

Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Departamento de Astronomia

Carla Martinez Canelo

**O Mundo Aromático – dos PAHs no meio
interestelar às condições bióticas**

São Paulo

2016

Carla Martinez Canelo

O Mundo Aromático – dos PAHs no meio interestelar às condições bióticas

Dissertação apresentada ao Departamento de
Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica
e Ciências Atmosféricas da Universidade de
São Paulo como requisito parcial para a ob-
tenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Astronomia

Orientador(a): Prof. Dr. Amâncio César San-
tos Friaça

Versão Corrigida. O original encontra-se dis-
ponível na Unidade.

São Paulo

2016

Aos meus pais e minha irmã, que sempre me acompanharam e me apoiaram nesta jornada. A todos e todas que têm coragem de seguir seus sonhos.

Agradecimentos

Ao meu pai Claudio por ter me dado a inspiração e a força, à minha mãe Silvana pela companhia e pelo suporte, e à minha irmã Carolina pela paciência e carinho. Vocês sempre serão a base do meu ser e da minha existência;

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Wuensche de Souza por ter me mostrado o caminho para a Astrobiologia;

Ao Prof. Dr. Amâncio César Santos Friaça por me orientar desde a Iniciação Científica e por me apresentar a temas tão interessantes;

Aos pesquisadores Profa. Dra. Miriane G. Pastoriza, Dr. Daniel Ruschel-Dutra e, especialmente, Profa. Dra. Dinalva A. Sales, pela colaboração e por toda a ajuda e experiência;

Ao Prof. Dr. Amaury Almeida por ter acompanhado todo este trabalho e por sua atenção;

Aos colegas e amigos, Karin Fornazier, Miguel A. P. Murcia, Nathalia Cibirka, Patrícia de Novaes, Patricia da Silva, Roberto B. Menezese e Tiago Vecchi Ricci, pela ajuda com programação e com o dia-a-dia da pós-graduação;

A todo o pessoal da Secretaria e da Informática, por sempre estarem dispostos a fornecer assistência;

À CAPES e ao CNPq, pelo apoio financeiro;

Ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG/USP.

“[...] humanity will reach maturity and wisdom on the day that it begins not just to tolerate, but take a special delight in differences in ideas and differences in life forms. [...]

If we cannot learn to actually enjoy those small differences, to take a positive delight in those small differences between our own kind, here on this planet, then we do not deserve to go out into space and meet the diversity that is almost certainly out there.”

Gene Roddenberry

Resumo

Uma fração considerável do carbono no meio interestelar (ISM, da sigla em inglês) – 20% ou mais – está na forma de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs, na sigla em inglês), e as linhas de emissão do ISM no infravermelho médio são dominadas por bandas relacionadas a este tipo de moléculas (Joblin et al., 1992). Quando um PAH incorpora um ou mais átomos de nitrogênio, que substituem átomos de carbono, ele se torna um heterociclo policíclico aromático nitrogenado (PANH, da sigla em inglês). Eles podem fornecer o elo perdido entre a química abundante dos PAHs no ISM e as nucleobases que compõem todos os seres vivos. A análise das características dos perfis de PAH, especialmente o de $6.2\mu m$, poderia indicar a presença do nitrogênio incorporado aos anéis.

Peeters et al. (2002) sugeriu a divisão dos espectros de PAH em três classes – A, B e C – dependendo da interpretação da variação da posição do pico dos perfis. A identificação da classe da banda de $6.2\mu m$ pode mostrar se PANHs estão presentes e quão importantes são para esta emissão. Neste trabalho, 206 galáxias (no geral, dominadas por *starbursts*), extraídas do projeto *Spitzer/IRS ATLAS* (Hernán-Caballero e Hatziminaoglou, 2011), tiveram seus perfis de $6.2\mu m$ ajustados e distribuídos nas classes de Peeters.

Um total de 124 (60%) galáxias foram classificadas como classe A, 42 (20%) galáxias como classe B e 3 (1.5%) galáxias como classe C. A classe A, correspondente a um comprimento de onda central perto de $6.22\mu m$, só foi explicada pela substituição de carbono por nitrogênio, apesar de outras tentativas de explanação (Hudgins et al., 2005). Além disso, a classe B pode representar uma mistura entre PAHs e PANHs. Logo, estes espectros sugerem a presença significativa de PANHs, o que pode indicar outro reservatório de nitrogênio no Universo, com condições de densidade e temperatura diferentes das fases gasosas e gelos.

Abstract

A considerable fraction of carbon in the interstellar medium – 20% or more – is in the form of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), and their mid infrared emission lines are dominated by bands related to this class of molecules (Joblin et al., 1992). When a PAH incorporates one or more atoms of nitrogen, that substitute the carbon atoms, it becomes a polycyclic aromatic nitrogen heterocycle (PANH). They can provide the missing link between the abundant PAHs chemistry at the ISM and the nucleobases that compose all living beings. Analyses of the PAHs features profiles, especially the $6.2\mu m$ feature, could indicate the presence of nitrogen incorporated to the rings.

Peeters et al. (2002) has suggested the division of PAH spectra into three classes – A, B and C – depending on the variation's interpretation of the profile peak positions. Identification of the feature class can show if PANHs are present and how important they are for this emission. For this work, 206 galaxies (starburst-dominated, in general), extracted from the Spitzer/IRS ATLAS project (Hernán-Caballero e Hatziminaoglou, 2011), have their $6.2\mu m$ profiles fitted and distributed into the Peeter's classes.

A total of 124 (60%) galaxies were classified as class A, 42 (20%) galaxies as class B and 3 (1.5%) galaxies as class C. The class A, corresponding to a central wavelength near $6.22\mu m$, has only been explained by carbon replaced by nitrogen, despite other attempts of explanation (Hudgins et al., 2005). Besides, class B can represent a mix between PAHs and PANHs. Therefore, these spectra suggest a significant presence of PANHs, that could indicate another reservoir of nitrogen in the Universe, with density and temperature conditions different from those of gas phase and ices.

Lista de Figuras

1.1	Exemplos de classificação da estrutura de PAHs (Imagem retirada de Andrews et al. (2015)).	25
1.2	Evolução de moléculas carbonáceas e PAHs mediante radiação UV em ambientes astrofísicos.	27
1.3	Diagrama da química interestelar do carbono <i>top-down</i> (Tielens, 2013). . .	28
1.4	Dois espectros são apresentados em densidade de fluxo versus comprimento de onda... (Yan et al., 2005)	30
1.5	Possíveis monômeros que poderiam ter constituído uma molécula genética primordial (Ehrenfreund et al., 2006).	31
1.6	Visão geral das possíveis variações no perfil das bandas (a) $3.3\mu m$, (b) $6.2\mu m$, (c) $7.7\mu m$ e (d) $11.2\mu m$, divididas em três classes (A, B e C). . . .	34
1.7	Espectros calculados de três possíveis cátions de coroneno com substituição de N (Hudgins et al., 2005).	35
1.8	Distribuição interna do Spitzer	37
1.9	Distribuição dos módulos do IRS.	37
1.10	Resumo das propriedades dos módulos do IRS.	38
2.1	Imagem BCD do objeto MIPS 289.	43
2.2	Teste de redução do <i>background</i> com o objeto MIPS 78.	43
2.3	Logotipo do SPICE	45
2.4	Logotipo do SMART	45
2.5	Espectro da fonte MIPS289 extraído com o SMART.	46
3.1	Espectro do objeto 3C31 decomposto com o PAHFIT.	51

3.2	Gráfico de RMS do objeto 3C31.	51
3.3	Espectro do objeto 3C293 decomposto com o PAHFIT.	52
3.4	Gráfico de RMS do objeto 3C293.	52
3.5	Espectro do objeto IRAS_01494-1845 decomposto com o PAHFIT.	52
3.6	Gráfico de RMS do objeto IRAS_01494-1845.	52
3.7	Espectro do objeto NGC7714 decomposto com o PAHFIT.	53
3.8	Gráfico de RMS do objeto NGC7714.	53
3.9	Gráfico do valor parcial absoluto de RMS para as fontes por seus respectivos <i>redshifts</i>	53
3.10	Gráfico do valor parcial normalizado de RMS para as fontes por seus respectivos <i>redshifts</i>	54
3.11	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto 3C31.	57
3.12	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto GN26.	57
3.13	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS8327.	58
3.14	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS22530.	58
3.15	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto Arp220.	58
3.16	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC5033.	58
3.17	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS180.	59
3.18	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IC342.	59
3.19	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC2273.	59
3.20	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC3227.	60
3.21	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto SST172458.3+591545.	60
3.22	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto EIRS-9.	60
3.23	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto EIRS-14.	60
3.24	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS289.	61
3.25	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS15928.	61
3.26	Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu m$ ajustado com o <i>pah62_curvefit.py</i> pelo <i>redshift</i> das fontes.	62
3.27	Recorte da Figura 3.26 com valores de <i>redshift</i> < 0.25	62
3.28	Recorte da Figura 3.26 com valores de <i>redshift</i> < 0.035	62
3.29	Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu m$ ajustado com o <i>pah62_opt2.py</i> pelo <i>redshift</i> das fontes.	63

3.30	Recorte da Figura 3.29 com valores de <i>redshift</i> (< 0.25).	63
3.31	Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu m$ pelo <i>redshift</i> das ULIRGs.	65
3.32	Recorte da Figura 3.31 com valores de <i>redshift</i> < 0.25 .	65
3.33	Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu m$ pelo <i>redshift</i> das <i>Seyferts</i> .	66
3.34	Recorte da Figura 3.33 com valores de <i>redshift</i> < 0.04 .	66
3.35	Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu m$ pelo <i>redshift</i> dos <i>Starbursts</i> .	66
3.36	Recorte da Figura 3.35 com valores de <i>redshift</i> < 0.025 .	66
3.37	Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu m$ pelo <i>redshift</i> de outros tipos de galáxias.	67
3.38	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto 3C293 ajustado com <i>curve_fit</i> .	68
3.39	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto 3C293 ajustado com <i>minimize</i> .	68
3.40	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_00091-0738 ajustado com <i>curve_fit</i> .	68
3.41	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_00091-0738 ajustado com <i>minimize</i> .	68
3.42	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_11387+4116 ajustado com <i>curve_fit</i> .	69
3.43	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_11387+4116 ajustado com <i>minimize</i> .	69
3.44	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_15225+2350 ajustado com <i>curve_fit</i> .	69
3.45	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_15225+2350 ajustado com <i>minimize</i> .	69
3.46	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS16144 para $6.1 \leq \lambda \leq 6.27$.	70
3.47	Perfil da banda de $6.3\mu m$ do objeto MIPS16144 para $6.26 \leq \lambda \leq 6.47$.	70
3.48	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC7603.	70
3.49	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS506.	71
3.50	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS22699.	71
3.51	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto EIRS-37 ajustado com <i>curve_fit</i> .	71
3.52	Perfil da banda de $6.3\mu m$ do objeto EIRS-37 ajustado com <i>minimize</i> .	71
3.53	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_11028+3130 ajustado com <i>curve_fit</i> .	72
3.54	Perfil da banda de $6.3\mu m$ do objeto IRAS_11028+3130 ajustado com <i>minimize</i> .	72

3.55	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_11095-0238 ajustado com <i>curve_fit</i> .	72
3.56	Perfil da banda de $6.3\mu m$ do objeto IRAS_11095-0238 ajustado com <i>minimize</i> .	72
3.57	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS16059.	73
3.58	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC3031.	73
3.59	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto SJ103809.18+583226.2.	73
3.60	Banda de $6.0\mu m$ presente no objeto EIRS-9.	74
3.61	Banda de $6.0\mu m$ presente no objeto IRAS03209-0806.	74
3.62	Banda de $6.0\mu m$ presente no objeto M+0-29-23.	75
3.63	Banda de $6.0\mu m$ presente no objeto Mrk938.	75
4.1	Imagem representativa dos espectros das classes de Peeters, retirada de Tielens (2008), mostrando as distâncias entre cada banda que podem ser calculadas.	78
4.2	Bandas ajustadas de PAHs do objeto 3C31.	80
4.3	Bandas ajustadas de PAHs do objeto 3C293.	80
4.4	Espectro do objeto NGC4818 ajustado com o PAHTAT.	81
B.1	Espectro do objeto Arp220 decomposto com o PAHFIT.	95
B.2	Gráfico de RMS do objeto Arp220.	95
B.3	Espectro do objeto EIRS-14 decomposto com o PAHFIT.	95
B.4	Gráfico de RMS do objeto EIRS-14.	95
B.5	Espectro do objeto EIRS-37 decomposto com o PAHFIT.	96
B.6	Gráfico de RMS do objeto EIRS-37.	96
B.7	Espectro do objeto EIRS-9 decomposto com o PAHFIT.	96
B.8	Gráfico de RMS do objeto EIRS-9.	96
B.9	Espectro do objeto GN26 decomposto com o PAHFIT.	96
B.10	Gráfico de RMS do objeto GN26.	96
B.11	Espectro do objeto IC342 decomposto com o PAHFIT.	97
B.12	Gráfico de RMS do objeto IC342.	97
B.13	Espectro do objeto IRAS03209-0806 decomposto com o PAHFIT.	97
B.14	Gráfico de RMS do objeto IRAS03209-0806.	97
B.15	Espectro do objeto IRAS_00091-0738 decomposto com o PAHFIT.	97
B.16	Gráfico de RMS do objeto IRAS_00091-0738.	97

B.17	Espectro do objeto IRAS_11028+3130 decomposto com o PAHFIT.	98
B.18	Gráfico de RMS do objeto IRAS_11028+3130.	98
B.19	Espectro do objeto IRAS_11095-0238 decomposto com o PAHFIT.	98
B.20	Gráfico de RMS do objeto IRAS_11095-0238.	98
B.21	Espectro do objeto IRAS_11387+4116 decomposto com o PAHFIT.	99
B.22	Gráfico de RMS do objeto IRAS_11387+4116.	99
B.23	Espectro do objeto IRAS_15225+2350 decomposto com o PAHFIT.	99
B.24	Gráfico de RMS do objeto IRAS_15225+2350.	99
B.25	Espectro do objeto M+0-29-23 decomposto com o PAHFIT.	99
B.26	Gráfico de RMS do objeto M+0-29-23.	99
B.27	Espectro do objeto MIPS15928 decomposto com o PAHFIT.	100
B.28	Gráfico de RMS do objeto MIPS15928.	100
B.29	Espectro do objeto MIPS16059 decomposto com o PAHFIT.	100
B.30	Gráfico de RMS do objeto MIPS16059.	100
B.31	Espectro do objeto MIPS16144 decomposto com o PAHFIT.	100
B.32	Gráfico de RMS do objeto MIPS16144.	100
B.33	Espectro do objeto MIPS180 decomposto com o PAHFIT.	101
B.34	Gráfico de RMS do objeto MIPS180.	101
B.35	Espectro do objeto MIPS22530 decomposto com o PAHFIT.	101
B.36	Gráfico de RMS do objeto MIPS22530.	101
B.37	Espectro do objeto MIPS22699 decomposto com o PAHFIT.	101
B.38	Gráfico de RMS do objeto MIPS22699.	101
B.39	Espectro do objeto MIPS289 decomposto com o PAHFIT.	102
B.40	Gráfico de RMS do objeto MIPS289.	102
B.41	Espectro do objeto MIPS506 decomposto com o PAHFIT.	102
B.42	Gráfico de RMS do objeto MIPS506.	102
B.43	Espectro do objeto MIPS8327 decomposto com o PAHFIT.	102
B.44	Gráfico de RMS do objeto MIPS8327.	102
B.45	Espectro do objeto Mrk938 decomposto com o PAHFIT.	103
B.46	Gráfico de RMS do objeto Mrk938.	103
B.47	Espectro do objeto NGC2273 decomposto com o PAHFIT.	103
B.48	Gráfico de RMS do objeto NGC2273.	103

B.49	Espectro do objeto NGC3031 decomposto com o PAHFIT.	103
B.50	Gráfico de RMS do objeto NGC3031.	103
B.51	Espectro do objeto NGC3227 decomposto com o PAHFIT.	104
B.52	Gráfico de RMS do objeto NGC3227.	104
B.53	Espectro do objeto NGC5033 decomposto com o PAHFIT.	104
B.54	Gráfico de RMS do objeto NGC5033.	104
B.55	Espectro do objeto SJ103809.18+583226.2 decomposto com o PAHFIT. . .	105
B.56	Gráfico de RMS do objeto SJ103809.18+583226.2.	105
B.57	Espectro do objeto SST172458.3+591545 decomposto com o PAHFIT. . .	105
B.58	Gráfico de RMS do objeto SST172458.3+591545.	105
C.1	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-2.	107
C.2	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-13.	107
C.3	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_23129+2548.	108
C.4	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto LH_H901A.	108
C.5	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS22432.	108
C.6	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS8242.	108
C.7	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Mrk938.	109
C.8	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Murphy22.	109
C.9	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Murphy3.	109
C.10	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Murphy8.	109
C.11	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1056.	109
C.12	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1097.	109
C.13	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1365.	110
C.14	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1566.	110
C.15	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3256.	110
C.16	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3511.	110
C.17	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5135.	111
C.18	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5953.	111
C.19	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC7469.	111
C.20	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC7582.	111
C.21	Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto SWIRE4_J104057.84+565238.9. . . .	112

C.22	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto SWIRE4_J104117.93+595822.9.	112
C.23	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto AGN15.	113
C.24	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto E12-G21.	113
C.25	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS14121-0126.	113
C.26	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS14197+0813.	113
C.27	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS14202+2615.	114
C.28	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS14485-2434.	114
C.29	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_02411+0353.	114
C.30	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_03250+1606.	114
C.31	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_13539+2920.	114
C.32	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_14060+2919.	114
C.33	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_14252-1550.	115
C.34	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_14348-1447.	115
C.35	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_17028+5817.	115
C.36	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_17068+4027.	115
C.37	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_20414-1651.	116
C.38	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_21208-0519.	116
C.39	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS8342.	116
C.40	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS8493.	116
C.41	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS22277.	117
C.42	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS22482.	117
C.43	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS22651.	117
C.44	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto Mrk273.	117
C.45	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC1222.	118
C.46	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC1614.	118
C.47	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC3079.	118
C.48	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC3310.	118
C.49	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC3556.	119
C.50	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC4088.	119
C.51	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC4194.	119
C.52	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC4676.	119
C.53	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC5194.	120

C.54	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC5256.	120
C.55	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto CGCG381-051.	121
C.56	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto EIRS-55.	121
C.57	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto GN39a.	121
C.58	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto GN39b.	121
C.59	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS08474+1813.	122
C.60	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_00482-2721.	122
C.61	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_01298-0744 ajustado com <i>curve_fit</i> .122	
C.62	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_01298-0744 ajustado com <i>minimize</i> .122	
C.63	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_01569-2939 ajustado com <i>curve_fit</i> .122	
C.64	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_01569-2939 ajustado com <i>minimize</i> .122	
C.65	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_10035+2740 ajustado com <i>curve_fit</i> .123	
C.66	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto IRAS_10035+2740 ajustado com <i>mi-</i> <i>nimize</i>	123
C.67	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto MIPS8521.	123
C.68	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC1241.	123
C.69	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC4594.	123
C.70	Perfil da banda de $6.2\mu m$ do objeto NGC5929.	123

Lista de Tabelas

1.1	Modos de vibração de algumas bandas de PAHs.	33
2.1	Nomes e redshifts das ULIRGs utilizadas por Yan et al. (2007).	41
3.1	Cores utilizadas nos gráficos com os ajustes do PAHFIT e as componentes do modelo à que se atribuem.	50
3.2	Intervalo para cada classe de Peeter.	56
3.3	Quantidade de galáxias categorizadas em cada classe de Peeters.	61
3.4	Distribuição das classes de Peeters de acordo com o tipo de galáxia.	64
4.1	Palpites iniciais para o ajuste das bandas de PAHs.	79
D.1	Fontes e suas respectivas informações retiradas do catálogo do projeto <i>Spitzer/IRS ATLAS</i>	126
D.2	Resultados parciais e totais de RMS.	135
D.3	Resultados do ajuste da banda de $6.2\mu m$ com o <i>pah62_curvefit.py</i>	141
D.4	Resultados do ajuste da banda de $6.2\mu m$ com o <i>pah62_opt2.py</i>	149
D.5	Resultados das galáxias que apresentaram os melhores ajustes.	157

Sumário

1. Introdução	25
1.1 PAHs no meio interestelar	25
1.2 PAHs e objetos extragalácticos	28
1.3 O Mundo Aromático e os PANHs	30
1.4 Observando PAHs e PANHs	32
1.4.1 As Classes de Peeters	32
1.4.2 <i>Spitzer Space Telescope</i> e o IRS	36
1.5 Visão geral dos objetivos	39
1.6 Organização da Dissertação	39
2. Os Alvos	41
2.1 Primeiras opções	41
2.1.1 Redução de dados	42
2.1.1.1 <i>Background</i>	42
2.1.1.2 Rogue pixels	44
2.1.1.3 Coad	44
2.1.1.4 Extração espectral	44
2.1.2 Considerações	45
2.2 O projeto <i>Spitzer/IRS Atlas</i>	46
2.2.1 A amostra <i>MIR starbursts</i>	47
3. Análise de dados e resultados	49
3.1 PAHFIT	49
3.1.1 RMS	50

3.1.2	Resultados	51
3.2	A banda de $6.2\mu m$	55
3.2.1	Resultados	57
3.2.1.1	Melhor ajuste pelo <i>pah62_curvefit.py</i>	57
3.2.1.2	Melhor ajuste pelo <i>pah62_opt2.py</i>	59
3.2.1.3	Visão geral dos resultados	61
3.2.1.4	Espectros peculiares	67
3.2.1.5	Ajustes inconclusivos	71
3.3	A banda de $6.0\mu m$	73
4.	Conclusões e perspectivas	77
4.1	Novas abordagens	78
4.2	Outros ambientes astrofísicos e novas observações	81
	Referências	83
	Apêndice	91
A.	Lista de abreviações	93
B.	Espectros decompostos pelo PAHFIT e seus respectivos RMS	95
C.	Perfis da banda de $6.2\mu m$	107
C.1	Melhor ajuste com o <i>pah62_curvefit.py</i>	107
C.2	Melhor ajuste com o <i>pah62_opt2.py</i>	113
C.3	Ajustes inconclusivos	121
D.	Fontes: identificação e propriedades derivadas	125

Introdução

1.1 PAHs no meio interestelar

Uma fração considerável do carbono no meio interestelar (20% ou mais) encontra-se na forma de PAHs (sigla em inglês para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), e a emissão em bandas no infravermelho médio é dominada pelas bandas desta classe de moléculas (Joblin et al., 1992), conhecida como AIBs (sigla em inglês para Bandas Aromáticas no Infravermelho). PAHs, basicamente, são diversos anéis aromáticos unidos, formados por átomos de carbono. Eles podem apresentar diversos tipos de estruturas (Figura 1.1), sendo os PAHs pericondensados e os simétricos os mais estáveis do ponto de vista da reatividade química e da fragmentação (Andrews et al., 2015).

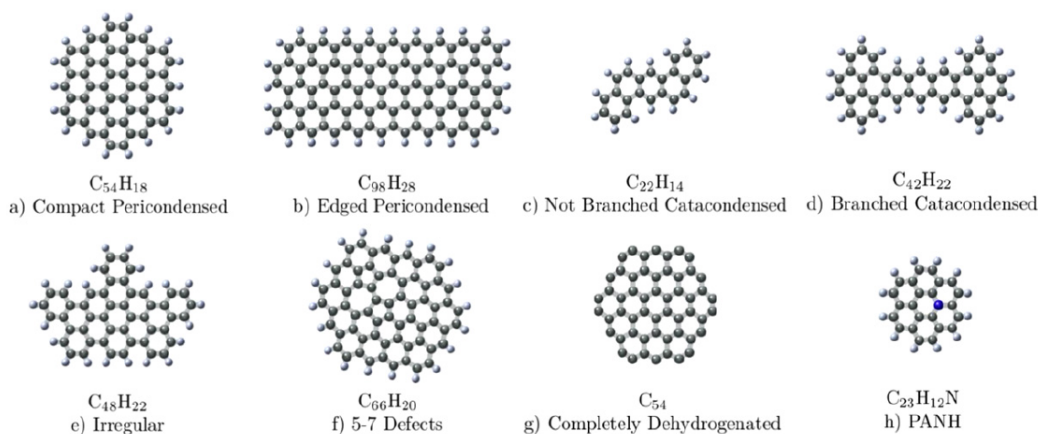


Figura 1.1: Exemplos de classificação da estrutura de PAHs. (a) e (b) – PAHs pericondensados: núcleos compactos de carbono. (c) e (d) – PAHs catacondensados: PAHs lineares. (e) – PAHs cuja forma não se assemelha às demais classificações. (f) – PAHs com 5 a 7 defeitos de anéis fundidos. (g) – PAHs completamente desidrogenados: todos os hidrogênios foram removidos. (h) – PAHs nitrogenados: o nitrogênio substituindo um átomo de carbono do núcleo do PAH. (Imagem retirada de Andrews et al. (2015))

Até 50% da luminosidade emitida no infravermelho médio pode ser devida às bandas dos PAHs, as mais fortes estando a 3.3, 6.2, 7.7, 8.6, 11.3 e $12.7\mu\text{m}$ (Li, 2004), e as mais fracas em 3.4, 3.5, 5.25, 5.75, 6.0, 6.9, 7.5, 10.5, 11.0, 13.5, 14.2, 17.4 e $18.9\mu\text{m}$. Eles são abundantes e onipresentes no meio interestelar das galáxias, incluindo quase todos os objetos astrofísicos correlacionados com poeira e gás e com iluminação por fótons ultravioleta (UV), como regiões HII, nebulosas de reflexão, estrelas jovens e AGBs (ramo assintótico das gigantes), superfícies de nuvens escuras, entre outros (Tielens, 2008). Particularmente, PAHs dominam o aquecimento de gás neutro e o balanço de ionização em nuvens moleculares e são importantes traçadores de regiões de formação estelar.

Normalmente essas emissões são atribuídas à fluorescência de PAHs bombeados por fótons do UV longínquo, de cerca de 50 átomos de carbono. Isto porque as espécies menores de PAHs possuem uma baixa capacidade de calor e, ao absorverem um único fóton, elas ficam muito quentes, vibram e emitem no infravermelho médio (mid-IR), mesmo se estiverem distante da estrela. E, o perfil de muitas destas bandas é típico da anarmonicidade associada a emissões moleculares (Tielens, 2008). Estas emissões não dependem da intensidade do campo de radiação, e sim somente da energia dos fótons e das propriedades das partículas (Guimarães, 2006).

O principal parâmetro de um PAH para se calcular o quanto ele absorve de energia do campo de radiação, a que temperatura chega e como ocorre a reemissão, é a eficiência de absorção. Ela varia com a temperatura do grão e os dois modelos mais usados para seu cálculo são descritos em Dwek et al. (1997) e Li e Draine (2001). Já a capacidade térmica está intimamente relacionada com a configuração espacial dos anéis de carbono do PAH (Guimarães, 2006).

Acredita-se que PAHs e macromoléculas carbonáceas exercem um papel fundamental na física e química do meio interestelar (ISM, na sigla em inglês) (Berné et al., 2015). A Figura 1.2 apresenta um diagrama da evolução destas moléculas em diferentes ambientes astrofísicos. Em nuvens densas, grãos de poeira conseguem bloquear boa parte da radiação UV de estrelas próximas e há uma maior complexidade molecular. Contudo, a partir das bordas da nuvem, o campo de radiação começa a atuar cada vez mais e os grãos são processados e fragmentados em outras espécies moleculares menores.

Em relação à sua formação, processos de condensação de fuligem em material ejetado de estrelas podem criar grandes moléculas de PAHs. Os radicais iniciais são gerados

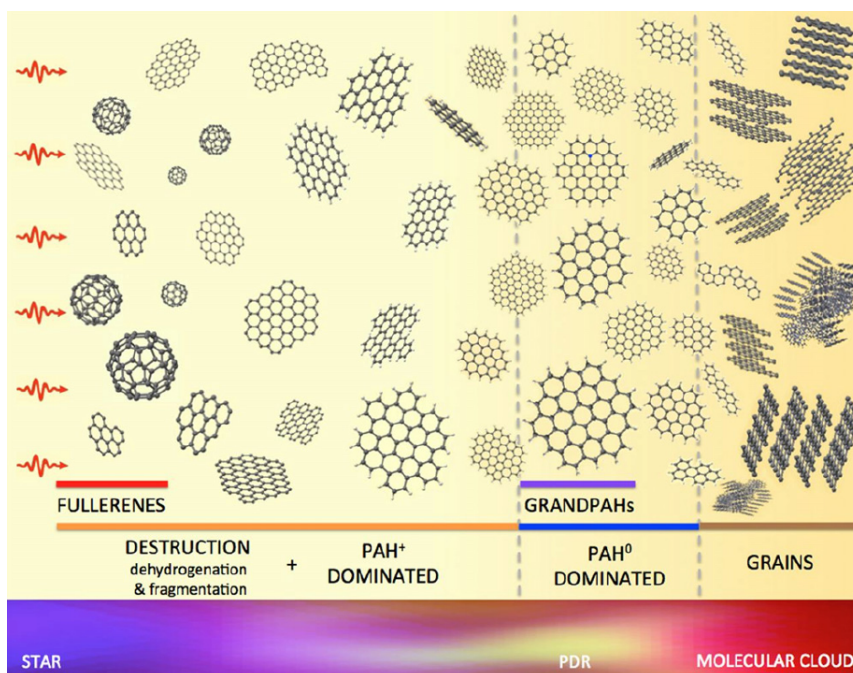


Figura 1.2: Evolução proposta de moléculas carbonáceas e PAHs mediante radiação UV em ambientes astrofísicos. (Figura retirada de Andrews et al. (2015)). No limite entre a nuvem molecular e a PDR (sigla em inglês para região de fotodissociação), PAHs são altamente processados e formam a população *grandPAH*, com as estruturas mais estáveis (pericondensados). Conforme maior a proximidade da estrela, mais os PAHs são ionizados e destruídos, gerando outras moléculas (por exemplo, o fulereno).

a partir de reações simples com o acetileno (C_2H_2) e depois, com rápida adição de hidrogênio e reações de abstração, o fenil (C_6H_5) estabelece um curso estável para o benzeno (C_6H_6). Repetindo-se o mesmo processo (conhecido como HACA – *Hydrogen-Abstraction aCetylene-Addition*), anéis aromáticos passam a se adicionar. O ISM é enriquecido conforme PAHs se aglomeram em grandes estruturas moleculares e em grãos de poeira (Tielens, 2013). Por outro lado, no caso de nuvens moleculares, estas rotas químicas de íon-molécula (por exemplo, Equações 1.1 e 1.2) são mais consideradas para o crescimento de PAHs já existentes no ISM. Elas podem abranger diversas reações rápidas entre radicais de PAH e hidrocarbonetos como, por exemplo, a interação entre o radical fenil e o vinil acetileno ($CH_2 = CH - C \equiv CH$) que resulta no naftaleno (dois anéis benzênicos) (Tielens, 2013).



Estes são exemplos da abordagem *bottom-up*, na qual pequenas moléculas reagem para

formar espécies cada vez mais complexas. Seu oposto é a *top-down*, em que macromoléculas vão sendo quebradas em menores, como no caso da produção do fulereno (C_{60}) a partir de PAHs (Berné et al., 2015). Esta última é muito utilizada quando se trata da fotoquímica de PAHs no ISM (Equação 1.3, onde R é um grupo lateral mas também poderia ser um H (Tielens, 2005)). A evolução química de PAHs no ISM se dá pela presença de fótons UV e pela combinação de efeitos de desidrogenação e fragmentação com os de isomerização, como esquematizado na Figura 1.3 (Tielens, 2013). Afinal, as densidades moleculares predominantes nestas regiões são ordens de magnitudes menores para um cenário *bottom-up*.

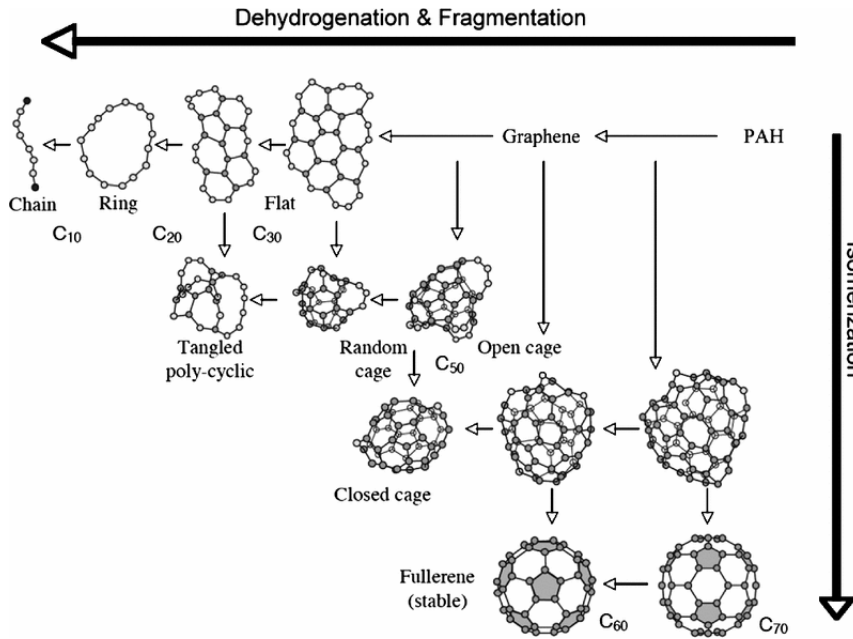
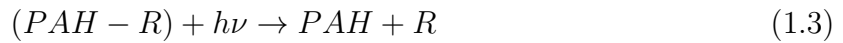


Figura 1.3: Diagrama da química interestelar do carbono *top-down*, extraído de Tielens (2013).

1.2 PAHs e objetos extragalácticos

A alta luminosidade das bandas de PAHs permitem que estas sejam visíveis em objetos a alto *redshift*, onde dominariam o espectro no infravermelho (IR) (Papovich et al., 2006; Teplitz et al., 2007). Até recentemente, o *redshift* mais elevado para o qual bandas dos PAHs foram detectadas era de $z = 3.074$ para a galáxia *Cosmic Eye*, uma *Lyman Break Galaxy* com forte lente gravitacional (Siana et al., 2009). *Lyman Break Galaxies* são

galáxias com formação estelar intensa a altos *redshifts*. Anos depois, a banda de $6.2\mu\text{m}$ foi observada na galáxia submilimétrica GN20, com $z = 4.055$ (Riechers et al., 2014).

Inclusive, dados de arquivo do instrumento IRS (Houck et al., 2004) a bordo do telescópio Spitzer (Werner et al., 2004), cuja faixa espectral concentra as mais fortes bandas de emissão dos PAHs, já foram usados para determinar os *redshifts* de objetos a partir das bandas de PAHs identificadas. Em Yan et al. (2005, 2007), foram escolhidos diversos alvos, compreendendo valores de *redshifts* de 0.61 a 3.2, para os quais os respectivos espectros foram basicamente reduzidos a partir do *IRS pipeline* do *Spitzer Science Center* (SSC), submetidos a novos processamentos pelos autores e extraídos através do software SPICE (*Spitzer IRS Custom Extraction*) do SSC. As bandas mais utilizadas para o cálculo dos *redshifts* foram as de 6.2, 7.7, 8.6, 9.8, 11.3 e $12.8\mu\text{m}$, cuja banda de $9.8\mu\text{m}$ se refere à absorção do *SiO* e as demais são emissões de PAHs.

Dois dos espectros obtidos por Yan et al. (2005), juntamente com o *redshift* extrapolado pelas bandas de PAHs, encontram-se na Figura 1.4. Análises sugerem que ambos sejam ULIRGs (*Ultra Luminous Infra-Red Galaxies*). ULIRGs possuem as luminosidades infravermelhas mais intensas. Uma hipótese é que elas representariam uma etapa da junção de duas galáxias espirais ricas em gás. Quando este gás molecular direciona-se para o núcleo, ele acarreta num surto de formação estelar e, em alguns casos, atividade AGN (sigla em inglês para núcleo galáctico ativo). Assim, a poeira absorve a radiação das estrelas jovens e/ou do AGN e a re-irradia (Guimarães, 2006).

Outro tipo de objeto com muitas emissões de PAHs é o *starburst*. Eles são regiões de galáxias com altas densidades de energia oriundas de ventos de estrelas massivas e explosões de supernova, que criam ondas de choque e *outflows* de gás no meio interestelar. Embora as ondas de choque derivadas de supernova destruam grande parte dos grãos de poeira, os *outflows* podem ejetar quantidades significativas de gás e poeira para fora das regiões de formação estelar. Estes locais que circundam os *starbursts* são os principais responsáveis pela opacidade da galáxia (Guimarães, 2006).

bandas de PAHs têm sido muito usadas para se estudar a evolução de galáxias. Geralmente, galáxias com emissão no IR, tais ULIRGs e *starbursts*, possuem a banda de $7.7\mu\text{m}$ como a mais intensa, sendo muito empregada nos diagnósticos. Embora estas bandas não sejam sempre indicadoras diretas da taxa de formação estelar (afinal, a radiação UV absorvida pelos PAHs pode ser de AGNs, de estrelas jovens e/ou de estrelas velhas em

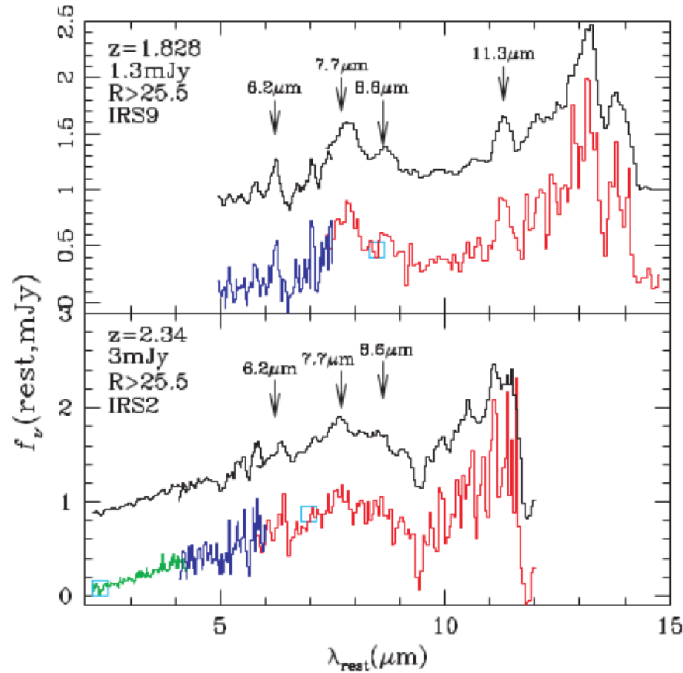


Figura 1.4: Dois espectros são apresentados em densidade de fluxo versus comprimento de onda, no repouso. As linhas vermelha, azul e verde são os espectros observados na resolução original, ao passo que as linhas pretas são a versão suavizada, escaladas com uma constante arbitrária no eixo-y para uma visão mais clara. O segmento vermelho representa o espectro da primeira ordem *Long-Low* do IRS, o azul é da segunda ordem, e o verde é da primeira ordem do *Short-Low*. Os quadrados azuis são as densidades de fluxo na banda larga e no repouso computadas a partir da banda larga dos fluxos de $8\mu\text{m}$ do IRAC, e de $24\mu\text{m}$ do MIPS. Os comprimentos de onda estão corrigidos para o sistema de repouso (Gráfico retirado de Yan et al. (2005)). O IRS e seus módulos são apresentados na Seção 1.4.2

estágios avançados de evolução), a razão linha/contínuo de $7.7\mu\text{m}$ consegue distinguir se as URLIGS são alimentadas por AGNs ou *starbursts*. Aliás, a razão de fluxos das bandas de 6.2 e $7.7\mu\text{m}$ também é muito relevante para avaliar a natureza da fonte de radiação UV. Outra banda fundamental é a $11.3\mu\text{m}$, observada a altos *redshifts* independentemente do grau de ionização dos PAHs. Por ser produzida a temperaturas (ou seus transientes) menores que as da banda $7.7\mu\text{m}$, ela pode ser encontrada numa variedade maior de ambientes astrofísicos (Guimarães, 2006).

1.3 O Mundo Aromático e os PANHs

Pela sua robustez, os PAHs são o material orgânico dominante no espaço (Ehrenfreund et al., 2006) e, junto com outras macromoléculas aromáticas, estão entre as mais abundantes espécies moleculares que devem ter sido transportadas aos planetas por quedas de

meteoritos e deposição de poeira interplanetária (Ehrenfreund et al., 2002). Produzidos em outras partes do Sistema Solar ou da Galáxia, foram entregues posteriormente quase intactos em planetas como Marte e a Terra.

Os PAHs podem ter seus átomos de hidrogênio ou carbono substituídos por nitrogênio, gerando PANHs (sigla em inglês para heterociclos policíclicos aromáticos nitrogenados). Uma parte considerável destes PANHs deve ter sido formada sobre os gelos depositados sobre os grãos do meio interestelar. Eles podem constituir uma etapa de canais de produção de moléculas heterocíclicas nitrogenadas. Algumas destas últimas são de grande interesse astrobiológico, por poderem desempenhar um papel pré-biótico nas origens da vida antecedendo o mundo RNA/DNA (Ehrenfreund et al., 2006), tanto na Terra como em outros ambientes astrofísicos.

Este estágio precedente ao mundo RNA/DNA foi proposto por Ehrenfreund et al. (2006) como o “Mundo Aromático”, no qual uma protocélula de PAH poderia conseguir digerir e transformar recursos em blocos construtores para o crescimento e divisão da mesma. Esta também possuiria um replicador genético, imperfeito, que poderia catalizar parte destes processos. Ainda de acordo com Ehrenfreund et al. (2006), PAH carregados e hidrocarbonetos aromáticos representariam os possíveis papéis numa protocélula de recipientes, polímeros informacionais e componentes do sistema metabólico (como transdutores e interceptores de energia).

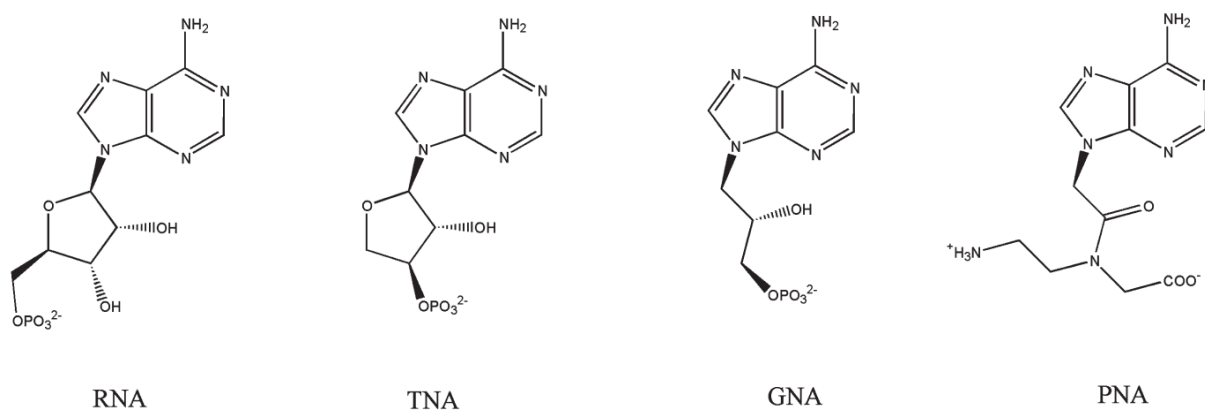


Figura 1.5: Possíveis monômeros que poderiam ter construído uma molécula genética primordial (Figura extraída de Ehrenfreund et al. (2006)). Vale salientar a presença do nitrogênio incorporado ao anel aromático em todos eles. RNA – ácido ribonucleico; TNA – ácido nucleico de treose; GNA – ácido glicol nucleico; e PNA – ácido nucleico peptídico.

Logo, estas substâncias podem fornecer o elo perdido entre a química dos abundan-

tes PAHs no meio interestelar e as nucleobases que constituem o maquinário codificador da vida terrestre. Nucleobases nada mais são do que estruturas aromáticas compostas por moléculas monocíclicas ou bicíclicas – pirimidina e purina, respectivamente – que compõem os blocos básicos dos nucleotídios do RNA (Parker et al., 2015 a). Elas e outros heterocíclicos nitrogenados (Figura 1.5), devido à sua importância pré-biótica, devem ser investigadas com atenção, tanto considerando vias para a sua produção, como a sua estabilidade perante os campos de radiação astrofísicos (Peeters et al., 2005).

Da mesma maneira que os PAHs, PANHs podem ser sintetizados por abstração de hidrogênio e adição de acetileno (processo HACA com o radical fenil), em temperaturas de alguns milhares de *Kelvin* (Parker et al., 2015 a). Além disso, a substituição intermediária do acetileno pelo *HCN* pode incorporar o nitrogênio diretamente no PAH ainda em crescimento (Ricca et al., 2001). Este processo, envolvendo radicais de piridil (C_5H_4N) e o acetileno, gerando (iso)quinolina (C_9H_7N), também foi mostrado para temperaturas de até $1500K$ (Parker et al., 2015 b). Outra opção seria várias reações em fase gasosa mediadas por radicais que incorporam o nitrogênio em uma molécula aromática bicíclica (Parker et al., 2015 a).

Para temperaturas baixas, como $10K$ de nuvens moleculares frias e até menores, reações de radicais de piridil com o 1,3 – *butadieno* por um evento de colisão única podem criar PANHs. Estes podem ser condensados em mantos de gelo de grãos de poeira interestelares onde podem formar estruturas de nucleobases por reações de substituição por meio de química de não-equilíbrio (Parker et al., 2015 b). Recentemente, outro estudo sugeriu a formação destas moléculas via irradiação UV de benzeno e naftaleno em misturas de gelo contendo amônia e água (Materese et al., 2015). Por outro lado, Ota (2016) propõe a criação de PANHs por choques de nitrogênio e fótons altamente energéticos.

1.4 Observando PAHs e PANHs

1.4.1 As Classes de Peeters

Variações espectrais observacionais podem ser divididas, basicamente, em duas categorias (Tielens, 2008) – variações na força relativa de diferentes características de emissão IR e variações na posição do pico e no perfil das características. Neste trabalho, o foco está na segunda.

Diferentemente dos perfis dos modos de vibração CH, que variam muito pouco, os dos modos CC da região de 5 a $9\mu m$ são altamente mutáveis, mesmo para dados de baixa resolução. A tabela abaixo (Tabela 1.1) exemplifica algumas bandas e os modos de vibração à que estão ligadas. É interessante notar que as variações nas posições dos picos do modo CC estão conectadas, de forma que as bandas de $6.2\mu m$ e $7.7\mu m$ se deslocam de maneira semelhante entre os objetos. Contudo, os modos CH e CC não estão necessariamente interligados (Van Diedenhoven et al., 2004).

Tabela 1.1 - Modos de vibração de algumas bandas de PAHs (Hudgins e Allamandola, 1999; Tielens, 2005).

Intervalos (μm)	Modo de vibração
3.2 – 3.4	<i>CH stretching</i>
6.1 – 6.5	<i>CC stretching</i>
6.5 – 8.5	<i>CC stretching + CC in-plane bending</i>
8.3 – 8.9	<i>CC in-plane wagging</i>
11.0 – 15.0	<i>CH out-of-plane bending</i>

Quanto às diferenças entre os perfis, elas podem ser oriundas das condições físicas locais, do efeito acumulado de processamento nas regiões onde a emissão se originou e/ou da composição da família, tamanho molecular, carga, geometria e heterogeneidade do PAH (Sales et al., 2012). De acordo com Hudgins e Allamandola (1999), PAHs com cerca de 20 átomos de carbono já contribuem para a emissão em $6.2\mu m$ e, além disso, o espaçamento entre as bandas aumenta com o tamanho molecular. As bandas de 6.2, 7.7 e $11.2\mu m$ foram classificadas por Peeters et al. (2002) em três grupos (Figura 1.6):

- **Classe A**

- banda $6.2\mu m$: pico varia até $6.23\mu m$ e perfil apresenta uma ascensão azul aguda e uma cauda vermelha;
- Banda de $7.7\mu m$: subcomponentes em 7.6 e $7.8\mu m$;
- Derivada de material interestelar iluminado por estrelas – regiões HII, nebulosa de reflexão e meio interestelar em geral (da Galáxia e de outras);

- Emissões entre $6 - 9\mu m$: dominadas por cátions com uma grande contribuição de PANHs para a banda $6.2\mu m$;
- Emissões entre $11 - 15\mu m$: grandes PAHs neutros dominam;

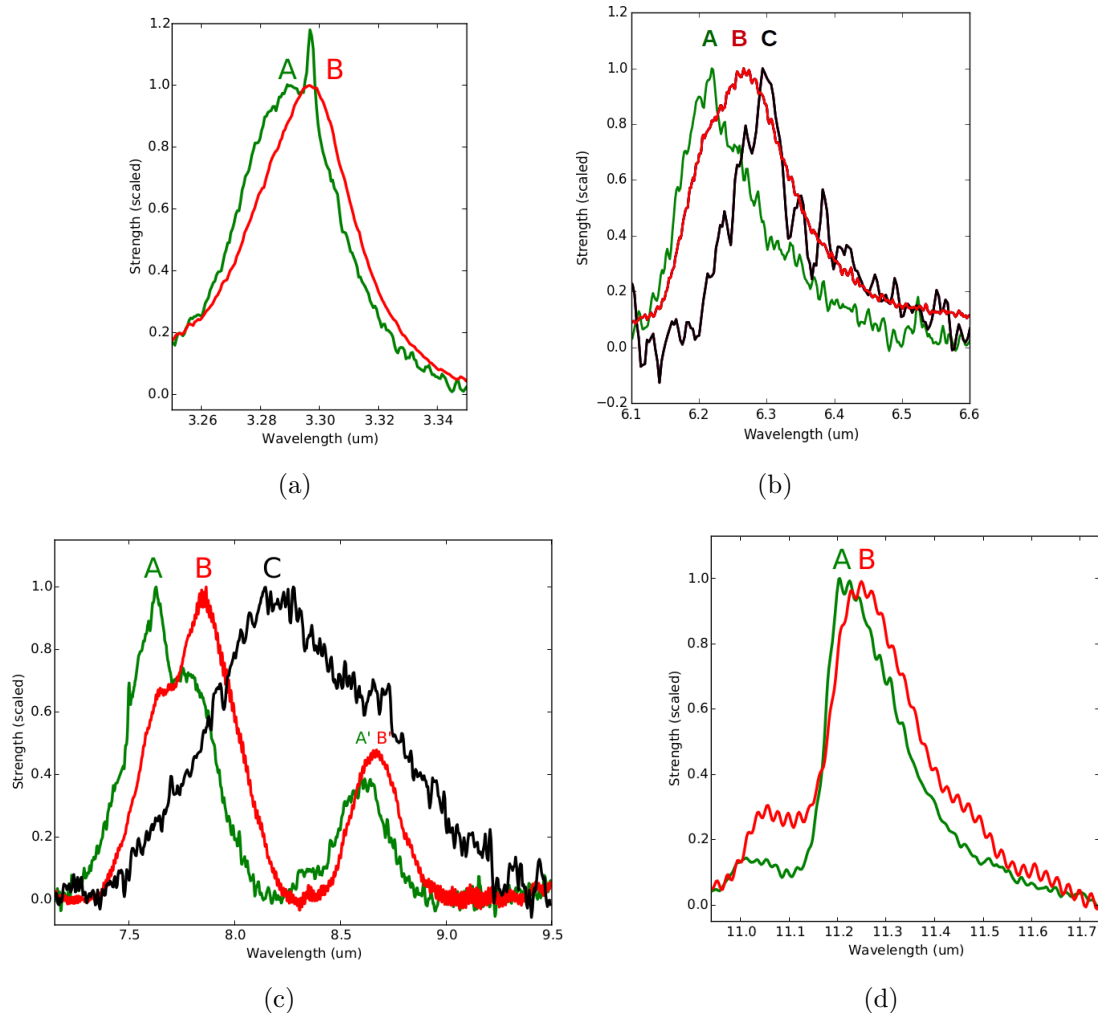


Figura 1.6: Visão geral das possíveis variações no perfil das bandas (a) $3.3\mu m$, (b) $6.2\mu m$, (c) $7.7\mu m$ e (d) $11.2\mu m$, divididas em três classes (A, B e C) ilustradas pelos espectros normalizados dos objetos: A – região CHII IRAS 23133+6050 ((b) e (c)) e Orion Bar H2S1 ((a) e (d)); B – estrela Pós-AGB HD 44179; e C – estrela Pós-AGB IRAS 13416 - 6243 (Peeters et al., 2002; Van Diedenoven et al., 2004).

