, p. 219, jun. 1962.

Aller, L. H.; Hyung, S. The nebular spectrum of BD+303639, 0.36–1.05  $\mu\text{m}$ . **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 276, p. 1101–1108, out. 1995.

Aller, L. H.; Hyung, S.; Feibelman, W. A. The Spectrum of the Planetary Nebula NGC 6790. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 108, p. 488, jun. 1996.

Aller, L. H.; Liller, W. Photoelectric Spectrophotometry of Gaseous Nebulae. I. The Orion Nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 130, p. 45, jul. 1959.

Aller, L. H.; Walker, M. F. The Spectra of Thirty-Three Gaseous Nebulae in the Yellow-Green Region Obtained with an Electronic Camera. **Astrophysical Journal**, v. 161, p. 917, set. 1970.



- Baldwin, J. A.; Phillips, M. M.; Terlevich, R. Classification parameters for the emission-line spectra of extragalactic objects. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 93, p. 5–19, fev. 1981.
- Baldwin, J. A. et al. High-Resolution Spectroscopy of Faint Emission Lines in the Orion Nebula. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 129, p. 229–246, jul. 2000.
- Benvenuti, P.; D’Odorico, S.; Peimbert, M. H II Regions near the Nucleus of M 33. **Astronomy and Astrophysics**, v. 28, p. 447, nov. 1973.
- Bevington, P. R.; Robinson, D. K. *Data reduction and error analysis for the physical sciences*. 2nd. ed. New York: The McGraw-Hill Companies, 1992.
- Bohuski, T. J.; Dufour, R. J.; Osterbrock, D. E. Nebular photometry with an echelle spectrometer: [O III] line ratios in NGC 176 and NGC 6853. **Astrophysical Journal**, v. 188, p. 529–532, mar. 1974.
- Bowen, I. S. Wave Lengths of Forbidden Nebular Lines. II. **Astrophysical Journal**, v. 132, p. 1, jul. 1960.
- Bresolin, F. The Oxygen Abundance in the Inner H II Regions of M101: Implications for the Calibration of Strong-Line Metallicity Indicators. **Astrophysical Journal**, v. 656, p. 186–197, fev. 2007.
- Bresolin, F.; Garnett, D. R.; Kennicutt JR., R. C. Abundances of Metal-rich H II Regions in M51. **Astrophysical Journal**, v. 615, p. 228–241, nov. 2004.
- Bresolin, F.; Kennicutt JR., R. C. Optical Spectroscopy of Metal-rich H II Regions and Circumnuclear Hot Spots in M83 and NGC 3351. **Astrophysical Journal**, v. 572, p. 838–860, jun. 2002.
- Bresolin, F. et al. A VLT study of metal-rich extragalactic H II regions. I. Observations and empirical abundances. **Astronomy and Astrophysics**, v. 441, p. 981–997, out. 2005.
- Campbell, A.; Terlevich, R.; Melnick, J. The stellar populations and evolution of H II galaxies. I - High signal-to-noise optical spectroscopy. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 223, p. 811–825, dez. 1986.
- Caplan, J. et al. Oxygen and helium abundances in Galactic H II regions - I. Observations. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 311, p. 317–328, 2000.

- Castelli, F.; Kurucz, R. L. New Grids of ATLAS9 Model Atmospheres. *ArXiv Astrophysics e-prints*, maio 2004.
- Chopinnet, M.; Deharveng-Baudel, L.; Lortet-Zuckermann, M. C. Interaction of Hot Stars and of the Interstellar Medium. V. The Compact Optical Regions Sharpless 255, 257 and 269. **Astronomy and Astrophysics**, v. 30, p. 233, jan. 1974.
- Comte, G.; Monnet, G. Physical Studies of Emission Regions in M 33. **Astronomy and Astrophysics**, v. 33, p. 161, jul. 1974.
- Copetti, M. V. F. et al. A study of the neglected Galactic H II region NGC 2579 and its companion ESO 370-9. **Astronomy and Astrophysics**, v. 472, p. 847–854, set. 2007.
- Danks, A. C. Observations of the [S II] Doublet 6717 Å, 6731 Å in Orion. **Astronomy and Astrophysics**, v. 9, p. 175, dez. 1970.
- Danziger, I. J. Helium in southern H II regions. **Astrophysical Journal**, v. 193, p. 69–71, out. 1974.
- Davies, L. B.; Ring, J.; Selby, M. J. Electron densities in gaseous nebulae. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 128, p. 399, 1964.
- Deharveng, L. et al. Oxygen and helium abundances in Galactic Hii regions - II. Abundance gradients. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 311, p. 329–345, jan. 2000.
- Díaz, A. I. et al. Chemical abundances and ionizing clusters of H II regions in the LINER galaxy NGC 4258. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 318, p. 462–474, out. 2000.
- Díaz, A. I. et al. Abundance analysis of giant H II regions in M51. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 253, p. 245–255, nov. 1991.
- Dickel, H. R.; Aller, L. H.; Faulkner, D. J. Photoelectric spectrophotometry of emission nebulosities in the Magellanic Clouds. In: Kerr, F. J. (Ed.). *The Galaxy and the Magellanic Clouds*. [S.l.: s.n.], 1964. (**IAU Symposium**, v. 20), p. 294.
- Dimitrijević, M. S. et al. The flux ratio of the [OIII]  $\lambda\lambda$ 5007, 4959 lines in AGN: comparison with theoretical calculations. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 374, p. 1181–1184, jan. 2007.
- Dopita, M. A. A Study of H and [N II] Profiles and Ratios in M8 and M42. **Astronomy and Astrophysics**, v. 17, p. 165, mar. 1972.

- Dopita, M. A. Photoelectric Photometry of Gaseous Nebulae. I. The Temperature and Ionisation Structure of the Orion Nebula. **Astronomy and Astrophysics**, v. 29, p. 387, dez. 1973.
- Dopita, M. A. Photoelectric photometry of gaseous nebulae. II. The temperature and ionization structure of M8 and M20. **Astronomy and Astrophysics**, v. 32, p. 121–126, 1974.
- Dopita, M. A. et al. A Theoretical Recalibration of the Extragalactic H II Region Sequence. **Astrophysical Journal**, v. 542, p. 224–234, out. 2000.
- Doroshenko, V. T. Spectroscopic Study of the Nebula NGC 7635 and the Star BD + 60°2522. **Soviet Astronomy**, v. 16, p. 402, dez. 1972.
- Dors JR., O. L.; Copetti, M. V. F. Abundance gradients in a sample of barred spiral galaxies. **Astronomy and Astrophysics**, v. 437, p. 837–847, jul. 2005.
- Dufour, R. J. The chemical composition of selected H II regions in the Magellanic Clouds. **Astrophysical Journal**, v. 195, p. 315–332, jan. 1975.
- Dufour, R. J.; Mathis, J. S. Photometry of a bright filament in the Orion nebula. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 87, p. 345–348, abr. 1975.
- Esteban, C. et al. Carbon and Oxygen Galactic Gradients: Observational Values from H II Region Recombination Lines. **Astrophysical Journal**, v. 618, p. L95–L98, jan. 2005.
- Esteban, C. et al. A reappraisal of the chemical composition of the Orion nebula based on Very Large Telescope echelle spectrophotometry. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 355, p. 229–247, nov. 2004.
- Esteban, C. et al. Chemical composition of the Orion nebula derived from echelle spectrophotometry. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 295, p. 401, abr. 1998.
- Esteban, C. et al. Faint Emission Lines and Temperature Fluctuations in M8. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 120, p. 113–129, jan. 1999.
- Esteban, C. et al. Optical Recombination Lines of Heavy Elements in Giant Extragalactic H II Regions. **Astrophysical Journal**, v. 581, p. 241–257, dez. 2002.
- Esteban, C. et al. Spatially Resolved Spectroscopy of Wolf-Rayet Ring Nebulae - Part Four - the Fundamental Parameters of the Central Stars. **Astronomy and Astrophysics**, v. 272, p. 299, maio 1993.

- Faulkner, D. J.; Aller, L. H. Photoelectric spectrophotometry of the  $\eta$  Carinae and 30 Doradus nebulae. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 130, p. 393, 1965.
- Fawcett, B. C. Wavelengths and Classification of Emission Lines Due to  $2s^22p^n - 2s2p^{n+1}$  and  $2s2p^n - 2p^{n+1}$  Transitions,  $Z \leq 28$ . **Atomic Data and Nuclear Data Tables**, v. 16, p. 135, 1975.
- Feast, M. W. A study of the 30 Doradus region of the Large Magellanic Cloud. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 122, p. 1, 1961.
- Feibelman, W. A.; Hyung, S.; Aller, L. H. Spectrum of IC 2149 and its central star. **Astrophysical Journal**, v. 426, p. 653–663, maio 1994.
- Feibelman, W. A.; Hyung, S.; Aller, L. H. The spectrum of the planetary nebula IC 351. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 278, p. 625–634, jan. 1996.
- Ferguson, A. M. N.; Gallagher, J. S.; Wyse, R. F. G. The Extreme Outer Regions of Disk Galaxies. I. Chemical Abundances of H II Regions. **Astrophysical Journal**, v. 116, p. 673–690, ago. 1998.
- Ferland, G. J. et al. CLOUDY 90: Numerical Simulation of Plasmas and Their Spectra. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 110, p. 761–778, jul. 1998.
- Fich, M.; Silkey, M. Abundances in H II regions at the edge of the Galaxy. **Astrophysical Journal**, v. 366, p. 107–114, jan. 1991.
- Foukal, P. A Measurement of Electron Temperature in the Orion Nebula from the Intensity Ratio of Forbidden Transitions in S III. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 86, p. 211, abr. 1974.
- Galavis, M. E.; Mendoza, C.; Zeippen, C. J. Atomic data from the IRON Project. X. Effective collision strengths for infrared transitions in silicon- and sulphur-like ions. **Astronomy and Astrophysics Supplement**, v. 111, p. 347, jun. 1995.
- Galavis, M. E.; Mendoza, C.; Zeippen, C. J. Atomic data from the IRON Project. XXII. Radiative rates for forbidden transitions within the ground configuration of ions in the carbon and oxygen isoelectronic sequences. **Astronomy and Astrophysics Supplement**, v. 123, p. 159–171, maio 1997.
- García-Rojas, J. et al. The chemical composition of the Galactic H II regions M8 and M17. A revision based on deep VLT echelle spectrophotometry. **Revista Mexicana de Astronomia y Astrofísica**, v. 43, p. 3–31, abr. 2007.

García-Rojas, J. et al. Deep echelle spectrophotometry of S 311, a Galactic HII region located outside the solar circle. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 362, p. 301–312, set. 2005.

García-Rojas, J. et al. Chemical Abundances of the Galactic H II Region NGC 3576 Derived from Very Large Telescope Echelle Spectrophotometry. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 153, p. 501–522, ago. 2004.

García-Rojas, J. et al. Faint emission lines in the Galactic HII regions M16, M20 and NGC 3603. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 368, p. 253–279, maio 2006.

Garnett, D. R. Electron temperature variations and the measurement of nebular abundances. **Astrophysical Journal**, v. 103, p. 1330–1337, abr. 1992.

Garnett, D. R.; Kennicutt JR., R. C. A very metal poor H II region in the outer disk of M101. **Astrophysical Journal**, v. 426, p. 123–130, maio 1994.

Girardi, L. et al. Long-Slit Spectrophotometry of the H II Regions GUM 38a and GUM 38b. **Astrophysical Journal**, v. 486, p. 847, set. 1997.

Gonzalez-Delgado, R. M. et al. Violent star formation in NGC 2363. **Astrophysical Journal**, v. 437, p. 239–261, dez. 1994.

Grachev, N. I.; Dibai, É. A. Spectrophotometry of the Central Part of the Lagoon Nebula. **Soviet Astronomy**, v. 10, p. 44, ago. 1966.

Grandi, S. A. Observations of Starlight-Excited Lines in the Orion Nebula. **Astrophysical Journal**, v. 199, p. L43, jul. 1975.

Greenstein, J. L.; Henyey, L. G. Studies of Diffuse Nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 89, p. 653, jun. 1939.

Guseva, N. G. et al. The evolutionary status of the low-metallicity blue compact dwarf galaxy SBS 0940+544. **Astronomy and Astrophysics**, v. 378, p. 756–776, nov. 2001.

Hägele, G. F. et al. Precision abundance analysis of bright HII galaxies. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 383, p. 209–229, jan. 2008.

Hägele, G. F. et al. The temperature and ionization structure of the emitting gas in HII galaxies: implications for the accuracy of abundance determinations. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 372, p. 293–312, out. 2006.

- Hawley, S. A. The chemical composition of galactic and extragalactic H II regions. **Astrophysical Journal**, v. 224, p. 417–436, set. 1978.
- Heise, C.; Smith, P. L.; Calamai, A. G. Transition Probabilities for the  $3s^23p^2\ ^3P_{2,1} - 3s3p^3\ ^5S_2^0$  Intersystem Lines of S III. **Astrophysical Journal**, v. 451, p. L41, set. 1995.
- Hidalgo-Gómez, A. M.; Masegosa, J.; Olofsson, K. The chemical abundances in a sample of dwarf irregular galaxies . II. The case of IC 4662 and ESO 245-G05. **Astronomy and Astrophysics**, v. 369, p. 797–811, abr. 2001.
- Hidalgo-Gómez, A. M.; Olofsson, K.; Masegosa, J. The chemical abundances in a sample of dwarf irregular galaxies. I. Small scale variations within NGC 6822? **Astronomy and Astrophysics**, v. 367, p. 388–404, fev. 2001.
- Hillier, D. J.; Miller, D. L. The Treatment of Non-LTE Line Blanketing in Spherically Expanding Outflows. **Astrophysical Journal**, v. 496, p. 407–+, mar. 1998.
- Hunter, D. A. Small Galactic H II regions. III - Images and spectrophotometry of the ionized gas. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 79, p. 469–480, abr. 1992.
- Hyung, S. Density contrast shell models for the planetary nebula IC 2165. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 90, p. 119–148, jan. 1994.
- Hyung, S.; Aller, L. H. The optical spectrum of NGC 7009 - II. A high-excitation bright ring region on the minor axis. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 273, p. 973–991, abr. 1995.
- Hyung, S.; Aller, L. H. The optical spectrum of the young planetary nebula Hubble 12. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 278, p. 551–564, jan. 1996.
- Hyung, S.; Aller, L. H. The high-excitation planetary nebula NGC 6741. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 292, p. 71, nov. 1997.
- Hyung, S.; Aller, L. H. The High-Excitation Planetary Nebula NGC 7662. **Astrophysical Journal**, v. 491, p. 242, dez. 1997.
- Hyung, S.; Aller, L. H. The Optical Spectrum of the Planetary Nebula NGC 2440. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 110, p. 466–479, abr. 1998.

- Hyung, S.; Aller, L. H.; Feibelman, W. A. The spectrum of the planetary nebula NGC 6567. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 105, p. 1279–1286, nov. 1993.
- Hyung, S.; Aller, L. H.; Feibelman, W. A. The spectrum of the planetary nebula IC 418. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 106, p. 745–755, jul. 1994.
- Hyung, S.; Aller, L. H.; Feibelman, W. A. The Spectrum of the Planetary Nebula NGC6572. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 269, p. 975, ago. 1994.
- Hyung, S.; Aller, L. H.; Feibelman, W. A. The spectrum of the variable planetary nebula IC 4997. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 93, p. 465–483, ago. 1994.
- Hyung, S.; Aller, L. H.; Feibelman, W. A. The Spectrum of Planetary Nebula NGC 6884. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 108, p. 503, fev. 1997.
- Hyung, S.; Aller, L. H.; Feibelman, W. A. Chemical Abundances of the Planetary Nebula IC 4634 and Its Central Star. **Astrophysical Journal**, v. 525, p. 294–304, nov. 1999.
- Hyung, S.; Aller, L. H.; Feibelman, W. A. Spectroscopic Observations of the Planetary Nebula NGC 6818. **Astrophysical Journal**, v. 514, p. 878–894, abr. 1999.
- Hyung, S. et al. The optical spectrum of the planetary nebula NGC 6543. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 318, p. 77–91, out. 2000.
- Hyung, S. et al. Optical Spectrum of the Compact Planetary Nebula IC 5117. **Astrophysical Journal**, v. 563, p. 889–902, dez. 2001.
- Hyung, S.; Aller, L. H. H. The optical spectrum of NGC 7009 - I. A low-excitation bright ring region on the major axis. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 273, p. 958–972, abr. 1995.
- Hyung, S.; Keyes, C. D.; Aller, L. H. The spectrum of the planetary nebula NGC 6886. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 272, p. 49–60, jan. 1995.
- Iye, M.; Ulrich, M.-H.; Peimbert, M. High resolution spectrum of the starburst galaxy Tololo 1924-416 (=ESO 338-IG04). **Astronomy and Astrophysics**, v. 186, p. 84–94, nov. 1987.

- Izotov, Y. I.; Chaffee, F. H.; Green, R. F. The  ${}^4\text{He}$  Abundance in the Metal-deficient Blue Compact Dwarf Galaxies Tol 1214-277 and Tol 65. **Astrophysical Journal**, v. 562, p. 727–736, dez. 2001.
- Izotov, Y. I.; Chaffee, F. H.; Schaerer, D. Deep spectroscopy of the low-metallicity blue compact dwarf galaxy SBS 0335-052. **Astronomy and Astrophysics**, v. 378, p. L45–L48, out. 2001.
- Izotov, Y. I.; Thuan, T. X. The Primordial Abundance of  ${}^4\text{He}$  Revisited. **Astrophysical Journal**, v. 500, p. 188, jun. 1998.
- Izotov, Y. I.; Thuan, T. X. Systematic Effects and a New Determination of the Primordial Abundance of  ${}^4\text{He}$  and  $dY/dZ$  from Observations of Blue Compact Galaxies. **Astrophysical Journal**, v. 602, p. 200–230, fev. 2004.
- Izotov, Y. I.; Thuan, T. X.; Lipovetsky, V. A. The primordial helium abundance from a new sample of metal-deficient blue compact galaxies. **Astrophysical Journal**, v. 435, p. 647–667, nov. 1994.
- Izotov, Y. I.; Thuan, T. X.; Lipovetsky, V. A. The Primordial Helium Abundance: Systematic Effects and a New Determination. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 108, p. 1, jan. 1997.
- Johnson, H. M. The Spectrum and Mass of the 30 Doradus Nebula. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 71, p. 425, out. 1959.
- Kaler, J. B. A catalog of relative emission line intensities observed in planetary and diffuse nebulae. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 31, p. 517–688, ago. 1976.
- Kaler, J. B. Electron temperatures in planetary nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 308, p. 322–336, set. 1986.
- Kaler, J. B.; Aller, L. H.; Bowen, I. S. Spectrophotometric Studies of Gaseous Nebulae.IV. The Orion Nebula. **Astrophysical Journal**, v. 141, p. 912, abr. 1965.
- Kaler, J. B.; Shaw, R. A.; Browning, L. An Electronic Emission-Line Catalog for Planetary Nebulae. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 109, p. 289–291, mar. 1997.
- Kauffmann, G. et al. The host galaxies of active galactic nuclei. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 346, p. 1055–1077, dez. 2003.



- Kaufman, S.; Sugar, J. Forbidden Lines in  $ns^2 np^k$  Ground Configurations and nsnp Excited Configurations of Beryllium through Molybdenum Atoms and Ions. **Journal of Physical and Chemical Reference Data**, v. 15, p. 321–426, jan. 1986.
- Keenan, F. P. et al. Einstein A-coefficients for transitions among the  $3s^2 3p^3$  states of S II. **Physica Scripta**, v. 48, p. 129–130, jan. 1993.
- Kennicutt JR., R. C.; Bresolin, F.; Garnett, D. R. The Composition Gradient in M101 Revisited. II. Electron Temperatures and Implications for the Nebular Abundance Scale. **Astrophysical Journal**, v. 591, p. 801–820, jul. 2003.
- Kennicutt, R. C. et al. An Empirical Test and Calibration of H II Region Diagnostics. **Astrophysical Journal**, v. 537, p. 589–612, jul. 2000.
- Kewley, L. J. et al. Theoretical Modeling of Starburst Galaxies. **Astrophysical Journal**, v. 556, p. 121–140, jul. 2001.
- Krabbe, A. C.; Copetti, M. V. F. Chemical abundances in seven galactic planetary nebulae. **Astronomy and Astrophysics**, v. 450, p. 159–166, abr. 2006.
- LaJohn, L.; Luke, T. Calculation of spin forbidden decay rates of the  $3s 3p^3 {}^5S_2^0$  level in the Si isoelectronic sequence for  $15 \leq Z \leq 30$ . **Physica Scripta**, v. 47, p. 542–545, out. 1993.
- Lamareille, F. et al. The luminosity-metallicity relation in the local Universe from the 2dF Galaxy Redshift Survey. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 350, p. 396–406, maio 2004.
- Lang, K. R. *Astrophysical Data: Planets and Stars*. New York: Springer-Verland, 1991.
- Lanz, T.; Hubeny, I. A Grid of Non-LTE Line-blanketed Model Atmospheres of O-Type Stars. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 146, p. 417–441, jun. 2003.
- Lee, H.; Skillman, E. D. Chemical Abundances of H II Regions in the Starburst Galaxy NGC 1705. **Astrophysical Journal**, v. 614, p. 698–715, out. 2004.
- Leibowitz, E. M. Extinction properties of dust in the ultraviolet and the ionization of helium in galactic H II regions. **Astrophysical Journal**, v. 181, p. 369–377, abr. 1973.
- Leisy, P.; Dennefeld, M. Planetary nebulae in the Magellanic Clouds. I. Carbon abundances and Type I PNe. **Astronomy and Astrophysics Supplement**, v. 116, p. 95–116, mar. 1996.

