

PROJETO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ASTRONOMIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ASTRONOMIA



ANALISE DAS PROPRIEDADES DAS ESTRELAS T TAURI
NO INFRAVERMELHO DISTANTE

Alunos : Bruno Vaz Castilho de Souza
Gladys Lopes Vieira

Orientador : Jorge Ramiro de la Reza ;
Observatório Nacional/CNPq

Nossos agradecimentos

Ao Dr. Jorge Ramiro de la Reza, não só pela orientação, como pela consideração e amizade recebidas no decorrer deste trabalho.

Aos pesquisadores Carlos Alberto Torres e Germano Quast, do LNA/CNPq, pelas sugestões e críticas oferecidas.

Aos professores do Observatório do Valongo, grandes responsáveis pela nossa orientação. E de forma especial agradecemos aos professores: Lilia A. Prado, Encarnación A. Gonzalez, Jorge A. Vieira, Heloisa B. Roberty e José Augusto B. Nazaré, pela dedicação, carinho e estímulo que deles recebemos.

RESUMO

Este trabalho teve como principais objetivos: 1) o estudo da associação de estrelas T Tauri com fontes de infravermelho, na faixa entre $7.5\mu\text{m}$ e $135\mu\text{m}$, obtidas pelo satélite IRAS ("Infrared Astronomical Satellite"), 2) o estabelecimento da caixa onde se localizam as T Tauri em diagramas cor X cor no infravermelho, 3) a procura de algum indicador no infravermelho que pudesse separar as estrelas T Tauri clássicas das "weak T Tauri" além da separação convencional determinada pelo valor da largura equivalente da linha $H\alpha$ ($W(H\alpha)$), 4) a determinação de luminosidades no infravermelho para estrelas associadas a fontes IRAS e com distâncias disponíveis na literatura.

Utilizamos, neste trabalho, duas principais fontes de informações: 1) "The Third Catalog of Emission Line Stars of The Orion Population" (HBC), com 742 objetos, 2) "General Point Source Catalog" (PSC), produzido pelo satélite IRAS, contendo 250.000 fontes.

Foi adotado um critério de associação entre as estrelas e as fontes IRAS que nos permitiu classificar as estrelas do HBC em 6 classes, indo da primeira, onde a estrela se encontra dentro da elipse de erro da fonte IRAS, à sexta, onde a estrela está a mais de 1 minuto de arco de distância de qualquer elipse e, portanto, considerada como não associada. De todas as estrelas T Tauri contidas no HBC, 42% encontram-se de alguma forma associadas, enquanto que para as "weak T Tauri" este valor cai para 19%.

Com as densidades de fluxo a 12, 25, 60 e $100\mu\text{m}$, fornecidas pelo PSC, foram construídos diagramas cor x cor e obtidos os seguintes resultados como estabelecimento da caixa das T Tauri : $-0.1 > [12/25] > -0.5$, $0.1 > [25/60] > -0.7$, $0.2 > [60/100] > -0.5$. O conhecimento deste comportamento é importante e pode ser usado como instrumento para a descoberta de novas estrelas T Tauri. Foram calculados, ainda, fluxos totais na região de comprimento de onda de 7 a $135\mu\text{m}$. Para as estrelas cujas distâncias puderam ser conhecidas pela literatura, foram também calculadas as respectivas luminosidades.

INDICE

INTRODUÇÃO - Estrelas T Tauri	
I) Geral.....	1
II) Características.....	2
III) Motivações	3
CAPITULO 1) - ASSOCIAÇÃO DE FONTES IRAS A ESTRELAS DO CATALOGO HERBIG-BELL	
I) Catálogos IRAS e Herbig-Bell	6
II) Associação entre os Catálogos	6
III) Identificação das Estrelas em Classes de Associação ..	14
IV) Diferenças entre Estrelas Associadas e Não-Associadas .	15
CAPITULO 2) - O ARQUIVO DE TRABALHO	
I) Introdução	17
II) Lotus 123	17
III) A Lista das Informações	18
IV) O Banco de Dados	19
CAPITULO 3) - INDICES DE COR	
I) Cálculo dos Indices de Cor no Infravermelho Distante....	21
II) Análise da Fotometria Óptica	28
III) Indicador de Separação entre as T Tauri Clássicas e as T Tauri de Linhas Fracas	32
CAPITULO 4) - CÁLCULO DAS LUMINOSIDADES NO INFRAVERMELHO DISTANTE	
I) Associações a Nuvens e Informações sobre Distâncias	35
Referências da Tabela 4.1	38
II) Cálculo dos Fluxos Totais e Luminosidades	40
CAPITULO 5) - COMPARAÇÃO COM A BIBLIOGRAFIA	52
APÊNDICE A) - Descrição do Catálogo Herbig-Bell	55
APÊNDICE B) - Descrição do Catálogo de Fontes Pontuais do IRAS	61
APÊNDICE C) - Exemplo do Banco de Dados	68
BIBLIOGRAFIA.....	73

INTRODUÇÃO

ESTRELAS T TAURI

1) Geral

Estrelas T Tauri (ETT) são estrelas jovens de baixa massa (em geral, entre 0.5 e 3.0 massas solares), que já podem ser vistas na faixa óptica. Alfred H. Joy, na década de 40, descobriu-as na nuvem escura Taurus-Auriga e denominou a nova classe com o nome de seu membro mais brilhante: T Tauri (citado na ref.44). Ele encontrou algumas estrelas fracas com tipos espectrais de último tipo ("late type") e "linhas de emissão lembrando as da cromosfera solar". Elas mostravam variações de luz grandes e irregulares e eram, aparentemente, associadas a nuvens escuras ou brilhantes.

Ambartsumian em 1947 observou que as T Tauri ocorriam em grupos, os quais ele chamou de associações T, e que estes grupos eram frequentemente encontrados junto a associações de estrelas massivas de tipo OB (citado na ref.44).

Herbig, em 1977, mostrou uma associação cinemática entre as estrelas jovens e as nuvens escuras das quais elas presumivelmente teriam se formado (citado na ref.44).

Atualmente, as ETT são consideradas como sendo um dos elementos da formação estelar, não podendo mais ser estudadas independentemente dos outros aspectos das teorias de formação estelar. Por isso, com o passar dos anos, o termo T Tauri se tornou equivalente a objetos ópticos de baixa massa, pré-sequência principal.

As ETT representam uma classe intermediária entre as fontes de baixa luminosidade, que estão profundamente embebidas em nuvens (designaremos por nuvem, as regiões de formação estelar como: nebulosas, nuvem escura, glóbulos de Bock, etc.) e que só podem ser estudadas nos comprimentos de onda do infravermelho e do rádio, e as estrelas frias da sequência principal. Várias delas estão associadas a jatos e objetos Herbig-Haro, que também são fenômenos típicos de ejeção de massa ligados à fase proto-estelar.

Embora todas as T Tauri apresentem características comuns, de

modo algum apresentam um comportamento uniforme. Vários autores, em diferentes épocas, tentaram classificar as ETT segundo suas características espectrofotométricas. Mas, em nossa opinião, nenhum deles conseguiu, ainda, atingir este objetivo satisfatoriamente, porque sempre existem estrelas que não se enquadram em nenhuma das categorias propostas. Uma das classificações tratadas neste trabalho é a usada por Herbig e Bell em seu catálogo (ref.50), onde eles separam as estrelas em T Tauri com linhas de emissão de H fracas ("weak-line T Tauri stars", TTF), que têm largura equivalente da linha H α menor ou igual a 10 Å, e em T Tauri clássicas ("classical T Tauri stars", TTC), com largura equivalente de H α superior a 10 Å. Walter e colaboradores (ref.57), em 1988, caracterizaram as TTF como fontes de raio-X, com uma contrapartida óptica associada a características de estrelas pré-sequência principal. Apresentam a linha do LiI ($\lambda=6707 \text{ \AA}$) em absorção, com largura equivalente maior que 100mÅ, e velocidade radial consistente com as outras estrelas da nuvem a qual se encontra associada. Daqui em diante, cada uma das siglas, ETT, TTF, TTC, é utilizada para designar uma estrela, ou um conjunto delas, conforme o contexto.

II) Características

De acordo com Herbig (ref.49), os critérios que definem uma T Tauri no espectro óptico são:

- i) as linhas de Balmer do Hidrogênio e as do CaII estão em emissão;
- ii) emissão do FeI, em 4063 e 4132Å, são observadas com frequência;
- iii) em muitas, também observam-se linhas proibidas do OI e SII;
- iv) a linha do LiI em absorção (6707Å) é muito forte.

Outras linhas de emissão fortes também são as do FeII, TiII e HeI. O espectro de emissão é sobreposto a um espectro contínuo, que pode variar de um contínuo puro, em T Tauri extremas, a um espectro de absorção quase normal, de tipo tardio, F a M, em T Tauri moderadas. A figura I.1, na página seguinte, ilustra os vários subgrupos das ETT.

De acordo com Kuhl (ref.52), a maioria das T Tauri apresentam perfis P Cygni (perfis do tipo em que aparecem, na mesma linha, uma componente de emissão e uma de absorção) na linha H α . Nestes

perfis, a emissão é larga (aproximadamente 200 km/s) e é simétrica, e a absorção é deslocada para o azul (aproximadamente 80 km/s). Mas em T Tauri extremas os perfis P Cygni das linhas de Balmer podem variar, de um perfil normal a um inverso, em questão de dias e, às vezes, os dois são vistos, simultaneamente, no mesmo espectro. Isso ocorre nas T Tauri tipo YY Orionis.

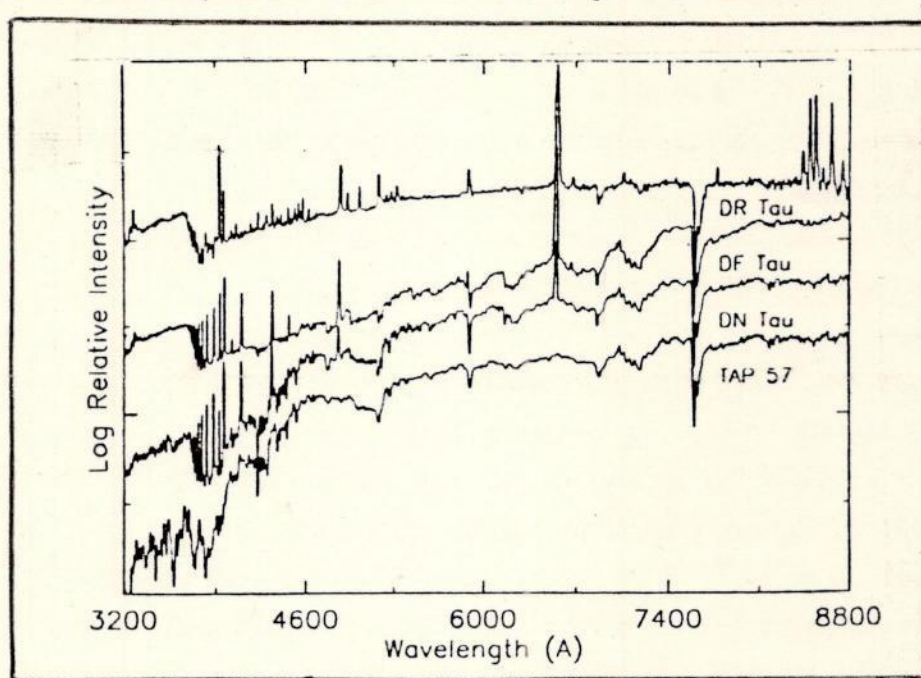


Fig. I.1 - Espectros de média resolução, cobrindo de 3200Å a 8800Å.

Tap 57 é uma WTTS, DN Tau uma moderada,
DF Tau uma velada e DR Tau uma extrema (ref.44).

A distribuição de energia espectral das T Tauri mostra um grande excesso, tanto no ultravioleta quanto no infravermelho.

Todos estes dados sobre as ETT indicam que um movimento de massas muito complexo está ocorrendo em suas atmosferas. A presença de discos de "acresção" e ejeção de massa é aceita pela maioria dos pesquisadores.

III) Motivações

A idéia do presente trabalho surgiu dos resultados de nosso trabalho anterior (ref.45). Nesta pesquisa, que também realizamos sob a orientação de Ramiro de la Reza, procurávamos ETT nas vizinhanças de TW Hya (ref.55), que é uma ETT isolada de nuvens interestelares. A presença de outras estrelas jovens poderia

indicar que houve uma formação em grupo, e ajudaria a explicar a ausência de nuvens moleculares próximas.

Estudamos o comportamento dos fluxos IRAS de 33 ETT obtidas do trabalho de Rucinski (ref.54). Seleccionamos, então, no catálogo IRAS (ver cap.1 e ap.B), fontes da região de TW Hya que apresentavam o mesmo comportamento. Observando estas fontes de infravermelho no óptico, identificamos três novas ETT na região.

Mostramos, então, que a estrela TW Hya se formou, provavelmente, em um grupo e que o método de procura de novas ETT tinha uma boa eficiência, mesmo sendo utilizado um número tão pequeno de estrelas. Uma das importâncias deste método é a de dar a possibilidade de se descobrir novas ETT longe das nuvens as quais geralmente estão associadas.

Mas, para podermos compreender o processo de formação destas estrelas isoladas, precisamos descobrir mais estrelas deste tipo, para acumular dados. Além disso, precisamos também melhorar nosso entendimento acerca das ETT associadas a nuvens já conhecidas.

A publicação, em junho de 1988, do Catálogo das Estrelas da População de Orion (a População de Orion é constituída por todas as estrelas jovens associadas a nuvens de formação estelar, como ocorre no complexo que dá o nome a esta população - ver cap.1 e ap.A), organizado por G. H. Herbig e K. Robin Bell e publicado pelo Observatório Lick, nos permitiu realizar um estudo que nos possibilitava caminhar na direção dos objetivos descritos.

O catálogo de Herbig e Bell (HBC) lista todas as ETT e semelhantes, conhecidas na literatura até a data de sua publicação. Nossa idéia foi associar as ETT deste catálogo com as fontes pontuais do "Point Source Catalog" (PSC) do IRAS. Com estes dados, pudemos construir, a partir dos índices de cor no infravermelho, uma "caixa" bem definida que representaria o comportamento das ETT nesta região do espectro. Com esta caixa, poderemos refinar o método de descoberta de ETT. Este método vem sendo usado por Jane Gregório Hetem, do IAG, e colaboradores, com muito sucesso. Poderemos aplicá-lo, então, em regiões mais difíceis, tais como a do plano galáctico e as de alta latitude galáctica. Além disso, poderemos trabalhar com fontes com medidas de qualidade inferior.

Pudemos, também, estudar as ETT em outros aspectos. Fizemos

a comparação entre seus índices de cor fotométricos no óptico, observamos a distribuição dos tipos (TTC ou TTF) e da largura equivalente da linha H α . Tentamos descobrir um indicador, na região do infravermelho medido pelo IRAS, que pudesse separar as TTC das de linhas de emissão fraca (TTF).

A partir das estimativas de distância das estrelas, obtidas a partir das distâncias das nuvens, publicadas na literatura, calculamos luminosidades no infravermelho e estudamos a correlação destas luminosidades (devidas provavelmente ao disco) com larguras equivalentes da linha H α ($W(H\alpha)$), para estudarmos a possibilidade da linha de emissão H α estar ligada ao disco.

Os primeiros resultados deste trabalho foram apresentados na VI Reunião Regional Latino-Americana da IAU em 1989 (ref.56).

Antes de terminar a introdução, gostaríamos de citar uma frase de Claude Bertout, referindo-se as primeiras interpretações das T Tauri, que levaram à conclusão de que estas estrelas eram objetos já evoluídos.

" This first false track was by no means the last, so now that we once again have a promising framework for understanding several aspects of these objects, we should keep in mind that the elusiveness of T Tauri stars, while it attracts and challenges teaches humility."

CAPITULO 1

ASSOCIAÇÃO DE FONTES IRAS A ESTRELAS DO CATALOGO HERBIG-BELL

I) Catálogos IRAS e Herbig-Bell

Enviado ao espaço em janeiro de 1983, com a missão de pesquisar fontes de infravermelho, o "Infrared Astronomical Satellite" (IRAS) catalogou cerca de 250.000 fontes pontuais. Após cobrir com sucesso mais de 96% do céu, o satélite cessou suas atividades em novembro do mesmo ano. Foram medidos fluxos em quatro bandas, centradas nos comprimentos de onda 12, 25, 60, e 100 μm , sendo registradas, também, suas elipses de incerteza quanto às posições precisas das fontes. Para maiores informações sobre os dados obtidos pelo IRAS, recomendamos a leitura do apêndice B.

Por sua vez, o catálogo de autoria de Herbig e Bell, "Third Catalog of Emission-Line Stars of the Orion Population" (HBC), lista 742 estrelas pré-sequência principal, membros da População de Orion. Fornece, entre outras informações, coordenadas precisas (1950.0), dados fotométricos UBVRI, tipo espectral, largura equivalente da linha de emissão H α (W(H α)) e uma classificação, segundo o tipo de objeto (T Tauri, Weak T Tauri, SU Aur, Herbig Ae, ou mesmo incerto). O catálogo apresenta, também, a nuvem a qual a estrela esteja associada ou cuja projeção esteja na mesma linha de visada. Para maiores informações sobre o HBC e os dados contidos nele, recomendamos a leitura do apêndice A.

II) Associação entre os Catálogos

O acesso ao PSC do IRAS foi feito, principalmente, via computador, utilizando-se os programas de aquisição, disponíveis no Observatório Nacional/CNPq (ON), para acessar as fitas magnéticas do catálogo no Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC). A partir da distribuição espacial das estrelas pré-sequência principal, foi possível delinear regiões de maior concentração destes objetos e, por fim, obter listagens das fontes IRAS nestas regiões.

Através destas listagens, verificamos quais as estrelas, com base em suas coordenadas, que tinham ou não fontes IRAS próximas. Em outras palavras, se cada estrela era ou não candidata a ser uma fonte IRAS.

Passamos, a seguir, para uma análise mais fina das que eram candidatas. Utilizando as informações do PSC, sobre as elipses de incerteza das coordenadas de suas fontes (semi-eixo maior, semi-eixo menor e ângulo de orientação), construímos gráficos, onde foram marcadas as posições das fontes IRAS, com as respectivas elipses de incerteza, e as das estrelas associadas. Como exemplo, ilustramos aqui alguns destes gráficos.

Figs.1.1 a 1.6- Gráficos representando as posições das elipses de erro do IRAS e as respectivas estrelas, do HBC, associadas. As figuras mostram, respectivamente, exemplos das classes 1, 2a, 2b, 3, 4 e 5 (ver as definições das classes no texto a seguir).

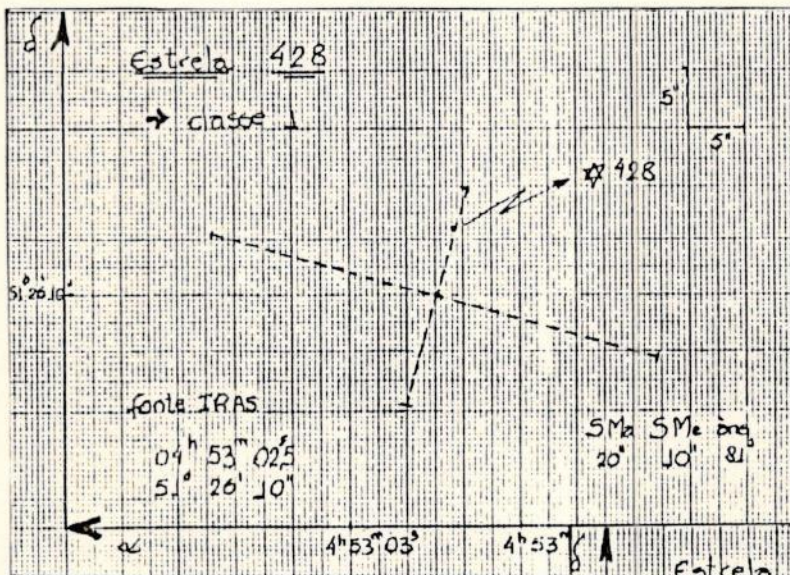


FIG 1.1

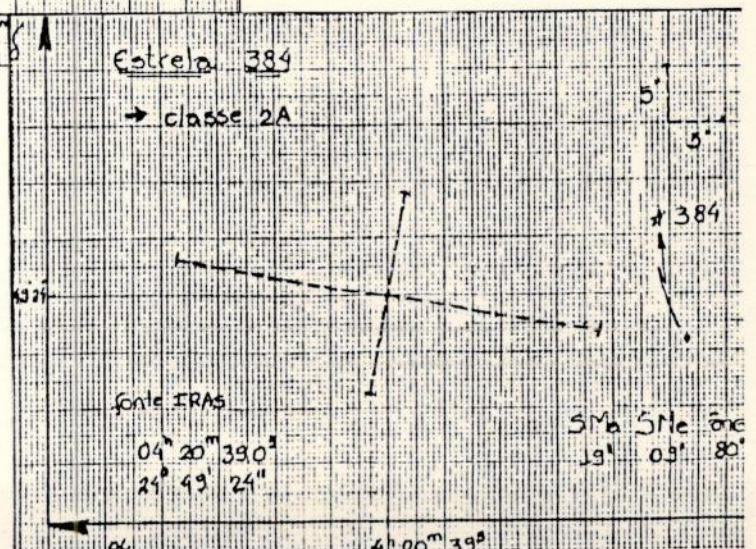


FIG 1.2

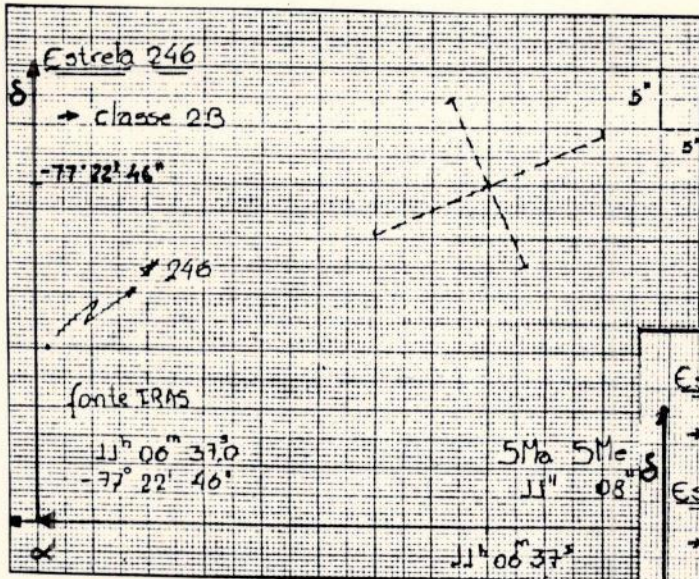


FIG. 1.3

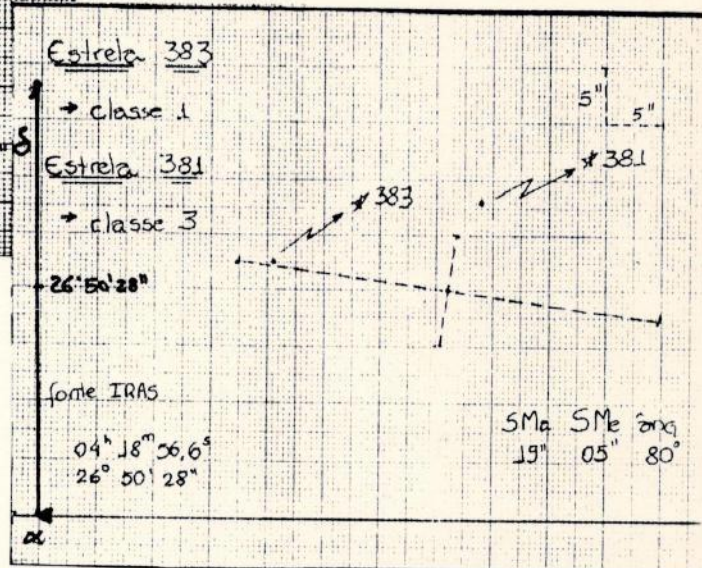


FIG. 1.4

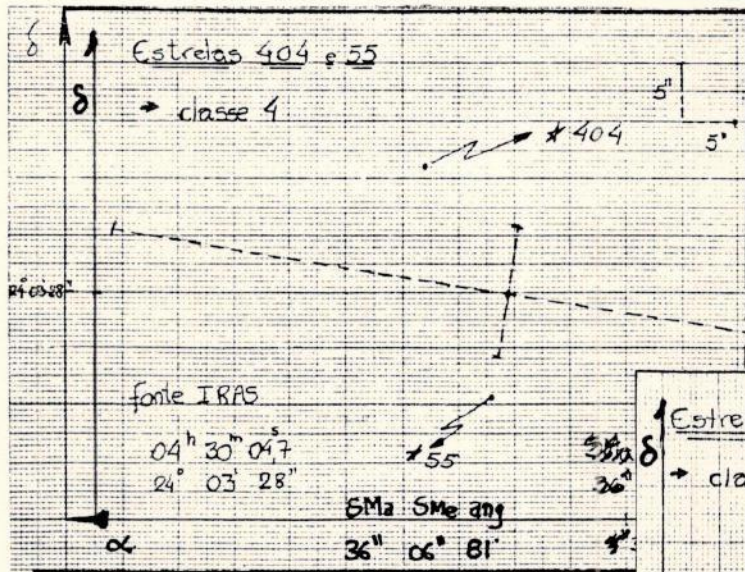


FIG. 1.5

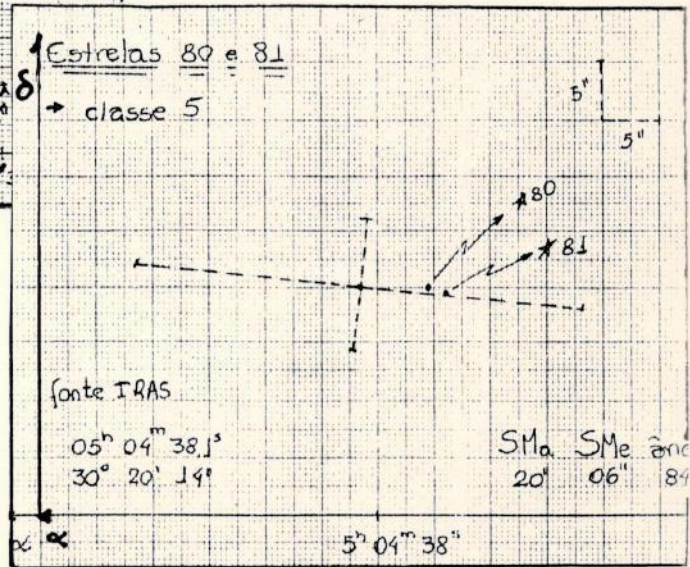


FIG. 1.6

Ficamos, então, com o seguinte problema: qual critério usar para decidir se uma estrela pode ou não ser considerada fonte IRAS? Apenas as que estiverem dentro da elipse? E quanto às incertezas nas coordenadas das estrelas? O que fazer quando duas ou mais estrelas ocuparem a mesma elipse? E quanto as que estiverem beirando as fronteiras da elipse? A que distância da elipse poderemos garantir que uma estrela não é fonte IRAS?

Resolvemos, então, definir um critério de classificação através do qual as estrelas do HBC puderam ser distribuídas nas seguintes classes:

- CLASSE 1: estrela contida na elipse de erro,
- CLASSE 2: estrela fora da elipse de erro, até uma distância de 60" de arco. Esta classe foi posteriormente subdividida em duas: 2A (distância < 15")
e 2B (15" < distância < 60"),
- CLASSE 3: estrela próxima (até 15") de uma elipse de erro já preenchida por uma outra estrela,
- CLASSE 4: duas estrelas próximas à mesma elipse de erro, com o critério de 15" acima,
- CLASSE 5: duas ou mais estrelas na mesma elipse de erro,
- CLASSE 6: estrela fora da elipse de erro, a uma distância maior que 60" de arco. Neste caso as estrelas não são consideradas fontes IRAS.

Como resultado desta distribuição (a lista das estrelas encontra-se no próximo item), obtivemos:

- CLASSE 1: 164 estrelas,
- CLASSE 2: 79 estrelas,
- CLASSE 3: 10 estrelas,
- CLASSE 4: 18 estrelas,
- CLASSE 5: 40 estrelas,
- CLASSE 6: 431 estrelas.