• Classe B

- banda $6.2\mu m$: pico varia de 6.23 até $6.29\mu m$ e perfil é mais simétrico do que o da classe A;
- Banda de $7.7\mu m$: subcomponentes em 7.6 e $7.8\mu m$ com grande diferença de força relativa comparada à classe A;

- Derivada de material circumestelar, nebulosas planetárias, diversos objetos pós-AGB e estrelas Herbig AeBe;
 - Emissões entre $6 - 9\mu\text{m}$: PAHs pequenos e grandes contribuem igualmente;
 - Emissões entre $11 - 15\mu\text{m}$: grandes PAHs neutros dominam;
- **Classe C**
- banda $6.2\mu\text{m}$: pico cai em posições maiores que $6.29\mu\text{m}$ e perfil é mais simétrico do que o da classe A;
 - Banda de $7.7\mu\text{m}$: aparentemente está deslocada para as proximidades de $8.2\mu\text{m}$;
 - Com poucas fontes, é bem difícil assegurar se ela realmente compõe outra categoria ou ainda está vinculada às anteriores;
 - Derivada de uns poucos objetos pós-AGB extremamente enriquecidos por carbono;
 - Emissões entre $6 - 9\mu\text{m}$: PAHs pequenos e grandes contribuem igualmente;
 - Emissões entre $11 - 15\mu\text{m}$: pequenos PAHs neutros dominam;

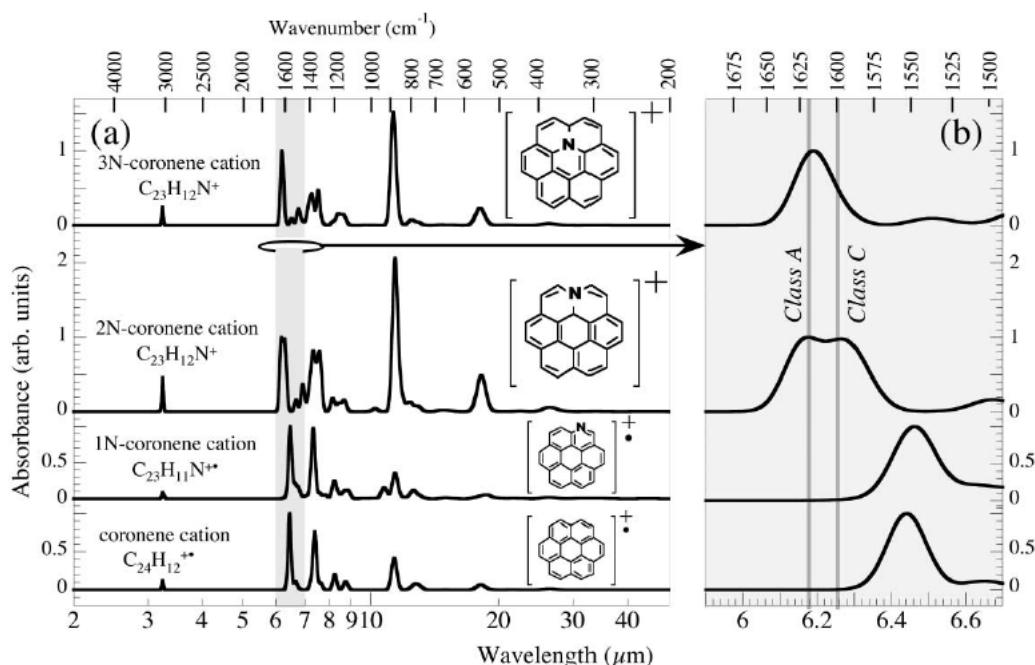


Figura 1.7: Espectros IR calculados de três possíveis cátions de coroneno com substituição de N comparados com o sem substituição. Em (a) há os espectros completos e em (b) há somente a região de $6.2\mu\text{m}$ e as posições médias das classes A e C. Os dois últimos cátions estão denotados com um ponto preto pois possuem estruturas eletrônicas radicais (Figura retirada de Hudgins et al. (2005)).

De acordo com Hudgins et al. (2005), o desvio da banda de $6.2\mu\text{m}$ para o azul (correspondente à classe A) não consegue ser esclarecido somente pelo aumento no tamanho do PAH. Nem mesmo a substituição de átomos de *Si*, a substituição periférica de átomos de *O*, a complexação com átomos de metais e a diminuição da simetria molecular conseguem reproduzir, precisamente, a posição desta banda interestelar. Aparentemente, o nitrogênio incorporado ao anel aromático (mais especificamente, quando o carbono substituído é interno – PANHs endoesqueléticos (Figura 1.7)) é o único capaz de reproduzir as observações e satisfazer as restrições astrofísicas envolvidas nesta questão simultaneamente. Ainda segundo Hudgins et al. (2005), estes resultados permitem adquirir o grau de substituição de *N* na população de PAH e inferir um limite mínimo de 1 a 2 % do *N* cósmico capturado em PANHs.

Assim, a análise dos perfis e a interpretação da variação do perfil da AIB a $6.2\mu\text{m}$, em relação ao esperado de um PAH simples, torna possível determinar a presença de nitrogênio incorporado ao PAH. Isto abre uma nova janela para o censo do nitrogênio no universo, pois representaria um reservatório adicional deste elemento, em condições de densidade e temperaturas distintas daquelas da fase gasosa e em gelos.

1.4.2 *Spitzer Space Telescope* e o IRS

Como as principais bandas de PAH no IR estão entre 3 a $20\mu\text{m}$, o Telescópio Espacial Spitzer é um dos telescópios que permitem a obtenção de dados a respeito destas moléculas. Lançado em 25 de Agosto de 2003, é uma missão da NASA gerenciada pelo *Jet Propulsion Laboratory* e foi o maior telescópio infravermelho já enviado ao espaço até esta data. Com 85cm de espelho, possui três instrumentos científicos – IRAC (*Infrared Array Camera*), IRS (*Infrared Spectrograph*) e MIPS (*Multiband Imaging Photometer for Spitzer*) – que adquiriram imagens e espectros de 3 a $180\mu\text{m}$ com uma resolução de 2 arcosegundos para comprimentos de onda menores a 40 arcosegundos para os maiores ¹. Suas capacidades variam de 3 a $180\mu\text{m}$ para imageamento e fotometria, de 5 a $40\mu\text{m}$ para espectroscopia e de 50 a $100\mu\text{m}$ para espectrofotometria ². Atualmente, somente o IRAC está em funcionamento.

A Figura 1.8 mostra os compartimentos da espaçonave que abriga o telescópio e seus

¹ <http://irsa.ipac.caltech.edu/onlinehelp/heritage/#id=about>, acessado em Fevereiro, 2016.

² <http://www.spitzer.caltech.edu/info/277-Fast-Facts>, acessado em Fevereiro, 2016.

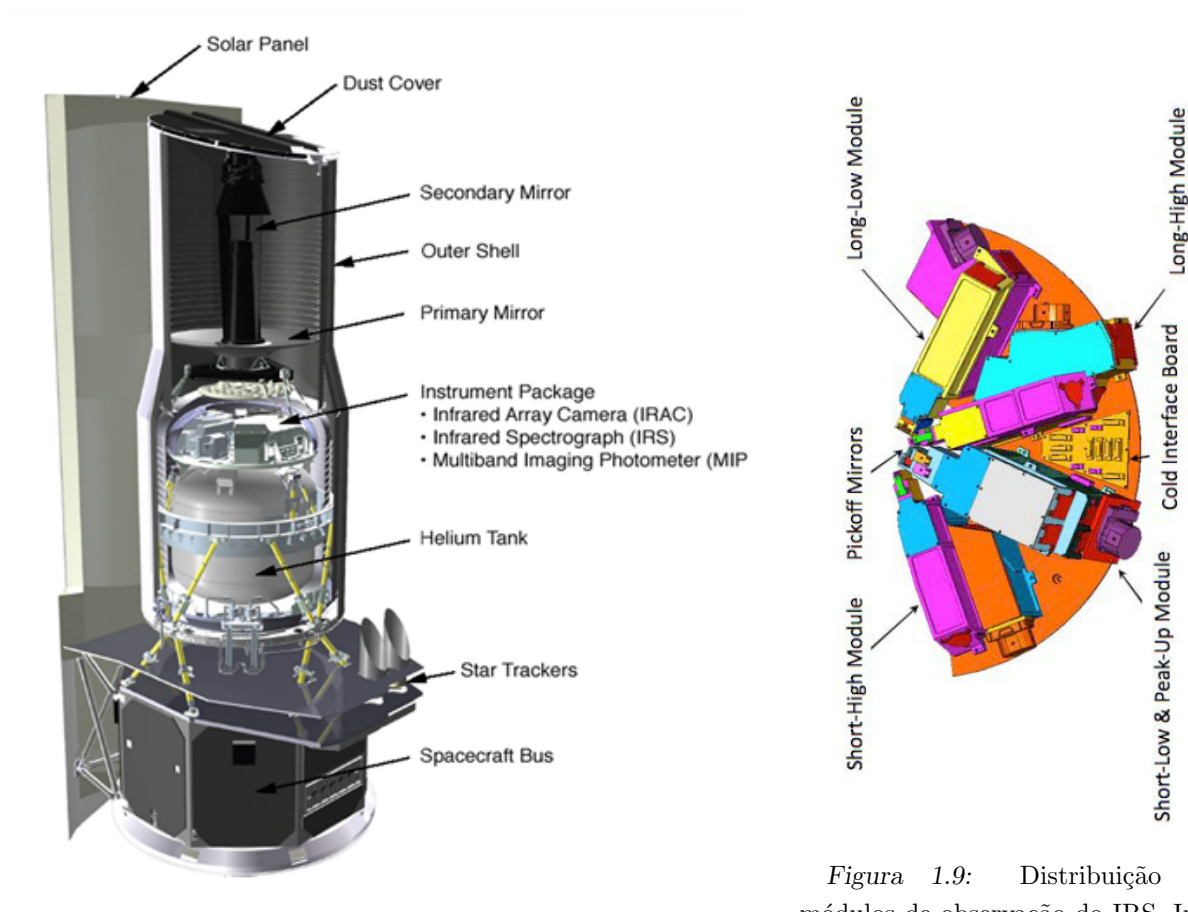


Figura 1.8: Distribuição interna do observatório Spitzer, com cerca de 4.5m de altura e 2.1m de diâmetro. Quando lançado, sua massa era de 861kg. Imagem extraída do *Spitzer Telescope Handbook*.

Figura 1.9: Distribuição dos módulos de observação do IRS. Imagem extraída do *IRS Instrument Handbook*.

instrumentos. Por outro lado, a Figura 1.9 se refere à distribuição dos equipamentos do IRS, cujas observações foram utilizadas neste trabalho e, portanto, será dada uma ênfase maior a ele.

Todos os dados coletados estão disponibilizados gratuitamente no *Spitzer Heritage Archive* (SHA) do NASA/IPAC *Infrared Science Archives* (IRSA)³, tanto as observações brutas como imagens já previamente revisadas pelo *Spitzer Science Center* (SSC). Mais informações sobre a missão, os instrumentos e o acesso aos dados podem ser obtidas através da página da web do SSC⁴.

O IRS⁵ contém três modos de observação – fixo (*Staring Mode*), de mapeamento (*Mapping Mode*) e o *Peak-up Imaging*. O último consiste em dois filtros em 16 e 22 μ m que

³ <http://sha.ipac.caltech.edu>

⁴ <http://ssc.spitzer.caltech.edu/>

⁵ <http://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/docs/irs/>

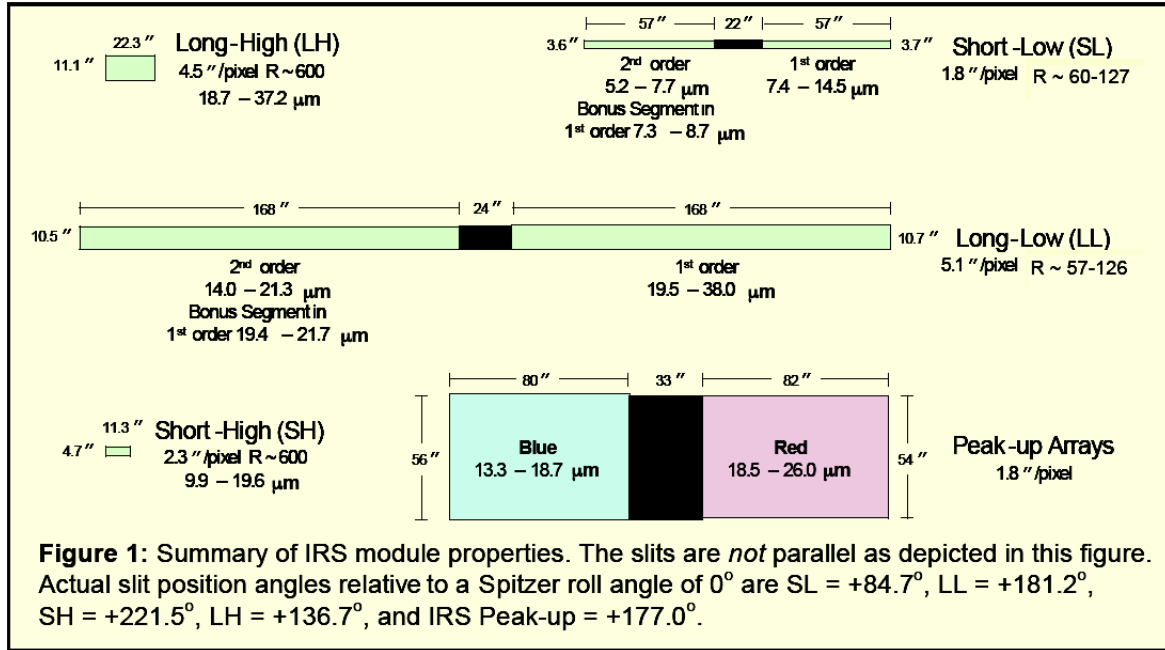


Figura 1.10: Resumo das propriedades dos módulos do IRS. Vale ressaltar que os módulos não são paralelos, eles estão distribuídos conforme a Figura 1.9. Imagem extraída do *IRS Pocket Guide v3.1 (Agosto, 2007)*.

servem ou para identificar fontes pontuais e colocá-las no meio da fenda do IRS, ou para fazer fotometria. Enquanto isso, os dois primeiros são usados para espectroscopia com quatro módulos de resolução, explicados com maiores detalhes na Figura 1.9. Eles estão distribuídos em:

Short-Low (SL) Comprimentos de onda baixos e resolução baixa;

Long-Low (LL) Comprimentos de onda grandes e resolução baixa;

Short-High (SH) Comprimentos de onda baixos e resolução alta;

Long-High (LH) Comprimentos de onda grandes e resolução alta.

A baixa resolução está entre $R \sim 20 - 130$ e a ‘alta’ por volta de $R \sim 600$, cobrindo uma região de 5.2 a $38\mu m$. Os módulos de baixa resolução têm um esquema de fenda longa que possibilita a obtenção de informações espectrais e espaciais unidimensionais ao mesmo tempo. Além disso, a fenda está dividida em duas sub-fendas alinhadas, que proporcionam espectros de primeira e segunda ordem. Por sua vez, os módulos de alta resolução são qualificados para fornecer ampla cobertura espectral numa única exposição

6.

⁶ <http://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/docs/irs/irsinstrumenthandbook/>

1.5 Visão geral dos objetivos

Este trabalho pretende verificar a viabilidade do Mundo Aromático proposto por Ehrenfreund et al. (2006) buscando-se os PANHs, que podem estar conectados com moléculas pré-bióticas. Através da interpretação do perfil da banda de $6.2\mu m$, que pode indicar a presença dos PANHs, também será possível dividir as fontes estudadas de acordo com as classes de Peeters. Isto possibilitará um entendimento a cerca da distribuição de PAHs, fornecendo perspectivas da evolução química e, porventura, das origens da vida (como conhecemos) nestes ambientes.

1.6 Organização da Dissertação

Esta dissertação está distribuída da seguinte forma: no Capítulo 2 são discutidos os objetos selecionados para este trabalho e como foram escolhidos; no Capítulo 3 são apresentadas as diferentes análises conduzidas sobre os alvos e quais resultados foram encontrados para cada uma; e no Capítulo 4 são expostas as conclusões e as perspectivas do trabalho. Quanto aos apêndices, neles são mostrados uma lista com as abreviações utilizadas (Ap. A), gráficos obtidos durante as análises (Ap. B e C) e tabelas referentes às fontes (Ap. D).

Os Alvos

2.1 Primeiras opções

Com o intuito de se analisar a característica do perfil de $6.2\mu m$, procurando possíveis discrepâncias que estejam relacionadas com um átomo de nitrogênio presente numa molécula de PAH, os mesmos alvos de Yan et al. (2007) poderiam proporcionar um grande intervalo de *redshift* e uma futura comparação de resultados, enriquecendo o trabalho. Das 52 fontes do artigo, 13 apresentam fortes bandas de PAHs, são muito brilhantes e classificadas como ULIRGs. Por isso, foram as selecionadas inicialmente. Seus nomes e AORKEYs (número exclusivo de identificação da observação dentro da missão Sptizer) se encontram na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Nomes e redshifts das ULIRGs utilizadas por Yan et al. (2007).

MIPS ID	AORKEY	$z_{vis} \pm 1\sigma$
MIPS 15928	11856384	1.52 ± 0.02
MIPS 22651	11859456	1.73 ± 0.02
MIPS 22277	11866112	1.77 ± 0.03
MIPS 289	11864320	1.86 ± 0.01
MIPS 22530	11865856	1.96 ± 0.01
MIPS 16144	11862016	2.13 ± 0.02
MIPS 506	11858432	2.52 ± 0.02
MIPS 16059	11864832	2.43 ± 0.07
MIPS 180	11860736	2.47 ± 0.04
MIPS 8327	11865344	2.48 ± 0.06
MIPS 8242	11868672	2.45 ± 0.04
MIPS 22699	11857920	2.59 ± 0.04
MIPS 8342	11864064	1.57 ± 0.09

Os dados foram baixados do SHA¹ já com a primeira redução do SSC *pipeline* – BCD (2D *Basic Calibrated Data*). Nela estão inclusas correções como de *flatfield*, calibração de fluxo e subtração de *dark sky*. Maiores detalhes destas reduções estão presentes no *IRS Instrument Handbook*².

Infelizmente, apenas o *pipeline* do SSC não é o suficiente para as fontes porque elas são muito fracas. Uma nova redução de dados é necessária para extrair o *background* remanescente, mascarar os *rogue pixels* e sobrepor as imagens para aumentar o sinal-ruído.

2.1.1 Redução de dados

2.1.1.1 Background

O *background* é construído a partir das imagens BCDs disponibilizadas pelo IRSA (são as imagens com a terminação **bcd.fits*). Há, basicamente, duas formas de se fazer isto:

1. mascarar o espectro do alvo na imagem BCD, combinar as imagens de ambas posições de *nod* por mediana e subtrair a imagem resultante de todas as **bcd.fits*. Ainda pode ser necessário verificar se existem espectros de outros objetos, que devem ser mascarados antes da extração (Yan et al., 2007);
2. utilizar a parte da fenda que esteja em *nod-off* (onde o alvo não se encontra) das imagens, combinando-as por mediana. Em seguida, subtrair das imagens. Isto deve ser feito para as duas posições de *nod*. Contudo, não é aconselhada para fontes fracas em que possam haver outros espectros poluindo o sinal (Wu et al., 2010).

Em algumas imagens, não é possível se afirmar onde exatamente está o espectro (por exemplo, Figura 2.1). Sem isso, não se pode mascará-lo. Outra questão é qual programa usar para fazer a redução. Nenhum dos artigos mencionam se foi utilizado o IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*), o IDL (*Interactive Data Language*) ou mesmo outro. Os manuais, tanto o *IRS Instrument Handbook* como o *Spitzer Data Analysis Cookbook*, não fornecem informações mais aprofundadas quanto a utilização dos programas que não pertencem ao SSC. A Figura 2.2 mostra um teste realizado escolhendo-se a primeira alternativa.

¹ <http://sha.ipac.caltech.edu/applications/Spitzer/SHA/>, acessado em Março, 2014

² <http://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/docs/irs/irsinstrumenthandbook/>

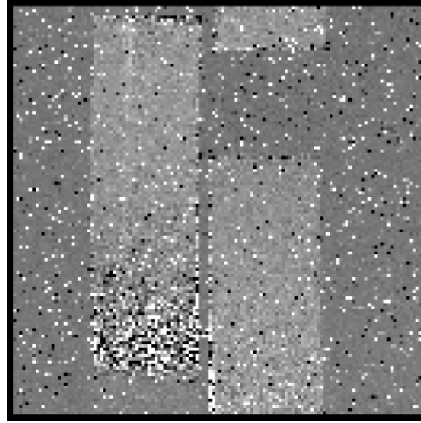
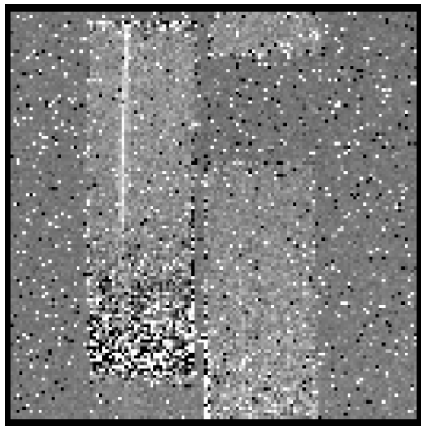
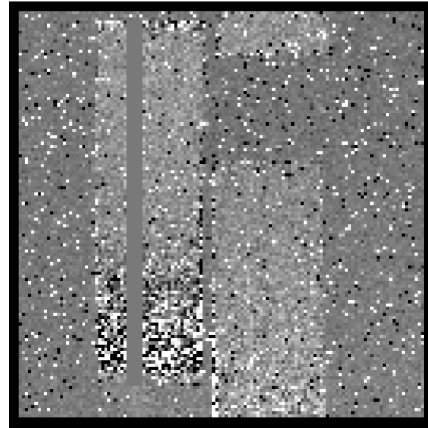


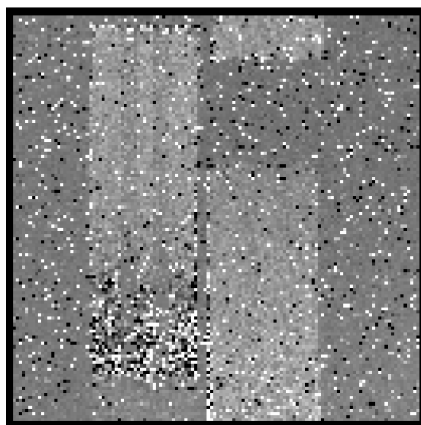
Figura 2.1: Imagem BCD do objeto MIPS 289. Como se pode perceber, é muito difícil verificar, visualmente, onde está o espectro na imagem com exatidão.



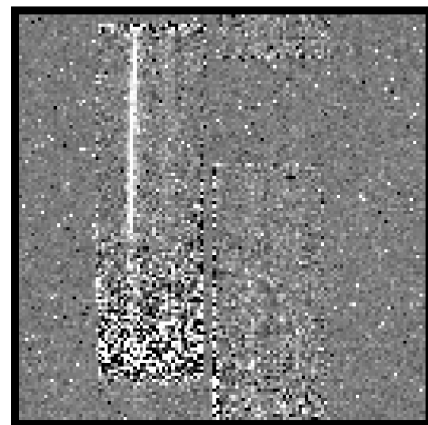
(a) Uma das imagens BCD do objeto, o espectro está na fenda esquerda.



(b) Mesma imagem, mas com o espectro mascarado manualmente.



(c) Imagem do *background* criada por mediana a partir das imagens mascaradas do objeto.



(d) Mesma imagem de (a) e (b), agora com o *background* subtraído.

Figura 2.2: Teste de redução do *background* com o objeto MIPS 78 de Yan et al. (2005) segundo a primeira opção descrita. O programa usado para mascarar foi o IDL e o restante foi realizado com o IRAF.

2.1.1.2 Rogue pixels

Rogue pixels são aqueles cuja corrente de escuro é anormalmente alta e varia com o tempo e com *backgrounds* de céus diferentes, destoando demais do *background* local. Eles podem ser identificados manualmente, computando a dispersão de ruído ao redor de cada pixel e sinalizando os que possuem valor acima de 5σ do valor médio (Yan et al., 2007).

Outra maneira, aderida por Wu et al. (2010), é usar a ferramenta IRSCLEAN disponibilizada pelo SSC. Baseada em IDL, ela permite a criação e edição de máscaras de *bad pixel* e *rogue pixel*, em ambos os modos automático e manual. Aliás, poderia também mascarar os espectros para a construção do *background*.

2.1.1.3 Coad

Para sobrepor as imagens tratadas, o ideal é usar outra ferramenta do SSC – o *coad*. Também feito em IDL, ele sobrepõe as imagens BDCs do Spitzer juntamente com suas respectivas máscaras (**fmask.fits*) e incertezas (**func.fits*). As duas vêm no pacote de dados com as BCDs, e devem ser consideradas no tratamento. Segundo o *IRS Instrument Handbook*, as incertezas são propagadas em quadratura. Com o *Coad*, este processo é automático e o *header* das imagens não altera, o que é fundamental para o SPICE. É importante ressaltar que não se sobrepoem imagens de diferentes posições de *nod*. O espectro é extraído de cada *nod* e, apenas depois, eles são combinados para formar um espectro único.

2.1.1.4 Extração espectral

Para a extração, pode se utilizar o software SPICE (*Spitzer IRS Custom Extraction*) e as imagens finais 2D com suas respectivas máscaras e incertezas, obtidas através dos passos descritos anteriormente. O SPICE é baseado na linguagem JAVA e foi criado pelo SSC para reduzir dados obtidos pelo IRS. A Figura 2.3 mostra seu logotipo³. Os objetos podem ser tratados como fontes pontuais e se pode usar o modelo *point source with optimal extract*. Segundo Yan et al. (2007), uma abertura de extração de 6 *pixels* em $27\mu\text{m}$ minimiza as incertezas do *background* e maximiza o sinal-ruído para espectros fracos, para estes dados.

Outra opção seria a ferramenta SMART (*Spectroscopic Modeling Analysis and Reduc-*

³ <http://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/docs/dataanalysis/tools/spice/>

tion Tool) (Figura 2.4⁴). Baseada em IDL, foi desenvolvida pelo Time IRS da Universidade de Cornell para processar observações do IRS do Spitzer (Leboutellier et al., 2010), especialmente para fontes fracas ou extensas (Higdon et al., 2004). Este *software* trabalha diretamente com as imagens BCDs e abrange diversas análises de dados em tempo real, tais como operações de imagens (mediana, subtração múltipla, ...), diferentes tipos de extrações espectrais (para fontes pontuais, extensas ou mesmo múltiplas) e fotometria. Inclusive, permite a subtração do *background* a partir de imagens do alvo em posições diferentes, a limpeza com IRSCLEAN e a sobreposição dos espectros finais⁵. Assim, todos os passos anteriores podem ser realizados diretamente com o SMART, tornando-o a melhor e mais segura escolha de redução. Um exemplo detalhado deste procedimento para uma fonte pontual, como a dos alvos selecionados, foi disponibilizado no *website*⁶ do SMART.



Figura 2.3: Logotipo do SPICE



Figura 2.4: Logotipo do SMART

2.1.2 Considerações

A Figura 2.5 mostra uma tentativa de extração espectral do objeto MISP289. Se comparada com o espectro superior da Figura 1.4, retirada de Yan et al. (2005) que nomeou este alvo como IRS9, pode-se notar a diferença entre os dois. Por serem reduções diferentes, este fato já era esperado. Contudo, isto também pode indicar uma possível variação na posição central da banda de $6.2\mu m$, dificultando futuras análises.

Além disso, outra questão foi levantada. Estes objetos escolhidos tiveram seus *redshifts* extrapolados pelas bandas de emissão dos PAHs, com respectivas incertezas variando de

⁴ <http://isc.astro.cornell.edu/SmartDoc/WebHome>

⁵ <http://isc.astro.cornell.edu/SmartDoc/WebHome>

⁶ <http://isc.astro.cornell.edu/SmartDoc/ScreenShotExample>

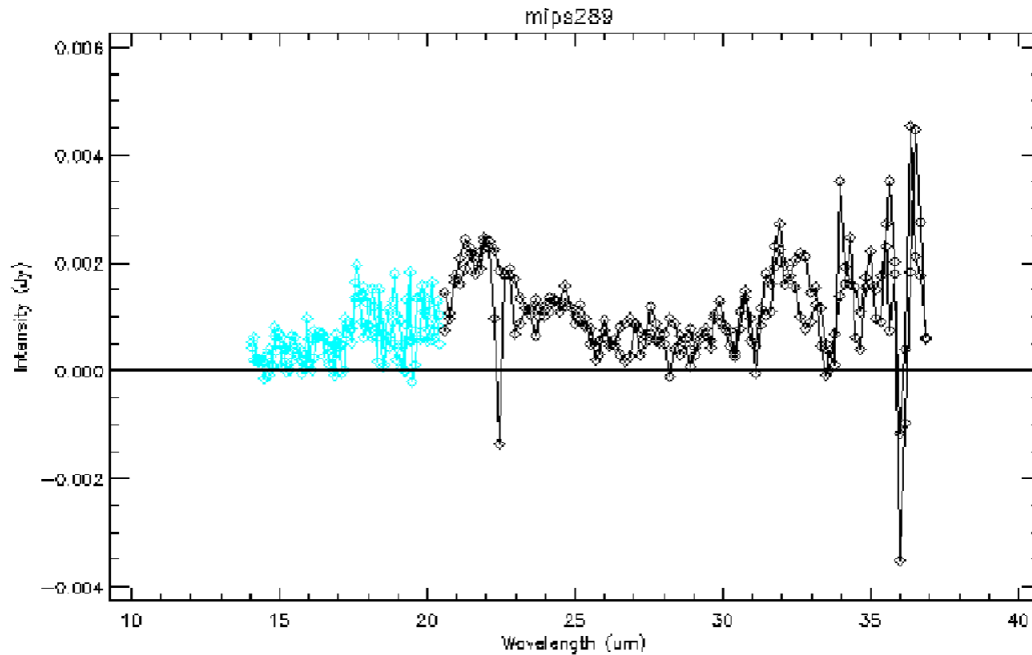


Figura 2.5: Espectro da fonte MIPS289 extraído com o SMART. A linha preta é a primeira ordem do módulo *Long-Low* do IRS e a azul claro é a sua segunda ordem.

0.01 à 0.2 (Yan et al., 2007). E, para se analisar o pico da banda de $6.2\mu\text{m}$, primeiramente é necessário fazer a correção de *redshift*. Logo, estes dados não são precisos para esta avaliação, uma vez que o *redshift* é definido a partir das bandas a serem estudadas e ainda possuem altas incertezas. Até poderiam ser usados como estatística para próximos estudos, mas somente 13 fontes não resultariam numa boa estimativa. A solução foi se utilizar uma nova abordagem, discutida em seguida.

2.2 O projeto *Spitzer/IRS Atlas*

O projeto *Spitzer/IRS ATLAS*, criado por Hernán-Caballero e Hatziminaoglou (2011), possui 739 espectros já reduzidos de diversos tipos de objetos extragalácticos, tais como galáxias *Seyfert*, radiogaláxias e galáxias submilimétricas. Em especial, galáxias ativas e *starbursts*. Ele é uma compilação de dados fotométricos e espectroscópicos juntamente com suas respectivas propriedades espectrais e dados auxiliares (*redshift*, fotometria óptica, etc.)⁷. Todos foram observados com o espectrógrafo IRS do telescópio *Spitzer*, em baixa, média e alta resolução, e extraídos dos artigos recentes⁸ da literatura através das figuras *postscript*

⁷ <http://www.denebola.org/atlas/?p=intro>, acessado em Abril/2015.

⁸ <http://www.denebola.org/atlas/?p=data#references>, acessado em Abril, 2015.

enviadas para o serviço de pré-impressão do astro-ph⁹ pelos autores. Por esta razão, eles apresentam uma qualidade inferior quando comparados aos espectros propriamente e completamente reduzidos a partir do *pipeline* do SSC. Em alguns casos, as incertezas no fluxo estão ausentes ou os espectros foram suavizados. Contudo, para um trabalho estatístico, esta situação não interfere demasiadamente na análise.

2.2.1 A amostra *MIR starbursts*

Por todos estes motivos, foi decidido usar os dados presentes no ATLAS relacionados com *starbursts*, por possuírem maiores emissões de PAHs (Seção 1.2). Especificamente, uma amostra de galáxias cuja emissão foi considerada dominada por *starbursts*, de acordo com os critérios utilizados por Hernán-Caballero e Hatziminaoglou (2011) – *MIR_SB sample*¹⁰ (*starbursts* no infravermelho médio). Ela contém 257 galáxias com o comprimento de onda observado (sem correção de *redshift*). O ATLAS fornece também valores fotométricos e espectroscópicos dos *redshifts*, retirados dos artigos e checados com o NED (*NASA Extragalactic Data base*, base de dados extragalácticos da NASA), e já sugere quais valores são melhores. Estes últimos foram usados para fazer esta correção de *redshift*.

Também foram adicionadas as fontes de Yan et al. (2007) com fortes bandas de PAHs, e cujos dados estavam disponíveis no ATLAS (Tabela 2.1, com exceção dos objetos MIPS289, MIPS22530 e MIPS22651 que já estão presentes na amostra *MIR_SB*). Com isso, primeiro foi visto se todas as galáxias continham, pelo menos, a banda de $7.7\mu m$. Do contrário, elas não serviriam para este trabalho. Afinal, embora esta banda não esteja diretamente ligada aos PANHs, ela apresenta relação com a de $6.2\mu m$ e pode ser útil em estudos futuros. Sendo assim, foram selecionadas 229 fontes, dispostas na Tabela D.1, Apêndice D.

⁹ <http://arxiv.org/archive/astro-ph>

¹⁰ <http://www.denebola.org/atlas/>, acessado em Junho/2015

Análise de dados e resultados

3.1 PAHFIT

PAHFIT é uma ferramenta em IDL criada para decompor espectros de baixa resolução do IRS (Spitzer) em características de poeira, contínuo estelar e de poeira térmica, absorção de silicato e emissões de linhas iônicas e moleculares (Smith et al., 2007). Para tanto, o espectro é considerado ser formado por uma emissão no contínuo ocasionada por poeira e luz estelar, emissões de linhas proeminentes, bandas de emissão individual e agregada de PAHs e uma atenuação causada por extinção de grãos de poeira. A lei de opacidade de poeira usada é de Kemper et al. (2004), cuja extinção infravermelha é uma lei de potência mais uma característica de silicato em $9.7\mu m$ (Sales et al., 2012). No geral, o perfil de Drude ou a Gaussiana são usados para ajustar as características de poeira, a função de corpo negro para o contínuo e a Gaussiana para características iônicas e moleculares.

Além disso, o programa também consegue decompor as bandas de PAH, que apresentam seus comprimentos de onda centrais fixados no programa – uma vez que as posições destas bandas não variam significativamente ¹. Vale ressaltar que foram usados perfis de Drude para recuperar a força total das características das emissões de poeira, incluindo as asas de perfis alargados. O perfil de Drude é o perfil da frequência teórica para uma oscilador clássico amortecido, mostrado pela Equação 3.1, onde λ_r é o comprimento de onda central, γ_r é a FWHM fracional e b_r é a intensidade central (Smith et al., 2007).

$$I_\nu^r = \frac{b_r \gamma_r^2}{\left(\frac{\lambda}{\lambda_r} - \frac{\lambda_r}{\lambda}\right)^2 + \gamma_r^2} \quad (3.1)$$

¹ <http://tir.astro.utoledo.edu/jdsmith/research/pahfit.php>, acessado em Junho/2015

Entretanto, como o objetivo deste trabalho é justamente estudar as variações nas posições dos picos de emissão de PAHs, o PAHFIT foi usado somente para ajustar o contínuo, a absorção de silicato e as emissões de linhas iônicas e moleculares. Estes componentes foram subtraídos posteriormente dos espectros originais para as próximas etapas da análise.

Foram feitos dois programas em IDL para se investigar todos os alvos. O primeiro, *fit_pahfit.pro*, usa o PAHFIT para ajustar o modelo para cada objeto e retorna uma tabela com os resultados – desde o melhor ajuste até cada componente utilizada pelo modelo. O segundo, *ps_creator.pro*, usa esta tabela para criar o gráfico dos resultados e salvá-lo numa imagem com formato *.ps*. Estes gráficos foram limitados no comprimento de onda (até $14\mu m$) para melhor visualização desta região onde as bandas de PAHs são mais fortes. Os dados são representados por pontos pretos com as respectivas barras de erro verticais e as linhas coloridas representam as diferentes contribuições individuais para o espectro (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Cores utilizadas nos gráficos com os ajustes do PAHFIT e as componentes do modelo à que se atribuem.

Cor da linha	Componente do modelo
Rosa	melhor ajuste obtido pelo PAHFIT
Verde	contribuição das bandas de PAHs
Azul	contribuição das linhas iônicas e moleculares
Vermenha	contribuição total do contínuo
Laranja	componente individual de poeira térmica do contínuo
Amarela	componente individual de radiação estelar do contínuo
Tracejada preta	componentes de extinção ótica

No decorrer dos ajustes, notou-se que algumas emissões peculiares estavam afetando os resultados do PAHFIT. Para estudá-las, optou-se pelo método da raiz do valor quadrático médio, discutido a seguir.

3.1.1 RMS

Antes de se calcular os valores de RMS (Equação 3.2), foi preciso subtrair o melhor ajuste (total) do PAHFIT dos dados originais. Dessa maneira, os resíduos seriam avaliados.

Para tanto, foi criado o programa em IDL *subtract_model.pro*, que gera tabelas com os valores da subtração. Depois, para se determinar o RMS, foi construído o programa em *python rms.py*. Como as bandas de PAH são mais intensas para comprimentos de onda menores no infravermelho médio, dois tipos de RMS foram selecionados – um total, com todo o espectro de cada alvo, e um parcial, somente para comprimentos de onda menores que $12\mu\text{m}$. Assim, esta região poderia ser melhor analisada.

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N x_i^2} \quad (3.2)$$

3.1.2 Resultados

Abaixo, estão dispostas algumas figuras feitas com o PAHFIT. As demais, juntamente com os gráficos das subtrações com os respectivos RMS, podem ser vistas no Apêndice B. Por serem muitos gráficos, nem todos foram adicionados à dissertação. Porém, a Tabela D.2 contém os valores parciais e totais obtidos para cada uma das galáxias estudadas. As figuras à esquerda são os ajustes produzidos pela rotina PAHFIT (cores explicadas na Tabela 3.1). À direita, são seus gráficos de RMS absolutos do melhor ajuste (linha rosa).

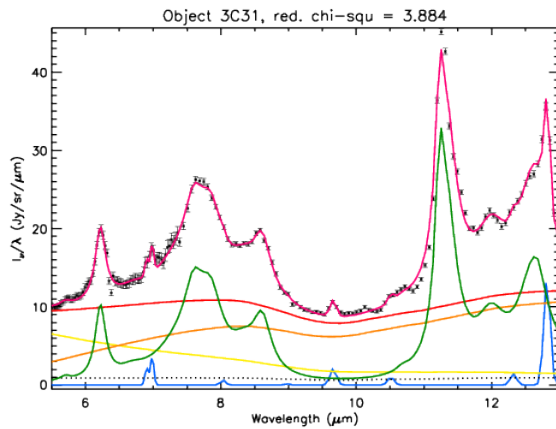


Figura 3.1: Espectro do objeto 3C31 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

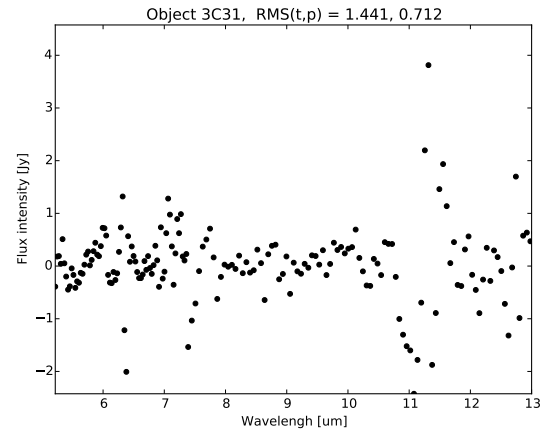


Figura 3.2: Gráfico de RMS do objeto 3C31 com os valores total e parcial.

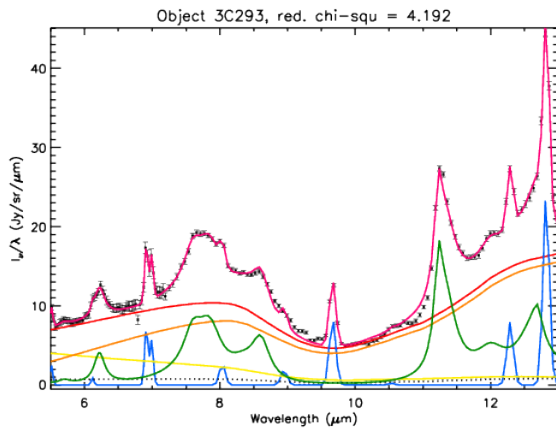


Figura 3.3: Espectro do objeto 3C293 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

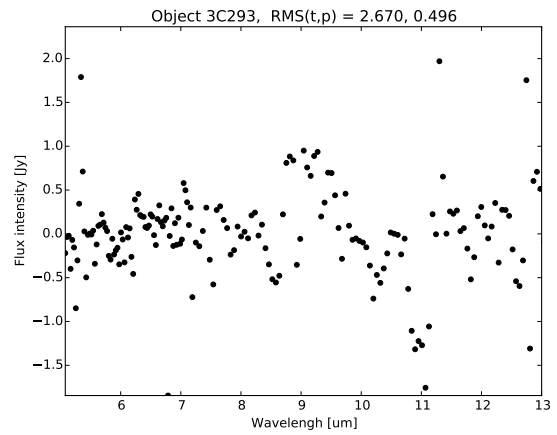


Figura 3.4: Gráfico de RMS do objeto 3C293 com os valores total e parcial.

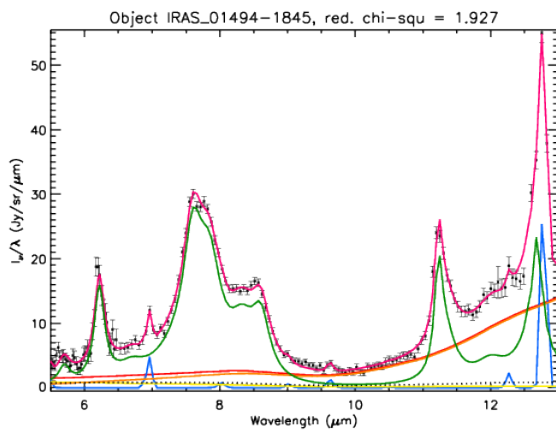


Figura 3.5: Espectro do objeto IRAS_01494-1845 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

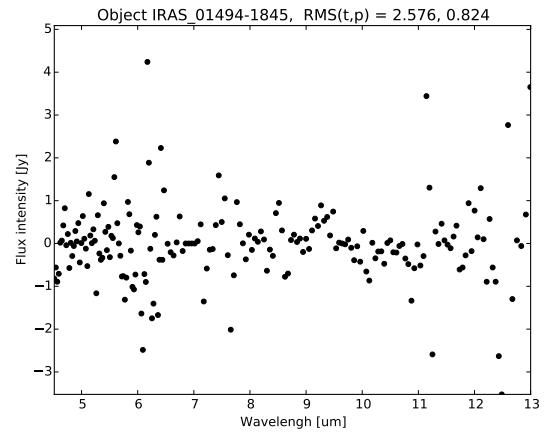


Figura 3.6: Gráfico de RMS do objeto IRAS_01494-1845 com os valores total e parcial.

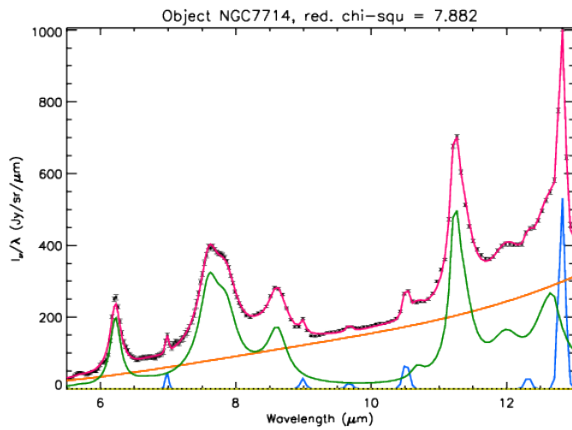


Figura 3.7: Espectro do objeto NGC7714 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

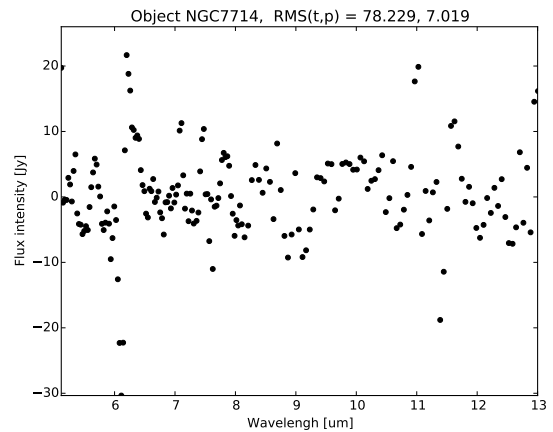


Figura 3.8: Gráfico de RMS do objeto NGC7714 com os valores total e parcial.

Quase todos os valores parciais são menores que os totais, como mostrado pelos gráficos de RMS acima, o que pode ser um efeito da ineficiência do PAHFIT em regiões do espectro com poucas emissões de poeira. Para NGC7714 (Figuras 3.7 e 3.8), esta diferença é enorme. Então, focando-se nos RMS parciais, foram feitas as Figuras 3.9 e 3.10 com o auxílio do programa *merge1.py*, mostrando suas dependências com os *redshifts* das galáxias.

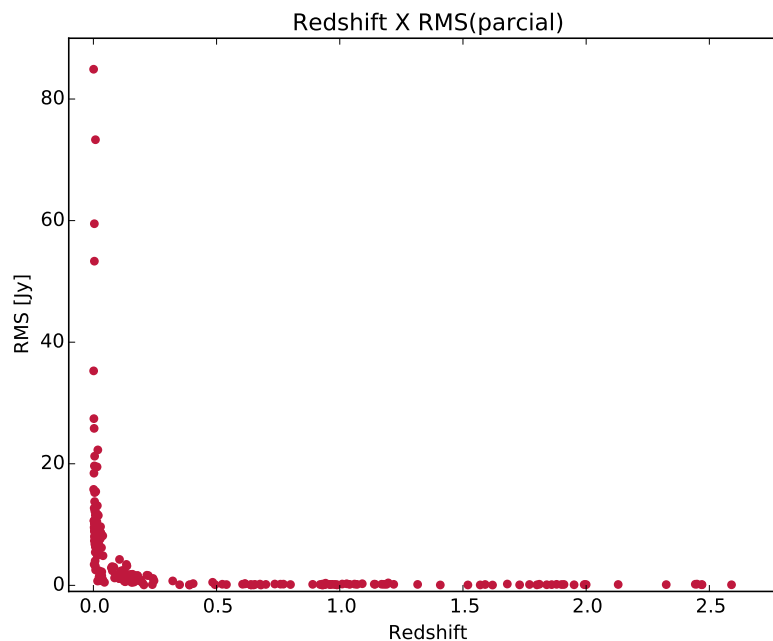


Figura 3.9: Gráfico do valor parcial absoluto de RMS para as fontes por seus respectivos *redshifts*.

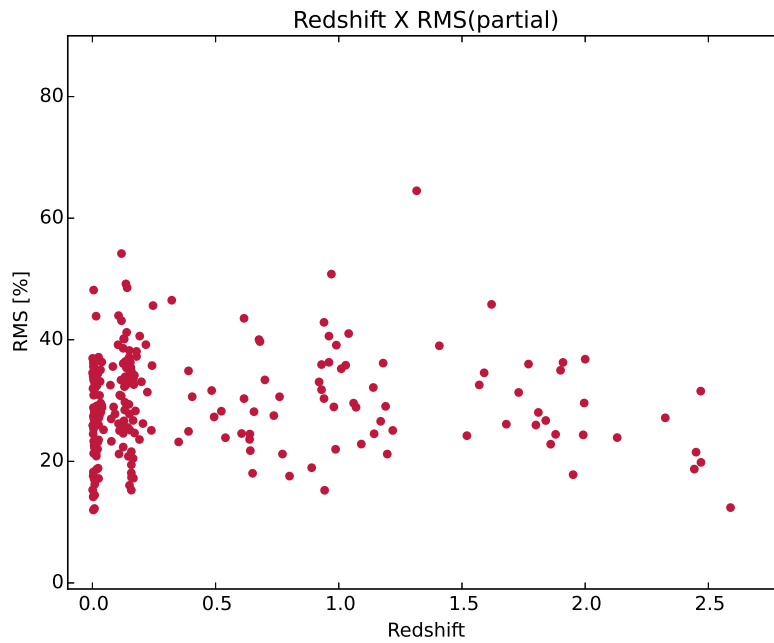


Figura 3.10: Gráfico do valor parcial normalizado de RMS para as fontes por seus respectivos *redshifts*.

Na Figura 3.9, os valores RMS são absolutos e, para uma análise geral da situação, é necessário normalizá-los. Assim, a Figura 3.10 mostra a porcentagem de cada RMS em relação ao fluxo máximo parcial de cada objeto. Ou seja, o fluxo máximo usado para normalizar o valor de RMS de cada espectro foi extraído dos comprimentos de onda menores do que $12\mu m$ (referente ao intervalo estudado aqui). Os resultados estão entre 10 e 70%, sendo que os mais elevados podem revelar uma complexidade nas bandas de PAHs e diferenças espectrais entre as diversas fontes, mais facilmente detectadas por causa da melhor resolução relacionada com a proximidade das mesmas. Realmente, maiores valores ocorreram para *redshifts* menores. Um olhar amplo pode sugerir cautela ao se optar pelo PAHFIT. Afinal, embora a maioria esteja abaixo dos 40%, esta taxa ainda indica certa ineficiência no ajuste espectral que pode interferir nos resultados finais e análises. Um possível responsável seria, por exemplo, manter as posições de comprimento de onda central de PAHs fixas, como já abordado. Contudo, de modo geral, pode-se confiar nos ajustes obtidos e usá-los nas próximas etapas, especialmente se levando em conta que este trabalho é estatístico.