- Leitherer, C. et al. Starburst99: Synthesis Models for Galaxies with Active Star Formation. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 123, p. 3–40, jul. 1999.
- Lennon, D. J.; Burke, V. M. Atomic data from the IRON project. II. Effective collision strength  $S$  for infrared transitions in carbon-like ions. **Astronomy and Astrophysics Supplement**, v. 103, p. 273–277, fev. 1994.
- Luridiana, V. et al. Chemical Abundances of NGC 5461 and NGC 5471 Derived from Echelle Spectrophotometry. **Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica**, v. 38, p. 97–109, abr. 2002.
- Magrini, L. et al. The metallicity gradient of M 33: chemical abundances of H II regions. **Astronomy and Astrophysics**, v. 470, p. 865–874, ago. 2007.
- Martins, L. P.; Viegas, S. M. Gas temperature and excitation classes in planetary nebulae. **Astronomy and Astrophysics**, v. 387, p. 1074–1082, jun. 2002.
- Mathis, J. S. The Ratio of Helium to Hydrogen in the Orion Nebula. **Astrophysical Journal**, v. 125, p. 328, mar. 1957.
- Mathis, J. S. Photometry of the Inner Regions of the 30 Doradus Nebula. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 77, p. 189, jun. 1965.
- Mathis, J. S.; Chu, Y.-H.; Peterson, D. E. Spectrophotometry and chemical composition of the 30 Doradus nebula. **Astrophysical Journal**, v. 292, p. 155–163, maio 1985.
- McCall, M. L.; Rybski, P. M.; Shields, G. A. The chemistry of galaxies. I - The nature of giant extragalactic H II regions. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 57, p. 1–62, jan. 1985.
- McKenna, F. C. et al. [N II] and [O III] Mean Electron Temperatures in Planetary Nebulae. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 108, p. 610, jul. 1996.
- McLaughlin, B. M.; Bell, K. L. Effective collision strengths for O II. **Astrophysical Journal**, v. 408, p. 753–757, maio 1993.
- Méndez, M. E. Spectrophotometry of the Orion Nebula. I. On the Nebular Structure. **Boletín de los Observatorios Tonantzintla y Tacubaya**, v. 4, p. 91–103, abr. 1967.
- Mendoza, C. Recent advances in atomic calculations and experiments of interest in the study of planetary nebulae. In: Flower, D. R. (Ed.). *Planetary Nebulae*. [S.l.: s.n.], 1983. (IAU Symposium, v. 103), p. 143–172.

- Mendoza, C.; Zeippen, C. J. Transition probabilities for forbidden lines in the  $3p^2$  configuration. - II. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 199, p. 1025–1032, jun. 1982.
- Mendoza, C.; Zeippen, C. J. Transition probabilities for forbidden lines in the  $3p^3$  configuration. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 198, p. 127–139, jan. 1982.
- Moore, C. E. *Selected Tables of Atomic Spectra A Atomic Energy Levels - Second Edition B Multiplet Table O III*. U. S.: Natl. Stand. Ref. Data Ser., Natl. Bur. Stand., 1985.
- Morgan, L. A. The emission line spectrum of the Orion Nebula in the wavelength range 4959 to 8665 Å. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 153, p. 393, 1971.
- O'dell, C. R. Electron Temperatures Derived from Observations of Low-Density H II Regions and Planetary Nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 143, p. 168, jan. 1966.
- Oey, M. S.; Shields, J. C. Calibration of Nebular Emission-Line Diagnostics. II. Abundances. **Astrophysical Journal**, v. 539, p. 687–705, ago. 2000.
- Osterbrock, D. E. Electron Densities in the Orion Nebula. **Astrophysical Journal**, v. 122, p. 235, set. 1955.
- Osterbrock, D. E.; Ferland, G. J. *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*. 2nd. ed. New York: University Science Books, 2006.
- Osterbrock, D. E.; Flather, E. Electron Densities in the Orion Nebula.II. **Astrophysical Journal**, v. 129, p. 26, jan. 1959.
- Osterbrock, D. E.; Tran, H. D.; Veilleux, S. Faint emission lines in the spectrum of the Orion Nebula and the abundances of some of the rarer elements. **Astrophysical Journal**, v. 389, p. 305–324, abr. 1992.
- Pagal, B. E. J. et al. On the composition of H II regions in southern galaxies. I - NGC 300 and 1365. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 189, p. 95–113, out. 1979.
- Pagal, B. E. J.; Edmunds, M. G.; Smith, G. On the composition of H II regions in southern galaxies. II - NGC 6822 and 1313. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 193, p. 219–230, out. 1980.

- Pagel, B. E. J. et al. The primordial helium abundance from observations of extragalactic H II regions. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 255, p. 325–345, mar. 1992.
- Pauldrach, A. W. A.; Hoffmann, T. L.; Lennon, M. Radiation-driven winds of hot luminous stars. XIII. A description of NLTE line blocking and blanketing towards realistic models for expanding atmospheres. **Astronomy and Astrophysics**, v. 375, p. 161–195, ago. 2001.
- Peña, M.; Stasińska, G.; Richer, M. G. The chemical composition of planetary nebulae and HII regions in NGC 3109. **Astronomy and Astrophysics**, v. 476, p. 745–758, dez. 2007.
- Peimbert, A. The Chemical Composition of the 30 Doradus Nebula Derived from Very Large Telescope Echelle Spectrophotometry. **Astrophysical Journal**, v. 584, p. 735–750, fev. 2003.
- Peimbert, A.; Peimbert, M.; Ruiz, M. T. Chemical Composition of Two H II Regions in NGC 6822 Based on VLT Spectroscopy. **Astrophysical Journal**, v. 634, p. 1056–1066, dez. 2005.
- Peimbert, M. On the Oxygen Abundance and Electron Temperature of NGC 604. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 82, p. 636, jun. 1970.
- Peimbert, M. Chemical evolution of the galactic interstellar medium - Abundance gradients. In: Burton, W. B. (Ed.). *The Large-Scale Characteristics of the Galaxy*. [S.l.: s.n.], 1979. (IAU Symposium, v. 84), p. 307–315.
- Peimbert, M.; Costero, R. Chemical Abundances in Galactic HII Regions. **Boletín de los Observatorios Tonantzintla y Tacubaya**, v. 5, p. 3–22, maio 1969.
- Peimbert, M.; Peimbert, A.; Ruiz, M. T. The Chemical Composition of the Small Magellanic Cloud H II Region NGC 346 and the Primordial Helium Abundance. **Astrophysical Journal**, v. 541, p. 688–700, out. 2000.
- Peimbert, M.; Rayo, J. F.; Torres-Peimbert, S. Abundance gradients in the Galaxy derived from H II regions. **Astrophysical Journal**, v. 220, p. 516–524, mar. 1978.
- Peimbert, M.; Spinrad, H. On the Chemical Abundance of NGC 6822. **Astronomy and Astrophysics**, v. 7, p. 311, ago. 1970.
- Peimbert, M.; Spinrad, H. The Abundance Ratio of Helium to Hydrogen in Extragalactic Nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 159, p. 809, mar. 1970.

- Peimbert, M.; Torres-Peimbert, S. Chemical composition of H II regions in the Large Magellanic Cloud and its cosmological implications. **Astrophysical Journal**, v. 193, p. 327–333, out. 1974.
- Peimbert, M.; Torres-Peimbert, S. Chemical composition of H II regions in the Small Magellanic Cloud and the pregalactic helium abundance. **Astrophysical Journal**, v. 203, p. 581–586, fev. 1976.
- Peimbert, M.; Torres-Peimbert, S. Chemical composition of the Orion Nebula. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 179, p. 217–234, abr. 1977.
- Peimbert, M.; Torres-Peimbert, S. The chemical composition of the galactic HII region M 17. **Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica**, v. 24, p. 155–177, out. 1992.
- Peimbert, M.; Torres-Peimbert, S.; Dufour, R. J. Chemical Composition of M8 Based on IUE and Visual Observations. **Astrophysical Journal**, v. 418, p. 760, dez. 1993.
- Persson, S. E.; Frogel, J. A. Spectrophotometric observations of the compact H II region K3-50 and of NGC 6857. **Astrophysical Journal**, v. 188, p. 523–527, mar. 1974.
- Pilyugin, L. S. On the electron temperature determination in high-metallicity HII regions. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 375, p. 685–690, fev. 2007.
- Pilyugin, L. S.; Vílchez, J. M.; Thuan, T. X. On the relation between electron temperatures in the O<sup>+</sup> and O<sup>++</sup> zones in high-metallicity HII regions. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 370, p. 1928–1934, ago. 2006.
- Popescu, C. C.; Hopp, U. A spectrophotometric catalogue of HII galaxies. **Astronomy and Astrophysics Supplement**, v. 142, p. 247–258, mar. 2000.
- Pradhan, A. K. Collision strengths for O II and S II. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 177, p. 31–38, out. 1976.
- Press, W. H. et al. *Numerical Recipes in Fortran 77: The Art of Scientific Computing*. 2nd. ed. New York: Cambridge University Press, 1996.
- Pustilnik, S. et al. HS 0837+4717 - a metal-deficient blue compact galaxy with large nitrogen excess. **Astronomy and Astrophysics**, v. 419, p. 469–484, maio 2004.

- Ramsbottom, C. A.; Bell, K. L.; Stafford, R. P. Effective Collision Strengths for Electron Impact Excitation of Singly Ionized Sulfur. **Atomic Data and Nuclear Data Tables**, v. 63, p. 57, 1996.
- Rola, C. S.; Terlevich, E.; Terlevich, R. J. New diagnostic methods for emission-line galaxies in deep surveys. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 289, p. 419–427, ago. 1997.
- Rosa, M. A Possible Nonlinearity in IDS / Image Dissector Scanner / Data. **The Messenger**, v. 39, p. 15, mar. 1985.
- Rubin, R. H. et al. Temperature Variations and N/O in the Orion Nebula from HST Observations. **Astrophysical Journal**, v. 495, p. 891, mar. 1998.
- Rudolph, A. L. et al. Abundance Gradients in the Galaxy. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 162, p. 346–374, fev. 2006.
- Salpeter, E. E. The Luminosity Function and Stellar Evolution. **Astrophysical Journal**, v. 121, p. 161, jan. 1955.
- Sanchez, L. J.; Peimbert, M. Scattered light in M8. **Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica**, v. 22, p. 285–296, out. 1991.
- Schmidt, E. G. The structure of ionization fronts in H II regions. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 169, p. 97–116, out. 1974.
- Searle, L. Evidence for Composition Gradients across the Disks of Spiral Galaxies. **Astrophysical Journal**, v. 168, p. 327, set. 1971.
- Seaton, M. J.; Osterbrock, D. E. Relative [O II] Intensities in Gaseous Nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 125, p. 66, jan. 1957.
- Shaver, P. A. et al. The galactic abundance gradient. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 204, p. 53–112, jul. 1983.
- Shaw, R. A.; Dufour, R. J. Software for the Analysis of Emission Line Nebulae. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 107, p. 896, set. 1995.
- Simpson, J. P. Spectrophotometry of the Orion Nebula. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 85, p. 479, out. 1973.
- Skillman, E. D. Spatial variations in the physical conditions in the giant extragalactic H II region NGC 5471. **Astrophysical Journal**, v. 290, p. 449–461, mar. 1985.

- Smith, H. E. Spectrophotometric observations of ionized hydrogen regions in nearby spiral and irregular galaxies. **Astrophysical Journal**, v. 199, p. 591–610, ago. 1975.
- Stasińska, G. et al. Semi-empirical analysis of Sloan Digital Sky Survey galaxies - III. How to distinguish AGN hosts. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 371, p. 972–982, set. 2006.
- Stasińska, G.; Leitherer, C. H II Galaxies versus Photoionization Models for Evolving Starbursts. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 107, p. 661, dez. 1996.
- Storey, P. J.; Zeippen, C. J. Theoretical values for the [OIII] 5007/4959 line-intensity ratio and homologous cases. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 312, p. 813–816, mar. 2000.
- Talent, D. L. An H II region in NGC 6744 - Spectrophotometry and chemical abundances. **Astrophysical Journal**, v. 252, p. 594–600, jan. 1982.
- Thackeray, A. D. Observations of the brightest regions of three diffuse nebulae. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 110, p. 343, 1950.
- Tresse, L. et al. The Canada-France Redshift Survey - XII. Nature of emission-line field galaxy population up to  $z=0.3$ . **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 281, p. 847–870, ago. 1996.
- Tsamis, Y. G. et al. Heavy elements in Galactic and Magellanic Cloud HII regions: recombination-line versus forbidden-line abundances. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 338, p. 687–710, jan. 2003.
- Veilleux, S.; Osterbrock, D. E. Spectral classification of emission-line galaxies. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 63, p. 295–310, fev. 1987.
- Vermeij, R. et al. The physical structure of Magellanic Cloud H II regions. I. Dataset. **Astronomy and Astrophysics**, v. 390, p. 649–665, ago. 2002.
- Verner, D. A.; Verner, E. M.; Ferland, G. J. Atomic Data for Permitted Resonance Lines of Atoms and Ions from H to Si, and S, Ar, Ca, and Fe. **Atomic Data and Nuclear Data Tables**, v. 64, p. 1, 1996.
- Vílchez, J. M.; Esteban, C. The chemical composition of HII regions in the outer Galaxy. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 280, p. 720–734, jun. 1996.
- Vílchez, J. M.; Iglesias-Páramo, J. Spectroscopy of Dwarf Galaxies in the Virgo Cluster. I. Data, Chemical Abundances, and Ionization Structure. **Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 145, p. 225–244, abr. 2003.

- Walter, D. K.; Dufour, R. J.; Hester, J. J. CNO abundances and temperature fluctuations in the Orion Nebula. **Astrophysical Journal**, v. 397, p. 196–213, set. 1992.
- Wares, G. W.; Aller, L. H. Spectroscopic Studies of Emission Nebulosities in the Magellanic Clouds. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 80, p. 568, out. 1968.
- Wiese, W. L.; Fuhr, J. R.; Deters, T. M. *Atomic transition probabilities of carbon, nitrogen, and oxygen : a critical data compilation*. [S.l.]: American Chemical Society for the National Institute of Standards and Technology (NIST), 1996.
- Williams, R.; Livio, M. The analysis of emission lines. A meeting in honour of the 70th birthdays of D. E. Osterbrock **Atomic and Molecular Physics** M. J. Seaton. Proceedings. *Space Telesc. Sci. Inst. Symp. Ser., Vol. 8,* v. 8, 1995.
- Wolf, N. J. On the Star Herschel 36 Near M 8. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 73, p. 206, jun. 1961.
- Wyse, A. B. The Spectra of Ten Gaseous Nebulae. **Astrophysical Journal**, v. 95, p. 356, maio 1942.
- York, D. G. et al. The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary. **Astrophysical Journal**, v. 120, p. 1579–1587, set. 2000.
- Zhang, Y. et al. Integrated spectrum of the planetary nebula NGC 7027. **Astronomy and Astrophysics**, v. 442, p. 249–262, out. 2005.



# Apêndice A

## Linhas de emissão

Apresentamos na tabela A.1 a lista de linhas de emissão presentes no catálogo. Apresentamos também suas respectivas probabilidades de transição e suas configurações ou termos. A partir desta lista, padronizamos os comprimentos de onda de laboratório de nosso banco de dados.

Esta tabela foi construída seguindo os critérios:

- Como referência para as informações, adotamos prioritariamente os dados encontrados no NIST (*National Institute of Standards and Technology*). Não as encontrando neste, utilizamos os dados de Hirata & Horaguchi (1995). Fizemos referência ao artigo original apenas quando nenhuma informação foi encontrada nas fontes anteriores e, neste caso, apresentamos no máximo duas referências, sendo estas as mais recentes;
- Quando para várias linhas muito próximas de um mesmo íon não foram encontradas informações para seus comprimentos de onda, mantivemos aquele adotado pelo maior número de artigos ou, ainda, aquele adotado pelos artigos mais recentes;
- Linhas observadas apenas como uma combinação (*blend*) de duas ou mais tiveram suas informações salvas em separado. Porém, o comprimento de onda final adotado em nossa lista ( $\lambda_0$ ) é uma média aritmética dos pertencentes à combinação ( $\lambda_{\text{ref}}$ );
- A forma com que apresentamos as probabilidades de transição e as configurações ou termos mantém a formatação original utilizada pela referência.

Tabela A.1: Linhas de emissão presentes no catálogo

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	A(s <sup>-1</sup> )	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
<b>Al II</b>					
5867.74	5867.60	1.0e+05	3s 4d - 3s 6f	<sup>3</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>o</sup>	NIST
	5867.80	3.6e+06	3s 4d - 3s 6f	<sup>3</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>o</sup>	NIST
	5867.81	2.0e+07	3s 4d - 3s 6f	<sup>3</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>o</sup>	NIST
<b>Al III</b>					
4189.73			2p <sup>6</sup> 5f - 2p <sup>6</sup> 8d	<sup>2</sup> F <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D	NIST
5696.60		8.82e+07	2p <sup>6</sup> 4s - 2p <sup>6</sup> 4p	<sup>2</sup> S - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
<b>Ar I</b>					
4272.17		7.97e+05	3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> ( <sup>2</sup> P <sup>o</sup> <sub>3/2</sub> ) 4s - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> ( <sup>2</sup> P <sup>o</sup> <sub>3/2</sub> ) 5p	<sup>2</sup> [3/2] <sup>o</sup> - <sup>2</sup> [3/2]	NIST
7083.00					1
7790.60			3d 2<1>* - 7p 1<1>		HH
8266.40					2, 3
8388.00					1
<b>Ar II</b>					
3880.33		2.32e+07	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 4p - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 4d	<sup>4</sup> D <sup>o</sup> - <sup>4</sup> D	NIST
4131.72		8.5e+07	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D) 4s - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D) 4p	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
4203.41			3d' 2D - 4f 1<4>*		HH
4439.46			4p' 2D* - 5s' 2D		HH
4703.36			3d' 2P - 4f 1<2>*		HH
4915.83			4d' 2G - 5f' 2<5>*		HH
4949.40			4p 2D* - 3d'' 2D		HH
5870.45			3d'' 2D - 4f 0<3>*		HH
7837.75			4f 0<3>* - 6d 2F		HH
8030.69					1
8737.83					1
9095.10			5p' 2F* - 5d' 2G		HH
<b>[Ar III]</b>					
5191.82		3.10e+00	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	<sup>1</sup> D - <sup>1</sup> S	NIST
7135.79		3.21e-02	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
		1.4e-03	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
7751.11		8.3e-02	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
		1.3e-04	3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
<b>[Ar IV]</b>					
4711.37		1.60e-03	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>4</sup> S <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D <sup>o</sup>	NIST
		8.0e-03	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>4</sup> S <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D <sup>o</sup>	NIST
4740.17		7.2e-02	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>4</sup> S <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D <sup>o</sup>	NIST
		5.1e-03	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>4</sup> S <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D <sup>o</sup>	NIST
7170.62		8.1e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
		9.8e-02	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
7237.26		2.26e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
		4.44e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
7262.76		1.90e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
		4.88e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
7331.40		1.22e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
<b>[Ar V]</b>					
4625.53		3.8e+00	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>1</sup> D - <sup>1</sup> S	NIST
6133.70		4.9e-05	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
6432.00					17
6435.10		3.5e-04	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
		2.23e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
7005.67		5.2e-01	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
		1.6e-03	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> - 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
<b>Ba II</b>					
4554.03		1.11e+08	6s - 6p	<sup>2</sup> S - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
4934.08		9.53e+07	6s - 6p	<sup>2</sup> S - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
6141.71		4.12e+07	5d - 6p	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
<b>[Ba IV]</b>					
5696.60					4
<b>[Ba V]</b>					
6085.08					4
8845.64					4
<b>[Ba VIII]</b>					
4233.60					4
<b>[Br III]</b>					