Seria interessante observarmos o que estes números representam a nível de proporções. Analisando, primeiramente, a distribuição de tipos do HBC, notamos que cerca de 55% são TTC já identificadas, enquanto que apenas 6% representam estrelas TTF. Não devemos nos esquecer, portanto, que, neste trabalho, as

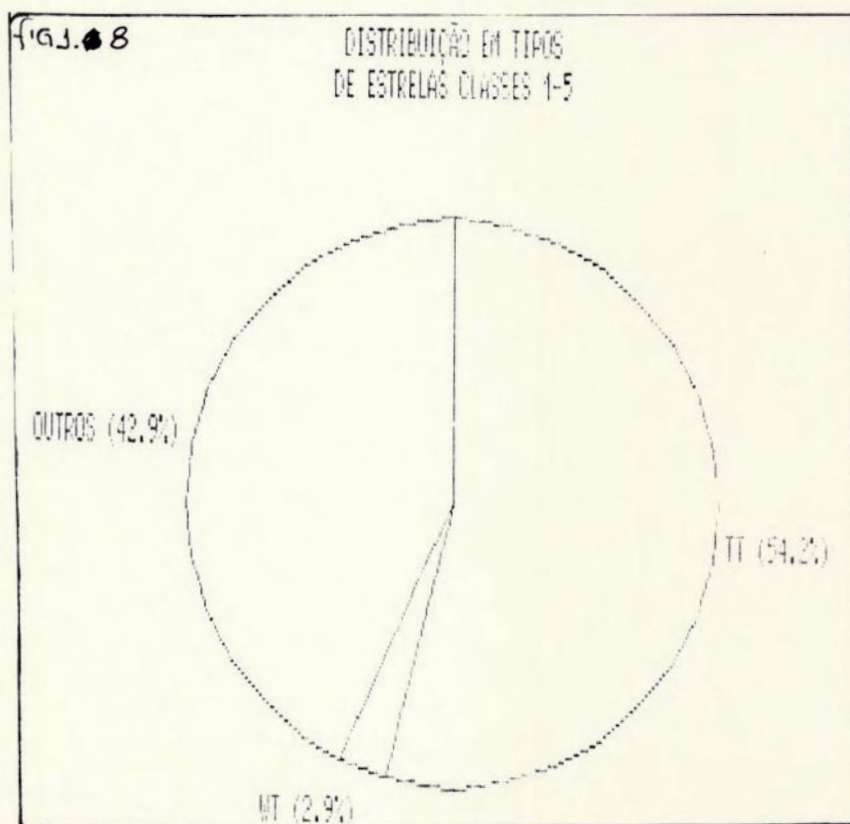
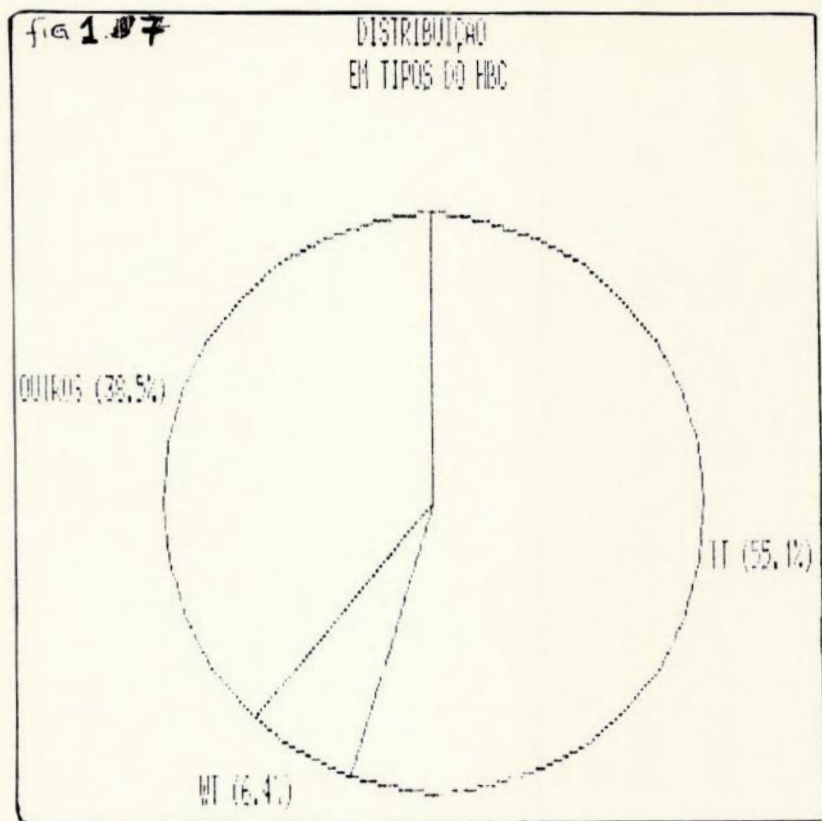
análises estatísticas das TTF não são tão significativas quanto as das TTC, tendo em vista o tamanho das amostras (fig.1.7).

Analisando, agora, as estrelas de alguma forma associadas a fontes IRAS, ou seja, classes de 1 a 5, observamos que deste total, 54% são TTC, enquanto que apenas 3% são TTF (fig.1.8). Uma observação interessante é a de que a razão entre o número das TTF e o das TTC diminui neste segundo gráfico, indicando uma tendência maior das TTC em apresentar emissão no infravermelho. Se nos restringirmos apenas a estrelas que sejam seguramente fontes IRAS (classe 1), o decréscimo da razão torna-se mais evidente. Apenas 1% são TTF contra 54% TTC (fig.1.9).

Tomando o total como o conjunto formado somente pelas TTC, podemos observar sua relação com fontes IRAS pela figura 1.10. 22% estão associadas a fontes IRAS de uma forma mais segura, pertencendo a classe 1. Uma associação mais incerta, correspondendo às classes de 2 a 5, ocorre para 20% destas estrelas. Por volta de 58% não possuem associação, pertencendo à classe 6, o que indica, provavelmente, TTC sem disco (ou envoltório), ou com discos vistos de perfil (assumindo que o disco é responsável pelo excesso de infravermelho).

O mesmo é feito para as TTF na figura 1.11. A não associação chega a 81%. Na figura 1.12, observamos a distribuição, em classes, de todas as estrelas do HBC.

Figs.1.7 a 1.12 - Gráficos de distribuição, em percentuais.



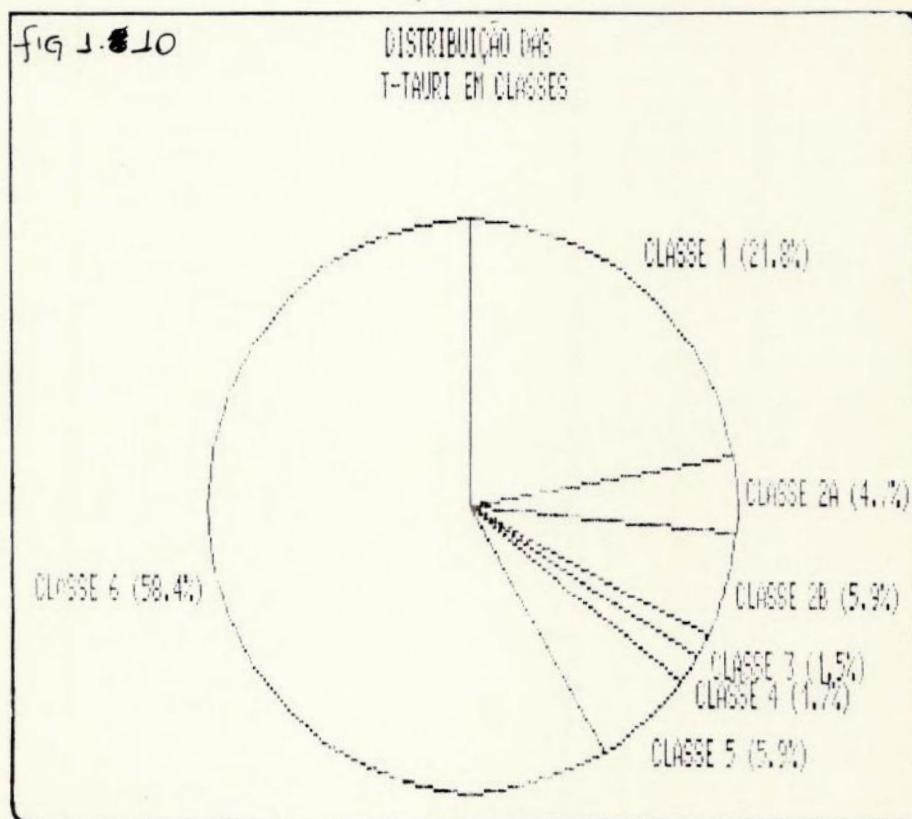
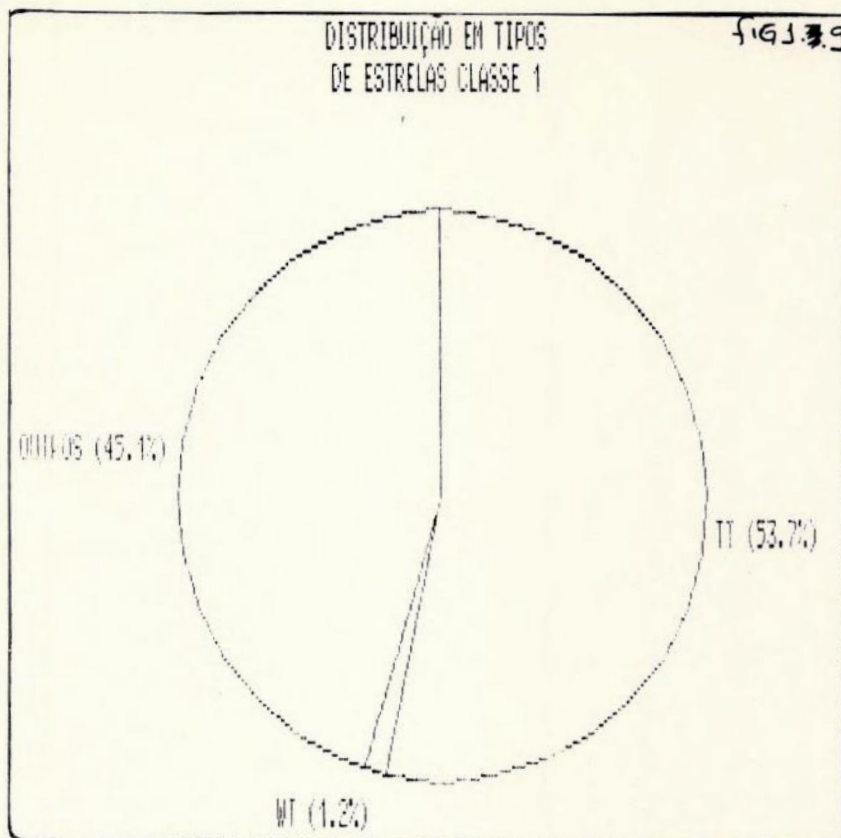


FIG. 11

DISTRIBUIÇÃO
DAS VT EN CLASSES

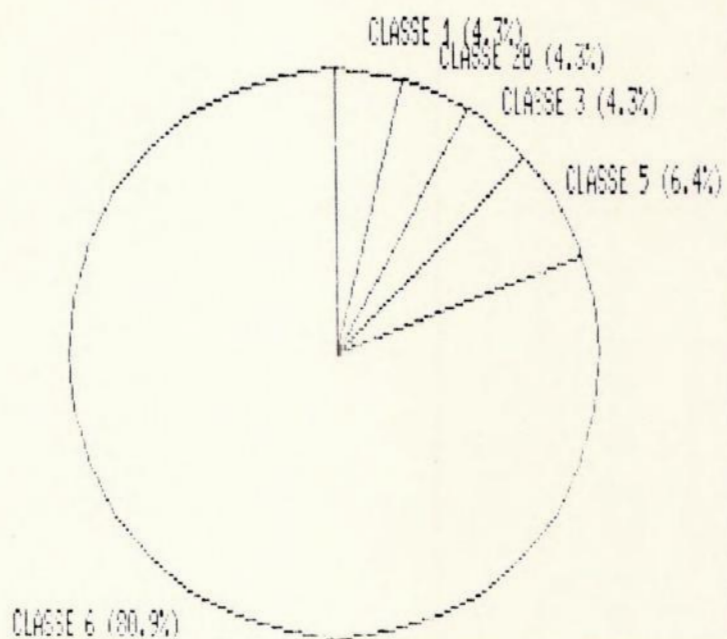
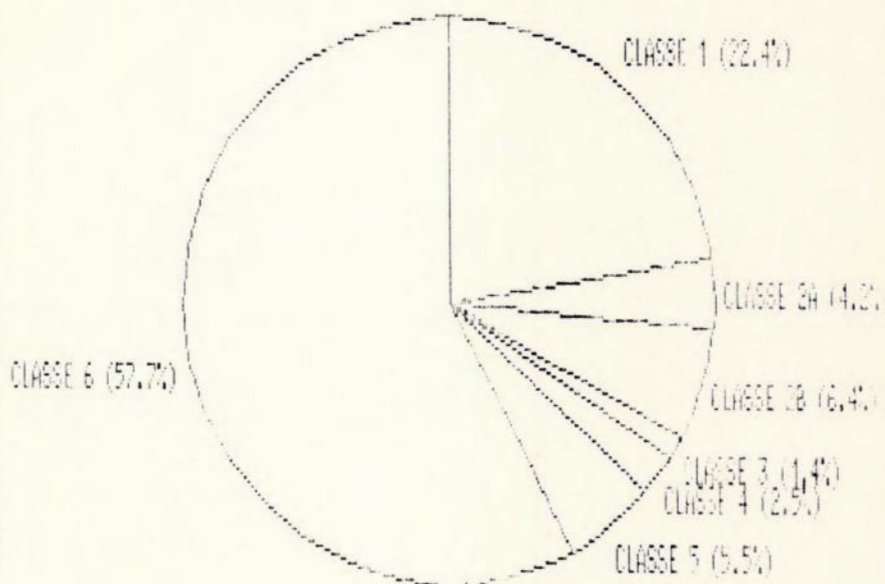


FIG. 12

DISTRIBUIÇÃO DAS
ESTRELAS EN CLASSES



III) Identificação das Estrelas do HBC em suas Respectivas Classes
(Cos números são os do HBC)

Classe 1: 1, 3, 326, 329, 330, 334, 337, 339, 11, 346, 14, 15, 348, 20, 363, 367, 24, 369, 373, 375, 32, 33, 34, 383, 385, 36, 37, 389, 41, 40, 45, 48, 396, 54, 57, 58, 61, 62, 63, 65, 410, 411, 413, 66, 67, 419, 421, 70, 74, 76, 77, 78, 79, 428, 83, 84, 85, 432, 87, 89, 94, 436, 442, 115, 114, 451, 138, 464, 164, 168, 169, 174, 170, 176, 493, 179, 181, 182, 183, 186, 505, 187, 514, 192, 193, 518, 529, 207, 209, 236, 546, 548, 551, 243, 563, 568, 245, 579, 584, 588, 247, 248, 249, 599, 601, 250, 603, 605, 251, 608, 253, 611, 612, 619, 622, 262, 264, 266, 268, 649, 650, 653, 270, 271, 655, 656, 273, 274, 275, 662, 282, 672, 284, 288, 291, 684, 686, 293, 687, 294, 692, 696, 302, 303, 727, 307, 733, 310, 312, 734, 735, 736, 315, 316, 741, 320, 321, 322, 559, 592, 336, 161, 257, 289

Classe 2A: 5, 384, 44, 197, 198, 199, 213, 219, 230, 244, 252, 259, 280, 431, 499, 430, 434, 435, 489, 564, 567, 569, 570, 572, 578, 581, 590, 597, 547, 583, 680, 695

Classe 2B: 327, 333, 21, 25, 35, 39, 46, 393, 82, 128, 132, 470, 475, 151, 158, 483, 485, 491, 500, 513, 35, 515, 520, 216, 218, 231, 550, 552, 562, 565, 566, 246, 586, 591, 594, 596, 616, 620, 652, 277, 668, 669, 287, 688, 698, 726, 309,

Classe 3: 325, 364, 381, 56, 414, 415, 113, 521, 235, 422

Classe 4: 30-31, 55-404, 466-141, 172-173, 492-171, 497-498, 526- 527, 645- 646, 675- 286

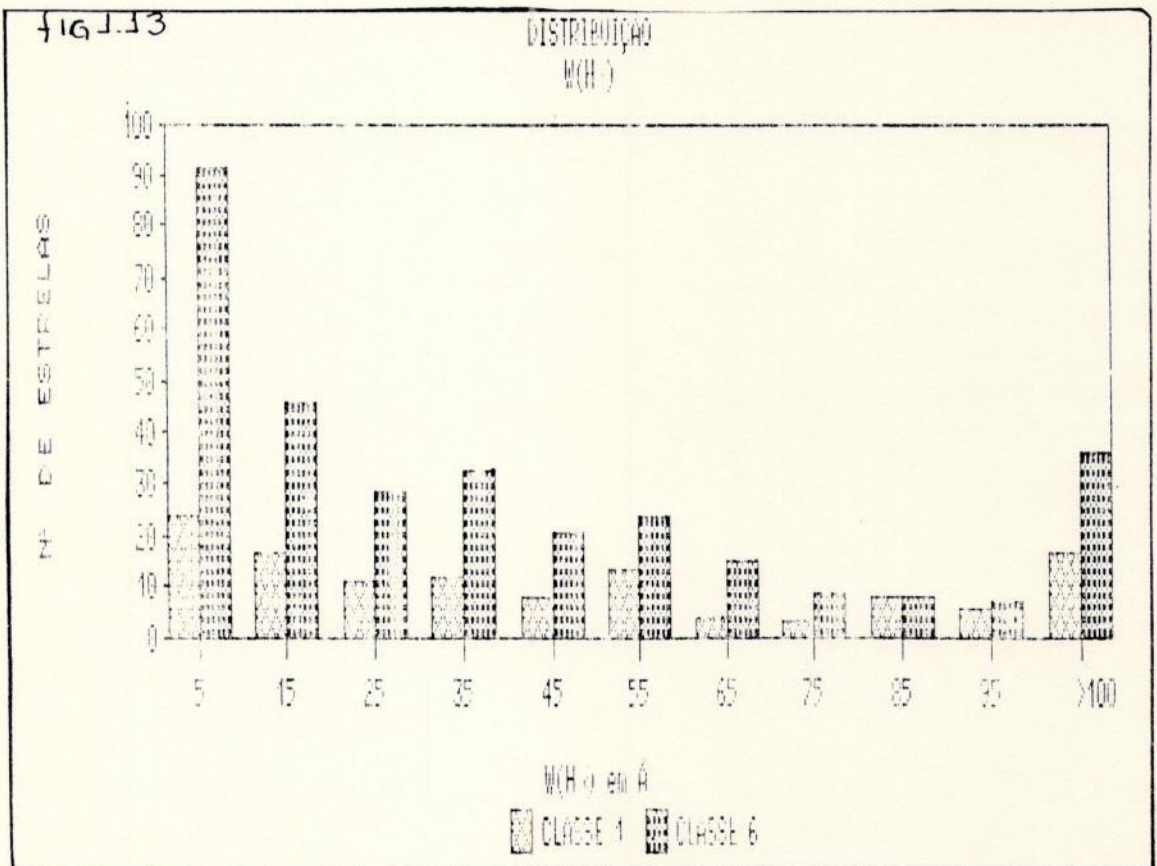
Classe 5: 340-341, 349-350, 42-43, 49-50, 395-51, 401-402, 52-53, 406-60, 423-69, 424-73, 81-80, 484-167, 202-522-523, 632-254, 663-664, 665-666-667,

Classe 6: restante do catálogo

Obs. - O PSC apresenta algumas fontes associadas a outros objetos. Entretanto, estas associações foram baseadas simplesmente em coordenadas, sem nenhuma tentativa de se distinguir entre objetos múltiplos, associados a uma única fonte IRAS. Sendo assim, não nos preocupamos com as associações apresentadas pelo PSC visto que o critério adotado por nós foi o mesmo, ou seja, simplesmente baseado em coordenadas.

iv) Diferenças entre Estrelas Associadas e Não Associadas

Na fig.1.13 temos um histograma de freqüências para $W(H\alpha)$ feito, separadamente, para estrelas de classe 1, com grande probabilidade de serem fontes IRAS, e de classe 6, com grande probabilidade de não serem fontes de infravermelho.



A maior razão entre estrelas não associadas e estrelas associadas encontra-se na faixa de 0 a 10 Å. Isto parece ser significativo, visto que, em geral, considera-se que as TTF estão em um estágio evolutivo posterior ao estágio de T Tauri e têm, portanto, menos envoltório e/ou disco que possam emitir no infravermelho. Por outro lado há também um bom número de estrelas (em torno de 37), com grande emissão em H α , apresentando $W(H\alpha) > 100\text{Å}$, as quais, aparentemente, não são associadas a fontes de infravermelho.

Analisamos, também, a distribuição de tipos espectrais, fornecidos pelo HBC, para estrelas de classe 1 e 6. Para ambas as classes, os tipos com maior percentual de estrelas foram K7 e M0, sendo que para as de classe 1 o pico está em K7, enquanto que para as de classe 6 este pico desloca-se para M0. É interessante notar, também, que as estrelas de classe 1 encontram-se melhor distribuídas pelos tipos espectrais, enquanto que as de classe 6 concentram-se nos tipos K e M.

Tabela 1.1

<u>TIPO ESPECTRAL</u>	<u>CLASSE 1 (%)</u>	<u>CLASSE 6 (%)</u>
..... O	0	0
..... B	9	3
..... A	13	2
..... F	8	3
..... G	11	8
..... K	38	50
..... M	21	34

CAPITULO 2

O ARQUIVO DE TRABALHO

I) Introdução

Após realizarmos as associações, entre o catálogo de Herbig-Bell (HBC) e o catálogo de fontes pontuais (PSC) do IRAS, criamos um arquivo de trabalho para manipular os dados. O arquivo foi criado numa planilha de cálculos Lotus 123. Ele contém, para cada estrela associada a uma fonte, dados do HBC e do PSC e para as estrelas não associadas, somente dados do HBC.

Para uma descrição das informações contidas no banco de dados ver o item III. A descrição do banco de dados propriamente dito encontra-se no item IV.

II) Lotus 123

O Lotus 123 é um pacote muito versátil, que consiste em uma planilha de cálculos e vários programas auxiliares.

A planilha armazena as informações em células, que são organizadas em uma matriz. Os elementos de linha desta matriz são identificados por letras, de A até ZZ, e os elementos de coluna são identificados por números, de 1 a 8192. A planilha pode gerenciar até 950.000 células, dependendo da capacidade de memória e da velocidade do computador utilizado.

As operações matemáticas podem ser feitas entre duas células individuais ou entre uma série definida de células, facilitando a operação com grandes quantidades de dados. Podem ser gerados gráficos de tipo XY, de linhas, de barras e de "tortas", para a apresentação das informações na planilha. Há a possibilidade da comparação de duas ou mais séries de dados num mesmo gráfico. Existem comandos especiais, de busca, distribuição de dados, de movimentação e reorganização das células, etc., que facilitam muito a manipulação dos dados.

Os programas periféricos permitem, entre outras coisas, a importação ou a exportação de dados para outros programas, a impressão dos gráficos, com alta definição, e a impressão dos dados de toda a planilha. A impressão do apêndice C e a maioria dos gráficos apresentados neste trabalho foram realizados com o

III) A Lista das Informações

A seguir, damos a descrição das informações do HBC e do PSC do IRAS, que foram utilizadas neste trabalho, e de alguns parâmetros, cujos valores foram por nós calculados. Com essas informações, criamos um banco de dados cuja descrição encontra-se no próximo item.

No banco de dados (ver exemplo no ap.C), as colunas são listadas como se segue (tipos de dados do HBC (ap.A) são referidos com um * e os do PSC (ap.B), com **):

- 1) NUMERO - N° da estrela no catálogo HBC; *
- 2) CLASSE - Classe em que a estrela foi incluída, tendo como base o critério de associações com o PSC do IRAS. É dado por um número, de 1 a 6 (ver cap.1);
- 3) L - Longitude galáctica, dada no sistema l" b"; *
- 4) B - Latitude galáctica, dada no sistema l" b"; *
- 5) V - magnitude visual da estrela; *
- 6) B-V - índice de cor B-V; *
- 7) U-B - " " U-B; *
- 8) V-R - " " V-R; *
- 9) NUMERO - N° da estrela no catálogo HBC. É repetido na 1^a coluna de cada página, para identificar as informações;
- 10) V-I - índice de cor V-I; *
- 11) Vsini - velocidade de rotação projetada, dada com precisão da ordem de 1Km/s; *
- 12) Vrad - velocidade radial, dada com correção heliocêntrica, em Km/s; *
- 13) W(H α) - largura equivalente da linha de emissão H α , dada em angstrom; *
- 14) TIPO - tipo da estrela. É dado por um número, de 1 a 3, que significa: 1, estrela TTC; 2, estrela TTF e 3, os demais tipos. A classificação, segundo os tipos, é a de Herbig e Bell; *
- 15) A - ascensão reta da fonte IRAS associada, dada em horas, minutos, segundos e décimos de segundo; **
- 16) D - declinação da fonte IRAS associada, dada em graus

minutos, e segundos; **

- 17) NUMERO - número do HBC (ver item 9);
- 18) SMA - semi-eixo maior da elipse de erro da fonte IRAS, dado em segundos de arco; **
- 19) SME - semi-eixo menor da elipse de erro da fonte IRAS, dado em segundos de arco; **
- 20) ANG - ângulo de posição da elipse de erro, dado em graus, na direção leste a partir do norte; **
- 21 a 24) F12, F25, F60, F100 - densidades de fluxo das bandas centradas nos comprimentos de onda 12, 25, 60 e 100 μ m, respectivamente, obtidas pelo IRAS.
- 25) NUMERO - número do HBC (ver item 9);
- 26) LIMITES - número de bandas nas quais não foi possível determinar um valor de fluxo, mas apenas um limite superior (segundo critérios do IRAS). Assim uma fonte com 0 limites tem valores de fluxo determinados nas quatro bandas. Fontes com limites de fluxo nas quatro bandas não entraram no PSC.
- 27, 28, 29) IC1, IC2, IC3 - Índices de cor [12/25], [25/60], [60/100], calculados a partir das densidades de fluxo, como descrito no capítulo 3;
- 30) FTOT - fluxo total no infravermelho distante, dado em Janskys ($1\text{Jy}=10^{-26}\text{W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Hz}^{-1}$), calculado como indicado no capítulo 4;
- 31) L(Lsol) - luminosidade do objeto no infravermelho distante, dada em unidades de luminosidade solar, calculada como indicado no capítulo 4;

iv) O Banco de Dados

O Banco de Dados (ver um exemplo da listagem no ap. C) consiste de cinco arquivos de computador no formato Lotus (ver item II deste capítulo), que são organizados como se segue:

- arquivo 1 - lista completa dos objetos estudados,
 - arquivo 2 - lista das estrelas associadas a fontes com 0L,
 - arquivo 3 - lista das estrelas associadas a fontes com 1L,
 - arquivo 4 - lista das estrelas associadas a fontes com 2L,
 - arquivo 5 - lista das estrelas associadas a fontes com 3L,
- onde definimos, para simplificar, nL (onde n é um número inteiro

de 0 a 3) como o número de limites, para uma dada fonte (ver item III deste cap., nº26).

Os arquivos têm as seguintes quantidades:

arquivo 1 -	735 objetos	215491 Kbytes,
arquivo 2 -	96 objetos	56842 Kbytes,
arquivo 3 -	109 objetos	65543 Kbytes,
arquivo 4 -	77 objetos	47070 Kbytes,
arquivo 5 -	32 objetos	21084 Kbytes.

Esta separação foi feita para que o estudo das estrelas associadas a fontes IRAS, com medidas de qualidades (n_L) diferentes, pudesse ser feita facilmente.

Cada arquivo está organizado por classes de associação com as fontes IRAS (ver cap.1) e, dentro de cada classe, as estrelas estão organizadas por ascensão reta crescente.

Este banco de dados deve ser usado somente como referência aos valores calculados dos índices de cor, dos fluxos totais e das luminosidades no infravermelho, e não aos dados que se encontram no HBC e no PSC do IRAS. Isto se deve ao fato de que, além das informações terem sido inseridas manualmente e poderem conter erros de digitação, para se realizar as operações matemáticas, foram retirados vários sinais indicativos como >, <, Var, *, L, etc. e letras que estavam presentes nos catálogos originais.

A listagem do arquivo 1, que contém as informações de todos os objetos estudados, não foi incluída neste trabalho por questão de espaço (esta listagem pode ser encontrada com os autores e na biblioteca do Observatório do Valongo, sob o título deste projeto e o subtítulo Banco de Dados). Um exemplo está no apêndice C. Por razões de impressão, as informações, para cada estrela associada com uma fonte IRAS, estão impressas em quatro páginas consecutivas, e para cada uma das demais, utilizam-se duas páginas (por terem menos informações).

CAPITULO 3 INDICES DE COR

Neste capítulo, trataremos do estudo dos índices de cor no infravermelho das estrelas T Tauri (ETT), dos diagramas cor X cor da fotometria UBVRI e do possível indicador no infravermelho distante (IVD) que pudesse separar as estrelas T Tauri clássicas (TTC) das de linhas fracas (TTF).

1) Cálculo dos Índices de Cor no Infravermelho Distante

O estudo dos índices de cor no IVD é importante, tanto para se analisar o comportamento da emissão das ETT nesta região do espectro (que possivelmente está ligada a discos de acreção), quanto para a descoberta de novas ETT, a partir do PSC do IRAS.

Definimos os índices de cor $[i/j]$ como $\log_{10}(F_i/F_j)$, onde F_i e F_j são os fluxos medidos pelo IRAS. Temos, então, os índices de cor no IVD: $[12/25]$, $[25/60]$ e $[60/100]$ para cada fonte, calculado como indicado acima. Estes valores estão incluídos no banco de dados (cap.2, item iv)

Para estudarmos o comportamento geral das fontes, representamos a sua distribuição em cada índice de cor, construindo histogramas de frequência por intervalo de cor (figs.3.1 a 3.6). Os intervalos de cor variam de 0.05 a 0.3, dependendo da dispersão dos dados. Adotamos, como melhor distribuição para os dados, a distribuição Normal (por inspeção visual) e calculamos as médias e desvios padrão para cada amostra, em cada índice de cor. Estes resultados estão na tabela 3.1.

Calculamos os índices de cor para duas amostras diferentes. Uma, contendo somente fontes com medidas de boa qualidade e outra, contendo todas as fontes IRAS associadas às ETT, incluindo as com indicação de limite superior (ver ap.B). A primeira, com 164 fontes, representa melhor o comportamento físico, pois tem as medidas dos fluxos de boa qualidade. A segunda, com 311 fontes, embora tenha medidas com qualidade inferior, mostra como é o comportamento das fontes associadas, do PSC, e é útil na procura de novas candidatas a ETT.

Obs. - Para o cálculo com valores limites, mantivemos os valores

tabelados no PSC. Não dividimos por dois, como foi feito no cálculo, das luminosidades. Isto porque, na busca de novas candidatas, levaremos em conta o valor tabelado e não o mais provável.