3.2 A banda de 6.2 μ m

Antes de se investigar os perfis de PAHs, é preciso retirar as contribuições do contínuo, da absorção do silicato e das emissões iônicas e moleculares, já estimadas pelo PAHFIT. Este procedimento foi efetuado pelo programa em IDL *subtract_components.pro*. Em seguida, foi elaborado outro programa, em *python*, para se determinar a posição central do pico da banda de 6.2 μ m – o *pah62_curvefit.py*. Ele incorpora a ferramenta *curve_fit* do pacote *scipy.optimize* que utiliza mínimos quadrados não lineares para ajustar uma função aos dados, retornando, inclusive, os desvios padrões ². A função escolhida foi o perfil de Lorentz, por descrever melhor as asas desta banda do que uma Gaussiana e um perfil de Drude (mais adequado para asas mais largas, como abordado anteriormente). A Equação 3.3 mostra a fórmula do perfil, onde λ_r é o comprimento de onda central, γ é a FWHM e b_r é a intensidade central. Os palpites iniciais de $\lambda_i = 6.22\mu\text{m}$ para o comprimento de onda central e de $\gamma_i = 0.187$ para FWHM foram extraídos de Smith et al. (2007). O intervalo padrão de comprimento de onda considerado para o ajuste foi de $6.07 \leq \lambda \leq 6.43$.

$$I_{\nu}^r = \frac{b_r}{\pi} \times \frac{\frac{\gamma}{2}}{(\lambda - \lambda_r)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} \quad (3.3)$$

Todavia, durante o processo, foi constatada a presença de outra banda de emissão perto de 6.35 μ m em algumas fontes. Por este motivo, resolveu-se adicionar um outro perfil após o de Lorentz, para melhor descrever a situação. Como a banda de 6.2 μ m apresenta uma cauda mais alongada para o vermelho (Peeters et al., 2002), optou-se por um perfil de Drude. Infelizmente, o *curve_fit* não oferece muito controle nos parâmetros para mais de uma função ajustada. E, assim, deu-se preferência para a ferramenta *minimize* com o método o SLSQP (sigla em inglês para programação sequencial de mínimos quadrados), também do pacote *scipy.optimize*, introduzida na outra versão do programa – *pah62_opt2.py*. Ela permite obrigar que o pico do perfil de Drude seja depois do de Lorentz e ainda restringir os intervalos das variáveis ³. Como ela não propaga as incertezas, foram inseridas rotinas para medir os valores de RMS e de χ^2 reduzido. Para comparar os resultados futuramente,

² http://docs.scipy.org/doc/scipy-0.14.0/reference/generated/scipy.optimize.curve_fit.html, acessado em Fevereiro/2016

³ <http://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.minimize.html#scipy.optimize.minimize>, acessado em Fevereiro/2016

estas rotinas também foram acrescentadas ao *pah62_curvefit.py*.

Além disso, para avaliar qual o melhor método para cada galáxia, ambos foram rodados e o menor valor de RMS e de χ^2 reduzido selecionou o resultado mais indicado. Todos os ajustes obtidos a partir do *pah62_curvefit.py* estão em vermelho, enquanto que todos os do *pah62_opt2.py* estão em roxo.

Os palpites iniciais para a primeira banda foram mantidos, mas se acrescentou valores mínimo e máximo para o comprimento de onda central – $6.18 \leq \lambda_{i1} \leq 6.31$. Para a segunda, $\lambda_{i2} = 6.35$ e $\gamma_{i2} = 0.45$ também foram retirados de Smith et al. (2007) e se adotou $6.33 \leq \lambda_{i2} \leq 6.45$. O intervalo padrão de comprimento de onda considerado para o ajuste foi de $6.07 \leq \lambda \leq 6.50$. Infelizmente, para muitos alvos, algumas destas considerações não estavam de acordo com os dados. Basicamente, os intervalos deveriam cobrir somente o início e o fim da(s) banda(s). Porém, se outros aspectos do espectro estiverem contidos neles, o ajuste final poderia ser prejudicado. Portanto, eles tiveram que ser corrigidos um a um.

No caso em que somente um perfil foi empregado (*pah62_curvefit.py*), o pico da banda ajustada estava claramente desviado para o vermelho por causa da mesma cauda vermelha própria da banda. Para resolver esta questão, esta cauda não foi incluída. Os novos intervalos variaram entre as galáxias e estão descritos nas respectivas imagens de cada uma.

Com as posições centrais dos picos adquiridas, a catalogação entre as classes de Peeters (intervalos utilizados na Tabela 3.2) e os gráficos com a comparação dos resultados (Figuras 3.26 a 3.29) foram possíveis graças aos programas *merge2.py* e *merge3.py*, respectivos ao *pah62_curvefit.py* e ao *pah62_opt2.py*.

Tabela 3.2 - Intervalo para cada classe de Peeter (Peeters et al., 2002).

Classe	Intervalo(μm)
A	< 6.23
B	$6.23 < \lambda < 6.29$
C	> 6.29

3.2.1 Resultados

Das 229 galáxias selecionadas, 206 (90%) tiveram a banda de $6.2\mu\text{m}$ averiguada. As demais, ou os programas não conseguiram ajustar os dados, ou simplesmente as galáxias não tinham esta região do espectro observada. As Tabelas D.3 e D.4 referem-se aos resultados dos programas para todas as fontes. Os objetos com a banda puderam ser divididos em quatro grupos – os melhor ajustados pela função *curve_fit* (61 fontes – 29.6%), os melhor ajustados pela *minimize* (108 fontes – 52.4%), os que apresentaram pouca diferença entre os programas e/ou uma característica distinta (8 fontes – 4%), e aqueles cujos resultados são inconclusivos (29 fontes – 14%). Eles são discutidos, separadamente, a seguir.

Em algumas galáxias, foi percebida a presença de um perfil de absorção perto de $6.0\mu\text{m}$ devido ao gelo d'água. Embora ele interfira muito pouco com a banda de $6.2\mu\text{m}$ dos PAHs (Spoon et al., 2002), é interessante de ser mencionado (Seção 3.3).

3.2.1.1 Melhor ajuste pelo *pah62_curvefit.py*

Algumas fontes foram selecionadas para exemplificar os resultados. Por causa da quantidade de gráficos, somente uma porção está exposta a seguir e os resto está no Apêndice C.1.

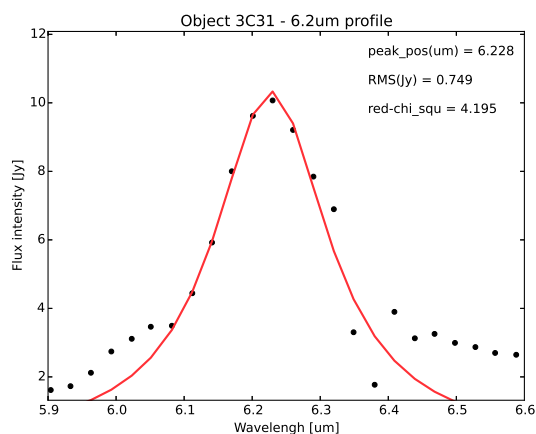


Figura 3.11: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto 3C31 ajustado com *curve_fit*.

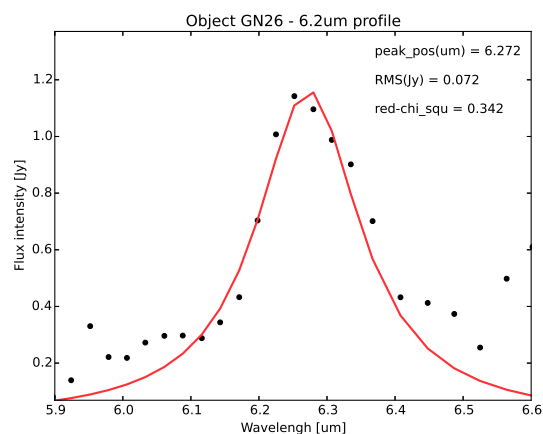


Figura 3.12: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto GN26 ajustado com *curve_fit*.

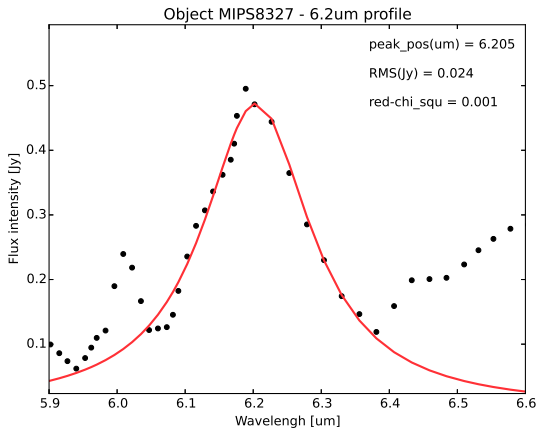


Figura 3.13: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS8327 ajustado com *curve_fit*.

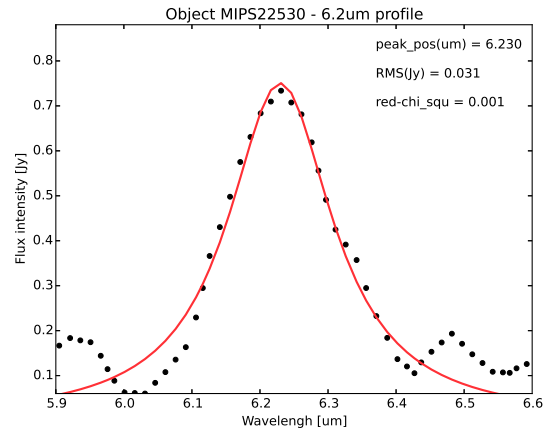


Figura 3.14: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS22530 ajustado com *curve_fit*.

Para algumas galáxias, o perfil assimétrico é bem evidente. A cauda vermelha precisou ser desconsiderada em certas ocasiões para se ajustar o centro do pico, como na Figura 3.15. A Figura 3.16 também externa esta característica desta banda.

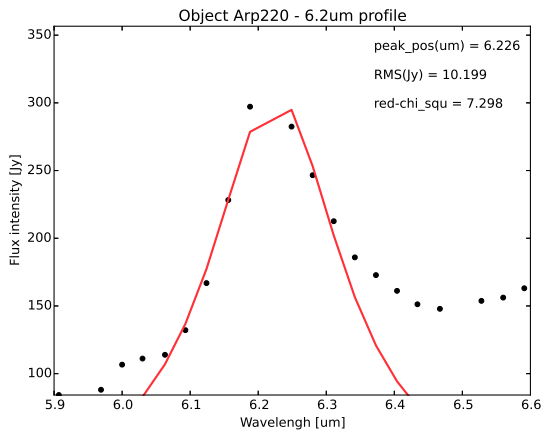


Figura 3.15: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Arp220 ajustado com *curve_fit* e para $6.05 \leq \lambda \leq 6.32$.

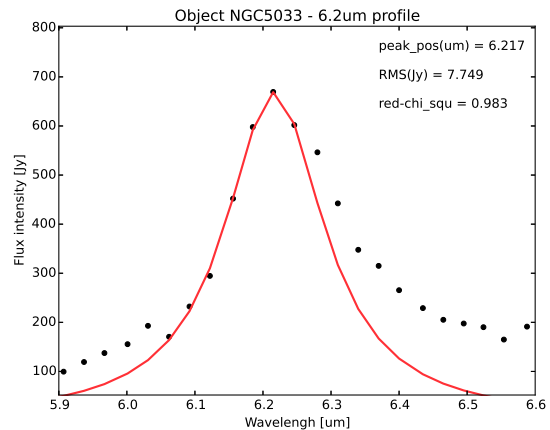


Figura 3.16: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5033 ajustado com *curve_fit* e para $6.05 \leq \lambda \leq 6.26$.

O objeto MIPS180 se mostrou ser um exemplar da classe C. Não só pela posição central do pico, mas também pelo formato do perfil. Além de ser mais simétrico do que os anteriores, possui asas e FWHM mais alargadas. Estes fatos podem indicar a presença de grãos de poeira – mais especificamente, VSG (sigla em inglês para grãos muito pequenos) – dominando a emissão da galáxia nesta região espectral. A evaporação de VSGs por radiação UV foi sugerida como um caminho para a formação de PAHs (Pilleri et al., 2012).

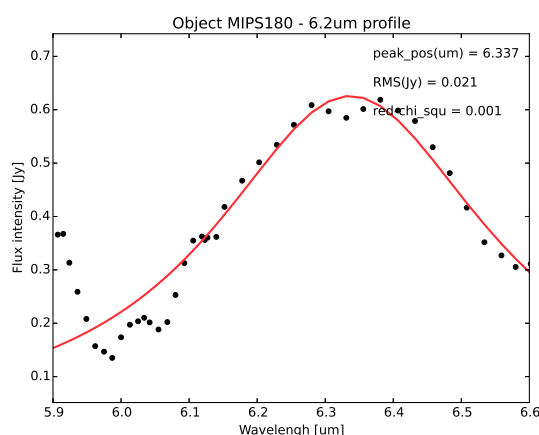


Figura 3.17: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS180 ajustado com *curve_fit*.

3.2.1.2 Melhor ajuste pelo *pah62_opt2.py*

Novamente, somente algumas galáxias foram selecionadas (Figuras 3.18 a 3.21) e parte delas também está localizada no Apêndice C.2.

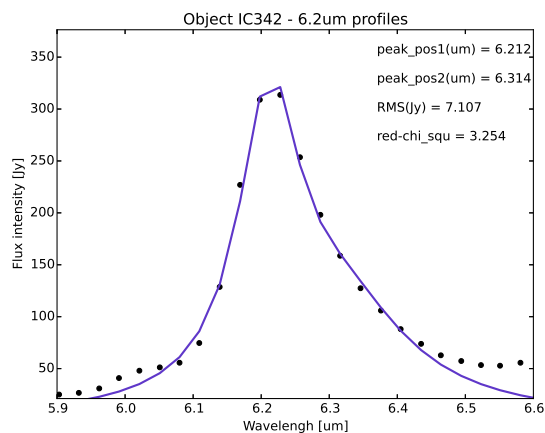


Figura 3.18: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IC342 ajustado com *minimize* e para $6.04 \leq \lambda \leq 6.46$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.25$ e $6.26 \leq \lambda_{i2} \leq 6.40$.

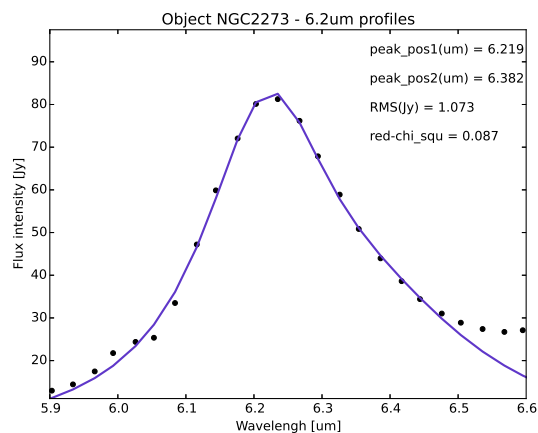


Figura 3.19: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC2273 ajustado com *minimize*.

Deve-se ressaltar que o perfil desta banda não é harmônico, não sendo exatamente bem descrito por uma Lorentziana, e suposições de presença de outras subcaracterísticas podem não ser reais (Tielens, 2008). Realmente, é difícil de se afirmar a veracidade desta segunda característica, que variou bastante de comprimento de onda central - de 6.246 a 6.471. Esta é uma diferença de 0.225 entre o mínimo e o máximo encontrado. Em contrapartida, a primeira variou de 6.170 a 6.259, o que corresponde à uma diferença de 0.089, 39,5%

menor. Contudo, ficou muito claro que a inclusão desta segunda emissão descreve melhor o perfil (de $6.2\mu\text{m}$) em si e a sua respectiva posição de pico, mesmo se a característica não for verdadeira. Isto pode ser visualizado nos próprios gráficos acima.

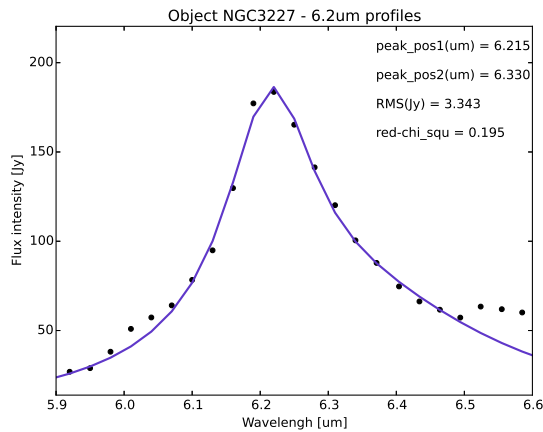


Figura 3.20: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3227 ajustado com *minimize*.

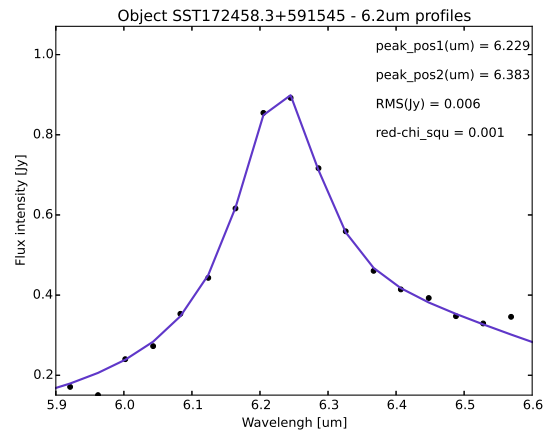


Figura 3.21: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto SST172458.3+591545 ajustado com *minimize*.

Mas, algumas fontes aparentam possuir duas bandas distintas, como as abaixo. Segundo Pino et al. (2008), que realizou experimentos com PAHs para verificar a origem de suas emissões, bandas em $6.3\mu\text{m}$ estão ligadas à características alifáticas. No entanto, a banda em $6.4\mu\text{m}$ observada na nebulosa de reflexão NGC7023 foi atribuída ao cátion C_{60}^+ (Berné et al., 2015).

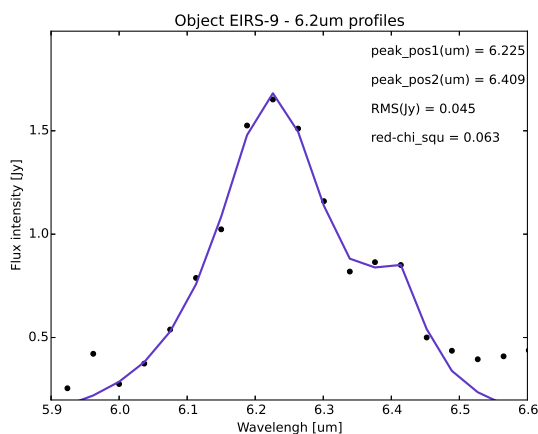


Figura 3.22: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-9 ajustado com *minimize*.

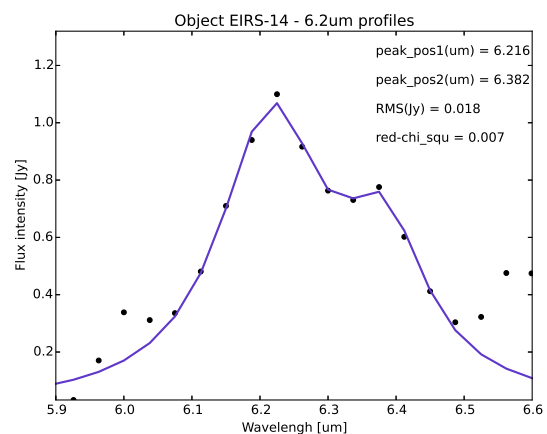


Figura 3.23: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-14 ajustado com *minimize*.

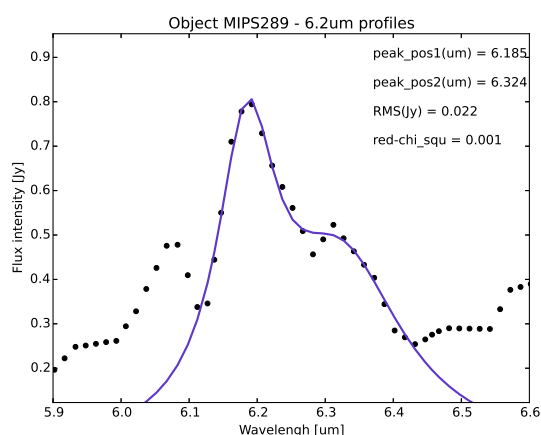


Figura 3.24: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS289 ajustado com *minimize* e para $6.105 \leq \lambda \leq 6.40$, $6.1 \leq \lambda_{i1} \leq 6.2$, $6.29 \leq \lambda_{i2} \leq 6.34$, $\lambda_{i1} = 6.17$ e $\lambda_{i2} = 6.31$.

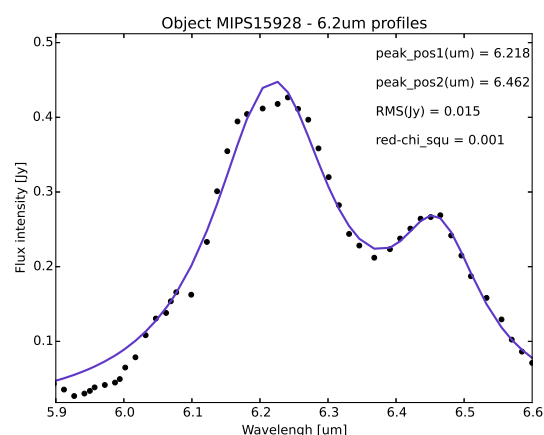


Figura 3.25: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS15928 ajustado com *minimize* e para $6.0 \leq \lambda \leq 6.6$, $6.1 \leq \lambda_{i1} \leq 6.3$, $6.39 \leq \lambda_{i2} \leq 6.50$ e $\lambda_{i2} = 6.45$.

3.2.1.3 Visão geral dos resultados

A Tabela 3.3 abaixo mostra a distribuição das galáxias entre as classes de Peeters, montada com os resultados descritos anteriormente. Um resumo contendo a posição de pico e sua incerteza, o tipo de galáxia, sua classe de Peeters e seu *redshift* de todos os objetos considerados bem ajustados encontra-se na Tabela D.5. Os casos que são discutidos nos próximos itens não entraram para esta estatística.

Tabela 3.3 - Quantidade de galáxias categorizadas em cada classe de Peeters.

Programa usado	Galáxias ajustadas	Classe A	Classe B	Classe C
<i>pah62_curvefit.py</i>	61	31	27	3
<i>pah62_opt2.py</i>	108	93	15	0
Total	169	124	42	3

Já se havia notado que objetos da classe A são os mais comuns no Universo e abrangem diversos tipos astrofísicos, enquanto que representantes da classe C são minoria (Pino et al., 2008). Nossos resultados apontam a mesma direção. E, para galáxias dominadas por *starbursts*, a dominação da classe A é enorme, como pode ser visto nas imagens a seguir. As figuras 3.26 a 3.28 exibem os resultados encontrados com o *curve_fit*. Igualmente, as

figuras 3.29 e 3.30 referem-se aos resultados do *minimize*.

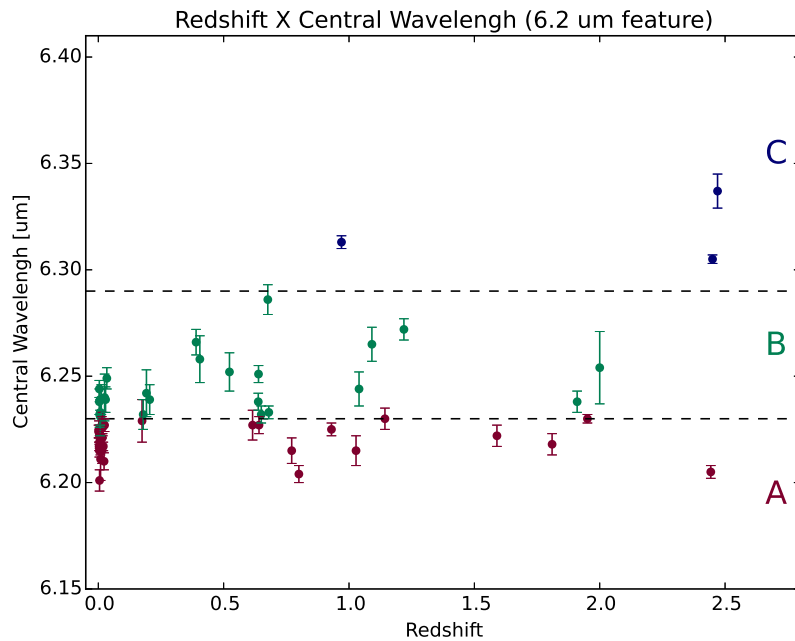


Figura 3.26: Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu\text{m}$ ajustado com o *pah62_curvefit.py*, representados por pontos e suas respectivas barras verticais de incerteza, pelo *redshift* das fontes. As bandas tracejadas cinzas mostram o limite entre as três classes de Peeters. Classe A – cor de vinho; Classe B – verde; e Classe C – azul.

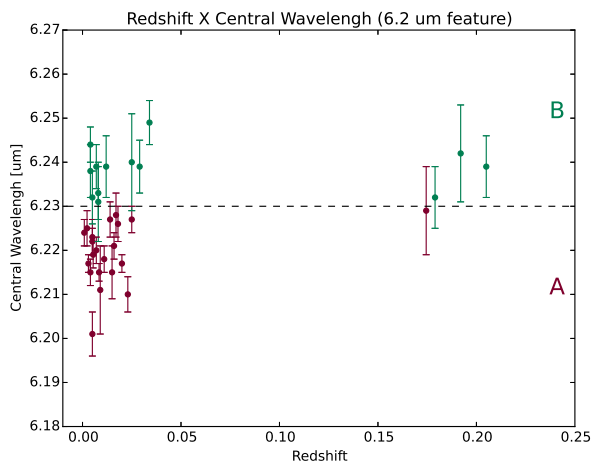


Figura 3.27: Recorte da Figura 3.26 com valores de *redshift* < 0.25 . A Classe C não possui representates para este intervalo de *redshift*.

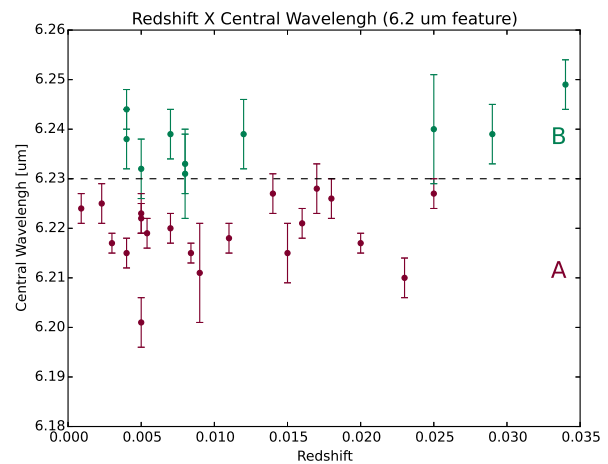


Figura 3.28: Recorte da Figura 3.26 com valores de *redshift* < 0.035 . A Classe C não possui representates para este intervalo de *redshift*.

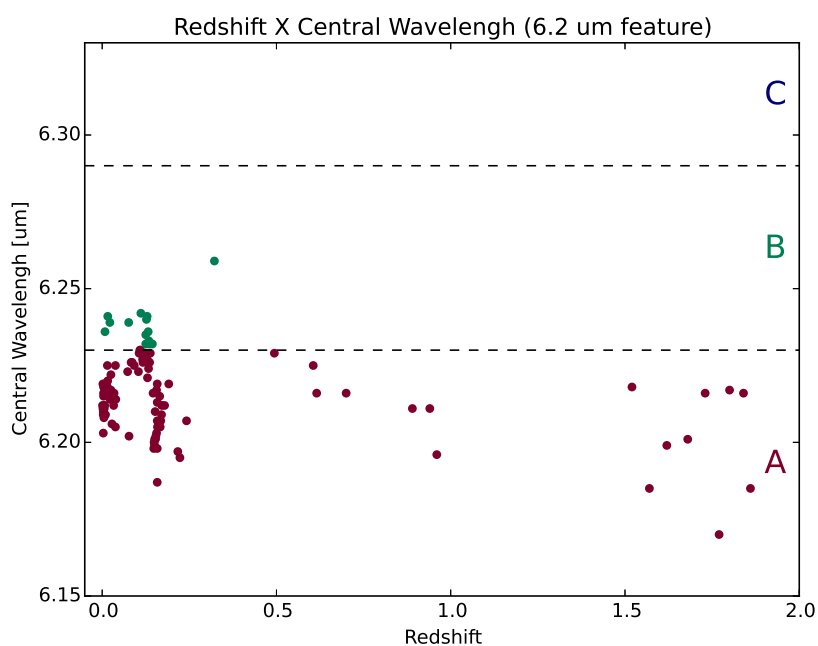


Figura 3.29: Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu\text{m}$ ajustado com o `pah62_opt2.py` pelo *redshift* das fontes. As linhas tracejadas pretas mostram o limite entre as três classes de Peeters. Classe A – cor de vinho; Classe B – verde; e Classe C – azul, que não possui representantes.

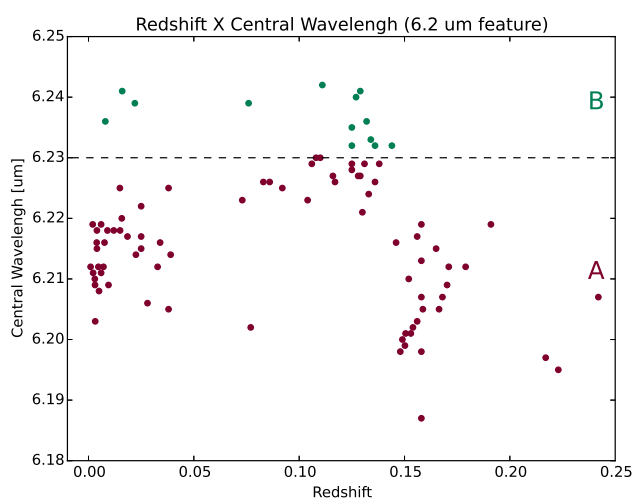


Figura 3.30: Recorte da Figura 3.29 com valores de *redshifts* < 0.25 .

Com somente três objetos da classe C, a possibilidade de distinguir qualquer padrão para esta classe é baixa. Além do mais, existe uma galáxia classe A com $z \sim 2.5$. Assim, é complicado dizer, com certeza, que altos *redshifts* tendem a não conter PANHs. Em outras palavras, a ideia da representação da classe C por VSG e sua dominação a altos *redshifts*, o

que implicaria numa escala de tempo evolutiva dos PAHs, não pode ser afirmada somente com estes resultados. Para uma visão mais aprimorada da situação, seriam necessárias observações de *starbursts* a *redshifts* mais elevados e em maior quantidade, possibilitando um trabalho estatístico mais amplo e completo.

Considerando-se *redshifts* menores, é muito clara a dominação de classe A em *starbursts*. E, levando-se em conta que a classe B pode ser uma mistura entre PANHs e PAHs, pode-se constatar que PANHs influenciam e dominam as emissões regiões de *starbursts* desta banda de $6.2\mu m$.

De acordo com Ota (2016), a substituição de três ou mais átomos de nitrogênio nos PAHs não fornece moléculas que descrevam as características observadas. Isto indicaria que compostos de interesse biológico como purina e adenina talvez não possam ser sintetizados no ISM. Contudo, para um ou dois nitrogênios, foram encontradas espécies que conseguem recriar as observações ($C_7H_5N_2 - ab^{3+}$, por exemplo). Porém, somente pequenos PANHs foram considerados neste artigo e, quanto menor a estrutura aromática, mais facilmente ela é destruída no ISM.

Para uma visão mais específica destes resultados, a tabela e os gráficos abaixo mostram como a classificação das classes de Peeters varia com o tipo das galáxias. As classes de Peeters estão delimitadas pelas linhas tracejadas pretas e indicadas pelas respectivas letras. Aquelas fontes ajustadas com a tarefa *curve_fit* apresentam barras de erro no comprimento de onda. As demais, sem as incertezas, foram obtidas com o *minimize*. As siglas referem-se à AGN – Núcleo ativo de galáxia, FR – galáxia Fanaroff-Riley, HII – Região HII, IRgal – galáxia no infravermelho, LINER – Regiões de emissão nuclear de baixa ionização, QSO – Objeto quasi-estelar, SB – galáxia *Starburst*, Sy – galáxia *Seyfert*, SMG – Galáxia no submilimétrico, e ULIRG – Galáxia no infravermelho ultra-luminosa.

Tabela 3.4 - Distribuição das classes de Peeters de acordo com o tipo de galáxia.

Tipo	Total	Classe A	Classe B	Classe C
AGN2	1	0	1	0
FR-1	1	1	0	0
IRgal	3	2	1	0
LINER	1	0	1	0
QSO	1	0	1	0
QSO2	1	0	1	0

Continua na próxima página. . .

Tabela 3.4 - Continuação

Tipo	Total	Classe A	Classe B	Classe C
SB	22	18	4	0
SB + HII	4	4	0	0
SB + Sy	3	3	0	0
SB + LINER	1	1	0	0
SMG	6	2	4	0
Sy1	10	9	1	0
Sy intermediárias	18	10	8	0
Sy2	23	18	5	0
ULIRG	36	30	3	3
ULIRG + HII	17	10	7	0
ULIRG + LINER	21	16	5	0

Das 169 galáxias bem ajustadas, 43.8% são ULIRGs (Figuras 3.31 e 3.32), 30% são *Seyferts* (Figuras 3.33 e 3.34), 17.8% são *starbursts* (Figuras 3.35 e 3.36) e os outros tipos somam 8.4% (Figura).

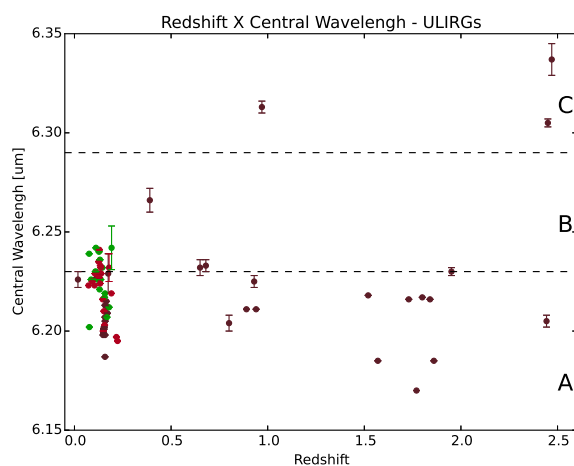


Figura 3.31: Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu\text{m}$ pelo *redshift* das ULIRGs. ULIRG – cor roxo escuro; ULIRG + LINER – cor rosa; e ULIRG + HII – cor verde.

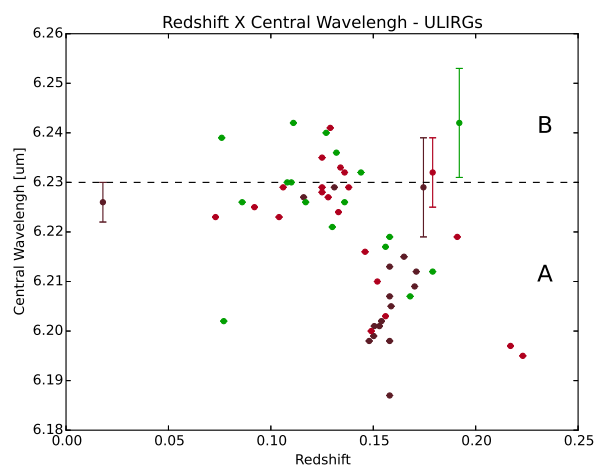


Figura 3.32: Recorte da Figura 3.31 com valores de *redshift* < 0.25 .

Somente galáxias no submilimétrico apresentaram uma dominação da classe B, com 67% de seus integrantes pertencendo à ela. Outro fato interessante é todos os objetos classe C serem ULIRGs.

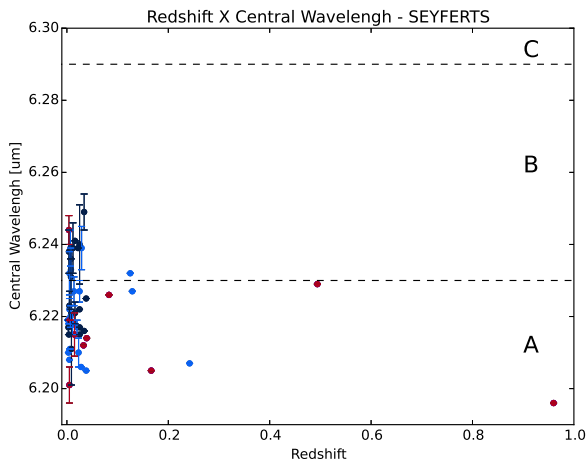


Figura 3.33: Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu\text{m}$ pelo *redshift* das *Seyferts*. Sy1 – cor de vinho; Sy intermediária – cor azul escuro; e Sy2 – cor azul claro.

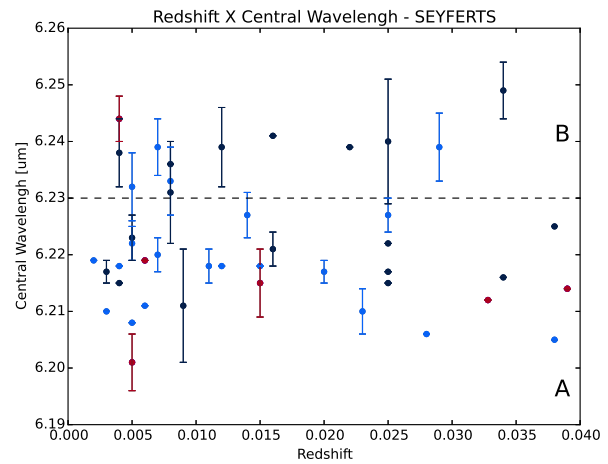


Figura 3.34: Recorte da Figura 3.33 com valores de *redshift* < 0.04 .

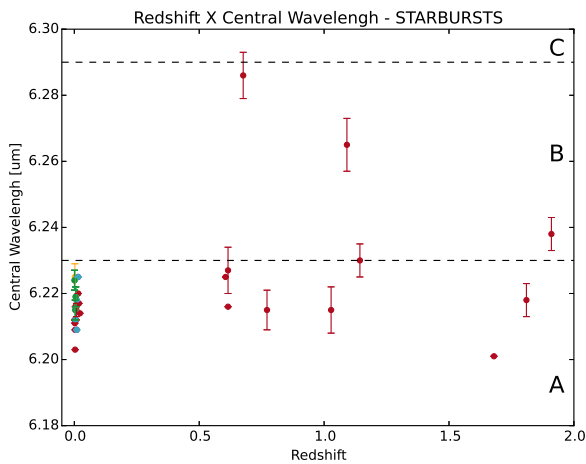


Figura 3.35: Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu\text{m}$ pelo *redshift* das *Starbursts*. SB – cor de vinho; SB + HII – cor azul claro; SB + Sy – cor verde; e SB + LINER – cor amarelo.

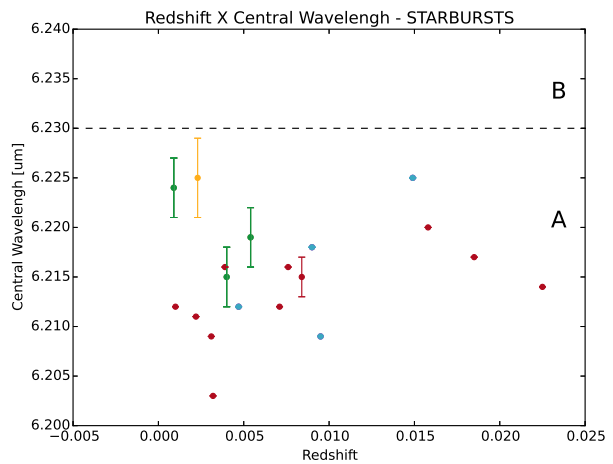


Figura 3.36: Recorte da Figura 3.35 com valores de *redshift* < 0.025 .

Dos três tipos mais abundantes, *starbursts* – e seus complementares regiões HII, *Seyferts* e LINER – dividem-se em 86.7% da classe A e 13.3% da classe B. Quanto às *Seyferts*, 72.5% são da classe A e 27.5% são da B. Por último, ULIRGs possuem 75.7% da classe A, 20.3% da B e apenas 4% da classe C. *Starbursts* parecem ser os mais afetados por PANHs, mas as também altas porcentagens da classe A em ULIRGs e *Seyferts* podem indicar a forte influência destas moléculas nestes objetos. Se a contribuição de *starbursts* na emissão das

outras galáxias é a causa destas elevadas estatísticas ou se isto se deve à ubiquidade dos PANHs, não se pode afirmar. Contudo, está bem claro a predominância da classe A na banda de $6.2\mu m$ nestes diferentes tipos de galáxias.

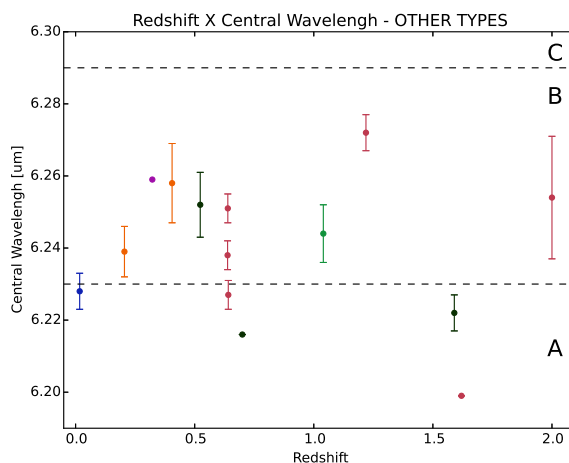


Figura 3.37: Gráfico do comprimento de onda central da banda de $6.2\mu m$ pelo *redshift* de outros tipos de galáxias. SMG – cor rosa; AGN2 – cor verde claro; FR-1 – cor azul; LINER – cor roxa; IRgal – cor verde escuro; e QSO – cor laranja.

3.2.1.4 Espectros peculiares

A distinção entre o melhor método de ajuste não é clara para alguns casos (Figuras 3.38 a 3.44). Para o primeiro objeto, 3C293 (Figuras 3.38 e 3.39), a posição do pico encontrada foi a mesma para ambos os ajustes e revelou pertencer a classe B. Houveram, entre eles, uma variação no RMS de 0.018 e outra de 0.001 no χ^2 reduzido. Como, provavelmente, a cauda vermelha é melhor ajustada quando dois perfis são levados em conta, não há nada que indique a real existência de uma segunda banda para esta fonte.

Sobre o IRAS_00091-0738, os dois ajustes foram refeitos com novos intervalos de comprimento de onda e de comprimento de onda central (λ_i), especificados diretamente na legenda dos respectivos gráficos, para adaptá-los ao fim da primeira banda. Enquanto o RMS com o *minimize* é o menor, o χ^2 reduzido é menor com o *curve_fit*, levando a um impasse. Também não parece haver outra banda nesta região, uma vez que a ascensão vermelha ajustada com o *minimize* pode ser do contínuo do espectro, que se eleva até meados de $7.5\mu m$ (Figura B.15). Pelo primeiro (Figura 3.40), este objeto é um exemplar da classe B. Pelo segundo (3.41), da classe A. De qualquer forma, ambos mostram a presença de PANHs.

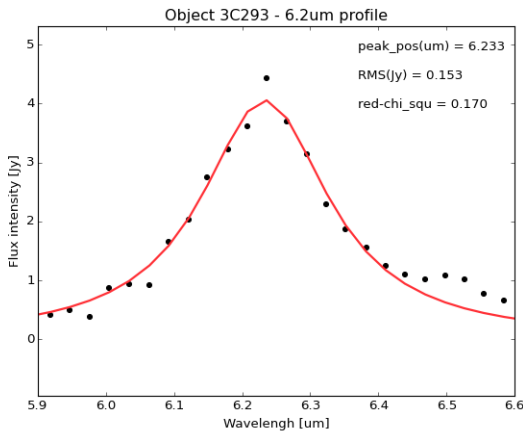


Figura 3.38: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto 3C293 ajustado com *curve_fit*.

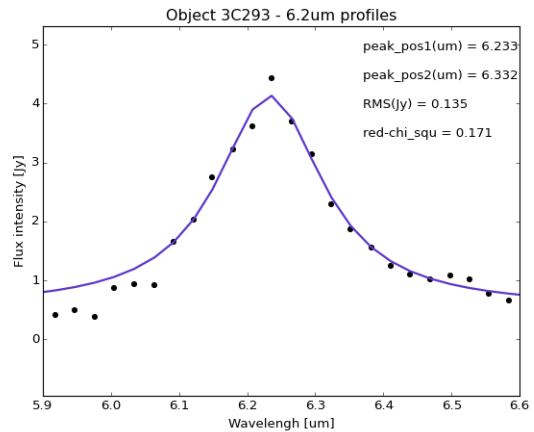


Figura 3.39: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto 3C293 ajustado com *minimize*.

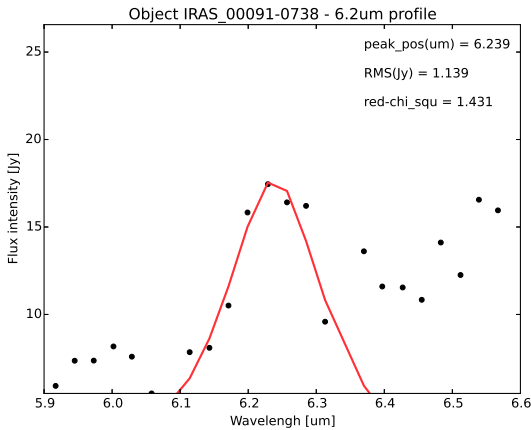


Figura 3.40: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_00091-0738 ajustado com *curve_fit* e para $6.10 \leq \lambda \leq 6.35$.

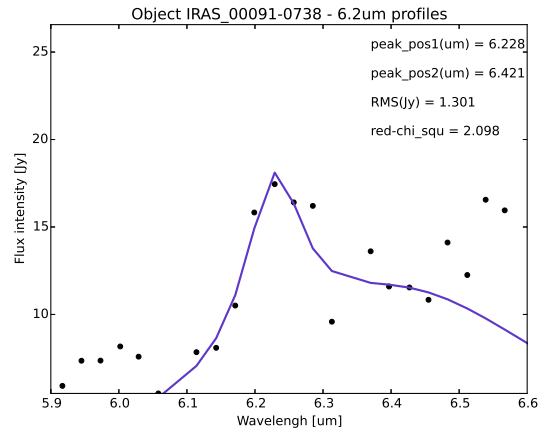


Figura 3.41: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_00091-0738 ajustado com *minimize* e para $6.10 \leq \lambda \leq 6.46$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.27$ e $6.28 \leq \lambda_{i2} \leq 6.45$.

Em relação ao IRAS_11387+4116, as duas classificações foram classe B. Aparentemente, a adição da segunda banda torna o ajuste da primeira mais fiel aos dados. Contudo, a diferença entre os comprimentos centrais da banda de $6.2\mu\text{m}$, ajustados pelos dois programas, é pequena (0.007). Além disso, o patamar de 6.38 e 6.52 é razoavelmente bem descrito, considerando-se que se está usando um perfil de Drude para isto (Figura 3.43). Tanto o RMS como o χ^2 reduzido são maiores para o ajuste único (Figura 3.42). Esta melhora no perfil ocasionada pela outra característica é mais vista para IRAS_15225+2350, cuja posição central do pico está claramente desviada para o vermelho na primeira situação (Figura 3.44). Mesmo que a segunda banda não seja muito confiável, não descrevendo esta

espécie de característica de absorção por volta de $6.42\mu\text{m}$, ela possibilita um retrato do perfil assimétrico de $6.2\mu\text{m}$ com mais perfeição. Em especial, de sua ascensão azul.

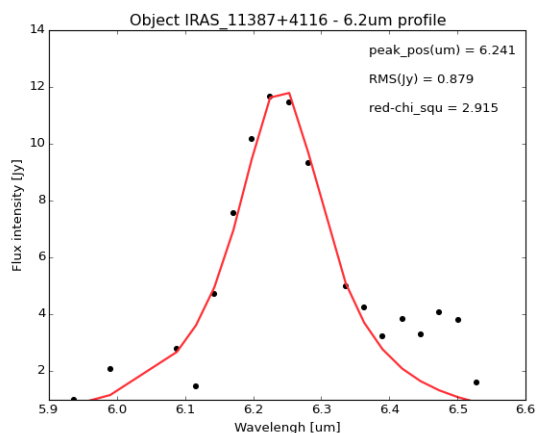


Figura 3.42: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_11387+4116 ajustado com *curve_fit*.

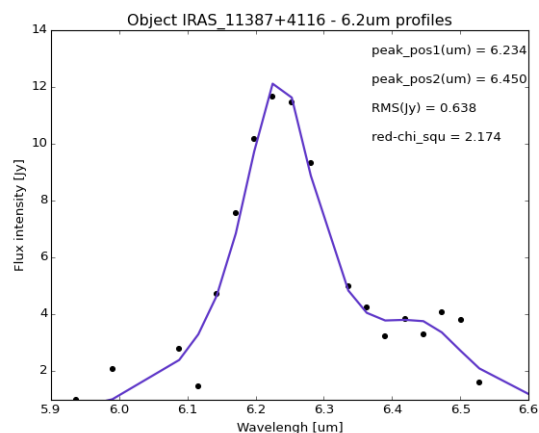


Figura 3.43: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_11387+4116 ajustado com *minimize*.

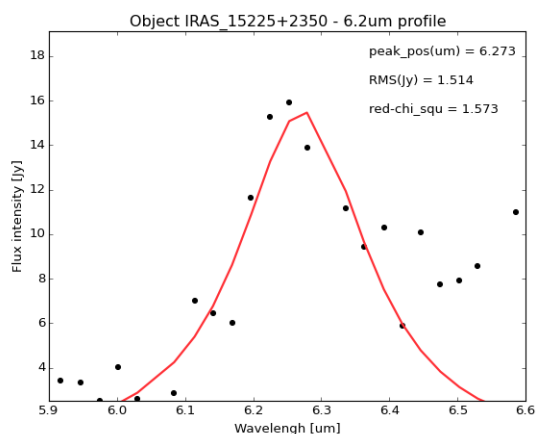


Figura 3.44: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_15225+2350 ajustado com *curve_fit*.

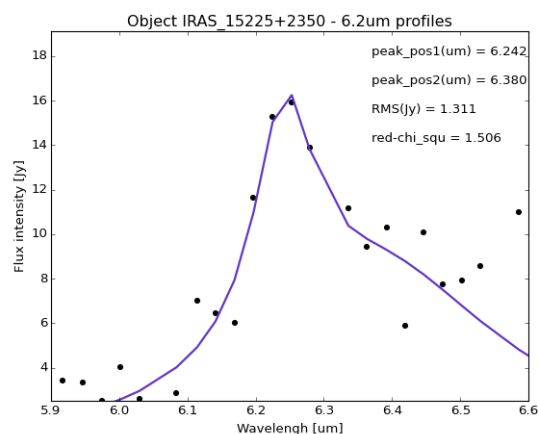


Figura 3.45: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_15225+2350 ajustado com *minimize*.

Já o objeto MIPS16144 não parece nem um espectro de *starburst*. As duas bandas são extremamente evidentes, estando até ligeiramente espaçadas. Graças a esta distância, não foi possível ajustar ambas através do *pah62_opt2.py*. Esta questão foi abordada de forma diferente: empregou-se o *pah62_curvefit.py* duas vezes, uma para cada banda, e adequando-se os intervalos.

