

A  
Lilia e Encarnacion  
com carinho  
Dúlia  
03/04/85



CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES

RÁDIO E ÓPTICAS DE GALILEUS ASTRONAUTAS

**DÚLIA FERNANDES DE MELLO**

Projeto de Conclusão do Curso de Graduação em Astronomia-UFRJ

1 9 8 4

Orientador: Dr. NELSON JORGE SCHUCH - CNPq/ON

65

OFEREÇO ESTE TRABALHO AOS PROFESSORES E ALUNOS DO  
CURSO DE ASTRONOMIA E AOS COLEGAS:

- Carlos
- Cleide
- Jefferson
- Júlio

## P R E F Á C I O

Neste trabalho descrevo os resultados de nossas atividades de pesquisa junto ao Departamento de Astronomia, DEA, do CNPq-Observatório Nacional, CNPq/ON, durante o período de Agosto de 1983 a Fevereiro de 1985, apresentado como projeto de conclusão de curso, parte dos pré-requisitos estipulados pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, ao curso de Graduação em Astronomia.

Agradecemos a todas as pessoas que estiveram envolvidas no desenvolvimento deste projeto, a todos os professores da UFRJ responsáveis pela nossa formação acadêmica, ao CNPq/ON e DEA pela utilização de sua infraestrutura, à equipe do "ON-CfA Redshift Survey", tendo como responsável o Dr.L.A. Nicolaci da Costa, pela obtenção dos espectros ópticos com o telescópio de 1,6 metros do Observatório Astrofísico brasileiro, a Carlos Roberto Rabaça, pela formatação do Catálogo de Parkes para este trabalho, a Júlio César Santiago, pela digitação do Catálogo de Parkes, a Vânia Pachá Bichara que participou a cada momento do desenvolvimento de todo o trabalho, tendo contribuído com valiosas discussões científicas e, em particular, ao nosso orientador, Dr. Nelson Jorge Schuch pela sugestão do projeto, seu constante interesse e conselhos através do desenvolvimento do mesmo. Finalmente agradecemos a Sandra Cristina Porto Silva pela datilografia deste trabalho e a Rosana Marques dos Santos pela confecção dos desenhos do mesmo.

## Í N D I C E

- 1 - Introdução ao Trabalho.
- 2 - Critérios de seleção de uma amostra estatisticamente com  
pleta de rádio-galáxias.
  - 2.1 - Amostra de rádio-galáxias com linhas de emissão.
  - 2.2 - Amostra de rádio-galáxias sem linhas de emissão.
- 3 - Banco de dados espectrais/ópticos.
  - 3.1 - Espectros ópticos da amostra.
  - 3.2 - Campos de referência visual.
- 4 - Correlações entre a rádio emissão e dados espectrais óp  
ticos de galáxias.
  - 4.1 - Correlações já estabelecidas.
  - 4.2 - Novas correlações - com discussão.
- 5 - Sumário de conclusões.
- 6 - Referências.
- 7 - Apêndices.
  - 7.1 - Programa SELPK.
  - 7.2 - Programa correlacionador e Estatística R.

## 1 - INTRODUÇÃO

As correlações entre as propriedades rádio e ópticas de galáxias possibilitam estudar características importantes destes objetos tais como luminosidade óptica absoluta (Rogstad e Ekers, 1969; Cameron, 1971; Colla et al., 1975; Auriemma et al., 1977), a presença de linhas de emissão óptica (Disney e Cronwell, 1971; O'Connell e Drussel, 1978), a morfologia das galáxias (Heeschen, 1970), o meio ambiente em que se encontra a mesma (Stocke, 1978, Adams, Jensen e Stocke, 1980; Dressel, 1981), propriedades fotométricas (Sparks, 1983). A finalidade de investigar tais características é questionar sobre outras características como velocidades radiais, densidades de fluxo e tipos de linhas de emissão.

Definimos uma amostra estatisticamente completa de rádio-galáxias identificadas opticamente a partir de um critério de seleção pré-estabelecido. Os catálogos que permitiram a obtenção deste amostra foram o Catálogo óptico ESO/B e o Catálogo rádio de Parkes: os dados espectrais ópticos foram fornecidos pela equipe do "ON-CfA Redshift Survey" - "ON-CfA". A amostra composta de 21 rádio-galáxias, mesmo comprometendo seu papel estatístico, foi dividida em sub-amostras considerando a presença ou não de linhas de emissão nos espectros ópticos. Procuramos dar um caráter estatístico não paramétrico a cada sub-amostra estudando-as individualmente. Através de análises gráficas correlacionando dados ópticos e rádio foram obtidos resultados merecedores de interpretação astrofísica.