Nas figuras 3.7 a 3.10, mostramos a distribuição das fontes das duas amostras, em gráficos corXcor, com a região de maior probabilidade dada por 1 σ , a partir da média (marcada). Como podemos observar, embora a amostra 2 tenha uma maior dispersão (o que era esperado), a região de maior probabilidade ainda é compatível com a da amostra 1.

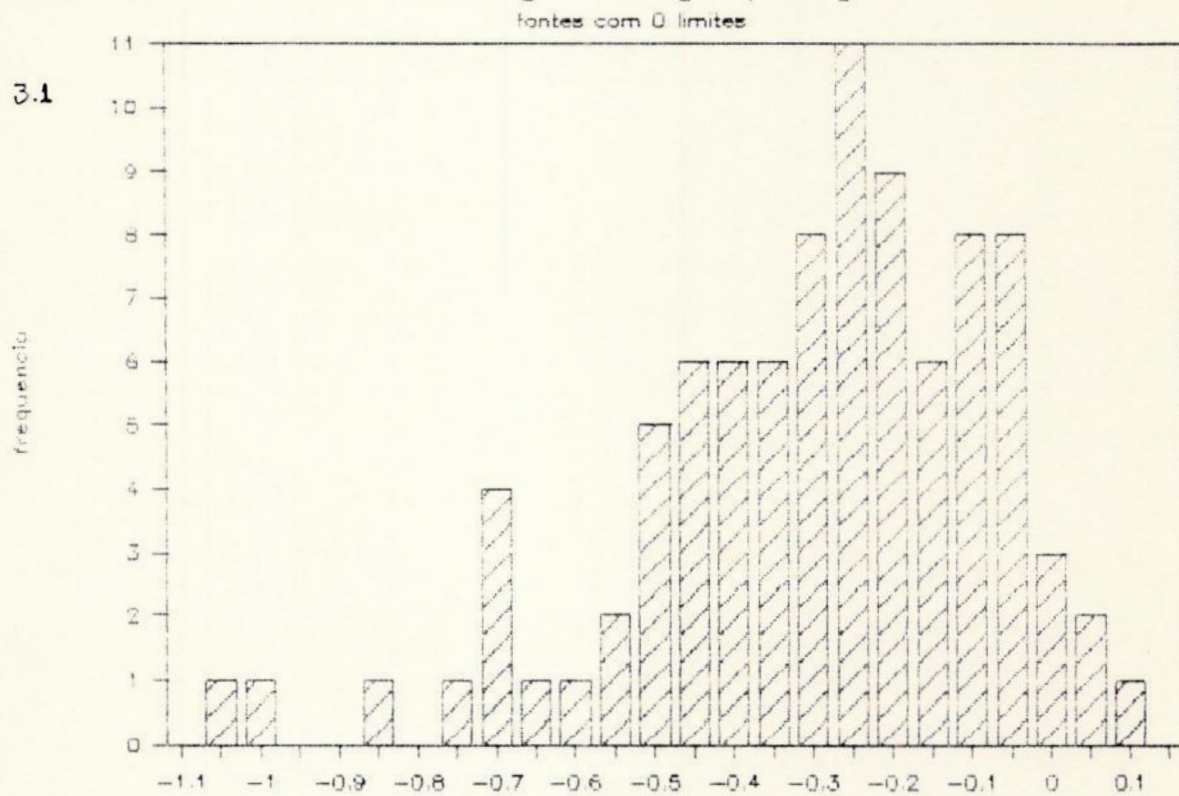
Na tabela 3.1, listamos os resultados das médias e desvios padrão para cada amostra e cada índice de cor, no IVD. Para fins de comparação, listamos os valores destes índices para corpos negros com três temperaturas diferentes, para estrelas da seqüência principal e para nebulosas planetárias (valores retirados do artigo de Emerson (ref.47)).

Tabela 3.1

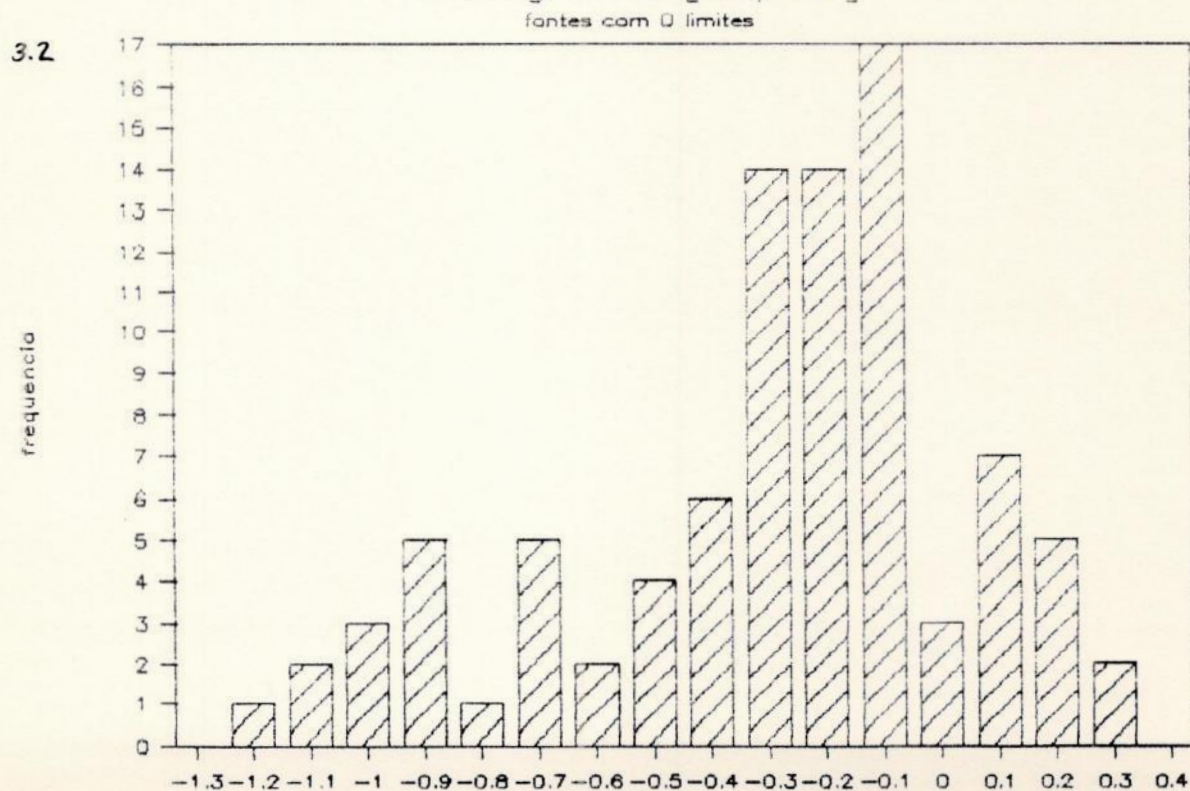
Objetos	Índices de Cor			
	-	[12/25]	[25/60]	[60/100]
corpo negro 1000K		+0.47	+0.7	+0.5
corpo negro 100K		-1.64	-0.44	+0.17
corpo negro 50K		-3.69	-1.79	-0.23
estrelas da seqüência				
principal		+0.2 a +0.7	+0.4 a 0.9	+0.2 a +0.6
nebulosas planetárias		-0.8 a -1.2	-0.4 a 0.0	0.0 a +0.4
ETT (amostra 1)		-0.30 \pm 0.23	-0.30 \pm 0.35	-0.13 \pm 0.35
ou		(-0.07, -0.53)	(0.05, -0.65)	(0.22, -0.48)
ETT (amostra 2)		-0.19 \pm 0.24	-0.24 \pm 0.50	-0.36 \pm 0.53
ou		(0.05, -0.43)	(0.26, -0.74)	(0.17, -0.89)

Figs. 3.1 a 3.6 - Histogramas de frequênciaXintervalo do índice de cor: 3.1 a 3.3, para fontes com 0 limites; 3.4 a 3.6, para todas as fontes.

Histograma [12/25]



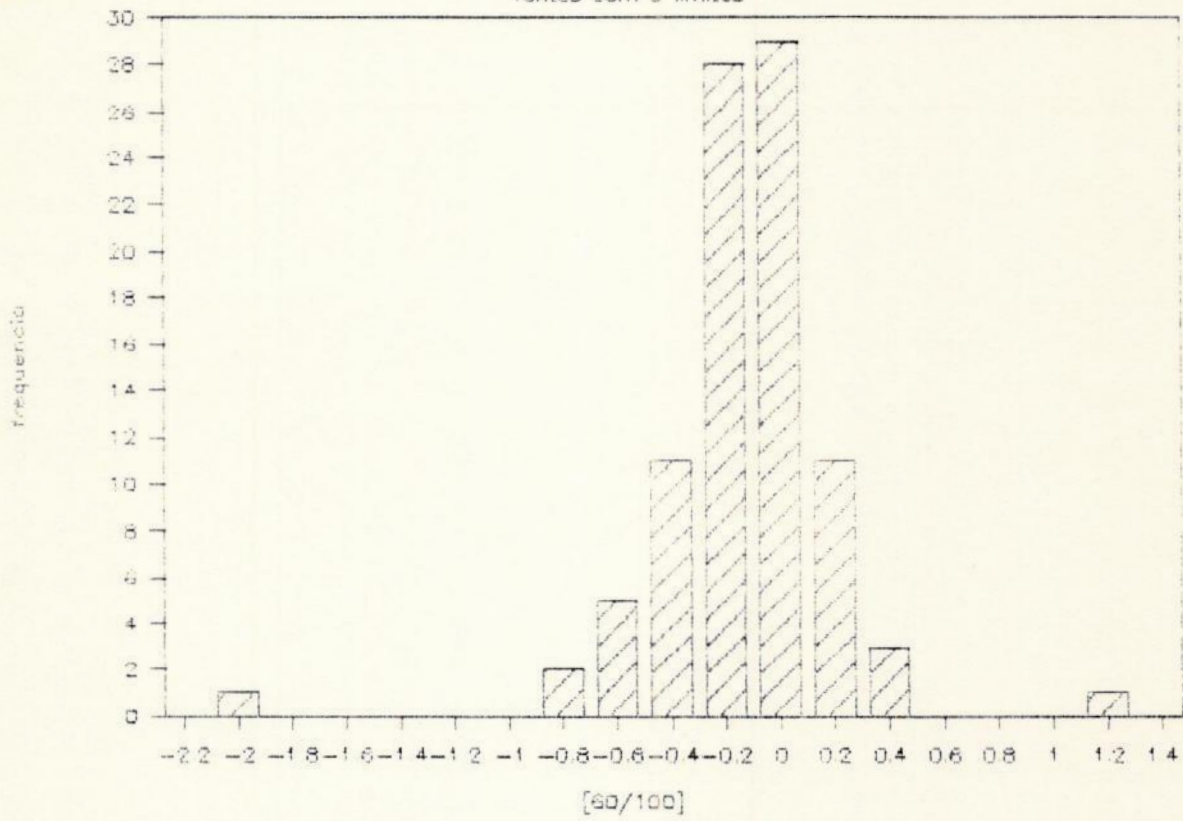
[12/25]
Histograma [25/60]



3.3

Histograma [60/100]

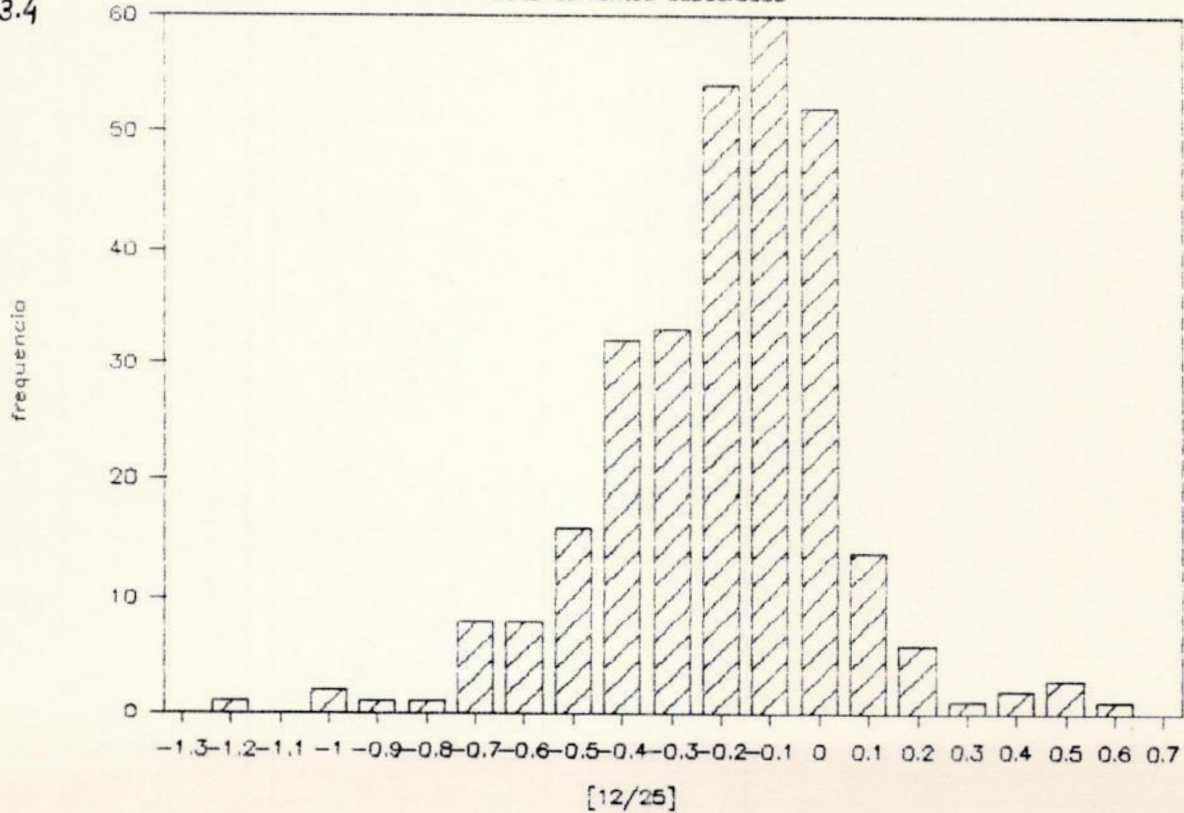
fontes com 0 limites



3.4

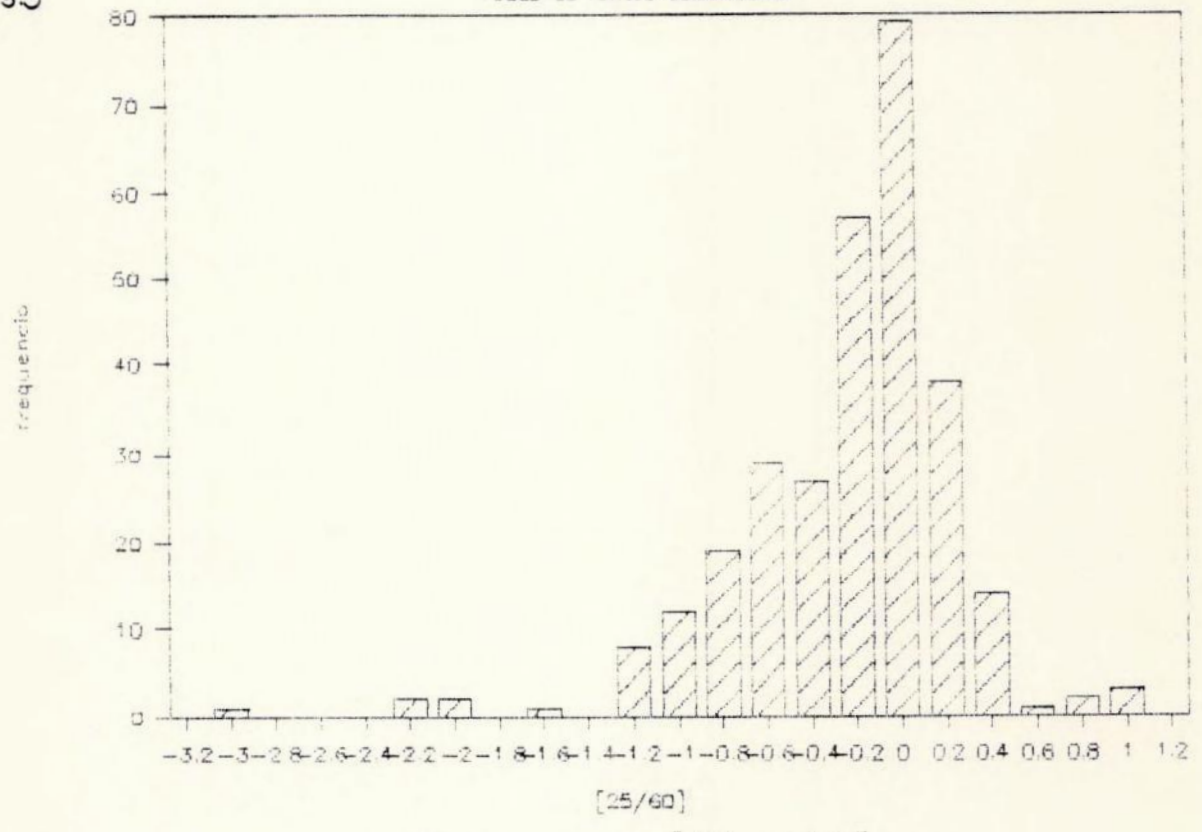
Histograma [12/25]

Todas as fontes associadas



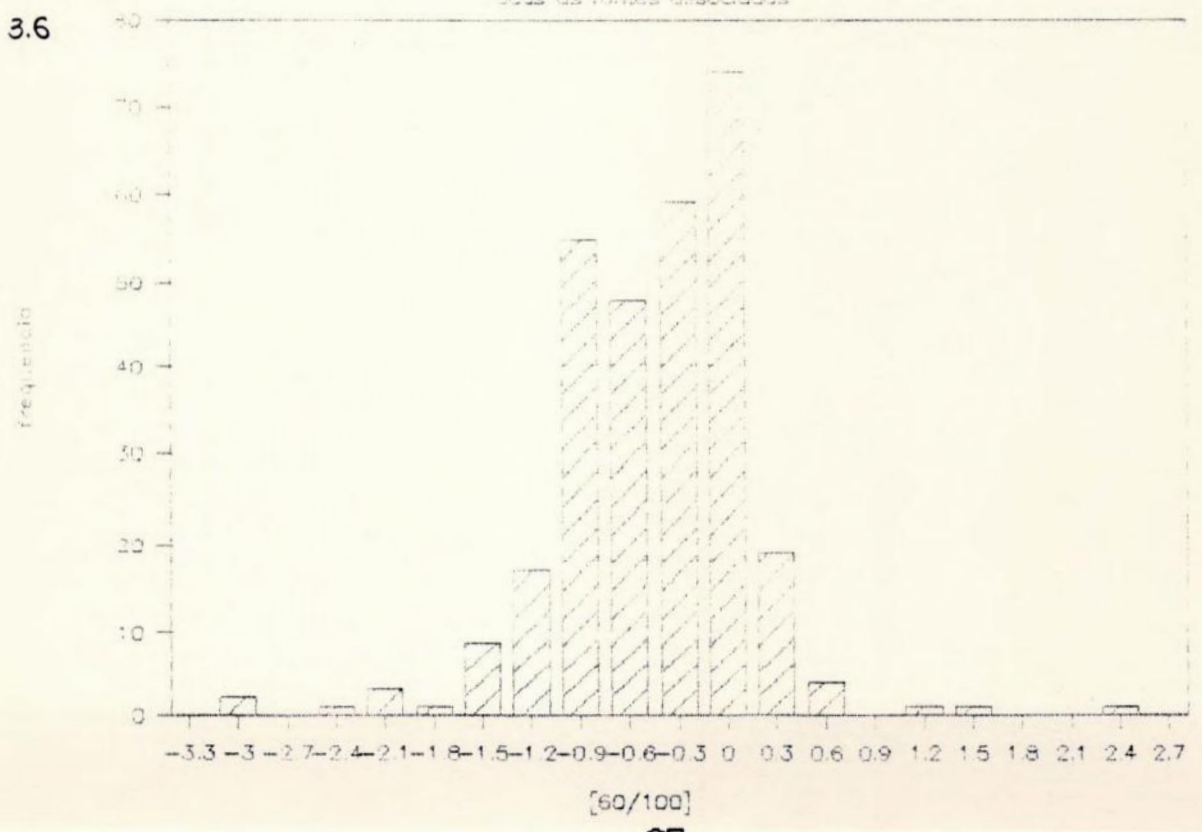
3.5

Histograma [25/60]
Todas as fontes associadas



3.6

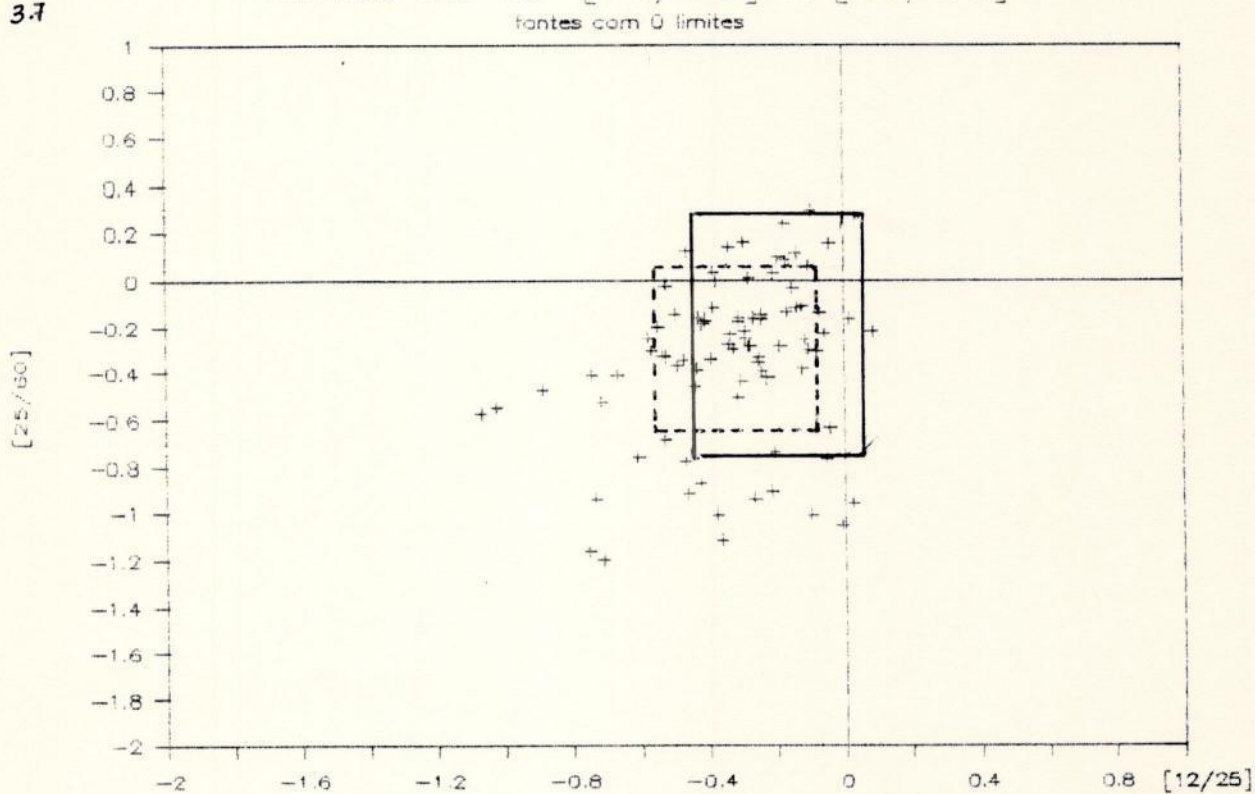
Histograma [60/100]
Todas as fontes associadas



Figs. 3.7 a 3.10 - Gráficos corXcor: 3.7 a 3.8, para fontes com 0 limites; 3.9 a 3.10, para todas as fontes. As caixas de 1σ a partir da média estão marcadas: --- para fontes com 0 limites; — para todas as fontes.

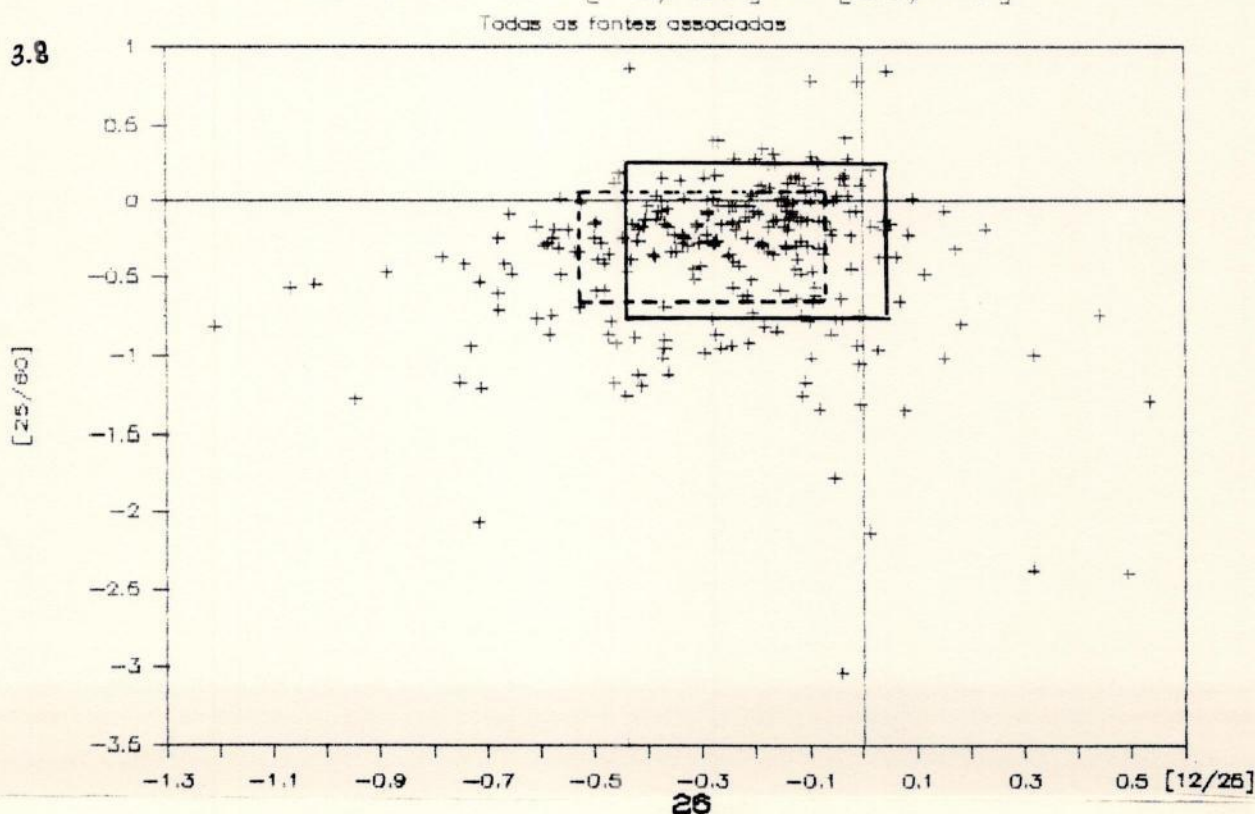
índices de cor [12/25] X [25/60]

3.7



índices de cor [12/25] X [25/60]

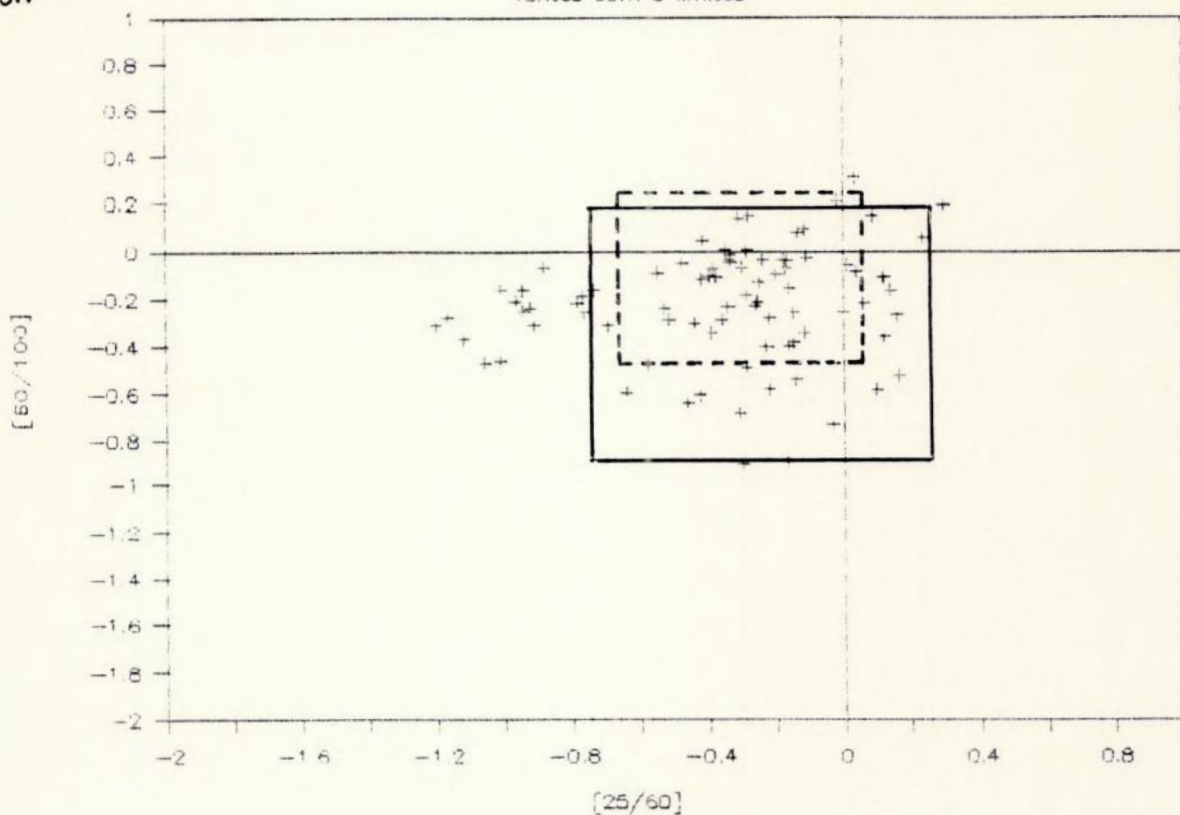
3.8



3.9

Indices de cor [25/60] x [60/100]

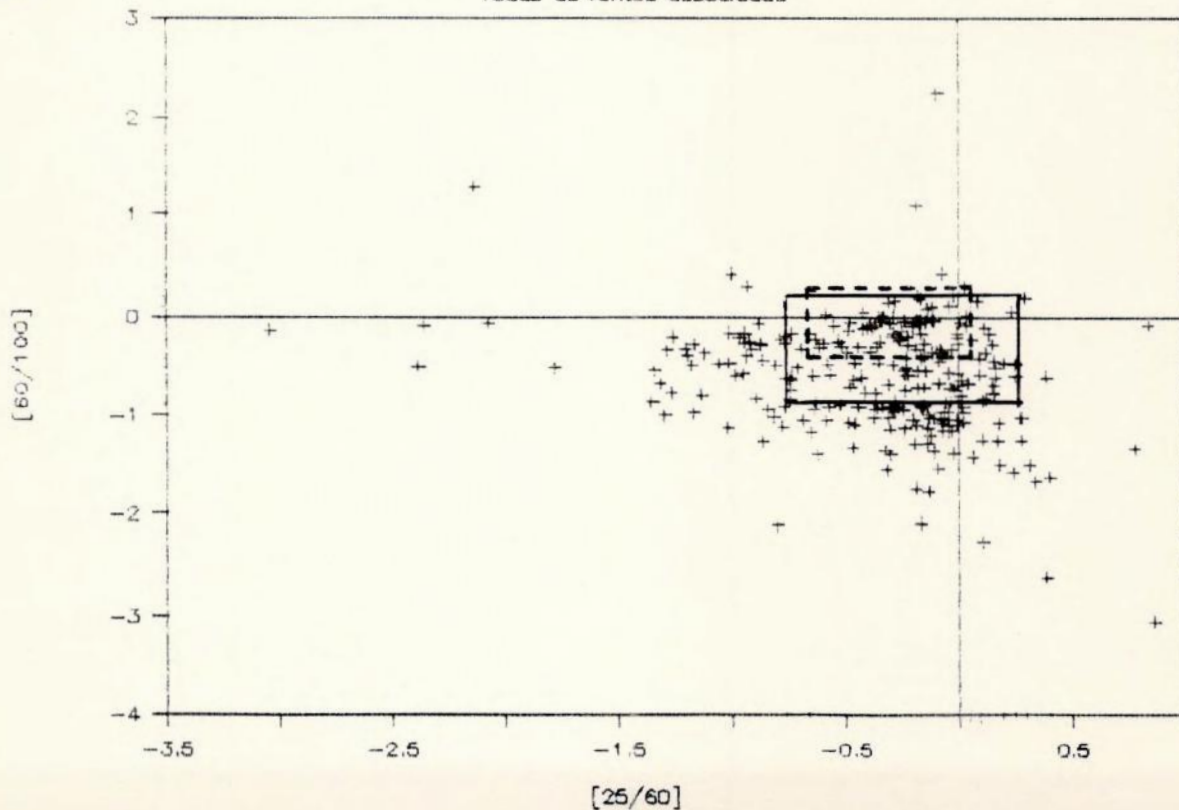
tantes com 0 limites



3.10

Indices de cor [25/60] x [60/100]

Todas as fontes associadas



11) Análise da Fotometria Óptica

Embora este não fosse um dos objetivos principais deste trabalho, a facilidade de manipulação dos dados permitiu estudar as possíveis correlações entre cores, no óptico, das ETT. As cores fotométricas são as disponíveis no HBC: U-B, B-V, V-R, R-I.