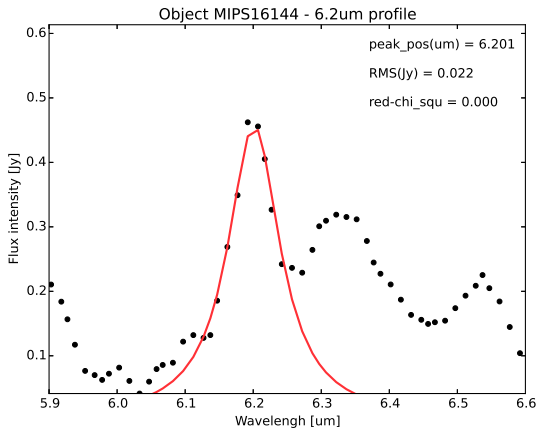


Figura 3.46: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS16144 ajustado com *curve_fit* e para $6.1 \leq \lambda \leq 6.27$.

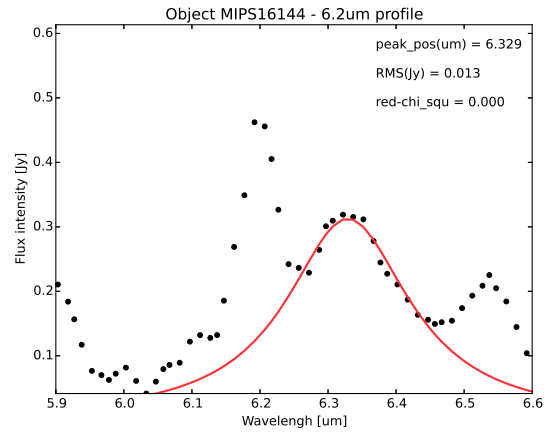


Figura 3.47: Perfil da banda de $6.3\mu\text{m}$ do objeto MIPS16144 ajustado com *curve_fit* e para $6.26 \leq \lambda \leq 6.47$ e $\lambda_i = 6.35\mu\text{m}$.

Para a galáxia NGC7603 (Fig. 3.48), os intervalos do ajuste precisaram ser alterados por causa de uma aparente divisão do perfil em duas características, que não conseguiram ser descritas com o auxílio do *minimize*. Na verdade, parece haver uma absorção no perfil de emissão. Este objeto é bem brilhante (quando comparado com as fontes mais fracas analisadas aqui) e relativamente próximo, com um *redshift* de 0.03. Logo, não se trataria de um efeito devido a um fluxo débil, mas talvez de uma extração inadequada da fonte.

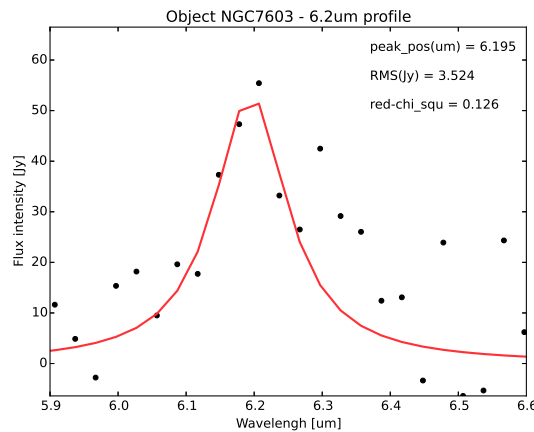


Figura 3.48: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC7603 ajustado com *curve_fit* e para $6.05 \leq \lambda \leq 6.28$.

Por fim, as últimas duas ocorrências que serão discutidas – MIPS506 e MIPS22699. Apesar dos valores baixos de RMS e χ^2 , o ajuste não representa satisfatoriamente as bandas. Pelo formato das emissões, eles apresentam o *bump* típico da classe C, que vem sendo relacionado com VSGs.

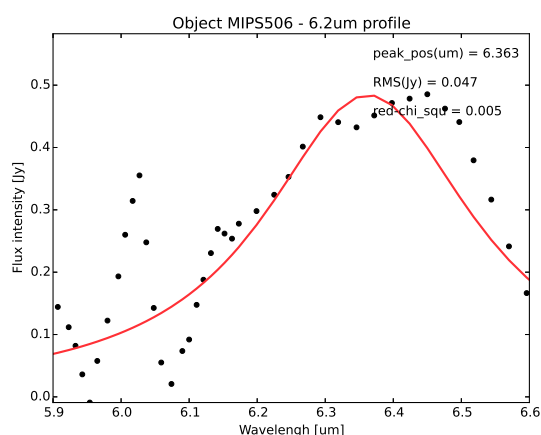


Figura 3.49: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS506 ajustado com *curve_fit*.

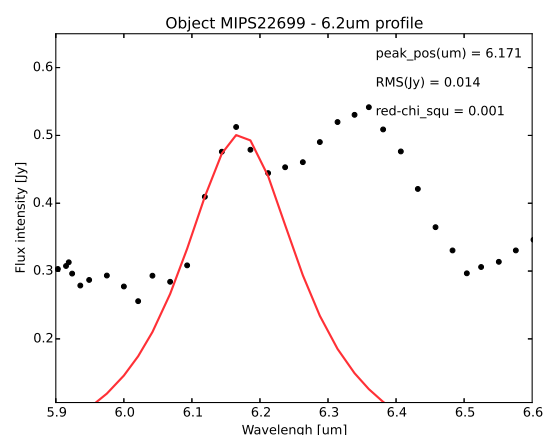


Figura 3.50: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS22699 ajustado com *curve_fit* e para $6.05 \leq \lambda \leq 6.22$.

3.2.1.5 Ajustes inconclusivos

Para parte destes objetos, foi encontrada uma grande dificuldade de se distinguir qual a técnica mais adequada para se fazer o ajuste. Outros, nem conseguiram ser ajustados por ambas e somente uma é mostrada. Mesmo visualmente, não é simples de se enxergar a banda com exatidão por causa da alta variabilidade entre os pontos (Figuras 3.51 e 3.52). Para o NGC3031 (Figura 3.58), a banda se parece mais com um *bump* característico da classe C, como a própria posição central obtida comprova.

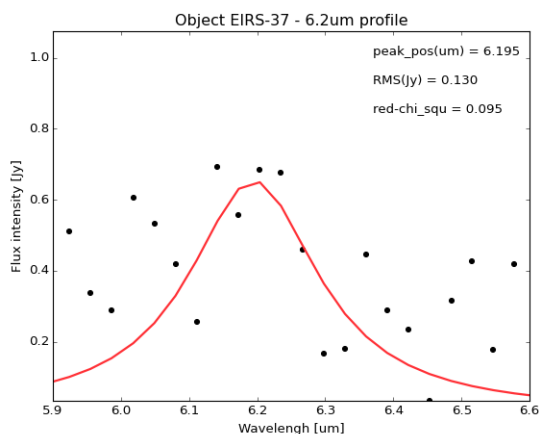


Figura 3.51: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-37 ajustado com *curve_fit*.

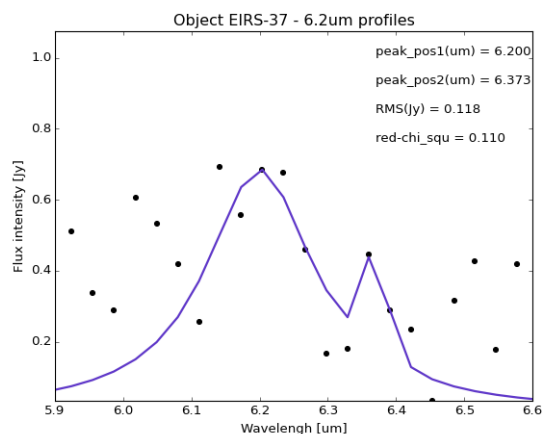


Figura 3.52: Perfil da banda de $6.3\mu\text{m}$ do objeto EIRS-37 ajustado com *minimize*.

Em outras situações, a insegurança dos resultados pode ser explicada pelo fato de que muitos não contém uma quantidade de pontos suficiente para que o ajuste seja, pelo

menos, confiável (Figuras 3.53 e 3.54). Portanto, não se pode analisar apropriadamente estas fontes por causa da falta de dados, implicando na necessidade de futuras observações com maior grau de resolução.

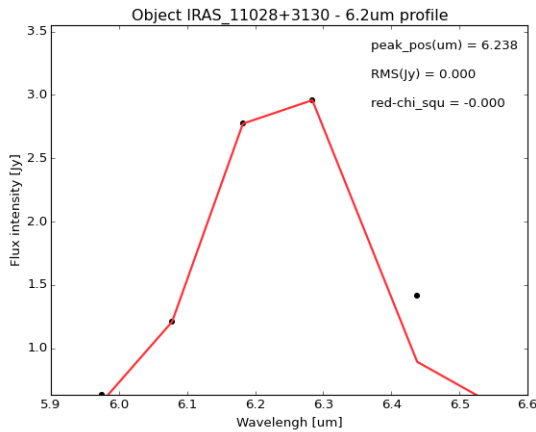


Figura 3.53: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_11028+3130 ajustado com *curve_fit*.

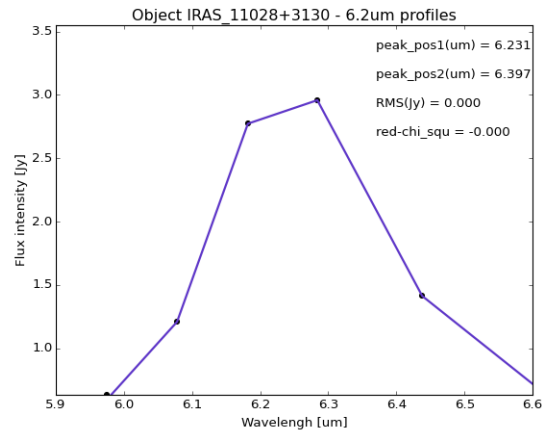


Figura 3.54: Perfil da banda de $6.3\mu\text{m}$ do objeto IRAS_11028+3130 ajustado com *minimize*.

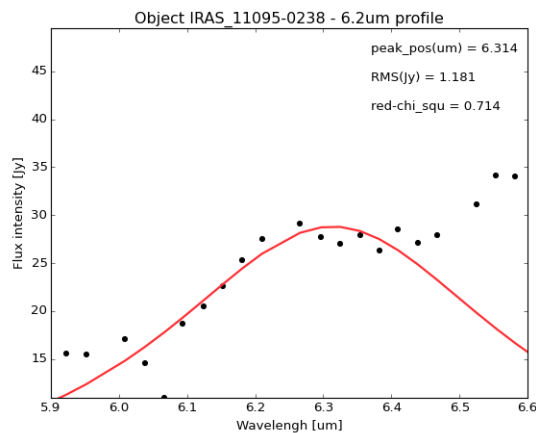


Figura 3.55: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_11095-0238 ajustado com *curve_fit*.

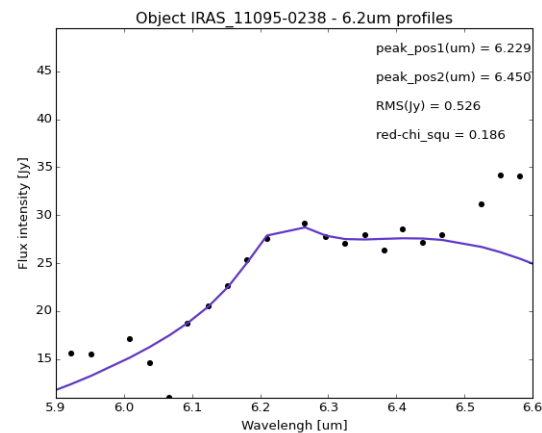


Figura 3.56: Perfil da banda de $6.3\mu\text{m}$ do objeto IRAS_11095-0238 ajustado com *minimize*.

Para outros espectros, não parece haver a emissão em $6.2\mu\text{m}$, como para o objeto IRAS_11095-0238 (Figuras 3.55 e 3.56), que se assemelha mais à *plateaus*. Há, ainda, aquelas fontes cujos espectros não recordam os de *starbursts*, como MIPS16059 (Figura 3.57) e SJ103809.18+583226.2 (Figura 3.59). O objeto SJ103809.18+583226.2 apresenta uma elevação do fluxo do lado azul da banda que, à primeira vista, é real e não um artifício do tratamento do espectro. E, MIPS16059 exibe uma estrutura com um *bump* ao vermelho e, do lado azul, uma característica de emissão e duas de absorção. Neste último caso, em

particular, a qualidade do perfil é muito alta. Em ambos os casos, portanto, é provável que se tratem de características reais, cujas origens ainda devem ser elucidadas.

Os demais objetos podem ser vistos no Apêndice C.3.

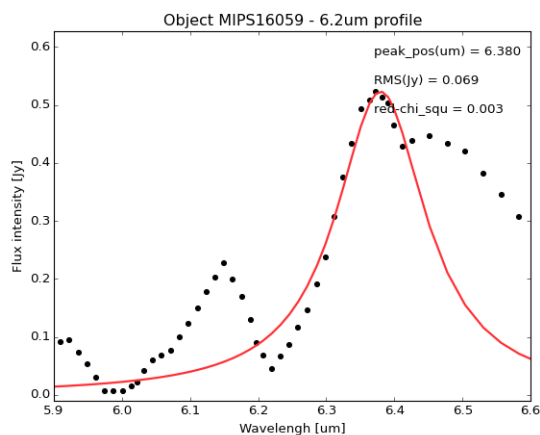


Figura 3.57: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS16059 ajustado com *curve_fit*.

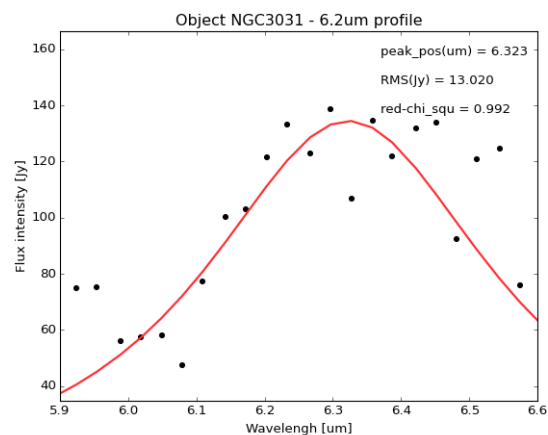


Figura 3.58: Perfil da banda de $6.3\mu\text{m}$ do objeto NGC3031 ajustado com *curve_fit*.

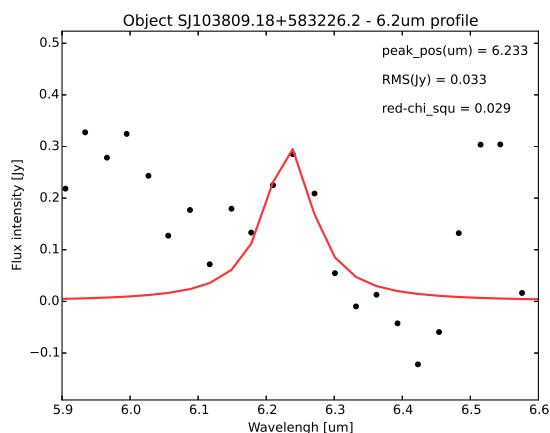


Figura 3.59: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto SJ103809.18+583226.2 ajustado com *curve_fit* e para $6.15 \leq \lambda \leq 6.35$.

3.3 A banda de $6.0\mu\text{m}$

Nesta região do IR médio que está sendo estudada aqui, espectros de laboratório de gelo d'água já destacaram características em $3.1\mu\text{m}$ do modo de estiramento do $O-H$, em $4.5\mu\text{m}$ do modo de combinação, em $6.0\mu\text{m}$ do modo de deformação angular do $O-H$ e em $12\mu\text{m}$ do modo libracional (Robinson et al., 2012). No ISM, pequenos grãos de gelo,

menores que $0.3\mu\text{m}$, estão ligados à regularização da transferência de energia radiativa dentro das nuvens, determinando seus respectivos balanço de energia e espectro, além de influenciar na sua evolução e na formação estelar (Hudgins et al., 1993).

Todas as bandas citadas são vistas em absorção por causa da baixa temperatura de sublimação do gelo d'água em ambientes interestelares ($T \lesssim 150\text{K}$), podendo variar na forma e no comprimento de onda central se o gelo for cristalino, amorfo ou conter impurezas (Robinson et al., 2012). Os espectros infravermelhos de grãos de poeira de nuvens moleculares densas são dominados por elas, cujas produções envolvem, normalmente, a superposição de efeitos de absorção e reflexão de gelos e suas superfícies (Hudgins et al., 1993).

As primeiras detecções de características de gelo em objetos extragalácticos se deram nas galáxias NGC4418 e a IRAS00183-7111, uma ULIRG distante (Spoon et al., 2001). E, segundo Spoon et al. (2002), estas características se encontram na maioria das ULIRGs, que possuem grandes quantidades de material molecular, mas são fracas ou ausentes em diversas galáxias *Seyferts* e *starbursts*.

Em especial, a banda de $6.0\mu\text{m}$ é atribuída ao gelo d'água amorfo e é bastante afetada por efeitos reversíveis de expansão e encolhimento térmicos, causados por oscilações cíclicas de temperatura de 10K a 120K , que modificam ligeiramente a largura da banda e a fazem discrepar de acordo com a fonte observada (Spoon et al., 2002).

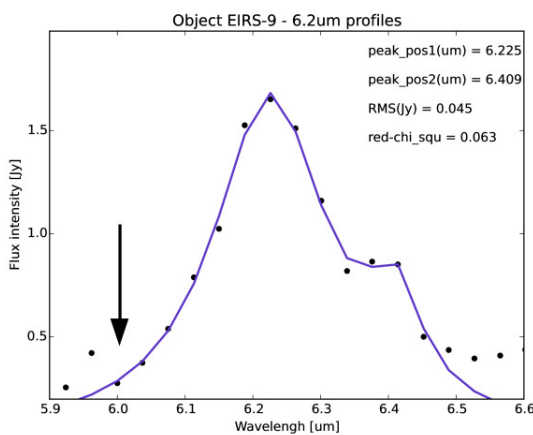


Figura 3.60: Banda de $6.0\mu\text{m}$ indicada pela seta preta presente no objeto EIRS-9.

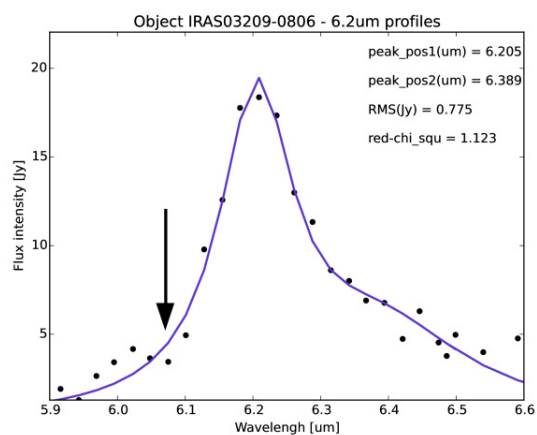


Figura 3.61: Banda de $6.0\mu\text{m}$ indicada pela seta preta presente no objeto IRAS03209-0806.

Embora esta banda não tenha sido ajustada e analisada com mais detalhes neste trabalho, algumas galáxias em que ela estava presente estão destacadas logo a seguir – a banda

está indicada por uma seta preta. Normalmente, espera-se que poucas galáxias apresentem um perfil de absorção perto de $6.0\mu\text{m}$ (Figura 3.60), o que é uma consequência do fato de que emissões muito intensas de PAH evitam a detecção destas características quando elas são só moderadamente fortes (Spoon et al., 2002). Contudo, um comportamento imprevisível foi notado. Para alguns objetos, a banda aparece deslocada para o vermelho, com uma posição de pico por volta de $6.07\mu\text{m}$, como mostrado nas Figuras 3.61, 3.62 e 3.63.

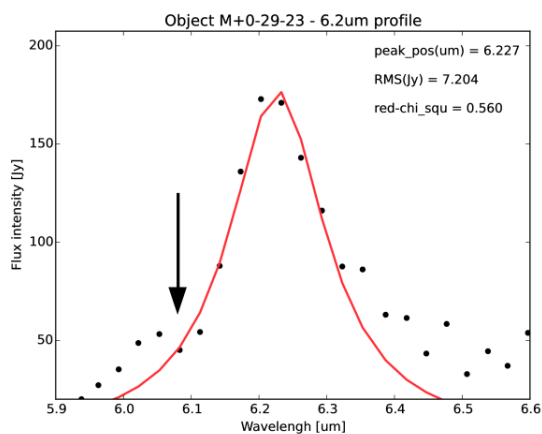


Figura 3.62: Banda de $6.0\mu\text{m}$ indicada pela seta preta presente no objeto M+0-29-23.

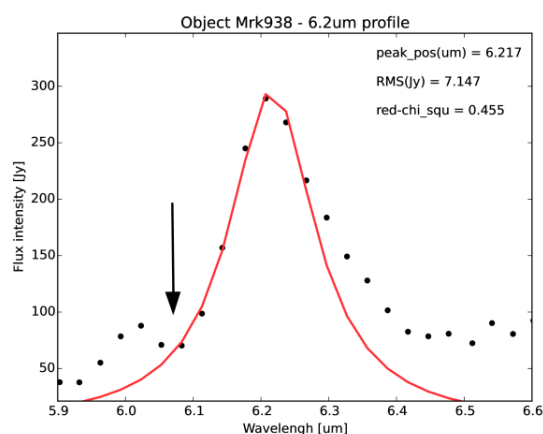


Figura 3.63: Banda de $6.0\mu\text{m}$ indicada pela seta preta presente no objeto Mrk938.

Conclusões e perspectivas

Das 169 galáxias com emissão dominada por *starbursts* bem ajustadas, 60% (124) foram classificadas como classe A, 20% (42) como classe B e 1.5% (3) como classe C. A classe A, correspondente a um comprimento de onda central perto de $6.22\mu m$, só foi explicada pela substituição de carbono por nitrogênio, apesar de outras tentativas de explanação (Hudgins et al., 2005). Além disso, a classe B pode representar uma mistura entre PAHs e PANHs. Logo, PANHs parecem dominar estes espectros, o que pode indicar outro reservatório de nitrogênio no Universo, com condições de densidade e temperatura diferentes das fases gasosas e gelos. O fato de somente algumas fontes pertencerem à classe C pode significar que a maioria dos PAHs já incorporaram nitrogênio nos seus anéis.

De acordo com estes resultados, além dos PAHs representarem uma poderosa fonte de luminosidade no infravermelho, os PANHs estariam presentes em quantidades significativas no meio interestelar de galáxias. A ubiquidade dos PANHs fornece um apoio à proposta, dentro do cenário do Mundo Aromático para a origem da vida, de que eles teriam um papel relevante no surgimento da vida na Terra e em outras partes do Universo. Os PANHs não apenas estão presentes no ISM de *starbursts*, mas também são responsáveis por uma fração importante da emissão no IR, especialmente para a banda de $6.2\mu m$.

Eles também podem influenciar as bandas de 3.3, 7.7 e $11.2\mu m$ (Van Dienenhoven et al., 2004), que estão precisando de mais estudos para estas galáxias. Um próximo passo seria analisar estas características para procurar uma conexão entre as classes de Peeters para um mesmo objeto e para confirmar os resultados obtidos aqui.

Quantos aos objetos que não foram considerados para a estimativa final (Seções 3.2.1.4 e 3.2.1.5), somente alguns fazem parte da classe C. Embora não se possa afirmar qual a classe (A ou B) dos restantes, todos contêm PANHs e dão mais suporte para as conclusões

discutidas acima. Para um grau de confiabilidade maior, estas galáxias necessitam de novas observações com maior resolução ou outros métodos de análise que comportem suas peculiaridades.

4.1 Novas abordagens

Como já foi dito no Capítulo 2, a análise da banda de $6.2\mu\text{m}$ depende da estimativa do *redshift* das fontes para a correção do espectro e, para alguns casos, este valor ou não é preciso o suficiente, ou foi extraído das próprias bandas de PAHs. Para solucionar esta questão, foi utilizada uma abordagem estatística neste trabalho. Todavia, uma outra possibilidade também fora avaliada.

Uma vez que as bandas de 6.2 e $7.7\mu\text{m}$ estão relacionadas (Seção 1.4.1), a segunda poderia indicar a presença de PANHs mesmo que a primeira não tenha sido observada. Além disso, Van Diedenhoven et al. (2004) constatou que, em alguns casos, as classes estão correlacionadas ao longo do espectro, principalmente a A. Ou seja, se as bandas de $6-9\mu\text{m}$ são da classe A, a de $11.2\mu\text{m}$ (e de $3.3\mu\text{m}$) também será. E, embora esta conexão dependa do tipo do objeto, ambientes protoestelares/protoplanetários ou com formação de poeira parecem ser fundamentais para mudanças nos perfis de 3.3 ou $11.2\mu\text{m}$. Com isso, é possível extrair as informações desejadas calculando-se as distâncias entre as bandas, pelo menos para *starbursts*, como esquematizado na Figura 4.1.

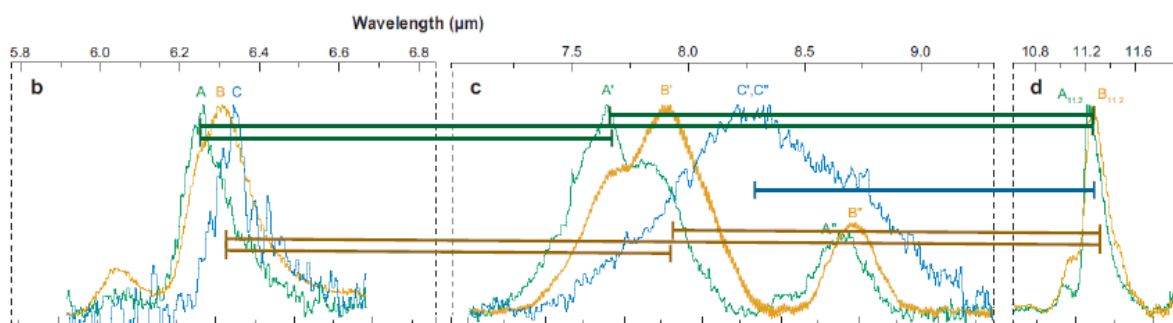


Figura 4.1: Imagem representativa dos espectros das classes de Peeters, retirada de Tielens (2008), mostrando as distâncias entre cada banda que podem ser calculadas. Dessa forma, pode-se classificar as galáxias com mais segurança e independentemente do *redshift*.

Esta técnica é interessante por três razões principais: a) ela é independente do *redshift*, o que solucionaria a questão das galáxias que tiverem seus *redshifts* derivados das bandas de PAHs; b) a banda de $7.7\mu\text{m}$ apresenta variações nas posições dos picos mais espaçadas

do que as demais emissões e, portanto, permite uma análise menos atrelada à resolução das fontes; e c) ao se utilizar mais de uma banda, pequenas variações nas características de cada perfil relacionadas com a fonte influenciam menos no resultado final e a classificação da galáxia depende menos de suas singularidades.

As figuras abaixo (4.2 e 4.3) exibem um teste realizado para ajustar as bandas de PAHs da seguinte maneira: banda de $6.2\mu m$ – Lorentziana, banda de $7.7\mu m$ – perfis de Drude e banda de $11.2\mu m$ – Gaussiana. Os palpites iniciais (Tabela 4.1) também foram extraídos de Smith et al. (2007). Tentou-se adequar o melhor possível o modelo com a estrutura das bandas e, por isso, diferentes perfis foram escolhidos. Foi percebida uma dificuldade em analisar e ajustar todos simultaneamente, em especial a banda de $7.7\mu m$, que varia bastante de acordo com a classe de Peeters a qual o objeto pertence. Assim, pode ser mais aconselhável estudar cada uma separadamente, como feito para a banda de $6.2\mu m$ e, posteriormente, agregar os resultados. Por os ajustes ainda precisarem ser melhorados, as distâncias entre as bandas não foram calculadas. Porém, considerando-se somente a forma das emissões e, principalmente, da banda em $7.7\mu m$ (Seção 1.4.1), ambas as galáxias parecem pertencer a classe A. Segundo os resultados deste trabalho, o objeto 3C31 realmente é da classe A e o 3C293 é da B.

Tabela 4.1 - Palpites iniciais para o ajuste das bandas de PAHs.

Banda / cor do ajuste	$\lambda_i (\mu m)$	γ_i
$6.2\mu m$ / azul	6.22	0.187
	6.69	0.070
$7.7/8.6\mu m$ / vermelho	7.42	0.126
	7.60	0.044
	7.85	0.053
	8.33	0.050
	8.61	0.039
$10.6\mu m$ / verde	10.68	0.020
$11.2\mu m$ / magenta	11.23	0.012
	11.33	0.032

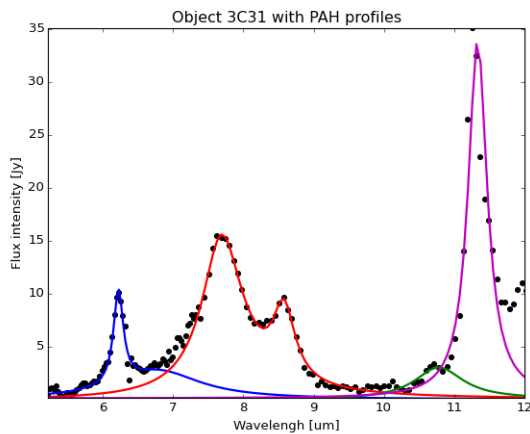


Figura 4.2: bandas de PAHs do objeto 3C31.

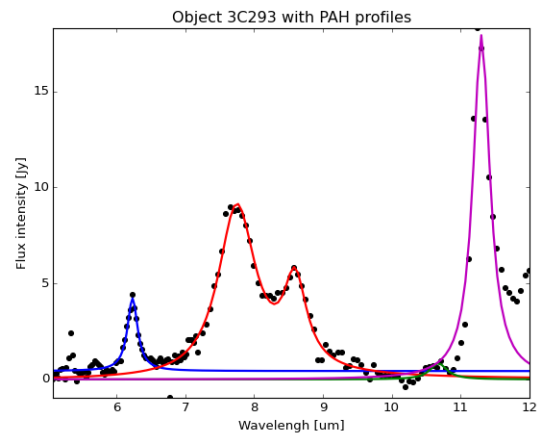


Figura 4.3: bandas de PAHs do objeto 3C293.

Outro programa que pode ajudar a entender as características das emissões de PAHs é o PAHTAT (sigla de PAH Toulouse Astronomical Templates). Criado por Pilleri et al. (2012), é uma ferramenta em IDL que interpreta espectros com estas emissões usando quatro modelos – PAH neutro (PAH^0), cátion PAH (PAH^+), grandes PAH ionizados (PAH^x) e eVSGs (VSG em evaporação). Ele ainda ajusta o contínuo e algumas bandas moleculares. Foi realizado um teste, sem modificar o programa original, para a galáxia NGC4818 (Figura 4.4). Entretanto, será preciso adicionar outros componentes para se estudar os objetos astrofísicos diretamente com ele, tais como outras emissões iônicas e moleculares (já abordadas pelo PAHFIT). Ou, como feito nesta dissertação, estas contribuições podem ser cobertas primeiramente com o PAHFIT e subtraídas, para depois os espectros passarem pelo PAHTAT.

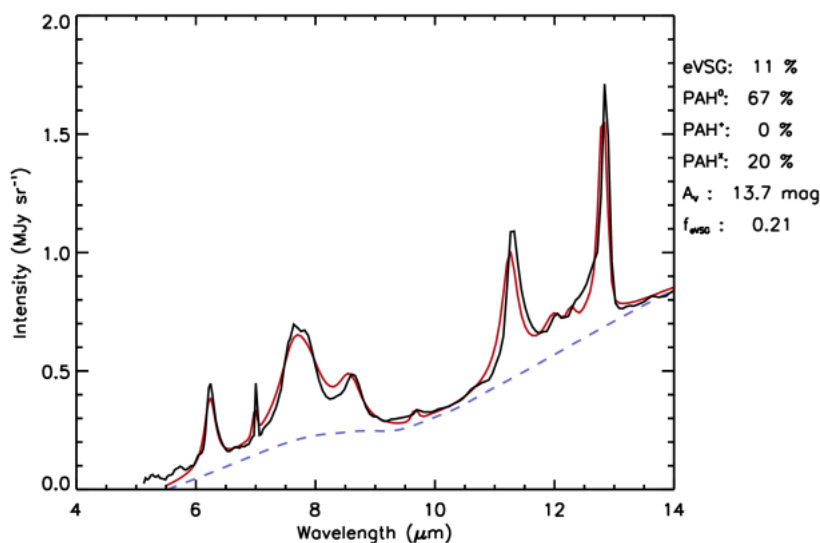


Figura 4.4: Espectro do objeto NGC4818 ajustado com o PAHTAT. As siglas A_v e f_{evsg} são, respectivamente, a magnitude da extinção visual ao longo da linha de visada e a taxa da emissão total de eVSGs pela emissão total AIB (traçadora da evolução dos eVSGs em diferentes ambientes).

4.2 Outros ambientes astrofísicos e novas observações

Outros objetos extragalácticos também apresentam bandas de PAH, como AGNs, por exemplo. Com o auxílio do projeto *Spitzer/IRS ATLAS*, amostras destas galáxias podem ser estudadas pelo mesmo processo realizado neste trabalho. Com isso, o conhecimento sobre PANHs e as classes de Peeters pode abranger variados tipos de fontes. Ademais, objetos bem mais próximos e propícios para a existência de PAH e PANH são os cometas e asteroides do Sistema Solar. Estudos recentes mostraram a alta probabilidade de formação de nucleobases e aminoácidos nestes ambientes – através da irradiação da formamida (NH_2CHO) por prótons (Saladino et al., 2015).

Já em relação às novas observações, o *James Webb Space Telescope* (JWST) será o maior telescópio científico já lançado no espaço – 42 vezes maior que o Spitzer – e cobrirá de 0.6 a $28.6\mu m$, podendo detectar a banda de $6.2\mu m$ com maior resolução e até *redshift* de 3.6 (Bernard-Salas, 2015). Assim sendo, esta dissertação é uma prévia do que se esperar das futuras observações de *starbursts* para esta banda. Sob outra perspectiva, este telescópio poderá confirmar os resultados e proporcionar novos entendimentos sobre este assunto. Por exemplo, contemplando a banda de $3.3\mu m$, que também sofre interferência de PANHs (Hudgins et al., 2005).

Referências Bibliográficas

- Andrews H., Boersma C., Werner M. W., Livingston J., Allamandola L. J., Tielens A. G. G. M., PAH EMISSION AT THE BRIGHT LOCATIONS OF PDRs: THE grandPAH HYPOTHESIS, *ApJ*, 2015, vol. 807, p. 99
- Bernard-Salas J., Spectroscopic studies of PAHs with the James Webb Space Telescope., *AstroPAH*, 2015, vol. 24, p. 4
- Berné O., Montillaud J., Joblin C., Top-down formation of fullerenes in the interstellar medium., *A&A*, 2015, vol. 577, p. A113
- Brandl B. R., Bernard-Salas J., Spoon H. W. W., Devost D., Sloan G. C., Guilles S. and Wu Y., et al. The Mid-Infrared Properties of Starburst Galaxies from Spitzer-IRS Spectroscopy., *ApJ*, 2006, vol. 653, p. 1129
- Buchanan C. L., Gallimore J. F., O’Dea C. P., Baum S. A., Axon D. J., Robinson A., Elitzur M., Elvis M., Spitzer IRS Spectra of a Large Sample of Seyfert Galaxies: A Variety of Infrared Spectral Energy Distributions in the Local Active Galactic Nucleus Population., *ApJ*, 2006, vol. 132, p. 401
- Dasyra K. M., Yan L., Helou G., Sajina A., Fadda D., Zamojski M., Armus L., Draine B., Frayer D., The ~ 0.9 mJy Sample: A Mid-Infrared Spectroscopic Catalog of 150 Infrared-Luminous, $24\mu\text{m}$ Selected Galaxies at $0.3 \leq z \leq 3.5$., *ApJ*, 2009, vol. 701, p. 1123
- Deo R. P., Crenshaw D. M., Kraemer S. B., Dietrich M., Elitzur M., Teplitz H., Turner T. J., Spitzer IRS Observations of Seyfert 1.8 and 1.9 Galaxies: A Comparison with Seyfert 1 and Seyfert 2., *ApJ*, 2007, vol. 671, p. 124

- Dwek E., Arendt R. G., Fixsen D. J., Sodtroski T. J., et al. Detection and Characterization of Cold Interstellar Dust and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emission, from COBE Observations, *ApJ*, 1997, vol. 475, p. 565
- Ehrenfreund P., Irvine W., Becker L., Blank J., Brucato J. and Colangeli L., Derenne S., Despois D., Dutrey A., Fraaije H., Lazcano A., Owen T., Robert F., Astrophysical and astrochemical insights into the origin of life., *Reports on Progress in Physics*, 2002, vol. 65, p. 1427
- Ehrenfreund P., Rasmussen S., Cleaves J., Chen L., Experimentally tracing the key steps in the origin of life: The aromatic world., *Astrobiology*, 2006, vol. 6, p. 490
- Farrah D., Weedman D., Lonsdale C. J., Polletta M., Rowan-Robinson M., Houck J. and Smith H. E., Mid-Infrared Spectroscopy of Optically Faint Extragalactic $70\mu m$ Sources., *ApJ*, 2009, vol. 696, p. 2044
- Guimarães M. C., Efeitos da Presença de Poeira na Emissão de Galáxias a Altos e Baixos Redshifts, Universidade de São Paulo, 2006, Tese de Doutorado, 203 p.
- Hernán-Caballero A., Hatziminaoglou E., An atlas of mid-infrared spectra of star-forming and active galaxies., *MNRAS*, 2011, vol. 414, p. 500
- Hernán-Caballero A., Pérez-Fournon I., Hatziminaoglou E., Afonso-Luis A. and Rowan-Robinson M., Rigopoulou D., Farrah D., et al. Mid-infrared spectroscopy of infrared-luminous galaxies at $z \sim 0.5 - 3$., *MNRAS*, 2009, vol. 395, p. 1695
- Higdon S. J. U., Devost D., Higdon J. L., Brandl B. R., Houck J. R., Hall P., Barry D., Chamandaris V., Smith J. D. T., Sloan G. C., Green J., The SMART Data Analysis Package for the Infrared Spectrograph on the Spitzer Space Telescope., *PASP*, 2004, vol. 116, p. 975
- Hiner K. D., Canalizo G., Lacy M., Sajina A., Armus L., Ridgway S., Storrie-Lombardi L., An Infrared Comparison of Type-1 and Type-2 Quasars., *ApJ*, 2009, vol. 706, p. 508
- Houck J. R., Roellig T. L., van Cleve J., Forrest W. J., Herter T., Lawrence C. R., Matthews K., Reitsema H. J., Soifer B. T., Watson D. M., Weedman D., Huisjen M., Troeltzsch J., Barry D. J., Bernard-Salas J., Blacken C. E., Brandl B. R., et al. The

-
- Infrared Spectrograph (IRS) on the Spitzer Space Telescope., *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 2004, vol. 154, p. Issue 1, 18
- Hudgins D. M., Allamandola L. J., The spacing of the interstellar 6.2 and 7.7 micron emission features as an indicator of polycyclic aromatic hydrocarbon size., *ApJ*, 1999, vol. 513, p. L69
- Hudgins D. M., Bauschlicher J. C. W., Allamandola L. J., Variations in the peak position of the 6.2 μm interstellar emission feature: a tracer of N in the interstellar polycyclic aromatic hydrocarbon population., *ApJ*, 2005, vol. 632, p. 316
- Hudgins D. M., Sandoford A., Allamandola L. J., Tielens A. G. G. M., Mid- and far-infrared spectroscopy of ices: optical constants and integrated absorbances., *ApJS*, 1993, vol. 86, p. 713
- Imanishi M., Luminous Buried Active Galactic Nuclei as a Function of Galaxy Infrared Luminosity Revealed through Spitzer Low-resolution Infrared Spectroscopy., *ApJ*, 2009, vol. 694, p. 751
- Imanishi M., Dudley C. C., Maiolino R., Maloney P. R., Nakagawa T., Risaliti G., A Spitzer IRS Low-Resolution Spectroscopic Search for Buried AGNs in Nearby Ultraluminous Infrared Galaxies: A Constraint on Geometry between Energy Sources and Dust., *ApJ*, 2007, vol. 171, p. 72
- Imanishi M., Maiolino R., Nakagawa T., Spitzer Infrared Low-Resolution Spectroscopic Study of Buried Active Galactic Nuclei in a Complete Sample of Nearby Ultraluminous Infrared Galaxies., *ApJ*, 2010, vol. 709, p. 801
- Joblin C., Léger A., Martin P., Contribution of polycyclic aromatic hydrocarbon molecules to the interstellar extinction curve., *ApJ*, 1992, vol. 393, p. L79
- Kemper F., Vriend W. J., Tielens A. G. G. M., The Absence of Crystalline Silicates in the Diffuse Interstellar Medium, *ApJ*, 2004, vol. 609, p. 826
- Lebouteiller V., Bernard-Salas J., Sloan G. C., Barry D. J., Advanced Optimal Extraction for the Spitzer/IRS., *PASP*, 2010, vol. 122, p. 231

- Leipski C., Antonucci R., Ogle P., Whysong D., The Spitzer View of FR I Radio Galaxies: On the Origin of the Nuclear Mid-Infrared Continuum., *ApJ*, 2009, vol. 701, p. 981
- Li A., Interaction of Nanoparticles with Radiation, ASP Conference Series, Astrophysics of Dust, 2004, vol. 309, p. 417
- Li A., Draine B. T., Infrared Emission from Interstellar Dust. II. The Diffuse Interstellar Medium, *Apj*, 2001, vol. 554, p. 778
- Materese C. K., Nuevo M., Sandford S. A., N- AND O -HETEROCYCLES PRODUCED FROM THE IRRADIATION OF BENZENE AND NAPHTHALENE IN H₂O/NH₃-CONTAINING ICES, *ApJ*, 2015, vol. 800, p. 116
- Menéndez-Delmestre K., Blain A. W., Smail I., Alexander D. M., Chapman S. C., Armus L., Frayer D., Ivison R. J., Teplitz H., Mid-Infrared Spectroscopy of Submillimeter Galaxies: Extended Star Formation in Massive High-redshift Galaxies., *ApJ*, 2009, vol. 699, p. 667
- Murphy E. J., Chary R. R., Alexander D. M., Dickinson M., Magnelli B., Morrison G., Pope A., Teplitz H. I., Balancing the Energy Budget Between Star Formation and Active Galactic Nuclei in High-Redshift Infrared Luminous Galaxies., *ApJ*, 2009, vol. 698, p. 1380
- Ota N., Nitrogen Substituted Polycyclic Aromatic Hydrocarbon As Capable Interstellar Infrared Spectrum Source Considering Astronomical Chemical Evolution Step To Biological Organic Purine And Adenine, ARXIV org., 2016, vol. 1603, p. 1
- Papovich C., Moustakas L. A., Dickinson M., Le Floch E., Rieke G. H., Daddi E., Alexander D. M., Bauer F., Brandt W. N., Dahlen T., Egami E., Elbaz D., Ferguson H., Giavalisco M., et al. Spitzer Observations of Massive, Red Galaxies at High Redshift, *ApJ*, 2006, vol. 640, p. 92
- Parker D. S. N., Kaiser R. I., O. K., Troy T., Ahmed M., Mebel A. M., Tielens A., GAS PHASE SYNTHESIS OF (ISO)QUINOLINE AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF NUCLEOBASES IN THE INTERSTELLAR MEDIUM, *ApJ*, 2015, vol. 803, p. 53

- Parker D. S. N., Yang T., Dangi B. B., Kaiser R. I., Bera P. P., Lee T. J., LOW TEMPERATURE FORMATION OF NITROGEN-SUBSTITUTED POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PANHs) – BARRIERLESS ROUTES TO DIHYDRO(iso)QUINOLINES, *ApJ*, 2015, vol. 815, p. 115
- Peeters E., Hony S., Van Kerckhoven C., Tielens A. G. G. M., Allamandola L. J., Hudgins D. M., Bauschlicher C. W., The rich 6 to 9 μm spectrum of interstellar PAHs., *A&A*, 2002, vol. 390, p. 1089
- Peeters Z., Botta O., Charnley S. B., Kisiel Z., Kuan Y., Ehrenfreund P., Formation and photostability of N-heterocycles in space, *A&A*, 2005, vol. 433, p. 583
- Pilleri P., Montillaud J., Berné O., Joblin C., Evaporating Very Small Grains as tracers of the UV radiation field in Photo-dissociation Regions, *A&A*, 2012, vol. 542, p. A69
- Pino T., Dartois E., Cao A.-T., Carpentier Y., Chamaillé T., Vasquez R., Jones A., d’Hendecourt L., Bréchnignac P., The 6.2 μm band position in laboratory and astrophysical spectra: a tracer of the aliphatic to aromatic evolution of interstellar carbonaceous dust, *A&A*, 2008, vol. 490, p. 665
- Pope A., Chary R.-R., Alexander D. M., Armus L., Dickinson M., Elbaz D., Frayer D., Scott D., Teplitz H., Mid-Infrared Spectral Diagnosis of Submillimeter Galaxies., *ApJ*, 2008, vol. 675, p. 1171
- Ricca A., Bauschlicher C. W., Bakes E. L. O., A Computational Study of the Mechanisms for the Incorporation of a Nitrogen Atom into Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Titan Haze., *Icarus*, 2001, vol. 154, p. 516
- Riechers D. A., Pope A., Daddi E., Armus L., Csrilli C. L., et al. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and Mid-Infrared Continuum Emission in a $z \approx 4$ Submillimeter Galaxy, *ApJ*, 2014, vol. 786, p. 31
- Robinson G., Smith R. G., Maldoni M., The water-ice librational band: radiative transfer model for AFGL961., *MNRAS*, 2012, vol. 424, p. 1530
- Saladino R., Carota E., Botta G., Kapralov M., Timoshenko G. N., Rozanov A. Y., Krasavin E., Di Mauro E., Meteorite-catalyzed syntheses of nucleosides and of other prebiotic compounds from formamide underproton irradiation, *PNAS*, 2015, vol. 112, p. 2746

- Sales D. A., Pastoriza M. G., Riffel R., Winge C., Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in the Central Region of the Seyfert 2 Galaxy NGC1808., *MNRAS*, 2012, vol. 429, p. 2634
- Shi Y., Rieke G. H., Hines D. C., Gorjian V., Werner M. W., Cleary K., Low F. J., Smith P. S., Bouwman J., 9.7 μ m Silicate Features in Active Galactic Nuclei: New Insights into Unification Models., *ApJ*, 2006, vol. 675, p. 960
- Siana B., Smail I., Swinbank A., Richard J., Teplitz H., Coppin K., Ellis R., Kneib J.-P., Edge A., DETECTION OF FAR-INFRARED AND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON EMISSION FROM THE COSMIC EYE: PROBING THE DUST AND STAR FORMATION OF LYMAN BREAK GALAXIES, *ApJ*, 2009, vol. 698, p. 1273
- Smith J. D. T., Draine B., Dale D. A., et al. THE MID-INFRARED SPECTRUM OF STAR-FORMING GALAXIES: GLOBAL PROPERTIES OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON EMISSION, *ApJ*, 2007, vol. 656, p. 770
- Spoon H. W. W., Keane J. V., Tielens A. G. G. M., Lutz D., Moorwood F. M., The obscured mid-infrared continuum of NCG4418: A dust- and ice-enshrouded AGN., *A&A*, 2001, vol. 365, p. L353
- Spoon H. W. W., Keane J. V., Tielens A. G. G. M., Lutz D., Moorwood F. M., Laurent O., Ice features in the mid-IR spectra of galactic nuclei., *A&A*, 2002, vol. 385, p. 1022
- Sturm E., Hasinger G., Lehmann I., Mainieri V., Genzel R., Lehnert M. D., Lutz D., Tacconi L. J., Mid-Infrared Spitzer Spectra of X-Ray-Selected Type 2 QSOs: QSO2s Are Not Ultraluminous Infrared Galaxies., *ApJ*, 2006, vol. 642, p. 81
- Teplitz H., Desai V., Armus L., Chary R., Marshall J., Colbert J., Frayer D., Pope A., Blain A., Spoon H., Charmandaris V., Scott D., Measuring PAH Emission in Ultradeep Spitzer IRS Spectroscopy of High Redshift IR Luminous Galaxies, *ApJ*, 2007, vol. 659, p. 941
- Tielens A. G. G. M., *The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium*. Cambridge University Press, 2005, 510 p.

- Tielens A. G. G. M., Interstellar Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Molecules, *Annu. Rev. Astro. Astrophys.*, 2008, vol. 46, p. 289
- Tielens A. G. G. M., The molecular universe., *REVIEWS OF MODERN PHYSICS*, 2013, vol. 85
- Van Diedenhoven B., Peeters E., Van Kerckhoven C., Hony S., Hudgins D. M., Allamandola L. J., Tielens A. G. G. M., The Profiles of the 3-12 Micron Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Features, *ApJ*, 2004, vol. 611, p. 928
- Weedman D., Polletta M., Lonsdale C. J., Wilkes B. J., Siana B., Houck J. R., Surace J., Shupe D., Farrah D., Smith H. E., Active Galactic Nucleus and Starburst Classification from Spitzer Mid-Infrared Spectra for High-Redshift SWIRE Sources., *ApJ*, 2006, vol. 653, p. 101
- Weedman D. W., Hao L., Higdon S. J. U., Devost D., Wu Y., Charmandaris V., Brandl B., Bass E., Houck J. R., Mid-Infrared Spectra of Classical AGNs Observed with the Spitzer Space Telescope., *ApJ*, 2005, vol. 633, p. 706
- Weedman D. W., Houck J. R., Average Infrared Galaxy Spectra from Spitzer Flux-Limited Samples., *ApJ*, 2009, vol. 693, p. 370
- Werner M. W., Roellig T. L., Low F. J., Rieke G. H., Rieke M., Hoffmann W. F., Young E., Houck J. R., Brandl B., Fazio G. G., Hora J. L., Gehrz R. D., Helou G., Soifer B. T., et al. The Spitzer Space Telescope Mission., *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 2004, vol. 154, p. Issue 1, 1
- Wu Y., Charmandaris V., Huang J., Spinoglio L., Tommasin S., Spitzer/IRS 5 – 35 μm Low-resolution Spectroscopy of the 12 μm Seyfert Sample., *ApJ*, 2009, vol. 701, p. 658
- Wu Y., Helou G., Armus L., Cormier D., Shi Y., Dale D., Dasyra K., Smith J. D., Papovich C., et al. INFRARED LUMINOSITIES AND AROMATIC FEATURES IN THE 24 μm FLUX-LIMITED SAMPLE OF 5MUSES, *ApJ*, 2010, vol. 723, p. 895
- Yan L., Chary R., Armus L., Teplitz H., Helou G., Frayer D., Fadda D., Surace J., Choi P., Spitzer Detection of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and Silicate Dust Features in

the Mid-Infrared Spectra of $z \sim 2$ Ultraluminous Infrared Galaxies, *ApJ*, 2005, vol. 628, p. 604

Yan L., Sajina A., Fadda D., Choi P., Armus L., Helou G., Teplitz H., Frayer D., Surace J., SPITZER MID-INFRARED SPECTROSCOPY OF INFRARED LUMINOUS GALAXIES AT $z \sim 2$. I. THE SPECTRA, *ApJ*, 2007, vol. 658, p. 778

Zakamska N. L., Gómez L., Strauss M. A., Krolik J. H., Mid-Infrared Spectra of Optically-Selected Type 2 Quasars., *AJ*, 2008, vol. 136, p. 160

Apêndice

Lista de abreviações

AGB Da sigla em inglês para *Asymptotic giant branch* – Ramo assintótico das gigantes.

AGN Da sigla em inglês para *Active Galactic Nucleus* – Núcleo ativo de galáxia.