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
6131.00					4
7385.10					4
<b>C I</b>					
4477.47					5
4762.31		3.37e+05	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	${}^3P^{\circ} - {}^3P$	NIST
5039.06		4.73e+05	$2s 2p^3 - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 4f$	${}^3D^{\circ} - 2[7/2]$	NIST
5625.80					4
6828.12		9.89e+05	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^1P - {}^1D^{\circ}$	NIST
7111.47		2.17e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3D - {}^3F^{\circ}$	NIST
7113.18		2.47e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3D - {}^3F^{\circ}$	NIST
7115.19		4.43e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 5s$	${}^3D - {}^3P^{\circ}$	NIST
7116.99		3.26e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 5s$	${}^3D - {}^3P^{\circ}$	NIST
7208.86					4
7274.61					4
7473.31		1.08e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3S - {}^3P^{\circ}$	NIST
7837.10		1.81e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3P^{\circ}$	NIST
7860.89		1.53e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3P^{\circ}$	NIST
7992.48	7992.42				4
	7992.53				4
8015.00		4.69e+05	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
8018.57		2.56e+05	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
8028.18		2.27e+03	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
8873.36		2.05e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 5s$	${}^1D - {}^1P^{\circ}$	NIST
8899.31					4
9094.83		2.28e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p$	${}^3P^{\circ} - {}^3P$	NIST
9095.47					4
9111.80		1.35e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p$	${}^3P^{\circ} - {}^3P$	NIST
9405.73		2.91e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p$	${}^1P^{\circ} - {}^1D$	NIST
10284.19		8.66e+04	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 7p$	${}^1P^{\circ} - {}^1P$	NIST
<b>C I]</b>					
7092.19			$2p3 3P^* - 9p 1D$		HH
9504.54			$3d 1D^* - 7p 3P$		HH
<b>[C I]</b>					
4621.57		2.10e-03	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1S$	NIST
8727.13		6.34e-01	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^1D - {}^1S$	NIST
9824.13		6.05e-05	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
		9.46e-08	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
9850.26		1.80e-04	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
		1.03e-06	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
<b>C II</b>					
3276.04					9
3584.97		1.76e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4s$	${}^4D - {}^4P^{\circ}$	NIST
3585.80		4.90e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4s$	${}^4D - {}^4P^{\circ}$	NIST
3588.91		4.89e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4s$	${}^4D - {}^4P^{\circ}$	NIST
3590.88		6.15e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4s$	${}^4D - {}^4P^{\circ}$	NIST
3831.73		2.04e+07	$2s^2 4p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
3876.05			$3d' 4F^* - 4f' 4G$		HH
3876.66			$3d' 4F^* - 4f' 4G$		HH
3878.03			$3d' 4F^* - 4f' 4G$		HH
3883.82			$3d' 4F^* - 4f' 4G$		HH
3918.98		6.36e+07	$2s^2 3p - 2s^2 4s$	${}^2P^{\circ} - {}^2S$	NIST
3920.69		1.27e+08	$2s^2 3p - 2s^2 4s$	${}^2P^{\circ} - {}^2S$	NIST
3945.10	3945.00		$3d' 4F^* - 4f' 4F$		HH
	3945.20		$3d' 4F^* - 4f' 4F$		HH
4074.52			$3d' 4D^* - 4f' 4F$		HH
4145.00					4
4267.13	4267.00	2.23e+08	$2s^2 3d - 2s^2 4f$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
	4267.26	2.38e+08	$2s^2 3d - 2s^2 4f$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
	4267.26	1.59e+07	$2s^2 3d - 2s^2 4f$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
4321.66		1.12e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4s$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
4323.11		1.40e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4s$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
4368.05			$3d' 4P^* - 4f' 2D$		HH
4372.35			$3d' 4P^* - 4f' 4D$		HH
4376.56			$3d' 4P^* - 4f' 4D$		HH
4411.34	4411.16		$3d' 2D^* - 4f' 2F$		HH
	4411.51		$3d' 2D^* - 4f' 2F$		HH
4491.07					1, 6
4618.40			$3d' 2F^* - 4f' 2G$		HH
4620.19	4620.11				9
	4620.26				9
4737.97		5.34e+04	$2s 2p^2 - 2s^2 3p$	${}^2P - {}^2P^{\circ}$	NIST
4744.90		5.73e+04	$2s 2p^2 - 2s^2 3p$	${}^2P - {}^2P^{\circ}$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4747.28		2.24e+04	$2s2p^2 - 2s^2 3p$	$2P - 2P^o$	NIST
4802.70			$4f 2F^* - 8g 2G$		HH
4867.07		2.33e+06	$2s^2 4s - 2s 2p (^3P^o) 3s$	$2S - 2P^o$	NIST
4964.73			$3p' 2P - 3d' 2P^*$		HH
5032.13		3.16e+07	$2p^3 - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$2P^o - 2D$	NIST
5120.08		8.04e+05	$2s^2 4p - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$2P^o - 2P$	NIST
5121.83		4.02e+06	$2s^2 4p - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$2P^o - 2P$	NIST
5126.96		1.60e+06	$2s^2 4p - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$2P^o - 2P$	NIST
5133.28		2.80e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4P$	NIST
5143.49		7.73e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4P$	NIST
5151.09		4.16e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4P$	NIST
5259.39	5259.06	2.20e+07	$2s 2p (^3P^o) 3d - 2s 2p (^3P^o) 4p$	$4F^o - 4D$	NIST
	5259.71		$3d' 4F^* - 4p' 4D$		HH
5276.85					1
5332.89		6.90e+06	$2s^2 4p - 2s^2 6s$	$2P^o - 2S$	NIST
5342.40			$4f 2F^* - 7g 2G$		HH
5364.67			$4s' 4P^* - 5p' 4D$		HH
5367.67			$4s' 4P^* - 5p' 4D$		HH
5478.59			$3d' 4D^* - 4p' 4D$		HH
5535.35		1.75e+06	$2s^2 4s - 2s^2 5p$	$2S - 2P^o$	NIST
5640.55		9.89e+06	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4S$	NIST
5889.53	5889.28	3.50e+06	$2s^2 3d - 2s^2 4p$	$2D - 2P^o$	NIST
	5889.77	3.15e+07	$2s^2 3d - 2s^2 4p$	$2D - 2P^o$	NIST
5891.59		3.49e+07	$2s^2 3d - 2s^2 4p$	$2D - 2P^o$	NIST
5907.21			$3d' 4P^* - 4p' 4S$		HH
6151.43			$4d 2D - 6f 2F^*$		HH
6250.74			$3d' 2D^* - 4p' 2P$		HH
6256.54			$3d' 2D^* - 4p' 2P$		HH
6454.77			$4f 2F^* - 6h 2H^*$		HH
6461.95			$4f 2F^* - 6g 2G$		HH
6461.95			$4f 2F^* - 6g 2G$		HH
6578.05		3.63e+07	$2s^2 3s - 2s^2 3p$	$2S - 2P^o$	NIST
6582.88		3.62e+07	$2s^2 3s - 2s^2 3p$	$2S - 2P^o$	NIST
6622.05			$4f 2F^* - 6d 2D$		HH
6724.56		3.17e+06	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4D - 4D^o$	NIST
6734.00		1.80e+06	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4D - 4D^o$	NIST
6779.94		2.56e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4D$	NIST
6780.59		1.52e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4D$	NIST
6783.90		3.65e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4D$	NIST
6787.21		3.04e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4D$	NIST
6791.47		1.94e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4D$	NIST
6800.69		1.09e+07	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4D$	NIST
6812.28		1.80e+06	$2s 2p (^3P^o) 3s - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$4P^o - 4D$	NIST
7112.48		2.94e+07	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4D - 4F^o$	NIST
7115.63		3.60e+07	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4D - 4F^o$	NIST
7119.90		4.19e+07	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4D - 4F^o$	NIST
7231.32		3.52e+07	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	$2P^o - 2D$	NIST
7236.42		4.22e+07	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	$2P^o - 2D$	NIST
7237.17		7.03e+06	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	$2P^o - 2D$	NIST
7508.89		1.53e+06	$2p^3 - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$2P^o - 2P$	NIST
7519.49		7.61e+06	$2p^3 - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$2P^o - 2P$	NIST
7519.93		6.08e+06	$2p^3 - 2s 2p (^3P^o) 3p$	$2P^o - 2P$	NIST
7530.60			$2p3 2P^* - 3p' 2P$		HH
8028.85		1.71e+06	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4P - 4P^o$	NIST
8048.31		1.36e+06	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4P - 4P^o$	NIST
8062.45	8062.10	3.04e+06	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4P - 4P^o$	NIST
	8062.80	4.56e+06	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4P - 4P^o$	NIST
8076.64		7.05e+06	$2s 2p (^3P^o) 3p - 2s 2p (^3P^o) 3d$	$4P - 4P^o$	NIST
8793.80			$3p' 2D - 3d' 2F^*$		HH
8799.90			$3p' 2D - 3d' 2F^*$		HH
9029.00			$7d 2D - 3d' 2D^*$		HH
9903.46			$4f 2F^* - 5g 2G$		HH
<b>C II]</b>					
2326.93		1.12e+01	$2s^2 2p - 2s 2p^2$	$2P^o - 4P$	NIST
8889.00					6
<b>C III</b>					
3357.91		2.04e+05	$1s^2 2p (^2P^o) 3p - 1s^2 2s 6p$	$3S - 3P^o$	NIST
3789.43		5.32e+06	$1s^2 2s 5s - 1s^2 2s 7p$	$1S - 1P^o$	NIST
4056.06		1.07e+08	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2s 5f$	$1D - 1F^o$	NIST
4067.94		3.02e+08	$1s^2 2s 4f - 1s^2 2s 5g$	$3F^o - 3G$	NIST
4068.91		2.63e+07	$1s^2 2s 4f - 1s^2 2s 5g$	$3F^o - 3G$	NIST
		3.08e+08	$1s^2 2s 4f - 1s^2 2s 5g$	$3F^o - 3G$	NIST
4069.91			$4f 3F^* - 5g 3G$		HH
4070.26		3.28e+08	$1s^2 2s 4f - 1s^2 2s 5g$	$3F^o - 3G$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4152.51		5.98e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3p - 1s^2 2s 5f$	$^3D - ^3F^o$	NIST
4163.25		7.87e+06	$1s^2 2p(^2P^o) 3p - 1s^2 2s 5f$	$^3D - ^3F^o$	NIST
4166.97		7.31e+06	$1s^2 2p(^2P^o) 3p - 1s^2 2s 6p$	$^1D - ^1P^o$	NIST
4186.90		3.50e+08	$1s^2 2s 4f - 1s^2 2s 5g$	$^1F^o - ^1G$	NIST
4256.45		2.75e+06	$1s^2 2s 4f - 1s^2 2s 5d$	$^3F^o - ^3D$	NIST
4379.48		2.58e+07	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2s 5p$	$^3D - ^3P^o$	NIST
4382.90		1.93e+07	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2s 5p$	$^3D - ^3P^o$	NIST
4516.79		9.54e+07	$1s^2 2s 4p - 1s^2 2s 5s$	$^3P^o - ^3S$	NIST
4587.60			$4f' 3D - 5g' 3F^*$		HH
4593.30			$4f' 3D - 5g' 3F^*$		HH
4647.42		7.26e+07	$1s^2 2s 3s - 1s^2 2s 3p$	$^3S - ^3P^o$	NIST
4649.50					17
4650.25		7.25e+07	$1s^2 2s 3s - 1s^2 2s 3p$	$^3S - ^3P^o$	NIST
4665.86		6.78e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3s - 1s^2 2p(^2P^o) 3p$	$^3P^o - ^3P$	NIST
5095.20					4
5249.11		3.90e+07	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2s 5p$	$^1D - ^1P^o$	NIST
5253.58		1.58e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3s - 1s^2 2p(^2P^o) 3p$	$^3P^o - ^3S$	NIST
5305.10			$5f 3F^* - 7g 3G$		HH
5345.88		4.95e+06	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3P^o$	NIST
5695.92		4.27e+07	$1s^2 2s 3p - 1s^2 2s 3d$	$^1P^o - ^1D$	NIST
6126.30					4
6205.56		1.03e+05	$1s^2 2s 4p - 1s^2 2s 5s$	$^1P^o - ^1S$	NIST
6744.38		1.99e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3s - 1s^2 2p(^2P^o) 3p$	$^3P^o - ^3D$	NIST
6762.17		4.95e+06	$1s^2 2p(^2P^o) 3s - 1s^2 2p(^2P^o) 3p$	$^3P^o - ^3D$	NIST
6862.69		3.51e+06	$1s^2 2p(^2P^o) 3p - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3D^o$	NIST
7212.29			$5p 3P^* - 6d 3D$		HH
7486.56		4.98e+07	$1s^2 2s 5d - 1s^2 2s 6f$	$^3D - ^3F^o$	NIST
		4.43e+07	$1s^2 2s 5d - 1s^2 2s 6f$	$^3D - ^3F^o$	NIST
7578.15		2.70e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3d - 1s^2 2s 5g$	$^3F^o - ^3G$	NIST
7592.27		2.75e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3d - 1s^2 2s 5g$	$^3F^o - ^3G$	NIST
		2.36e+06	$1s^2 2p(^2P^o) 3d - 1s^2 2s 5g$	$^3F^o - ^3G$	NIST
7612.65		2.92e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3d - 1s^2 2s 5g$	$^3F^o - ^3G$	NIST
7771.76		1.77e+07	$1s^2 2p(^2P^o) 3p - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3S - ^3P^o$	NIST
8021.15		5.01e+07	$1s^2 2s 5d - 1s^2 2s 6f$	$^1D - ^1F^o$	NIST
8189.00					4
8196.48			$5g 3,1G - 6h 3,1H^*$		HH
8332.99		2.70e+07	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3F^o$	NIST
8341.60		2.39e+07	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3F^o$	NIST
8347.95		2.26e+07	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3F^o$	NIST
8358.72		4.17e+06	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3F^o$	NIST
8375.04		1.17e+05	$1s^2 2s 4d - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3F^o$	NIST
8665.22			$5f 3F^* - 6g 3G$		HH
9696.51	9696.48	7.53e+05	$1s^2 2p(^2P^o) 3p - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3F^o$	NIST
	9696.54	7.12e+05	$1s^2 2p(^2P^o) 3p - 1s^2 2p(^2P^o) 3d$	$^3D - ^3F^o$	NIST
<b>C III]</b>					
1908.73		1.14e+02	$1s^2 2s^2 - 1s^2 2s 2p$	$^1S - ^3P^o$	NIST
<b>C IV</b>					
3689.78			$6g 2G - 9f 2F^*$		HH
3934.28		3.30e+07	$1s^2 5s - 1s^2 6p$	$^2S - ^2P^o$	NIST
3934.89		3.30e+07	$1s^2 5s - 1s^2 6p$	$^2S - ^2P^o$	NIST
4219.34		1.02e+07	$1s^2 6s - 1s^2 8p$	$^2S - ^2P^o$	NIST
4229.02			$7g 2G - 12f 2F^*$		HH
4238.70			$7d 2D - 12p 2P^*$		HH
4658.30			$5g 2G - 6h + 2H^*$		HH
4785.90		2.98e+07	$1s^2 5d - 1s^2 6p$	$^2D - ^2P^o$	NIST
4789.79		2.50e+07	$1s^2 6p - 1s^2 8s$	$^2P^o - ^2S$	NIST
5016.62		4.64e+07	$1s^2 5p - 1s^2 6s$	$^2P^o - ^2S$	NIST
5018.40		9.27e+07	$1s^2 5p - 1s^2 6s$	$^2P^o - ^2S$	NIST
5073.20			$7s 2S - 10p 2P^*$		HH
5093.10					4
5470.68			$7g 2G - 10f 2F^*$		HH
5801.33		3.17e+07	$1s^2 3s - 1s^2 3p$	$^2S - ^2P^o$	NIST
5811.98		3.16e+07	$1s^2 3s - 1s^2 3p$	$^2S - ^2P^o$	NIST
6150.20			$8s 2S - 12p 2P^*$		HH
7251.79		1.32e+07	$1s^2 7p - 1s^2 9s$	$^2P^o - ^2S$	NIST
7706.50			$6d 2D - 7f 2F^*$		HH
7726.20			$6h 2H^* - 7i + 2I$		HH
7735.71			$8g 2G - 11f 2F^*$		HH
7875.50					4
7947.38		1.56e+07	$1s^2 6d - 1s^2 7p$	$^2D - ^2P^o$	NIST
7948.14		1.73e+07	$1s^2 6d - 1s^2 7p$	$^2D - ^2P^o$	NIST
<b>Ca I</b>					
4425.44		4.98e+07	$3p^6 4s 4p - 3p^6 4s 4d$	$^3P^o - ^3D$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4498.73					4
5512.98		1.1e+08	$3p^6 4s 4p - 3p^6 4p^2$	$1P^o - 1S$	NIST
<b>Ca I]</b>					
3461.01					9
7459.43			$4s13d 1D - 3d12p 1P^*$		HH
7782.08			$4s11s 1S - 3d7f 3P^*$		HH
7890.07					9
8015.67			$3d4p 3F^* - 4s11d 1D$		HH
8030.80			$4s9s 3S - 3d7p 1P^*$		HH
8092.90			$3d5s 1D - 3d6f 3D^*$		HH
8125.20			$4s9p 3P^* - 3d6d 3P$		HH
8395.98					2
8459.50			$4s8f 3F^* - 3d6d 3P$		HH
9019.14			$4s4d 1D - 4s11f 3F^*$		HH
9052.18			$4s4f 3F^* - 3d4d 3F$		HH
9095.09					9
9111.40			$4s16d 3D - 3d6f 3D^*$		HH
<b>[Ca V]</b>					
5309.11		1.93e+00	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
		6.3e-03	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
6086.92		4.31e-01	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
		4.6e-04	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
<b>[Ca VI]</b>					
5460.69		3.5e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
		3.9e+00	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
5586.26		7.8e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
		2.1e+00	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
5631.70		2.3e+00	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
		6.4e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
5765.40		3.9e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
<b>[Ca VII]</b>					
5618.75		2.56e+00	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1D$	NIST
		5.3e-03	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1D$	NIST
<b>Cl I</b>					
9702.44		9.1e+06	$3s^2 3p^4 (3P) 4s - 3s^2 3p^4 (3P) 4p$	$4P - 4P^o$	NIST
<b>Cl II</b>					
4204.52		6.2e+07	$3s^2 3p^3 (2P^o) 4s - 3s^2 3p^3 (4S^o) 5p$	$3P^o - 3P$	NIST
4221.75		1.5e+07	$3s^2 3p^3 (2P^o) 4p - 3s^2 3p^3 (2P^o) 5s$	$3D - 3P^o$	NIST
4241.25		6.0e+07	$3s^2 3p^3 (4S^o) 4p - 3s^2 3p^3 (4S^o) 5s$	$5P - 5S^o$	NIST
4253.38		8.4e+07	$3s^2 3p^3 (4S^o) 4p - 3s^2 3p^3 (4S^o) 5s$	$5P - 5S^o$	NIST
<b>Cl II]</b>					
9113.70					3, 6
<b>[Cl II]</b>					
6161.67					NIST
8046.10					7
8578.70		5.5e-04	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
		1.03e-01	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
9123.60		2.93e-02	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
		5.8e-05	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$3P - 1D$	NIST
<b>[Cl III]</b>					
3342.80		4.9e-06	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2P^o$	NIST
		9.6e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2P^o$	NIST
3353.17		4.0e-05	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2P^o$	NIST
		3.74e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2P^o$	NIST
5517.71		8.6e-04	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2D^o$	NIST
		1.46e-04	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2D^o$	NIST
5537.88		5.5e-04	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2D^o$	NIST
		6.5e-03	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^o - 2D^o$	NIST
8433.66		3.06e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
		8.4e-02	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
8480.86		1.95e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
		1.69e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
8500.01		1.65e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
		1.86e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
8502.00					4
8547.96		1.08e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
[Cl IV]					
5323.28		3.2e+00	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^1D - ^1S$	NIST
7110.90					9
7530.54		8.0e-02	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
		1.5e-04	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
8045.63		1.96e-01	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
		7.7e-04	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
Co I					
3884.60		1.6e+06	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^3F) 4p$	$a^2F - y^4F^o$	NIST
5146.74		1.5e+07	$3p^6 3d^7 (^4F) 4s 4p (^3P^o) - 3p^6 3d^7 4s (^5F) 5s$	$z^4F^o - f^4F$	NIST
[Co I]					
7838.13		5.4e+06	$3p^6 3d^8 (^3F) 4p - 3p^6 3d^8 (^3F) 5s$	$y^4D^o - e^4F$	NIST
Co II]					
7959.74			$5p 5G^* - 6s 3F$		HH
[Co II]					
4802.36					9
[Co III]					
6849.20		4.4e-02	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$a^2H - a^2F$	NIST
Cr II					
4422.37			$5D 5p6D^* - 5D 6d6F$		HH
4772.18			$z4S^* - e4P$		HH
4968.62			$f4D - 5D 6p6P^*$		HH
6552.28			$e4H - 5D 5f6D^*$		HH
Cr II]					
8788.88			$e6D - 5D 5p4F^*$		HH
[Cr II]					
3787.10			$w4G^* - 5D 6d4F$		HH
4336.79					1
6759.47			$x6P^* - 5D 5d6P$		HH
7801.71			$w4G^* - f4H$		HH
8000.08		1.0e-01	$3d^5 - 3d^4 (^5D) 4s$	$a^6S - a^6D$	NIST
8125.30		9.4e-02	$3d^5 - 3d^4 (^5D) 4s$	$a^6S - a^6D$	NIST
8229.67		8.8e-02	$3d^5 - 3d^4 (^5D) 4s$	$a^6S - a^6D$	NIST
8459.58			$c4F - z4G^*$		HH
8831.87					9
[Cr III]					
5506.87					1
[Cr IV]					
4897.33		1.3e-01	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2D^2$	NIST
4971.49		1.6e-01	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2D^2$	NIST
6709.90					4
6734.00		3.6e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2G$	NIST
6747.50		3.2e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2G$	NIST
6915.20		9.3e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2G$	NIST
7110.50		3.5e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
7196.70		3.9e-03	$3d^3 - 3d^3$	$^2D^2 - ^2F$	NIST
		6.5e-03	$3d^3 - 3d^3$	$^2D^2 - ^2F$	NIST
7390.80		3.5e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
7410.90		4.6e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^2H - ^2F$	NIST
[Cr V]					
6377.20		1.0e-04	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
		1.8e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
6436.20		1.0e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
		3.4e-03	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
6453.20		5.1e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
7884.40		8.2e-05	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^1D$	NIST
		1.0e-01	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^1D$	NIST
[Cs III]					
7219.70					4
[Cs IV]					
4817.07					4
[Cs VI]					