As figuras 3.11 a 3.16 mostram os diagramas de espalhamento, para as cores citadas acima. Uma inspeção visual destes diagramas mostra que há, em todos os casos, um forte indicativo de correlação entre as variáveis. Fizemos as correlações para duas amostras. A primeira, contendo todas as estrelas do HBC (para as quais as informações estão disponíveis) e a segunda, somente as estrelas que foram associadas a fontes IRAS. Como podemos ver, o comportamento permanece o mesmo, indicando que a emissão no IVD é independente da emissão no óptico.

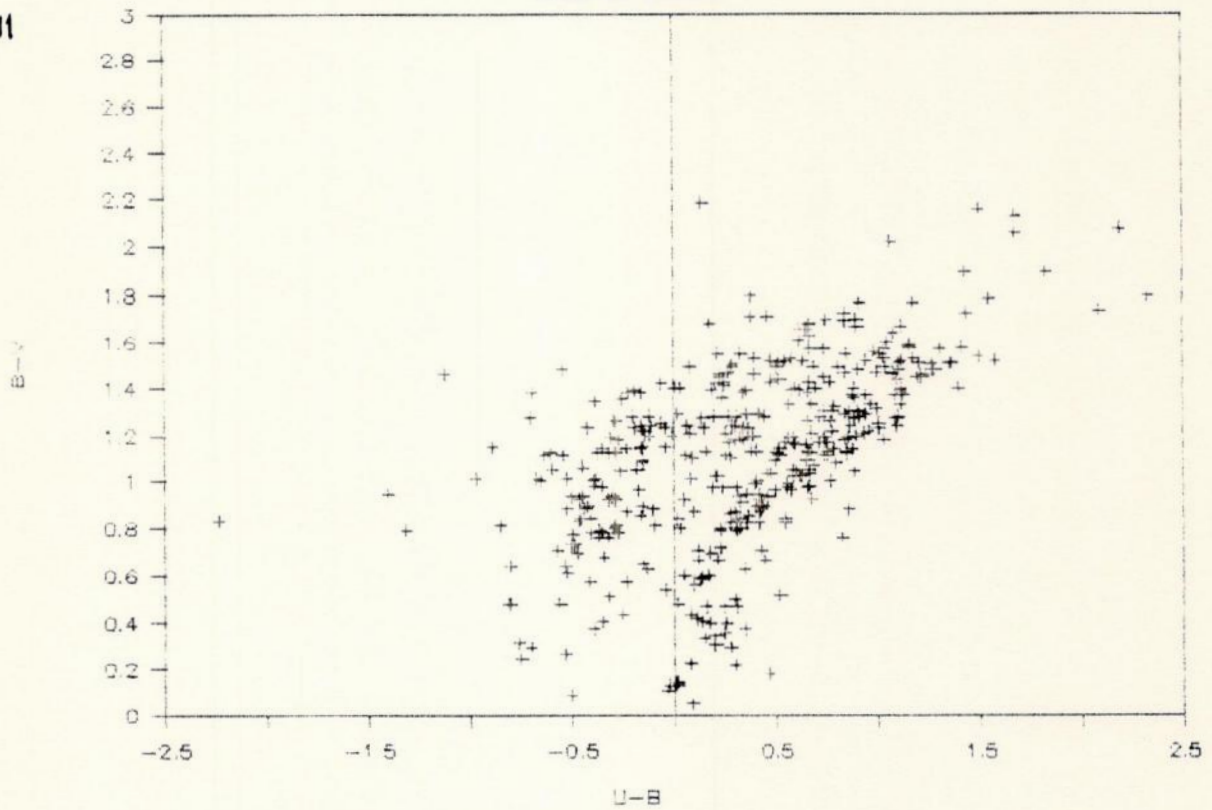
A presença de um limite inferior nestes diagramas, principalmente no gráfico B-V X V-R, ainda não foi bem estudado, mas é possível que ele represente as cores da sequência principal e que o posicionamento das ETT acima deste limite indique o avermelhamento devido ao gás circundante.

Figs. 3.11 a 3.16.- Diagramas de espalhamento das cores fotométricas, no óptico, das ETT do HBC, separadas em duas amostras: a) todas as estrelas; b) estrelas associadas a fontes IRAS.

U-B X B-V

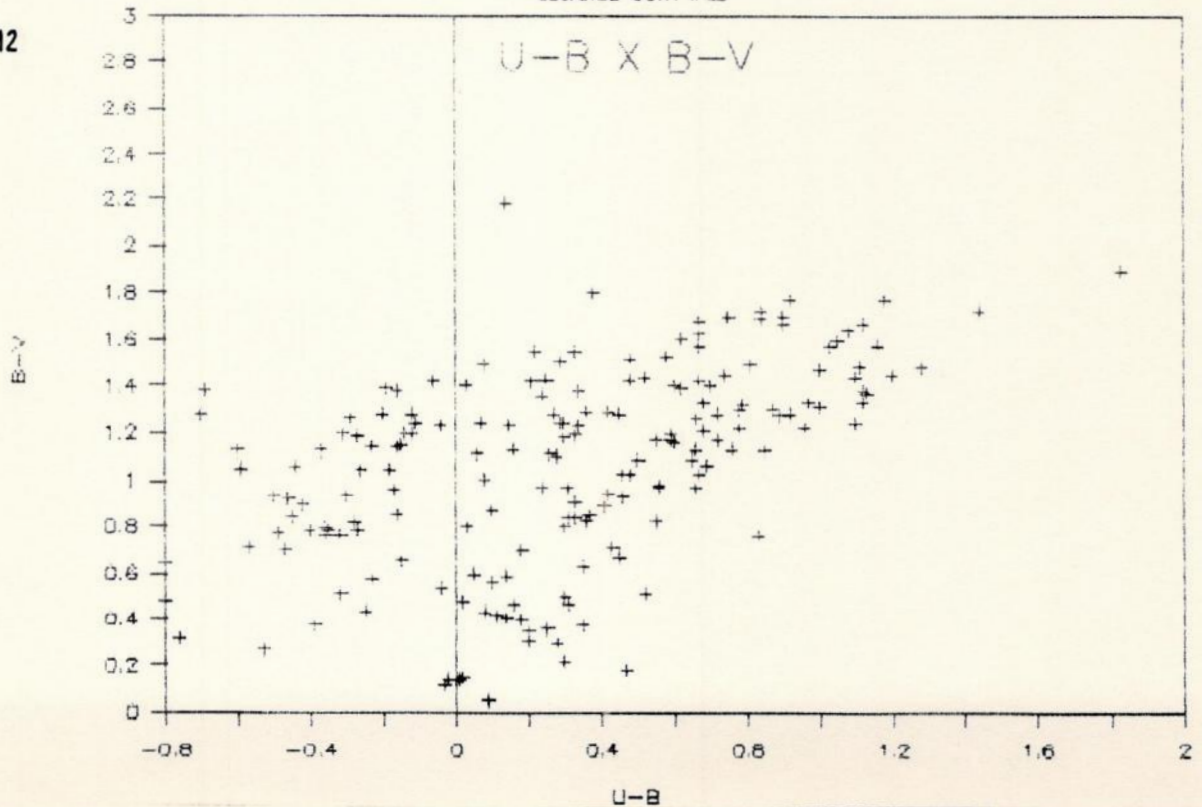
todas as estrelas

3.11



estrelas com iras

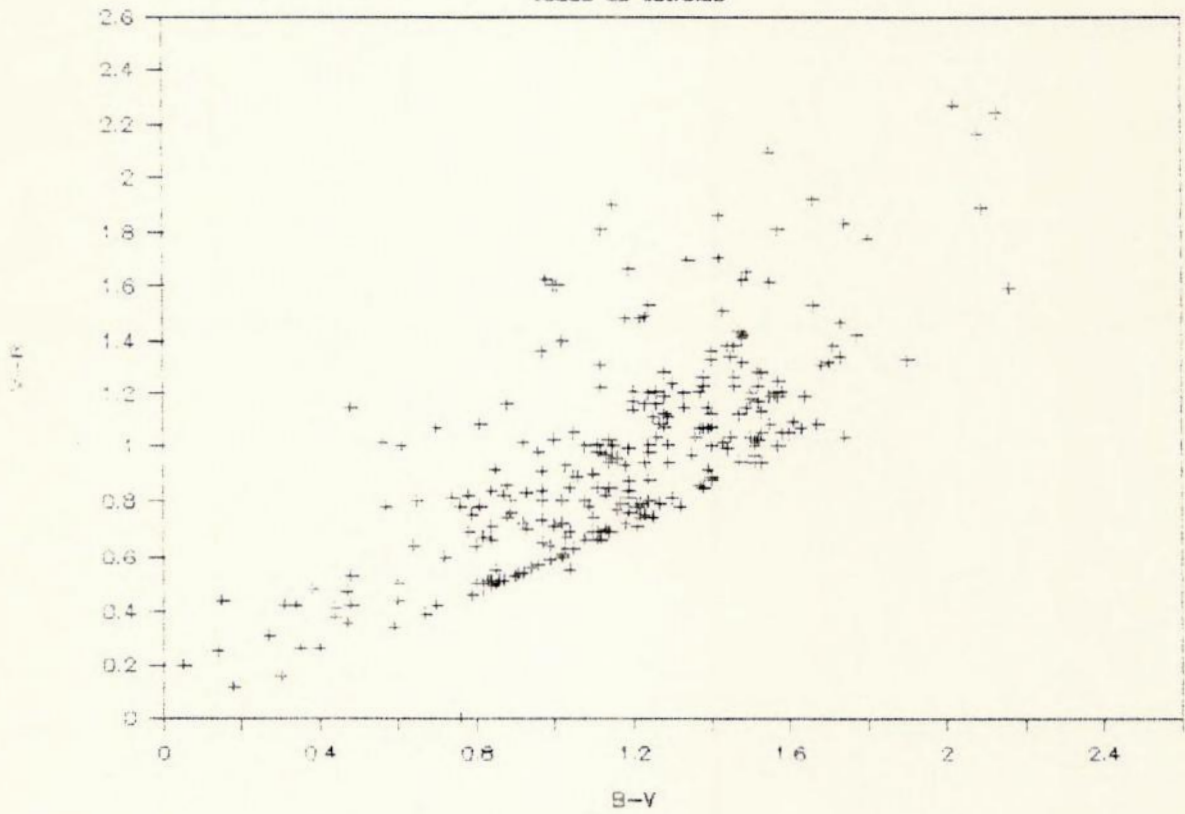
3.12



3.13

B-V X V-R

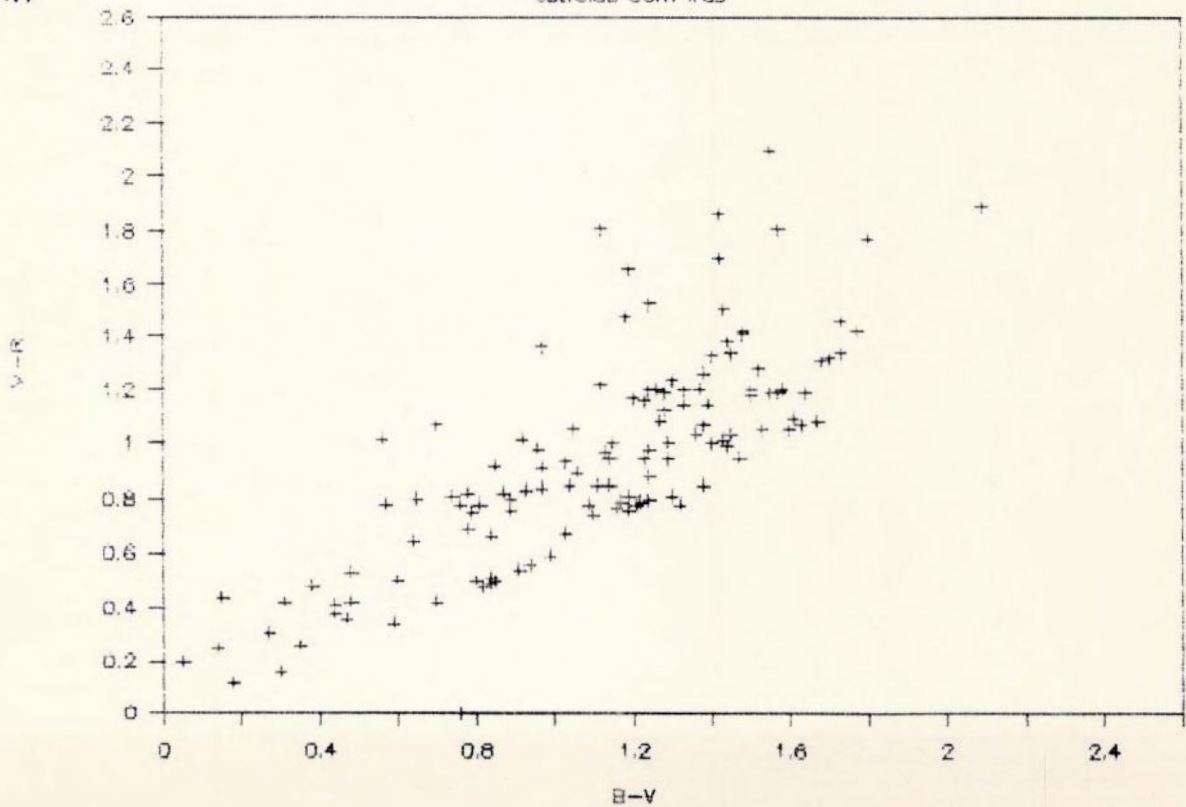
todas as estrelas



3.14

B-V X V-R

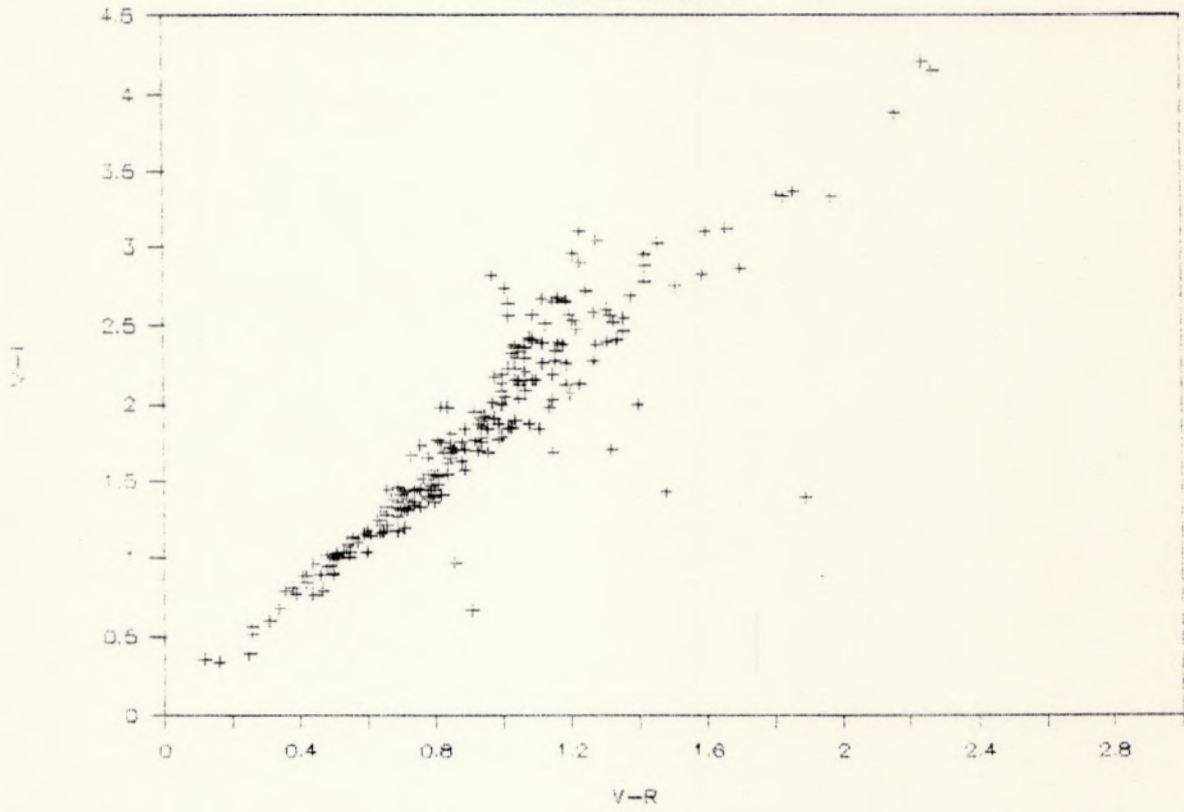
estrelas com iras



3.15

V-R X V-I

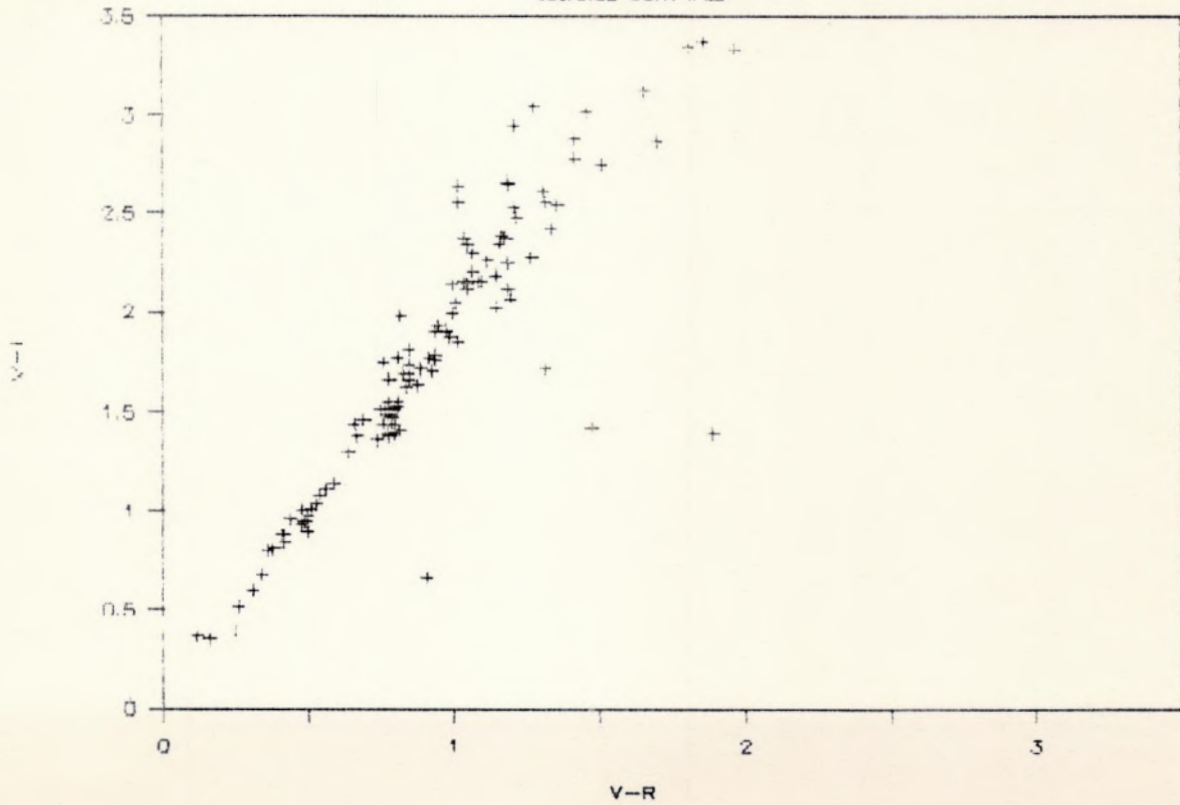
todas as estrelas



3.16

V-R X V-I

estrelas com iras



iii) Indicador de separação entre as T Tauri clássicas e as T Tauri de linhas fracas

Como já foi dito na introdução, a diferença entre as TTC e as TTF é bastante arbitrária e é dada pelas diferenças nas intensidades das linhas de emissão; principalmente as da linha H α .

Procuramos verificar se havia algum comportamento na emissão do IVD que separasse as duas classes de estrelas. Para isto, tentamos correlacionar os índices de cor, no IVD, e as luminosidades calculadas, com a largura equivalente da linha H α (W(H α)). Nenhuma correlação aparente foi encontrada entre estes índices, indicando uma possível independência entre a linha de emissão H α e a emissão no IVD. A fig.3.17 mostra o gráfico de W(H α) contra luminosidade no IVD, no qual podemos ver que há estrelas de mesmo W(H α) com diferentes luminosidades. O ideal é que tivéssemos, em vez da largura equivalente, o fluxo da linha H α (pois este independe do tipo espectral), mas o HBC não possui este dado.

Luminosidade no IV X W(H α)

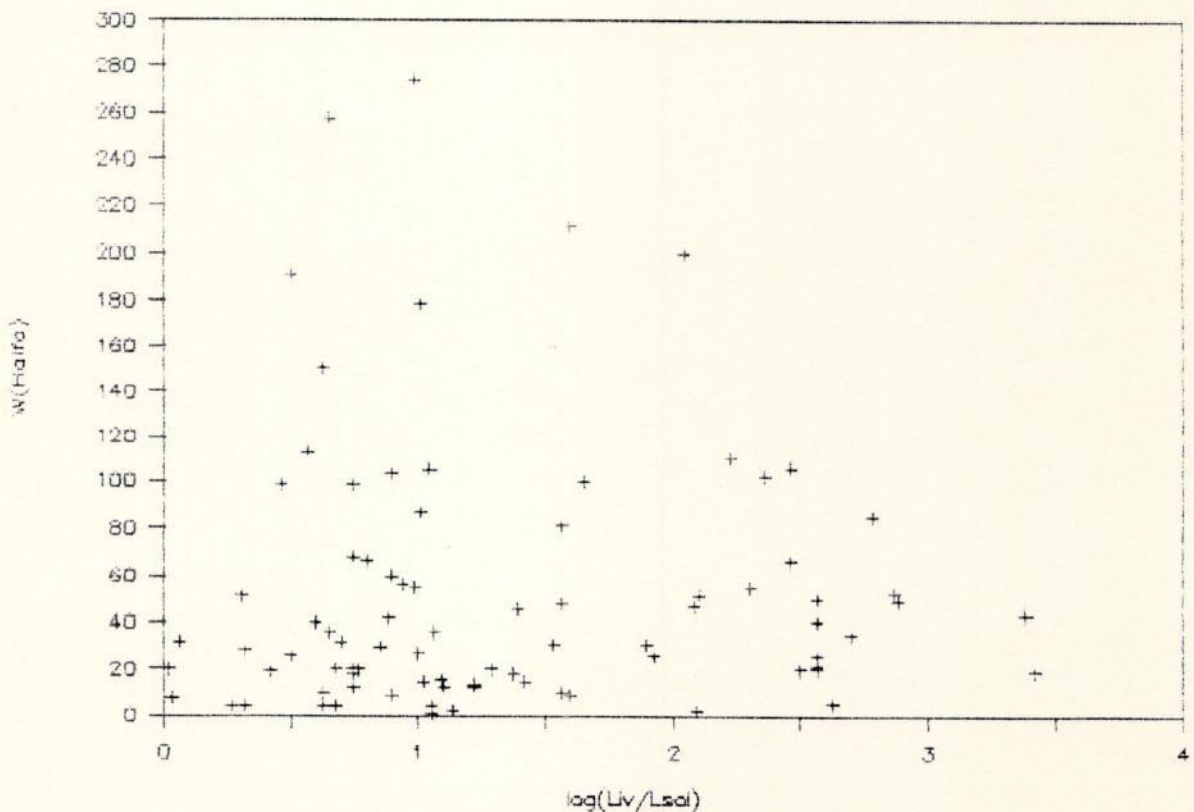


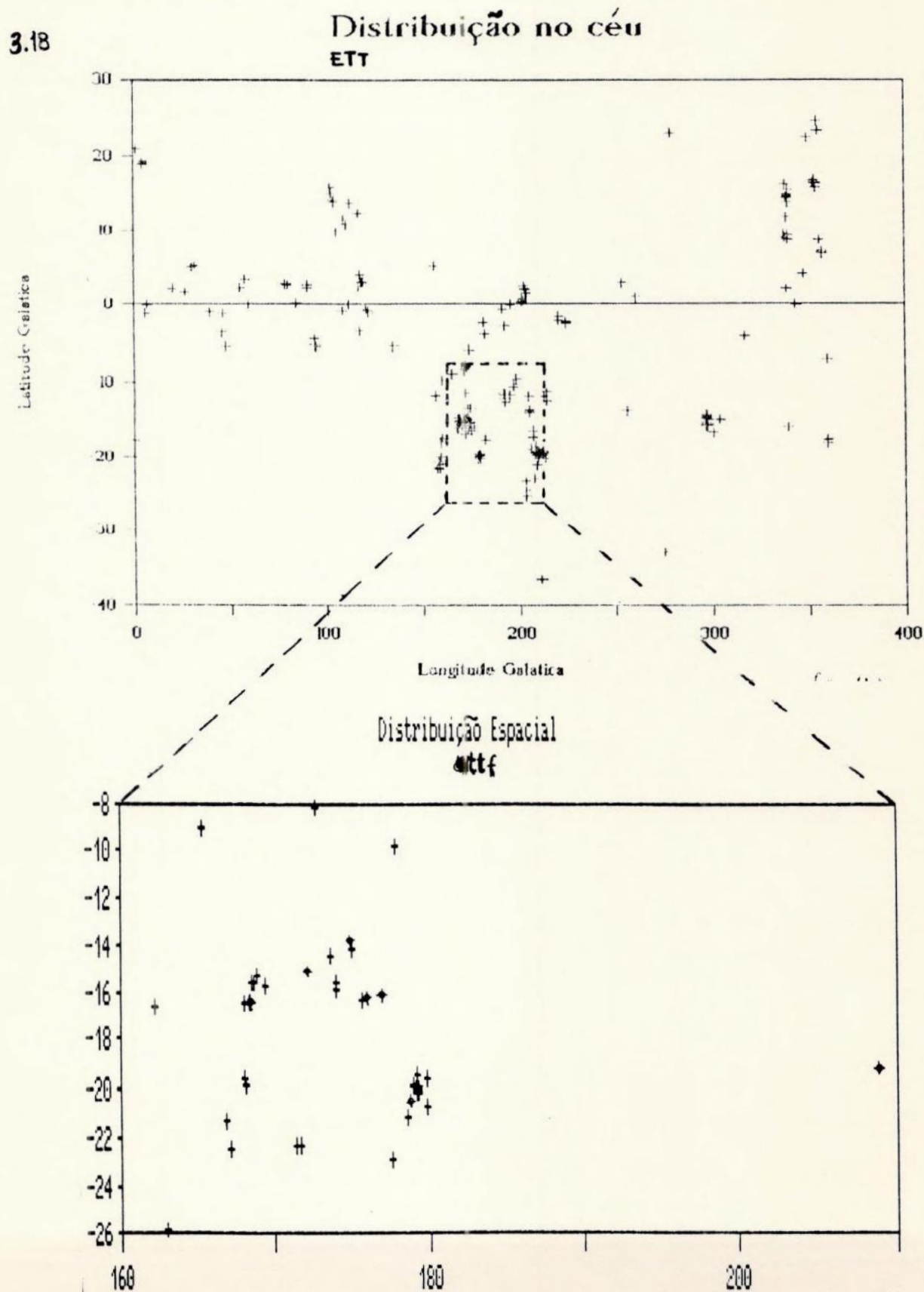
Fig.3.17-Gráfico da largura equivalente da linha H α contra luminosidade, no IVD, das estrelas do HBC.