AIB Da sigla em inglês para *Aromatic Infrared Band* – Banda Aromática no Infravermelho.

AORKEY Da sigla em inglês para *Astronomical Observation Request key*.

BCD Sigla em inglês para *2D Basic Calibrated Data*.

DNA Da sigla em inglês para *deoxyribonucleic acid* – ácido desoxirribonucleico.

eVSG Da sigla em inglês para *evaporating Very Small Grains* – grãos muito pequenos em evaporação.

FHWM Da sigla em inglês para *Full Width at Half Maximum* – largura à meia altura.

HACA Da sigla em inglês para *Hydrogen-Abstraction aCetylene-Addition* – Abstração de hidrogênio e adição de acetileno.

IDL Sigla em inglês para *Interactive Data Language*.

IR Infravermelho.

IRAC Da sigla em inglês para *Infrared Array Camera* – Rede de câmeras do infravermelho, instrumento a bordo do telescópio Spitzer.

IRAF Sigla em inglês para *Image Reduction and Analysis Facility*.

IRS Da sigla em inglês para *Infrared Spectrograph* – Espectrógrafo de infravermelho, instrumento a bordo do telescópio Spitzer.

IRSA Sigla em inglês para *NASA/IPAC Infrared Science Archives*.

ISM Sigla em inglês para *Interstellar Medium* – meio interestelar.

JWST Sigla em inglês para *James Webb Space Telescope* – Telescópio Espacial James

Webb.

MIPS Da sigla em inglês para *Multiband Imaging Photometer for Spitzer* – Fotômetro de imagem de multibanda para o Spitzer.

MIR ou **mid-IR** Da sigla em inglês para *Mid Infrared* – infravermelho médio.

NED Da sigla em inglês para *NASA Extragalactic Data base* – base de dados extragalácticos da NASA.

PAH Da sigla em inglês para *polycyclic aromatic hydrocarbons* – hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

PANH Da sigla em inglês para *polycyclic aromatic nitrogen heterocycles* – heterociclos policíclicos aromáticos nitrogenados.

RMS Da sigla em inglês para *root mean square* – raiz do valor quadrático médio.

RNA Da sigla em inglês para *ribonucleic acid* – ácido ribonucleico.

SHA Sigla em inglês para *Spitzer Heritage Archive*.

SSC Sigla em inglês para *Spitzer Science Center*.

ULIRG Da sigla em inglês para *Ultra Luminous Infrared Galaxy* – galáxia no infravermelho ultra luminosa.

UV Ultravioleta.

VSG Da sigla em inglês para *Very Small Grains* – grãos muito pequenos.

Apêndice B

Espectros decompostos pelo PAHFIT e seus respectivos RMS

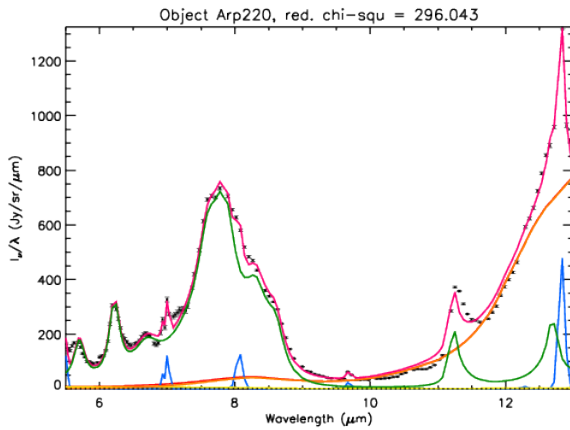


Figura B.1: Espectro do objeto Arp220 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

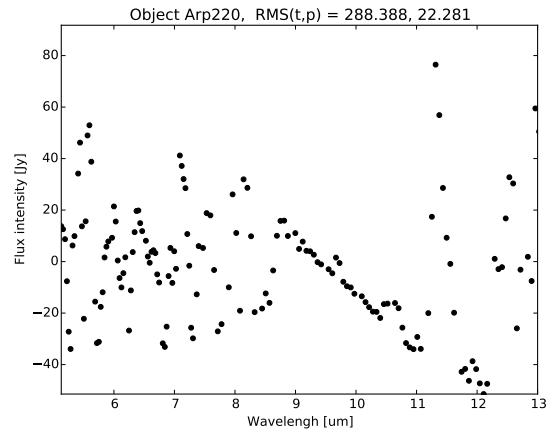


Figura B.2: Gráfico de RMS do objeto Arp220 com os valores total e parcial.

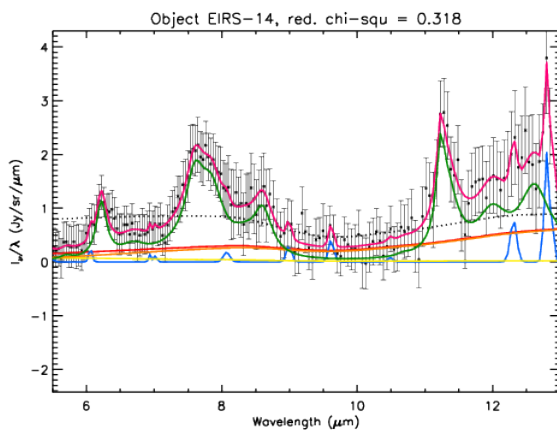


Figura B.3: Espectro do objeto EIRS-14 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

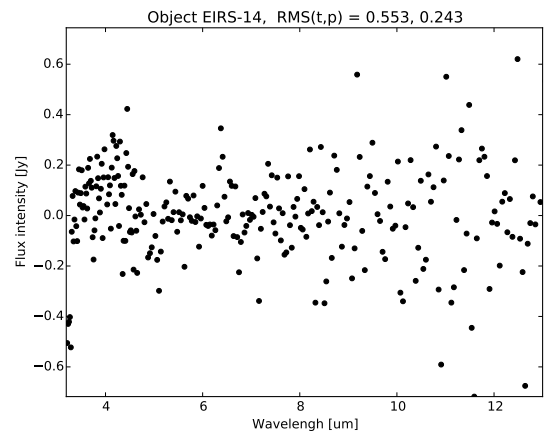


Figura B.4: Gráfico de RMS do objeto EIRS-14 com os valores total e parcial.

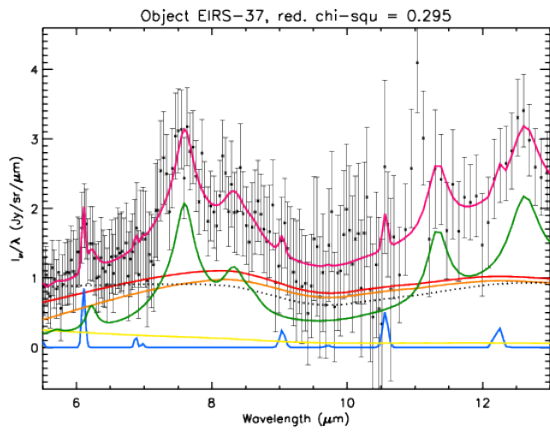


Figura B.5: Espectro do objeto EIRS-37 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

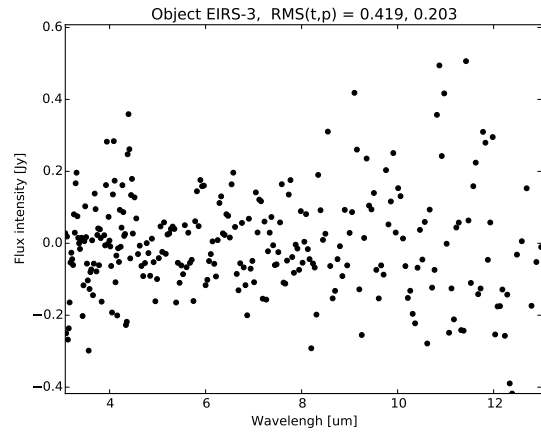


Figura B.6: Gráfico de RMS do objeto EIRS-37 com os valores total e parcial.

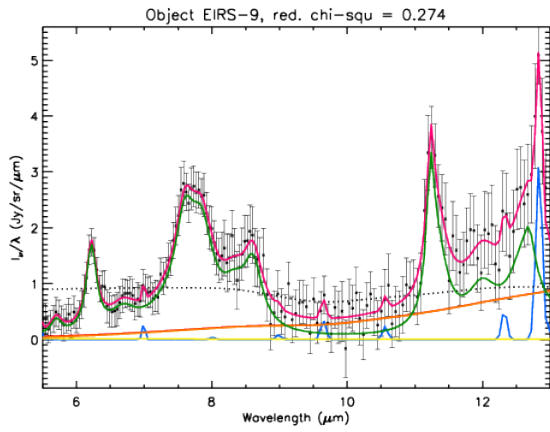


Figura B.7: Espectro do objeto EIRS-9 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

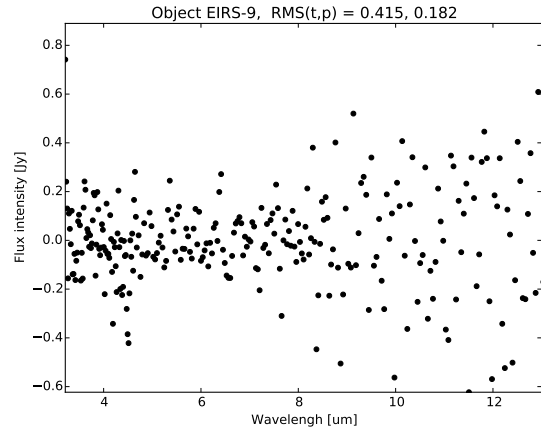


Figura B.8: Gráfico de RMS do objeto EIRS-9 com os valores total e parcial.

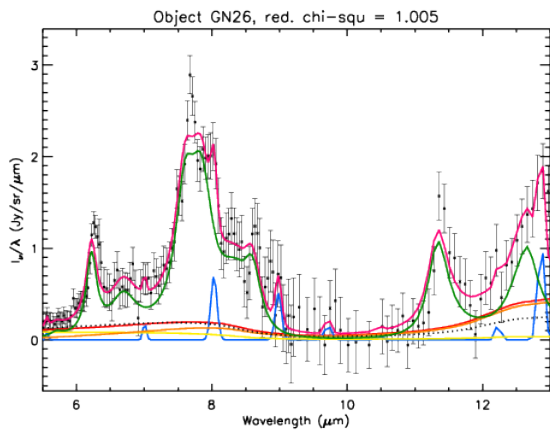


Figura B.9: Espectro do objeto GN26 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

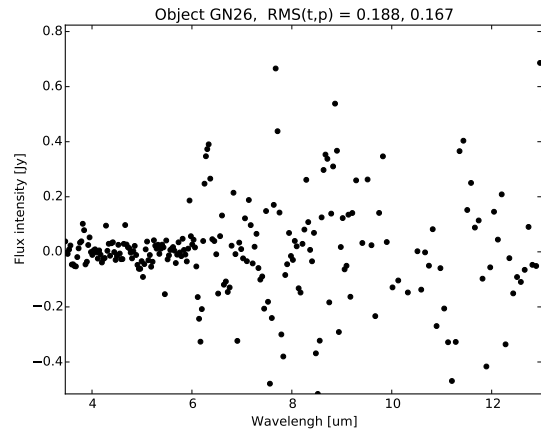


Figura B.10: Gráfico de RMS do objeto GN26 com os valores total e parcial.

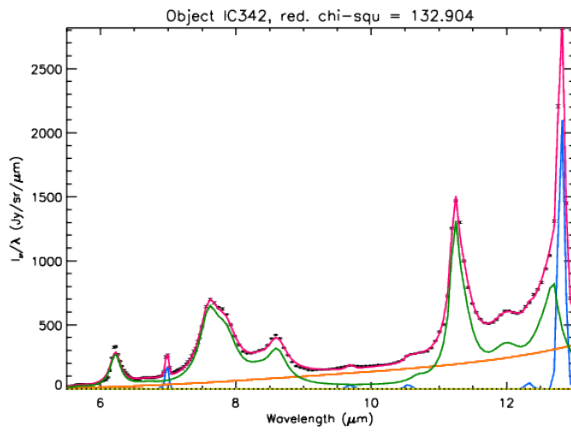


Figura B.11: Espectro do objeto IC342 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

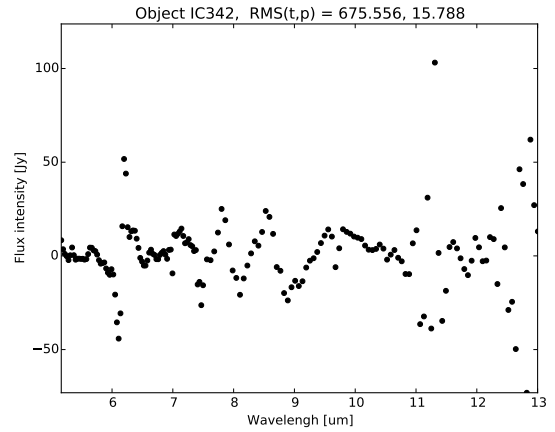


Figura B.12: Gráfico de RMS do objeto IC342 com os valores total e parcial.

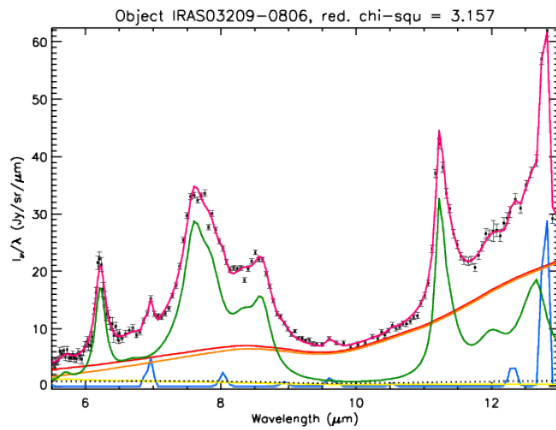


Figura B.13: Espectro do objeto IRAS03209-0806 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

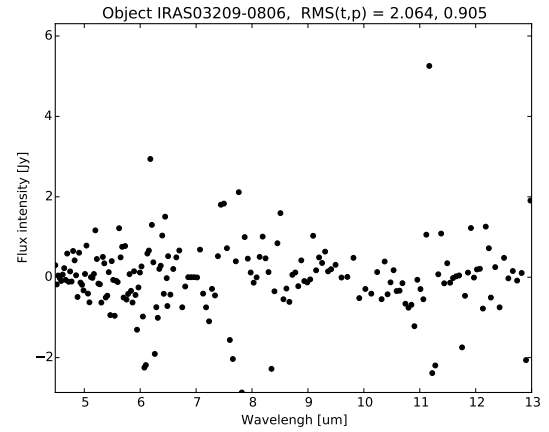


Figura B.14: Gráfico de RMS do objeto IRAS03209-0806 com os valores total e parcial.

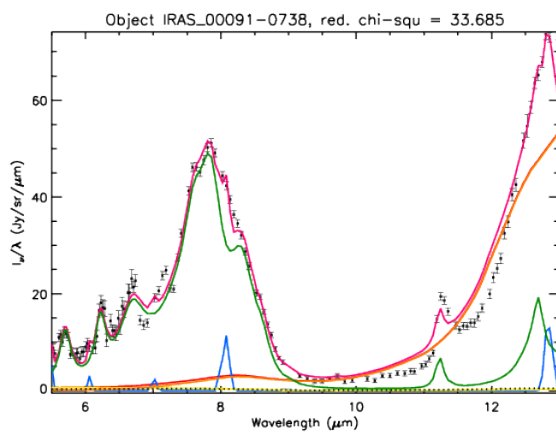


Figura B.15: Espectro do objeto IRAS_00091-0738 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

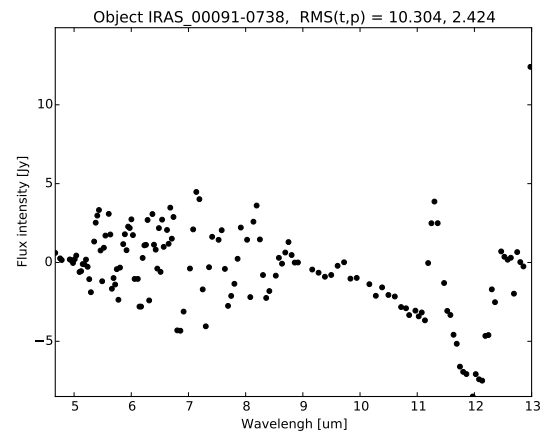


Figura B.16: Gráfico de RMS do objeto IRAS_00091-0738 com os valores total e parcial.

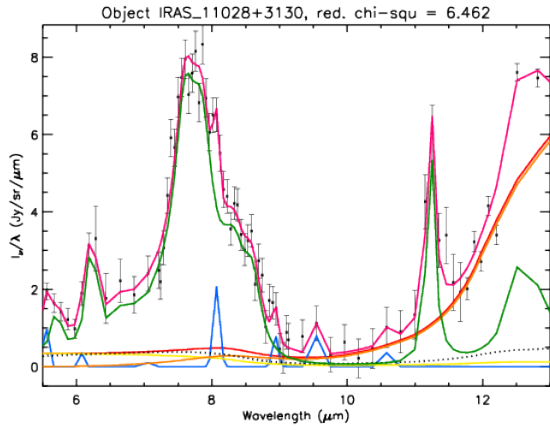


Figura B.17: Espectro do objeto IRAS_11028+3130 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

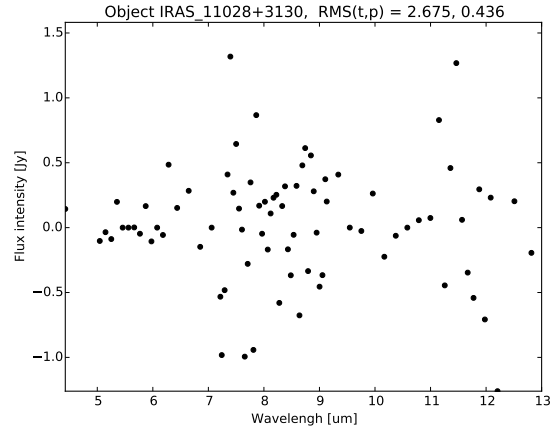


Figura B.18: Gráfico de RMS do objeto IRAS_11028+3130 com os valores total e parcial.

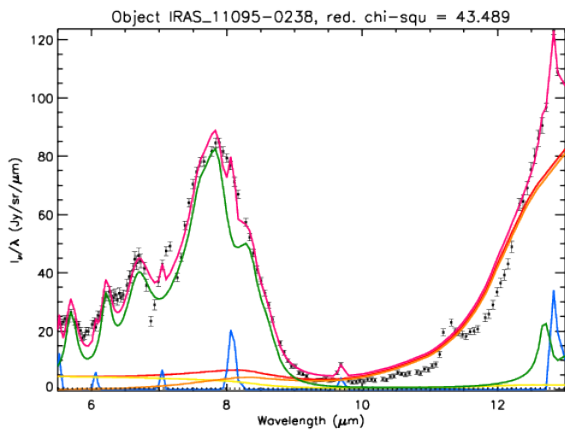


Figura B.19: Espectro do objeto IRAS_11095-0238 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

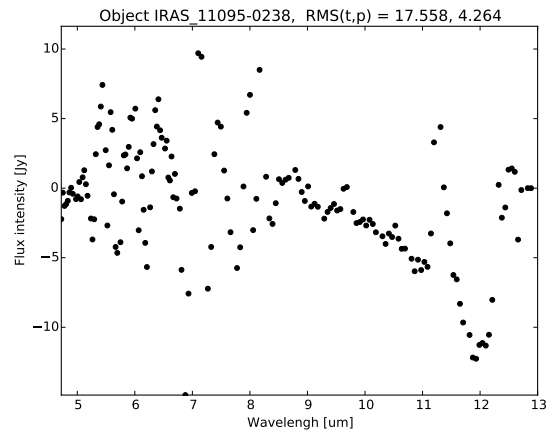


Figura B.20: Gráfico de RMS do objeto IRAS_11095-0238 com os valores total e parcial.

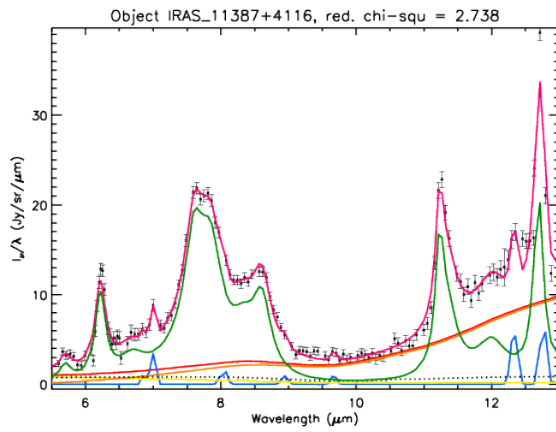


Figura B.21: Espectro do objeto IRAS_11387+4116 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

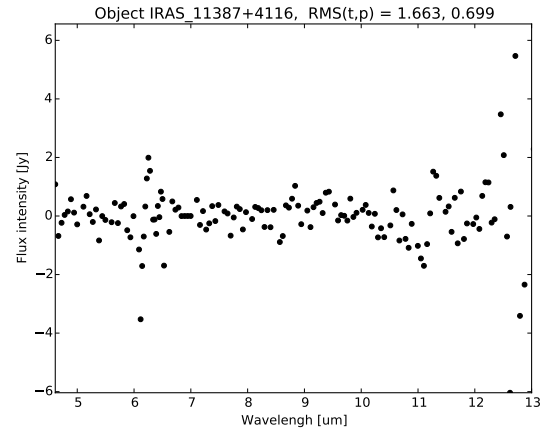


Figura B.22: Gráfico de RMS do objeto IRAS_11387+4116 com os valores total e parcial.

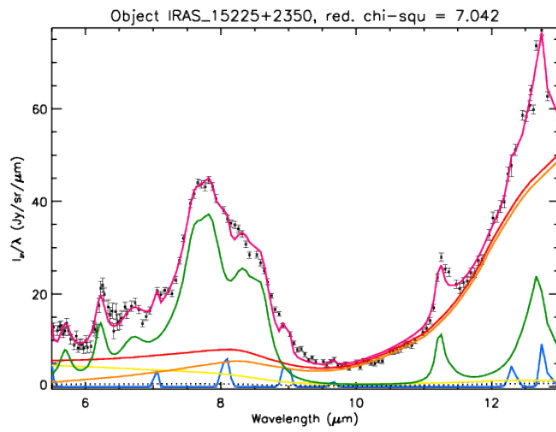


Figura B.23: Espectro do objeto IRAS_15225+2350 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

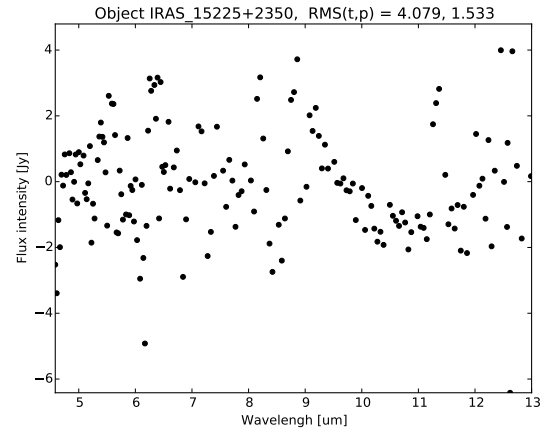


Figura B.24: Gráfico de RMS do objeto IRAS_15225+2350 com os valores total e parcial.

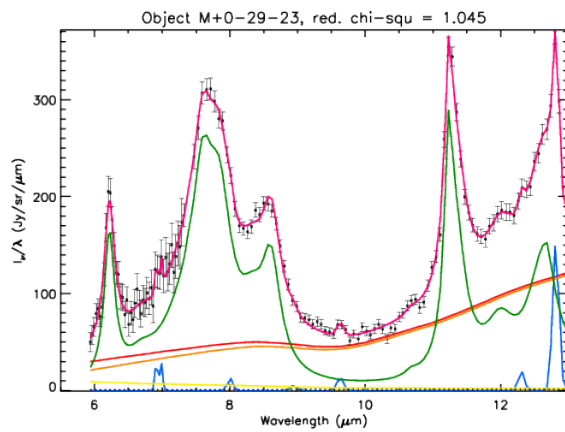


Figura B.25: Espectro do objeto M+0-29-23 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

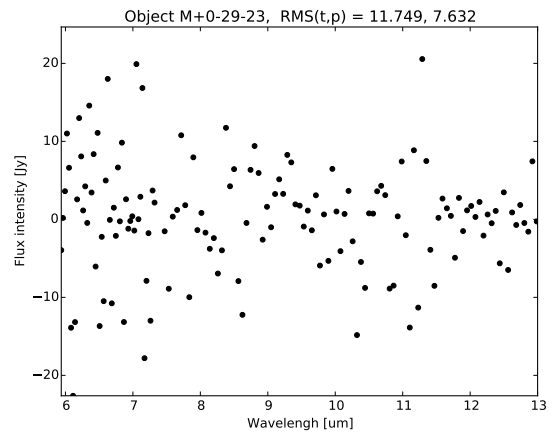


Figura B.26: Gráfico de RMS do objeto M+0-29-23 com os valores total e parcial.

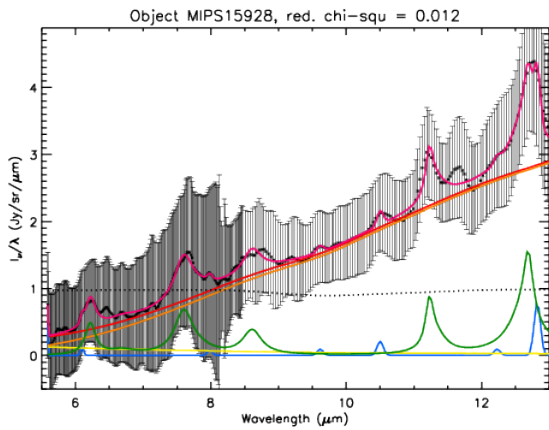


Figura B.27: Espectro do objeto MIPS15928 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

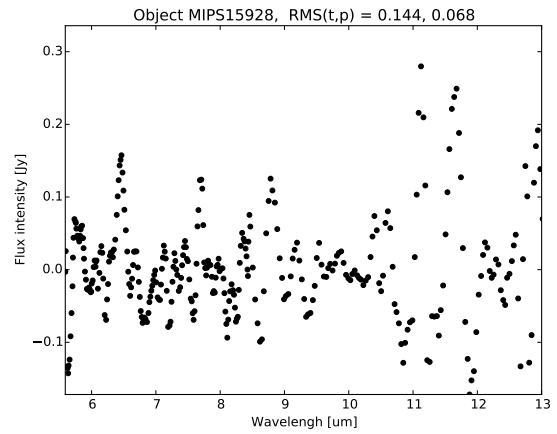


Figura B.28: Gráfico de RMS do objeto MIPS15928 com os valores total e parcial.

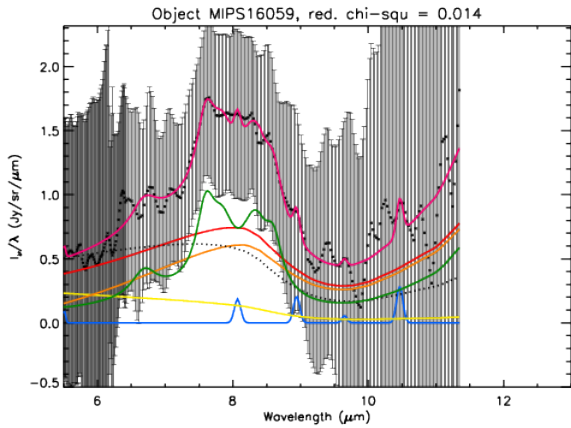


Figura B.29: Espectro do objeto MIPS16059 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

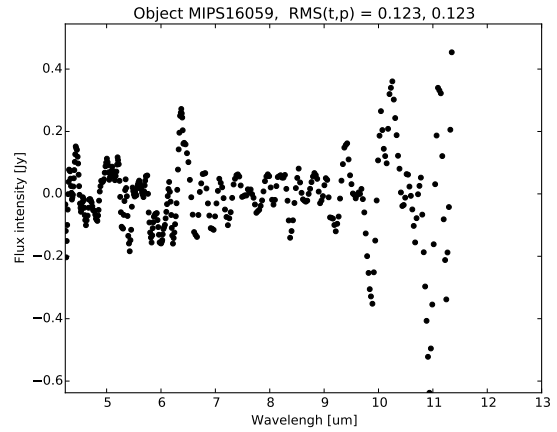


Figura B.30: Gráfico de RMS do objeto MIPS16059 com os valores total e parcial.

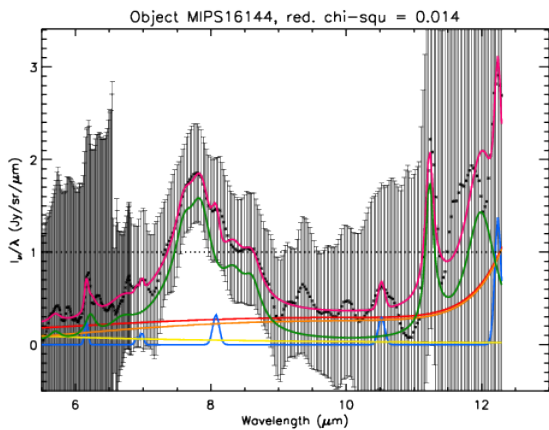


Figura B.31: Espectro do objeto MIPS16144 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

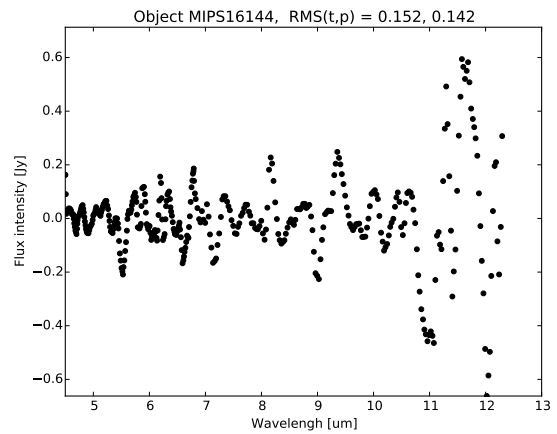


Figura B.32: Gráfico de RMS do objeto MIPS16144 com os valores total e parcial.

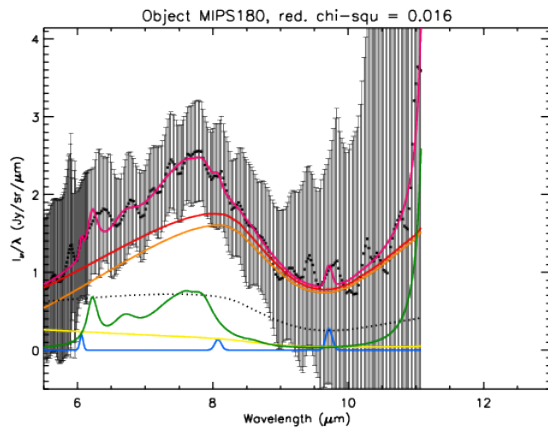


Figura B.33: Espectro do objeto MIPS180 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

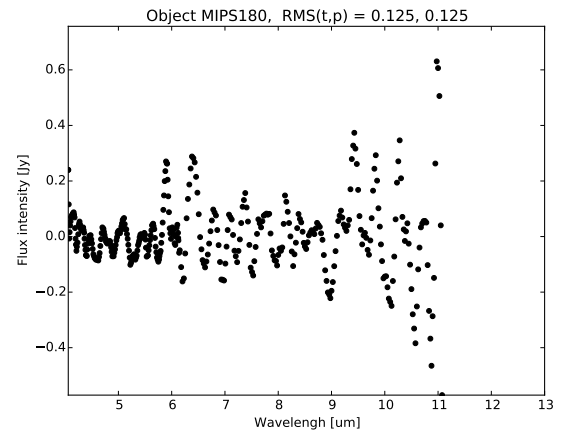


Figura B.34: Gráfico de RMS do objeto MIPS180 com os valores total e parcial.

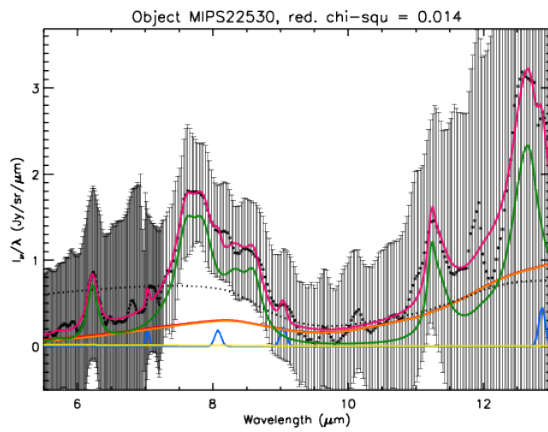


Figura B.35: Espectro do objeto MIPS22530 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

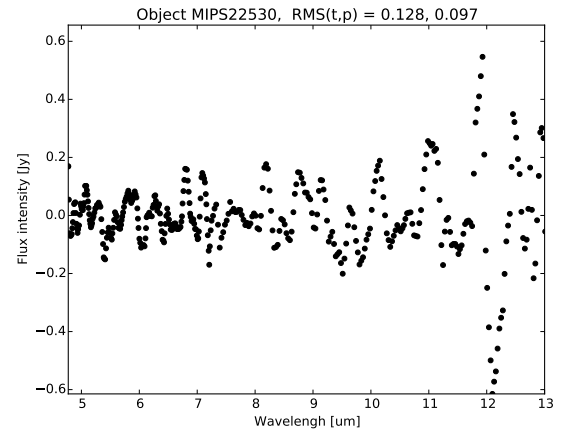


Figura B.36: Gráfico de RMS do objeto MIPS22530 com os valores total e parcial.

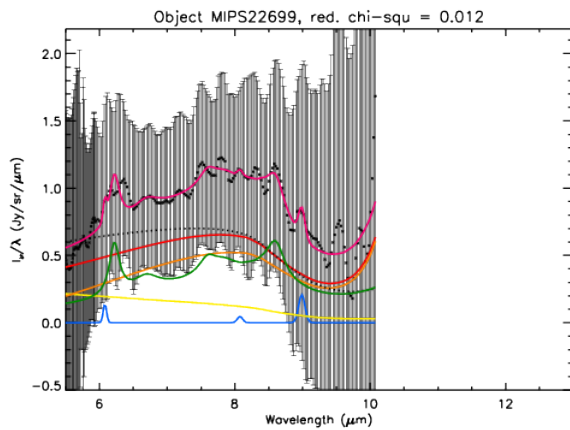


Figura B.37: Espectro do objeto MIPS22699 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

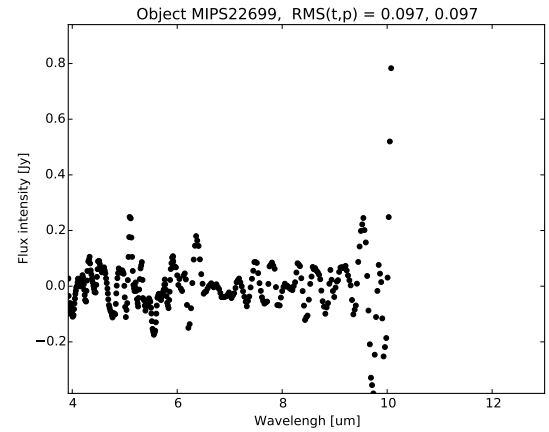


Figura B.38: Gráfico de RMS do objeto MIPS22699 com os valores total e parcial.

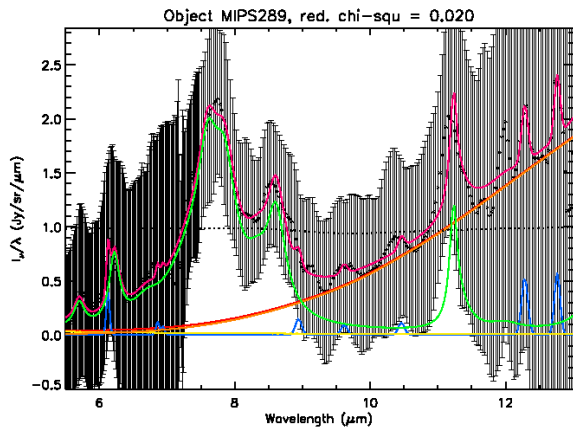


Figura B.39: Espectro do objeto MIPS289 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

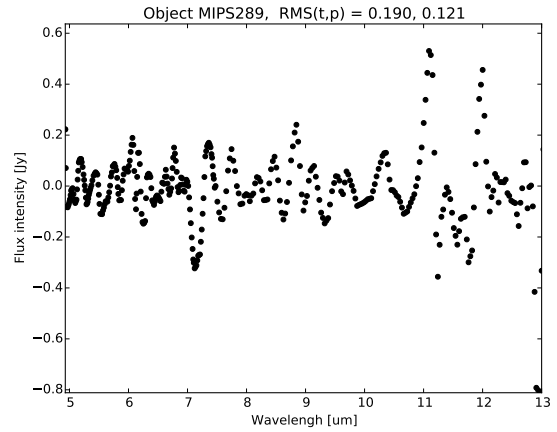


Figura B.40: Gráfico de RMS do objeto MIPS289 com os valores total e parcial.

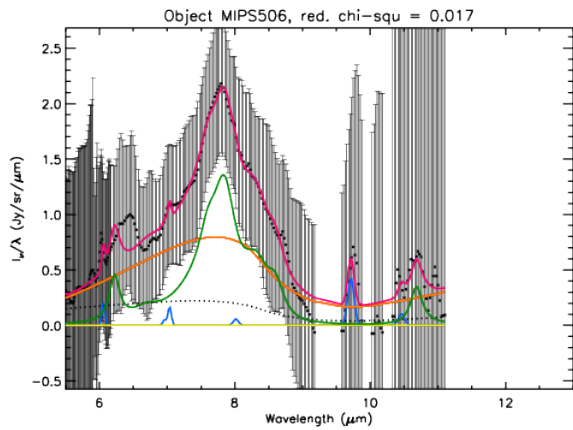


Figura B.41: Espectro do objeto MIPS506 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

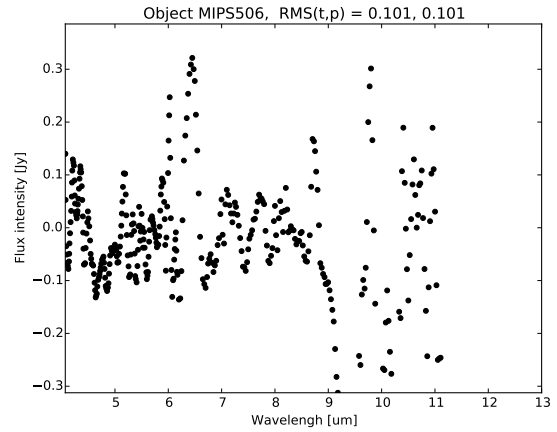


Figura B.42: Gráfico de RMS do objeto MIPS506 com os valores total e parcial.

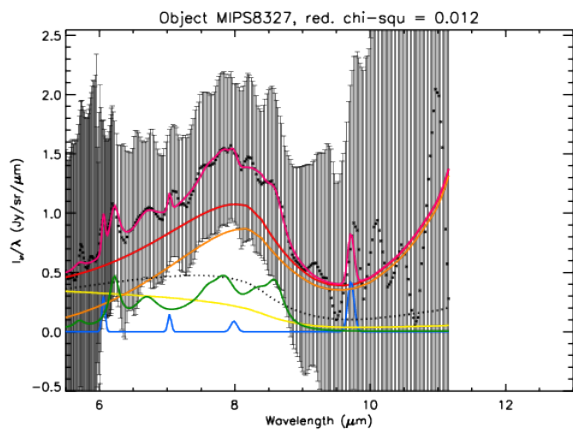


Figura B.43: Espectro do objeto MIPS8327 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

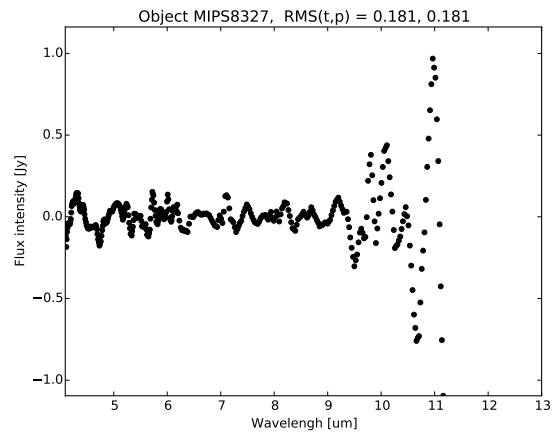


Figura B.44: Gráfico de RMS do objeto MIPS8327 com os valores total e parcial.

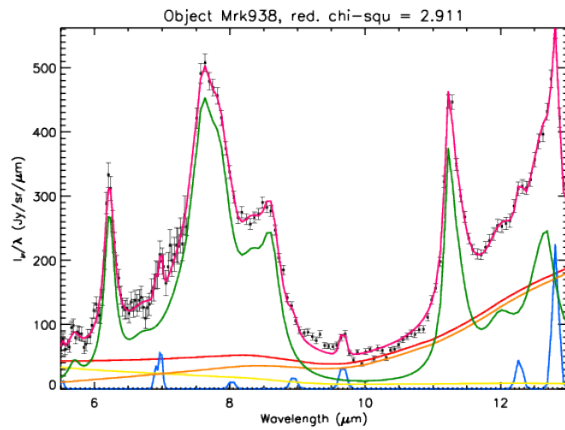


Figura B.45: Espectro do objeto Mrk938 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

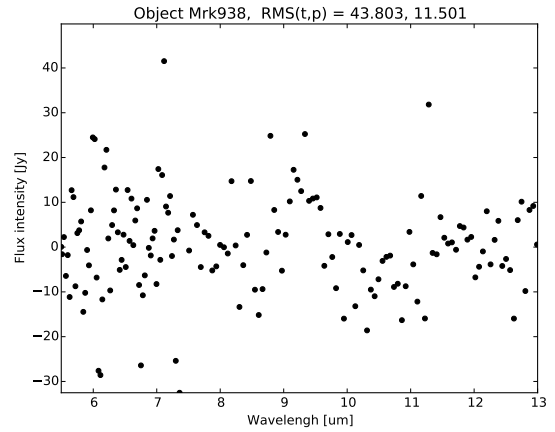


Figura B.46: Gráfico de RMS do objeto Mrk938 com os valores total e parcial.

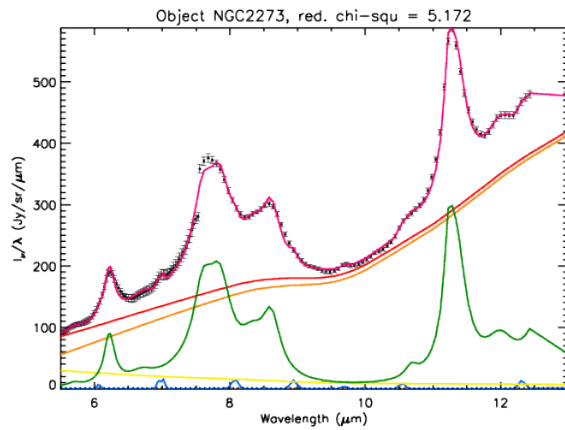


Figura B.47: Espectro do objeto NGC2273 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

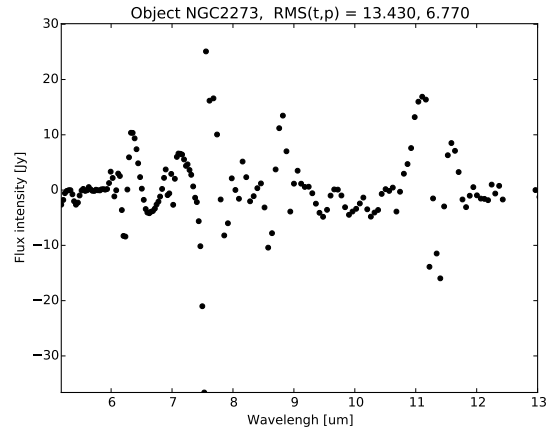


Figura B.48: Gráfico de RMS do objeto NGC2273 com os valores total e parcial.

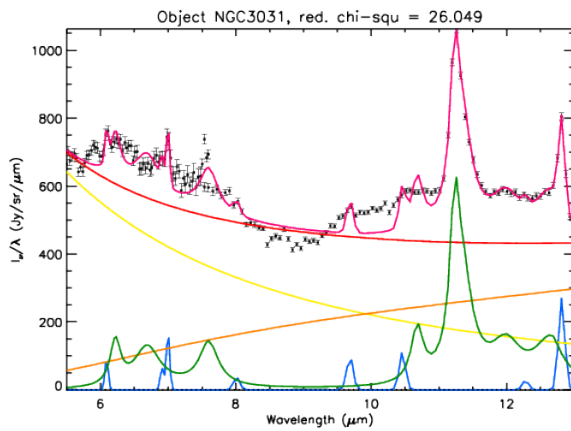


Figura B.49: Espectro do objeto NGC3031 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

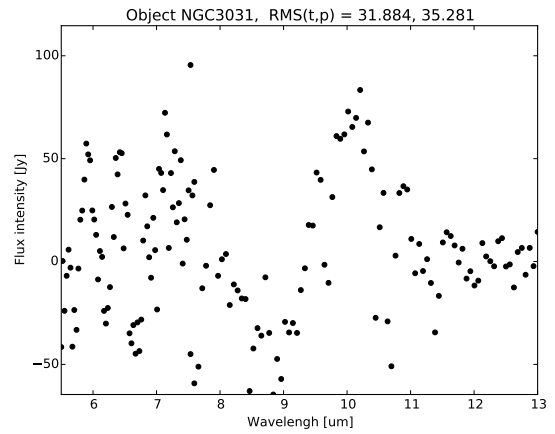


Figura B.50: Gráfico de RMS do objeto NGC3031 com os valores total e parcial.

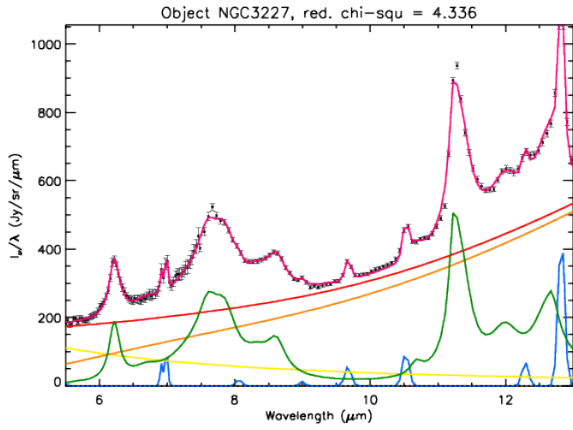


Figura B.51: Espectro do objeto NGC3227 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

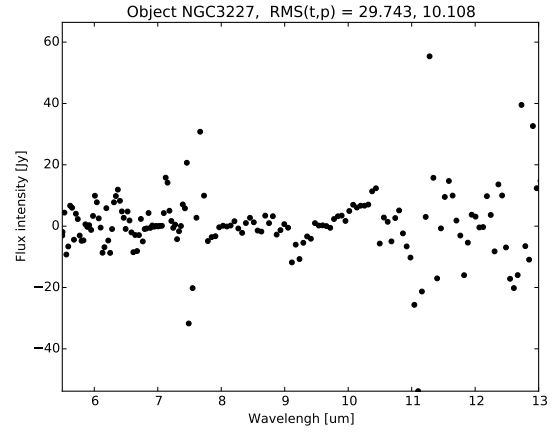


Figura B.52: Gráfico de RMS do objeto NGC3227 com os valores total e parcial.

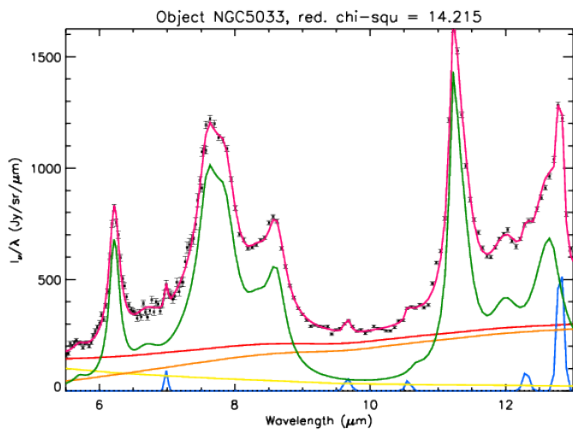


Figura B.53: Espectro do objeto NGC5033 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

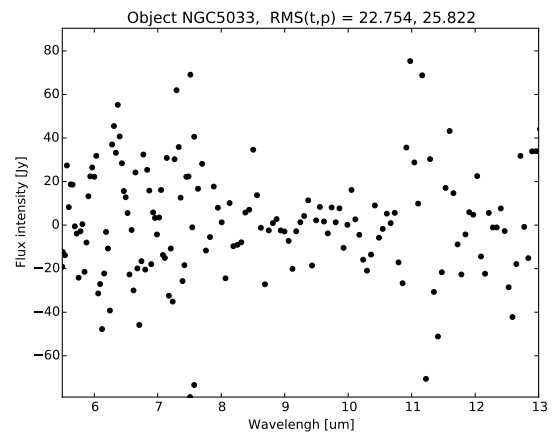


Figura B.54: Gráfico de RMS do objeto NGC5033 com os valores total e parcial.

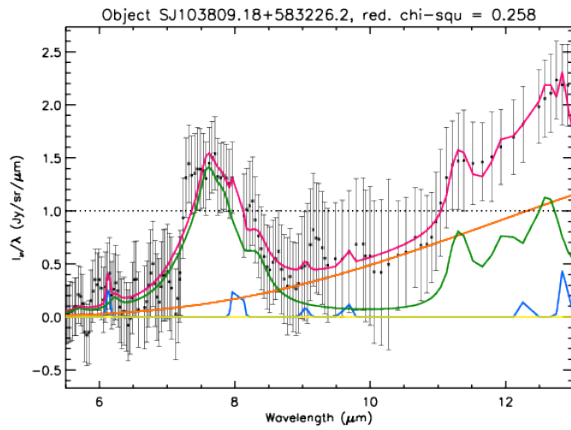


Figura B.55: Espectro do objeto SJ103809.18+583226.2 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

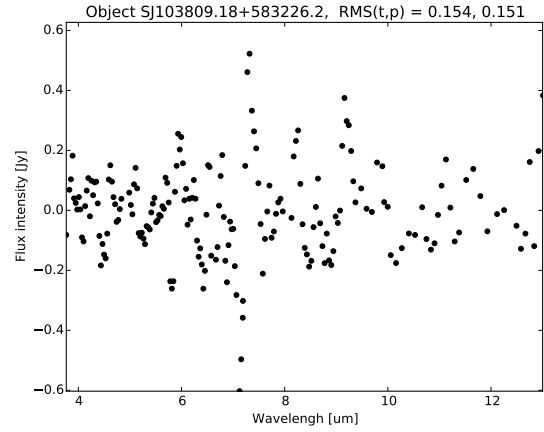


Figura B.56: Gráfico de RMS do objeto SJ103809.18+583226.2 com os valores total e parcial.

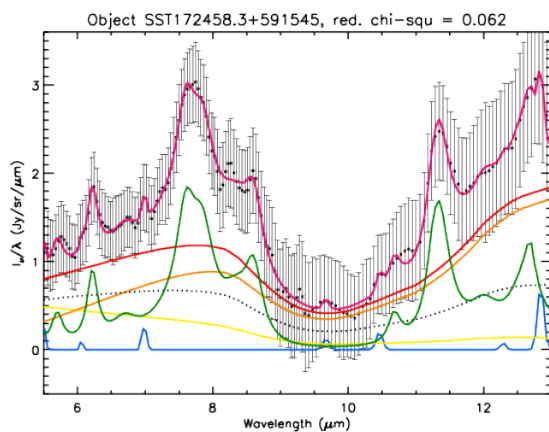


Figura B.57: Espectro do objeto SST172458.3+591545 decomposto com o PAHFIT e o valor do χ^2 reduzido.