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
8210.60					4
<b>D I</b>					
3969.00					3, 6
4100.62					3, 6
4339.29					3, 6
4360.03					3, 6
6561.04					3, 6
<b>[F II]</b>					
4789.45		9.6e-05	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	$^3P - ^1D$	NIST
		3.81e+00	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	$^3P - ^1D$	NIST
<b>[F III]</b>					
5721.20		1.5e-01	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^2D^\circ - ^2P^\circ$	NIST
		2.80e-02	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^2D^\circ - ^2P^\circ$	NIST
5732.90		4.94e-02	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^2D^\circ - ^2P^\circ$	NIST
		6.5e-02	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^2D^\circ - ^2P^\circ$	NIST
<b>[F IV]</b>					
3996.92		3.42e-02	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
		2.1e-05	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
4059.90		9.8e-02	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
		1.3e-04	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
4060.22					4
<b>Fe I</b>					
3767.19		6.40e+07	$3p^6 3d^7 (^4F) 4s - 3p^6 3d^7 (^4F) 4p$	$a^5F - y^5F^\circ$	NIST
3781.94		3.7e+06	$3p^6 3d^6 4s^2 - 3p^6 3d^6 (a^1G) 4s 4p (^3P^\circ)$	$b^3D - ^3G^\circ$	NIST
4592.65		1.61e+05	$3p^6 3d^7 (^4F) 4s - 3p^6 3d^7 (^4F) 4p$	$a^3F - y^5F^\circ$	NIST
5012.68		6.2e+05	$3p^6 3d^7 (^4F) 4p - 3p^6 3d^7 (^4F) 4d$	$y^5F^\circ - e^5H$	NIST
5044.21		1.7e+05	$3p^6 3d^6 (^5D) 4s 4p (^3P^\circ) - 3p^6 3d^6 (^5D) 4s (^6D) 5s$	$z^7F^\circ - e^7D$	NIST
5058.50		5.5e+04	$3p^6 3d^6 4s^2 - 3p^6 3d^6 (a^3F) 4s 4p (^3P^\circ)$	$b^3D - ^\circ$	NIST
5506.78		5.01e+04	$3p^6 3d^7 (^4F) 4s - 3p^6 3d^6 (^5D) 4s 4p (^3P^\circ)$	$a^5F - z^5D^\circ$	NIST
8263.86			$x^5D^* - e^5P$		HH
8387.77		6.09e+05	$3p^6 3d^7 (^4P) 4s - 3p^6 3d^6 (^5D) 4s 4p (^3P^\circ)$	$a^5P - z^5P^\circ$	NIST
9019.23			$c^3P - z^5G^*$		HH
<b>Fe I]</b>					
3789.18		2.3e+06	$3p^6 3d^7 (^2G) 4s - 3p^6 3d^7 (^2G) 4p$	$a^3G - z^1H^\circ$	NIST
8453.37	8453.08		$y^5D^* - e^5D$		HH
	8453.66		$e^5D - s^6D 6p7F^*$		HH
8850.11			$a^3D - y^3F^*$		HH
8888.77			$y^3P^* - i^5D$		HH
8894.99			$3d^8 3P - u^5P^*$		HH
9019.14			$b^3D - x^5D^*$		HH
9029.06			$y^3P^* - i^5D$		HH
9113.60			$e^7D - 4F 5p5D^*$		HH
9218.37			$z^5S^* - e^3D$		HH
9876.87					3
<b>Fe II</b>					
4004.15			$b^2D - z^2D^*$		HH
4128.75		1.7e+04	$3d^6 (^3P^2) 4s - 3d^6 (^5D) 4p$	$b^4P - z^4D^\circ$	NIST
4300.66			$x^4D^* - e^4F$		HH
4314.29			$a^4H - z^4F^*$		HH
4556.39			$y^6P^* - 5D 4d6D$		HH
4757.65			$c^2P - w^2F^*$		HH
4833.20		4.7e+02	$3d^6 (^3H) 4s - 3d^6 (^5D) 4p$	$a^4H - z^6F^\circ$	NIST
5000.74		1.2e+03	$3d^6 (^3P^2) 4s - 3d^6 (^5D) 4p$	$b^4P - z^6F^\circ$	NIST
5018.43		2.7e+06	$3d^5 4s^2 - 3d^6 (^5D) 4p$	$a^6S - z^6P^\circ$	NIST
5035.71			$e^6F - 4f 4<5>^*$		HH
5169.03		4.2e+06	$3d^5 4s^2 - 3d^6 (^5D) 4p$	$a^6S - z^6P^\circ$	NIST
5465.56			$4P sp6D^* - 4p^2 6D$		HH
5832.89			$3F 4p4G^* - 3F 4d4F$		HH
5944.39	5944.38		$4s^2 4F - 3F 4p4G^*$		HH
	5944.40		$e^4F - 4f 4<3>^*$		HH
6129.70		3.4e+02	$3d^6 (^3G) 4s - 3d^6 (^5D) 4p$	$a^4G - z^6F^\circ$	NIST
6239.95		8.9e+03	$3d^6 (^3D) 4s - 3d^6 (^5D) 4p$	$b^4D - z^4P^\circ$	NIST
6787.04			$5D 5p4D^* - 5D 5d4D$		HH
6840.98			$4D sp6F^* - 4p^2 6D$		HH
6959.32			$b^2G - z^4F^*$		HH
7047.36			$5D 5p4D^* -$		HH
7561.42			$3P 4p4P^* - 5D 5d6P$		HH
7574.45	7574.00		$e^4H - 3H 5p4H^*$		HH
	7574.90		$u^2D^* - 3F 4d4G$		HH



Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
7687.94			w4F* - f4D		HH
7912.68			w6P* - 3H 4d2F		HH
8087.28			3F 4p2F* - 3F 4d2D		HH
8110.22			4P sp4P* - 3F 4d4P		HH
8144.08			e4D - 3F 4p4D*		HH
8973.95			4D sp6D* - 5D 5d4D		HH
8974.52			w4G* - 5D 5d4D		HH
9002.37			4f 4<5>* - 5D 6d6D		HH
<b>Fe II]</b>					
4116.38			e4G - 2I sp2I*		HH
7862.75			e4D - 4D sp6F*		HH
7862.89			4D sp6F* - 5D 5d6P		HH
8334.17			e6D - 3P 4p4P*		HH
8820.00			5D 5p4F* - 5D 6s6D		HH
8946.05			b4D - z6P*		HH
<b>[Fe II]</b>					
3450.40		8.7e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - b <sup>2</sup> F	NIST
3455.11		3.6e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> D	NIST
3664.70		1.4e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>2</sup> D	NIST
3979.18			y2I* - e2H		HH
4114.47		4.5e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>2</sup> H	NIST
4124.79		3.1e+03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4p	a <sup>2</sup> D <sup>2</sup> - z <sup>4</sup> F <sup>o</sup>	NIST
4177.20		1.4e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4178.96		5.1e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>2</sup> H	NIST
4211.10		2.4e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>2</sup> H	NIST
4243.97		9.0e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4249.03			y4F* - e4G		HH
4276.83		6.5e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4287.39		1.5e+00	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	a <sup>6</sup> D - a <sup>6</sup> S	NIST
4319.62		5.3e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4329.43		1.7e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>4</sup> D	NIST
4346.85		2.1e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4351.81		1.4e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>4</sup> D	NIST
4352.78		3.1e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4356.14		8.0e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>2</sup> P	NIST
4358.36		7.3e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4359.33		1.1e+00	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	a <sup>6</sup> D - a <sup>6</sup> S	NIST
4372.43		2.8e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> G	NIST
4402.60		1.3e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>4</sup> D	NIST
4406.46			f4D - 5D 6p4F*		HH
4413.78		8.1e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	a <sup>6</sup> D - a <sup>6</sup> S	NIST
4416.27		4.6e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
4418.14			f4D - 5D 6p4D*		HH
4432.45		5.4e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
4452.10		5.2e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	a <sup>6</sup> D - a <sup>6</sup> S	NIST
4457.95		2.9e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
4474.90		2.6e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	a <sup>6</sup> D - a <sup>6</sup> S	NIST
4488.75		1.5e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
4492.63		6.0e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
4509.60		5.8e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
4515.34		1.8e+05	3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> F <sup>2</sup> ) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4p	b <sup>4</sup> F - z <sup>4</sup> F <sup>o</sup>	NIST
4555.89		2.1e+05	3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> F <sup>2</sup> ) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4p	b <sup>4</sup> F - z <sup>4</sup> F <sup>o</sup>	NIST
4716.35			e6F - 2D sp4F*		HH
4728.07		4.8e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> P	NIST
4745.48		1.3e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4774.72		1.3e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4798.27		8.2e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> P	NIST
4814.53		4.0e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4850.56			v2G* - 3H 4d2F		HH
4852.73		2.2e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4874.49		1.7e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4889.62		3.6e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>6</sup> D - b <sup>4</sup> P	NIST
4905.34		2.2e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4947.37		5.0e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4950.74		1.7e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
4973.39		1.4e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> F	NIST
5035.40		1.1e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>1</sup> D <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>2</sup> P - c <sup>2</sup> D	NIST
5072.39		2.2e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5111.63		1.0e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5158.78		4.4e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5172.47		2.1e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>1</sup> D <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>2</sup> P - c <sup>2</sup> D	NIST
5220.06		1.1e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5261.62		3.1e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5268.87		1.9e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> P	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
5271.09			e6G - 4f 2<3>* 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> P	HH NIST
5273.35		3.7e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5296.83		9.1e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5333.65		2.6e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5376.45		2.6e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> H) 4s	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> H	NIST
5433.13		1.1e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> F - b <sup>4</sup> P	NIST
5495.70			4D sp6P* - 5D 7s6D		HH
5527.61		1.2e-01	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>2</sup> P	NIST
5551.31		1.3e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s	a <sup>4</sup> P - b <sup>4</sup> D	NIST
5581.86			5D 4d6S - 4f 3<2>* 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s	a <sup>4</sup> P - b <sup>4</sup> D	HH NIST
5649.66		1.6e-01	5D 5p4P* - 3G 4d4D		HH
5724.41			3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>2</sup> P	NIST
5746.97		3.7e-01	5D 5p6F* - 4p2 6D		HH
6254.30			3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>1</sup> S <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>2</sup> D <sup>2</sup> - a <sup>2</sup> S	NIST
6279.95		1.7e-01			8
6440.40			3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>2</sup> G - b <sup>2</sup> F	NIST
6473.86		2.8e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>2</sup> G - b <sup>2</sup> F	NIST
		3.5e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> G) 4s	a <sup>2</sup> G - b <sup>2</sup> G	NIST
6700.64		1.2e-02			9
6710.97			3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> F <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
6933.66		1.7e-03	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> F <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>4</sup> F	NIST
7047.99		1.6e-02	5D 5p4F* - 5D 5d4D		HH
7093.95			3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>2</sup> G	NIST
7155.16		1.5e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>2</sup> G	NIST
7172.00		5.6e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4p	b <sup>4</sup> D - z <sup>4</sup> F <sup>o</sup>	NIST
7301.56		2.7e+03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>2</sup> P - b <sup>2</sup> F	NIST
7330.22		1.4e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>2</sup> G	NIST
7388.18		4.3e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>2</sup> G	NIST
7452.54		4.8e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>2</sup> G	NIST
7613.12		1.2e-02	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> P <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>4</sup> D - b <sup>4</sup> P	NIST
7675.65			c4P - z2D*		HH
7686.94		1.8e-03	3d <sup>6</sup> ( <sup>5</sup> D) 4s - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>6</sup> D - a <sup>4</sup> P	NIST
7926.88			u2D* - 5D 5d6D		HH
8616.95		1.9e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> P	NIST
8891.91		1.1e-02	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> P	NIST
9033.50		8.2e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> P	NIST
9051.95		4.9e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> P	NIST
9133.62		3.0e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> F <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>2</sup> G - a <sup>2</sup> F	NIST
		3.9e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3d <sup>6</sup> ( <sup>3</sup> F <sup>2</sup> ) 4s	a <sup>2</sup> G - a <sup>2</sup> F	NIST
9226.62		6.9e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup>	a <sup>4</sup> F - a <sup>4</sup> P	NIST
[Fe III]					
3322.50			3d6 5D - 6S 4s7S		HH
3334.90		1.1e-01	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> D	NIST
3632.02			4G 4d5G - 6S 5f5F*		HH
3976.95			b2G 4s3G - 4F 4p3G*		HH
4008.35		1.9e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> G	NIST
4046.42		8.0e-03	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> G	NIST
4079.70		3.7e-03	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> G	NIST
4131.00			b2F 4s1F - 4D 4p5F*		HH
4573.95			6S 5p7P* - 4D 5s5D		HH
4607.03		3.8e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4658.05		4.4e-01	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4667.01		2.6e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4701.53		2.7e-01	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4733.91		1.0e-01	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4754.69		8.1e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4769.43		8.7e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4777.68		4.9e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> F <sup>2</sup>	NIST
4824.82			4P 5s5P - 4D 5p5D*		HH
4881.00		4.8e-03	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> H	NIST
4884.00					17
4924.50					3, 6
4930.54		6.7e-01	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> P <sup>2</sup>	NIST
4936.20					17
4985.93			4P 5s5P - 4D 5p5F*		HH
4987.20					3, 6
5011.26		5.3e-01	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> P <sup>2</sup>	NIST
5032.76			4F 4d5H - 4F 5p5F*		HH
5084.77		9.1e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> P <sup>2</sup>	NIST
5146.70					1, 6
5270.40		4.0e-01	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> P <sup>2</sup>	NIST
5411.98		3.8e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>5</sup> D - <sup>3</sup> P <sup>2</sup>	NIST
5440.02					4
6096.30		9.6e-02	3d <sup>6</sup> - 3d <sup>6</sup>	<sup>3</sup> P <sup>2</sup> - <sup>1</sup> D <sup>2</sup>	NIST
8728.12			4D 4d5D - 4G 5p5G*		HH

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
8838.20					9
			[Fe IV]		
3970.90		2.8e-02	$3d^5 - 3d^5$	$2G^2 - 2G^1$	NIST
4206.60		4.2e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 2H$	NIST
4208.88		1.3e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 2H$	NIST
4491.58			3F1 4s2F - 3F2 4p4F*		HH
4868.06	4867.95	1.9e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
		6.4e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
	4868.16	1.4e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
		1.8e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
4888.63		4.0e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
4899.97		3.9e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
		1.5e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
4903.07		6.7e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
		1.3e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
4906.56		2.1e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
		1.1e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
4917.97		7.3e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
		4.5e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 4F$	NIST
5032.45		2.1e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 2F^2$	NIST
5033.59		4.7e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4G - 2F^2$	NIST
5234.80					4
6739.80					1, 9
6740.63					4
6755.90					9
6756.62					4
6761.30					10
6762.15					4
6997.10					4
7036.30					4
7183.99					4
7190.80		1.8e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4D - 4F$	NIST
		1.2e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4D - 4F$	NIST
7222.80		1.4e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4D - 4F$	NIST
		2.3e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4D - 4F$	NIST
7925.00		1.0e-01	$3d^5 - 3d^5$	$4D - 2F^2$	NIST
8024.10		3.4e-02	$3d^5 - 3d^5$	$4D - 2F^2$	NIST
			[Fe V]		
3783.22		1.6e-01	$3d^4 - 3d^4$	$5D - 3F^2$	NIST
3839.27		4.0e-01	$3d^4 - 3d^4$	$5D - 3F^2$	NIST
3891.28		7.4e-01	$3d^4 - 3d^4$	$5D - 3F^2$	NIST
3895.22		7.1e-01	$3d^4 - 3d^4$	$5D - 3F^2$	NIST
3911.33		6.6e-02	$3d^4 - 3d^4$	$5D - 3F^2$	NIST
4180.60		1.3e+00	$3d^4 - 3d^4$	$5D - 3F^2$	NIST
4227.19		1.1e-03	$3d^4 - 3d^4$	$5D - 3H$	NIST
8137.20		1.1e-01	$3d^4 - 3d^4$	$3H - 1I$	NIST
			[Fe VI]		
3492.10		2.7e-04	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2D^2$	NIST
		3.9e-01	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2D^2$	NIST
3555.60		5.4e-04	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2D^2$	NIST
		7.3e-01	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2D^2$	NIST
3662.50		3.4e-04	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2D^2$	NIST
		1.1e+00	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2D^2$	NIST
3740.93		6.9e-03	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2H$	NIST
3870.13		9.7e-02	$3d^3 - 3d^3$	$2F - 2D^1$	NIST
3928.90		3.7e-01	$3d^3 - 3d^3$	$2F - 2D^1$	NIST
		4.7e-01	$3d^3 - 3d^3$	$2F - 2D^1$	NIST
4807.50					17
4850.90					17
4967.14		2.5e-01	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2G$	NIST
4972.47		2.4e-01	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2G$	NIST
5145.75		2.6e-01	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2G$	NIST
5146.80					4
5176.04		6.2e-01	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2G$	NIST
5177.00					17
5234.28		5.6e-03	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
		1.4e-03	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
5236.60					17
5277.80		1.3e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
		4.1e-03	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
5279.20					17
5335.18		3.3e-04	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
		6.0e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
5370.29		1.3e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 2G$	NIST
5424.22		3.3e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
		1.8e-03	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
5426.64		2.6e-03	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
		2.1e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
5427.00					17
5484.84		3.4e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
5631.10		3.8e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
5677.00		5.2e-02	$3d^3 - 3d^3$	$4F - 4P$	NIST
			[Fe VII]		
3586.32		3.1e-01	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 1G$	NIST
3759.90					17
4893.37		1.7e-03	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 3P$	NIST
		3.4e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 3P$	NIST
4942.48		5.9e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 3P$	NIST
		1.8e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 3P$	NIST
4988.55		9.4e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 3P$	NIST
4989.40					17
5158.89		5.3e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 3P$	NIST
5276.38		5.0e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 3P$	NIST
5720.70		2.9e-04	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 1D$	NIST
		3.6e-01	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 1D$	NIST
6085.50					17
6087.00		5.8e-01	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 1D$	NIST
		4.3e-04	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$3F - 1D$	NIST
8729.90		1.2e-03	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$1D - 1G$	NIST
			H I		
3653.61					8
3653.96					8
3654.35					8
3654.76					8
3655.12			$2p+ 2P^* - 40d+ 2D$		HH
3655.59			$2p+ 2P^* - 39d+ 2D$		HH
3656.11			$2p+ 2P^* - 38d+ 2D$		HH
3656.66			$2p+ 2P^* - 37d+ 2D$		HH
3657.27			$2p+ 2P^* - 36d+ 2D$		HH
3657.92			$2p+ 2P^* - 35d+ 2D$		HH
3658.64			$2p+ 2P^* - 34d+ 2D$		HH
3659.42			$2p+ 2P^* - 33d+ 2D$		HH
3660.28			$2p+ 2P^* - 32d+ 2D$		HH
3661.22			$2p+ 2P^* - 31d+ 2D$		HH
3662.26			$2p+ 2P^* - 30d+ 2D$		HH
3663.40			$2p+ 2P^* - 29d+ 2D$		HH
3664.68			$2p+ 2P^* - 28d+ 2D$		HH
3666.10			$2p+ 2P^* - 27d+ 2D$		HH
3667.68			$2p+ 2P^* - 26d+ 2D$		HH
3669.46			$2p+ 2P^* - 25d+ 2D$		HH
3671.48			$2p+ 2P^* - 24d+ 2D$		HH
3673.76			$2p+ 2P^* - 23d+ 2D$		HH
3676.36			$2p+ 2P^* - 22d+ 2D$		HH
3679.35			$2p+ 2P^* - 21d+ 2D$		HH
3682.81			$2p+ 2P^* - 20d+ 2D$		HH
3686.83			$2p+ 2P^* - 19d+ 2D$		HH
3691.56			$2p+ 2P^* - 18d+ 2D$		HH
3697.15			$2p+ 2P^* - 17d+ 2D$		HH
3703.85			$2p+ 2P^* - 16d+ 2D$		HH
S 3711.97			$2p+ 2P^* - 15d+ 2D$		HH
3721.94			$2p+ 2P^* - 14d+ 2D$		HH
3734.37			$2p+ 2P^* - 13d+ 2D$		HH
3750.15			$2p+ 2P^* - 12d+ 2D$		HH
3770.63			$2p+ 2P^* - 11d+ 2D$		HH
3797.90			$2p+ 2P^* - 10d+ 2D$		HH
3835.38			$2p+ 2P^* - 9d+ 2D$		HH
3889.05			$2p+ 2P^* - 8d+ 2D$		HH
3970.07			$2p+ 2P^* - 7d+ 2D$		HH
4101.74		5.145e+06	$2p - 6d$	$2P^o - 2D$	NIST
		8.575e+05	$2p - 6d$	$2P^o - 2D$	NIST
4340.47		9.425e+06	$2p - 5d$	$2P^o - 2D$	NIST
		1.571e+06	$2p - 5d$	$2P^o - 2D$	NIST
4861.33		2.062e+07	$2p - 4d$	$2P^o - 2D$	NIST
		3.437e+06	$2p - 4d$	$2P^o - 2D$	NIST
6562.85		6.465e+07	$2p - 3d$	$2P^o - 2D$	NIST
8243.70					2
8245.64					3, 6