O único indício de separação entre as classes é a diferença na proporção de estrelas associadas a fontes IRAS, com H α forte ou fraco (cap.1). Mas este pode ser um efeito de seleção observacional, assim como um efeito da distribuição espacial das TTF conhecidas (figs.3.18 e 3.19). Vemos que as TTF, do HBC, estão concentradas numa pequena região; mas, em nosso trabalho anterior (ref.45), encontramos uma TTF numa região bastante afastada desta.

Weintraub (ref.58), assim como nós, não encontra esse indicador, o que concorda com o modelo, proposto no artigo de Montmerle (ref.53), no qual a linha de emissão H α é devida à região de fronteira entre a estrela e o disco e a emissão no IVD é devida ao disco. O disco se diluiria de dentro para fora, diminuindo primeiro a região de fronteira e mantendo a parte que emitiria no IVD. Por isso podemos ter TTF com emissão no IVD.

Mas esta ainda é uma discussão muito incipiente. Esperamos, em trabalhos posteriores, obter mais informações sobre este assunto.

Fig. 3.18 e 3.19 - Distribuição espacial das ETT e das TTF (em baixo) do HBC, em coordenadas galácticas.



CAPITULO 4

CALCULO DE LUMINOSIDADES NO INFRAVERMELHO DISTANTE

1) Associações a Nuvens e Informações sobre Distâncias

Conforme dissemos anteriormente, o HBC apresenta, para cada estrela, o nome da nuvem a qual ela possa estar associada ou cuja projeção encontra-se na mesma linha de visada. Em nosso trabalho, consideramos a associação, ignorando a possibilidade de uma simples projeção, embora isto possa não corresponder à realidade.

Para o cálculo de luminosidades, é imprescindível o conhecimento de fluxos e distâncias. Obtivemos os fluxos pelas informações do IRAS. Adotamos as distâncias das estrelas como sendo as distâncias das nuvens as quais estiverem associadas. Foi feita, então, uma extensa pesquisa bibliográfica na biblioteca do Observatório Nacional/CNPq, para obtenção destes dados. Foram consultados, para cada nuvem, o Índice por Objeto (que apresenta a lista de publicações sobre cada objeto) dos volumes 39 a 49 do "Astronomy and Astrophysics Abstracts", correspondendo a artigos a partir de 85. Apresentamos, a seguir, uma tabela com os resultados da pesquisa bibliográfica para a determinação das distâncias e, no próximo item, os resultados do cálculo dos fluxos e luminosidades.

Tabela 4.1

NUVEM	ESTRELAS ASSOCIADAS	DISTANCIA (pc)	REF.
Cep OB4	1, 326, 5, 327, 320, 321	845	1
	322		
B 203	337	350	2
B 204	339	350	2
B 205	340, 341, 346	350	2,3
L 1452	11, 14	350	2
B 1	15	350	2,4
L 1472	348, 20	350	2
L 1449	21, 349, 350	350	2
L 1473	363, 364	350	2
B 209	367, 24, 25, 369	140	2
IC 359	30, 31, 373, 375	140	2

NUVEM	ESTRELAS ASSOC.	DISTANCIA (pc)	REF.
L 1495	32, 33	140	2,5,36
B 214	34	150	8
B 213	381, 383	140	2,39
L 1546	35	140	2,7
B 18	384, 389, 44, 46, 48, 396	140	2,35
	401, 402, 55, 404, 56, 57		
B 19	385, 39, 52, 53	140	2
L 1521	36, 45	140	2,39
B 217	37	140	36
B 218	41	140	2,39
NGC 1579	40	800	2,31,32
L 1551	42, 43, 393, 49, 50, 395,	160	6,7,8
	51, 54, 406, 60, 62		
L 1528	58, 63, 65, 411	140	2
L 1536	61, 66, 414, 415, 419	140	2,8,36
L 1642	410, 413	100	9,10
B 22	67, 422, 423, 69, 70	140	2
B 23	421	140	2
L 1558	424, 73, 74	500	2
L 1517,19	77, 78, 79	140	2,36
L 1615	430	420	11
NGC 1788	82	420	11,12
L 1634	83	500	11
B 225	85	400	11
B 30	87, 89, 94	400	11
ORI	442, 113, 115, 114, 128,	450	11,40
	138, 466, 141, 475, 151,		
	158		
NGC 1973	132	500	11
L 1641	483, 168, 169, 489, 174,	480	11,13
	491, 176, 179, 497, 498,		
	181, 182		
NGC 1999	164	500	11
NGC 1981	484, 167	500	11
L 1647	493	500	11

NUVEM	ESTRELAS ASSOC.	DISTANCIA (pc)	REF.
NGC 2023	500	450	11,14
B 35	183, 186	400	5,11,36
L 1627	187	500	11
L 1597	514	400	11
L 1622	515	500	11
L 1646	518, 520, 198	830	11
NGC 2183,5	197	830	11
IC 446	202, 521, 522, 523	730	16
NGC 2247	529	730	16,12
NGC 2261	207	800	17
NGC 2264	209, 213, 216, 218, 219, 230, 231, 235, 236	790	18,16
L 1653	546	1200	11
L 1654	547	1200	11
GUM	559	450	19
CG 22	562	450	20
CHA 1	564, 565, 566, 567, 244, 569, 570, 572, 245, 246, 578, 579, 581, 583, 584, 586, 588, 247, 590	140	21,28 37,38
CHA 2	594	250	21
L 43	649, 650	160	5,7,22 23,36
NGC 6514	277	1600	24
NGC 6523	280	1700	24,25,34
NGC 6726,7	287	129	26
NGC 6729	288	129	26,27
L 673	292, 685	300	3,8,7
L 778	293	420	7,5,36
NGC 6823	688	2700	29
L 1158	696	500	7
IC 5070	698	675	30
NGC 7023	726, 307	510	15
L 988	727	700	33
NGC 7129	309	1110	15
IC 5146	310, 312	960	18

Referências da Tabela 4.1

- 1) Sov. Astron., vol 31, n°5, p.493-500, (1987)
T.A. Lozinskaya, T.G. Sitnik, and M.S. Toropova
- 2) Astrophys. J., Suppl. Ser., vol 63, n°3, p.645-660, (1987)
H. Ungerechts and P. Thaddeus
- 3) Astron. J., vol 88, n°7, p.1040-1052, (1983)
G.H. Herbig and B.F. Jones
- 4) Astrophys. J., Lett, vol 338, n°2, p.L61-L64, (1989)
A.A. Goodman, R.M. Clutcher, C. Heiles, P.C. Myers and T.H. Troland
- 5) Astrophys. J., vol 340, n°1, p.472-478, (1989)
S. Terebey, S.N. Vogel, P.C. Myers
- 6) Astrophys. J., vol 333, n°2, p.936-942, (1988)
Anneila I. Sargent, Steven Beckwith, Jocelyn Keene and Colin Masson
- 7) Astrophys. J., vol 347, N°1, p.461-467, (1989)
L.F. Rodriguez, P.C. Myers, I. Cruz-Gonzalez, and S. Terebey
- 8) Astrophys. J., vol 312, n°2, p.784-787, (1987)
Rodger I. Thompson
- 9) Astron. Astrophys., vol 168, p.271-283, (1986)
L. Magnani and C.P. de Vries
- 10) Astron. Astrophys., vol 181, n°2, p.283-288, (1987)
G. Sandell, B. Rerpurth, and G. Gahm
- 11) Astrophys. J., vol 303, n°1, p.375-391, (1986)
Ronald J. Maddalena, Mark Morris, J. Moscowitz and P. Thaddeus
- 12) Astrophys. J., Suppl. Ser., vol 62, n°4, p.839-852, (1986)
Adolf N. Witt and Rudolph E. Schild
- 13) Astrophys. J., Lett., vol 346, n°1, p.L33-L35, (1989)
Karen M. Strom, Michael Margulis and Stephen E. Strom
- 14) Astrophys. J., Lett, vol 347, n°1, p.L25-L27, (1989)
Adolf N. Witt, David F. Malin
- 15) Astron. J., vol 86, n°12, p.1923-1925, (1981)
Taft E. Armandroff and William Herbst
- 16) Sov. Astron., vol 32, n°5, p.484-492, (1988)
V.S. Shevchenko and S.D. Yakubov
- 17) Astrophys. J., vol 335, n°1, p.290-294, (1988)

- François Mènard, Pierre Bastien, and Carmelle Robert
- 18) *Astron. J.*, vol 98, n°2, p.626-640, (1989)
Tianxing Liu, Kenneth A. Janes and T.M. Bania
- 19) *Publ. Astron. Soc. Pac.*, vol 101, n°640, p.573-587, (1989)
J.A. Graham and Mark H. Heyer
- 20) *Astron. Astrophys.*, vol 195, n°1/2, p.269-280, (1988)
M. Sahu, S.R. Pottasch, K.C. Sahu, P.R. Wesselius and J.N. Desai
- 21) *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, vol 76 n°3, p.347-363 (1988)
J.C. Gregorio Hetem, G.C. Sanzero and J.R.D. Lépine
- 22) *Astrophys. J.*, vol 324, n°2, p.907-919, (1988)
P.C. Myers and M. Heyer, Ronald L. Snell and P.F. Goldsmith
- 23) *Astrophys. J.*, vol 327, n°1, p.350-355, (1988)
P.R. Schwartz, Graham Gee and Y.L. Huang
- 24) *Astrophys. J.*, vol 317, n°2, p.686-692, (1987)
C.R. O'Dell and Hector O. Castaneda
- 25) *Astron. Astrophys.*, vol 176, n°2, p.338-346, (1987)
A. Hanel
- 26) *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, vol 215, n°3, p.537-544, (1985)
D. Ward-Thompson, R.F. Warren-Smith and S.M. Scarrott and R.D. Wolstencroft
- 27) *Publ. Astron. Soc. Pac.*, vol 99, n°612, p.91-98, (1987)
J.A. Graham and A. C. Phillips
- 28) *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, vol 244, p.497-512, (1987)
D.C.B. Whittet, T.M. Kirrane, D. Kilkenny, A.P. Oates, F.G. Watson and D.G. King
- 29) *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, vol 70, n°4, p.731-812, (1989)
David Leisawitz, Frank N. Bash and Patrick Thaddeus
- 30) *Sov. Astron.*, vol. 32, n°6, p.641-648, (1988)
V.S. Shevchenko, K.N. Grankin and S. Yu Mel'nikov
- 31) *Astrophys. J.*, vol 324, n°2, p.893-898, (1988)
Robert H. Becker and Richard L. White
- 32) *Astrophys. J.*, vol 307, n°1, p.275-285, (1986)
P.E. Dewdney and R. S. Roger
- 33) *Astron. Astrophys.*, vol 164, n°2, p.L19-L21, (1986)
F.O. Clark
- 34) *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, vol 219, n°2, p.35P-38P, (1986)
David A. Allen

- 35) *Astrophys. J.*, vol 337, n°2, p.739-753, (1989)
 Ronald L. Snell, Mark H. Heyer and F. Peter Schloerb
- 36) *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, vol 71, n°1, p.89-108, (1989)
 P.J. Benson and P.C. Myers
- 37) *Astron. Astrophys.*, vol 153, p.207-212, (1985)
 M. Toriseva and K. Mattila
- 38) ESO Workshop on Low Mass Star Formation and Pre Main
 Sequence Objects, p.153-171, (1989)
- 39) *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, vol 60, p.43-59, (1985)
 J.G.A. Wouterloot and H.J. Habing
- 40) *Astron. J.*, vol 98, n°6, p.2203-2209, (1989)
 Frederick R. Chromey, Bruce G. Elmegreen and Debra Meloy
 Elmegreen

ii) Cálculo dos Fluxos Totais e Luminosidades

Considerando o levantamento do conjunto de distâncias, partimos, então, para o cálculo dos fluxos no infravermelho. O PSC do IRAS nos fornece densidades de fluxo, em unidade de Jansky ($1\text{Jy} = 10^{-26}\text{W.m}^2.\text{Hz}^{-1}$), a 12, 25, 60 e 100 μm . Um dos métodos geralmente empregados, para a obtenção do fluxo total no infravermelho, é o ajuste de uma curva, a partir destes quatro pontos, e a integração da mesma. Normalmente, nenhuma curva simples se ajusta aos pontos e gasta-se um tempo extra na tentativa de se fazer correção de cores.

Nosso cálculo de fluxos totais baseou-se no método proposto por J.P. Emerson (ref.47). Segundo este, quando se considera o que o IRAS realmente mediu, não há a necessidade de tanta complicação e perda de tempo para se integrar, segundo o procedimento acima. O satélite IRAS, de fato, mediu fluxos integrados (em W.m^{-2}) dentro de bandas largas. Entretanto, no PSC, estes fluxos medidos foram expressos em termos de densidades de fluxo. Isto foi feito a fim de facilitar o trabalho da maior parte dos astrónomos que prefeririam os dados sob esta forma. No entanto, para o nosso caso, temos que voltar à informação original. Para isto, define-se quatro bandas de medida idealizadas : 7-16, 16-30, 30-75 e 75-135 μm , contendo os valores 12, 25, 60 e 100 μm , respectivamente. Basta, então, multiplicar a densidade de fluxo por uma largura de

banda efetiva dada por:

$$\Delta\nu = c/r \cdot \ln(l/s),$$

onde l = comp. de onda mais longo,

s = comp. de onda mais curto,

r = comp. de onda intermediário, e

c = velocidade da luz (m/s).

Os valores calculados para as banda efetivas foram:

$$\Delta\nu_{12} = 20.653 \cdot 10^{12} \text{ HZ},$$

$$\Delta\nu_{25} = 7.538 \cdot 10^{12} \text{ HZ},$$

$$\Delta\nu_{60} = 4.578 \cdot 10^{12} \text{ HZ, e}$$

$$\Delta\nu_{100} = 1.762 \cdot 10^{12} \text{ HZ}.$$

O fluxo total, entre 7 e 135 μm , será então a simples soma destes parciais medidos. Os fluxos, assim calculados para cada fonte, encontram-se no banco de dados.

Os fluxos integrados nas bandas idealizadas são uma boa aproximação para os verdadeiros fluxos, para qualquer espectro sem descontinuidades. Qualquer erro deste método certamente será menor do que os erros surgidos quando se opta pelo ajuste de curva, correção de cores e posterior integração. Com as distâncias e fluxos em mãos, é direto o cálculo da luminosidade no infravermelho distante, L_{IVD} , através da expressão:

$$L_{\text{IVD}} = 4\pi \cdot d^2 \cdot F_{\text{IVD}} \quad \text{ou}$$

$$L_{\text{IVD}} = d^2 \cdot F_{\text{IVD}} \cdot 1.1967 \cdot 10^{20}, \quad \text{onde } L_{\text{IVD}} \text{ (W),}$$
$$F_{\text{IVD}} \text{ (} 10^{-14} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}\text{),}$$
$$d \text{ (pc).}$$

As luminosidades assim calculadas, para cada fonte, encontram-se no banco de dados (ver exemplo no ap.C).

A princípio, fica difícil avaliarmos os erros envolvidos no cálculo dos valores para as luminosidades, no IVD, destas estrelas, visto que as fontes de erro são diversas. Entre outras, temos a possibilidade (mesmo pequena) da não associação às nuvens, o erro na medida da distância das nuvens (erros estes, diferentes para cada nuvem e que dependem do método utilizado), a possibilidade de não associação estrela-fonte (IRAS), incertezas nas medidas de fluxos integrados, do satélite IRAS, e erros no cálculo dos fluxos totais.

Para exemplificar, podemos observar os efeitos produzidos pelos erros nas medidas das distâncias às nuvens, sobre os

cálculos de luminosidades.

Segundo a referência 11, temos uma medida de 500 ± 140 pc para a nuvem L 1622 que tem a estrela 515 do HBC como associada.

Temos então $d = 500 - 140 = 360$ pc $\Rightarrow L = 4.6 L_0$,

$d = 500$ pc $\Rightarrow L = 8.8 L_0$,

$d = 500 + 140 = 640$ pc $\Rightarrow L = 14.4 L_0$.

onde L_0 é a luminosidade do Sol. O erro máximo, devido a este fator, será de 64%, o que infelizmente é um grande erro.

Um outro exemplo, um pouco mais otimista, é o caso da estrela 698, possivelmente associada à nuvem IC 5070, que, segundo a referência 30, encontra-se a uma distância de 675 ± 30 pc.

temos então $d = 675 - 30 = 645$ pc $\Rightarrow L = 30.4 L_0$,

$d = 675$ pc $\Rightarrow L = 33.3 L_0$,

$d = 675 + 30 = 705$ pc $\Rightarrow L = 36.3 L_0$.

O erro máximo devido a este fator será de apenas 8% !!

Mostramos, a seguir, nossos resultados em forma de histogramas.

Obs.1-Para o cálculo dos fluxos totais, utilizando as medidas com limite superior, seguimos a sugestão de P. Stetson, dada no Curso de Tratamento de Dados na Escola Avançada de Astrofísica (IAG/USP), realizada em 1989. Dividimos as densidades de fluxo, com indicação de limite superior, por 2, para torná-las estatisticamente mais confiáveis.

Obs.2-Na construção dos gráficos a seguir, foram retiradas todas as estrelas de classe 3 e uma das estrelas de cada par de classe 4. Isto foi feito com a preocupação de não darmos peso 2 a um valor de luminosidade de peso 1. No caso da classe 3, a luminosidade da fonte já é levada em conta, uma vez, pela estrela de classe 1 que preenche a elipse. Para cada par de estrelas de classe 4 interpretamos que apenas uma das estrelas poderia estar associada à fonte IRAS e, portanto, ser responsável pela luminosidade no infravermelho observada. Por questão de espaço mostraremos as figuras (a partir da página 45) separadas dos comentários (a partir da página 43).

Obs.3-Nas figuras 4.1 a 4.7, onde se lê FIR ("far infrared") leia-se IVD.

Fig.4.1-a) Em escala logarítmica, temos a distribuição dos valores das luminosidades no IVD, para toda a amostra em que foi possível este cálculo, incluindo fontes de 0L a 3L. b) Em escala linear e para uma faixa mais restrita, fica evidente que o pico de luminosidade no IVD se encontra entre 0 e 2 L_{\odot} . c) Restringindo a escala ainda mais, podemos observar que o pico está na faixa de 0 a 0.2 L_{\odot} .

Fig.4.2-São tomadas como amostra apenas as fontes com 0L, para as quais o grau de precisão das medidas é maior. a) Em escala logarítmica, é interessante observarmos uma maior concentração relativa de estrelas com luminosidade no IVD na faixa de 100 a 1000 L_{\odot} em comparação com a fig. 4.1.a. Analisando a distribuição de tipos (tab.4.2), para as diferentes faixas de luminosidades, temos:

Tabela 4.2

tipo	0-10 L_{\odot}	10-100 L_{\odot}	100-1000 L_{\odot}	1000-10000 L_{\odot}
TTC	17	3	5	0
TTF	0	0	0	0
Ae	0	3	4	1
Fu	0	1	0	0
Su	0	0	0	0
--,?,*	5	5	5	2

(para a descrição dos tipos de estrelas acima ver ap.A.III, n°32)

A presença de um bom número de estrelas Ae (de maior massa) para altas luminosidades, em relação à baixa porcentagem deste tipo no HBC, nos leva a especular que estas sejam as principais responsáveis pelas altas luminosidades no IVD. b) O mesmo gráfico, em escala linear, para uma faixa restrita de luminosidades. c) Em escala mais restrita, observamos que o pico está no intervalo de 0.2 a 0.4 L_{\odot} . Entretanto, pode ser que o número de estrelas seja muito baixo para permitir esta conclusão.

Fig.4.3-Restringindo-se ainda mais a amostra, constituída, agora, apenas de estrelas T Tauri associadas à fontes 0L, a) percebemos que o pico se encontra no intervalo de 0 a 2 L_{\odot} , e b) em escala mais restrita, este pico fica entre 0.0 a 0.2 L_{\odot} .

Fig. 4.4. -Histograma de luminosidades no IVD, para a região do Touro. Tomar apenas uma região pode minimizar os erros devido às distâncias. a) É interessante observar que, nesta região, não obtivemos nenhum objeto do HBC, associado à fonte de infravermelho, com $L_{IVD} > 14 L_{\odot}$. b) Em escala mais restrita, o pico está entre 0.0 e 0.2 L_{\odot} .

Fig. 4.5-Histograma de luminosidades no IVD, para a região do Camaleão. a) Nesta região, já observamos 1 objeto com $L_{IVD} > 20 L_{\odot}$. Das 19 estrelas, apenas 3 apresentam $L_{IVD} > 2 L_{\odot}$. b) Da mesma forma que na região do Touro, o pico está contido no intervalo 0.0 e 0.2 L_{\odot} . Entretanto, cai mais rapidamente para valores entre 0.2 a 0.4.

Fig. 4.6-Histograma de luminosidades no IVD, no qual separamos as fontes segundo seus limites. a) Em escala logarítmica, observamos que o pico, para todas as fontes, encontra-se entre 0 e 10 L_{\odot} . Para as fontes com OL, há um segundo pico, o que indica, talvez, uma segunda população de estrelas de maior massa, como já foi comentado na legenda da fig. 4.2.. Este segundo pico não ocorre para as demais fontes. b) Apenas para as fontes com OL, a soma de todas as estrelas com $L_{IVD} > 20 L_{\odot}$ é maior que o número de estrelas no intervalo de 0 a 2 L_{\odot} , c) Em escala ainda menor, observamos que as fontes com OL possuem o pico entre 0.2 e 0.4 L_{\odot} , enquanto que para as outras, este pico encontra-se entre 0.0 e 0.2 L_{\odot} . Este efeito, que aparece em pequena escala, pode ser devido ao fato de se ter reduzido à metade os valores de densidade de fluxo que apresentavam limite ou pode, simplesmente, não ser significativo, devido ao número pequeno de estrelas utilizadas.

Fig. 4.7-Histograma duplo de luminosidades no IVD, para estrelas com $W(H\alpha) > 10\text{\AA}$ e $W(H\alpha) < 10\text{\AA}$, o que convencionalmente divide as estrelas em TTC e TTF. a) Podemos observar que a razão entre o número de estrelas com $W(H\alpha) > 10\text{\AA}$ e o número de estrelas com $W(H\alpha) < 10\text{\AA}$ cresce de 3.6, no intervalo de 0 a 2 L_{\odot} , até 7, para valores de luminosidade maiores que 20 L_{\odot} . Isto nos mostra uma certa relação entre $W(H\alpha)$ e luminosidade no infravermelho. Estrelas com maior emissão em $H\alpha$ parecem apresentar uma maior tendência para maiores valores de luminosidades no IVD em relação às estrelas com menor emissão. Porém, como podemos ver no gráfico $L_{IVD} \times W(H\alpha)$, fig. 3.17, esta tendência é muito fraca.