Neste trabalho apresentamos, no Capítulo 2, os critérios de seleção de uma amostra estatisticamente completa de rádio-galáxias para as amostras de galáxias com linhas de emissão no espectro óptico e sem linhas de emissão; no capítulo 3, o banco de dados ópticos/rádio, os espectros ópticos,

e os campos de referência visual; no capítulo 4, as correlações entre a rádio emissão e dados espectrais ópticos de galáxias já estabelecidas e as devidas discussões sobre novas correlações encontradas, sendo que as conclusões finais são apresentadas no capítulo 5.

2 - CRITÉRIO DE SELEÇÃO DE UMA AMOSTRA ESTATISTICAMENTE  
COMPLETA DE RÁDIO-GALÁXIAS

A obtenção de uma amostra de galáxias, a partir de critérios ópticos, para fins de correlações de dados ópticos versus rádio, foi baseada no aproveitamento de pesquisas que estão sendo efetuadas no CNPq-Observatório Nacional, em colaboração com o "Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics", denominados por "ON-CfA Redshift Survey". O CfA Redshift Survey realizado pelo Grupo Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics fornece um levantamento estatisticamente completo, para as galáxias mais brilhantes do que a magnitude  $m = 14.5$ , de velocidades radiais para aproximadamente 2.400 galáxias distribuídas em uma região de 1.83 sr no Hemisfério Norte e 0.83 no Hemisfério Sul (Nicolaci da Costa e outros, 1984).

Para se determinar a verdadeira natureza da distribuição de galáxias é fundamental considerar uma amostra que represente adequadamente o Universo evitando que a distribuição observada revele apenas a estrutura de flutuações locais. Como a amostra do CfA é contaminada pela presença do Aglomerado de Virgo, é de grande interesse estender este estudo na direção oposta, evitando desta forma o centro do Super-aglomerado Local.

Foi então, estabelecido o seguinte critério de seleção:

|                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| $m_B \leq 14.5$              | $m_B$ = magnitude fotográfica azul |
| $19^h \leq \alpha \leq 06^h$ | $\alpha$ = ascensão reta           |
| $\delta \leq -30^\circ$      | $\delta$ = declinação              |
| $b \leq -30^\circ$           | $b$ = latitude Galáctica           |

onde

que aplicado ao Catálogo óptico ESO/B, tido como o mais com-

pleto do Hemisfério Sul, resultou na seleção de 1639 galáxias para a região especificada.

No que concerne aos dados de rádio emissão de galáxias, rádios levantamentos estatisticamente completos em uma dada frequência poderiam ser obtidos na literatura. No Hemisfério Sul o único levantamento no contínuo rádio estatisticamente completo, em 2.7 GHz, é o fornecido pelo Observatório de Parkes com informações em 408 MHz e 5.0 GHz. O principal critério de seleção rádio foi estabelecido, de maneira que a área estudada pelo "ON-CfA Redshift Survey" fosse coberta. Fatores como a natureza da rádio-fonte e/ou limites na densidade de fluxo observada não foram consideradas durante a primeira seleção de rádio fontes. O catálogo de Parkes foi devidamente formatado e arquivado em fita magnética. O programa SELPK, elaborado na linguagem FORTRAN IV (Apêndice 1) delimita no Catálogo de Parkes, a área definida pelo "ON-CfA Redshift Survey". O programa selecionou, na área delimitada, 1964 rádio fontes, sendo que desta população 239 fontes são classificadas como rádio-galáxias.

O efeito de Malmquist (Tanmann et al., 1979), com relação a completeza da amostra estabelecida, é mais importante no que concerne a definição dos critérios de seleção da amostra óptica das galáxias, isto é, do "ON-CfA Redshift Survey", visto que o Catálogo de Parkes é estatisticamente completo em 2.7 GHz.