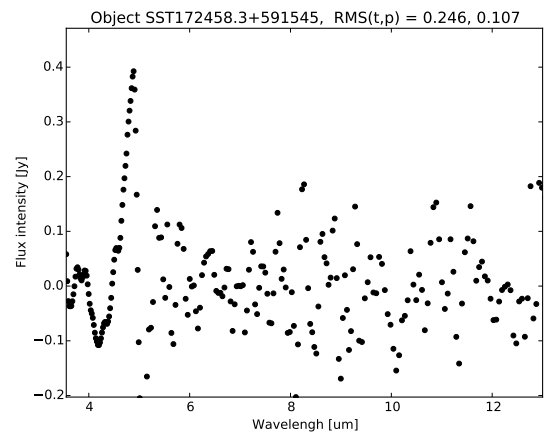


Figura B.58: Gráfico de RMS do objeto SST172458.3+591545 com os valores total e parcial.

Perfis da banda de $6.2\mu\text{m}$

C.1 Melhor ajuste com o `pah62_curvefit.py`

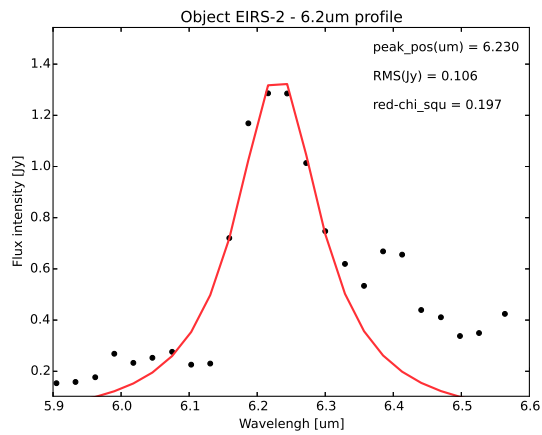


Figura C.1: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-2 ajustado com `curve_fit` e para $6.0 \leq \lambda \leq 6.34$.

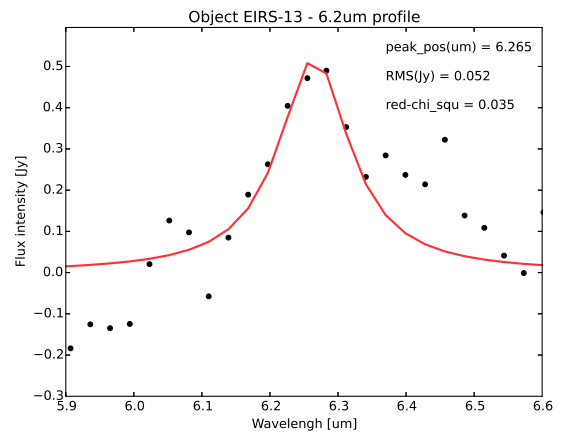


Figura C.2: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-13 ajustado com `curve_fit` e para $6.10 \leq \lambda \leq 6.32$.

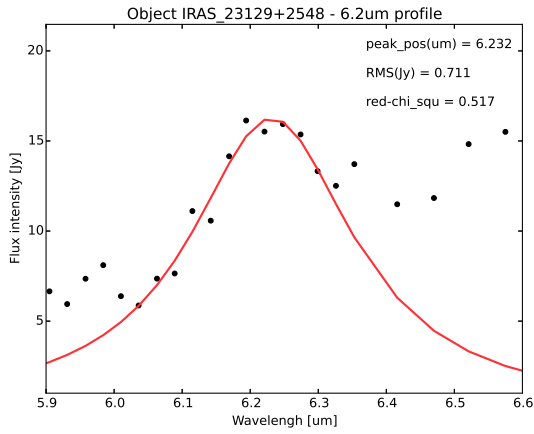


Figura C.3: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_23129+2548 ajustado com *curve_fit* e para $6.05 \leq \lambda \leq 6.30$.

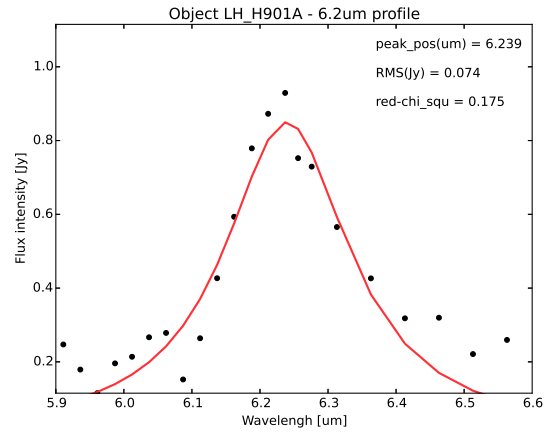


Figura C.4: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto LH_H901A ajustado com *curve_fit*.

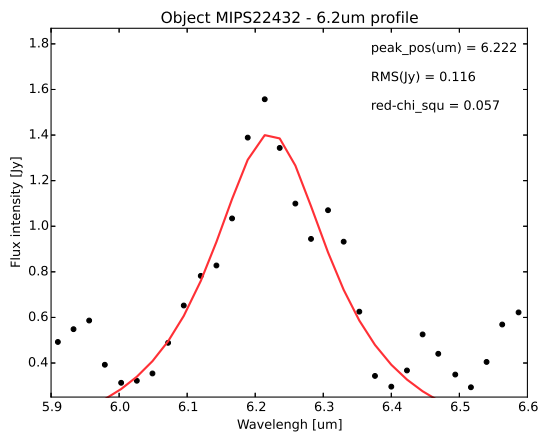


Figura C.5: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS22432 ajustado com *curve_fit*.

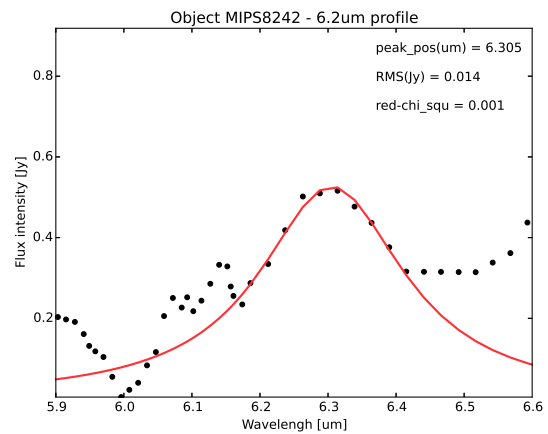


Figura C.6: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS8242 ajustado com *curve_fit* e para $6.168 \leq \lambda \leq 6.42$.

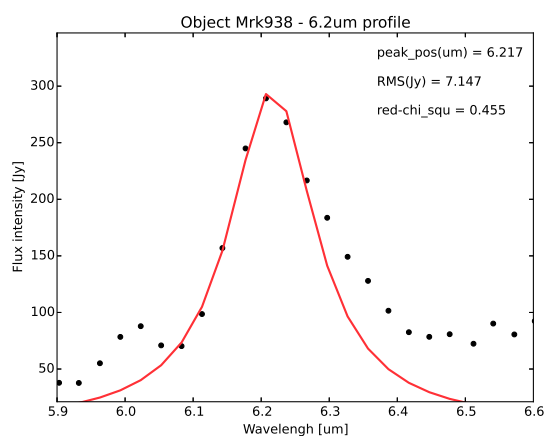


Figura C.7: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Mrk938 ajustado com `curve_fit` e para $6.07 \leq \lambda \leq 6.28$.

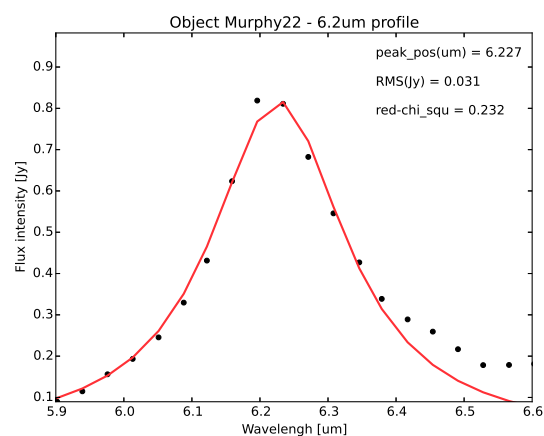


Figura C.8: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Murphy22 ajustado com `curve_fit`.

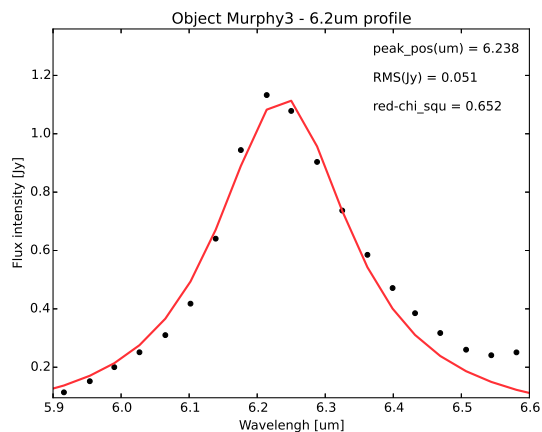


Figura C.9: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Murphy3 ajustado com `curve_fit`.

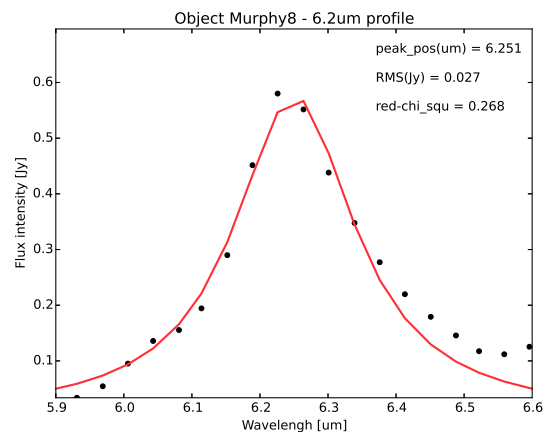


Figura C.10: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Murphy8 ajustado com `curve_fit`.

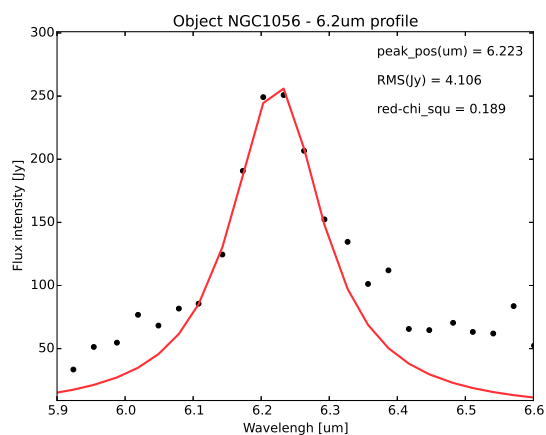


Figura C.11: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1056 ajustado com `curve_fit` e para $6.09 \leq \lambda \leq 6.30$.

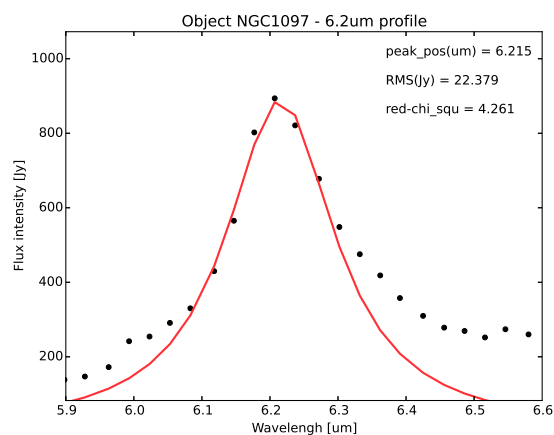


Figura C.12: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1097 ajustado com `curve_fit` e para $6.08 \leq \lambda \leq 6.30$.

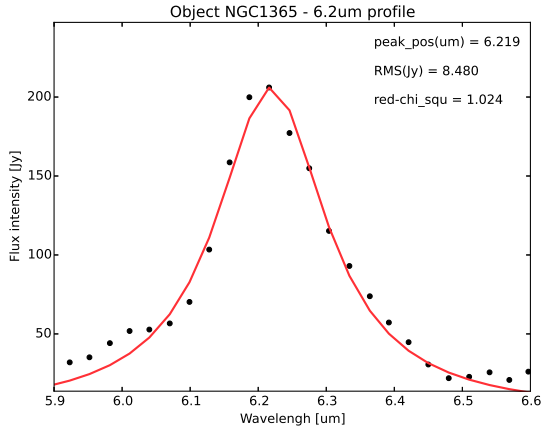


Figura C.13: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1365 ajustado com *curve_fit*.

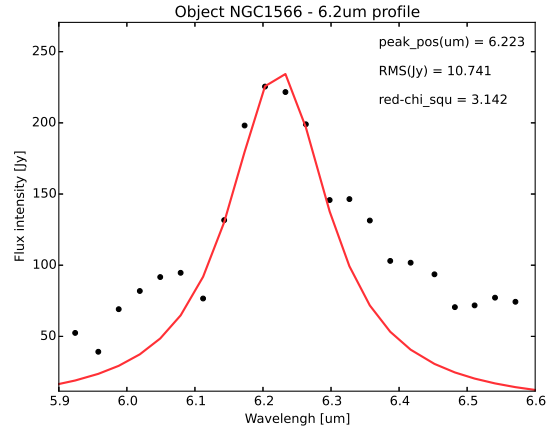


Figura C.14: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1566 ajustado com *curve_fit* e para $6.10 \leq \lambda \leq 6.31$.

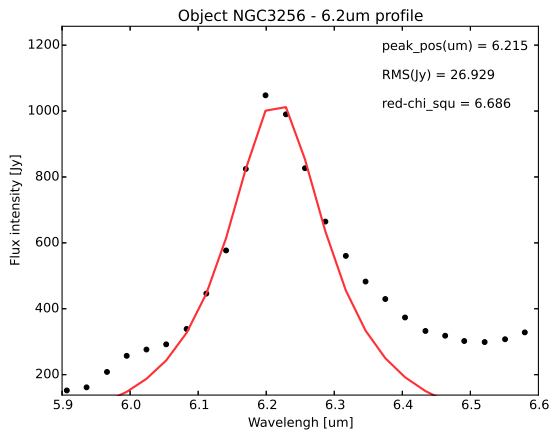


Figura C.15: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3256 ajustado com *curve_fit* e para $6.07 \leq \lambda \leq 6.31$.

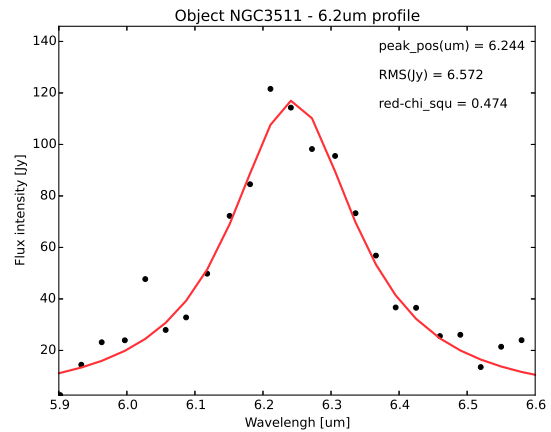


Figura C.16: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3511 ajustado com *curve_fit*.

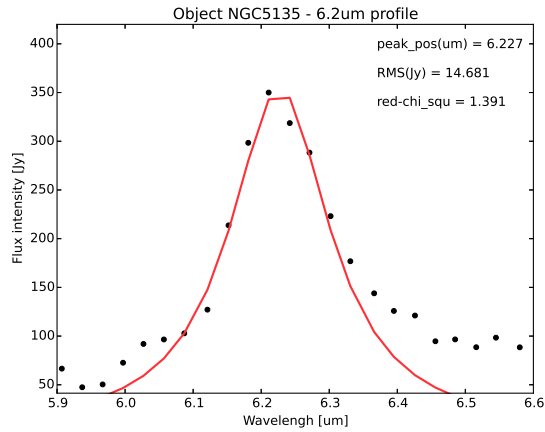


Figura C.17: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5135 ajustado com `curve_fit` e para $6.07 \leq \lambda \leq 6.33$.

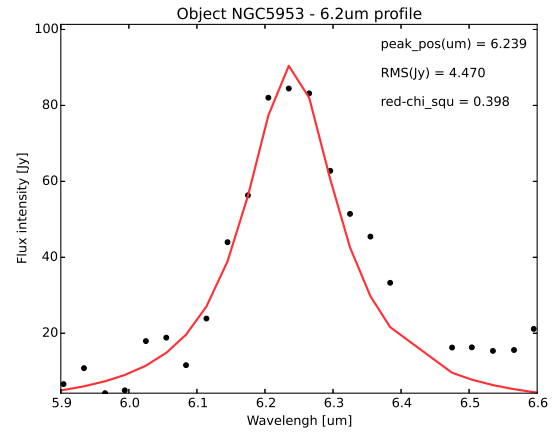


Figura C.18: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5953 ajustado com `curve_fit` e para $6.05 \leq \lambda \leq 6.32$.

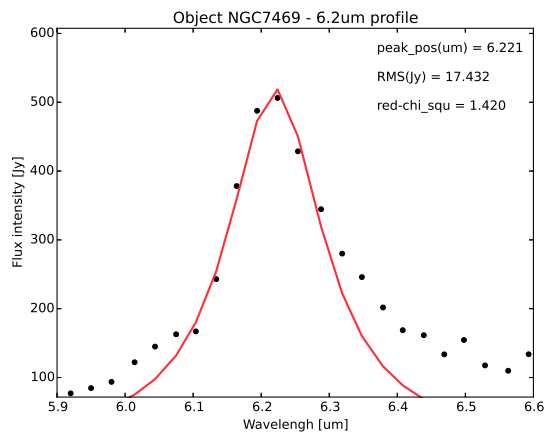


Figura C.19: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC7469 ajustado com `curve_fit` e para $6.1 \leq \lambda \leq 6.3$.

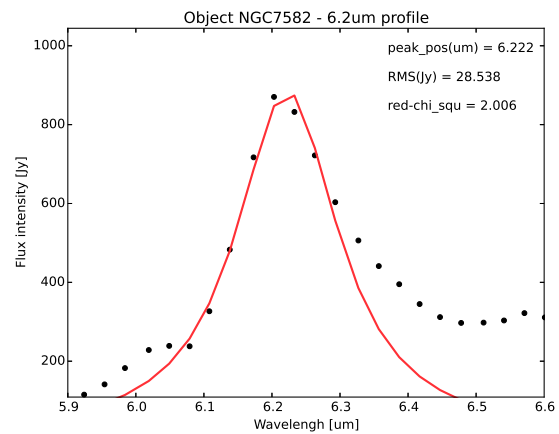


Figura C.20: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC7582 ajustado com `curve_fit` e para $6.06 \leq \lambda \leq 6.30$.

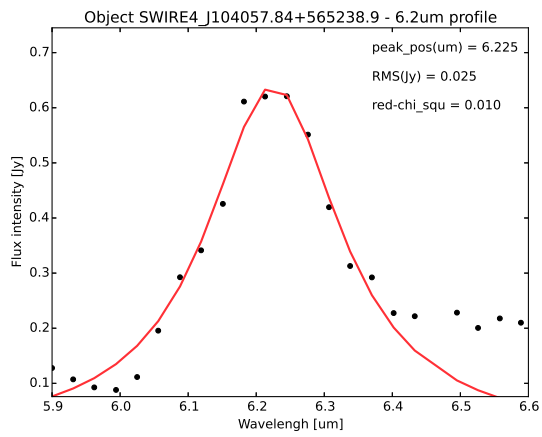


Figura C.21: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto SWIRE4_J104057.84+565238.9 ajustado com *curve_fit*.

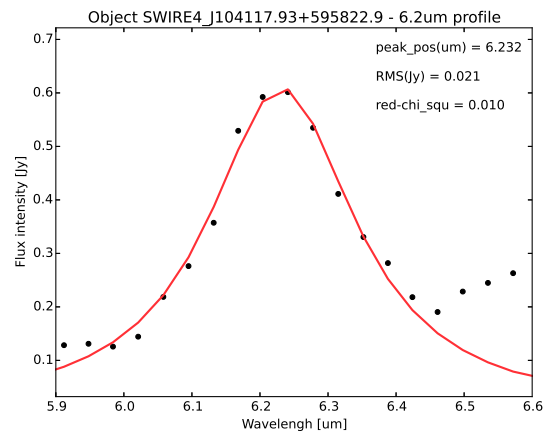


Figura C.22: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto SWIRE4_J104117.93+595822.9 ajustado com *curve_fit*.

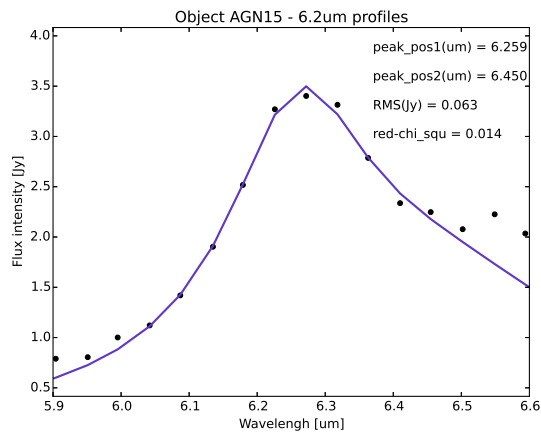
C.2 Melhor ajuste com o `pah62_opt2.py`

Figura C.23: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto AGN15 ajustado com `minimize`.

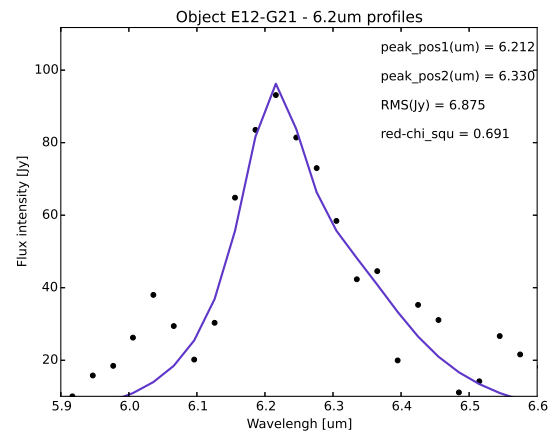


Figura C.24: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto E12-G21 ajustado com `minimize`.

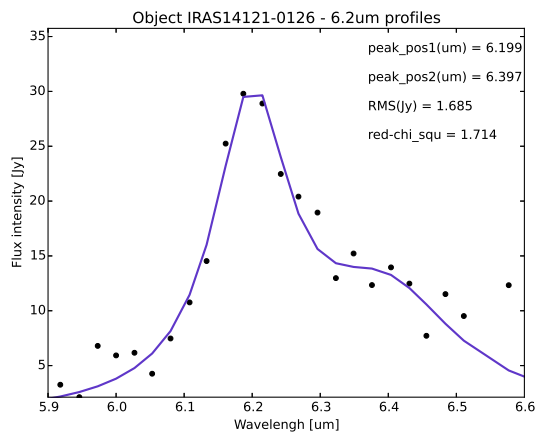


Figura C.25: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS14121-0126 ajustado com `minimize`.

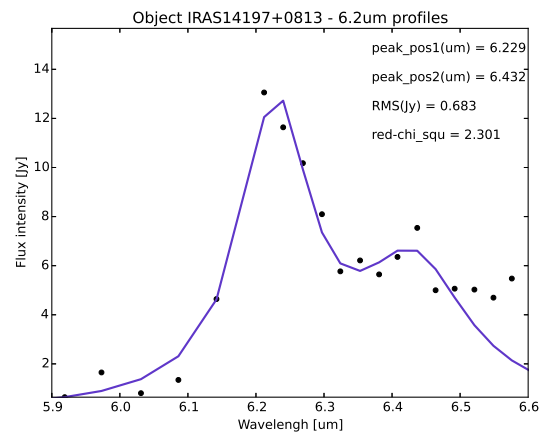


Figura C.26: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS14197+0813 ajustado com `minimize`.

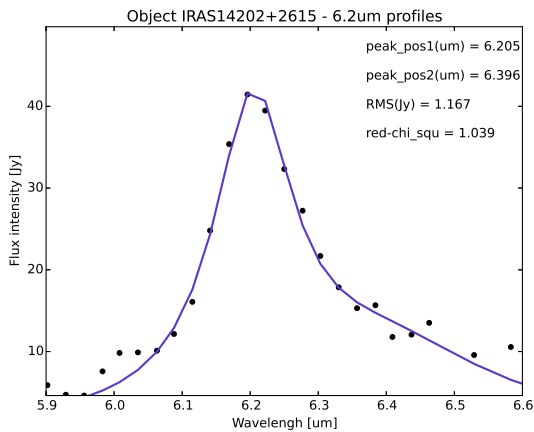


Figura C.27: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS14202+2615 ajustado com *minimize*.

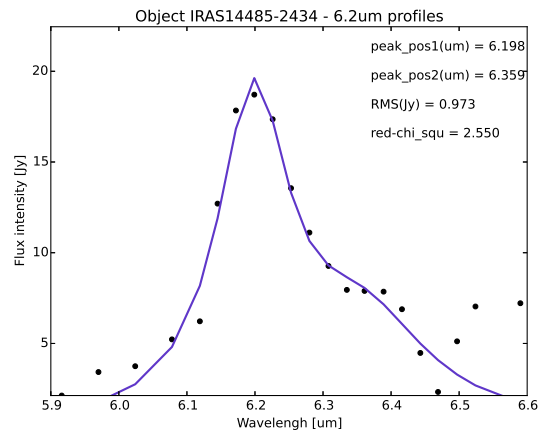


Figura C.28: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS14485-2434 ajustado com *minimize*.

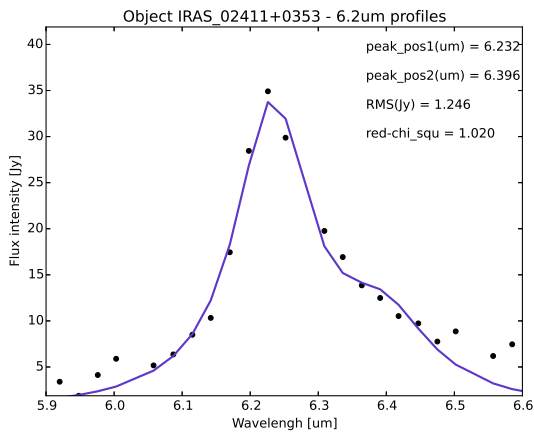


Figura C.29: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_02411+0353 ajustado com *minimize*.

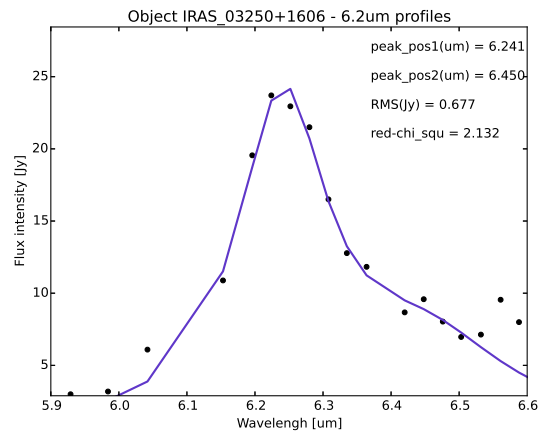


Figura C.30: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_03250+1606 ajustado com *minimize*.

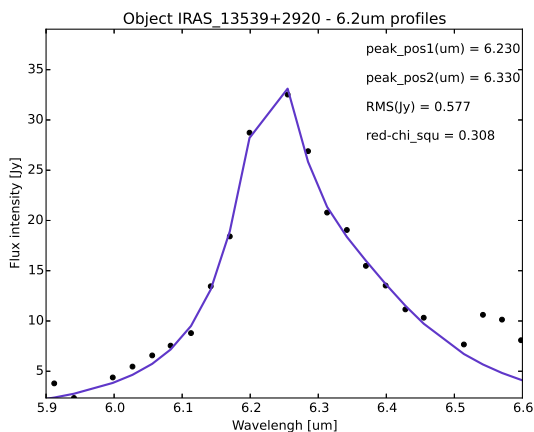


Figura C.31: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_13539+2920 ajustado com *minimize*.

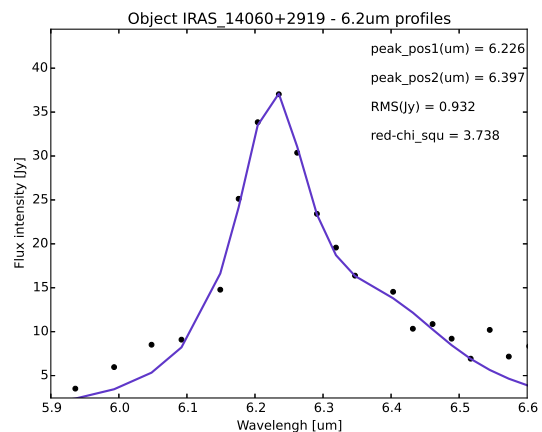


Figura C.32: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_14060+2919 ajustado com *minimize*.

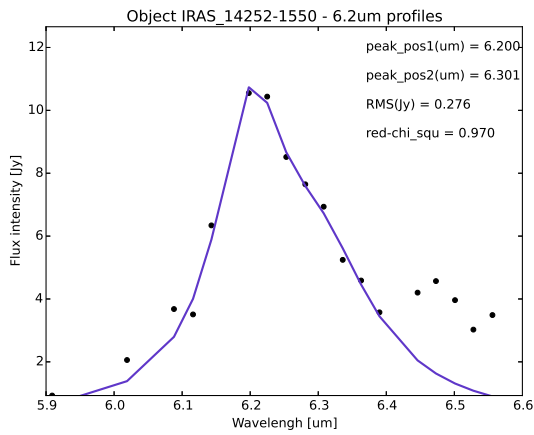


Figura C.33: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_14252-1550 ajustado com *minimize* e para $6.1 \leq \lambda \leq 6.4$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.26$, $None \leq \lambda_{i2} \leq 6.4$, $\lambda_{i1} = 6.18$, $\lambda_{i2} = 6.28$ e $\gamma_{i2} = 0.20$.

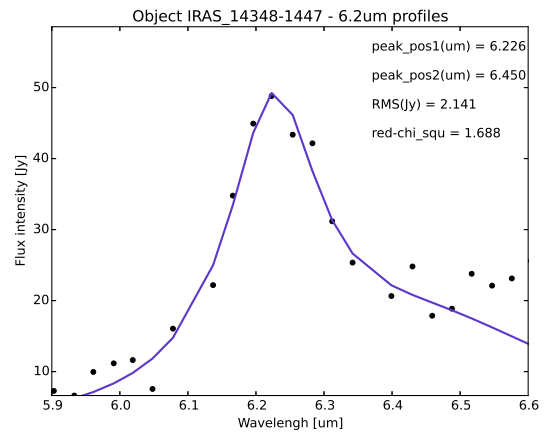


Figura C.34: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_14348-1447 ajustado com *minimize*.

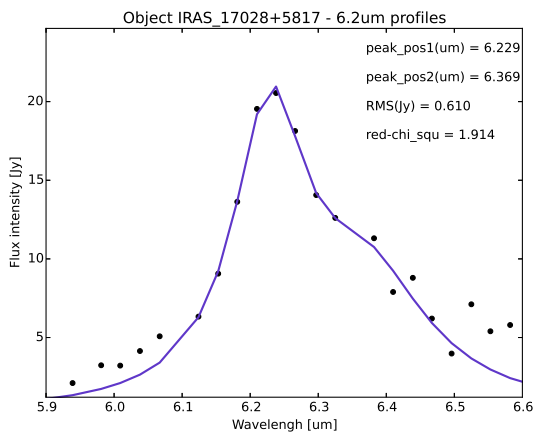


Figura C.35: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_17028+5817 ajustado com *minimize*.

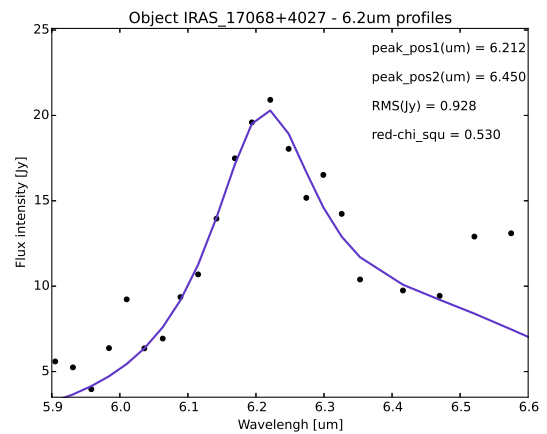


Figura C.36: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_17068+4027 ajustado com *minimize*.

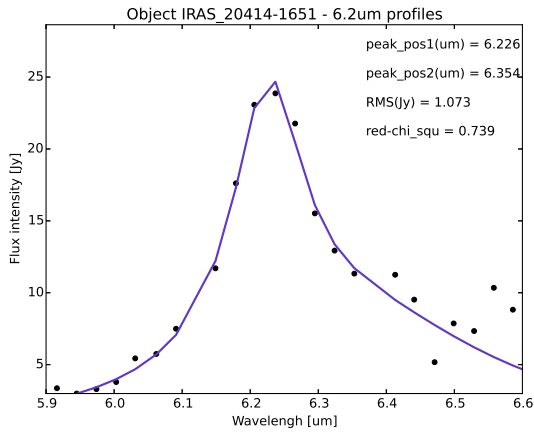


Figura C.37: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_20414-1651 ajustado com *minimize*.

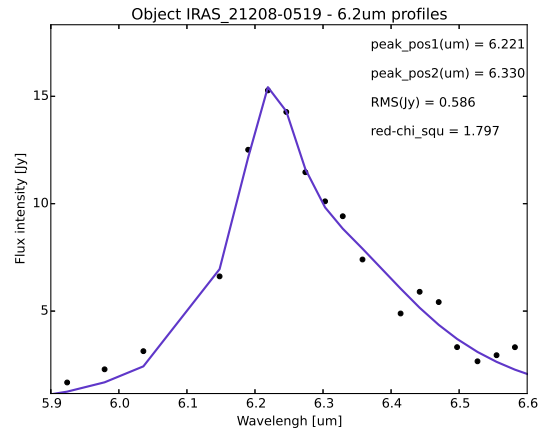


Figura C.38: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_21208-0519 ajustado com *minimize*.

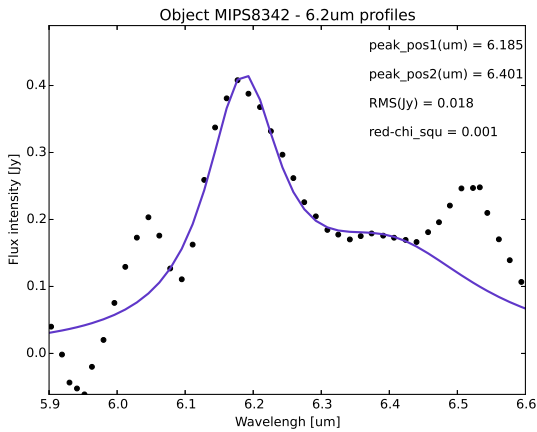


Figura C.39: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS8342 ajustado com *minimize* e para $6.08 \leq \lambda \leq 6.44$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.25$ e $6.33 \leq \lambda_{i2} \leq 6.42$.

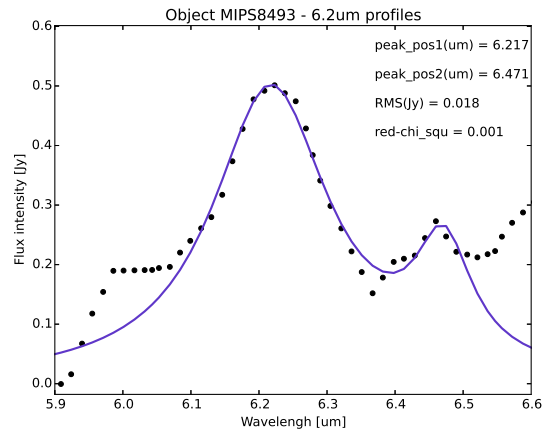


Figura C.40: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS8493 ajustado com *minimize* e para $6.06 \leq \lambda \leq 6.51$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.25$, $6.36 \leq \lambda_{i2} \leq 6.48$ e $\lambda_{i2} = 6.45$.

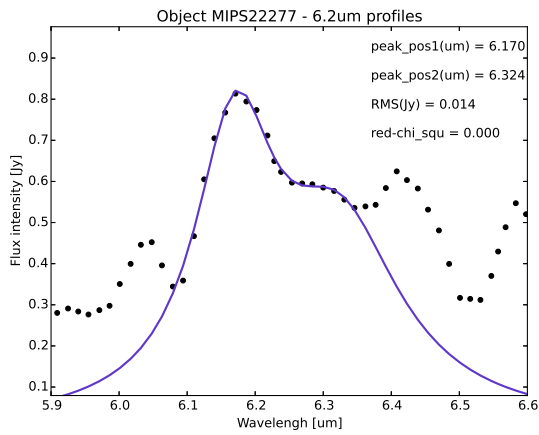


Figura C.41: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS22277 ajustado com `minimize` e para $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.24$, $6.241 \leq \lambda_{i2} \leq 6.34$, $\lambda_{i1} = 6.18$ e $\lambda_{i2} = 6.29$.

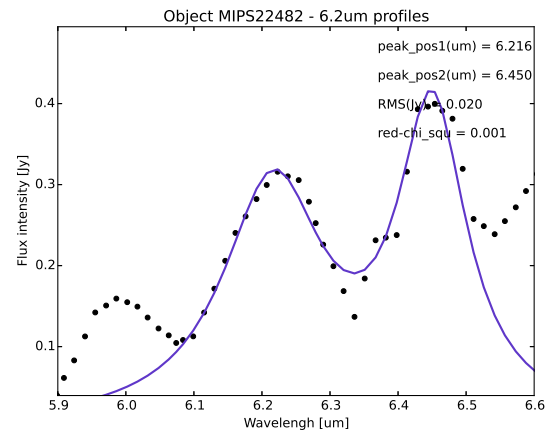


Figura C.42: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS22482 ajustado com `minimize`.

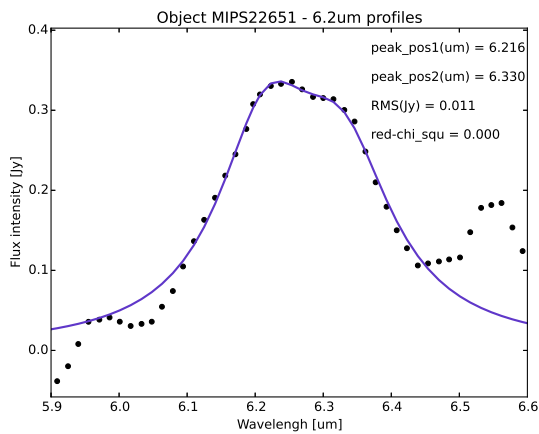


Figura C.43: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS22651 ajustado com `minimize`.

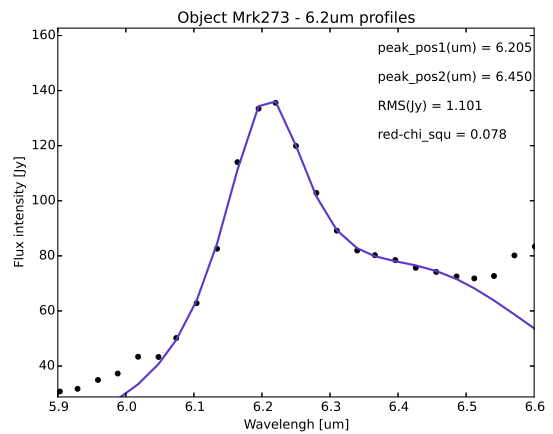


Figura C.44: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto Mrk273 ajustado com `minimize`.

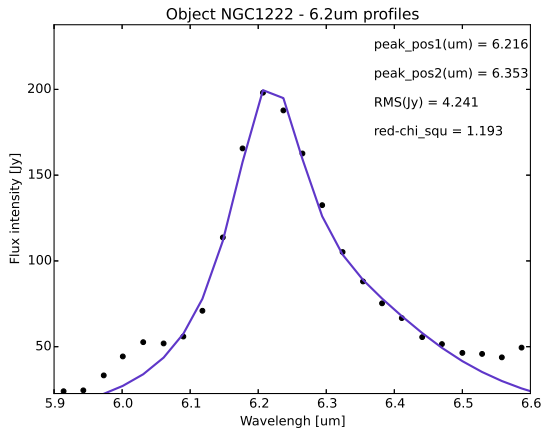


Figura C.45: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1222 ajustado com *minimize*.

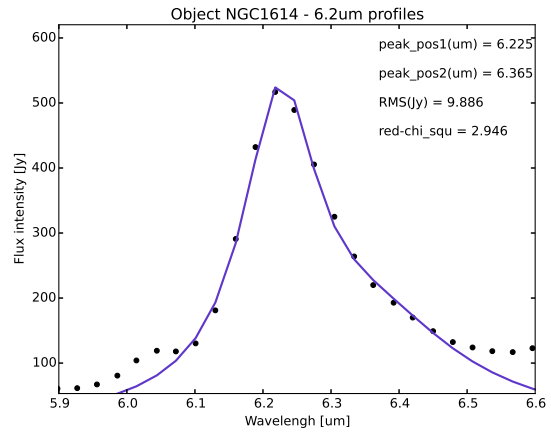


Figura C.46: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1614 ajustado com *minimize* e para $6.08 \leq \lambda \leq 6.50$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.24$, $6.24 \leq \lambda_{i2} \leq 6.40$, e $\lambda_{i2} = 6.26$.

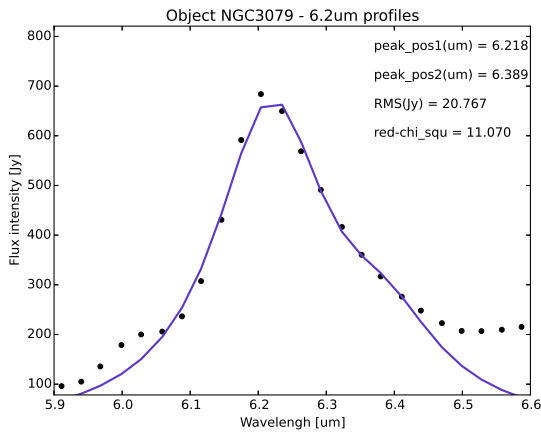


Figura C.47: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3079 ajustado com *minimize* e para $6.07 \leq \lambda \leq 6.49$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.235$, $6.22 \leq \lambda_{i2} \leq 6.40$ e $\lambda_{i1} = 6.20$.

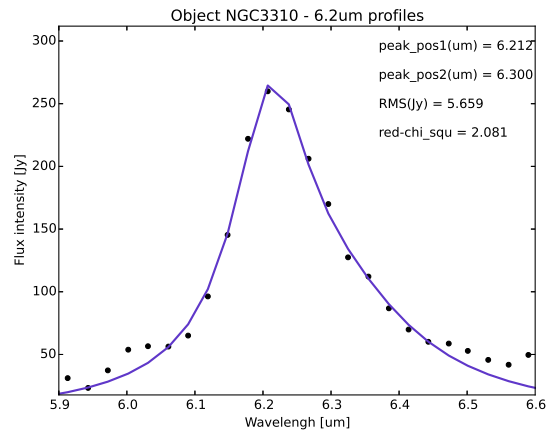


Figura C.48: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3310 ajustado com *minimize* e para $6.10 \leq \lambda \leq 6.49$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.23$, $6.3 \leq \lambda_{i2} \leq 6.47$, $\lambda_{i1} = 6.21$, $\lambda_{i2} = 6.35$ e $\gamma_{i2} = 0.30$.

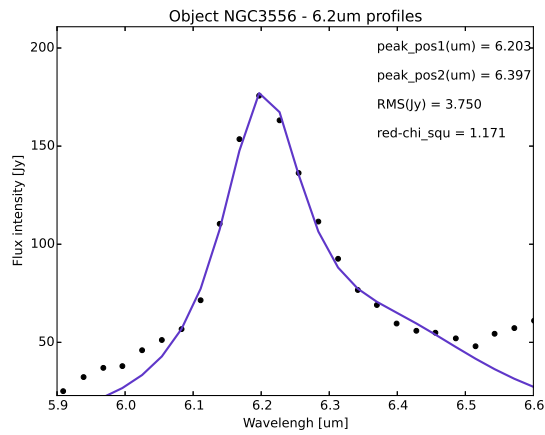


Figura C.49: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC3556 ajustado com `minimize`.

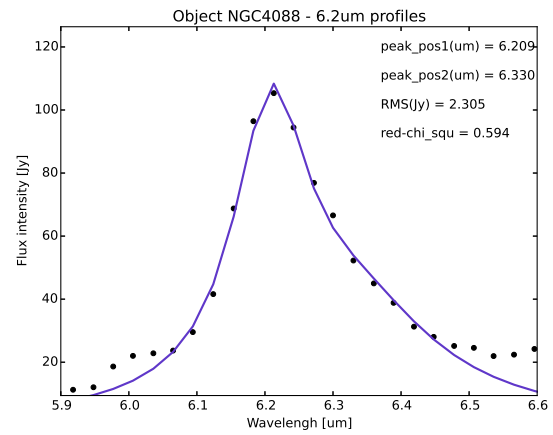


Figura C.50: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC4088 ajustado com `minimize`.

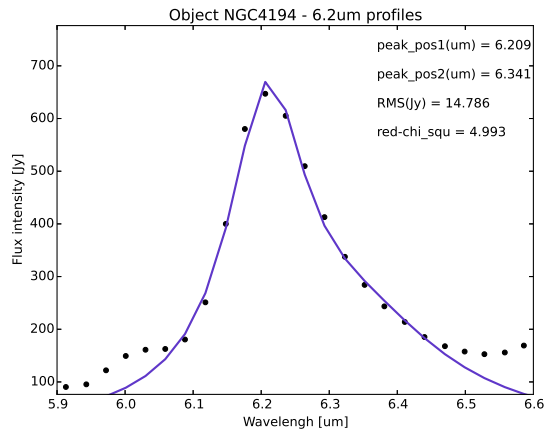


Figura C.51: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC4194 ajustado com `minimize` e para $6.07 \leq \lambda \leq 6.49$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.23$, $6.25 \leq \lambda_{i2} \leq \text{None}$, $\lambda_{i1} = 6.20$ e $\gamma_{i2} = 0.20$.

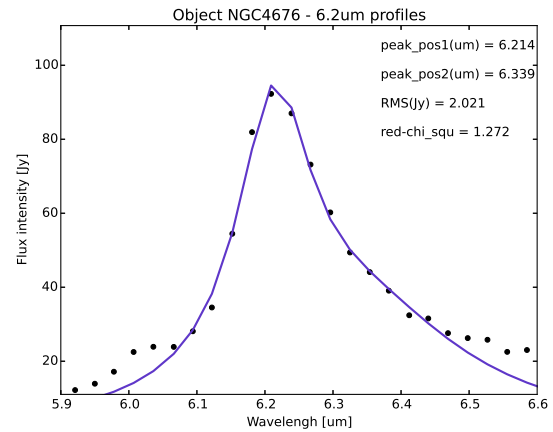


Figura C.52: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC4676 ajustado com `minimize` e para $6.041 \leq \lambda \leq 6.49$, $6.10 \leq \lambda_{i1} \leq 6.23$, $6.25 \leq \lambda_{i2} \leq \text{None}$, $\lambda_{i1} = 6.20$ e $\gamma_{i2} = 0.20$.

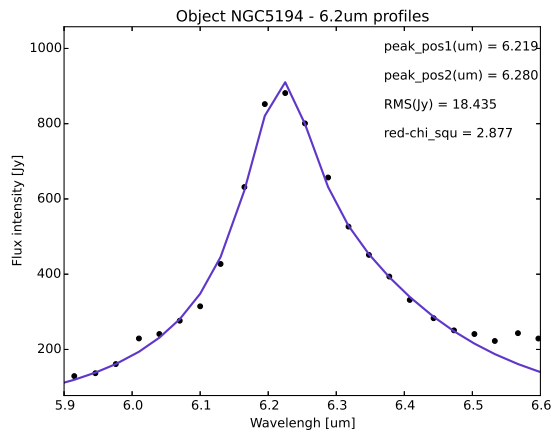


Figura C.53: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5194 ajustado com *minimize* e para $6.0 \leq \lambda \leq 6.49$, $6.09 \leq \lambda_{i1} \leq 6.226$, $None \leq \lambda_{i2} \leq None$ e $\gamma_{i2} = 0.20$.

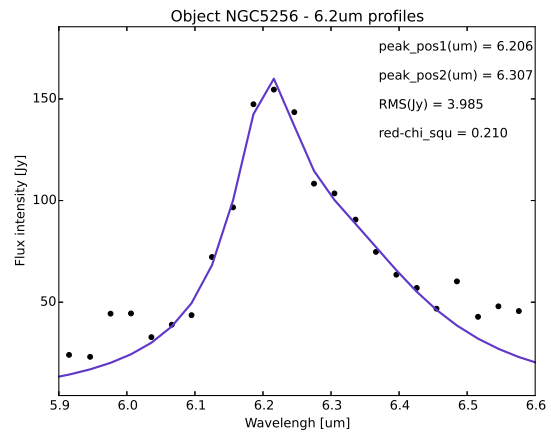


Figura C.54: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5256 ajustado com *minimize* e para $6.02 \leq \lambda \leq 6.46$, $6.09 \leq \lambda_{i1} \leq 6.30$, $None \leq \lambda_{i2} \leq None$ e $\gamma_{i2} = 0.20$.

C.3 Ajustes inconclusivos

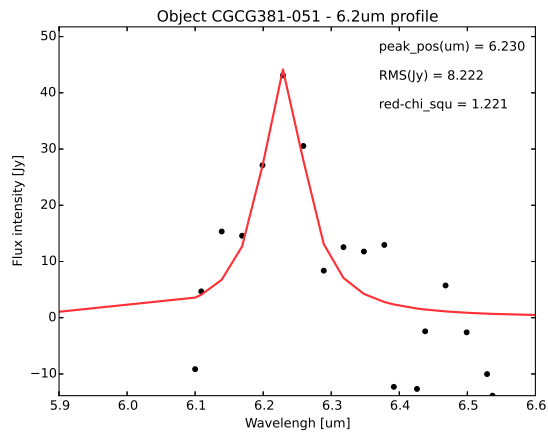


Figura C.55: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto CGCG381-051 ajustado com *curve_fit*.

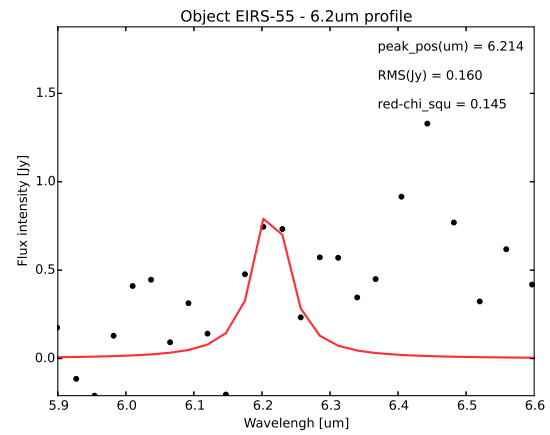


Figura C.56: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto EIRS-55 ajustado com *curve_fit* e para $6.10 \leq \lambda \leq 6.28$.