fig 4.3.a

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

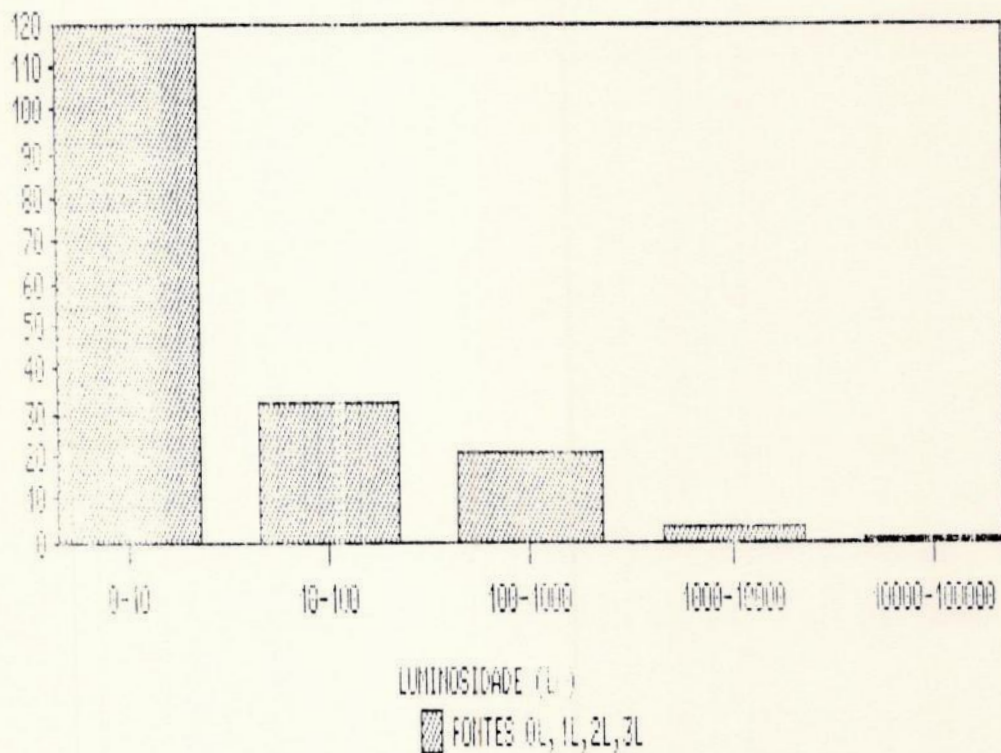


fig 4.3.b

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

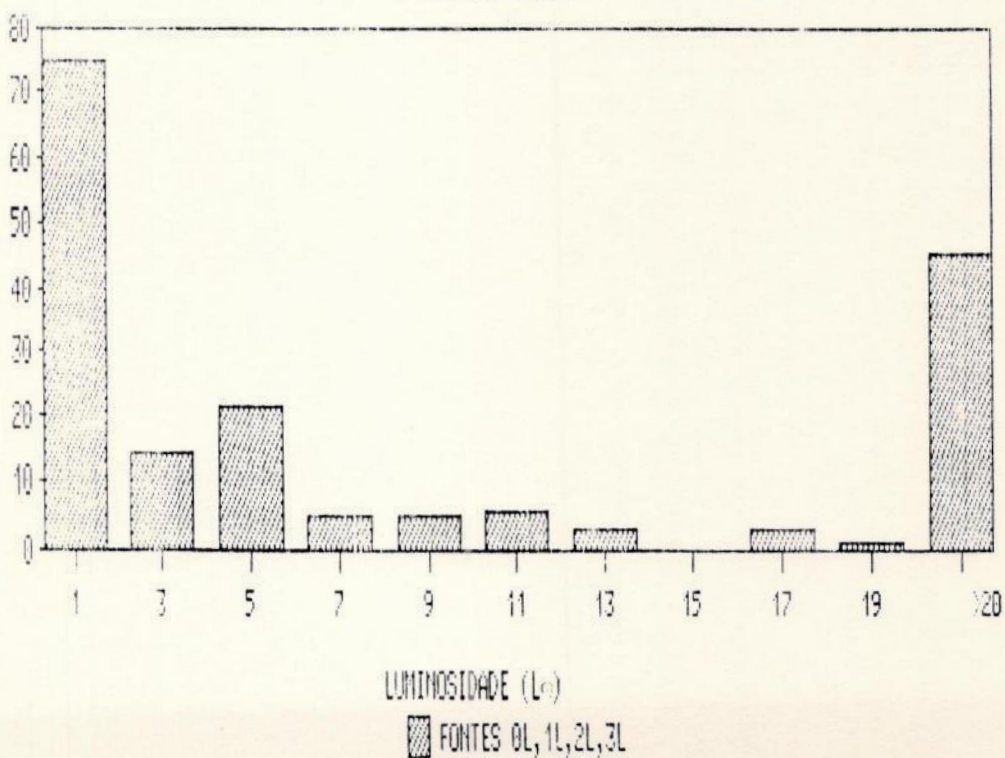


fig 4.1.c

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

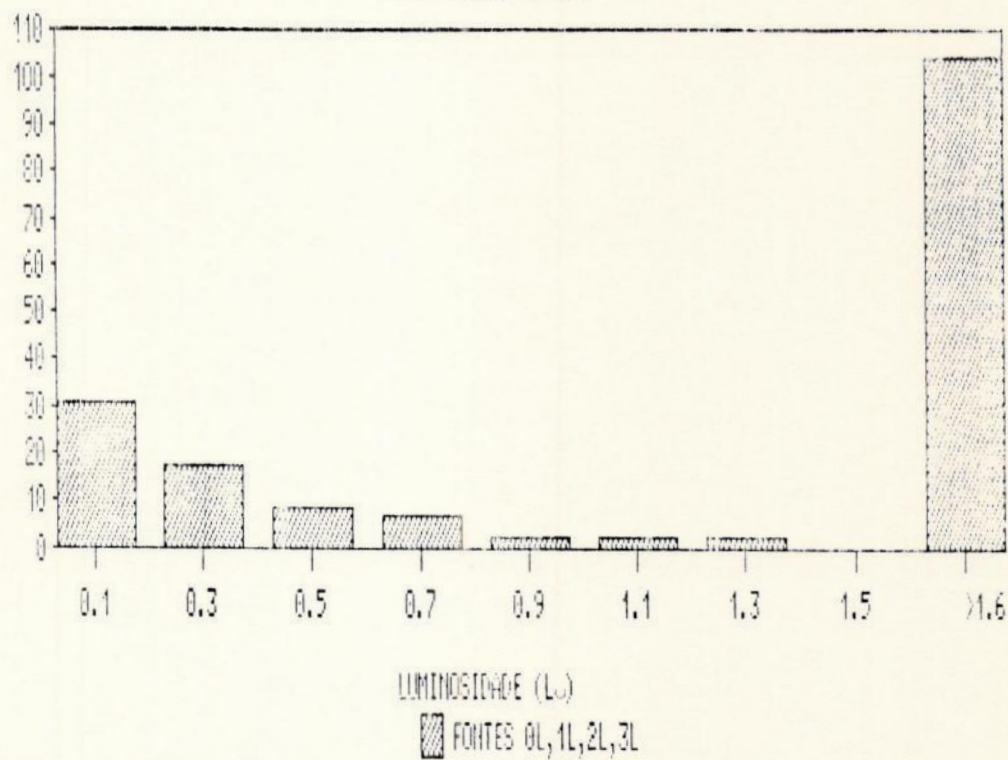


fig 4.2.a

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

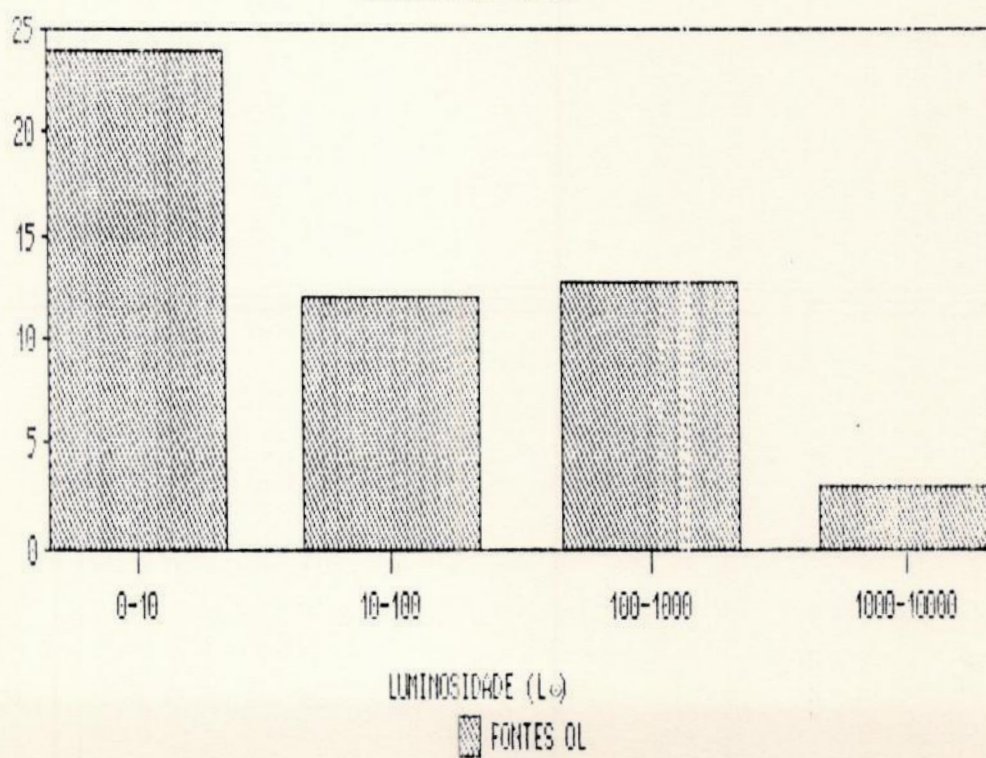


fig 4.2b

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

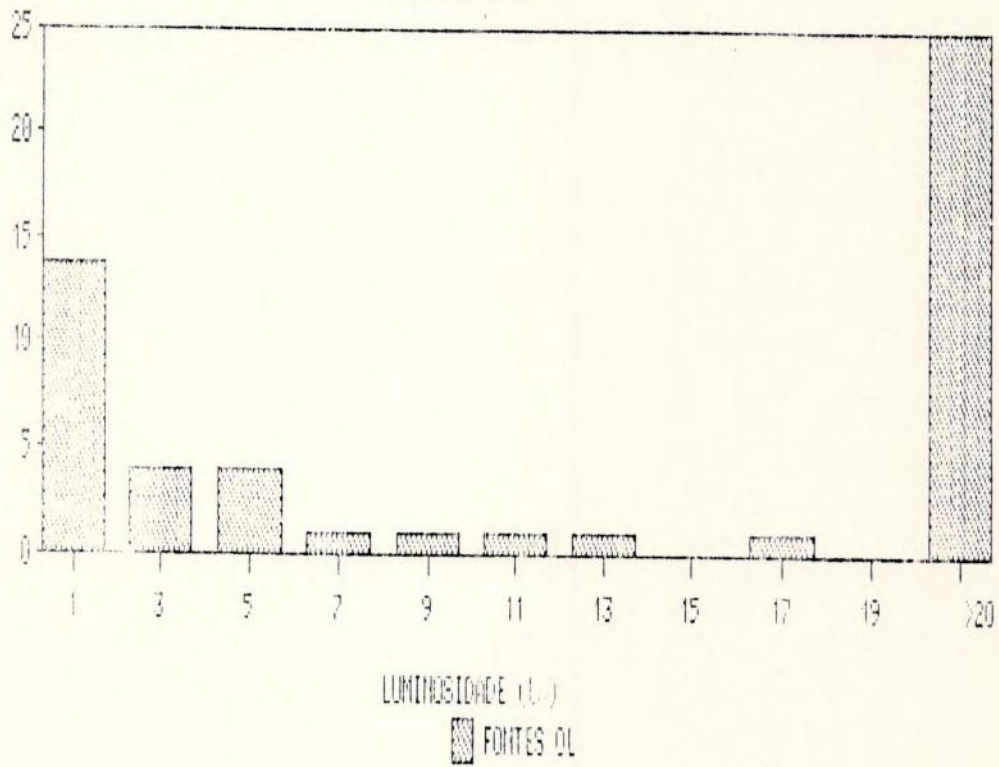


fig 4.2c

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

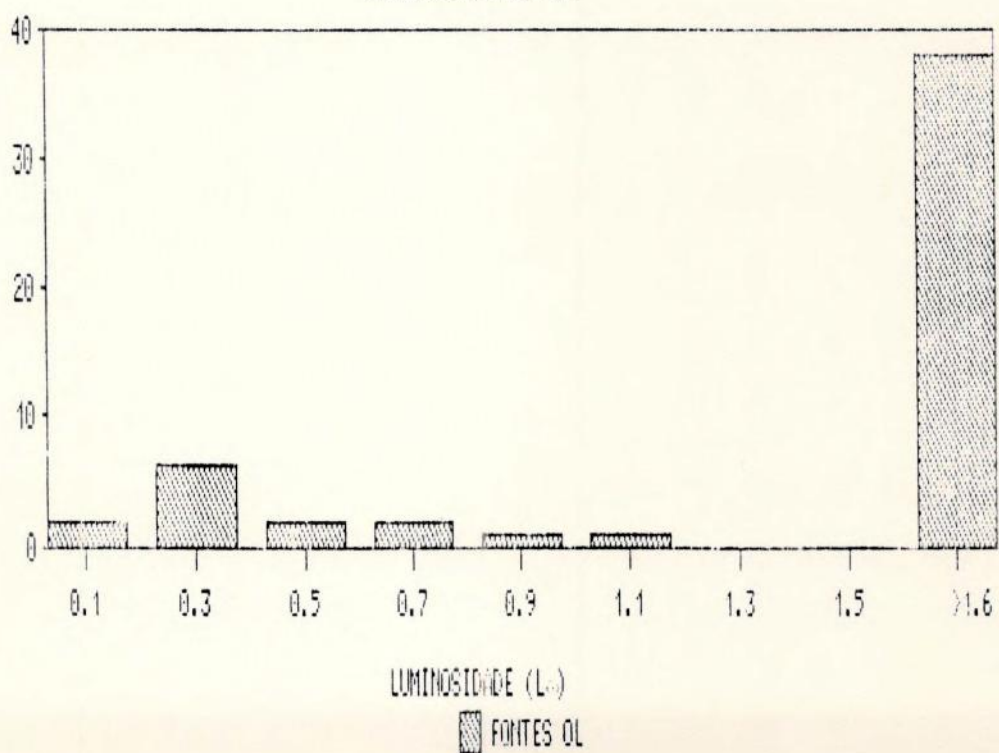


fig 4.3.a

DISTRIBUIÇÃO DE
LUMINOSIDADES NO FIR

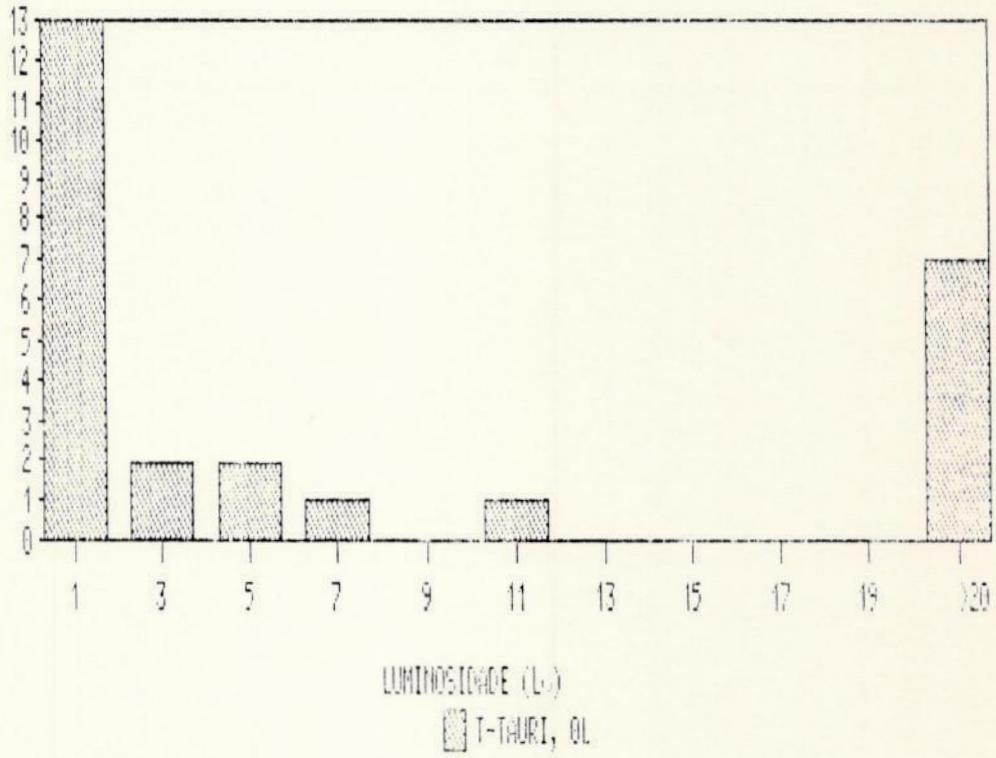


fig 4.3.b

DISTRIBUIÇÃO DE
LUMINOSIDADES NO FIR

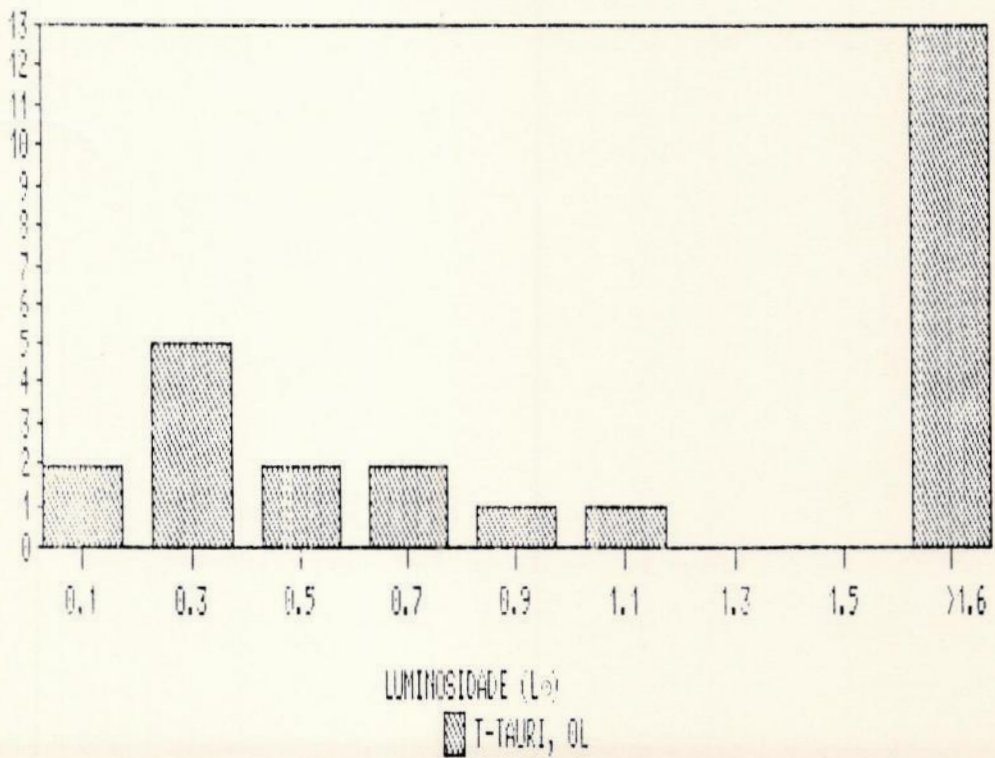


fig 4.4a

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

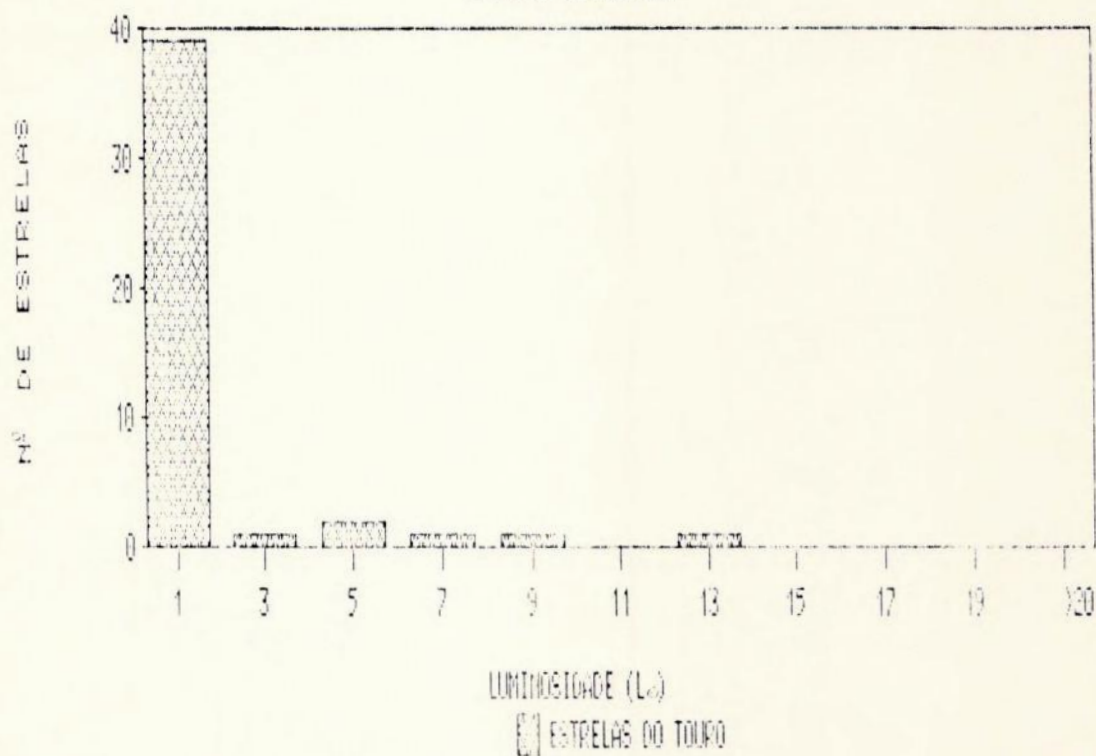


fig 4.4b

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

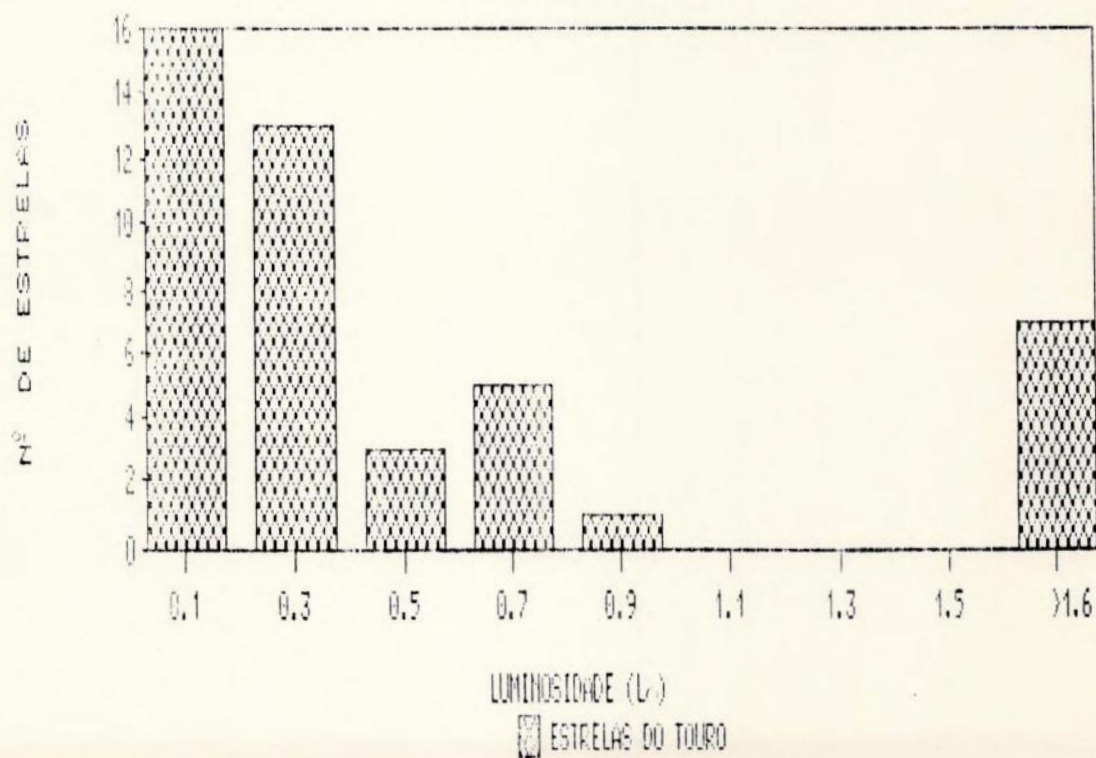


fig 4.5.a

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

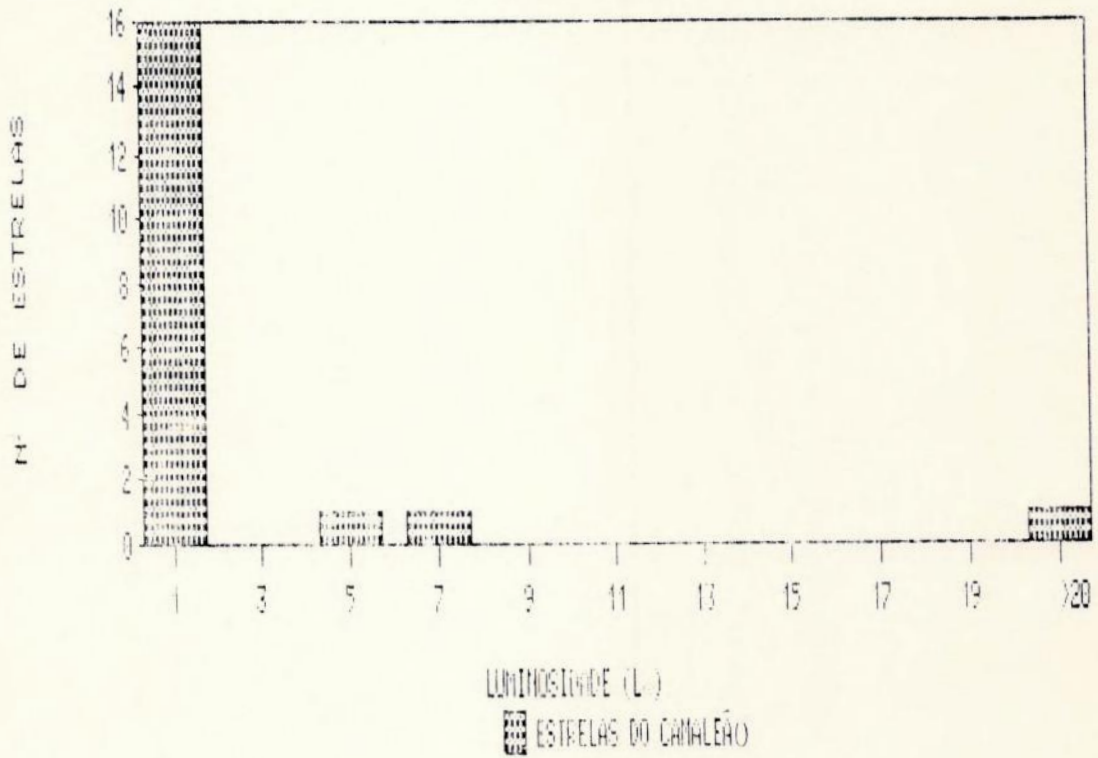


fig 4.5.b

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

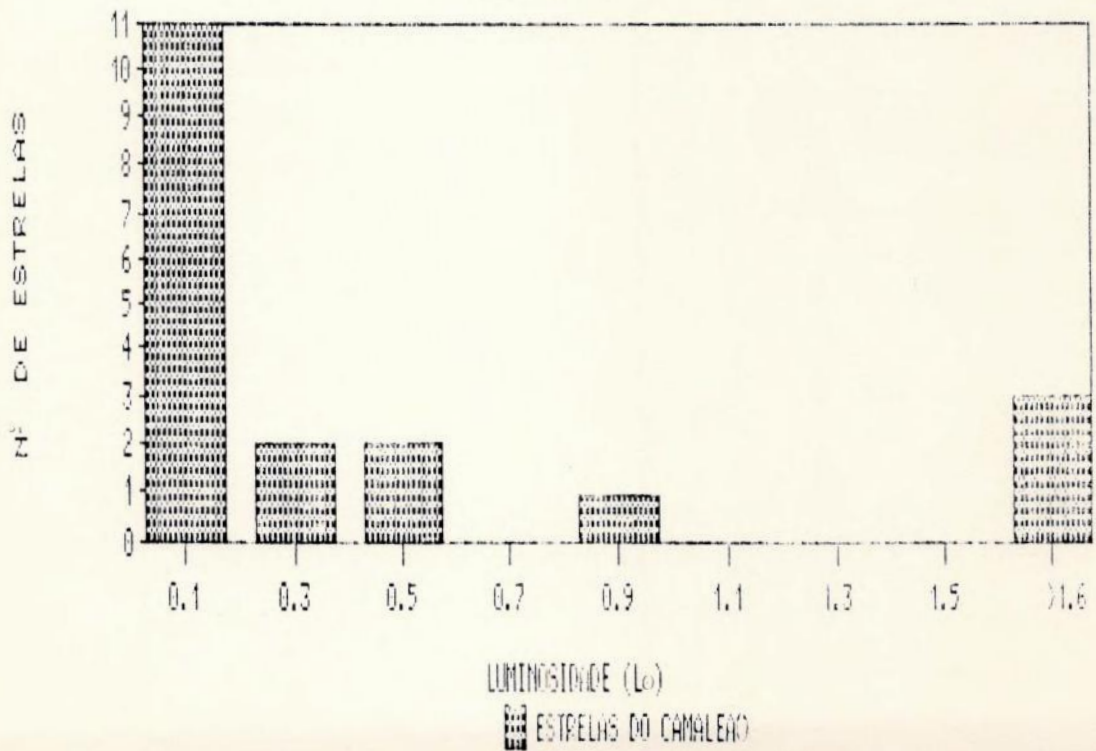


fig 4.6.a

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

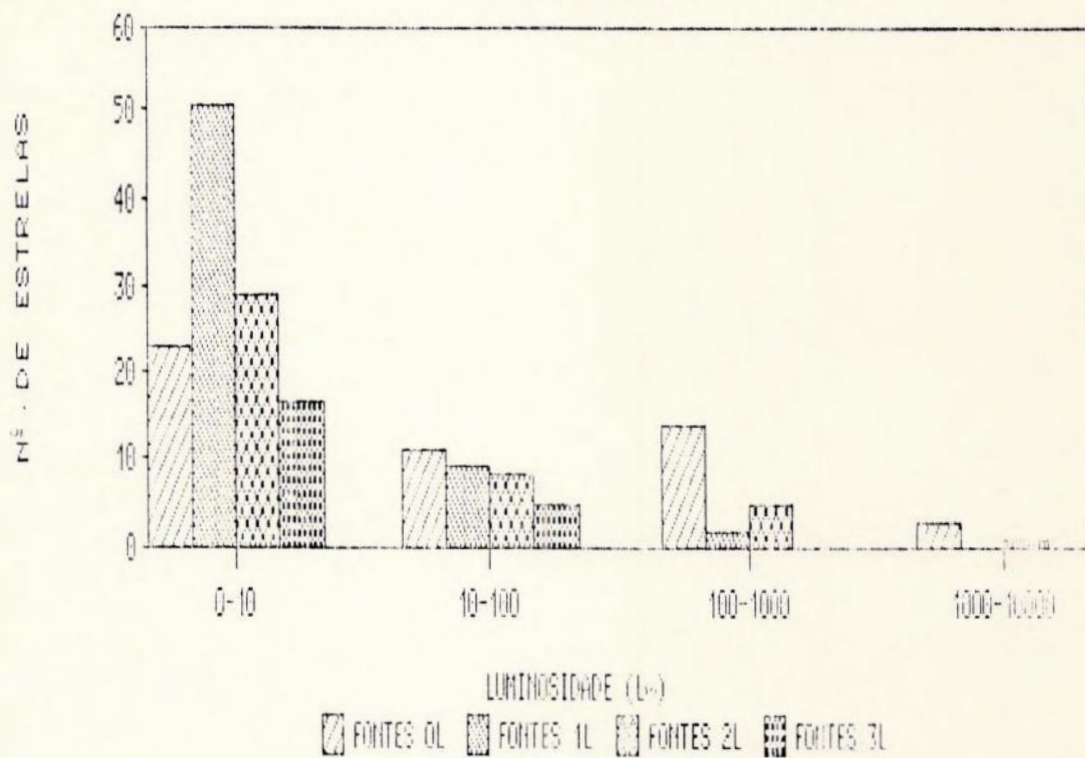


fig 4.6.b

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

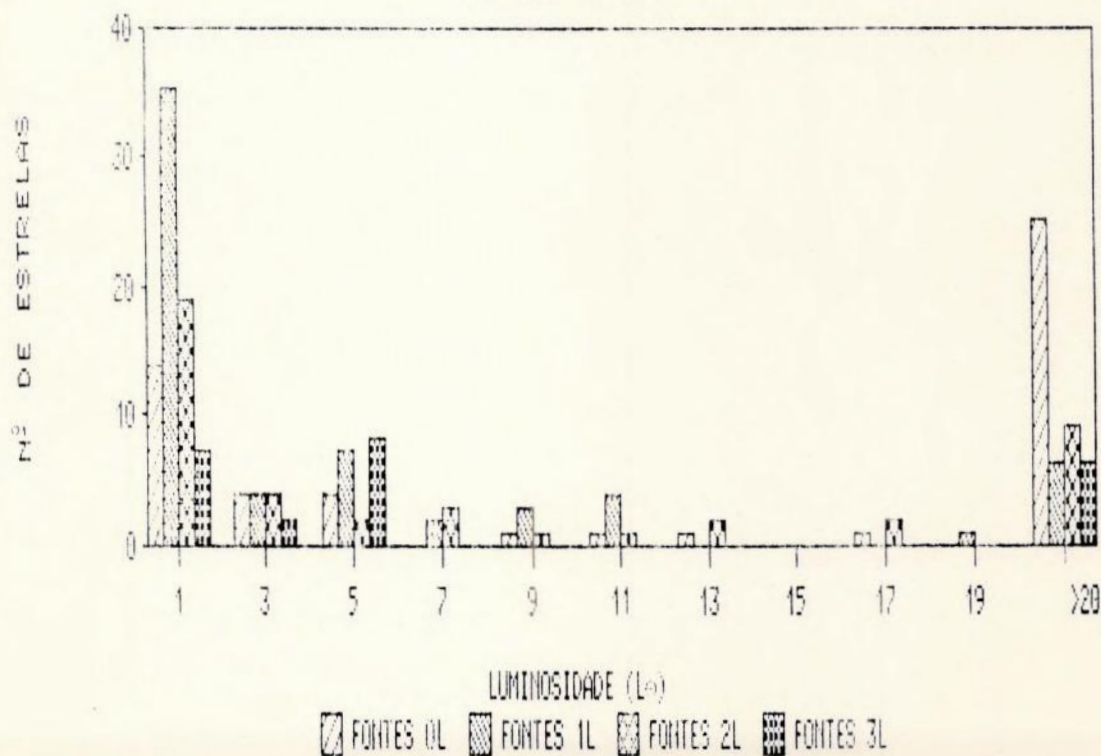


fig 4.6.c

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR

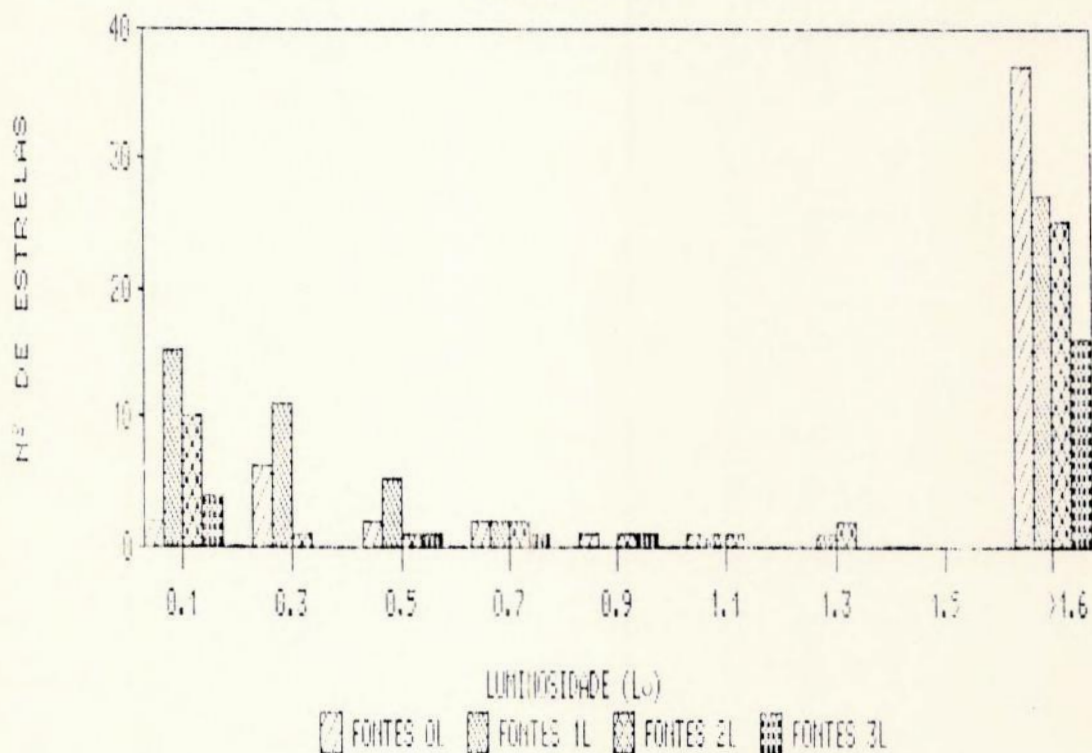
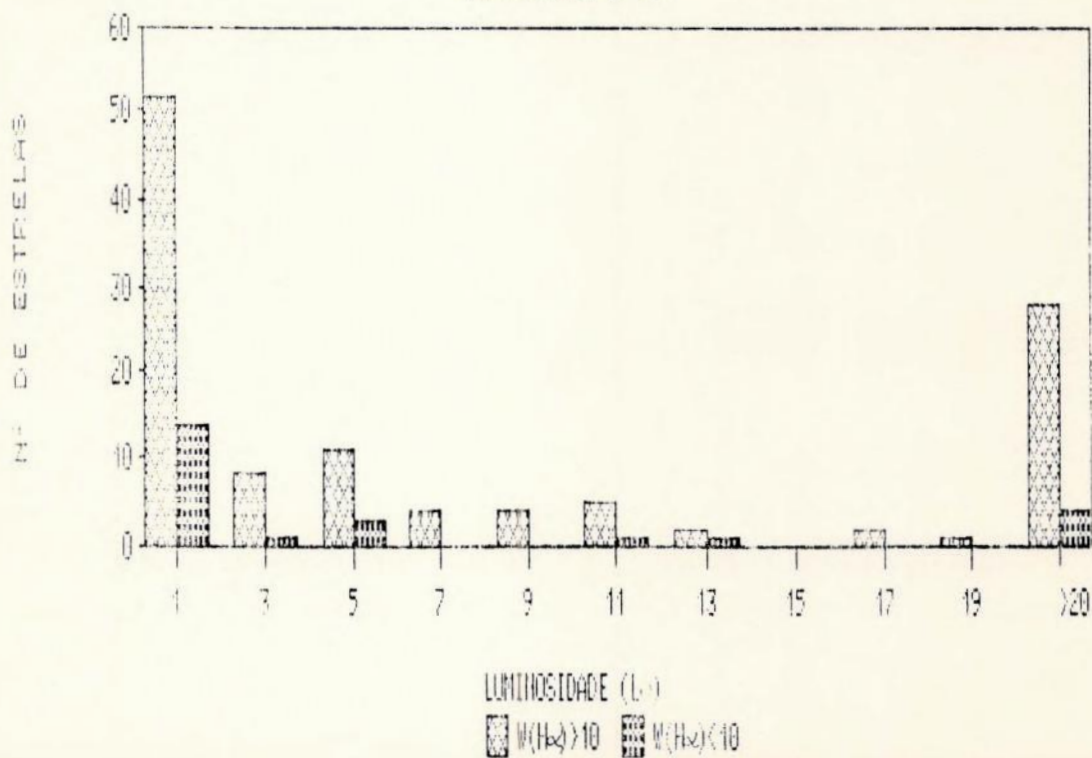


fig 4.7

DISTRIBUIÇÃO DE LUMINOSIDADES NO FIR



CAPITULO 5
COMPARAÇÃO COM A BIBLIOGRAFIA

Weintraub, em seu artigo recém publicado, "A Catalog of Pre-Main-Sequence Emission Line Stars with IRAS Source Association" (ref.58), apresenta uma proposta semelhante à nossa, no sentido de tentar uma associação entre objetos pré-sequência principal ("pre-main-sequence", PMS), tirados do HBC, e fontes de infravermelho. Entretanto, ele vai além, tomando como amostras não somente as estrelas do HBC e do PSC, como também outras 87 estrelas PMS, classificadas na literatura como (ou como candidatas a) TTC, TTF, Ae, Su ou Fu, e outras 90 fontes de infravermelho. Seu critério de associação, a princípio, é o nosso critério de classe 1 (estrela dentro da elipse de erro). Entretanto, há algumas discordâncias. Em seu trabalho, são utilizadas coordenadas do HBC corrigidas por Herbig, para as estrelas 595, 591 (T Cha), 10 e coordenadas diferentes do HBC, para as estrelas 25, 27, 28, 348, 369, 466, 467 e 494. Além disto, a estrela 138, por nós classificada como de classe 1, é tida apenas como próxima da elipse, e as estrelas 274 e 672, para nós da classe 1, não aparecem em sua lista.

Seu artigo mostra, ainda, que 48% das ETT pesquisadas eram fontes de infravermelho. Nosso trabalho, que utilizou apenas o HBC e o PSC do IRAS, revelou, entretanto, que apenas 22% estão seguramente associadas (classe 1), enquanto que outras 42% estão associadas de alguma forma.

Weintraub, com a finalidade de detectar diferenças entre as subclasses TTC, TTF, Ae, Su, Fu, constrói caixas de inclinações espectrais definidas por:

$$\alpha_{12} = \log (v_{12} F_{12} / v_{25} F_{25}) / \log (v_{12} / v_{25}), \text{ e}$$

$$\alpha_{25} = \log (v_{25} F_{25} / v_{60} F_{60}) / \log (v_{25} / v_{60}).$$

A fim de fazer uma comparação (ver cap.3, item 1 e 4, item II), podemos traduzir estes valores nos índices cor-cor [25/12] e [60/25], utilizados em nosso trabalho, através das fórmulas:

$$[25/12] = 0.318(1.0 - \alpha_{12}), \text{ e}$$

$$[60/25] = 0.380(1.0 - \alpha_{25}).$$

Os valores destes índices encontram-se na tabela 5.1.

Weintraub não menciona, em seu artigo, qualquer tentativa de

cálculo dos fluxos totais e das luminosidades no infravermelho.

A caixa, que define o comportamento das ETT, apresentada por Harris, Clegg e Hughes, no artigo "T Tauri Stars in Taurus - The IRAS View" (ref.48), baseia-se apenas numa amostra de 52 estrelas PMS pertencentes ao Touro. Neste artigo foram consideradas associadas as estrelas que estavam a uma distância de até 60" do centro de uma fonte IRAS. Há uma certa diferença em relação ao nosso critério, visto que consideramos associadas as estrelas a uma distância de até 60" de arco da elipse de erro e não da fonte (cap.1, item II). De sua amostra das associadas (de tamanho 52), 29 foram por nós classificadas como classe 1, 5 não se encontram no HBC, e 9 não são classificadas no HBC como TTC (destas, quatro são TTF, duas são Ae, uma é Su e duas são --). Foram também calculados fluxos integrados, mediante a regra simples do trapézio, e luminosidades, no infravermelho. Fica difícil a comparação com os nossos resultados, visto que as luminosidades foram calculadas, no trabalho mencionado, para uma faixa menor de comprimento de onda no infravermelho (12 a 60 μ m) e a distância por eles adotada (180pc), difere da nossa (140pc).

Emerson, em seu artigo "IRAS and Star Formation in Dark Clouds" (ref.46), utiliza uma amostra de 1098 fontes IRAS associadas a 436 nuvens escuras, com o intuito de classificar fontes através dos índices de cor no infravermelho. Entre estas classes temos ETT, nebulosas planetárias, galáxias, corpos negros de 1000 K, 100 K, 50 K e 30 K. A definição da caixa das T Tauri é baseada em 338 fontes IRAS associadas a ETT. Os valores dos índices de cor [25/12] das T Tauri confundem-se com os das galáxias. O mesmo acontece para os valores de [60/25] em relação aos das nebulosas planetárias.

A comparação dos valores das caixas de definição, no infravermelho, das estrelas T Tauri destes artigos em relação aos do nosso trabalho pode ser feita pela tabela a seguir.

Tabela 5.1

AUTOR	[25/12]	[60/25]	[100/60]
Harris (85)*	0.0 a 0.6	-0.3 a 0.4	—
Beichman et al. (86)*	0.0 a 0.6	-0.3 a 0.4	—
Lada (87)*	-0.3 a 0.3	—	—
Emerson (87)	0.0 a 0.5	-0.2 a 0.4	0.0 a 0.4
Harris, Clegg, Hughes (88)	0.0 a 0.6	-0.3 a 0.4	—
Weintraub (90), 91% das tt	0.0 a 0.6	-0.3 a 0.4	—
Weintraub (90), todas as tt	-0.1 a 1.0	-0.3 a 1.0	—
Este trabalho:			
Fontes com 0 limites	0.1 a 0.5	-0.1 a 0.7	-0.2 a 0.5
Todas as fontes	0.1 a 0.5	-0.3 a 0.7	-0.2 a 0.9

* - dados retirados da referência 48

APÊNDICE A

DESCRIÇÃO DO CATALOGO DE HERBIG E BELL

Third Catalog of Emission-Line Stars of Orion Population
University of California - Lick Observatory Bulletin nº1111
G. H. Herbig and K. Robin Bell (Lick Observatory), June 1988.

i) Resumo

Este catálogo lista 742 estrelas pré-sequência principal, membros da População de Orion, que foram observadas com espectrógrafos de rede ou de resolução equivalente. É um substituto do "Second Catalog Herbig and Rao" (*Ap. J.* 174, 401, 1972, referido como HRC).

O HBC fornece coordenadas acuradas (várias delas determinadas especialmente para este catálogo), variações de luz para variáveis conhecidas, alguma classificação (como tt, wt, su, etc.) e, quando conhecidos, as cores UVBRI perto da luminosidade máxima, referências das observações no ultravioleta, no raio-X, no rádio e das curvas de luz, valores de $V_{\text{sin } i}$ e da velocidade radial, tipos espectrais, larguras equivalentes da linha de emissão H α e referências às reproduções e estudos dos espectros.

ii) Introdução

Algumas informações presentes nas outras versões foram omitidas por razões de impressão. Entre elas, as identificações com o IRAS, a classificação das curvas de luz, etc..

Os números usados por Herbig e Rao (HRC), foram mantidos para as 323 por eles catalogadas. As novas entradas começam em 324 e vão até 742. A ordem é dada em ascensão reta para 1950.0.

Foram incluídas várias estrelas G e K com emissão fraca (da região da nebulosa de Orion e da NGC 2264), devido ao fato de se encontrarem bem acima da sequência principal e serem portanto, claramente, objetos jovens.

O limite da população de Orion, como apresentado neste catálogo, não é bem definido. Não é sempre aparente quando uma

estrela de tipo tardio ("late type"), tendo não mais que uma fraca emissão em H α e CaII, é da pré-sequência principal ou não. Este é um problema relativamente recente. É possível que um refinamento das medidas de abundância do Lítio possa melhorar a classificação.

As estrelas listadas no catálogo foram descobertas por uma grande variedade de técnicas, através de pesquisas concentradas em certas regiões, enquanto outras áreas foram praticamente negligenciadas. Este catálogo não deve ser considerado completo, mesmo para um baixo limite de magnitudes sobre qualquer grande fração do céu.

As referências do catálogo são as disponíveis, até março de 1988.

III) O Catálogo

A tabela de informações do HBC (ver um exemplo da apresentação do catálogo nas figuras AA.1 e AA.2) é organizada como se segue:

- 1) HBC - número da estrela no catálogo Herbig-Bell;
- 2) Estrela - designação mais usual da estrela;
- 3) Outra designação - outra designação também usada para o mesmo objeto;
- 4,5,6) Coordenadas - ascensão reta e declinação do objeto para a época 1950.0 e referência da medida;
- 7,8) Coordenadas Galácticas - dadas no sistema l" b";
- 9,10) Intervalo fotométrico - se a estrela é uma variável conhecida - expresso no sistema de magnitudes indicado. Valores tomados da quarta edição do "General Catalog of Variable Stars" ou de suplementos recentes, são indicados por um c. Estrelas suspeitas de serem variáveis são indicadas por um var;
- 11,12,13) Fotometria - valores de V, B-V, U-B. Estas colunas contêm os valores observados quando as estrelas estavam mais brilhantes em V e as cores U, B, V, R, I medidas praticamente ao mesmo tempo;
- 14) Referências fotométricas - o primeiro número é a referência da qual os valores tabulados foram retirados. A este, seguem-se referências adicionais de UBV;
- 15) Idem item 1

- 16,17) Valores fotométricos V-R, V-I, usualmente obtidos simultaneamente com as cores U, B e V (e com V máx) (11-13);
- 18) Uma letra (J ou C) mostra, quando os valores R e I estão no sistema Jhonson ou Cousins. Um i indica um sistema instrumental;
- 19) Referências dos dados V-R, R-I, como descritos no item 14;
- 20) Referências das magnitudes no infravermelho, da espectrofotometria e da espectroscopia;
- 21) UV, raio-X - usualmente a espectroscopia IUE e as detecções de raios-X do levantamento do "Einstein Telescope";
- 22) Referências da emissão no rádio - são as das observações do VLA ("Very Large Array") ou as da detecção da estrela por outro equipamento;
- 23) Curva de luz - referências dos estudos fotométricos posteriores à publicação do HRC (ver ap.A.1). Um hrc significa que as referências anteriores não foram repetidas;
- 24) Vsini - a velocidade de rotação axial projetada, dada com precisão da ordem de 1Km/s;
- 25) Velocidade radial (heliocêntrica, em Kms/s) e a qualidade da medida. Em todos os casos, estas velocidades são do espectro de linhas de absorção. A letra de qualidade (a, b, c) expressa o julgamento dos autores, à incerteza da velocidade medida:
- a - alta qualidade - 1-2 Km/s,
 - b - média qualidade - 3-5 km/s,
 - c - velocidade de menor acurácia;