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
8247.73					3, 6
8249.97					3, 6
8252.40					3, 6
8255.02			3d+ 2D - 38f+ 2F*		HH
8257.86			3d+ 2D - 37f+ 2F*		HH
8260.94			3d+ 2D - 36f+ 2F*		HH
8264.29			3d+ 2D - 35f+ 2F*		HH
8267.94			3d+ 2D - 34f+ 2F*		HH
8271.93			3d+ 2D - 33f+ 2F*		HH
8276.31			3d+ 2D - 32f+ 2F*		HH
8281.12			3d+ 2D - 31f+ 2F*		HH
8286.43			3d+ 2D - 30f+ 2F*		HH
8292.31			3d+ 2D - 29f+ 2F*		HH
8298.84			3d+ 2D - 28f+ 2F*		HH
8306.11			3d+ 2D - 27f+ 2F*		HH
8314.26			3d+ 2D - 26f+ 2F*		HH
8323.43			3d+ 2D - 25f+ 2F*		HH
8333.78			3d+ 2D - 24f+ 2F*		HH
8345.55			3d+ 2D - 23f+ 2F*		HH
8359.00			3d+ 2D - 22f+ 2F*		HH
8374.48			3d+ 2D - 21f+ 2F*		HH
8392.40			3d+ 2D - 20f+ 2F*		HH
8413.32			3d+ 2D - 19f+ 2F*		HH
8437.96			3d+ 2D - 18f+ 2F*		HH
8467.25			3d+ 2D - 17f+ 2F*		HH
8502.48			3d+ 2D - 16f+ 2F*		HH
8542.00					13
8545.38			3d+ 2D - 15f+ 2F*		HH
8596.00					13
8598.39			3d+ 2D - 14f+ 2F*		HH
8665.02			3d+ 2D - 13f+ 2F*		HH
8750.47			3d+ 2D - 12f+ 2F*		HH
8862.78			3d+ 2D - 11f+ 2F*		HH
9014.91			3d+ 2D - 10f+ 2F*		HH
9229.02			3d+ 2D - 9f+ 2F*		HH
9545.97			3d+ 2D - 8f+ 2F*		HH
10049.37			3d+ 2D - 7f+ 2F*		HH
10830.00					14
10938.10		2.003e+06	3d - 6f	$2D - 2F^{\circ}$	NIST
<b>He I</b>					
3187.74		5.05e+06	1s 2s - 1s 4p	$3S - 3P^{\circ}$	NIST
3296.77		9.01e+05	1s 2s - 1s 8p	$1S - 1P^{\circ}$	NIST
3354.55		1.30e+06	1s 2s - 1s 7p	$1S - 1P^{\circ}$	NIST
3447.59		2.39e+06	1s 2s - 1s 6p	$1S - 1P^{\circ}$	NIST
3465.94					9
3471.83			2p 3P* - 16d 3D		HH
3478.97			2p 3P* - 15d 3D		HH
3487.73			2p 3P* - 14d 3D		HH
3498.66			2p 3P* - 13d 3D		HH
3512.52			2p 3P* - 12d 3D		HH
3530.50			2p 3P* - 11d 3D		HH
3536.82			2p 3P* - 11s 3S		HH
3554.42		1.31e+06	1s 2p - 1s 10d	$3P^{\circ} - 3D$	NIST
3587.28		2.05e+06	1s 2p - 1s 9d	$3P^{\circ} - 3D$	NIST
3613.64		3.76e+06	1s 2s - 1s 5p	$1S - 1P^{\circ}$	NIST
3634.25		2.61e+06	1s 2p - 1s 8d	$3P^{\circ} - 3D$	NIST
3652.00		1.08e+06	1s 2p - 1s 8s	$3P^{\circ} - 3S$	NIST
3705.02		4.44e+06	1s 2p - 1s 7d	$3P^{\circ} - 3D$	NIST
3732.88			2p 3P* - 7s 3S		HH
3756.10			2p 1P* - 14d 1D		HH
3768.81			2p 1P* - 13d 1D		HH
3784.89			2p 1P* - 12d 1D		HH
3787.40					9
3805.76			2p 1P* - 11d 1D		HH
3819.62		5.89e+06	1s 2p - 1s 6d	$3P^{\circ} - 3D$	NIST
3833.55		9.71e+05	1s 2p - 1s 10d	$1P^{\circ} - 1D$	NIST
3838.10			2p 1P* - 10s 1S		HH
3867.49		2.36e+06	1s 2p - 1s 6s	$3P^{\circ} - 3S$	NIST
3871.79		1.26e+06	1s 2p - 1s 9d	$1P^{\circ} - 1D$	NIST
3878.18			2p 1P* - 9s 1S		HH
3888.64		9.478e+06	1s 2s - 1s 3p	$3S - 3P^{\circ}$	NIST
3926.54		1.95e+06	1s 2p - 1s 8d	$1P^{\circ} - 1D$	NIST
3935.94		7.18e+05	1s 2p - 1s 8s	$1P^{\circ} - 1S$	NIST
3964.73		7.17e+06	1s 2s - 1s 4p	$1S - 1P^{\circ}$	NIST
4009.25		2.79e+06	1s 2p - 1s 7d	$1P^{\circ} - 1D$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4023.98		1.09e+06	1s 2p - 1s 7s	$1P^\circ - 1S$	NIST
4026.21		1.17e+07	1s 2p - 1s 5d	$3P^\circ - 3D$	NIST
4120.84		4.30e+06	1s 2p - 1s 5s	$3P^\circ - 3S$	NIST
4143.76		4.95e+06	1s 2p - 1s 6d	$1P^\circ - 1D$	NIST
4168.97		1.76e+06	1s 2p - 1s 6s	$1P^\circ - 1S$	NIST
4387.93		9.07e+06	1s 2p - 1s 5d	$1P^\circ - 1D$	NIST
4437.55		3.13e+06	1s 2p - 1s 5s	$1P^\circ - 1S$	NIST
4471.50		2.51e+07	1s 2p - 1s 4d	$3P^\circ - 3D$	NIST
4713.17		1.06e+07	1s 2p - 1s 4s	$3P^\circ - 3S$	NIST
4921.93		2.02e+07	1s 2p - 1s 4d	$1P^\circ - 1D$	NIST
5015.68		1.338e+07	1s 2s - 1s 3p	$1S - 1P^\circ$	NIST
5047.74		6.55e+06	1s 2p - 1s 4s	$1P^\circ - 1S$	NIST
5875.66		7.06e+07	1s 2p - 1s 3d	$3P^\circ - 3D$	NIST
6678.15		6.38e+07	1s 2p - 1s 3d	$1P^\circ - 1D$	NIST
6704.60					4
6755.85					9
6769.55					4
6785.73					4
6804.90					4
6855.96					4
6933.91					2, 6
6989.47					3, 9
7062.26					3, 6
7065.25		2.77e+07	1s 2p - 1s 3s	$3P^\circ - 3S$	NIST
7160.56					11
7281.35		1.81e+07	1s 2p - 1s 3s	$1P^\circ - 1S$	NIST
7298.04			3s 3S - 9p 3P*		HH
7499.85			3s 3S - 8p 3P*		HH
7679.52					4
7714.54					1
7757.67					4
7811.68					9
7816.14			3s 3S - 7p 3P*		HH
7937.13					9
7971.67					4
8015.99					4
8035.10					4
8057.00					3, 6
8084.33					4
8093.31					4
8094.11					11
8116.00					3, 6
8155.66					3, 9
8203.85					3, 6
8264.57					12
8265.70			3s 1S - 9p 1P*		HH
8342.33					3, 6
8361.73		7.16e+04	1s 3s - 1s 6p	$3S - 3P^\circ$	NIST
8376.00					3, 9
8378.77					4
8397.00					3, 6
8422.00					3, 6
8424.00					1, 9
8444.34					3, 6
8451.00					2, 6
8453.50					5
8486.00					3, 6
8486.27					3, 9
8488.00					3, 6
8488.75	8488.73				9
8488.77	8488.77				9
8518.04			3s 1S - 8p 1P*		HH
8528.99					3, 6
8529.05					4
8531.48					3, 9
8582.64					11
8608.36					4
8632.74					11
8648.10					4
8650.81					12
8651.70					4
8727.95					4
8733.43					3, 6
8736.04					3, 6
8740.04					4
8776.74			3p 3P* - 9d 3D		HH

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
8816.82					3, 6
8830.61					4
8845.38					3, 6
8846.46					4
8848.05					3, 6
8849.18					11
8854.11					3, 6
8914.77					11
8930.97					3, 9
8996.98					11
8999.74					11
9009.15					11
9063.32			3p 3P* - 8d 3D		HH
9085.42					11
9111.03					11
9174.52			3p 3P* - 8s 3S		HH
9210.34			3d 3D - 9f 3F*		HH
9213.23					11
9303.16			3p 1P* - 9d 1D		HH
9463.58	6.08e+05		1s.3s - 1s.5p	$^3S - ^3P^o$	NIST
9516.60			3p 3P* - 7d 3D		HH
9526.17			3d 3D - 8f 3F*		HH
9603.44	5.64e+05		1s 3s - 1s 6p	$^1S - ^1P^o$	NIST
9702.65	8.58e+05		1s 3p - 1s 7s	$^3P^o - ^3S$	NIST
10027.70			3d 3D - 7f 3F*		HH
10031.20			3d 1D - 7f 1F*		HH
10138.42			3p 1P* - 7d 1D		HH
10310.70					6, 9
10311.27	1.97e+06		1s 3p - 1s 6d	$^3P^o - ^3D$	NIST
10830.17	1.022e+07		1s 2s - 1s 2p	$^3S - ^3P^o$	NIST
10912.92	2.12e+06		1s 3d - 1s 6f	$^3D - ^3F^o$	NIST
10917.10	2.12e+06		1s 3d - 1s 6f	$^1D - ^1F^o$	NIST
<b>He II</b>					
3715.16			4f+ 2F* - 29g+ 2G		HH
3720.41			4f+ 2F* - 28g+ 2G		HH
3726.27			4f+ 2F* - 27g+ 2G		HH
3732.83			4f+ 2F* - 26g+ 2G		HH
3740.23			4f+ 2F* - 25g+ 2G		HH
3748.61			4f+ 2F* - 24g+ 2G		HH
3758.15			4f+ 2F* - 23g+ 2G		HH
3769.08			4f+ 2F* - 22g+ 2G		HH
3781.68			4f+ 2F* - 21g+ 2G		HH
3796.33			4f+ 2F* - 20g+ 2G		HH
3813.50			4f+ 2F* - 19g+ 2G		HH
3833.80			4f+ 2F* - 18g+ 2G		HH
3858.07			4f+ 2F* - 17g+ 2G		HH
3887.44			4f+ 2F* - 16g+ 2G		HH
3923.48			4f+ 2F* - 15g+ 2G		HH
3968.43			4f+ 2F* - 14g+ 2G		HH
4025.60			4f+ 2F* - 13g+ 2G		HH
4100.04			4f+ 2F* - 12g+ 2G		HH
4199.83			4f+ 2F* - 11g+ 2G		HH
4332.00					4
4338.67			4f+ 2F* - 10g+ 2G		HH
4541.59			4f+ 2F* - 9g+ 2G		HH
4685.68			3d+ 2D - 4f+ 2F*		HH
4852.00					4
4859.32			4f+ 2F* - 8g+ 2G		HH
5411.52			4f+ 2F* - 7g+ 2G		HH
5752.00					4
5754.40					4
5757.00					4
5759.44					4
5762.63					4
5765.70					4
5769.20					4
5772.20					4
5776.40					4
5780.50					4
5784.94					4
5789.65					4
5794.57					4
5800.40					4
5806.50					4
5813.10					4

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
5820.40					4
5828.60					4
5836.50					4
5847.10					4
5857.27			5g+ 2G - 30h+ 2H*		HH
5869.04			5g+ 2G - 29h+ 2H*		HH
5882.14			5g+ 2G - 28h+ 2H*		HH
5896.79			5g+ 2G - 27h+ 2H*		HH
5913.26			5g+ 2G - 26h+ 2H*		HH
5931.84			5g+ 2G - 25h+ 2H*		HH
5952.94			5g+ 2G - 24h+ 2H*		HH
5977.04			5g+ 2G - 23h+ 2H*		HH
6004.73			5g+ 2G - 22h+ 2H*		HH
6036.70			5g+ 2G - 21h+ 2H*		HH
6074.10			5g+ 2G - 20h+ 2H*		HH
6118.20			5g+ 2G - 19h+ 2H*		HH
6170.60			5g+ 2G - 18h+ 2H*		HH
6233.80			5g+ 2G - 17h+ 2H*		HH
6310.80			5g+ 2G - 16h+ 2H*		HH
6406.30			5g+ 2G - 15h+ 2H*		HH
6527.11			5g+ 2G - 14h+ 2H*		HH
6560.10			4f+ 2F* - 6g+ 2G		HH
6683.20			5g+ 2G - 13h+ 2H*		HH
6890.88			5g+ 2G - 12h+ 2H*		HH
7177.50			5g+ 2G - 11h+ 2H*		HH
7592.74			5g+ 2G - 10h+ 2H*		HH
8236.77			5g+ 2G - 9h+ 2H*		HH
8319.91					4
8330.26					4
8370.93					4
8398.90					4
8409.80					4
8421.55					4
8434.38					4
8448.39					4
8463.70					4
8480.67					4
8498.90					4
8519.40					4
8541.80					4
8566.99					4
8594.91					4
8626.10					4
8661.40					4
8701.30					4
8747.00					4
8798.90					4
8859.25					4
8929.21					4
9011.20					4
9108.50					4
			[I II]		
7282.83			5p4 3P - 5p4 1D		HH
			[K IV]		
4510.92		3.9e+00	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$^1D - ^1S$	NIST
6101.83		3.2e-03	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$^3P - ^1D$	NIST
		8.3e-01	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$^3P - ^1D$	NIST
6795.00		2.6e-04	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$^3P - ^1D$	NIST
		2.01e-01	$3s^2 3p^4 - 3s^2 3p^4$	$^3P - ^1D$	NIST
			[K V]		
4120.00					17
4122.62		4.4e-03	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
		2.5e-03	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
4160.00					17
4163.32		2.7e-03	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
		1.09e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
6446.30		1.9e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$^2D^{\circ} - ^2P^{\circ}$	NIST
			[K VI]		
5602.44		5.4e-01	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
		7.4e-04	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
5603.00					17
6228.60		1.17e+00	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST



Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
		3.0e-03	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$^3P - ^1D$	NIST
6826.90			[Kr III]		4
5346.10			[Kr IV]		4
5868.00					4
6107.80					4
6256.50			[Kr V]		4
4621.00			[La V]		4
			<b>Mg I</b>		
4571.10		2.54e+02	$2p^6 3s^2 - 3s 3p$	$^1S - ^3P^o$	NIST
7691.55		2.66e+06	$3s 3d - 3s 7f$	$^1D - ^1F^o$	NIST
7930.79		8.41e+04	$3s 3d - 3s 10f$	$^3D - ^3F^o$	NIST
8806.76		1.27e+07	$3s 3p - 3s 3d$	$^1P^o - ^1D$	NIST
8989.03			$3s 4p - 3s 8s$	$^3P^o - ^3S$	NIST
4562.60		3.98e-03	$2p^6 3s^2 - 3s 3p$	$^1S - ^3P^o$	NIST
			<b>Mg II</b>		
4481.20	4481.13	2.33e+08	$2p^6 3d - 2p^6 4f$	$^2D - ^2F^o$	NIST
	4481.15	1.55e+07	$2p^6 3d - 2p^6 4f$	$^2D - ^2F^o$	NIST
	4481.33	2.17e+08	$2p^6 3d - 2p^6 4f$	$^2D - ^2F^o$	NIST
5069.44	5069.07	4.43e+04	$2p^6 4d - 2p^6 8p$	$^2D - ^2P^o$	NIST
	5069.80	4.35e+05	$2p^6 4d - 2p^6 8p$	$^2D - ^2P^o$	NIST
7790.98		1.84e+05	$2p^6 5s - 2p^6 6p$	$^2S - ^2P^o$	NIST
7877.05		6.58e+07	$2p^6 4p - 2p^6 4d$	$^2P^o - ^2D$	NIST
7896.37		7.86e+07	$2p^6 4p - 2p^6 4d$	$^2P^o - ^2D$	NIST
9244.27		3.61e+07	$2p^6 4s - 2p^6 4p$	$^2S - ^2P^o$	NIST
3488.72		1.17e-01	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^2D^o - ^2P^o$	NIST
	3.21e+00		$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^2D^o - ^2P^o$	NIST
			<b>Mn I</b>		
3912.73		4.2e+06	$3d^6 ({}^3P^2) 4s - 3d^6 (a {}^3P) 4p$	$b {}^4P - ^2D^o$	NIST
7782.20			$z6F^* - i6D$		HH
			<b>Mn II</b>		
4364.61					9
4997.02			$w5P^* - g5D$		HH
6760.79			$c1F - z3G^*$		HH
5929.57			[Mn II]		3
6821.16			[Mn III]		9
			<b>[Mn V]</b>		
4052.28		1.7e-01	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2D^2$	NIST
4201.40		4.2e-01	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2D^2$	NIST
4564.70		2.7e-01	$3d^3 - 3d^3$	$^2F - ^2D^1$	NIST
		9.1e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^2F - ^2D^1$	NIST
5692.00		9.6e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2G$	NIST
5701.80		8.8e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2G$	NIST
5711.20		2.0e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^2P - ^2F$	NIST
5861.00		9.6e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2G$	NIST
5885.40		2.4e-01	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^2G$	NIST
5990.10		4.1e-03	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6024.40		9.3e-03	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6083.30		4.4e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6157.60		2.6e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6166.00		1.6e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6219.10		2.6e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6343.60		3.1e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6393.60		4.1e-02	$3d^3 - 3d^3$	$^4F - ^4P$	NIST
6471.30		1.2e-03	$3d^3 - 3d^3$	$^2H - ^2F$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
[Mn VI]					
5536.50		2.3e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
		3.8e-04	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
5590.70		1.3e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
		1.3e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
5622.10		6.4e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
5775.10		3.7e-02	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	NIST
6852.10		1.7e-04	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^1D$	NIST
		2.4e-01	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^1D$	NIST
N I					
4261.28			3s 4P - 4p 4D*		HH
4895.05			3p 4P* - 10s 4P		HH
4975.04			3p 4P* - 8d 4D		HH
5423.20			3p 2P* - 10d 2D		HH
5518.34	5518.10	1.20e+05	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5d$	$^4D^{\circ} - ^4D$	NIST
	5518.58	2.05e+05	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5d$	$^4D^{\circ} - ^4D$	NIST
5545.07	5545.00	4.33e+05	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5d$	$^4D^{\circ} - ^4D$	NIST
	5545.14	9.59e+04	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5d$	$^4D^{\circ} - ^4D$	NIST
5840.89			3p 4P* - 6s 4P		HH
6769.61		8.02e+05	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 4d$	$^4P^{\circ} - ^4P$	NIST
6945.18		1.83e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5s$	$^4P^{\circ} - ^4P$	NIST
6982.03		2.04e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5s$	$^4P^{\circ} - ^4P$	NIST
7423.64		5.95e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4S^{\circ}$	NIST
7442.29		1.24e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4S^{\circ}$	NIST
7468.31		1.93e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4S^{\circ}$	NIST
7507.61		2.30e+05	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5s$	$^2D^{\circ} - ^2P$	NIST
7918.44			3p 2P* - 4d 4D		HH
7959.70					3, 6
8150.68		9.29e+05	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5s$	$^2P^{\circ} - ^2P$	NIST
8166.40	8166.23	1.32e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 5p$	$^2D - ^2D^{\circ}$	NIST
	8166.56	9.39e+05	$2s^2 2p^2 (^1D) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 5p$	$^2D - ^2D^{\circ}$	NIST
8184.87		8.58e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4P^{\circ}$	NIST
8188.02		1.27e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4P^{\circ}$	NIST
8200.36		4.95e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4P^{\circ}$	NIST
8210.72		4.84e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4P^{\circ}$	NIST
8216.34		2.23e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4P^{\circ}$	NIST
8223.14		2.64e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4P^{\circ}$	NIST
8242.39		1.36e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4P^{\circ}$	NIST
8567.74		4.92e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^2P - ^2P^{\circ}$	NIST
8594.00		2.09e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^2P - ^2P^{\circ}$	NIST
8680.28		2.46e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
8683.40		1.80e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
8686.15		1.09e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
8703.25		2.10e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
8711.70		1.28e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
8718.83		6.75e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
8728.89		3.76e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
8747.37		1.04e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$^4P - ^4D^{\circ}$	NIST
10344.60	10344.70				9
	10344.80				9
[N I]					
3466.38					4
5197.90		1.90e-05	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
		3.60e-06	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
5200.26		2.45e-07	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
		5.52e-06	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$^4S^{\circ} - ^2D^{\circ}$	NIST
N II					
3456.83					9
3838.37		6.98e+07	$2s^2 2p (^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p (^2P^{\circ}) 4s$	$^3P - ^3P^{\circ}$	NIST
3916.38					1
3994.98		1.35e+08	$2s^2 2p (^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p (^2P^{\circ}) 3p$	$^1P^{\circ} - ^1D$	NIST
4026.08			3d 3F* - 4f 2<5>		HH
4035.08			3d 3F* - 4f 2<4>		HH
4039.35			3d 3F* - 4f 2<5>		HH
4041.31			3d 3F* - 4f 2<5>		HH
4043.53			3d 3F* - 4f 2<4>		HH
4056.90			3d 3F* - 4f 2<4>		HH
4131.78			3d 1D* - 4f 2<4>		HH
4145.77		7.36e+07	$2s 2p^2 (^4P) 3s - 2s 2p^2 (^4P) 3p$	$^5P - ^5S^{\circ}$	NIST
4156.39			3d 3D* - 4f 2<2>		HH
4176.16			3d 1D* - 4f 1<3>		HH
4179.67			3d 3D* - 4f 2<3>		HH
4201.35			3d 3D* - 4f 2<4>		HH