Como segundo critério de seleção, foi efetuado estudo de correlação entre as listagens das 1639 galáxias constituintes do "ON-CfA" com as 239 rádio-galáxias, selecionadas independentemente a partir do Catálogo de Parkes.

A princípio, se assumirmos que a rádio-fonte e a



sua identificação óptica estão intrinsecamente localizadas na mesma posição, o problema se resume em encontrar as fontes do catálogo rádio que possuem a mesma ascensão reta e declinação no catálogo óptico. Porém, sabemos que existem incertezas na determinação da posição óptica e da posição rádio do objeto e, devido a estas incertezas, a rádio-fonte e a sua candidata óptica mais provável devem estar entre  $r$  e  $r + dr$ . Assim, como de Ruiter et al. (1977), definimos a variável adimensional  $r$

$$r = \left( \frac{\Delta\alpha^2}{\sigma_\alpha^2} + \frac{\Delta\delta^2}{\sigma_\delta^2} \right)^{1/2} \quad 2.1$$

onde  $\Delta\alpha$  e  $\Delta\delta$  são as diferenças entre a posição medida da rádio-fonte e do objeto óptico,

$$\sigma_\alpha^2 = \sigma_{\alpha\text{rad}}^2 + \sigma_{\alpha\text{o}}^2 \quad 2.2$$

$$\sigma_\delta^2 = \sigma_{\delta\text{rad}}^2 + \sigma_{\delta\text{o}}^2 \quad 2.3$$

onde  $\sigma_{\alpha\text{rad}}$  e  $\sigma_{\delta\text{rad}}$  são os erros associados às medidas da posição rádio e  $\sigma_{\alpha\text{o}}$  e  $\sigma_{\delta\text{o}}$  os erros associados às medidas da posição óptica. A equipe do "ON-CfA Redshift Survey" adotou um erro para as medidas ópticas, 15 segundos de arco tanto para  $\sigma_{\alpha\text{o}}$  como para  $\sigma_{\delta\text{o}}$ . Os erros associados às posições rádio fornecidos pelo Catálogo de Parkes dependem do valor da densidade de fluxo da rádio-fonte em 2.7 GHz. A figura 2.1 ilustra a distribuição dos erros.

A distribuição da densidade de probabilidade das diferenças de posição entre uma rádio-fonte e sua contrapartida óptica, devido aos erros de medida, será dado pela distribuição de Rayleigh. A probabilidade da rádio-fonte e sua contrapartida óptica estarem separadas por uma distância entre  $r$  e  $r + dr$  é

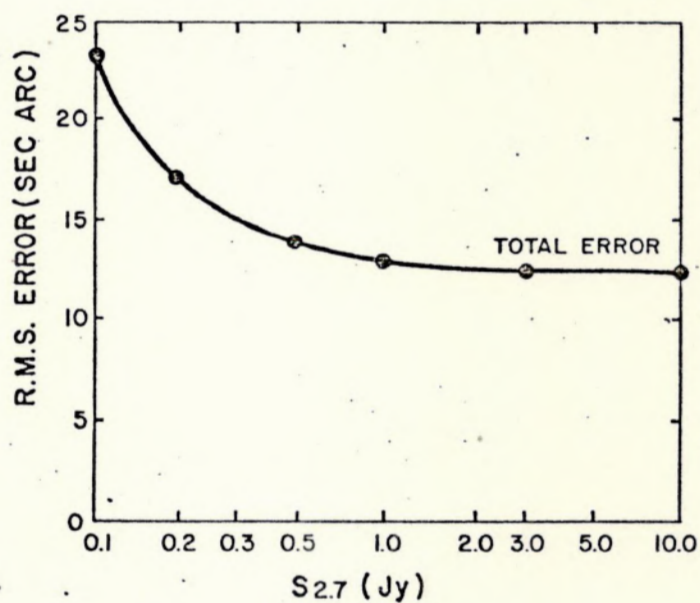


FIGURA 2.1 -- Erro, r.m.s., estimado em ascensão reta e declinação para um par de rastreios, em função da densidade de fluxo em 2.7 GHz. (Figura 2(a) do Catálogo de Parkes - modificada).

$$dp_1(r) = r \exp(-r^2/2) dr \quad 2.4$$

disto, a probabilidade de que uma identificação óptica verdadeira encontre-se fora de  $r = 2.5$  é somente 0,04 e 0,01 para  $r = 3$ . Para fins deste trabalho, utilizamos  $r = 5$ , correspondendo a uma probabilidade de  $3,7 \times 10^{-6}$  de que uma identificação óptica não seja verdadeira. A área um tanto extensa definida por  $r = 5$ , combinada com o limite em magnitude  $m = 14.5$  do "ON-CfA" delimita, em placas fotográficas, áreas inferiores às dimensões ópticas das galáxias, todas com seus diâmetros maiores, superiores a 60 segundos de arco.