- para algumas estrelas não foi dada a velocidade. Comentários sobre vários objetos especiais aparecem nas notas;
- 26) Referências de Vsini e da velocidade radial;
- 27) Tipo espectral - Para estrelas que têm mais de uma classificação, este é um parâmetro comprometido. Isto é indicado por (:). Em caso de conflito foi publicado o tipo espectral que parecia mais razoável aos autores.
- Não é dada indicação da região espectral que foi usada para a classificação. Vários casos especiais são descritos nas notas;
- 28) Referências da classificação espectral - A ausência desta referência deve-se a material do Lick Observatory ainda não publicado;

29,30) Largura equivalente da linha de emissão H α (em Å) e suas referências. Os dados, em geral, são valores médios. Em geral, não é certo que os diferentes valores de W(H α) para uma mesma estrela, obtidos em diversas épocas, por observadores distintos, representem uma variação real, ou que eles sejam devidos a efeitos observacionais. Quando variações reais pareciam estar presentes, a média é seguida de um v. Um número de casos para os quais os valores de W(H α), medidos pela espectroscopia de fenda e de prisma, são incompatíveis entre si, são mencionados nas notas.

Um hk, na coluna 29, significa que não há informação sobre o H α , mas que a emissão está presente nas linhas de emissão H,K do CaII.

Um pr significa que o H α foi detectado, mas o valor não está disponível.

Um abs significa que o H α está em absorção.

Um em significa que linhas de emissão não especificadas foram observadas.

31) Referências do espectro - mostram onde o espectro está reproduzido, ou onde está descrito ou discutido;

32) Tipo - resulta do julgamento dos autores, baseado na notação que se segue:

- tt - T Tauri star,
- wt - Weak line T Tauri Star, usualmente tendo W(H α) menor que 10Å e nenhuma outra linha de emissão no óptico, exeto as do CaII(H,K),
- su - uma estrela do tipo Su Aur: tipo F posterior a K, com emissão fraca em H α e CaII, linhas largas de emissão (V $_{\text{sin}i}$ =50Km/s), e luminosidade relativamente alta,
- ae - Uma estrela do tipo Ae ou Be (Herbig, G. H. 1960 Ap. J. 55 4, 337),
- ? - tipo incerto; a informação é adequada mas o objeto não pertence a nenhum grupo estabelecido,
- -- - a informação observacional é inadequada;

33) Referência a uma carta de identificação ou fotografia;

34) O nome da nebulosa brilhante, nuvem escura, aglomerado, associação ou objeto com o qual a estrela está associada ou sobre o qual está projetada.

TABLE 1

HBC no.	Star	Other designation	RA(1950) h m s	Dec(1950) ° ' " ref	Coord. l' b	Range	Magn. V ref	B-V	U-B	UBV refs.			
324	MacC H12		0 4 25.22	+65 21 56.9 B76	118.4 3.2	var	V 317 16.23:	+1.12:		317			
324	MC 1		0 4 33.84	+65 22 32.2 B76	118.4 3.2		14.6:			93			
2	LkH α 197		0 7 57.28	+58 33 25.1 Aw	117.7 -3.6		15.3:			93			
3	V633 Cas	LkH α 198	0 8 47.45	+58 33 05.2 Aw	117.8 -3.6	15.20-15.34 B	C 14.29	+0.97	+0.24	91, 71			
325	V276 Cas		0 8 47.56	+58 33 22.5 Aw	117.8 -3.6	16-16	C 15.6	+1.8		71			
326	MacC 5815		0 9 49.50	+65 16 24.7 B76	118.9 3.0	var	317 13.85:	+1.77:	+0.92:	317			
4	MacC H10	Bianco 9	0 10 13.75	+65 17 29.2 B76	119.0 3.0	var?	317 14.72:	-1.51:	+0.52:	317, 37			
5	MacC H9	Bianco 10	0 10 47.69	+65 19 19.6 B76	119.0 3.0	var?	317 14.96:	+1.28:	+0.72:	317, 37			
327n	MC 3		0 14 3.79	+65 28 59.9 B76	119.4 3.1		16.8:			90			
328n	MC 4		0 14 10.99	+65 30 14.0 B76	119.4 3.1		14.4:			90			
329	VX Cas		0 28 40.44	+61 42 17.3 B81	120.6 -0.8	10.5-13.3	C 11.03	+0.22	+0.30	276, 530, 269, 266			
6	LkH α 200		0 39 35.46	+61 39 21.0 B81	121.9 -0.9		13.7:			93			
330n*	V594 Cas	+61° 154, M3C 419	0 40 21.94	+61 38 15.1 B81	122.0 -0.9	10.4-11.0	V 373 10.61	+0.51	-0.32	50, 203, 378, 225			
7	LkH α 201		0 40 29.24	+61 21 58.2 B81	122.0 -1.2		13.1:			93			
331	LkH α 203		0 41 30.19	+61 54 22.3 B81	122.1 -0.7		15.0:			93			
332	LkH α 204		0 42 12.45	+61 48 02.9 B81	122.2 -0.8		15.8:			93			
333	LkH α 205		0 42 29.09	+61 22 29.9 B81	122.2 -1.2		14.2:			93			
334n*	RNO 6		2 13 3.0	+55 09 03 349	134.9 -5.5		14.52	+0.57	-0.23	349			
8	LkH α 262		2 53 17.44	+19 51 19.4 Aw	158.8 -34.0		14.56	+0.84	-0.40	25			
9	LkH α 263		2 53 17.84	+19 51 33.3 Aw	158.8 -34.0		14.64	+1.39	+0.19	25			
10	LkH α 264		2 53 33.80	+19 53 33.8 Aw	158.9 -33.9		12.46	+0.83	-0.46	25			
335	St 18		2 59 32.4	+16 58 49 444	162.3 -35.5		<13.5:			444			
336n*	>	IRAS 0313-599 P02	3 13 25.2	+59 58 45 247	140.2 2.3		14:						
337n	RNO 13	CoKu NGC13371	3 22 4.8	+30 35 50 312	157.9 -21.5		19.5:			85			
338	L2K 4	St 19	3 22 44.7	+30 59 55 315	157.8 -21.0	13.7	Pg 315 12.1:			444			
339n	RNO 15	CoKu NGC13372	3 24 43.5	+30 01 43 312	158.8 -21.5		19.6:			85			
340n	>	CoKu NGC13373, SSV 9a, HJ 27	3 25 37.69	+31 07 13.2 249	158.3 -20.6	var	211 17.7:			93			
341n	>	CoKu NGC13374, HJ 26, SSV 9b	3 25 37.99	+31 07 16.7 249	158.3 -20.6		18.6:			93			
342	>	CoKu NGC13375	3 25 46.0	+30 51 42: 93	158.5 -20.8		18.7:			93			
343	>	CoKu NGC13376	3 25 46.73	+30 20 41.4 B79	158.8 -21.2		14.8:			93			
11n	LkH α 325	L2K 8	3 25 47.24	+30 34 45.3 315	158.6 -21.0		13.43	+1.28	+0.92	25			
344n	SSV 11	HJ 21, SSS 108	3 25 51.01	+31 08 16.4 218	158.3 -20.5	17	R 215			450			
345n	HH 12/107	SSS 107	3 25 52.5	+31 07 46 451	158.3 -20.5		17.8			160			
346	SSV 13		3 25 58.14	+31 05 45.3 160	158.3 -20.6		23.8:			160			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)

Fig. AA. 1-Exemplo da apresentação do HBC.

TABLE 1

HBC No.	V-R	V-I	VRI ref.	Infrared refs.	UV,Xray refs.	Radio refs.	Light curve	v sini (km/s)	Radial vel.	RV ref.	Spectral type	Sp. W(H α) ref.	H α ref.	Spectrum ref.	Type	ID	Location	
1			90						A5,F:e	93 31 93	90	317 Cep	OB4					
324			90						A5e	90 18 93	90	90 Cep	OB4					
2			93						K7,M0	93 200 93	93	tt 203 L1265						
3*	+1.36	+2.55	J 91, 71			8	71		B,Ae *	85v 91, 93	93,312	ae 203 L1265						
325			71	2, 3, 93		8			E5e	93 37 93	93	ae 203 L1265						
326			90						K1	90 15 93	90	tt 90 Cep	OB4					
4			90						K4	90 24 93	90	tt 317 Cep	OB4					
5			90						K4	90 48 93	90	tt 317 Cep	OB4					
327			90						K5	90 15 93	90	tt 90 Cep	OB4					
328			90						K4	90 5.1 93	90	tt 90 Cep	OB4					
329*			J 269 155				43		A0,3e V	276, 20v 276	530,276	*						
6									K1	93 27 93	93	tt 203 L1291						
330*			3, 32,316	243		8			B:eg *	78: 93, 203, 93, 139	152,452							
7*									B3e	93 50 93	93	* 203 NGC 225						
331									K5	93 35 93	93	tt 203 L1301,02						
332									K7,M0	93 38 93	93	tt 203 L1302						
333									cont.	93 43 93	93	203 L1302						
334*	+0.78	+1.66	J 349						B1e α	85 pr 85	85	a? 420 anon						
8*			82, 93						M0	93 31 93	93	tt hrc L1454,57						
5*			93						M2	93 30 93	93	tt hrc L1454,57						
10			82, 93					+ 9	c 212 K5 V(Li)	212 85 93, 480	93	tt hrc L1454,57						
335									early M	118a pr 118a	118a							
336*			247						*	pr						247 L1382,63		
337									K7	312 99 93	93,312	tt	93 B203					
338*									G8 *	458 pr *	458,118a	tt	315 L1452					
339									?	93 32 93	312	tt	B204					
340			455, 97						K7	93 13 93			93 B205					
341			455						M4.5	93 14 93	93	tt	93 B205					
342									K7	93 10 93			93 B205					
343									M0.5	93 2.6 93	93		93 L1452					
11			82, 93						K7,M0	93 7.7 93	93	tt hrc	L1452					
344			97,309,455						M1	218 pr 218			450 B205					
345	+1.42	+2.94	J 450 450		243				M0:	450 pr 450	450		451 B205					
346*	+3.5:		160 97,309,455			442			K? *	160 pr 160	160		218 B205					
(15)	(16)	(17)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)

Fig. AA. 2-Exemplo da apresentação do HBC.

APENDICE B

DESCRIÇÃO DO CATÁLOGO DE FONTES PONTUAIS DO IRAS

IRAS Point Source Catalog - Joint IRAS Science Working Group
US Gov. Printing Office, 1985.

i) Introdução

A missão principal do IRAS foi realizar um levantamento com grande sensibilidade e não tendencioso do céu, em quatro bandas de comprimento de onda centradas em 12, 25, 60 e 100 μ m.

O projeto foi iniciado em 1975, como um programa conjunto dos EUA, Holanda e Reino Unido. Lançado em Janeiro de 1983, operou até Novembro de 1983, depois de ter pesquisado mais de 96% do céu.

Os resultados da missão IRAS estão organizados em um catálogo de fontes pontuais infravermelhas, em um catálogo de fontes extensas menores que 8', em um catálogo de espectros de baixa resolução, e em um atlas de brilho superficial absoluto com imagens de todo o céu, no infravermelho. Estes catálogos dão as características de aproximadamente 250.000 fontes pontuais e 20.000 fontes extensas. O limite das densidades de fluxo, para a detecção (em regiões não confusas do céu) das fontes pontuais é de, 0.5Jy, em 12, 25 e 60 μ m, e é de 1.5Jy, em 100 μ m, e as das fontes extensas são, respectivamente, três vezes os valores acima. A resolução angular do instrumento varia entre 0.5', em 12 μ m, e 2', em 100 μ m. A precisão da posição das fontes detectadas depende de seu tamanho, brilho e distribuição espectral, mas é geralmente maior que 20". Estão disponíveis aproximadamente 5.000 espectros, de 8 a 22 μ m, das fontes mais brilhantes que 10Jy, nas bandas centradas em 12 e 25 μ m.

ii) Comentários

a) O céu a 100 μ m é dominado por filamentos denominados "cirrus infravermelhos" que, embora se concentrem perto do Plano Galáctico, podem ser encontrados em todo o céu. Um dos efeitos dos cirrus é que eles podem gerar fontes pontuais e extensas que são,

na verdade, pedaços de estruturas maiores, não isoladas. E eles podem perturbar as medidas, de $100\mu\text{m}$ e até de $60\mu\text{m}$, de fontes pontuais e extensas reais.

b) As bandas espectrais dos detectores são suficientemente largas para que as densidades de fluxo dependam da distribuição de energia assumida para a fonte. Nos catálogos, a distribuição foi tomada como constante nos intervalos das bandas espectrais. Se a fonte tem uma distribuição diferente, uma correção de cor deve ser aplicada para as densidades de fluxo.

c) O levantamento é claramente "limitado por confusão" dentro de aproximadamente 10° do Plano Galáctico e em várias áreas do céu, como as regiões de Ophiuchus e Orion-Taurus. Considerável esforço foi feito para selecionar somente fontes boas nestas áreas, mesmo que a amostra não ficasse completa.

d) Um requisito básico para a inclusão de uma fonte nos catálogos IRAS é que ele seja observado pelo menos duas vezes. Na figura AB.1, o gráfico de cima mostra as áreas (sombreadas) que foram perdidas completamente (por não preencherem o requisito de duas varreduras), enquanto que o gráfico de baixo mostra as áreas básicas cobertas pelo IRAS.

e) Três classes de fontes, cobrindo quase todos os objetos no Catálogo de Fontes Pontuais, podem ser definidas de acordo com a distribuição da energia espectral: a maior parte das fontes que são mais brilhantes em $12\mu\text{m}$ do que em $25\mu\text{m}$ são estrelas; dos 50.000 objetos que são mais brilhantes em $60\mu\text{m}$ do que em $25\mu\text{m}$ e que se localizam a mais de 20° do Plano Galáctico são galáxias; e a maioria das 35.000 fontes detectadas somente em $100\mu\text{m}$ são "clumps" frios e densos, dentro do cirrus interestelar.

f) Deve-se ter em mente que o propósito da cobertura múltipla foi aumentar a certeza das detecções de fontes pontuais, e não somar dados para melhorar a sensibilidade.