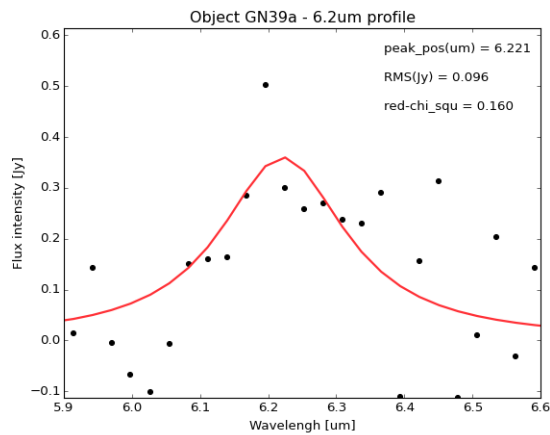


Figura C.57: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto GN39a ajustado com *curve_fit*.

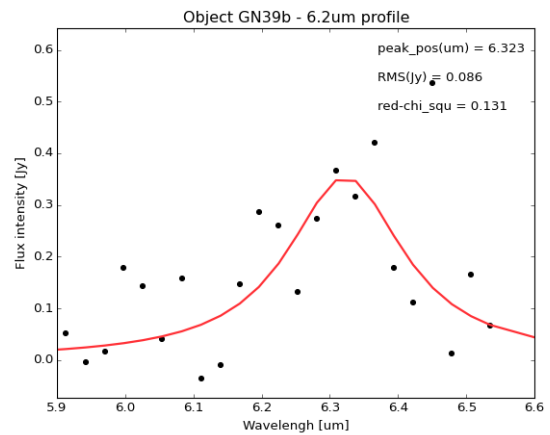


Figura C.58: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto GN39b ajustado com *curve_fit*.

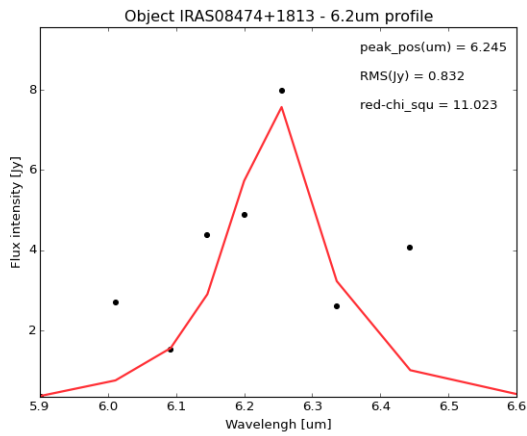


Figura C.59: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS08474+1813 ajustado com *curve_fit*.

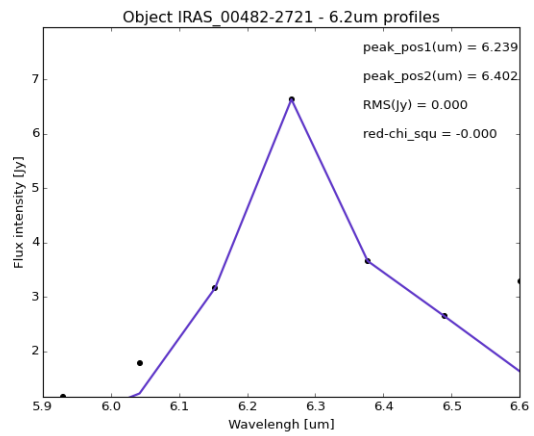


Figura C.60: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_00482-2721 ajustado com *minimize*.

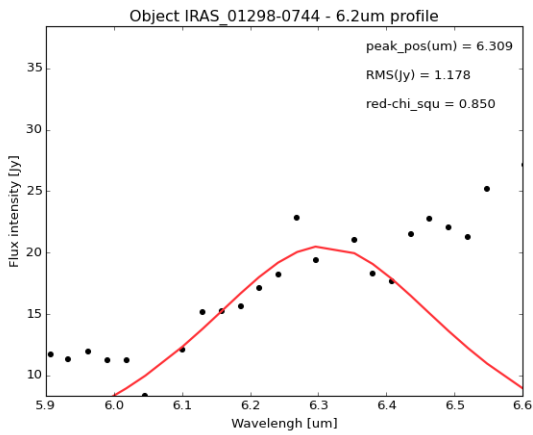


Figura C.61: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_01298-0744 ajustado com *curve_fit*.

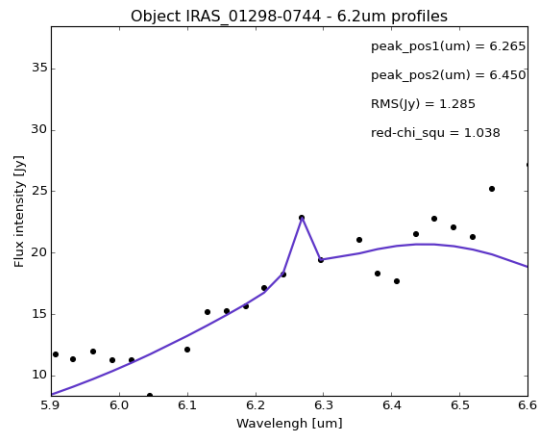


Figura C.62: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_01298-0744 ajustado com *minimize*.

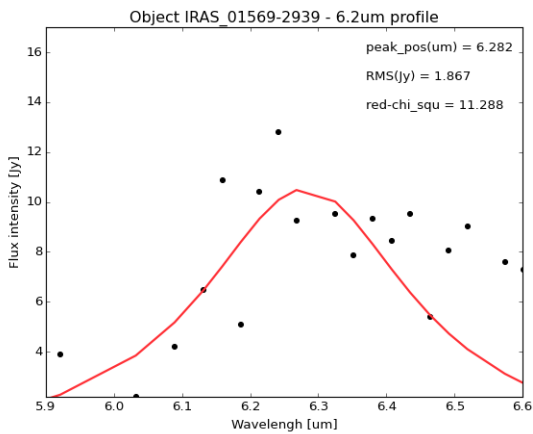


Figura C.63: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_01569-2939 ajustado com *curve_fit*.

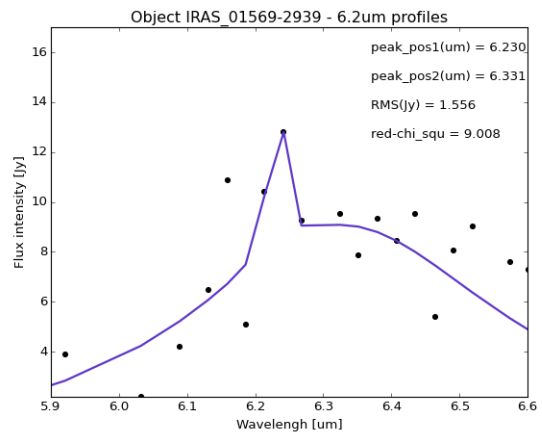


Figura C.64: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS_01569-2939 ajustado com *minimize*.

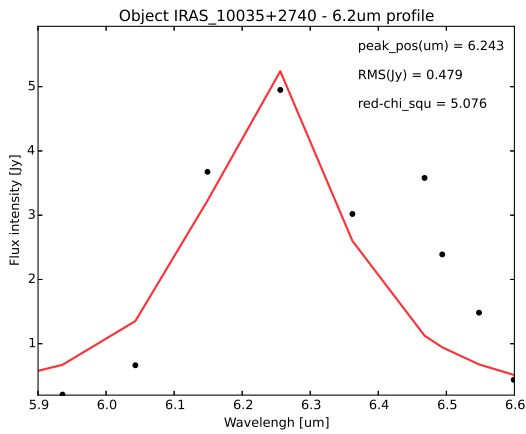


Figura C.65: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS.10035+2740 ajustado com *curve_fit* e para $5.9 \leq \lambda \leq 6.4$.

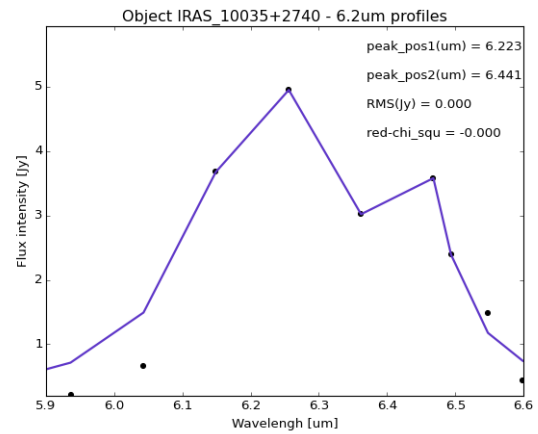


Figura C.66: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto IRAS.10035+2740 ajustado com *minimize*.

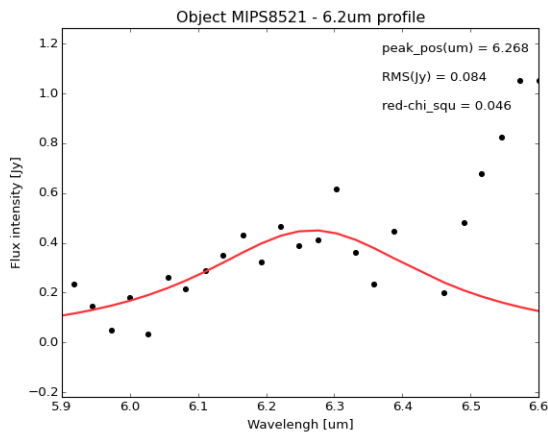


Figura C.67: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto MIPS8521 ajustado com *curve_fit*.

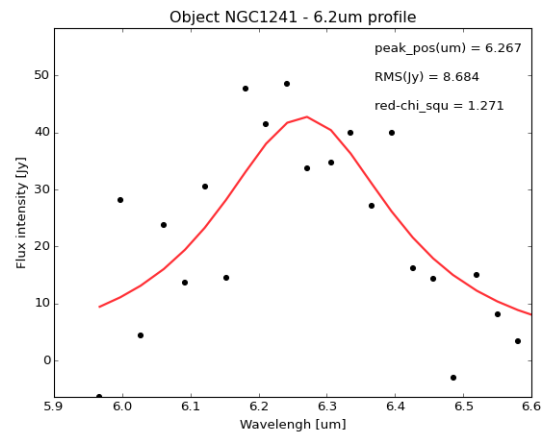


Figura C.68: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC1241 ajustado com *curve_fit*.

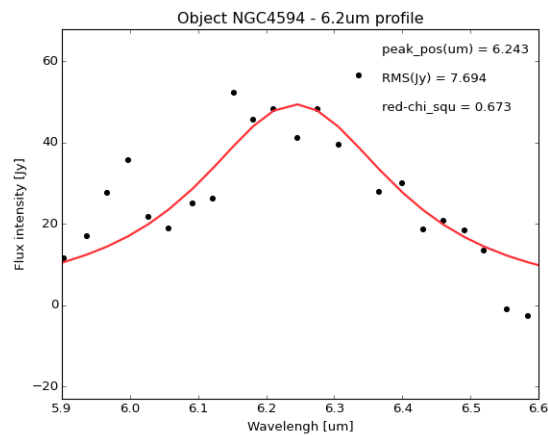


Figura C.69: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC4594 ajustado com *curve_fit*.

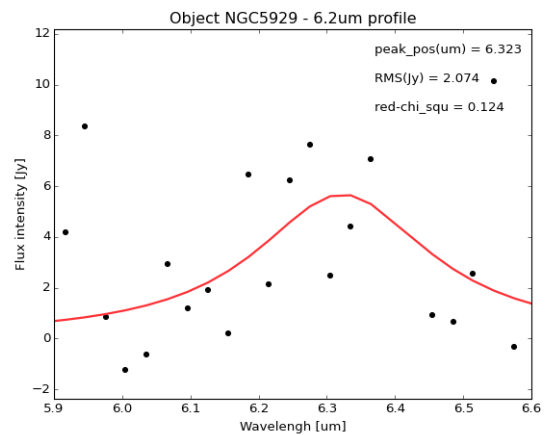


Figura C.70: Perfil da banda de $6.2\mu\text{m}$ do objeto NGC5929 ajustado com *curve_fit*.

Apêndice D

Fontes: identificação e propriedades derivadas

Na segunda coluna da Tabela D.1 estão indicados os tipos das fontes, lembrando que elas foram extraídas da amostra *MIR-SB*, cuja emissão dominante provém de *starburst* e mais algumas de Yan et al. (2007) (ver Seção 2.2 para maiores detalhes). As siglas são explicadas abaixo:

AGN Núcleo ativo de galáxia

FR galáxia Fanaroff-Riley

HII Região HII

IRgal Galáxia no infravermelho

LINER Regiões de emissão nuclear de baixa ionização

QSO Objeto quasi-estelar

SB galáxia *Starburst*

Sy galáxia *Seyfert*

SMG Galáxia no submilimétrico

ULIRG Galáxia no infravermelho ultra-luminosa

Tabela D.1 - Fontes e suas respectivas informações retiradas do catálogo do projeto *Spitzer/IRS ATLAS*, versão 1.0, referentes à amostra MIR_SB e aos objetos estudados por Yan et al. (2007).

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
3C293	Sy3	Leipski et al. (2009)	13:52:17.80	31:26:46.50	0.045
3C31	FR-1	Leipski et al. (2009)	01:07:24.90	32:24:45.20	0.017
AGN15	LINER	Weedman e Houck (2009)	17:18:52.71	59:14:32.00	0.322
Arp220	ULIRG	Imanishi et al. (2007)	15:34:57.10	23:30:11.00	0.018
CGCG381-051	Sy2	Wu et al. (2009)	23:48:41.70	02:14:23.00	0.031
E12-G21	Sy1	Wu et al. (2009)	00:40:47.80	-79:14:27.00	0.033
EIRS-13	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:39:54.49	41:11:08.70	1.091
EIRS-14	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:35:36.64	40:47:53.80	0.615
EIRS-16	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:40:43.98	41:05:19.90	0.771
EIRS-2	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:13:49.94	54:26:28.40	1.143
EIRS-21	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:10:15.55	54:06:16.40	1.028
EIRS-3	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:36:36.18	41:10:50.10	0.676
EIRS-32	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:31:50.36	41:07:53.50	0.615
EIRS-37	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:12:55.19	54:07:24.20	0.943
EIRS-41	QSO	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:34:28.15	41:27:42.60	0.405
EIRS-55	ULIRG	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:40:36.76	41:25:23.70	1.197
EIRS-9	SB	Hernán-Caballero et al. (2009)	16:07:34.03	53:47:48.20	0.606
GN06	SMG	Pope et al. (2008)	12:36:18.33	62:15:50.40	2.000
GN26	SMG	Pope et al. (2008)	12:36:34.51	62:12:40.90	1.219
GN39a	SMG	Pope et al. (2008)	12:37:11.37	62:13:31.10	1.996
GN39b	SMG	Pope et al. (2008)	12:37:11.97	62:13:25.80	1.992
IC342	SB	Brandl et al. (2006)	03:46:48.51	68:05:46.00	0.001
IRAS_00091-0738	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	00:11:43.30	-07:22:07.00	0.118
IRAS_00456-2904	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	00:48:06.80	-28:48:19.00	0.110
IRAS_00482-2721	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	00:50:40.30	-27:04:41.00	0.129
IRAS_01166-0844	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	01:19:07.70	-08:29:10.00	0.118
IRAS_01199-2307	ULIRG + HII	Imanishi (2009)	01:22:20.90	-22:52:07.00	0.156

Continua na próxima página...

Tabela D.1 - Continuação

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
IRAS_01298-0744	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	01:32:21.40	-07:29:08.00	0.136
IRAS_01355-1814	ULIRG + HII	Imanishi (2009)	01:37:57.40	-17:59:21.00	0.192
IRAS_01494-1845	ULIRG	Imanishi (2009)	01:51:51.40	-18:30:46.00	0.158
IRAS_01569-2939	Sy1	Imanishi et al. (2007)	01:59:13.80	-29:24:35.00	0.141
IRAS_02411+0353	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	02:43:46.10	04:06:37.00	0.144
IRAS_03250+1606	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	03:27:49.80	16:17:00.00	0.129
IRAS_03521+0028	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	03:54:42.20	00:37:03.00	0.152
IRAS_08201+2801	ULIRG + HII	Imanishi (2009)	08:23:12.60	27:51:40.00	0.168
IRAS_09039+0503	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	09:06:34.20	04:51:25.00	0.125
IRAS_09116+0334	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	09:14:13.80	03:22:01.00	0.146
IRAS_09463+8141	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	09:53:00.50	81:27:28.00	0.156
IRAS_09539+0857	Sy2	Imanishi et al. (2007)	09:56:34.30	08:43:06.00	0.129
IRAS_10035+2740	ULIRG	Imanishi (2009)	10:06:26.30	27:25:46.00	0.165
IRAS_10091+4704	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	10:12:16.70	46:49:43.00	0.246
IRAS_10190+1322	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	10:21:42.50	13:06:54.00	0.077
IRAS_10485-1447	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	10:51:03.10	-15:03:22.00	0.133
IRAS_10494+4424	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	10:52:23.50	44:08:48.00	0.092
IRAS_11028+3130	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	11:05:37.50	31:14:32.00	0.199
IRAS_11095-0238	Sy3	Imanishi et al. (2007)	11:12:03.40	-02:54:22.00	0.106
IRAS_11130-2659	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	11:15:31.60	-27:16:23.00	0.136
IRAS_11180+1623	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	11:20:41.70	16:06:57.00	0.166
IRAS_11387+4116	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	11:41:22.00	40:59:51.00	0.149
IRAS_11506+1331	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	11:53:14.20	13:14:28.00	0.127
IRAS_11582+3020	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	12:00:46.80	30:04:14.00	0.223
IRAS_12032+1707	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	12:05:47.70	16:51:08.00	0.217
IRAS_12112+0305	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	12:13:46.00	02:48:38.00	0.073
IRAS_12359-0725	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	12:38:31.60	-07:42:25.00	0.138
IRAS_13335-2612	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	13:36:22.30	-26:27:34.00	0.125
IRAS_13469+5833	ULIRG + HII	Imanishi (2009)	13:48:40.20	58:18:52.00	0.158

Continua na próxima página...

Tabela D.1 - Continuação

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
IRAS_13509+0442	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	13:53:31.60	04:28:05.00	0.136
IRAS_13539+2920	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	13:56:10.00	29:05:35.00	0.108
IRAS_14060+2919	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	14:08:19.00	29:04:47.00	0.117
IRAS_14252-1550	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	14:28:01.10	-16:03:39.00	0.149
IRAS_14348-1447	Sy1	Imanishi et al. (2007)	14:37:38.30	-15:00:23.00	0.083
IRAS_15206+3342	Sy2	Imanishi et al. (2007)	15:22:38.00	33:31:36.00	0.125
IRAS_15225+2350	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	15:24:43.90	23:40:10.00	0.139
IRAS_16090-0139	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	16:11:40.50	-01:47:06.00	0.134
IRAS_16300+1558	Sy2	Imanishi (2009)	16:32:21.40	15:51:46.00	0.242
IRAS_16333+4630	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	16:34:52.60	46:24:53.00	0.191
IRAS_16468+5200	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	16:48:01.60	51:55:45.00	0.150
IRAS_16474+3430	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	16:49:14.20	34:25:10.00	0.111
IRAS_16487+5447	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	16:49:47.00	54:42:35.00	0.104
IRAS_17028+5817	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	17:03:41.90	58:13:45.00	0.106
IRAS_17068+4027	ULIRG + HII	Imanishi (2009)	17:08:31.90	40:23:28.00	0.179
IRAS_20414-1651	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	20:44:18.20	-16:40:16.00	0.086
IRAS_21208-0519	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	21:23:29.10	-05:06:56.00	0.130
IRAS_21329-2346	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	21:35:45.80	-23:32:35.00	0.125
IRAS_22206-2715	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	22:23:28.90	-27:00:04.00	0.132
IRAS_22491-1808	ULIRG + HII	Imanishi et al. (2007)	22:51:49.20	-17:52:23.00	0.076
IRAS_23129+2548	ULIRG + LINER	Imanishi (2009)	23:15:21.40	26:04:32.00	0.179
IRAS_23234+0946	ULIRG + LINER	Imanishi et al. (2007)	23:25:56.20	10:02:49.00	0.128
IRAS02021-2103	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	02:04:27.30	-20:49:41	0.116
IRAS02480-3745	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	02:50:01.70	-37:32:45	0.165
IRAS03209-0806	Sy1	Imanishi et al. (2010)	03:23:22.90	-07:56:15	0.166
IRAS04074-2801	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	04:09:30.40	-27:53:44	0.153
IRAS05020-2941	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	05:04:00.70	-29:36:55	0.154
IRAS08474+1813	Sy2	Imanishi et al. (2010)	08:50:18.30	06:02:01PM	0.145
IRAS08591+5248	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	09:02:47.50	52:36:30	0.158

Continua na próxima página...

Tabela D.1 - Continuação

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
IRAS10594+3818	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	11:02:14.00	38:02:35	0.158
IRAS12447+3721	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	12:47:07.70	37:05:37	0.158
IRAS13106-0922	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	13:13:14.80	-09:38:00	0.174
IRAS14121-0126	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	14:14:45.50	-01:40:55	0.150
IRAS14197+0813	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	14:22:11.60	07:59:28AM	0.131
IRAS14202+2615	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	14:22:31.40	26:02:05	0.159
IRAS14485-2434	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	14:51:23.80	-24:46:30	0.148
IRAS15043+5754	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	15:05:39.50	57:43:07	0.150
IRAS21477+0502	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	21:50:16.30	05:16:03AM	0.171
IRAS22088-1831	ULIRG	Imanishi et al. (2010)	22:11:33.80	-18:17:06	0.170
LH_H901A	QSO2	Sturm et al. (2006)	10:52:52.80	57:29:00.00	0.205
M-2-33-34	Sy1	Wu et al. (2009)	12:52:12.40	-13:24:53.00	0.015
M-2-40-4	Sy1.9	Wu et al. (2009)	15:48:24.90	-13:45:28.00	0.025
M-3-34-63	Sy2	Wu et al. (2009)	13:22:19.00	-16:42:30.00	0.021
M-5-13-17	Sy1.5	Wu et al. (2009)	05:19:35.80	-32:39:28.00	0.012
M+0-29-23	Sy2	Wu et al. (2009)	11:21:12.20	-02:59:03.00	0.025
MIPS15755	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:18:34.90	59:45:34.10	0.736
MIPS15928	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:19:17.45	60:15:19.90	1.520
MIPS16030	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:20:00.32	60:15:20.90	0.987
MIPS16047	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:23:01.40	59:40:54.00	0.523
MIPS16059	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:24:28.44	60:15:33.20	2.325
MIPS16113	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:21:26.42	60:16:46.10	1.900
MIPS16144	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:24:22.10	59:31:50.80	2.130
MIPS168	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:17:55.10	59:28:45.30	0.239
MIPS180	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:15:43.54	58:35:31.20	2.470
MIPS22277	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:18:26.67	58:42:42.10	1.770
MIPS22307	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:19:51.40	58:42:22.80	0.700
MIPS22352	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:21:47.70	58:53:55.90	0.656
MIPS22432	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:21:36.90	59:16:07.80	1.590

Continua na próxima página...

Tabela D.1 - Continuação

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
MIPS22482	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:21:00.39	58:59:31.00	1.840
MIPS22530	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:23:03.30	59:16:00.20	1.951
MIPS22651	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:19:26.47	59:09:29.90	1.730
MIPS22699	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:20:47.47	59:08:15.10	2.590
MIPS277	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:14:20.80	58:55:02.50	1.060
MIPS289	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:13:50.00	58:56:56.80	1.860
MIPS324	Sy1	Dasyra et al. (2009)	17:17:15.70	59:06:03.30	0.960
MIPS350	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:15:50.70	59:23:15.90	0.940
MIPS506	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:11:38.59	58:38:36.70	2.469
MIPS537	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:17:59.30	59:21:56.30	0.390
MIPS546	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:12:16.10	59:11:22.00	1.070
MIPS549	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:16:28.90	59:29:21.00	0.930
MIPS562	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:12:39.60	58:59:55.10	0.540
MIPS8040	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:13:12.00	60:08:40.20	0.759
MIPS8184	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:12:26.76	59:59:53.50	0.990
MIPS8242	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:14:33.17	59:39:11.20	2.450
MIPS8253	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:15:07.80	60:13:52.90	0.960
MIPS8311	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:15:27.70	60:07:26.30	1.180
MIPS8327	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:15:35.78	60:28:25.50	2.443
MIPS8342	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:14:11.55	60:11:09.30	1.570
MIPS8371	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:13:25.00	59:45:57.80	0.350
MIPS8384	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:16:47.50	60:17:57.20	0.920
MIPS8388	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:14:00.40	60:14:09.50	1.140
MIPS8405	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:15:27.70	60:17:31.20	1.170
MIPS8450	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:18:26.00	59:53:53.50	1.010
MIPS8493	ULIRG	Yan et al. (2007)	17:18:05.11	60:08:32.80	1.800
MIPS8521	IRgal	Dasyra et al. (2009)	17:12:18.90	60:10:03.80	1.190
Mrk1066	Sy2	Shi et al. (2006)	02:59:58.60	36:49:14.00	0.012
Mrk273	Sy2	Wu et al. (2009)	13:44:42.10	55:53:13.00	0.038

Continua na próxima página...

Tabela D.1 - Continuação

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
Mrk334	Sy1.8	Deo et al. (2007)	00:03:09.60	21:57:37.00	0.022
Mrk471	Sy1.8	Deo et al. (2007)	14:22:55.40	32:51:03.00	0.034
Mrk52	SB	Brandl et al. (2006)	12:25:42.67	00:34:20.40	0.007
Mrk609	Sy1.8	Deo et al. (2007)	03:25:25.30	-06:08:38.00	0.034
Mrk622	Sy2	Deo et al. (2007)	08:07:41.00	39:00:15.00	0.023
Mrk883	Sy1.9	Deo et al. (2007)	16:29:52.90	24:26:38.00	0.038
Mrk938	Sy2	Wu et al. (2009)	00:11:06.50	-12:06:26.00	0.020
Murphy22	SMG	Murphy et al. (2009)	12:37:34.52	62:17:23.20	0.641
Murphy3	SMG	Murphy et al. (2009)	12:36:03.25	62:11:10.80	0.638
Murphy8	SMG	Murphy et al. (2009)	12:36:22.48	62:15:44.30	0.639
NGC1056	Sy2	Wu et al. (2009)	02:42:48.30	28:34:27.00	0.005
NGC1097	SB + Sy1	Wu et al. (2009)	02:46:19.08	-30:16:28.00	0.004
NGC1125	Sy2	Wu et al. (2009)	02:51:40.30	-16:39:04.00	0.011
NGC1143	Sy2	Wu et al. (2009)	02:55:12.20	-00:11:01.00	0.029
NGC1222	SB	Brandl et al. (2006)	03:08:56.74	-02:57:18.50	0.008
NGC1241	Sy2	Wu et al. (2009)	03:11:14.60	-08:55:20.00	0.014
NGC1365	SB + Sy1.8	Brandl et al. (2006)	03:33:36.37	-36:08:25.50	0.005
NGC1566	Sy1.5	Wu et al. (2009)	04:20:00.40	-54:56:16.00	0.005
NGC1614	SB + HII	Brandl et al. (2006)	04:33:59.85	-08:34:44.00	0.015
NGC1667	Sy2	Wu et al. (2009)	04:48:37.10	-06:19:12.00	0.015
NGC2146	SB	Brandl et al. (2006)	06:18:37.71	78:21:25.30	0.004
NGC2273	Sy1	Shi et al. (2006)	06:50:08.60	60:50:45.00	0.006
NGC2623	SB	Brandl et al. (2006)	08:38:24.08	25:45:16.90	0.018
NGC2639	Sy3	Wu et al. (2009)	08:43:38.10	50:12:20.00	0.011
NGC2992	Sy1.9	Wu et al. (2009)	09:45:42.00	-14:19:35.00	0.008
NGC3031	Sy1	Wu et al. (2009)	09:55:33.20	69:03:55.00	0.001
NGC3079	Sy2	Weedman et al. (2005)	10:01:57.80	55:40:47.00	0.004
NGC3227	Sy1.5	Wu et al. (2009)	10:23:30.60	19:51:54.00	0.004
NGC3256	SB	Brandl et al. (2006)	10:27:51.27	-43:54:13.80	0.008

Continua na próxima página...

Tabela D.1 - Continuação

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
NGC3310	SB + HII	Brandl et al. (2006)	10:38:45.96	53:30:12.00	0.005
NGC3511	Sy1	Wu et al. (2009)	11:03:23.80	-23:05:12.00	0.004
NGC3556	SB	Brandl et al. (2006)	11:11:30.97	55:40:26.80	0.003
NGC3628	SB + LINER	Brandl et al. (2006)	11:20:17.02	13:35:22.20	0.002
NGC3660	Sy1.8	Wu et al. (2009)	11:23:32.20	-08:39:30.00	0.012
NGC3786	Sy1.8	Deo et al. (2007)	11:39:42.50	31:54:33.00	0.009
NGC3982	Sy1.9	Wu et al. (2009)	11:56:28.10	55:07:31.00	0.004
NGC4088	SB	Brandl et al. (2006)	12:05:34.19	50:32:20.50	0.003
NGC4194	SB + HII	Brandl et al. (2006)	12:14:09.64	54:31:34.60	0.009
NGC4388	Sy2	Wu et al. (2009)	12:25:46.70	12:39:44.00	0.008
NGC4501	Sy2	Wu et al. (2009)	12:31:59.20	14:25:14.00	0.008
NGC4579	Sy1	Wu et al. (2009)	12:37:43.50	11:49:05.00	0.005
NGC4594	Sy3	Wu et al. (2009)	12:39:59.40	-11:37:23.00	0.003
NGC4602	Sy1.9	Wu et al. (2009)	12:40:36.50	-05:07:55.00	0.008
NGC4676	SB	Brandl et al. (2006)	12:46:10.10	30:43:55.00	0.022
NGC4818	SB	Brandl et al. (2006)	12:56:48.90	-08:31:31.10	0.002
NGC4945	SB + Sy2	Brandl et al. (2006)	13:05:27.48	-49:28:05.60	0.001
NGC5005	Sy2	Wu et al. (2009)	13:10:56.20	37:03:33.00	0.003
NGC5033	Sy1.8	Wu et al. (2009)	13:13:27.50	36:35:38.00	0.003
NGC5135	Sy2	Wu et al. (2009)	13:25:44.00	-29:50:01.00	0.014
NGC5194	Sy2	Wu et al. (2009)	13:29:52.70	47:11:43.00	0.002
NGC5256	Sy2	Wu et al. (2009)	13:38:17.50	48:16:37.00	0.028
NGC5674	Sy1.9	Shi et al. (2006)	14:33:52.20	05:27:30.00	0.025
NGC5929	Sy3	Buchanan et al. (2006)	15:26:06.10	41:40:14.00	0.008
NGC5953	Sy2	Buchanan et al. (2006)	15:34:32.40	15:11:38.00	0.007
NGC6810	Sy2	Wu et al. (2009)	19:43:34.40	-58:39:21.00	0.007
NGC6890	Sy1.9	Wu et al. (2009)	20:18:18.10	-44:48:25.00	0.008
NGC7130	Sy1.9	Buchanan et al. (2006)	21:48:19.50	-34:57:05.00	0.016
NGC7252	SB	Brandl et al. (2006)	22:20:44.77	-24:40:41.80	0.016

Continua na próxima página...

Tabela D.1 - Continuação

ID	Tipo	Referência	RA (hms)	Dec (dms)	Melhor z
NGC7469	Sy1.5	Wu et al. (2009)	23:03:15.60	08:52:26.00	0.016
NGC7496	Sy2	Buchanan et al. (2006)	23:09:47.30	-43:25:41.00	0.006
NGC7582	Sy2	Wu et al. (2009)	23:18:23.50	-42:22:14.00	0.005
NGC7590	Sy2	Wu et al. (2009)	23:18:55.00	-42:14:17.00	0.005
NGC7603	Sy1.5	Wu et al. (2009)	23:18:56.60	00:14:38.00	0.030
NGC7714	SB + HII	Brandl et al. (2006)	23:36:14.10	02:09:18.60	0.009
SDSS_J005621.72+003235.8	Sy2	Zakamska et al. (2008)	00:56:21.72	00:32:35.80	0.484
SJ103744.46+582950.6	SB	Weedman et al. (2006)	10:37:44.46	58:29:50.60	1.880
SJ103809.18+583226.2	SB	Weedman et al. (2006)	10:38:09.18	58:32:26.20	0.980
SJ103837.03+582214.8	SB	Weedman et al. (2006)	10:38:37.03	58:22:14.80	1.680
SJ104217.17+575459.2	SB	Weedman et al. (2006)	10:42:17.17	57:54:59.20	1.910
SJ104706.95+592011.8	AGN2	Weedman et al. (2006)	10:47:06.95	59:20:11.80	1.040
SJ104731.08+581016.1	SB	Weedman et al. (2006)	10:47:31.08	58:10:16.10	1.810
SMMJ030227.73	QSO	Menéndez-Delmestre et al. (2009)	03:02:27.73	00:06:53.50	1.408
SMMJ030231.81	SMG	Menéndez-Delmestre et al. (2009)	03:02:31.81	00:10:31.30	1.316
SMMJ105151.69	SMG	Menéndez-Delmestre et al. (2009)	10:51:51.69	57:26:36.00	1.620
SST172458.3+591545	Sy1	Hiner et al. (2009)	17:24:58.30	59:15:45	0.494
SWIRE4_J103637.18+584217.0	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:36:37.18	58:42:17.00	0.970
SWIRE4_J104057.84+565238.9	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:40:57.84	56:52:38.90	0.930
SWIRE4_J104117.93+595822.9	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:41:17.93	59:58:22.90	0.650
SWIRE4_J104439.45+582958.5	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:44:39.45	58:29:58.50	0.680
SWIRE4_J104547.09+594251.5	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:45:47.09	59:42:51.50	0.390
SWIRE4_J104830.58+591810.2	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:48:30.58	59:18:10.20	0.940
SWIRE4_J105840.62+582124.7	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:58:40.62	58:21:24.70	0.890
SWIRE4_J105943.83+572524.9	ULIRG	Farrah et al. (2009)	10:59:43.83	57:25:24.90	0.800
UGC12138	Sy1.8	Deo et al. (2007)	22:40:17.00	08:03:14.00	0.025
UGC5101	Sy1	Wu et al. (2009)	09:35:51.60	61:21:11.00	0.039
UGC7064	Sy1.9	Wu et al. (2009)	12:04:43.30	31:10:38.00	0.025

Tabela D.2 - Resultados parciais e totais de RMS.

Objeto	Redshift	RMS total	RMS parcial
3C293	0.045	2.670	0.496
3C31	0.017	1.441	0.712
AGN15	0.322	1.725	0.727
Arp220	0.018	288.388	22.281
CGCG381-051	0.031	11.165	8.505
E12-G21	0.033	6.741	6.206
EIRS-13	1.091	0.308	0.266
EIRS-14	0.615	0.553	0.243
EIRS-16	0.771	0.282	0.198
EIRS-2	1.143	0.263	0.181
EIRS-21	1.028	0.333	0.260
EIRS-3	0.676	0.419	0.203
EIRS-32	0.615	0.774	0.284
EIRS-37	0.943	0.388	0.354
EIRS-41	0.405	0.536	0.286
EIRS-55	1.197	0.504	0.404
EIRS-9	0.606	0.415	0.182
GN06	2.000	0.119	0.119
GN26	1.219	0.188	0.167
GN39a	1.996	0.121	0.121
GN39b	1.992	0.126	0.126
IC342	0.001	675.556	15.788
IRAS_00091-0738	0.118	10.304	2.424
IRAS_00456-2904	0.110	3.979	1.838
IRAS_00482-2721	0.129	2.924	0.597
IRAS_01166-0844	0.118	6.717	1.459
IRAS_01199-2307	0.156	5.868	1.355
IRAS_01298-0744	0.136	12.246	3.194
IRAS_01355-1814	0.192	5.165	0.673
IRAS_01494-1845	0.158	2.576	0.824
IRAS_01569-2939	0.141	5.908	1.651
IRAS_02411+0353	0.144	4.314	1.706
IRAS_03250+1606	0.129	3.364	1.231
IRAS_03521+0028	0.152	4.593	0.895
IRAS_08201+2801	0.168	5.497	1.605
IRAS_09039+0503	0.125	3.180	0.705
IRAS_09116+0334	0.146	2.110	0.913
IRAS_09463+8141	0.156	2.365	0.474
IRAS_09539+0857	0.129	5.613	1.066
IRAS_10035+2740	0.165	3.170	0.544
IRAS_10091+4704	0.246	2.476	0.756
IRAS_10190+1322	0.077	4.681	2.396
IRAS_10485-1447	0.133	5.161	1.242

Continua na próxima página...

Tabela D.2 - Continuação

Objeto	Redshift	RMS total	RMS parcial
IRAS_10494+4424	0.092	3.588	1.702
IRAS_11028+3130	0.199	2.675	0.436
IRAS_11095-0238	0.106	17.558	4.264
IRAS_11130-2659	0.136	5.485	1.367
IRAS_11180+1623	0.166	3.469	1.009
IRAS_11387+4116	0.149	1.663	0.699
IRAS_11506+1331	0.127	7.182	2.081
IRAS_11582+3020	0.223	4.700	1.610
IRAS_12032+1707	0.217	4.326	1.662
IRAS_12112+0305	0.073	14.348	2.877
IRAS_12359-0725	0.138	4.215	0.912
IRAS_13335-2612	0.125	2.346	0.972
IRAS_13469+5833	0.158	2.131	0.878
IRAS_13509+0442	0.136	2.641	1.459
IRAS_13539+2920	0.108	3.285	1.727
IRAS_14060+2919	0.117	2.720	1.510
IRAS_14252-1550	0.149	1.668	0.695
IRAS_14348-1447	0.083	12.295	2.990
IRAS_15206+3342	0.125	5.513	2.491
IRAS_15225+2350	0.139	4.079	1.533
IRAS_16090-0139	0.134	8.276	3.445
IRAS_16300+1558	0.242	4.126	1.136
IRAS_16333+4630	0.191	2.560	0.907
IRAS_16468+5200	0.150	2.584	0.962
IRAS_16474+3430	0.111	3.554	2.356
IRAS_16487+5447	0.104	5.275	1.137
IRAS_17028+5817	0.106	2.910	1.104
IRAS_17068+4027	0.179	5.187	1.593
IRAS_20414-1651	0.086	7.569	1.220
IRAS_21208-0519	0.130	1.767	0.683
IRAS_21329-2346	0.125	3.286	0.814
IRAS_22206-2715	0.132	2.634	1.059
IRAS_22491-1808	0.076	21.165	3.079
IRAS_23129+2548	0.179	5.158	1.605
IRAS_23234+0946	0.128	3.428	0.819
IRAS02021-2103	0.116	5.159	1.373
IRAS02480-3745	0.165	3.116	1.025
IRAS03209-0806	0.166	2.064	0.905
IRAS04074-2801	0.153	6.141	1.711
IRAS05020-2941	0.154	6.771	1.713
IRAS08474+1813	0.145	3.751	0.919
IRAS08591+5248	0.158	2.085	1.213
IRAS10594+3818	0.158	1.984	1.261
IRAS12447+3721	0.158	2.975	0.946

Continua na próxima página. . .

Tabela D.2 - Continuação

Objeto	Redshift	RMS total	RMS parcial
IRAS13106-0922	0.174	2.633	1.454
IRAS14121-0126	0.150	2.633	1.775
IRAS14197+0813	0.131	2.867	1.150
IRAS14202+2615	0.159	3.170	1.824
IRAS14485-2434	0.148	3.339	1.175
IRAS15043+5754	0.150	2.074	0.992
IRAS21477+0502	0.171	2.864	0.738
IRAS22088-1831	0.170	5.734	1.051
LH_H901A	0.205	0.077	0.077
M-2-33-34	0.015	8.732	7.150
M-2-40-4	0.025	12.028	8.522
M-3-34-63	0.021	5.954	5.470
M-5-13-17	0.012	7.788	8.215
M+0-29-23	0.025	11.749	7.632
MIPS15755	0.736	0.238	0.216
MIPS15928	1.520	0.144	0.068
MIPS16030	0.987	0.138	0.094
MIPS16047	0.523	0.234	0.183
MIPS16059	2.325	0.123	0.123
MIPS16113	1.900	0.140	0.136
MIPS16144	2.130	0.152	0.142
MIPS168	0.239	0.214	0.120
MIPS180	2.470	0.125	0.125
MIPS22277	1.770	0.158	0.140
MIPS22307	0.700	0.155	0.152
MIPS22352	0.656	0.153	0.156
MIPS22432	1.590	0.144	0.139
MIPS22482	1.840	0.128	0.100
MIPS22530	1.951	0.128	0.097
MIPS22651	1.730	0.198	0.085
MIPS22699	2.590	0.097	0.097
MIPS277	1.060	0.193	0.209
MIPS289	1.860	0.190	0.121
MIPS324	0.960	0.169	0.142
MIPS350	0.940	0.214	0.188
MIPS506	2.469	0.101	0.101
MIPS537	0.390	0.176	0.100
MIPS546	1.070	0.167	0.158
MIPS549	0.930	0.180	0.207
MIPS562	0.540	0.172	0.129
MIPS8040	0.759	0.224	0.193
MIPS8184	0.990	0.177	0.080
MIPS8242	2.450	0.206	0.206
MIPS8253	0.960	0.177	0.152

Continua na próxima página. . .

Tabela D.2 - Continuação

Objeto	Redshift	RMS total	RMS parcial
MIPS8311	1.180	0.172	0.169
MIPS8327	2.443	0.181	0.181
MIPS8342	1.570	0.163	0.070
MIPS8371	0.350	0.186	0.104
MIPS8384	0.920	0.149	0.140
MIPS8388	1.140	0.200	0.193
MIPS8405	1.170	0.186	0.182
MIPS8450	1.010	0.197	0.215
MIPS8493	1.800	0.125	0.084
MIPS8521	1.190	0.230	0.169
Mrk1066	0.012	22.851	8.093
Mrk273	0.038	42.957	8.152
Mrk334	0.022	10.819	6.782
Mrk471	0.034	1.946	1.582
Mrk52	0.007	37.602	4.024
Mrk609	0.034	6.800	2.236
Mrk622	0.023	4.002	1.356
Mrk883	0.038	3.149	0.947
Mrk938	0.020	43.803	11.501
Murphy22	0.641	0.075	0.075
Murphy3	0.638	0.112	0.107
Murphy8	0.639	0.086	0.085
NGC1056	0.005	9.243	8.844
NGC1097	0.004	42.654	53.326
NGC1125	0.011	10.567	7.911
NGC1143	0.029	9.012	9.655
NGC1222	0.008	71.973	5.436
NGC1241	0.014	6.800	8.240
NGC1365	0.005	76.113	9.382
NGC1566	0.005	12.882	13.780
NGC1614	0.015	185.765	19.488
NGC1667	0.015	7.565	7.881
NGC2146	0.004	604.133	59.487
NGC2273	0.006	13.430	6.770
NGC2623	0.018	173.568	6.478
NGC2639	0.011	6.994	7.454
NGC2992	0.008	17.586	8.796
NGC3031	0.001	31.884	35.281
NGC3079	0.004	29.817	19.650
NGC3227	0.004	29.743	10.108
NGC3256	0.008	275.477	73.307
NGC3310	0.005	84.034	7.949
NGC3511	0.004	5.943	7.331
NGC3556	0.003	43.440	12.710

Continua na próxima página. . .

Tabela D.2 - Continuação

Objeto	Redshift	RMS total	RMS parcial
NGC3628	0.002	47.267	18.450
NGC3660	0.012	6.540	7.187
NGC3786	0.009	3.739	2.530
NGC3982	0.004	8.425	8.941
NGC4088	0.003	18.695	3.437
NGC4194	0.009	171.926	15.427
NGC4388	0.008	33.772	11.529
NGC4501	0.008	6.629	7.825
NGC4579	0.005	11.077	15.263
NGC4594	0.003	7.825	10.560
NGC4602	0.008	6.110	6.328
NGC4676	0.022	12.806	2.409
NGC4818	0.002	135.281	10.650
NGC4945	0.001	2204.977	84.899
NGC5005	0.003	11.007	9.529
NGC5033	0.003	22.754	25.822
NGC5135	0.014	36.372	10.488
NGC5194	0.002	30.069	27.422
NGC5256	0.028	12.977	7.652
NGC5674	0.025	0.826	0.760
NGC5929	0.008	14.341	3.167
NGC5953	0.007	16.252	9.301
NGC6810	0.007	33.264	12.370
NGC6890	0.008	8.030	7.583
NGC7130	0.016	26.020	11.688
NGC7252	0.016	21.373	4.906
NGC7469	0.016	65.468	13.111
NGC7496	0.006	51.277	12.181
NGC7582	0.005	74.800	21.245
NGC7590	0.005	6.737	8.134
NGC7603	0.030	7.479	8.679
NGC7714	0.009	78.229	7.019
SDSS_J005621.72+003235.8	0.484	0.561	0.503
SJ103744.46+582950.6	1.880	0.165	0.165
SJ103809.18+583226.2	0.980	0.154	0.151
SJ103837.03+582214.8	1.680	0.216	0.218
SJ104217.17+575459.2	1.910	0.145	0.145
SJ104706.95+592011.8	1.040	0.158	0.161
SJ104731.08+581016.1	1.810	0.180	0.180
SMMJ030227.73	1.408	0.066	0.064
SMMJ030231.81	1.316	0.155	0.153
SMMJ105151.69	1.620	0.053	0.053
SST172458.3+591545	0.494	0.246	0.107
SWIRE4_J103637.18+584217.0	0.970	0.189	0.160

Continua na próxima página. . .

Tabela D.2 - Continuação

Objeto	Redshift	RMS total	RMS parcial
SWIRE4_J104057.84+565238.9	0.930	0.046	0.046
SWIRE4_J104117.93+595822.9	0.650	0.069	0.069
SWIRE4_J104439.45+582958.5	0.680	0.067	0.058
SWIRE4_J104547.09+594251.5	0.390	0.073	0.049
SWIRE4_J104830.58+591810.2	0.940	0.128	0.128
SWIRE4_J105840.62+582124.7	0.890	0.207	0.164
SWIRE4_J105943.83+572524.9	0.800	0.219	0.133
UGC12138	0.025	3.853	1.639
UGC5101	0.039	9.304	4.873
UGC7064	0.025	8.116	8.826

Tabela D.3 - Resultados do ajuste da banda de 6.2 μm com o *pah62_curvefit.py*.

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu\text{m})$	Erro $\lambda_r(\mu\text{m})$	$b_r(\text{Jy})$	Erro $b_r(\text{Jy})$	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
B	3C293	6.233	1.069	0.189	6.332	0.551	257.785	0.135	0.171
A	3C31	6.228	0.005	3.297	0.205	0.203	0.019	0.749	4.195
B	AGN15	6.259	0.926	0.246	6.450	1.595	0.605	0.063	0.014
A	Arp220	6.226	0.004	114.561	4.593	0.238	0.015	10.199	7.298
A	CGCG381-051	6.230	0.009	5.346	1.146	0.077	0.023	8.222	1.221
A	E12-G21	6.212	16.105	0.129	6.330	32.262	0.246	6.875	0.691
B	EIRS-13	6.265	0.008	0.104	0.015	0.127	0.025	0.052	0.035
A	EIRS-14	6.216	0.286	0.185	6.382	0.544	0.144	0.018	0.007
A	EIRS-16	6.215	0.006	0.132	0.015	0.133	0.022	0.051	0.076
B	EIRS-2	6.230	0.005	0.323	0.023	0.151	0.015	0.106	0.197
A	EIRS-21	6.215	0.007	0.169	0.017	0.278	0.035	0.022	0.008
B	EIRS-3	6.286	0.007	0.063	0.007	0.154	0.025	0.023	0.014
A	EIRS-32	6.227	0.007	0.169	0.020	0.129	0.022	0.095	0.092
A	EIRS-37	6.200	0.208	0.193	6.373	24.392	0.003	0.118	0.110
B	EIRS-41	6.258	0.011	0.125	0.026	0.116	0.034	0.111	0.131
A	EIRS-55	6.214	0.082	0.069	6.439	1.345	0.113	0.174	0.116
A	EIRS-9	6.225	0.528	0.203	6.409	0.514	0.091	0.045	0.063
B	GN06	6.254	0.017	0.193	0.034	0.288	0.068	0.075	0.184
B	GN26	6.272	0.005	0.337	0.019	0.185	0.014	0.072	0.342
A	GN39a	6.200	1.561	4.803	6.450	0.558	0.001	0.148	0.451
C	GN39b	6.310	1.537	5.132	6.450	1.261	0.001	0.130	0.387
C	IC342	6.300	312.993	0.000	6.330	111.340	99.392	90.419	335.899
B	IRAS_00091-0738	6.239	0.006	5.185	0.422	0.186	0.021	1.139	1.431
A	IRAS_00456-2904	6.220	6.518	0.107	6.330	18.110	0.246	1.154	1.109
B	IRAS_00482-2721	6.239	1.151	0.133	6.402	2.806	0.414	0.000	0.000
B	IRAS_01166-0844	6.248	0.016	4.034	0.528	0.328	0.055	0.496	5.726
A	IRAS_01199-2307	6.216	3.979	0.185	6.425	9.534	0.164	0.763	9.036
B	IRAS_01298-0744	6.265	0.203	0.025	6.450	21.898	0.929	1.285	1.038

Continua na próxima página...

Tabela D.3 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	b_r (Jy)	Erro b_r (Jy)	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
B	IRAS_01355-1814	6.242	0.011	3.092	0.268	0.276	0.033	0.550	1.165
A	IRAS_01494-1845	6.200	2.644	0.114	6.338	5.687	0.334	1.230	1.324
B	IRAS_01569-2939	6.230	8.240	0.001	6.331	9.311	0.565	1.556	9.008
A	IRAS_02411+0353	6.224	4.033	0.095	6.330	13.127	0.288	0.592	0.238
B	IRAS_03250+1606	6.241	5.672	0.161	6.450	6.365	0.300	0.677	2.132
A	IRAS_03521+0028	6.210	3.033	0.155	6.379	4.342	0.174	0.715	0.410
A	IRAS_08201+2801	6.207	2.512	0.161	6.450	11.694	0.665	0.896	3.961
A	IRAS_09039+0503	6.228	1.050	0.094	6.330	6.640	0.568	0.539	0.348
A	IRAS_09116+0334	6.216	3.439	0.121	6.330	8.469	0.310	0.721	1.745
A	IRAS_09463+8141	6.203	0.875	0.101	6.330	4.272	0.293	0.357	2.160
A	IRAS_09539+0857	6.227	1.324	0.122	6.450	6.279	0.846	0.593	0.466
B	IRAS_10035+2740	6.243	0.022	1.948	0.377	0.234	0.063	0.479	5.076
B	IRAS_10190+1322	6.239	0.006	23.689	1.438	0.199	0.017	5.287	25.873
A	IRAS_10485-1447	6.224	0.798	0.070	6.333	7.519	0.368	0.566	0.399
B	IRAS_10494+4424	6.236	9.203	0.152	6.414	10.761	-0.207	1.661	2.630
B	IRAS_11028+3130	6.231	0.997	0.221	6.397	0.849	0.400	0.000	0.000
A	IRAS_11095-0238	6.229	1.406	0.134	6.450	28.904	0.959	0.526	0.186
B	IRAS_11130-2659	6.232	0.460	0.048	6.376	7.511	0.607	0.919	3.573
A	IRAS_11180+1623	6.203	3.308	0.041	6.450	4.289	0.186	0.000	0.000
B	IRAS_11387+4116	6.234	2.651	0.141	6.450	2.742	0.169	0.638	2.174
B	IRAS_11506+1331	6.243	5.618	0.143	6.448	15.367	-0.543	1.061	0.756
A	IRAS_11582+3020	6.200	1.688	0.146	6.450	12.959	0.685	0.601	0.697
A	IRAS_12032+1707	6.200	0.923	0.110	6.405	10.855	0.773	0.298	0.155
A	IRAS_12112+0305	6.223	11.116	0.145	6.450	18.078	0.569	2.744	5.515
A	IRAS_12359-0725	6.229	1.365	0.119	6.361	4.499	0.236	0.856	3.961
B	IRAS_13335-2612	6.235	4.976	0.159	6.450	6.010	0.592	0.744	1.820
A	IRAS_13469+5833	6.219	2.468	0.168	6.443	4.182	0.187	0.172	0.535
A	IRAS_13509+0442	6.226	2.530	0.101	6.335	12.077	0.248	0.732	2.200
B	IRAS_13539+2920	6.241	8.349	0.161	6.411	7.805	-0.147	1.033	0.919

Continua na próxima página...