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4217.10			4d 3D* - 10p 3P		HH
4236.98	4236.91		3d 3D* - 4f 1<3>		HH
	4237.05		3d 3D* - 4f 1<4>		HH
4241.24			3d 3D* - 4f 1<3>		HH
4241.78			3d 3D* - 4f 1<3>		HH
4242.49			3d 3D* - 4f 1<4>		HH
4247.20			3d 3D* - 4f 1<3>		HH
4261.62					4
4417.82			3d 3P* - 4f 2<2>		HH
4431.82			3d 3P* - 4f 2<3>		HH
4442.02			3d 3P* - 4f 2<3>		HH
4465.53		2.36e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3P <sup>o</sup>	NIST
4530.41			3d 1F* - 4f 2<5>		HH
4552.53			3d 1F* - 4f 2<4>		HH
4601.48		2.35e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3P	NIST
4607.16		3.26e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3P	NIST
4613.87		2.26e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3P	NIST
4621.39		9.55e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3P	NIST
4630.54		7.72e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3P	NIST
4643.08		4.51e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3P	NIST
4678.14			3d 1P* - 4f 2<2>		HH
4694.27		1.23e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3d	5D <sup>o</sup> - 5D	NIST
4774.24		3.24e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3D <sup>o</sup>	NIST
4779.72		2.52e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3D <sup>o</sup>	NIST
4781.19		2.05e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3D <sup>o</sup>	NIST
4788.13		2.52e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3D <sup>o</sup>	NIST
4793.65		7.77e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3D <sup>o</sup>	NIST
4803.29		3.18e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3D <sup>o</sup>	NIST
4815.62		2.61e+05	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3d	5D <sup>o</sup> - 5P	NIST
4895.11		4.26e+06	2s 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	1D <sup>o</sup> - 1P	NIST
4987.37		7.48e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3S - 3P <sup>o</sup>	NIST
4994.37	4994.36	2.62e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3s - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p	5P - 5P <sup>o</sup>	NIST
	4994.37	7.60e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3S - 3P <sup>o</sup>	NIST
5001.13		9.76e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3P <sup>o</sup>	NIST
5001.47		1.05e+08	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3P <sup>o</sup>	NIST
5025.66		1.07e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3P <sup>o</sup>	NIST
5040.71		3.78e+05	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3D - 3P <sup>o</sup>	NIST
5045.10		3.42e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3S	NIST
5073.59		2.59e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	1P <sup>o</sup> - 3S	NIST
5179.43	5179.34	8.67e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3d	5P <sup>o</sup> - 5D	NIST
	5179.52	1.07e+08	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3d	5D <sup>o</sup> - 5F	NIST
5183.20		2.88e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3d	5P <sup>o</sup> - 5D	NIST
5190.38		1.77e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3d	5D <sup>o</sup> - 5F	NIST
5452.07		8.89e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3P <sup>o</sup>	NIST
5454.22		3.34e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3P <sup>o</sup>	NIST
5462.58		1.00e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3P <sup>o</sup>	NIST
5476.13			3s' 3P - 7d 3D*		HH
5480.05		1.30e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3P <sup>o</sup>	NIST
5495.67		2.40e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3P <sup>o</sup>	NIST
5504.67			4p 3D - 5d 3P*		HH
5530.24		4.04e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3s - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p	5P - 5D <sup>o</sup>	NIST
5535.37	5535.36	6.04e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3s - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p	5P - 5D <sup>o</sup>	NIST
	5535.38	4.53e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3s - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p	5P - 5D <sup>o</sup>	NIST
5551.92		2.00e+07	2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3s - 2s 2p <sup>2</sup> (4P) 3p	5P - 5D <sup>o</sup>	NIST
5666.63		3.74e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3D	NIST
5676.02		2.96e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3D	NIST
5678.20					17
5679.56		5.25e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3D	NIST
5686.21		1.94e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3D	NIST
5710.77		1.24e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	3P <sup>o</sup> - 3D	NIST
5927.81		3.22e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3D <sup>o</sup>	NIST
5931.78		4.27e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3D <sup>o</sup>	NIST
5940.24		2.26e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3D <sup>o</sup>	NIST
5941.65		5.54e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3D <sup>o</sup>	NIST
5952.39		1.27e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d	3P - 3D <sup>o</sup>	NIST
6114.60		4.76e+04	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 4p	3F <sup>o</sup> - 3D	NIST
6150.90		2.89e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 4p	3F <sup>o</sup> - 3D	NIST
6242.41		3.03e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 4p	1F <sup>o</sup> - 1D	NIST
6482.05		3.01e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3s - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3p	1P <sup>o</sup> - 1P	NIST
6516.15			4d 1P* - 6f 2<3>		HH
6744.39					9
6809.98		2.31e+07	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 4p	3P <sup>o</sup> - 3S	NIST
6818.22					1
6975.63		3.42e+06	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 4p	3P <sup>o</sup> - 3P	NIST
7188.18		6.34e+05	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 4p	3P <sup>o</sup> - 3D	NIST
7214.71		9.03e+04	2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p (2P <sup>o</sup> ) 4p	3P <sup>o</sup> - 3D	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
7241.78		8.38e+05	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	${}^3P^{\circ} - {}^3D$	NIST
7256.54		1.10e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	${}^3P^{\circ} - {}^3D$	NIST
7509.24			$3d 3P^* - 4p 1P$		HH
7535.21					9
7762.24		8.74e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^1D - {}^1D^{\circ}$	NIST
7897.63		2.27e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 5s$	${}^1P - {}^1P^{\circ}$	NIST
7906.08		4.22e+03	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	${}^1P^{\circ} - {}^3D$	NIST
8983.28			$4d 1D^* - 5f 1<3>$		HH
9015.93			$4d 3D^* - 5f 2<2>$		HH
N II]					
2140.90	2139.01	5.49e+01	$2s^2 2p^2 - 2s 2p^3$	${}^3P - {}^5S^{\circ}$	16
	2142.78	1.27e+02	$2s^2 2p^2 - 2s 2p^3$	${}^3P - {}^5S^{\circ}$	16
[N II]					
5754.59		1.17e+00	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^1D - {}^1S$	NIST
6527.23		5.45e-07	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
6548.05		9.07e-07	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
		9.19e-04	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
6583.45		2.72e-03	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
		7.53e-06	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	${}^3P - {}^1D$	NIST
N III					
3998.63		1.76e+08	$2s^2 4d - 2s^2 5f$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
4003.58		1.88e+08	$2s^2 4d - 2s^2 5f$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
4097.33		8.70e+07	$2s^2 3s - 2s^2 3p$	${}^2S - {}^2P^{\circ}$	NIST
4103.43		8.67e+07	$2s^2 3s - 2s^2 3p$	${}^2S - {}^2P^{\circ}$	NIST
4131.63		1.88e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 5s$	${}^4D - {}^4P^{\circ}$	NIST
4195.76		9.37e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
4200.10		1.12e+08	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
4215.77		1.85e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
4253.99					4
4327.80			$3p' 4D - 3d' 4D^*$		HH
4348.40					17
4379.11			$4f 2F^* - 5g 2G$		HH
4510.91		2.84e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^4P^{\circ} - {}^4D$	NIST
4514.86		6.80e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^4P^{\circ} - {}^4D$	NIST
4516.00					17
4518.15		5.65e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^4P^{\circ} - {}^4D$	NIST
4523.56		3.61e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^4P^{\circ} - {}^4D$	NIST
4530.86		1.12e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^4P^{\circ} - {}^4D$	NIST
4534.58		2.01e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^4P^{\circ} - {}^4D$	NIST
4539.70		5.71e+07	$2s^2 4p - 2s^2 5s$	${}^2P^{\circ} - {}^2S$	NIST
4544.83	4544.82	6.49e+06	$2s^2 4d - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
	4544.84	1.14e+08	$2s^2 4p - 2s^2 5s$	${}^2P^{\circ} - {}^2S$	NIST
4630.61		1.17e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 4p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 5s$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
4634.14		6.36e+07	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
4640.64		7.60e+07	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
4641.85		1.26e+07	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
4858.82		4.35e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4D - {}^4F^{\circ}$	NIST
4861.30		5.32e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4D - {}^4F^{\circ}$	NIST
4867.15		6.18e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4D - {}^4F^{\circ}$	NIST
4873.60		1.50e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4D - {}^4F^{\circ}$	NIST
4881.78		1.22e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4D - {}^4F^{\circ}$	NIST
4884.14		8.71e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4D - {}^4F^{\circ}$	NIST
4948.80					4
5021.70					4
5298.95		7.38e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
6450.79		1.77e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
6478.76		6.31e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	${}^4P - {}^4D^{\circ}$	NIST
7686.83			$5d 2D - 6f 2F^*$		HH
8019.09			$5f 2F^* - 6g 2G$		HH
8307.51		1.65e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^2P^{\circ} - {}^2P$	NIST
8344.95		6.52e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^2P^{\circ} - {}^2P$	NIST
8386.39		8.03e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	${}^2P^{\circ} - {}^2P$	NIST
8444.34		5.43e+04	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d - 2s^2 6d$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
		9.05e+03	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d - 2s^2 6d$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
N IV					
3482.99		1.06e+08	$1s^2 2s 3s - 1s^2 2s 3p$	${}^3S - {}^3P^{\circ}$	NIST
3714.43		1.34e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3d$	${}^3D - {}^3P^{\circ}$	NIST
4707.31			$5f 3F^* - 6g 3G$		HH
4740.26		1.53e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^3D - {}^3D^{\circ}$	NIST
4747.96		7.60e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^3D - {}^3D^{\circ}$	NIST
4752.49		1.13e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^3D - {}^3D^{\circ}$	NIST
4762.09		6.99e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^3D - {}^3D^{\circ}$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>4</sup>
4769.86		2.50e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^3D - {}^3D^{\circ}$	NIST
4786.92		8.79e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^3D - {}^3D^{\circ}$	NIST
4796.66		1.53e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	${}^3D - {}^3D^{\circ}$	NIST
5736.93		1.84e+07	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3d$	${}^1P - {}^1D^{\circ}$	NIST
7103.24		6.28e+06	$1s^2 2s 3p - 1s^2 2s 3d$	${}^3P^{\circ} - {}^3D$	NIST
7582.40			6g 3G - 7h 3H*	HH	
7702.96			6h 3H* - 7i 3I	HH	
8159.60				4	
<b>N V</b>					
4520.04			7g 2G - 9f 2F*		HH
4603.73	4.14e+07		$1s^2 3s - 1s^2 3p$	${}^2S - {}^2P^{\circ}$	NIST
4619.98	4.10e+07		$1s^2 3s - 1s^2 3p$	${}^2S - {}^2P^{\circ}$	NIST
4750.89	1.61e+07		$1s^2 6p - 1s^2 7d$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST
4944.56			6f+ 2F* - 7g+ 2G		HH
5067.04	4.10e+06		$1s^2 6d - 1s^2 7p$	${}^2D - {}^2P^{\circ}$	NIST
7618.46			7g+ 2G - 8h+ 2H*		HH
8163.42	4.80e+07		$1s^2 7p - 1s^2 8s$	${}^2P^{\circ} - {}^2S$	NIST
8930.43			9g 2G - 11f 2F*		HH
<b>[Na IV]</b>					
3362.24	8.97e-05		$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^3P - {}^1D$	NIST
	1.83e-01		$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^3P - {}^1D$	NIST
<b>Ne I</b>					
4013.99			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 12d$	${}^2[1/2] - {}^2[1/2]^{\circ}$	NIST
4316.01			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 8d$	${}^2[5/2] - {}^2[5/2]^{\circ}$	NIST
4375.72				9	
4402.99			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 11d$	${}^2[3/2] - {}^2[5/2]^{\circ}$	NIST
4432.52			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 8d$	${}^2[5/2] - {}^2[5/2]^{\circ}$	NIST
4500.18			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 8d$	${}^2[3/2] - {}^2[5/2]^{\circ}$	NIST
4525.76			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 8d$	${}^2[3/2] - {}^2[5/2]^{\circ}$	NIST
4529.48			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 8d$	${}^2[1/2] - {}^2[3/2]^{\circ}$	NIST
4575.06			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 7d$	${}^2[5/2] - {}^2[7/2]^{\circ}$	NIST
4656.39			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 6s$	${}^2[1/2] - {}^2[1/2]^{\circ}$	NIST
4710.07			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 5d$	${}^2[1/2] - {}^2[1/2]^{\circ}$	NIST
4752.73			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 6d$	${}^2[5/2] - {}^2[7/2]^{\circ}$	NIST
4800.11			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 7d$	${}^2[3/2] - {}^2[5/2]^{\circ}$	NIST
5037.75			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 5d$	${}^2[5/2] - {}^2[7/2]^{\circ}$	NIST
5208.86			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 5d$	${}^2[3/2] - {}^2[3/2]^{\circ}$	NIST
5326.40	6.8e+05		$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 4d$	${}^2[1/2] - {}^2[3/2]^{\circ}$	NIST
5358.02			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 5d$	${}^2[3/2] - {}^2[3/2]^{\circ}$	NIST
5689.82			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 5s$	${}^2[1/2] - {}^2[3/2]^{\circ}$	NIST
6143.06	2.82e+07		$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3s - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p$	${}^2[3/2]^{\circ} - {}^2[3/2]$	NIST
6205.78			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 4d$	${}^2[1/2] - {}^2[3/2]^{\circ}$	NIST
6246.73			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 5s$	${}^2[5/2] - {}^2[3/2]^{\circ}$	NIST
6401.08	1.39e+06		$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3p - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 5s$	${}^2[1/2] - {}^2[1/2]^{\circ}$	NIST
6402.25	5.14e+07		$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3s - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p$	${}^2[3/2]^{\circ} - {}^2[5/2]$	NIST
7032.41	2.53e+07		$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3s - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p$	${}^2[3/2]^{\circ} - {}^2[1/2]$	NIST
8892.23			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 4s - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 6p$	${}^2[3/2]^{\circ} - {}^2[3/2]$	NIST
8968.60			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 4s - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 6p$	${}^2[3/2]^{\circ} - {}^2[1/2]$	NIST
10008.69			$2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3d - 2s^2 2p^5 ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 7f$	${}^2[5/2]^{\circ} - {}^2[5/2]$	NIST
<b>Ne II</b>					
3323.74	1.6e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^2P - {}^2P^{\circ}$	NIST
3327.15	9.1e+07		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^4P - {}^4D^{\circ}$	NIST
3334.84	1.8e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^4P - {}^4D^{\circ}$	NIST
3355.02	1.3e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^4P - {}^4D^{\circ}$	NIST
3367.22	1.0e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3d$	${}^2D^{\circ} - {}^4F$	NIST
3388.42	2.2e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3d$	${}^2D^{\circ} - {}^2F$	NIST
3453.07	4.6e+07		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3d$	${}^2D^{\circ} - {}^2D$	NIST
3456.61	9.6e+07		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3d$	${}^2S^{\circ} - {}^2P$	NIST
3480.72	1.6e+08		$2s^2 2p^4 ({}^1S) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^1S) 3p$	${}^2S - {}^2P^{\circ}$	NIST
3481.93	1.4e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^2P - {}^2S^{\circ}$	NIST
3568.50	1.4e+08		$2s^2 2p^4 ({}^1D) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^1D) 3p$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
3574.61	1.3e+08		$2s^2 2p^4 ({}^1D) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^1D) 3p$	${}^2D - {}^2F^{\circ}$	NIST
3590.45	3.6e+06		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3d$	${}^4S^{\circ} - {}^4F$	NIST
3694.21	1.0e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
3709.62	1.1e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
3713.08	1.3e+08		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^2P - {}^2D^{\circ}$	NIST
3737.43			3d 2F - 5p 4D*	HH	
3777.14	4.2e+07		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3s - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p$	${}^4P - {}^4P^{\circ}$	NIST
3829.75	8.4e+07		$2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3d$	${}^2P^{\circ} - {}^2D$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	A(s <sup>-1</sup> )	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4112.39			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>4</sup> D - <sup>2</sup> [4] <sup>o</sup>	NIST
4118.20			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>4</sup> D - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
4153.00					13
4203.27					5
4219.74			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f	<sup>4</sup> D - <sup>2</sup> [4] <sup>o</sup>	NIST
4231.59	4231.53	2.2e+07	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f	<sup>4</sup> D - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
	4231.64		2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f	<sup>4</sup> D - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
4233.85		5.5e+06	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f	<sup>4</sup> D - <sup>2</sup> [4] <sup>o</sup>	NIST
4379.55		2.2e+08	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>4</sup> F - <sup>2</sup> [4] <sup>o</sup>	NIST
4384.98		1.8e+07	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>0</sub> ) 4f	<sup>2</sup> F - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
4391.99			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f	<sup>4</sup> F - <sup>2</sup> [5] <sup>o</sup>	NIST
4397.99			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>4</sup> F - <sup>2</sup> [4] <sup>o</sup>	NIST
4409.30			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f	<sup>2</sup> F - <sup>2</sup> [5] <sup>o</sup>	NIST
4413.22			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>0</sub> ) 4f	<sup>4</sup> P - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
4428.58	4428.52		2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D <sub>2</sub> ) 4f	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
		3.3e+07	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>2</sup> F - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
	4428.64		2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>2</sup> F - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
4439.25			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>4</sup> P - <sup>2</sup> [2] <sup>o</sup>	NIST
4457.35			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> ) 4f	<sup>4</sup> P - <sup>2</sup> [3] <sup>o</sup>	NIST
4772.93			4p 4D* - 5d 4F		HH
5161.96					4
5405.15			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 7g	<sup>2</sup> [5] <sup>o</sup> - <sup>2</sup> [6]	NIST
			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 4f - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> ) 7g	<sup>2</sup> [5] <sup>o</sup> - <sup>2</sup> [6]	NIST
6221.72	6221.65		4p 2D* - 4s' 2D		HH
	6221.79		4p 2D* - 4s' 2D		HH
6615.72			5g 1<3> - 4f'2<1>*		HH
6791.25					1
6821.39			4f 1<4>* - 6g 2<4>		HH
7288.71			4p 2S* - 3d' 2D		HH
7910.25			4p 4D* - 5s 2P		HH
8214.58			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P) 4p	<sup>4</sup> D - <sup>4</sup> D <sup>o</sup>	NIST
8405.62			4p 2S* - 5s 2P		HH
8459.86			2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D) 3d - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D) 4p	<sup>2</sup> S - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
8721.90			3d 4P - 4p 2D*		HH
8899.33			4p 2P* - 3d' 2P		HH
			[Ne II]		
6583.41			5g 1<4> - 4f'2<5>*		HH
			[Ne III]		
3342.50		2.65e+00	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	<sup>1</sup> D - <sup>1</sup> S	NIST
3868.76		1.74e-01	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
3967.47		5.40e-02	2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
4011.70					4
			[Ne IV]		
4714.17		1.91e-01	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
		2.10e-01	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
4715.66		1.10e-01	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
4724.17		3.58e-01	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
		7.9e-02	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
4725.67		1.60e-01	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
		2.29e-01	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	<sup>2</sup> D <sup>o</sup> - <sup>2</sup> P <sup>o</sup>	NIST
			[Ne V]		
3345.82		6.2e-05	2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> - 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	<sup>3</sup> P - <sup>1</sup> D	NIST
			Ni II		
4422.36			1D 4d2D - 4f' 2<2>*		HH
5868.33			2P sp2D* - 1D 5d2G		HH
6157.56			4f 2<1>* - 3P 5d2P		HH
8476.95			* - 3F 7s2F		HH
			Ni II]		
9162.65			1D 5p2F* - 3F 6d4F		HH
			[Ni II]		
3559.41		1.1e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>3</sup> P) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> P	NIST
		4.6e+00	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>3</sup> P) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> P	NIST
3993.06		2.2e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>1</sup> D) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> D	NIST
		5.2e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>1</sup> D) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> D	NIST
4201.17		6.6e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>1</sup> D) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> D	NIST
		1.5e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>1</sup> D) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> D	NIST
4248.80		1.7e-01	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>1</sup> D) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> D	NIST
		1.5e-03	3p <sup>6</sup> 3d <sup>9</sup> - 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> ( <sup>1</sup> D) 4s	<sup>2</sup> D - <sup>2</sup> D	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4326.24		3.5e-01	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^2D - ^4P$	NIST
		2.5e-03	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^2D - ^4P$	NIST
4628.05		1.9e-04	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^2D - ^4P$	NIST
		1.3e-01	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^2D - ^4P$	NIST
6365.10		1.8e-03	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^1D) 4s$	$^4F - ^2D$	NIST
		1.9e-01	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^1D) 4s$	$^4F - ^2D$	NIST
6441.29		3.1e-02	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^2F - ^2P$	NIST
6666.80		6.2e-04	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3F) 4s$	$^2D - ^2F$	NIST
		9.8e-02	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3F) 4s$	$^2D - ^2F$	NIST
6700.24		3.3e-04	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^1D) 4s$	$^4F - ^2D$	NIST
		7.8e-03	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^1D) 4s$	$^4F - ^2D$	NIST
6791.48		4.9e-03	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^4F - ^4P$	NIST
6813.57		9.2e-02	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^4F - ^4P$	NIST
		3.5e-03	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^4F - ^4P$	NIST
7102.66		2.6e-03	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^2F - ^2P$	NIST
		7.9e-03	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^3P) 4s$	$^2F - ^2P$	NIST
7377.83		2.3e-01	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3F) 4s$	$^2D - ^2F$	NIST
		3.7e-04	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3F) 4s$	$^2D - ^2F$	NIST
7411.61		3.3e-05	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3F) 4s$	$^2D - ^2F$	NIST
		1.8e-01	$3p^6 3d^9 - 3p^6 3d^8 (^3F) 4s$	$^2D - ^2F$	NIST
7612.72		1.4e-04	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^1D) 4s$	$^4F - ^2D$	NIST
		1.8e-01	$3p^6 3d^8 (^3F) 4s - 3p^6 3d^8 (^1D) 4s$	$^4F - ^2D$	NIST
[Ni III]					
4596.84		1.8e-01	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^1G$	NIST
6000.20		5.0e-02	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
6231.09					15
6401.50		3.8e-02	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
6533.80		1.1e-01	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
6682.20		4.6e-02	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
6797.10		2.8e-03	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
		1.3e-02	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
6946.40		2.2e-02	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
		7.2e-04	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^3P$	NIST
7889.90		5.4e-04	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^1D$	NIST
		4.8e-01	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^1D$	NIST
8499.60		2.1e-01	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^1D$	NIST
		1.9e-04	$3p^6 3d^8 - 3p^6 3d^8$	$^3F - ^1D$	NIST
[Ni IV]					
3948.50		5.0e-03	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4P - ^2F$	NIST
		6.8e-05	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4P - ^2F$	NIST
4946.74		1.1e-02	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^2P - ^2F$	NIST
5363.34		2.8e-01	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^2G$	NIST
5517.66		6.8e-02	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
5820.10		3.5e-02	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
6124.10		1.8e-03	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
		2.0e-02	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
6218.70		2.0e-03	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
		2.7e-03	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
6450.90		6.9e-04	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
		2.5e-04	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^4F - ^4P$	NIST
6629.10		3.8e-03	$3p^6 3d^7 - 3p^6 3d^7$	$^2D^2 - ^2F$	NIST
[Ni V]					
3566.88		2.5e-01	$3d^6 - 3d^6$	$^5D - ^3F^2$	NIST
[Ni VIII]					
3863.00					17
4032.00					17
O I					
3511.10					9
4233.27		4.04e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 4p - 2s^2 2p^3 (^2D^o_{3/2}) 3d$	$^3P - ^3P^o$	NIST
4326.40					3, 6
4368.22	4368.19	7.56e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3s - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 4p$	$^3S^o - ^3P$	NIST
	4368.25	7.58e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3s - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 4p$	$^3S^o - ^3P$	NIST
4654.12		3.23e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 8d$	$^5P - ^5D^o$	NIST
		1.51e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 8d$	$^5P - ^5D^o$	NIST
4654.56		1.08e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 8d$	$^5P - ^5D^o$	NIST
		2.51e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 8d$	$^5P - ^5D^o$	NIST
		2.87e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 8d$	$^5P - ^5D^o$	NIST
4802.98		6.11e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 8s$	$^5P - ^5S^o$	NIST
4968.79		8.43e+04	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 6d$	$^5P - ^5D^o$	NIST
		4.22e+05	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 6d$	$^5P - ^5D^o$	NIST
		1.27e+06	$2s^2 2p^3 (^4S^o) 3p - 2s^2 2p^3 (^4S^o) 6d$	$^5P - ^5D^o$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4980.13			3p 3P - 11s 3S*		HH
5131.29		2.49e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 8d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		2.77e+03	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 8d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		9.98e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 8d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
5146.10			5p 3P - 3d' 3P*		HH
5275.09	5274.97	7.34e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		1.32e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	5275.12	4.89e+03	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		4.40e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		1.76e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	5275.17	9.78e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
5299.01	5298.89	3.58e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 8s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	5299.04	5.96e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 8s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	5299.09	1.19e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 8s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
5512.73	5512.60	1.49e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		2.69e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	5512.77	9.95e+03	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		3.58e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		8.95e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	5512.82	1.99e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
5554.96	5554.83	5.83e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	5555.00	9.71e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	5555.05	1.94e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 7s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
5958.54	5958.39	3.78e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		6.80e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	5958.58	2.27e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		2.52e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
		9.06e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	5958.64	5.04e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
6046.39	6046.23	1.05e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	6046.44	1.75e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	6046.49	3.50e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 6s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
6155.98		5.72e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 4d$	${}^5P - {}^5D^{\circ}$	NIST
6256.83			3p' 3F - 4d' 1G*		HH
7002.15	7001.92	2.65e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	7002.17	9.83e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	7002.20	8.83e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	7002.23	3.53e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
	7002.25	1.96e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 4d$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
7254.38	7254.15	2.24e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	7254.45	3.73e+06	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
	7254.53	7.45e+05	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 5s$	${}^3P - {}^3S^{\circ}$	NIST
7473.24			$3s'' 3P^* - 3p'' 3D$		HH
7706.75			3p' 3D - 2p5 3P*		HH
7771.94		3.69e+07	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3s - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p$	${}^5S^{\circ} - {}^5P$	NIST
7774.17		3.69e+07	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3s - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p$	${}^5S^{\circ} - {}^5P$	NIST
7775.39		3.69e+07	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3s - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p$	${}^5S^{\circ} - {}^5P$	NIST
7939.51			3s' 3D* - 3p' 3F		HH
7943.15			3s' 3D* - 3p' 3F		HH
7947.55			3s' 3D* - 3p' 3F		HH
7952.16			3s' 3D* - 3p' 3F		HH
7981.94		2.33e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^2D^{\circ}) 3s$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
7982.40		3.09e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^2D^{\circ}) 3s$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
7986.98		4.19e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^2D^{\circ}) 3s$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
7987.33		1.41e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^2D^{\circ}) 3s$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
7995.07		5.63e+04	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p - 2s^2 2p^3 ({}^2D^{\circ}) 3s$	${}^3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
8446.31	8446.25	3.22e+07	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3s - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p$	${}^3S^{\circ} - {}^3P$	NIST
	8446.36	3.22e+07	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3s - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p$	${}^3S^{\circ} - {}^3P$	NIST
8446.76		3.22e+07	$2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3s - 2s^2 2p^3 ({}^4S^{\circ}) 3p$	${}^3S^{\circ} - {}^3P$	NIST
9677.38			3p' 1F - 3d' 1F*		HH
10340.83					1, 6
<b>O I</b>					
4487.41					6
<b>[O I]</b>					
5577.34		1.26e+00	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^1D - {}^1S$	NIST
6300.30		5.63e-03	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^3P - {}^1D$	NIST
		2.11e-05	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^3P - {}^1D$	NIST
6363.78		1.82e-03	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^3P - {}^1D$	NIST
		3.39e-06	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^3P - {}^1D$	NIST
6391.73		8.60e-07	$2s^2 2p^4 - 2s^2 2p^4$	${}^3P - {}^1D$	NIST
<b>O II</b>					
3377.15		1.33e+08	$2s^2 2p^2 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^2 ({}^3P) 3d$	${}^2S^{\circ} - {}^2P$	NIST
3390.21		1.31e+08	$2s^2 2p^2 ({}^3P) 3p - 2s^2 2p^2 ({}^3P) 3d$	${}^2S^{\circ} - {}^2P$	NIST



Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
3451.27					4
3712.74		2.75e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - 4S^o$	NIST
3749.49		8.97e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - 4S^o$	NIST
3784.98		5.83e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 4p - 2s^2 2p^2 (^1D) 4d$	$2P^o - 2D$	NIST
3830.29		1.33e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 4s$	$2P^o - 2P$	NIST
3847.89		1.87e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4D$	NIST
3851.03		1.52e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4D$	NIST
3852.38		2.98e+06	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 4d$	$2D^o - 2D$	NIST
3856.13		2.45e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4D$	NIST
3863.50		5.99e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4D$	NIST
3864.13		9.12e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4P$	NIST
3875.80		3.38e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 2F$	NIST
3882.19		5.10e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4D$	NIST
3882.45		8.94e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4P$	NIST
3945.04		2.01e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - 2P^o$	NIST
3954.36		8.57e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - 2P^o$	NIST
3973.26		1.02e+08	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - 2P^o$	NIST
4026.31			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4035.27	4035.07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4F - 2[3]^o$	NIST
	4035.46		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4048.21			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4060.60			$2s^2 2p^2 (^1D) 3d - 2s^2 2p^2 (^1D) 4f G$	$2F - 2[4]^o$	NIST
4062.94			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4F - 2[4]^o$	NIST
4069.76	4069.62	1.42e+08	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
	4069.89	1.48e+08	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
4072.16		1.79e+08	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
4075.86		1.98e+08	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
4078.84		5.21e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
4083.90			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[4]^o$	NIST
4084.65		7.28e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 2F$	NIST
4085.11		4.31e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
4087.15			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4089.29			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[5]^o$	NIST
4092.93		2.45e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
4095.64			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4096.53		1.73e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 2F$	NIST
4097.26		3.79e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4D$	NIST
			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[4]^o$	NIST
4098.24			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4103.00		5.32e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4D$	NIST
4104.99		9.55e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4D$	NIST
4106.02		1.51e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4D^o - 4F$	NIST
4107.09			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4108.75			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[3]^o$	NIST
4110.79		8.05e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4D$	NIST
4112.02		1.81e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 2F$	NIST
4114.34	4114.18		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[4]^o$	NIST
	4114.50		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4F - 2[4]^o$	NIST
4119.22		1.39e+08	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4D$	NIST
4120.28		2.25e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4D$	NIST
4121.46		5.60e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4P$	NIST
4129.32		1.65e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4P$	NIST
4132.80		8.40e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4P$	NIST
4140.70		3.76e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4P$	NIST
4142.00	4141.93		$2s 2p^3 (^5S^o) 3p - 2s 2p^3 (^5S^o) 3d$	$6P - 6D^o$	NIST
	4142.07		$2s 2p^3 (^5S^o) 3p - 2s 2p^3 (^5S^o) 3d$	$6P - 6D^o$	NIST
4146.00	4145.91		$2s 2p^3 (^5S^o) 3p - 2s 2p^3 (^5S^o) 3d$	$6P - 6D^o$	NIST
	4146.08		$2s 2p^3 (^5S^o) 3p - 2s 2p^3 (^5S^o) 3d$	$6P - 6D^o$	NIST
4153.30		7.28e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4P$	NIST
4156.53		1.94e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4P$	NIST
4169.23		2.49e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - 4P$	NIST
4185.45		1.91e+08	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2F^o - 2G$	NIST
4189.69	4189.58	7.06e+06	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2F^o - 2G$	NIST
	4189.79	1.98e+08	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2F^o - 2G$	NIST
4192.52		3.21e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2D^o - 2P$	NIST
4196.48	4196.26	3.56e+06	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2D^o - 2P$	NIST
	4196.70	3.56e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2D^o - 2P$	NIST
4237.93			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4P - 2[3]^o$	NIST
4253.90			$2s^2 2p^2 (^1D) 3d - 2s^2 2p^2 (^1D) 4f H$	$2G - 2[5]^o$	NIST
4273.10			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - 2[4]^o$	NIST
4275.55			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - 2[4]^o$	NIST
4276.55	4276.28		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - 2[3]^o$	NIST
	4276.62		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - 2[1]^o$	NIST
	4276.75		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - 2[3]^o$	NIST
4277.43			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - 2[3]^o$	NIST
			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - 2[2]^o$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4281.32			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[2]^o$	NIST
4282.96			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - ^2[2]^o$	NIST
4283.73			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$4D - ^2[2]^o$	NIST
4285.69			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2F - ^2[3]^o$	NIST
4287.73		1.15e+06	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 4d$	$2P^o - ^2D$	NIST
4288.82			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[1]^o$	NIST
			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[1]^o$	NIST
4291.25			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4P - ^2[3]^o$	NIST
4292.21			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2F - ^2[2]^o$	NIST
4294.85	4294.78		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[2]^o$	NIST
	4294.92		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[2]^o$	NIST
4303.72	4303.61		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4D - ^2[5]^o$	NIST
	4303.83		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[3]^o$	NIST
4307.23			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[2]^o$	NIST
4309.00			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[1]^o$	NIST
			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[1]^o$	NIST
4312.11			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2F - ^2[4]^o$	NIST
4313.44			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2F - ^2[4]^o$	NIST
4315.61	4315.39		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[1]^o$	NIST
	4315.39		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[1]^o$	NIST
	4315.83		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2F - ^2[3]^o$	NIST
4317.14		3.68e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4P^o$	NIST
4317.70			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4P - ^2[3]^o$	NIST
4319.63	2.48e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4P^o$	NIST
4325.76	1.42e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4P^o$	NIST
4327.47	6.76e+07		$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2D^o - ^2D$	NIST
4328.59	1.12e+08		$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2P^o - ^2S$	NIST
4331.13			$3d 4D - 4f G4^*$		HH
4331.47	4.82e+06		$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2D^o - ^2D$	NIST
4332.71			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4D - ^2[4]^o$	NIST
4335.36			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[2]^o$	NIST
4336.86	1.53e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4P^o$	NIST
4344.38			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4D - ^2[3]^o$	NIST
4345.56	4345.55		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$4D - ^2[3]^o$	NIST
	4345.56	7.95e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4P^o$	NIST
4347.42	9.32e+07		$2s^2 2p^2 (^1D) 3s - 2s^2 2p^2 (^1D) 3p$	$2D - ^2D^o$	NIST
4349.43	6.75e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4P^o$	NIST
4351.26	9.89e+07		$2s^2 2p^2 (^1D) 3s - 2s^2 2p^2 (^1D) 3p$	$2D - ^2D^o$	NIST
4353.59			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$2F - ^2[3]^o$	NIST
4357.39	4357.25		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[3]^o$	NIST
	4357.25		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[3]^o$	NIST
	4357.25	2.72e+04	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4P^o - ^4F$	NIST
	4357.52		$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$4D - ^2[3]^o$	NIST
4366.89	3.92e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4P^o$	NIST
4369.28	3.57e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^2D$	NIST
4395.94	3.91e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^2D$	NIST
4405.99	4.30e+06		$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^2D$	NIST
4414.91	8.47e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - ^2D^o$	NIST
4416.97	7.16e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - ^2D^o$	NIST
4448.19	5.10e+07		$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2F^o - ^2F$	NIST
4452.38	1.37e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - ^2D^o$	NIST
4465.42			$2s 2p^3 (^5S^o) 3s - 2s 2p^3 (^5S^o) 3p$	$6S^o - ^6P$	NIST
4467.92			$2s 2p^3 (^5S^o) 3s - 2s 2p^3 (^5S^o) 3p$	$6S^o - ^6P$	NIST
4469.37			$2s 2p^3 (^5S^o) 3s - 2s 2p^3 (^5S^o) 3p$	$6S^o - ^6P$	NIST
4477.90			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f G$	$2P - ^2[3]^o$	NIST
4488.20			$2s^2 2p^2 (^1D) 3d - 2s^2 2p^2 (^1D) 4f D$	$2P - ^2[2]^o$	NIST
4489.46			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$2P - ^2[2]^o$	NIST
4491.23			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$2P - ^2[3]^o$	NIST
4590.97		8.85e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3s - 2s^2 2p^2 (^1D) 3p$	$2D - ^2F^o$	NIST
4596.07	4595.96	4.87e+06	$2s^2 2p^2 (^1D) 3s - 2s^2 2p^2 (^1D) 3p$	$2D - ^2F^o$	NIST
	4596.18	8.34e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3s - 2s^2 2p^2 (^1D) 3p$	$2D - ^2F^o$	NIST
4602.13			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2D - ^2[3]^o$	NIST
4609.44			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2D - ^2[4]^o$	NIST
4610.20			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2D - ^2[2]^o$	NIST
4613.68			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f F$	$2D - ^2[3]^o$	NIST
4638.86	3.61e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST
4641.81	5.85e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST
4649.13	7.84e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST
4650.84	6.70e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST
4661.63	4.04e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST
4669.27			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$2D - ^2[2]^o$	NIST
4673.73	1.24e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST
4676.24	2.05e+07		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST
4680.58			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$2D - ^2[2]^o$	NIST
4691.42	7.43e+07		$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2P^o - ^2P$	NIST
4696.35	3.15e+06		$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$4P - ^4D^o$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
4699.11	4699.00	9.88e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4f D$	$2D - ^2[3]^o$	NIST
	4699.22	9.36e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2D^o - ^2F$	NIST
4700.44		3.80e+04	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^2F$	NIST
4703.16		9.20e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$4S^o - ^2P$	NIST
4705.35		1.13e+08	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^2F$	NIST
4710.01		2.98e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^4D$	NIST
4741.71		5.07e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^2F$	NIST
4752.68		1.45e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^4D$	NIST
4843.37			$2s^2 2p^2 (^1D) 3d - 2s^2 2p^2 (^1D) 4f P$	$2S - ^2[1]^o$	NIST
4844.91		1.02e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4S^o - ^2F$	NIST
4871.52		5.60e+07	$2s^2 2p^2 (^1D) 3p - 2s^2 2p^2 (^1D) 3d$	$2P^o - ^2D$	NIST
4890.86		5.10e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4S^o - ^4P$	NIST
4906.83		4.78e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4S^o - ^4P$	NIST
4924.53		5.43e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$4S^o - ^4P$	NIST
4941.07		6.04e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2P^o - ^2D$	NIST
4943.00		7.88e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2P^o - ^2D$	NIST
4996.98					1
5041.98			$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^o - ^4F$	NIST
5267.27			$4f G3^* - 4d' 2F$		HH
5433.49					9
6197.92			$2s 2p^4 - 2s^2 2p^2 (^1D) 3p$	$2P - ^2F^o$	NIST
6506.03			$2s^2 2p^2 (^1D) 3d - 2s^2 2p^2 (^1D) 4p$	$2F - ^2F^o$	NIST
6510.75			$2s^2 2p^2 (^1D) 3d - 2s^2 2p^2 (^1D) 4p$	$2F - ^2F^o$	NIST
6550.60			$2s^2 2p^2 (^3P) 4f F - 2s^2 2p^2 (^3P_2) 6g$	$2[3]^o - ^2[4]$	NIST
6555.85			$2s^2 2p^2 (^3P) 4f F - 2s^2 2p^2 (^3P_2) 6g$	$2[4]^o - ^2[5]$	NIST
6556.07			$2s^2 2p^2 (^1D) 4f H - 2s^2 2p^2 (^1D_2) 6g$	$2[5]^o - ^2[6]$	NIST
			$2s^2 2p^2 (^3P) 4f F - 2s^2 2p^2 (^3P_2) 6g$	$2[4]^o - ^2[4]$	NIST
6576.53	6576.48				9
	6576.57				9
6641.05		9.88e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - ^2S^o$	NIST
6721.40		1.81e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3s - 2s^2 2p^2 (^3P) 3p$	$2P - ^2S^o$	NIST
6785.76			$3d' 2F - 5f F2^*$		HH
6846.81		3.17e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4p$	$4F - ^4D^o$	NIST
6906.44		2.48e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4p$	$4F - ^4D^o$	NIST
6910.56		2.43e+07	$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4p$	$4F - ^4D^o$	NIST
7151.09			$2s^2 2p^2 (^1D) 3d - 2s^2 2p^2 (^1D) 4p$	$2G - ^2F^o$	NIST
7267.63			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4p$	$4P - ^4S^o$	NIST
7292.96			$2s^2 2p^2 (^3P) 3d - 2s^2 2p^2 (^3P) 4p$	$4D - ^4P^o$	NIST
7504.95			$3d' 2G - 5f G5^*$		HH
8705.80			$4d 4F - 5f F2^*$		HH
8788.83			$2s^2 2p^2 (^3P) 4d - 2s^2 2p^2 (^3P) 5f G$	$4F - ^2[4]^o$	NIST
8894.21			$4d 4F - 5f G3^*$		HH
9005.38		8.03e+04	$2s^2 2p^2 (^3P) 4p - 2s^2 2p^2 (^1D) 4s$	$2D^o - ^2D$	NIST
9204.17		1.77e+05	$2s^2 2p^2 (^3P) 4p - 2s^2 2p^2 (^1D) 4s$	$2P^o - ^2D$	NIST
9535.28			$4d 2P - 5f D2^*$		HH
9834.70					9
9962.62			$2s^2 2p^2 (^3P) 4f G - 2s^2 2p^2 (^3P_1) 5g$	$2[3]^o - ^2[4]$	NIST
10012.43		8.19e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 4p - 2s^2 2p^2 (^3P) 5s$	$2P^o - ^2P$	NIST
[O II]					
2471.09	2471.05				16
	2471.12				16
3726.04		1.86e-05	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$4S^o - ^2D^o$	NIST
		1.59e-04	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$4S^o - ^2D^o$	NIST
3728.81		2.86e-05	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$4S^o - ^2D^o$	NIST
		1.98e-06	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$4S^o - ^2D^o$	NIST
4751.27		6.39e+06	$2s^2 2p^2 (^3P) 3p - 2s^2 2p^2 (^3P) 3d$	$2D^* - 4D$	NIST
7318.92		5.19e-02	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$2D^o - ^2P^o$	NIST
7319.99		9.07e-02	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$2D^o - ^2P^o$	NIST
		8.37e-03	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$2D^o - ^2P^o$	NIST
7329.67		9.32e-03	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$2D^o - ^2P^o$	NIST
7330.73		1.49e-02	$2s^2 2p^3 - 2s^2 2p^3$	$2D^o - ^2P^o$	NIST
O III					
3312.30		4.60e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3s - 2s^2 2p (^2P^o) 3p$	$3P^o - ^3S$	NIST
3340.74		6.57e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3s - 2s^2 2p (^2P^o) 3p$	$3P^o - ^3S$	NIST
3405.72		1.93e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3p - 2s^2 2p (^2P^o) 3d$	$3P - ^3P^o$	NIST
3408.13		5.79e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3p - 2s^2 2p (^2P^o) 3d$	$3P - ^3P^o$	NIST
3415.26		1.44e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3p - 2s^2 2p (^2P^o) 3d$	$3P - ^3P^o$	NIST
3428.63		1.42e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3p - 2s^2 2p (^2P^o) 3d$	$3P - ^3P^o$	NIST
3430.57		2.37e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3p - 2s^2 2p (^2P^o) 3d$	$3P - ^3P^o$	NIST
3444.10		4.21e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3p - 2s^2 2p (^2P^o) 3d$	$3P - ^3P^o$	NIST
3707.24		7.34e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3p - 2s^2 2p (^2P^o) 3d$	$3P - ^3D^o$	NIST
3754.67		7.53e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3s - 2s^2 2p (^2P^o) 3p$	$3P^o - ^3D$	NIST
3757.21		5.56e+07	$2s^2 2p (^2P^o) 3s - 2s^2 2p (^2P^o) 3p$	$3P^o - ^3D$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
3759.87		9.79e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p$	$3P^{\circ} - {}^3D$	NIST
3774.03		3.91e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p$	$3P^{\circ} - {}^3D$	NIST
3791.26		2.24e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p$	$3P^{\circ} - {}^3D$	NIST
3816.75		9.63e+06	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	$1D - 1P^{\circ}$	NIST
3961.59		1.25e+08	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3d$	$1D - 1F^{\circ}$	NIST
4081.02		6.02e+07	$2s 2p^2 ({}^4P) 3s - 2s 2p^2 ({}^4P) 3p$	$3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
4089.30		2.49e+07	$2s 2p^2 ({}^4P) 3s - 2s 2p^2 ({}^4P) 3p$	$3P - {}^3D^{\circ}$	NIST
4177.60			4d 3D* - 5f F<4>		HH
4399.61			4f G<4> - 5g F<4>*		HH
4408.29			4f G<4> - 5g H<5>*		HH
4434.60			4f G<5> - 5g H<6>*		HH
4454.03			4f D<3> - 5g F<4>*		HH
4458.55			4f D<3> - 5g F<4>*		HH
4476.11			4f G<4> - 5g G<5>*		HH
5592.37		3.27e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 3p$	$1P^{\circ} - 1P$	NIST
5946.37		1.80e+04	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d - 2s 2p^2 ({}^2D) 3s$	$3F^{\circ} - {}^3D$	NIST
7307.12		1.41e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	$3P^{\circ} - {}^3P$	NIST
7455.36		3.97e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	$3P^{\circ} - {}^3P$	NIST
7515.99		2.15e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	$3P^{\circ} - {}^3P$	NIST
7832.37		3.09e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	$3S - 3P^{\circ}$	NIST
7848.94		1.13e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4d$	$3D - 3D^{\circ}$	NIST
8127.50			5f G<5> - 6g H<6>*		HH
8168.00			5f G<5> - 6g H<6>*		HH
8172.15		4.25e+07	$2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4s - 2s^2 2p ({}^2P^{\circ}) 4p$	$1P^{\circ} - 1D$	NIST
8244.10			5g G<5>* - 6h H<6>		HH
8250.80			5g F<4>* - 6h G<5>		HH
8268.80			5g H<6>* - 6h I<7>		HH
[O III]					
4363.21		1.71e+00	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$1D - 1S$	NIST
4931.23		2.41e-06	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$3P - 1D$	NIST
4958.91		6.21e-03	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$3P - 1D$	NIST
		4.57e-06	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$3P - 1D$	NIST
5006.84		1.81e-02	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$3P - 1D$	NIST
		3.52e-05	$2s^2 2p^2 - 2s^2 2p^2$	$3P - 1D$	NIST
O IV					
3363.21		3.99e+07	$2p^2 ({}^3P) 3s - 2p^2 ({}^3P) 3p$	$4P - 4P^{\circ}$	NIST
3379.58		1.26e+07	$2p^2 ({}^3P) 3s - 2p^2 ({}^3P) 3p$	$4P - 4P^{\circ}$	NIST
3381.30		4.28e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	$4P^{\circ} - 4D$	NIST
3385.52		1.02e+08	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	$4P^{\circ} - 4D$	NIST
3396.79		5.40e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	$4P^{\circ} - 4D$	NIST
3403.52		8.52e+07	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	$2P^{\circ} - 2D$	NIST
3409.66		3.00e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3s - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p$	$4P^{\circ} - 4D$	NIST
3411.69		1.02e+08	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	$2P^{\circ} - 2D$	NIST
3413.64		1.69e+07	$2s^2 3p - 2s^2 3d$	$2P^{\circ} - 2D$	NIST
3641.59		4.28e+07	$2s 2p ({}^1P^{\circ}) 3p - 2s^2 6f$	$2D - 2F^{\circ}$	NIST
		2.85e+06	$2s 2p ({}^1P^{\circ}) 3p - 2s^2 6f$	$2D - 2F^{\circ}$	NIST
3736.85		7.95e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	$4D - 4F^{\circ}$	NIST
3744.89		1.92e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	$4D - 4F^{\circ}$	NIST
3956.77		2.98e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	$4P - 4P^{\circ}$	NIST
4631.89			5g 2G - 6h 2H*		HH
4783.42		2.06e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	$4P - 4D^{\circ}$	NIST
4794.18		1.56e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	$4P - 4D^{\circ}$	NIST
4798.27		2.91e+07	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	$4P - 4D^{\circ}$	NIST
4800.74		4.84e+06	$2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3p - 2s 2p ({}^3P^{\circ}) 3d$	$4P - 4D^{\circ}$	NIST
7032.34		3.90e+07	$2s^2 4s - 2s^2 4p$	$2S - 2P^{\circ}$	NIST
7053.62		3.86e+07	$2s^2 4s - 2s^2 4p$	$2S - 2P^{\circ}$	NIST
7713.30			6h 2H* - 7i 2I		HH
7936.22		2.84e+04	$2s 2p ({}^1P^{\circ}) 3d - 2p^2 ({}^3P) 3s$	$2P^{\circ} - 2P$	NIST
O V					
4454.97			6g 3G - 7h 3H*		HH
5114.06		1.80e+07	$1s^2 2s 3s - 1s^2 2s 3p$	$1S - 1P^{\circ}$	NIST
5571.81		8.33e+06	$1s^2 2s 3p - 1s^2 2s 3d$	$3P^{\circ} - {}^3D$	NIST
6466.14		1.01e+07	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3d$	$3D - 3P^{\circ}$	NIST
6500.24		1.11e+07	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{3/2}) 3d$	$3D - 3P^{\circ}$	NIST
6764.72		4.37e+06	$1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3p - 1s^2 2p ({}^2P^{\circ}_{1/2}) 3d$	$3P - 3D^{\circ}$	NIST
7592.00			7h3,1H* - 8i3,1I		HH
7610.90			7i3,1I - 8k3,1K*		HH
8088.00					4
O VI					
3811.35		5.14e+07	$1s^2 3s - 1s^2 3p$	$2S - 2P^{\circ}$	NIST
5084.00			7p 2P* - 8d 2D		HH
5433.00			7d 2D - 8p 2P*		HH