III) O Catálogo de Fontes Pontuais

As fontes que aparecem como pontuais são apresentadas de três modos diferentes, dependendo da sua leitura e dos detalhes das informações dadas para as fontes.

a) Um catálogo de 250.000 fontes pontuais bem confirmadas

está disponível em versão impressa e em versão de fita magnética. Existe agora, também, uma versão revisada deste catálogo (IRAS PSC versão II, 1989 (ver ref. 51)).

b) Um arquivo, conhecido como "Working Survey Data Base", disponível somente em fita magnética, foi criado para pesquisadores que precisam de informação especializada sobre as observações e o processo de redução de alguma fonte do catálogo.

c) Um arquivo de fontes rejeitadas, disponível em fita magnética, inclui todas as fontes que não cumpriram os critérios de identificação do catálogo.

O catálogo em versão fita é destinado a astrônomos que desejam fazer estudos estatísticos e necessitam um grande número de fontes. Estão listadas no catálogo fontes com dimensões angulares menores que 0.5', 0.5', 1.0', 2.0' em 12, 25, 60 e 100 μ m, respectivamente.

iv) Os Formatos do Catálogo de Fontes Pontuais IRAS

Versão 1 - para fita magnética

O Catálogo é dividido em seis arquivos individuais, em blocos de 4 horas de ascensão reta. Cada arquivo contém de 20 mil a 90 mil fontes, organizadas em ordem de ascensão reta crescente.

A tabela de informações do IRAS (fig. AB.2) é montada como se segue:

- 1) NAME - Nome da fonte. O nome da fonte é derivado da sua posição combinando as horas, minutos e décimos de minutos de ascensão reta e o sinal, graus e minutos de declinação. Na obtenção dos minutos, para o nome, as posições são truncadas. As letras "A", "B", "C", etc., aparecem nos nomes das fontes próximas o suficiente para que elas não tenham nomes idênticos;
- 2) POSITION - Posição da fonte. As posições são dadas para o equinócio de 1950.0, e época 1983.5. Horas (Hours) e minutos (Minute) de ascensão reta são dados como inteiros, enquanto os segundos (Second) são arredondados ao décimo de segundo. A declinação é dada como um sinal (Dsign) seguido de valores inteiros de graus (DecDeg), minutos (DecMin) e segundos

(DecSec);

- 3) MAJOR, MINOR, POSANG - Incerteza na posição. A incerteza na posição depende do brilho da fonte em cada banda, de seu percurso no plano focal e do número de confirmações. A incerteza final, depois do refinamento da posição, é expressa na forma de uma elipse de incerteza, com 95% de confiança, cujos semi-eixos maior (Major) e menor (Minor) são dados em segundos de arco. A orientação (Posang) da elipse no céu é expressa, em termos do ângulo, entre o semi-eixo maior e o meridiano equatorial local. É expresso em graus, e contado a partir do norte, e na direção leste;
- 4) NHCON - Número de medidas realizadas. É dado o número de medidas de "confirmação de horas" (Hours confirmed);
- 5) FLUX (4) - densidade de fluxo. Cada um dos 4 comprimentos de onda tem uma densidade de fluxo sem correção de cor, em unidades de Jansky ($1\text{Jy} = 10^{-26}\text{W m}^{-2}\text{Hz}^{-1}$). O valor citado é uma média de todas as medidas de "confirmação de horas". A qualidade de cada fluxo é designada por (FQUAL);
- 6) TSRN (4) - Relação sinal-ruído. O valor é dez vezes a menor das relações sinal-ruído para as várias medidas da fonte. Um valor é dado, para cada banda de comprimentos de onda, com qualidade alta ou moderada;
- 7) VAR - Variabilidade da fonte. É a probabilidade de que uma fonte seja variável, baseada na análise dos fluxos de 12 e 25 μm e suas incertezas;
- 8) DISC (4) - Fluxos discrepantes. Indicação da ocorrência de discrepância entre os fluxos medidos para a mesma banda;
- 9) FQUAL (4) - Qualidade da medida dos fluxos:
 - alta qualidade (3),
 - moderada (2),
 - limite superior (1).
- 10) NLRS, LRSCHAR - Espectros de baixa resolução. NLRS dá o número de espectros disponíveis para a fonte e LRSCHAR dá uma sucinta caracterização do espectro;
- 11) RELUNC (4) - Incertezas nas densidades de fluxo. Expressas como 1σ em unidade de $100X(\delta f\nu/f\nu)$;
- 12) CC (4) - Correlação da fonte pontual. Ver IRAS "Catalog and Atlases Explanatory Supplement" (ref.43), section V, p. C4;

13) CONFUSE, PNEARH, PNEARW, HSDFLAG - Critérios de confusão. Se há possível confusão entre fontes muito próximas, isto é indicado no espaço (CONFUSE). Os outros indicadores de possível confusão, PNEAR H e W, dão o número de medidas que detectam fontes próximas, dentro de 4.5' e 6.0', respectivamente, centradas na fonte.

Regiões de alta densidade receberam processamento especial, para aumentar a confiança das fontes citadas. As regiões de alta densidade dependem das bandas. Se uma banda, de uma fonte, está numa destas regiões, o espaço (HSDFLAG) o indica;

14) SES1 (4), SES2 (4) - Indicadores de fontes extensas. As SESs dão o número de vezes em que foi detectada a presença de fontes extensas próximas (4.5', 6.0') da fonte. Se os valores forem maiores que 1, a fonte pode fazer parte da fonte extensa e merece melhor estudo;

15) CIRR 1, 2, 3 - Indicadores de Cirrus. Indicam a provável presença de Cirrus, o que pode indicar contaminação na medida do tamanho da fonte na banda de 100 μ m;

16) NID, IDTYPE, CATNO, SOURCE, TYPE, RADIUS - São os indicadores das associações das fontes de infravermelho com objetos de outros catálogos. As associações foram feitas por critério de proximidade, e não foram estendidas a todas as fontes.

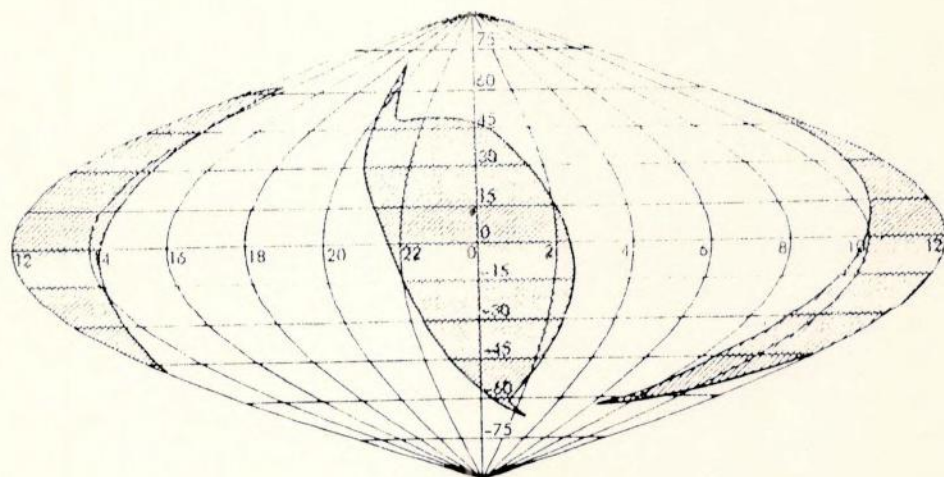
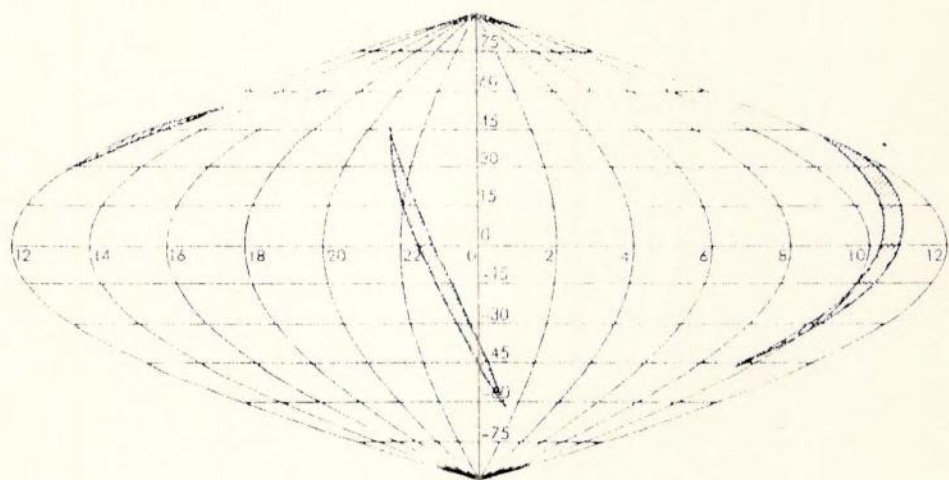


Fig. AB.1 - Cobertura do céu no levantamento IRAS. Dois gráficos de todo o céu são mostrados numa projeção de áreas equivalentes, em coordenadas equatoriais. Ver texto do comentário d (ap. B. II).

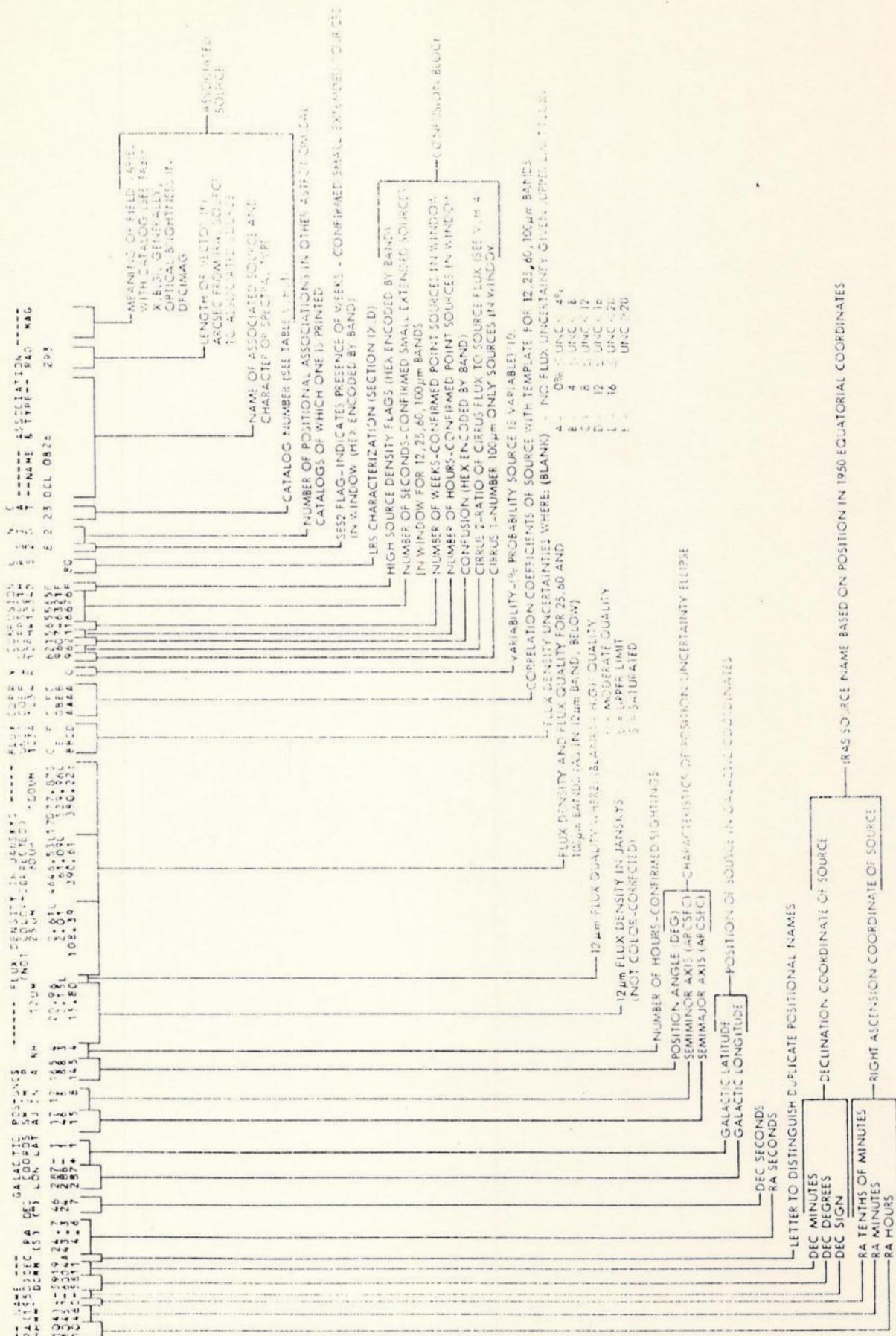


Fig. AB.2 - Explicação (em Inglês) do formato do IRAS PSC, na versão impressa.

APENDICE C

EXEMPLO DO BANCO DE DADOS

1	2	3	4	5	6	7	8
NUMERO	CLASSE	L	8	U	B-U	U-B	U-R
1	1	118.4	3.12	16.23	1.12		
3	1	117.8	-3.6	14.29	0.97	0.24	1.36
326	1	118.9	3	13.85	1.77	0.92	
329	1	120.6	-0.8	11.03	0.22	0.3	
330	1	122	-0.9	10.61	0.51	-0.32	
334	1	134.9	-5.5	14.52	0.57	-0.23	0.78
337	1	157.9	-21.5	19.5			
339	1	158.8	-21.6	19.6			
11	1	158.6	-21	13.43	1.28	0.92	
346	1	158.3	-20.6	23.8			3.5
14	1	159.1	-20.9	16			
15	1	159.2	-20	15			
348	1	159.6	-18	10.35	0.41	0.14	
20	1	160.5	-17.5	10.97	1.33	0.68	
363	1	160.5	-9.6				
367	1	168.2	-16.3	10.62	1.38	1.12	0.85
24	1	168	-16.2	14.95	1.69	0.84	
369	1	168.3	-16.2	15			
373	1	168.8	-15.5	15.3	1.5		1.2
375	1	168.8	-15.5	19.3			
32	1	168.3	-14.9	12.09	1.11	0.06	0.85
33	1	169.6	-15.3	13	1.38	-0.16	1.07
34	1	169.3	-14.9	10.01	1.03	0.48	0.67
383	1	170.4	-15.9	15.71	1.37		1.21
385	1	170.7	-15.3	12.99	1.47	1	0.95
36	1	172.1	-15.9	11.49	0.89	-0.42	0.76
37	1	171.8	-15.7	12.01	0.93	-0.3	0.83
389	1	173.4	-16.3	17.2	2		
41	1	172.3	-15.2	13.3	1.63	0.67	1.07
40	1	165.4	-9	15.9			
45	1	172.5	-15.1	11.7	1.14	-0.16	0.85
48	1	173.9	-16	15.75	1.73	0.84	1.46
396	1	173.9	-15.9	17.7			
54	1	179.6	-20.3	12.24	1.4	0.03	1
57	1	174.2	-15.7	12.14	1.38	0.34	1.27
58	1	173.4	-15.1	13.05	1.14	-0.23	0.94
61	1	175.5	-16.6	13.09	1.05	-0.18	1.05
62	1	179.3	-19.6	13.99	1.15	-0.15	1
63	1	174.3	-15.4	12.37	1.04	-0.26	0.85
65	1	174.6	-15.5	12.36	1.45	0.74	1.34
410	1	210.8	-36.6	13.5			
411	1	174.7	-15.5	17.3			
413	1	210.9	-36.6				
66	1	175.7	-16.2	13.16	1.67	0.9	1.09
67	1	173.5	-13.7	14.01	1.42	-0.06	1.86
419	1	176.7	-16	12.09	1.32	0.79	0.78
421	1	172	-11.6	14.9			
70	1	174.9	-13.6	14.22	1.28	-0.2	1.12
74	1	182.3	-17.8	11.17	0.64	-0.3	0.64
76	1	171.8	-8.5	12.37	1.24	0.07	0.98
77	1	172.6	-8.2	12.03	1.19	0.33	0.81
78	1	172.5	-8	7.07	0.14	0.01	0.25
79	1	172.5	-7.9	8.93	0.85	0.37	0.5
428	1	156.2	5.3	15.6			
431	2A	203.2	-23.2				

9	10	11	12	13	14	15	16
NUMERO	V-I	V SINI	V RAD.	W(H)	TIPO	A	D
1				31	3	426	652159
3	2.55			85	3	847.9	583309
326				15	1	950.3	651628
329				20	3	2840.8	614218
330				78	3	4021.9	613814
334	1.66				3	21303.3	550912
337				99	1	32204.7	303549
339				32	1	32443.2	300140
11				7.7	1	32547.8	303443
346					3	32557.9	310530
14				53	1	32740.3	302236
15				51	1	33024.7	310044
348					3	33738.4	322216
20				20	1	34239.2	321451
363					3	40721.2	380008
367	1.69		16	4	2	41106.6	280441
24				25	1	41108.3	282023
369				117	1	41143.9	280457
373				13	3	41534.8	281201
375				70	3	41545.2	281310
32	1.66	10	15.8	40	1	41608.1	285913
33	2.3	10	14.9	54	1	41848.4	274801
34	1.38	53	16.4	20	1	41850.6	281933
383	2.53			57	1	41856.6	265028
385	1.93	11	14.8	11	3	42153.2	270511
36	1.74	22	12	60	1	42400.3	253543
37	1.69			113	1	42400.4	255930
389					3	42621.7	242626
41	2.21	12	15.3	7.8	1	42647.3	260013
40				588	3	42657.2	351001
45	1.73	12	15.3		1	42740.4	255457
48	3.02	22	16.3	29	1	42848.7	241754
396				88	1	42913.2	242239
54	2	10	17.6	54	1	42937.3	172521
57	2.28	17	18.6	16	1	43032.1	241454
58	1.9			105	1	43036.1	251424
61	2.15	11	16.4	102	1	43051.9	224416
62	2.14	10	16.9	139	1	43054.7	180358
63	1.81	11	16.1	37	1	43153.3	242244
65	2.42	8	16.1	12	1	43226.4	240855
410					1	43232	-141918
411				4.6	3	43240.1	240504
413					3	43245.4	-141946
66	2.16	14	17.7	35	1	43253.1	224818
67	3.37		20	100	1	43523.9	260451
419	1.52	12.5	17	13	2	43618.4	221512
421				1.8	3	43808.8	283418
70	2.26			85	1	43933.8	250953
74	1.3			87	1	44413.3	165322
76	1.91		18	60	1	44836.7	304214
77	1.53	13	15	96	1	45159.4	301710
78	0.39	140		27	3	45233.8	302820
79	0.98	67	16	4	3	45249.2	302921
428					3	45302.5	512610
431				1	3	50903.8	-22625

17	18	19	20	21	22	23	24
NUMERO	SMA	SME	ANG	F12	F25	F60	F100
1	14	8	74	5.67	11.5	16.6	41.8
3	14	9	29	33	88.1	127	181
326	20	8	38	0.811	1.41	5.23	44.1
329	14	8	43	1.54	2.66	1.39	14.8
330	13	8	50	7.41	9.17	5.06	14.4
334	22	9	56	2.58	3.22	32.9	95
337	37	5	72	0.901	2.82	3.95	9.6
339	25	5	73	1.83	1.23	2.54	92.2
11	30	10	73	0.518	0.498	0.727	5.77
346	31	8	73	11.3	42.8	233	947
14	30	8	73	0.381	0.875	1.32	0.815
15	25	6	73	1.05	1.3	5.85	8.59
348	31	9	76	0.336	1.6	6.52	13.1
20	23	8	76	0.78	3.5	10.5	55.7
363	27	9	76	6.49	20.1	47.6	60.6
367	50	9	78	2.77	2.82	0.47	10.6
24	33	7	78	0.591	1.48	1.63	6.03
369	29	8	79	0.44	0.63	0.639	7.19
373	20	5	79	33.2	95.9	72.4	166
375	29	7	80	0.948	4.5	7.85	70
32	42	6	79	0.498	0.639	0.511	1.31
33	39	6	79	0.482	0.813	1.13	1.25
34	25	5	79	17.5	26.1	15.1	13.3
383	19	5	80	1.46	3.83	6.94	10.7
385	64	8	80	0.406	0.547	0.637	7.74
36	38	5	80	1	1.21	0.679	2.02
37	25	5	80	9.29	19.6	38.8	45.1
389	25	9	84	14.9	38.9	59.3	4.64
41	47	7	80	0.432	0.685	0.797	1.75
40	21	9	96	362.14	339.88	3118.5	5002
45	35	8	81	1.93	2.12	1.48	2.75
48	29	8	81	0.383	1.03	2.51	5.55
396	30	7	81	1.06	3.98	7.05	9.54
54	15	5	82	1.27	1.65	2.98	5.01
57	32	5	81	2.11	3.06	1.72	6.92
58	36	5	81	1.01	1.39	1.39	2.21
61	32	6	81	0.802	1.38	2.18	2.47
62	49	8	82	0.25	0.467	0.847	6.99
63	54	6	81	0.395	0.614	1.2	10.2
65	51	7	81	0.407	0.668	0.736	9.15
410	13	8	79	1.2	3.67	7.03	10.2
411	41	7	81	0.443	0.261	0.4	21.9
413	34	10	40	0.527	0.542	0.628	5.8
66	33	5	81	2.06	3.67	8.34	16.2
67	23	7	81	1.91	3.89	5.84	6.3
419	44	8	82	0.356	0.461	1.39	1.88
421	40	7	81	0.25	1.13	1.38	3.05
70	44	7	82	0.61	1.2	0.824	2.78
74	24	6	83	3.14	4.14	5.32	5.57
76	19	5	82	3.77	6.56	7.15	5.56
77	38	8	82	0.25	0.908	2.8	6.4
78	24	6	82	27.2	48.1	105	113
79	57	6	82	3.52	12.8	12.1	113
428	20	10	81	1.66	4.07	8.95	15.4
431	23	9	86	0.3	1.21	1.77	1.17

25	26	27	28	29	31	30
NUMERO	LIMITES	IC1	IC2	IC3	#L(LsOL)	FTOT
1	0	-0.30711	-0.15941	1.220108		3.0E+28
3	0	-0.42646	-0.15882	1.626682		
326	1	-0.24019	-0.56928	-1.79471		1.0E+28
329	1	-0.23736	0.281866	-2.37418		
330	1	-0.09255	0.258218	-1.81436		
334	0	-0.09623	-1.00934	-1.00655		
337	0	-0.49552	-0.14634	-1.93103		1.1E+27
339	2	0.172545	-0.31492	-2.12536		1.9E+27
11	0	0.17100	-0.14430	-1.17985		4.1E+26
346	1	-0.57836	-0.73591	-0.17172		3.6E+28
14	2	-0.36108	-0.17856	-1.02555		2.5E+26
15	2	-0.09275	-0.65321	-0.40893		7.7E+26
348	1	-0.67778	-0.61012	-1.72733		8.9E+26
20	1	-0.65197	-0.47712	-0.27984		2.1E+27
363	0	-0.49095	-0.37441	-0.88229		9.0E+27
367	2	-0.00776	0.778151	-2.89256	11	1.8E+26
24	1	-0.39867	-0.04192	-1.16802	5.2	8.5E+25
369	1	-0.15588	-0.00616	-2.76152	3.3	5.4E+25
373	0	-0.46068	0.122080	-0.71197	290	4.8E+27
375	2	-0.67640	-0.24165	-1.67916	17	2.7E+26
32	1	-0.19827	0.097079	-1.79672	2.7	4.4E+25
33	1	-0.22704	-0.14298	-1.46543	3.2	5.2E+25
34	0	-0.17360	0.237663	-0.35250	94	1.8E+27
383	1	-0.41884	-0.25816	-1.74183	15	2.4E+26
385	2	-0.12946	-0.06615	-2.78132	3	4.9E+25
36	2	-0.08278	0.250915	-1.72443	5	8.1E+25
37	0	-0.32424	-0.29657	0.020630	86	1.4E+27
389	0	-0.41676	-0.18310	-0.81669	130	2.1E+27
41	1	-0.20020	-0.06576	-1.71132	2.8	4.5E+25
40	0	0.027550	-0.96262	1.891885		2.5E+30
45	0	-0.04077	0.156074	-1.48295	9.8	1.6E+26
48	0	-0.42963	-0.38683	-1.28156	5.3	8.7E+25
396	0	-0.57457	-0.24830	-1.74950	15	2.4E+26
54	0	-0.11368	-0.25673	-1.25817		1.9E+26
57	1	-0.16143	0.250192	-1.52034	12	1.9E+26
58	1	-0.13869	0	-1.62041	5.7	9.3E+25
61	1	-0.23570	-0.19857	-1.44687	5.7	9.2E+25
62	2	-0.27137	-0.25856	-1.86450		5.0E+25
63	1	-0.19157	-0.29101	-1.72015	3.9	6.4E+25
65	2	-0.21518	-0.04210	-1.94603	3	4.9E+25
410	1	-0.48548	-0.28228	-1.76582	11	1.1E+26
411	3	0.229763	-0.18541	-3.01178	4.4	7.1E+25
413	1	-0.01218	-0.06396	-2.81799	2.7	2.8E+25
66	0	-0.25079	-0.35649	-0.89837	20	3.2E+26
67	0	-0.30891	-0.17646	-1.05966	15	2.5E+26
419	2	-0.11225	-0.47931	-2.47919	2.2	3.6E+25
421	2	-0.65513	-0.08680	-2.48440	2.9	4.7E+25
70	0	-0.29385	0.163254	-1.92917	4.4	7.1E+25
74	0	-0.12007	-0.10891	-1.14332		3.9E+27
76	1	-0.24056	-0.03740	-1.02650	24	
77	2	-0.56014	-0.48907	-1.43933	4	6.5E+25
78	0	-0.24757	-0.33904	0.129094	230	3.8E+27
79	2	-0.56066	0.024424	-0.81484	43	7.0E+26
428	0	-0.38948	-0.34222	-1.67962		
431	1	-0.60566	-0.16518	-2.38650		

BIBLIOGRAFIA

(Obs. - A numeração desta bibliografia segue a numeração das referências da tabela 4.1)

- 41) Baras, E.M. - Lotus 123 Guia do Usuário - Versão 2.0. 3^a Ed. McGraw Hill, 1987. pp.326.
- 42) Beichman, C., Myers, P., Emerson, J., Harris, S., Mathieu, R., Benson, P. and Jennings, R. 1986, *Astrophys. J.* 307, 337.
- 43) Beichman, C.A., Neugebauer, G., Habing, H.J., Clegg, P.E., and Chester, T.J. 1985 - *Infrared Astronomical Satellite - Catalog and Atlases Explanatory Supplement*. NASA
- 44) Bertout, C. 1989, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 27:351-395.
- 45) de la Reza, R., Torres, C.A.O., Quast, G., Castilho, B.V. and Vieira, G.L. 1989, *Astrophys. J. (Letters)* 343:L61-L65.
- 46) Emerson, J.P. 1987, In: M. Peimbert and J. Jugako - *Stars Forming Regions*. IAU Symposium 115. p.19
- 47) Emerson, J.P. 1988, In: A.K. Dupree and M.T.V.T. Lago - *Formation and Evolution of Low Mass Stars*. NATO ASI Series, vol. 241. p.193
- 48) Harris, S., Clegg, P. and Hughes, J. 1988, *Mon. Not. R. astr. Soc.* 235:441-456.
- 49) Herbig, G.H. 1962, *Adv. Astron. Astrophys.* 1:47
- 50) Herbig, G.H. and Bell, K.R. 1988, Lick Observatory Buletin, University of California, No.1111.
- 51) IRAS Point Source Catalog 1985, Joint IRAS Science Working Group, US Gov. Printing Office.
- 52) Kuhl, L.V. 1978, In: T. Gehrels - *Protostars and Planets*. Tucson, Univ. Arizona Press. pp.708-717.
- 53) Montmerle, T. and André, P. 1989, In: B. Reipurth - *ESO Workshop on Low Mass Star Formation and Pre Main Sequence Objects*. ESO Conference and Workshop Proc. No.33. pp.407-422.
- 54) Rucinsky, S.M. 1985, *Astron. J.*, 90(11):2321
- 55) Rucinsky, S.M. and Krautter, J. 1983, *Astrophys. J.*, 121:217-225
- 56) Vieira, G.L., Castilho, B.V. and de la Reza, R. 1990, *Rev. Mex. Astron. Astrofis.*, 21:725.
- 57) Walter, F.M., Brown, A., Mathieu, R.D., Myers, P.C. and Vrba, F.J. 1988, *Astron. J.*, 96:297
- 58) Weintraub, D.A. 1990, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 74:575-594.