Tabela D.3 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	b_r (Jy)	Erro b_r (Jy)	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
A	IRAS_14060+2919	6.224	5.368	0.114	6.349	12.119	0.366	0.827	2.900
A	IRAS_14252-1550	6.214	2.093	0.149	6.450	3.636	0.488	0.548	2.359
A	IRAS_14348-1447	6.226	10.229	0.163	6.450	16.510	0.551	2.141	1.688
B	IRAS_15206+3342	6.232	5.634	0.114	6.330	10.745	0.204	1.395	0.590
B	IRAS_15225+2350	6.242	1.726	0.105	6.380	8.542	0.448	1.311	1.506
B	IRAS_16090-0139	6.233	5.413	0.162	6.447	25.804	0.567	0.996	0.252
A	IRAS_16300+1558	6.207	1.705	0.137	6.450	7.379	0.703	0.212	0.361
A	IRAS_16333+4630	6.219	4.747	0.162	6.423	4.800	-0.043	0.504	0.308
B	IRAS_16468+5200	6.260	2.236	0.165	6.432	2.010	0.051	0.027	-0.106
B	IRAS_16474+3430	6.242	7.271	0.142	6.386	10.448	0.300	1.193	4.918
A	IRAS_16487+5447	6.223	1.213	0.070	6.336	7.997	0.524	0.713	3.209
A	IRAS_17028+5817	6.229	3.618	0.129	6.369	8.550	0.221	0.610	1.914
A	IRAS_17068+4027	6.212	4.693	0.193	6.450	7.900	0.645	0.928	0.530
A	IRAS_20414-1651	6.226	3.694	0.126	6.354	8.348	0.491	1.073	0.739
A	IRAS_21208-0519	6.221	1.924	0.112	6.330	6.756	0.325	0.586	1.797
A	IRAS_21329-2346	6.229	1.793	0.120	6.398	5.145	0.451	0.663	2.184
B	IRAS_22206-2715	6.236	1.752	0.098	6.440	5.561	0.532	1.034	5.563
B	IRAS_22491-1808	6.239	7.885	0.142	6.390	11.660	-0.207	1.793	1.877
B	IRAS_23129+2548	6.232	0.007	7.490	0.512	0.293	0.025	0.711	0.517
A	IRAS_23234+0946	6.227	3.434	0.191	6.421	3.317	0.113	0.608	1.862
A	IRAS02021-2103	6.227	4.838	0.171	6.395	6.844	0.296	0.310	inf
A	IRAS02480-3745	6.215	2.289	0.137	6.450	5.574	0.780	0.491	1.781
A	IRAS03209-0806	6.205	3.619	0.132	6.389	5.139	0.310	0.775	1.123
A	IRAS04074-2801	6.201	2.388	0.150	6.450	14.787	0.587	0.578	0.360
A	IRAS05020-2941	6.202	3.141	0.123	6.446	14.592	0.551	1.243	0.876
B	IRAS08474+1813	6.236	0.610	0.043	6.450	3.507	1.007	0.845	-13.095
A	IRAS08591+5248	6.207	2.457	0.117	6.330	7.399	0.506	0.561	0.887
A	IRAS10594+3818	6.200	5.345	0.132	6.330	11.516	0.339	1.133	4.083
A	IRAS12447+3721	6.213	3.930	0.186	6.450	6.920	0.386	0.712	6.448

Continua na próxima página...

Tabela D.3 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu\text{m})$	Erro $\lambda_r(\mu\text{m})$	$b_r(\text{Jy})$	Erro $b_r(\text{Jy})$	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
A	IRAS13106-0922	6.229	0.010	2.784	0.340	0.215	0.037	0.930	1.616
A	IRAS14121-0126	6.200	5.059	0.126	6.380	11.302	0.341	1.634	1.614
A	IRAS14197+0813	6.229	2.352	0.125	6.432	6.009	0.187	0.683	2.301
A	IRAS14202+2615	6.206	9.158	0.150	6.412	9.566	-0.311	1.216	1.118
A	IRAS14485-2434	6.200	3.833	0.135	6.371	5.767	0.203	0.983	2.591
A	IRAS15043+5754	6.201	3.608	0.130	6.373	7.274	0.389	0.604	1.595
A	IRAS21477+0502	6.212	3.279	0.166	6.396	5.164	0.147	1.036	5.004
A	IRAS22088-1831	6.209	1.911	0.154	6.450	4.992	0.490	0.588	1.938
B	LH_H901A	6.239	0.007	0.299	0.023	0.224	0.022	0.074	0.175
A	M-2-33-34	6.215	0.006	5.137	0.567	0.107	0.017	3.049	0.238
A	M-2-40-4	6.217	11.584	0.131	6.450	40.113	0.747	5.053	0.219
B	M-5-13-17	6.239	0.007	17.356	1.418	0.237	0.028	4.120	0.263
A	M+0-29-23	6.227	0.003	47.923	1.968	0.172	0.011	7.204	0.560
B	MIPS15928	6.233	0.209	0.324	6.444	1.647	0.004	0.051	0.007
B	MIPS16047	6.252	0.009	0.092	0.012	0.142	0.026	0.049	0.065
B	MIPS16059	6.275	0.020	1.088	6.403	0.529	0.209	0.068	0.005
C	MIPS16113	6.310	0.354	1.663	6.449	0.000	0.000	0.091	0.011
A	MIPS16144(1)	6.201	0.002	0.067	0.003	0.093	0.006	0.022	0.000
C	MIPS16144(2)	6.329	0.003	0.108	0.005	0.220	0.013	0.013	0.000
C	MIPS180	6.337	0.008	0.490	0.024	0.498	0.027	0.021	0.001
A	MIPS22277	6.200	0.086	0.143	6.450	0.537	1.010	0.067	0.003
A	MIPS22307	6.216	0.144	0.072	6.330	0.470	0.765	0.040	0.052
A	MIPS22432	6.222	0.005	0.489	0.028	0.221	0.018	0.116	0.057
A	MIPS22482	6.216	0.083	0.180	6.450	0.408	0.118	0.020	0.001
A	MIPS22530	6.230	0.002	0.221	0.005	0.188	0.006	0.031	0.001
A	MIPS22651	6.212	0.063	0.163	6.330	0.233	0.181	0.012	0.000
A	MIPS22699	6.171	0.004	0.173	0.011	0.219	0.016	0.014	0.001
A	MIPS289	6.200	0.100	0.130	6.330	0.321	0.752	0.061	0.006
A	MIPS324	6.200	0.087	0.139	6.347	0.396	0.052	0.053	0.049

Continua na próxima página. . .

Tabela D.3 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu\text{m})$	Erro $\lambda_r(\mu\text{m})$	b_r (Jy)	Erro b_r (Jy)	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
C	MIPS506	6.363	0.017	0.287	0.031	0.377	0.047	0.047	0.005
C	MIPS8242	6.305	0.002	0.214	0.006	0.259	0.010	0.014	0.001
A	MIPS8327	6.205	0.003	0.143	0.005	0.193	0.009	0.024	0.001
A	MIPS8342	6.200	0.098	0.163	6.450	0.169	0.192	0.029	0.002
A	MIPS8384	6.200	1.051	3.697	6.450	0.549	0.006	0.129	0.326
A	MIPS8493	6.217	0.159	0.203	6.450	0.206	0.084	0.022	0.001
B	MIPS8521	6.282	0.354	0.522	6.388	0.119	0.000	0.099	0.075
A	Mrk1066	6.221	45.728	0.246	6.422	42.018	-0.224	3.622	0.938
A	Mrk273	6.205	26.331	0.163	6.450	69.914	0.514	1.101	0.078
B	Mrk334	6.239	24.622	0.147	6.355	34.795	0.413	2.016	2.354
B	Mrk471	6.249	0.005	5.939	0.330	0.197	0.016	0.809	0.874
A	Mrk52	6.204	17.865	0.135	6.330	18.981	0.171	3.038	0.682
A	Mrk609	6.216	17.000	0.158	6.383	17.987	0.308	1.531	1.825
A	Mrk622	6.210	0.004	4.984	0.244	0.158	0.011	0.776	0.469
A	Mrk883	6.225	3.813	0.170	6.407	3.026	0.202	0.429	0.603
A	Mrk938	6.217	0.002	71.490	2.366	0.153	0.007	7.147	0.455
A	Murphy22	6.227	0.004	0.309	0.012	0.240	0.013	0.031	0.232
B	Murphy3	6.238	0.004	0.424	0.021	0.240	0.017	0.051	0.652
B	Murphy8	6.251	0.004	0.195	0.009	0.216	0.014	0.027	0.268
B	NGC1056	6.232	0.006	79.659	4.681	0.211	0.019	17.439	2.508
A	NGC1097	6.215	0.003	271.366	10.681	0.194	0.010	22.379	4.261
A	NGC1125	6.218	0.003	19.914	0.909	0.187	0.012	2.806	0.147
B	NGC1143	6.239	0.006	55.347	3.375	0.213	0.019	12.844	1.309
A	NGC1222	6.216	38.619	0.143	6.353	54.695	0.346	4.241	1.193
B	NGC1241	6.260	19.367	0.278	6.335	0.000	4.906	9.210	1.896
A	NGC1365	6.219	0.003	63.578	2.155	0.196	0.010	8.480	1.024
A	NGC1566	6.223	0.004	65.760	4.363	0.176	0.016	10.741	3.142
C	NGC1614	6.310	482.563	0.000	6.330	222.466	158.171	136.612	429.341
C	NGC1667	6.306	114.905	0.000	6.330	79.643	37.540	38.857	17.026

Continua na próxima página...

Tabela D.3 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	b_r (Jy)	Erro b_r (Jy)	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
B	NGC2146	6.232	498.209	0.150	6.450	580.346	241.304	148.425	135.730
A	NGC2273	6.219	25.193	0.230	6.382	23.433	0.388	1.073	0.087
A	NGC2623	6.215	32.857	0.149	6.381	57.317	0.393	3.107	0.676
B	NGC2639	6.246	4.939	0.248	6.330	12.031	221.406	7.018	1.263
B	NGC2992	6.236	42.786	0.210	6.450	35.058	0.146	6.080	0.357
B	NGC3031	6.232	50.989	0.417	6.405	88.760	0.366	12.837	1.283
C	NGC3079	6.310	254.462	0.003	6.330	106.776	87.158	307.392	1622.127
A	NGC3227	6.215	32.872	0.156	6.330	64.632	0.513	3.343	0.195
A	NGC3256	6.215	0.002	292.707	8.706	0.180	0.008	26.929	6.686
C	NGC3310	6.307	233.100	0.000	6.330	112.814	73.279	71.120	248.913
B	NGC3511	6.244	0.004	41.043	1.815	0.223	0.015	6.572	0.474
A	NGC3556	6.204	37.123	0.153	6.405	45.700	0.445	3.660	1.056
A	NGC3628	6.225	0.004	197.503	9.408	0.187	0.013	27.451	16.594
A	NGC3786	6.211	0.010	13.724	1.505	0.241	0.038	2.785	7.227
B	NGC3982	6.238	0.006	34.821	2.641	0.181	0.019	9.101	1.096
A	NGC4088	6.209	18.240	0.132	6.330	35.118	0.294	2.305	0.594
C	NGC4194	6.310	255.890	0.003	6.330	104.330	85.235	285.978	1539.363
B	NGC4388	6.233	0.006	46.028	2.748	0.265	0.023	7.530	0.391
B	NGC4501	6.264	8.873	0.177	6.370	18.949	0.000	6.379	0.737
A	NGC4579	6.201	0.005	30.330	2.445	0.203	0.019	2.971	0.421
B	NGC4594	6.288	64.063	0.000	6.330	33.727	20.129	11.995	2.277
A	NGC4676	6.218	20.345	0.152	6.384	27.093	-0.245	2.803	2.310
C	NGC4818	6.306	264.152	0.000	6.330	143.977	85.023	101.301	316.392
A	NGC4945	6.224	0.003	501.992	19.169	0.204	0.010	37.635	13.328
C	NGC5005	6.310	163.483	0.000	6.330	74.199	50.820	33.069	10.616
A	NGC5033	6.217	0.002	185.532	4.889	0.176	0.006	7.749	0.983
A	NGC5135	6.227	0.004	99.784	5.007	0.179	0.013	14.681	1.391
B	NGC5194	6.287	949.950	0.000	6.449	465.721	306.682	215.865	334.603
C	NGC5256	6.310	194.245	0.000	6.330	84.428	59.038	36.104	15.661

Continua na próxima página. . .

Tabela D.3 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	b_r (Jy)	Erro b_r (Jy)	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
A	NGC5674	6.215	2.902	0.264	6.410	1.371	0.456	0.133	0.004
B	NGC5929	6.257	1.263	0.126	6.354	112.377	0.005	1.524	0.100
B	NGC5953	6.239	0.005	23.150	1.565	0.163	0.015	4.470	0.398
A	NGC6810	6.220	0.003	124.894	5.108	0.171	0.010	14.807	1.286
B	NGC6890	6.231	0.009	20.969	1.975	0.218	0.029	6.582	0.580
B	NGC7130	6.241	32.611	0.177	6.450	31.339	0.390	1.344	0.028
A	NGC7252	6.213	31.356	0.133	6.330	57.210	0.334	3.148	0.920
A	NGC7469	6.221	0.003	138.740	6.412	0.170	0.011	17.432	1.420
A	NGC7496	6.211	20.183	0.153	6.330	22.360	0.790	4.929	0.377
A	NGC7582	6.222	0.003	255.417	9.951	0.184	0.010	28.538	2.006
C	NGC7590	6.304	41.132	0.000	6.330	66.433	0.649	25.139	10.468
A	NGC7603	6.195	0.005	10.956	0.873	0.131	0.015	3.524	0.126
A	NGC7714	6.218	39.013	0.126	6.330	58.463	0.270	6.170	2.210
B	SDSS_J005621.72+003235.8	6.278	0.000	2.263	6.330	1.097	0.241	0.349	4.198
B	SJ103744.46+582950.6	6.282	0.016	0.375	0.058	0.270	0.056	0.100	0.077
B	SJ103809.18+583226.2	6.233	0.007	0.040	0.007	0.085	0.020	0.033	0.029
A	SJ103837.03+582214.8	6.202	0.086	0.081	6.330	0.564	1.000	0.135	0.215
B	SJ104217.17+575459.2	6.238	0.005	0.309	0.016	0.235	0.018	0.052	0.014
B	SJ104706.95+592011.8	6.244	0.008	0.169	0.014	0.300	0.032	0.021	0.004
A	SJ104731.08+581016.1	6.218	0.005	0.479	0.030	0.201	0.018	0.091	0.074
A	SMMJ105151.69	6.200	5.651	12.757	6.450	0.000	0.000	0.074	0.455
A	SST172458.3+591545	6.229	0.151	0.152	6.382	0.337	0.842	0.006	0.001
C	SWIRE4_J103637.18+584217.0	6.313	0.003	0.289	0.010	0.254	0.013	0.027	0.007
A	SWIRE4_J104057.84+565238.9	6.225	0.003	0.240	0.009	0.239	0.013	0.025	0.010
B	SWIRE4_J104117.93+595822.9	6.232	0.004	0.252	0.009	0.263	0.013	0.021	0.010
B	SWIRE4_J104439.45+582958.5	6.233	0.003	0.179	0.006	0.258	0.012	0.014	0.004
B	SWIRE4_J104547.09+594251.5	6.266	0.006	0.138	0.008	0.389	0.027	0.007	0.001
A	SWIRE4_J104830.58+591810.2	6.213	0.204	0.129	6.341	0.470	4.480	0.046	0.034
A	SWIRE4_J105840.62+582124.7	6.211	0.152	0.143	6.330	0.451	0.520	0.018	0.006

Continua na próxima página. . .

Tabela D.3 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu\text{m})$	Erro $\lambda_r(\mu\text{m})$	$b_r(\text{Jy})$	Erro $b_r(\text{Jy})$	γ	Erro γ	RMS	χ^2 reduzido
A	SWIRE4_J105943.83+572524.9	6.204	0.004	0.261	0.018	0.181	0.016	0.034	0.034
A	UGC12138	6.222	3.977	0.148	6.450	6.088	0.771	0.585	0.675
A	UGC5101	6.201	19.792	0.138	6.337	54.390	0.448	2.233	0.515
B	UGC7064	6.240	0.011	20.517	2.617	0.266	0.047	5.869	0.542

Tabela D.4 - Resultados do ajuste da banda de $6.2\mu\text{m}$ com o *pah62_opt2.py*.

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu\text{m})$	$b_{r1}(\text{Jy})$	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu\text{m})$	$b_{r2}(\text{Jy})$	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
B	3C293	6.233	1.069	0.189	6.332	0.551	257.785	0.135	0.171
A	3C31	6.227	2.444	0.172	6.450	1.607	1.593	0.767	5.545
B	AGN15	6.259	0.925	0.245	6.450	1.596	0.605	0.063	0.014
C	Arp220	6.310	468.729	3203.427	6.330	191.584	153.022	52.772	218.825
A	CGCG381-051	6.230	5.330	0.077	6.330	0.000	0.725	7.616	1.279
A	E12-G21	6.212	16.104	0.129	6.330	32.266	0.246	6.875	0.691
B	EIRS-13	6.271	0.120	0.154	6.445	16.626	0.003	0.057	0.035
A	EIRS-14	6.216	0.286	0.185	6.382	0.544	0.144	0.018	0.007
A	EIRS-16	6.209	0.070	0.091	6.450	0.220	0.901	0.092	0.209
C	EIRS-2	6.310	0.000	3.456	6.330	0.862	0.497	0.307	2.045
A	EIRS-21	6.200	1.862	3.762	6.447	0.000	0.000	0.068	0.062
C	EIRS-3	6.310	0.784	3.846	6.450	0.001	0.000	0.067	0.140
A	EIRS-32	6.227	0.169	0.128	6.350	0.000	0.000	0.088	0.114
A	EIRS-37	6.200	0.208	0.193	6.373	24.392	0.003	0.118	0.110
A	EIRS-41	6.206	0.000	1.184	6.330	0.428	0.336	0.201	0.719
A	EIRS-55	6.214	0.082	0.069	6.439	1.345	0.113	0.174	0.116
A	EIRS-9	6.225	0.528	0.203	6.409	0.514	0.091	0.045	0.063
A	GN06	6.200	3.768	9.003	6.450	0.000	0.000	0.168	0.997
C	GN26	6.308	0.000	24.207	6.330	1.113	0.301	0.215	3.235
A	GN39a	6.200	1.561	4.803	6.450	0.558	0.001	0.148	0.451
C	GN39b	6.310	1.537	5.132	6.450	1.261	0.001	0.130	0.387
A	IC342	6.212	46.736	0.108	6.314	105.641	0.242	7.107	3.254
A	IRAS_00091-0738	6.228	1.694	0.104	6.421	11.557	0.594	1.301	2.098
A	IRAS_00456-2904	6.230	9.580	0.140	6.383	12.035	-0.170	1.567	1.941
B	IRAS_00482-2721	6.239	1.151	0.133	6.402	2.806	0.414	0.000	0.000
A	IRAS_01166-0844	6.200	0.000	1.261	6.450	8.792	0.860	1.090	inf
A	IRAS_01199-2307	6.217	4.365	0.204	6.427	9.149	0.154	0.809	6.193
B	IRAS_01298-0744	6.265	0.203	0.025	6.450	21.898	0.929	1.285	1.038

Continua na próxima página...

Tabela D.4 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu\text{m})$	$b_{r1}(\text{Jy})$	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu\text{m})$	$b_{r2}(\text{Jy})$	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
B	IRAS_01355-1814	6.230	2.786	0.243	6.450	3.093	0.000	1.334	23.579
A	IRAS_01494-1845	6.187	1.726	0.086	6.271	9.277	0.199	0.754	0.596
B	IRAS_01569-2939	6.230	8.240	0.001	6.331	9.311	0.565	1.556	9.008
B	IRAS_02411+0353	6.232	6.764	0.133	6.396	9.071	-0.166	1.246	1.020
B	IRAS_03250+1606	6.241	5.672	0.161	6.450	6.365	0.300	0.677	2.132
A	IRAS_03521+0028	6.210	3.033	0.155	6.379	4.342	0.174	0.715	0.410
A	IRAS_08201+2801	6.207	2.512	0.161	6.450	11.694	0.665	0.896	3.961
A	IRAS_09039+0503	6.228	1.050	0.094	6.330	6.640	0.568	0.539	0.348
A	IRAS_09116+0334	6.216	3.439	0.121	6.330	8.469	0.310	0.721	1.745
A	IRAS_09463+8141	6.203	0.875	0.101	6.330	4.272	0.292	0.358	2.160
A	IRAS_09539+0857	6.227	1.324	0.122	6.450	6.279	0.846	0.593	0.466
A	IRAS_10035+2740	6.223	1.813	0.225	6.441	3.735	0.096	0.000	0.000
B	IRAS_10091+4704	6.246	0.000	0.000	6.450	3.735	3.915	0.095	-0.035
A	IRAS_10190+1322	6.202	7.912	0.103	6.286	46.150	0.211	1.445	4.047
A	IRAS_10485-1447	6.224	0.798	0.070	6.333	7.519	0.368	0.566	0.399
A	IRAS_10494+4424	6.225	6.024	0.121	6.351	15.127	0.327	1.427	2.027
B	IRAS_11028+3130	6.231	0.997	0.221	6.397	0.849	0.400	0.000	0.000
A	IRAS_11095-0238	6.229	1.406	0.134	6.450	28.904	0.959	0.526	0.186
B	IRAS_11130-2659	6.232	0.460	0.048	6.376	7.511	0.607	0.919	3.573
A	IRAS_11180+1623	6.203	3.308	0.041	6.450	4.289	0.186	0.000	0.000
B	IRAS_11387+4116	6.234	2.651	0.141	6.450	2.742	0.169	0.638	2.174
B	IRAS_11506+1331	6.240	6.003	0.145	6.450	15.795	0.475	0.845	0.552
A	IRAS_11582+3020	6.195	1.984	0.159	6.450	12.886	0.622	0.534	0.649
A	IRAS_12032+1707	6.197	0.927	0.107	6.402	10.892	0.751	0.287	0.151
A	IRAS_12112+0305	6.223	11.116	0.145	6.450	18.078	0.569	2.744	5.515
A	IRAS_12359-0725	6.229	1.365	0.119	6.361	4.499	0.236	0.856	3.961
B	IRAS_13335-2612	6.235	4.976	0.159	6.450	6.010	0.592	0.744	1.820
A	IRAS_13469+5833	6.219	2.468	0.168	6.443	4.182	0.187	0.172	0.535
A	IRAS_13509+0442	6.226	2.530	0.101	6.335	12.077	0.248	0.732	2.200

Continua na próxima página...

Tabela D.4 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu\text{m})$	$b_{r1}(\text{Jy})$	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu\text{m})$	$b_{r2}(\text{Jy})$	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
B	IRAS_13539+2920	6.230	4.740	0.113	6.330	13.434	0.315	0.577	0.308
A	IRAS_14060+2919	6.226	7.190	0.135	6.397	10.038	-0.253	0.932	3.738
A	IRAS_14252-1550	6.214	2.093	0.149	6.450	3.636	0.488	0.548	2.359
A	IRAS_14348-1447	6.226	10.228	0.163	6.450	16.510	0.551	2.141	1.688
B	IRAS_15206+3342	6.232	5.635	0.114	6.330	10.745	0.204	1.395	0.590
B	IRAS_15225+2350	6.242	1.726	0.105	6.380	8.542	0.448	1.311	1.506
B	IRAS_16090-0139	6.233	5.413	0.162	6.447	25.805	0.567	0.996	0.252
A	IRAS_16300+1558	6.207	1.705	0.137	6.450	7.379	0.703	0.212	0.361
A	IRAS_16333+4630	6.219	4.573	0.154	6.414	3.491	0.102	0.378	0.097
B	IRAS_16468+5200	6.260	2.236	0.165	6.432	2.010	0.051	0.027	-0.106
B	IRAS_16474+3430	6.242	7.271	0.142	6.386	10.447	0.300	1.193	4.918
A	IRAS_16487+5447	6.223	1.213	0.070	6.336	7.997	0.524	0.713	3.209
A	IRAS_17028+5817	6.229	3.618	0.129	6.369	8.549	0.221	0.610	1.914
A	IRAS_17068+4027	6.212	4.693	0.193	6.450	7.901	0.645	0.928	0.530
A	IRAS_20414-1651	6.226	3.694	0.126	6.354	8.348	0.491	1.073	0.739
A	IRAS_21208-0519	6.221	1.924	0.112	6.330	6.756	0.325	0.586	1.797
A	IRAS_21329-2346	6.229	1.793	0.120	6.398	5.145	0.451	0.663	2.184
B	IRAS_22206-2715	6.236	1.752	0.098	6.440	5.561	0.532	1.034	5.563
B	IRAS_22491-1808	6.239	7.835	0.142	6.401	11.189	-0.245	1.725	1.717
B	IRAS_23129+2548	6.289	12.931	0.552	6.439	0.000	7.768	1.526	3.076
A	IRAS_23234+0946	6.227	3.434	0.191	6.421	3.317	0.113	0.608	1.862
A	IRAS02021-2103	6.227	4.838	0.171	6.395	6.844	0.296	0.310	inf
A	IRAS02480-3745	6.215	2.289	0.137	6.450	5.574	0.780	0.491	1.781
A	IRAS03209-0806	6.205	3.619	0.132	6.389	5.139	0.310	0.775	1.123
A	IRAS04074-2801	6.201	2.388	0.150	6.450	14.787	0.587	0.578	0.360
A	IRAS05020-2941	6.202	3.140	0.123	6.446	14.592	0.551	1.243	0.876
B	IRAS08474+1813	6.236	0.610	0.043	6.450	3.507	1.007	0.845	-13.095
A	IRAS08591+5248	6.207	2.457	0.117	6.330	7.399	0.506	0.561	0.887
A	IRAS10594+3818	6.198	5.263	0.129	6.330	12.042	0.317	1.110	3.900

Continua na próxima página...

Tabela D.4 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu\text{m})$	$b_{r1}(\text{Jy})$	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu\text{m})$	$b_{r2}(\text{Jy})$	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
A	IRAS12447+3721	6.213	3.930	0.186	6.450	6.920	0.386	0.712	6.448
A	IRAS13106-0922	6.214	1.173	0.136	6.450	5.251	0.551	0.820	1.486
A	IRAS14121-0126	6.199	5.841	0.135	6.397	11.280	-0.253	1.685	1.714
A	IRAS14197+0813	6.229	2.352	0.125	6.432	6.009	0.187	0.683	2.301
A	IRAS14202+2615	6.205	8.315	0.142	6.396	10.342	0.389	1.167	1.039
A	IRAS14485-2434	6.198	3.553	0.129	6.359	6.003	0.236	0.973	2.550
A	IRAS15043+5754	6.201	3.607	0.130	6.373	7.274	0.389	0.604	1.595
A	IRAS21477+0502	6.212	3.374	0.171	6.397	5.092	0.141	1.005	4.545
A	IRAS22088-1831	6.209	1.911	0.154	6.450	4.992	0.490	0.588	1.938
C	LH.H901A	6.300	0.000	8.251	6.330	0.613	0.540	0.218	2.598
A	M-2-33-34	6.219	3.200	0.075	6.341	5.560	267.178	6.244	1.015
A	M-2-40-4	6.217	11.584	0.131	6.450	40.114	0.747	5.052	0.219
B	M-5-13-17	6.237	11.563	0.177	6.393	7.650	345.501	7.674	0.973
C	M+0-29-23	6.298	4.996	0.000	6.330	103.423	0.638	41.935	17.016
A	MIPS15928	6.218	0.146	0.215	6.462	0.212	0.146	0.015	0.001
A	MIPS16047	6.200	1.191	3.941	6.450	0.035	0.000	0.118	0.576
B	MIPS16059	6.275	0.020	1.088	6.403	0.529	0.209	0.068	0.005
C	MIPS16113	6.310	0.354	1.663	6.449	0.000	0.000	0.091	0.011
B	MIPS16144	6.266	0.177	0.336	6.330	0.001	0.001	0.066	0.002
C	MIPS180	6.310	0.000	1.486	6.343	0.633	0.518	0.020	0.001
A	MIPS22277	6.170	0.150	0.143	6.324	0.476	0.215	0.014	0.000
A	MIPS22307	6.216	0.144	0.072	6.330	0.470	0.765	0.040	0.052
A	MIPS22432	6.218	0.342	0.177	6.450	0.256	1.352	0.117	0.069
A	MIPS22482	6.216	0.083	0.180	6.450	0.408	0.118	0.020	0.001
B	MIPS22530	6.230	0.226	0.194	6.430	1.487	0.000	0.040	0.002
A	MIPS22651	6.216	0.070	0.177	6.330	0.211	0.177	0.011	0.000
A	MIPS22699	6.200	0.313	0.476	6.387	0.270	0.198	0.029	0.003
A	MIPS289	6.185	0.107	0.105	6.324	0.428	0.219	0.022	0.001
A	MIPS324	6.196	0.084	0.134	6.346	0.390	0.056	0.052	0.048

Continua na próxima página...

Tabela D.4 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu m)$	$b_{r1}(\text{Jy})$	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu m)$	$b_{r2}(\text{Jy})$	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
C	MIPS506	6.308	0.000	0.986	6.397	0.509	0.440	0.047	0.006
A	MIPS8242	6.200	0.600	1.902	6.330	0.322	0.209	0.038	0.004
A	MIPS8327	6.205	0.145	0.197	6.446	5.635	0.004	0.034	0.003
A	MIPS8342	6.185	0.075	0.131	6.401	0.155	0.310	0.018	0.001
A	MIPS8384	6.200	1.051	3.697	6.450	0.549	0.006	0.129	0.326
A	MIPS8493	6.217	0.162	0.208	6.471	0.213	0.096	0.018	0.001
B	MIPS8521	6.282	0.354	0.522	6.388	0.119	0.000	0.099	0.075
A	Mrk1066	6.218	39.634	0.237	6.435	44.405	0.432	2.073	0.356
A	Mrk273	6.205	26.332	0.163	6.450	69.914	0.514	1.101	0.078
B	Mrk334	6.239	24.621	0.147	6.355	34.796	0.413	2.016	2.354
B	Mrk471	6.248	5.842	0.193	6.403	0.000	8.734	0.795	1.574
A	Mrk52	6.212	21.944	0.160	6.372	9.324	-0.098	4.015	1.215
A	Mrk609	6.216	16.999	0.158	6.382	17.989	0.308	1.531	1.825
A	Mrk622	6.210	3.145	0.114	6.448	3.782	352.205	1.078	2.709
A	Mrk883	6.225	3.813	0.170	6.407	3.027	0.202	0.429	0.603
C	Mrk938	6.307	72.639	0.003	6.330	42.051	23.057	127.026	112.610
A	Murphy22	6.200	0.000	35.456	6.330	0.555	0.866	0.199	13.509
A	Murphy3	6.214	0.000	31.839	6.330	0.806	0.727	0.266	26.564
C	Murphy8	6.310	0.000	61.991	6.330	0.419	0.465	0.127	8.713
C	NGC1056	6.308	133.290	0.000	6.330	115.645	46.613	64.728	38.776
C	NGC1097	6.310	136.935	0.003	6.330	55.985	45.566	482.985	1679.493
C	NGC1125	6.310	65.761	0.000	6.450	44.050	14.532	14.356	4.143
C	NGC1143	6.309	41.196	0.002	6.330	17.131	12.592	85.344	77.242
A	NGC1222	6.216	38.619	0.143	6.353	54.693	0.346	4.241	1.193
B	NGC1241	6.260	19.367	0.278	6.335	0.000	4.906	9.210	1.896
A	NGC1365	6.219	61.462	0.191	6.450	2.822	12.116	7.933	1.159
C	NGC1566	6.310	92.914	0.003	6.330	37.000	29.856	113.836	263.694
A	NGC1614	6.225	95.534	0.134	6.365	146.213	0.312	9.886	2.946
A	NGC1667	6.218	67.667	0.001	6.246	117.044	0.317	7.161	0.770

Continua na próxima página...

Tabela D.4 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu m)$	$b_{r1}(\text{Jy})$	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu m)$	$b_{r2}(\text{Jy})$	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
A	NGC2146	6.216	497.002	0.144	6.354	821.148	0.356	55.146	17.433
A	NGC2273	6.219	25.183	0.230	6.382	23.446	0.388	1.073	0.087
A	NGC2623	6.217	41.480	0.168	6.398	52.053	-0.216	5.239	1.860
B	NGC2639	6.246	4.939	0.248	6.330	12.031	221.406	7.018	1.263
B	NGC2992	6.236	42.785	0.210	6.450	35.062	0.146	6.080	0.357
B	NGC3031	6.232	50.989	0.417	6.405	88.760	0.366	12.837	1.283
A	NGC3079	6.218	203.770	0.203	6.389	152.581	-0.186	20.767	11.070
A	NGC3227	6.215	32.872	0.156	6.330	64.632	0.513	3.343	0.195
C	NGC3256	6.299	1089.076	0.000	6.330	489.672	356.092	247.184	533.685
A	NGC3310	6.212	42.325	0.132	6.300	86.980	0.296	5.659	2.081
C	NGC3511	6.310	33.469	0.001	6.330	13.305	10.251	62.158	53.551
A	NGC3556	6.203	37.401	0.152	6.397	47.507	-0.378	3.750	1.171
C	NGC3628	6.310	536.828	0.000	6.330	345.517	180.608	153.164	518.240
A	NGC3786	6.200	9.047	0.171	6.365	8.927	0.354	1.835	10.344
C	NGC3982	6.310	122.373	0.000	6.330	59.191	37.744	31.981	15.602
A	NGC4088	6.209	18.240	0.132	6.330	35.118	0.294	2.305	0.594
A	NGC4194	6.209	121.158	0.138	6.341	195.540	0.320	14.786	4.993
B	NGC4388	6.285	194.470	0.000	6.330	72.755	1.321	21.455	4.076
B	NGC4501	6.264	8.873	0.177	6.370	18.949	0.000	6.379	0.737
C	NGC4579	6.310	119.271	0.000	6.330	75.145	38.847	17.473	9.478
B	NGC4594	6.288	64.063	0.000	6.330	33.727	20.129	11.995	2.277
A	NGC4676	6.214	15.176	0.131	6.339	32.617	0.372	2.021	1.272
A	NGC4818	6.211	52.000	0.114	6.303	134.980	0.266	7.997	2.504
C	NGC4945	6.305	248.523	2271.595	6.412	1071.378	-1.055	316.242	698.826
A	NGC5005	6.210	36.232	0.175	6.360	40.232	0.104	4.639	0.243
B	NGC5033	6.233	143.979	0.173	6.450	146.740	48.647	29.830	9.731
C	NGC5135	6.310	130.715	0.000	6.330	170.784	52.316	88.102	45.399
A	NGC5194	6.219	111.502	0.127	6.280	385.480	0.435	18.435	2.877
A	NGC5256	6.206	19.339	0.115	6.307	75.601	0.324	3.985	0.210

Continua na próxima página...

Tabela D.4 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu m)$	$b_{r1}(\text{Jy})$	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu m)$	$b_{r2}(\text{Jy})$	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
A	NGC5674	6.215	2.902	0.264	6.409	1.372	0.453	0.133	0.004
B	NGC5929	6.257	1.263	0.126	6.354	112.377	0.005	1.524	0.100
B	NGC5953	6.247	25.995	0.188	6.431	0.000	1.698	5.565	0.790
C	NGC6810	6.297	34.544	2.104	6.330	218.392	-0.747	117.645	63.702
A	NGC6890	6.230	20.192	0.206	6.447	0.000	3.911	6.728	0.815
B	NGC7130	6.241	33.193	0.178	6.450	30.828	0.366	1.354	0.028
A	NGC7252	6.220	43.824	0.161	6.393	36.973	-0.239	4.522	1.808
C	NGC7469	6.300	181.880	0.001	6.330	242.181	77.074	122.471	51.234
A	NGC7496	6.211	20.184	0.153	6.330	22.356	0.791	4.929	0.377
A	NGC7582	6.230	158.859	0.153	6.450	231.506	75.267	54.767	9.714
A	NGC7590	6.208	16.523	0.125	6.335	45.756	0.337	6.989	1.021
A	NGC7603	6.189	8.160	0.101	6.312	32.858	0.088	4.221	0.257
A	NGC7714	6.218	39.013	0.126	6.330	58.461	0.270	6.170	2.210
B	SDSS_J005621.72+003235.8	6.278	0.000	2.263	6.330	1.097	0.241	0.349	4.198
B	SJ103744.46+582950.6	6.273	0.534	0.428	6.330	0.000	0.231	0.130	0.209
A	SJ103809.18+583226.2	6.200	0.423	3.061	6.436	0.006	0.000	0.117	0.241
A	SJ103837.03+582214.8	6.201	0.222	0.125	6.382	0.756	0.103	0.043	0.031
A	SJ104217.17+575459.2	6.224	0.254	0.194	6.330	0.227	0.060	0.064	0.028
C	SJ104706.95+592011.8	6.359	-0.805	-1.421	6.569	-1.027	0.113	0.057	0.037
A	SJ104731.08+581016.1	6.222	0.113	0.077	6.450	0.885	1.397	0.191	0.339
A	SMMJ105151.69	6.199	0.096	0.196	6.384	0.206	0.338	0.016	0.021
A	SST172458.3+591545	6.229	0.151	0.152	6.383	0.336	0.842	0.006	0.001
A	SWIRE4_J103637.18+584217.0	6.200	0.127	2.240	6.330	0.697	0.263	0.047	0.028
A	SWIRE4_J104057.84+565238.9	6.227	0.254	0.259	6.450	0.000	0.000	0.042	0.035
B	SWIRE4_J104117.93+595822.9	6.234	0.266	0.283	6.450	0.000	0.000	0.036	0.038
B	SWIRE4_J104439.45+582958.5	6.234	0.181	0.261	6.450	0.000	0.000	0.014	0.007
A	SWIRE4_J104547.09+594251.5	6.200	0.284	2.407	6.330	0.132	0.503	0.027	0.035
A	SWIRE4_J104830.58+591810.2	6.211	0.203	0.129	6.330	0.493	1.145	0.043	0.030
A	SWIRE4_J105840.62+582124.7	6.211	0.152	0.143	6.330	0.451	0.520	0.018	0.006

Continua na próxima página. . .

Tabela D.4 - Continuação

Classe	Objeto	$\lambda_{r1}(\mu m)$	b_{r1} (Jy)	γ_1	$\lambda_{r2}(\mu m)$	b_{r2} (Jy)	γ_2	RMS	χ^2 reduzido
A	SWIRE4_J105943.83+572524.9	6.200	0.316	2.965	6.330	0.636	0.814	0.165	0.913
A	UGC12138	6.222	3.976	0.148	6.450	6.089	0.772	0.585	0.675
A	UGC5101	6.214	20.800	0.143	6.450	43.567	1.648	5.586	3.147
B	UGC7064	6.250	18.363	0.232	6.447	26.058	0.000	7.131	1.231

Tabela D.5 - Resultados das galáxias que apresentaram os melhores ajustes. Aquelas que não contêm as incertezas da posição central do pico foram ajustadas com *minimize*, as demais são do *curve_fit*.

Tipo	Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	Redshift
AGN2	B	SJ104706.95+592011.8	6.244	0.008	1.04
FR-1	A	3C31	6.228	0.005	0.017
IRgal	B	MIPS16047	6.252	0.009	0.52319
IRgal	A	MIPS22307	6.216	—	0.7
IRgal	A	MIPS22432	6.222	0.005	1.59
LINER	B	AGN15	6.259	—	0.322
QSO	B	EIRS-41	6.258	0.011	0.405
QSO2	B	LH_H901A	6.239	0.007	0.205
SB	B	EIRS-13	6.265	0.008	1.0913
SB	A	EIRS-14	6.216	—	0.6154
SB	A	EIRS-16	6.215	0.006	0.7714
SB	B	EIRS-2	6.23	0.005	1.1433
SB	A	EIRS-21	6.215	0.007	1.028
SB	B	EIRS-3	6.286	0.007	0.6761
SB	A	EIRS-32	6.227	0.007	0.6154
SB	A	EIRS-9	6.225	—	0.6055
SB	A	IC342	6.212	—	0.001
SB	A	Mrk52	6.212	—	0.0071
SB	A	NGC1222	6.216	—	0.0076
SB	A	NGC2146	6.216	—	0.0039
SB	A	NGC2623	6.217	—	0.0185
SB	A	NGC3256	6.215	0.002	0.0084
SB	A	NGC3556	6.203	—	0.0032
SB	A	NGC4088	6.209	—	0.0031
SB	A	NGC4676	6.214	—	0.0225
SB	A	NGC4818	6.211	—	0.0022
SB	A	NGC7252	6.22	—	0.0158
SB	A	SJ103837.03+582214.8	6.201	—	1.68
SB	B	SJ104217.17+575459.2	6.238	0.005	1.91
SB	A	SJ104731.08+581016.1	6.218	0.005	1.81
SB + HII	A	NGC1614	6.225	—	0.0149
SB + HII	A	NGC3310	6.212	—	0.0047
SB + HII	A	NGC4194	6.209	—	0.0095
SB + HII	A	NGC7714	6.218	—	0.009
SB + LINER	A	NGC3628	6.225	0.004	0.0023
SB + Sy1	A	NGC1097	6.215	0.003	0.004
SB + Sy1.8	A	NGC1365	6.219	0.003	0.0054
SB + Sy2	A	NGC4945	6.224	0.003	0.0009
SMG	B	GN06	6.254	0.017	2
SMG	B	GN26	6.272	0.005	1.219
SMG	A	Murphy22	6.227	0.004	0.641

Continua na próxima página...

Tabela D.5 - Continuação

Tipo	Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	Redshift
SMG	B	Murphy3	6.238	0.004	0.638
SMG	B	Murphy8	6.251	0.004	0.639
SMG	A	SMMJ105151.69	6.199	—	1.62
Sy1	A	E12-G21	6.212	—	0.0328
Sy1	A	IRAS_14348-1447	6.226	—	0.083
Sy1	A	IRAS03209-0806	6.205	—	0.1664
Sy1	A	M-2-33-34	6.215	0.006	0.015
Sy1	A	MIPS324	6.196	—	0.96
Sy1	A	NGC2273	6.219	—	0.006
Sy1	B	NGC3511	6.244	0.004	0.004
Sy1	A	NGC4579	6.201	0.005	0.005
Sy1	A	SST172458.3+591545	6.229	—	0.494
Sy1	A	UGC5101	6.214	—	0.039
Sy1.5	B	M-5-13-17	6.239	0.007	0.012
Sy1.5	A	NGC1566	6.223	0.004	0.005
Sy1.5	A	NGC3227	6.215	—	0.004
Sy1.5	A	NGC7469	6.221	0.003	0.016
Sy1.8	B	Mrk334	6.239	—	0.022
Sy1.8	B	Mrk471	6.249	0.005	0.034
Sy1.8	A	Mrk609	6.216	—	0.034
Sy1.8	A	NGC3786	6.211	0.01	0.009
Sy1.8	A	NGC5033	6.217	0.002	0.003
Sy1.8	A	UGC12138	6.222	—	0.025
Sy1.9	A	M-2-40-4	6.217	—	0.025
Sy1.9	A	Mrk883	6.225	—	0.038
Sy1.9	B	NGC2992	6.236	—	0.008
Sy1.9	B	NGC3982	6.238	0.006	0.004
Sy1.9	A	NGC5674	6.215	—	0.025
Sy1.9	B	NGC6890	6.231	0.009	0.008
Sy1.9	B	NGC7130	6.241	—	0.016
Sy1.9	B	UGC7064	6.24	0.011	0.025
Sy2	A	IRAS_09539+0857	6.227	—	0.129
Sy2	B	IRAS_15206+3342	6.232	—	0.125
Sy2	A	IRAS_16300+1558	6.207	—	0.242
Sy2	A	M+0-29-23	6.227	0.003	0.025
Sy2	A	Mrk1066	6.218	—	0.012
Sy2	A	Mrk273	6.205	—	0.038
Sy2	A	Mrk622	6.21	0.004	0.023
Sy2	A	Mrk938	6.217	0.002	0.02
Sy2	B	NGC1056	6.232	0.006	0.005
Sy2	A	NGC1125	6.218	0.003	0.011
Sy2	B	NGC1143	6.239	0.006	0.029
Sy2	A	NGC1667	6.218	—	0.015
Sy2	A	NGC3079	6.218	—	0.004
Sy2	B	NGC4388	6.233	0.006	0.008

Continua na próxima página...

Tabela D.5 - Continuação

Tipo	Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	Redshift
Sy2	A	NGC5005	6.21	—	0.003
Sy2	A	NGC5135	6.227	0.004	0.014
Sy2	A	NGC5194	6.219	—	0.002
Sy2	A	NGC5256	6.206	—	0.028
Sy2	B	NGC5953	6.239	0.005	0.007
Sy2	A	NGC6810	6.22	0.003	0.007
Sy2	A	NGC7496	6.211	—	0.006
Sy2	A	NGC7582	6.222	0.003	0.005
Sy2	A	NGC7590	6.208	—	0.005
ULIRG	A	Arp220	6.226	0.004	0.018
ULIRG	A	IRAS_01494-1845	6.187	—	0.158
ULIRG	A	IRAS02021-2103	6.227	—	0.116
ULIRG	A	IRAS02480-3745	6.215	—	0.165
ULIRG	A	IRAS04074-2801	6.201	—	0.153
ULIRG	A	IRAS05020-2941	6.202	—	0.154
ULIRG	A	IRAS08591+5248	6.207	—	0.158
ULIRG	A	IRAS10594+3818	6.198	—	0.158
ULIRG	A	IRAS12447+3721	6.213	—	0.158
ULIRG	A	IRAS13106-0922	6.229	0.01	0.1745
ULIRG	A	IRAS14121-0126	6.199	—	0.1502
ULIRG	A	IRAS14197+0813	6.229	—	0.131
ULIRG	A	IRAS14202+2615	6.205	—	0.1587
ULIRG	A	IRAS14485-2434	6.198	—	0.148
ULIRG	A	IRAS15043+5754	6.201	—	0.1505
ULIRG	A	IRAS21477+0502	6.212	—	0.171
ULIRG	A	IRAS22088-1831	6.209	—	0.1702
ULIRG	A	MIPS15928	6.218	—	1.52
ULIRG	C	MIPS180	6.337	0.008	2.47
ULIRG	A	MIPS22277	6.17	—	1.77
ULIRG	A	MIPS22482	6.216	—	1.84
ULIRG	A	MIPS22530	6.23	0.002	1.951
ULIRG	A	MIPS22651	6.216	—	1.73
ULIRG	A	MIPS289	6.185	—	1.86
ULIRG	C	MIPS8242	6.305	0.002	2.45
ULIRG	A	MIPS8327	6.205	0.003	2.443
ULIRG	A	MIPS8342	6.185	—	1.57
ULIRG	A	MIPS8493	6.217	—	1.8
ULIRG	C	SWIRE4_J103637.18+584217.0	6.313	0.003	0.97
ULIRG	A	SWIRE4_J104057.84+565238.9	6.225	0.003	0.93
ULIRG	B	SWIRE4_J104117.93+595822.9	6.232	0.004	0.65
ULIRG	B	SWIRE4_J104439.45+582958.5	6.233	0.003	0.68
ULIRG	B	SWIRE4_J104547.09+594251.5	6.266	0.006	0.39
ULIRG	A	SWIRE4_J104830.58+591810.2	6.211	—	0.94
ULIRG	A	SWIRE4_J105840.62+582124.7	6.211	—	0.89
ULIRG	A	SWIRE4_J105943.83+572524.9	6.204	0.004	0.8

Continua na próxima página...

Tabela D.5 - Continuação

Tipo	Classe	Objeto	$\lambda_r(\mu m)$	Erro $\lambda_r(\mu m)$	Redshift
ULIRG + HII	A	IRAS.00456-2904	6.23	—	0.11
ULIRG + HII	A	IRAS.01199-2307	6.217	—	0.156
ULIRG + HII	B	IRAS.01355-1814	6.242	0.011	0.192
ULIRG + HII	B	IRAS.02411+0353	6.232	—	0.144
ULIRG + HII	A	IRAS.08201+2801	6.207	—	0.168
ULIRG + HII	A	IRAS.10190+1322	6.202	—	0.077
ULIRG + HII	B	IRAS.11506+1331	6.24	—	0.127
ULIRG + HII	A	IRAS.13469+5833	6.219	—	0.158
ULIRG + HII	A	IRAS.13509+0442	6.226	—	0.136
ULIRG + HII	B	IRAS.13539+2920	6.23	—	0.108
ULIRG + HII	A	IRAS.14060+2919	6.226	—	0.117
ULIRG + HII	B	IRAS.16474+3430	6.242	—	0.111
ULIRG + HII	A	IRAS.17068+4027	6.212	—	0.179
ULIRG + HII	A	IRAS.20414-1651	6.226	—	0.086
ULIRG + HII	A	IRAS.21208-0519	6.221	—	0.13
ULIRG + HII	B	IRAS.22206-2715	6.236	—	0.132
ULIRG + HII	B	IRAS.22491-1808	6.239	—	0.076
ULIRG + LINER	B	IRAS.03250+1606	6.241	—	0.129
ULIRG + LINER	A	IRAS.03521+0028	6.21	—	0.152
ULIRG + LINER	A	IRAS.09039+0503	6.228	—	0.125
ULIRG + LINER	A	IRAS.09116+0334	6.216	—	0.146
ULIRG + LINER	A	IRAS.09463+8141	6.203	—	0.156
ULIRG + LINER	A	IRAS.10485-1447	6.224	—	0.133
ULIRG + LINER	A	IRAS.10494+4424	6.225	—	0.092
ULIRG + LINER	B	IRAS.11130-2659	6.232	—	0.136
ULIRG + LINER	A	IRAS.11582+3020	6.195	—	0.223
ULIRG + LINER	A	IRAS.12032+1707	6.197	—	0.217
ULIRG + LINER	A	IRAS.12112+0305	6.223	—	0.073
ULIRG + LINER	A	IRAS.12359-0725	6.229	—	0.138
ULIRG + LINER	B	IRAS.13335-2612	6.235	—	0.125
ULIRG + LINER	A	IRAS.14252-1550	6.2	—	0.149
ULIRG + LINER	B	IRAS.16090-0139	6.233	—	0.134
ULIRG + LINER	A	IRAS.16333+4630	6.219	—	0.191
ULIRG + LINER	A	IRAS.16487+5447	6.223	—	0.104
ULIRG + LINER	A	IRAS.17028+5817	6.229	—	0.106
ULIRG + LINER	A	IRAS.21329-2346	6.229	—	0.125
ULIRG + LINER	B	IRAS.23129+2548	6.232	0.007	0.179
ULIRG + LINER	A	IRAS.23234+0946	6.227	—	0.128