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(\text{s}^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
6826.97					4
7083.97					4
8131.80			8p 2P* - 9s 2S		HH
			[P I]		
5339.62	4.26e-02		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2P^\circ$	NIST
	4.7e-06		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2P^\circ$	NIST
8799.61	1.77e-04		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2D^\circ$	NIST
	1.2e-04		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2D^\circ$	NIST
			[P II]		
7875.99					3, 6
			[Pb II]		
7099.80					4
			[Rb IV]		
5380.00					4
5759.40					4
9008.75					4
			[Rb V]		
5080.20					4
			S I		
5507.01			$3s^2 3p^3 (4S^\circ) 4p - 3s^2 3p^3 (4S^\circ) 8d$	$5P - 5D^\circ$	NIST
5542.58					1
8451.34	5.7e+05		$3s^2 3p^3 (4S^\circ) 4p - 3s^2 3p^3 (4S^\circ) 6s$	$3P - 3S^\circ$	NIST
9672.53			$3s^2 3p^3 (2D^\circ) 4s - 3s^2 3p^3 (2D^\circ) 4p$	$3D^\circ - 3D$	NIST
			S II		
3831.38			$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 4d$	$2P^\circ - 2D$	NIST
3860.11	1.6e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$2S^\circ - 2P$	NIST
3887.40					6
3998.76	1.2e+08		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 4d$	$4S^\circ - 4P$	NIST
4032.78	1.2e+08		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 4d$	$4S^\circ - 4P$	NIST
4145.07	1.8e+08		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 4d$	$4D^\circ - 4F$	NIST
4189.64	4189.59	7.4e+07	$3s^2 3p^2 (1D) 4p - 3s^2 3p^2 (1D) 4d$	$2F^\circ - 2G$	NIST
	4189.68	5.7e+07	$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 4d$	$4D^\circ - 4F$	NIST
4294.40		1.7e+08	$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 4d$	$4P^\circ - 4D$	NIST
4347.20					15
4402.84	4.6e+06		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$4D^\circ - 4P$	NIST
4434.68					5
4463.58	5.3e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$4D^\circ - 4P$	NIST
4483.43	3.1e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$4D^\circ - 4P$	NIST
4624.12			$3s^2 3p^2 (1D) 3d - 3s^2 3p^2 (3P_0) 4f$	$2F - 2[3]^\circ$	NIST
4792.01	3.7e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$4P^\circ - 4P$	NIST
4815.55	8.8e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4S^\circ$	NIST
4819.58	2.3e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$4P^\circ - 4P$	NIST
	8.6e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$2D^\circ - 2P$	NIST
4901.27	2.4e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4p - 3s^2 3p^2 (3P) 5s$	$4P^\circ - 4P$	NIST
4991.97	1.5e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4P^\circ$	NIST
5032.45	8.1e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4P^\circ$	NIST
5103.34	5.0e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4P^\circ$	NIST
5428.68	4.2e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4D^\circ$	NIST
5432.82	6.8e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4D^\circ$	NIST
5444.97					4
5453.83	8.5e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4D^\circ$	NIST
5509.72	4.0e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 4s - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4P - 4D^\circ$	NIST
5606.15	5.4e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 3d - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4F - 4D^\circ$	NIST
5640.33			$3s^2 3p^2 (3P) 3d - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4F - 4D^\circ$	NIST
5659.99	4.6e+07		$3s^2 3p^2 (3P) 3d - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4F - 4D^\circ$	NIST
6286.35			$3s^2 3p^2 (3P) 3d - 3s^2 3p^2 (3P) 4p$	$4D - 4P^\circ$	NIST
7096.99					9
10005.40					9
			[S II]		
4068.60	3.41e-01		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2P^\circ$	NIST
4076.35	1.34e-01		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2P^\circ$	NIST
4392.27			4p 2P* - 4d 4P		HH
6716.44	4.3e-04		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2D^\circ$	NIST
6730.82	1.56e-04		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$4S^\circ - 2D^\circ$	NIST
10286.73	1.08e-01		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^\circ - 2P^\circ$	NIST
	6.7e-02		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^\circ - 2P^\circ$	NIST
10320.49	6.0e-02		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^\circ - 2P^\circ$	NIST
	1.54e-01		$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^\circ - 2P^\circ$	NIST

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
10336.41		6.7e-02	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
		1.31e-01	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
10370.49		8.7e-02	$3s^2 3p^3 - 3s^2 3p^3$	$2D^o - 2P^o$	NIST
S III					
3324.86		2.4e+07	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3P$	NIST
3387.13		3.0e+07	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3P$	NIST
3497.29			$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$1P^o - 1D$	NIST
3631.97		1.0e+06	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3D$	NIST
3709.33		7.5e+05	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3D$	NIST
3717.72		1.0e+08	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3S$	NIST
3831.82		5.6e+07	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3P$	NIST
3837.71		4.2e+07	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3P$	NIST
3838.28		1.3e+08	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3P$	NIST
3860.61		1.6e+08	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3P$	NIST
3928.54		5.9e+07	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3D^o - 3P$	NIST
3983.72		5.1e+07	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3D^o - 3P$	NIST
3985.92		6.8e+07	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3D^o - 3P$	NIST
4253.47		1.2e+08	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3D$	NIST
4284.89		9.0e+07	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3D$	NIST
4332.64		6.4e+07	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3D$	NIST
4361.48		2.8e+07	$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$3P^o - 3D$	NIST
4364.68		9.7e+06	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3D^o - 3D$	NIST
4487.46					5
4527.88		2.5e+06	$3s^2 3p 3d - 3s^2 3p 4p$	$3D^o - 3D$	NIST
5219.32			$3s^2 3p 4s - 3s^2 3p 4p$	$1P^o - 1P$	NIST
[S III]					
3721.69		8.5e-01	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1S$	NIST
3797.17		1.6e-02	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1S$	NIST
6312.06		2.54e+00	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$1D - 1S$	NIST
8829.40		9.1e-06	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1D$	NIST
9068.60		2.48e-02	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1D$	NIST
		6.1e-05	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1D$	NIST
9530.85	9530.60	3.3e-04	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1D$	NIST
	9531.10	6.4e-02	$3s^2 3p^2 - 3s^2 3p^2$	$3P - 1D$	NIST
[Se II]					
7592.00					4
[Se III]					
8854.20					4
Si I					
5906.15					9
6142.49			$3p3 3D^* - 5f 2<3>$		HH
7097.13			$3d 3F^* - 8f 3G$		HH
7105.42			$4p 3P - 8s (21)^*$		HH
7105.84			$4p 3P - 6d 3P^*$		HH
7115.40					1
7477.10					1, 6
7519.86			$3d 3P^* - 7f 2<2>$		HH
7538.06			$3d 3P^* - 7f 2<4>$		HH
7745.10			$4p 3P - 5d 3P^*$		HH
8034.91			$4p 3S - 5d 3P^*$		HH
8046.81			$4p 3S - 7s (21)^*$		HH
8150.54			$3p3 3D^* - 5p 3S$		HH
9507.82					3
Si II					
3853.66		5.11e+06	$3s 3p^2 - 3s^2 4p$	$2D - 2P^o$	NIST
3856.02		4.40e+07	$3s 3p^2 - 3s^2 4p$	$2D - 2P^o$	NIST
3862.60		3.91e+07	$3s 3p^2 - 3s^2 4p$	$2D - 2P^o$	NIST
3868.75					16
4128.07		1.49e+08	$3s^2 3d - 3s^2 4f$	$2D - 2F^o$	NIST
4129.60					17
4130.88	4130.87	1.07e+07	$3s^2 3d - 3s^2 4f$	$2D - 2F^o$	NIST
	4130.89	1.74e+08	$3s^2 3d - 3s^2 4f$	$2D - 2F^o$	NIST
4621.61	4621.42	1.28e+07	$3s^2 4d - 3s^2 7f$	$2D - 2F^o$	NIST
	4621.70	9.18e+05	$3s^2 4d - 3s^2 7f$	$2D - 2F^o$	NIST
	4621.72	1.37e+07	$3s^2 4d - 3s^2 7f$	$2D - 2F^o$	NIST
4902.65		3.5e+06	$3s^2 5p - 3s^2 9s$	$2P^o - 2S$	NIST
5041.03		7.00e+07	$3s^2 4p - 3s^2 4d$	$2P^o - 2D$	NIST
5056.15	5055.98	1.45e+08	$3s^2 4p - 3s^2 4d$	$2P^o - 2D$	NIST
	5056.32	2.10e+07	$3s^2 4p - 3s^2 4d$	$2P^o - 2D$	NIST
5867.48			$4s' 4P^* - 4p' 4P$		HH

Tabela A.1: Continuação

$\lambda_0$ (Å)	$\lambda_{\text{ref}}$ (Å)	$A(s^{-1})$	Configurações	Termos	Referências <sup>a</sup>
5957.56		5.60e+07	$3s^2 4p - 3s^2 5s$	$2P^{\circ} - 2S$	NIST
5978.93		1.13e+08	$3s^2 4p - 3s^2 5s$	$2P^{\circ} - 2S$	NIST
6347.10		5.84e+07	$3s^2 4s - 3s^2 4p$	$2S - 2P^{\circ}$	NIST
6371.36		6.80e+07	$3s^2 4s - 3s^2 4p$	$2S - 2P^{\circ}$	NIST
6818.45		1.08e+07	$3s^2 5p - 3s^2 6d$	$2P^{\circ} - 2D$	NIST
6829.82		2.16e+06	$3s^2 5p - 3s^2 6d$	$2P^{\circ} - 2D$	NIST
7113.42		5.38e+06	$3s^2 5p - 3s^2 7s$	$2P^{\circ} - 2S$	NIST
<b>Si III</b>					
3806.54		3.14e+08	$3s 4p - 3s 4d$	$3P^{\circ} - 3D$	NIST
4552.62		1.26e+08	$3s 4s - 3s 4p$	$3S - 3P^{\circ}$	NIST
4567.82		1.25e+08	$3s 4s - 3s 4p$	$3S - 3P^{\circ}$	NIST
4813.33		2.10e+08	$3s 4f - 3s 5g$	$3F^{\circ} - 3G$	NIST
5596.89		1.17e+05	$3s 5d - 3s 7p$	$3D - 3P^{\circ}$	NIST
5739.73		5.41e+07	$3s 4s - 3s 4p$	$1S - 1P^{\circ}$	NIST
7462.62		3.75e+07	$3s 4d - 3s 5p$	$3D - 3P^{\circ}$	NIST
8102.86			$5g 3G - 6h 3H^*$		HH
			$5g 3G - 6h 3,1H^*$		HH
8190.43		8.09e+07	$3s 5f - 3s 6g$	$3F^{\circ} - 3G$	NIST
8191.68		8.78e+07	$3s 5f - 3s 6g$	$3F^{\circ} - 3G$	NIST
<b>Si IV</b>					
4116.10		1.53e+08	$2p^6 4s - 2p^6 4p$	$2S - 2P^{\circ}$	NIST
<b>[Sr V]</b>					
4922.20					4
<b>[Sr VI]</b>					
4249.30					4
5434.40					4
<b>[Te II]</b>					
8049.60					4
<b>Ti II</b>					
4417.72		2.1e+06	$3d^3 - 3d^2 (3F) 4p$	$4P - z^2 D^{\circ}$	NIST
<b>V I</b>					
7801.79					3, 6
<b>V I]</b>					
8893.87			$y4D^* - e6F$		HH
<b>[V II]</b>					
7459.30					9
<b>[Xe III]</b>					
5846.70					4
<b>[Xe IV]</b>					
5709.20					4
7535.40					4
<b>[Xe VI]</b>					
6408.89					4
<b>[Zr VII]</b>					
7379.70					4

<sup>a</sup> HH- Hirata & Horaguchi, 1995 (<http://amods.kaeri.re.kr/spect/SPECT.html>); NIST- *National Institute of Standards and Technology Atomic Spectra Database* (versão 3.1.5, disponível em <http://physics.nist.gov/asd3>); 1- Garcías-Rojas et al. (2004); 2- Garcías-Rojas et al. (2005); 3- Garcías-Rojas et al. (2006); 4- Zhang et al. (2005); 5- Peimbert (2003); 6- Garcías-Rojas et al. (2007); 7- Grandi (1975); 8- Baldwin et al. (2000); 9- Esteban et al. (2004); 10- Esteban et al. (2002); 11- Drake & Morton (2007); 12- Osterbrock et al. (1992); 13- Peimbert et al. (2005); 14- Hawley (1978); 15- Tsamis et al. (2003); 16- Rubin et al. (1998); 17- Wyse (1942).

# Apêndice B

## STARBURST99: parâmetros de entrada utilizados

MODEL DESIGNATION: [NAME]  
Z005\_M120

CONTINUOUS STAR FORMATION (>0) OR FIXED MASS (<=0): [ISF]  
-1

TOTAL STELLAR MASS [10e6 SOLAR MASSES] IF 'FIXED MASS' IS CHOSEN: [TOMA]  
1.0

SFR [SOLAR MASSES PER YEAR] IF 'CONT. SF' IS CHOSEN: [SFR]  
1.0

NUMBER OF INTERVALS FOR THE IMF (KROUPA=2): [NINTERV]  
1

IMF EXPONENTS (KROUPA=1.3,2.3): [XPONENT]  
2.350

MASS BOUNDARIES FOR IMF (KROUPA=0.1,0.5,100) [SOLAR MASSES]: [XMASLIM]  
0.100,120.000

SUPERNOVA CUT-OFF MASS [SOLAR MASSES]: [SNCUT]  
8.

BLACK HOLE CUT-OFF MASS [SOLAR MASSES]: [BHCUT]  
120.

METALLICITY + TRACKS: [IZ]

GENEVA STD: 11=0.001; 12=0.004; 13=0.008; 14=0.020; 15=0.040  
GENEVA HIGH: 21=0.001; 22=0.004; 23=0.008; 24=0.020; 25=0.040  
PADOVA STD: 31=0.0004; 32=0.004; 33=0.008; 34=0.020; 35=0.050  
PADOVA AGB: 41=0.0004; 42=0.004; 43=0.008; 44=0.020; 45=0.050  
21

WIND MODEL (0: MAEDER; 1: EMP.; 2: THEOR.; 3: ELSON): [IWIND]



```

0
INITIAL TIME [1.E6 YEARS]: [TIME1]
0.01
TIME SCALE: LINEAR (=0) OR LOGARITHMIC (=1) [JTIME]
0
TIME STEP [1.e6 YEARS] (ONLY USED IF JTIME=0): [TBIV]
0.1
NUMBER OF STEPS (ONLY USED IF JTIME=1): [ITBIV]
1000
LAST GRID POINT [1.e6 YEARS]: [TMAX]
10.00
SMALL (=0) OR LARGE (=1) MASS GRID;
ISOCHRONE ON LARGE GRID (=2) OR FULL ISOCHRONE (=3): [JMG]
3
LMIN, LMAX (ALL=0): [LMIN,LMAX]
0
TIME STEP FOR PRINTING OUT THE SYNTHETIC SPECTRA [1.e6YR]: [TDEL]
1.00
ATMOSPHERE: 1=PLA, 2=LEJ, 3=LEJ+SCH, 4=LEJ+SMI, 5=PAU+SMI: [IATMOS]
5
METALLICITY OF THE HIGH RESOLUTION MODELS [ILIB]
(1=0.001, 2= 0.008, 3=0.020, 4=0.040):
1
LIBRARY FOR THE UV LINE SPECTRUM: (1=SOLAR, 2=LMC/SMC) [ILINE]
1
RSG FEATURE: MICROTURB. VEL (1-6), SOL/NON-SOL ABUND (0,1) [IVT,IRSG]
3,0
OUTPUT FILES (NO<0, YES>=0) [IO1,...]
-1,-1,-1,-1,-1,-1,+1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1
*****
OUTPUT FILES:          7      SYNTHESIS.SPECTRUM

```