A correlação óptica/rádio dos arquivos de 1639 galáxias com as 239 rádio-galáxias dos catálogos, discutidos acima, foi efetuada por um outro programa denominado "CORRELACIONADOR E ESTATÍSTICA R" (Apêndice 1), obtendo como resultado final uma amostra de 21 rádio-galáxias.

O parâmetro fundamental na caracterização da amostra foi definido pela presença ou não de linhas de emissão no espectro óptico. Desta forma, após a obtenção dos respectivos espectros ópticos das rádio-galáxias, dividimos a amostra em duas sub-amostras. É importante lembrar que os espectros obtidos cobrem apenas o intervalo de aproximadamente 4700 Å a 7100 Å e, ao nos referirmos sobre espectros com linhas de emissão e sem linhas de emissão, significa que estamos tratando apenas desta região de comprimentos de onda.

## 2.1 - A Amostra de Rádio-Galáxias com Linhas de Emissão Sub-Amostra 1, SA1

A tabela 2.1.1 apresenta uma sub-amostragem de 11 galáxias possuidoras de linhas de emissão na região espectral de 4700 Å a 7100 Å. A coluna 1 apresenta o nome da galá-

| OBJETO   | LINHAS DE EMISSÃO | $\lambda$  | OBJETO     | LINHAS DE EMISSÃO | $\lambda$ |
|----------|-------------------|------------|------------|-------------------|-----------|
| NGC 1097 | H $\beta$         | 4861       | IC 5063    | [NII]             | 6548      |
|          | [NII]             | 6548       |            | H $\alpha$        | 6562      |
|          | H $\alpha$        | 6562       |            | [NII]             | 6583      |
|          | [NII]             | 6583       |            | [SII]             | 6717      |
|          | [SII]             | 6717       |            | [SII]             | 6731      |
|          | SII               | 6731       |            |                   |           |
| NGC 1313 | H $\beta$         | 4861       | NGC 7213   | [OIII]            | 4958      |
|          | [OIII]            | 4958       |            | [OIII]            | 5006      |
|          | [OIII]            | 5006       |            | [OI]              | 6300      |
|          | [NII]             | 6548       |            | [NII]             | 6548      |
|          | H $\alpha$        | 6562       |            | H $\alpha$        | 6562      |
|          | [NII]             | 6583       |            | [NII]             | 6583      |
|          | [SII]             | 6717       | [SII]      | 6717              |           |
|          | [SII]             | 6731       | [SII]      | 6731              |           |
| NGC 1365 | H $\beta$         | 4861       | IC 1459    | [NII]             | 6548      |
|          | [OIII]            | 4958       |            | H $\alpha$        | 6562      |
|          | [OIII]            | 5006       |            | [NII]             | 6583      |
|          | He I              | 5875       |            | [SII]             | 6717      |
|          | [NII]             | 6548       | [SII]      | 6731              |           |
|          | H $\alpha$        | 6562       |            |                   |           |
|          | [NII]             | 6583       | NGC 7552   | H $\beta$         | 4861      |
|          | [SII]             | 6717       |            | [OI]              | 6300      |
| [SII]    | 6731              | [NII]      |            | 6548              |           |
|          |                   | H $\alpha$ |            | 6562              |           |
| NGC 1559 | H $\beta$         | 4861       | [NII]      | 6583              |           |
|          | [NII]             | 6548       | [SII]      | 6717              |           |
|          | H $\alpha$        | 6562       | [SII]      | 6731              |           |
|          | [NII]             | 6583       |            |                   |           |
|          | [SII]             | 6717       | NGC 7582   | H $\beta$         | 4861      |
| [SII]    | 6731              | [OIII]     |            | 4958              |           |
|          |                   | [OIII]     |            | 5006              |           |
|          |                   | He I       |            | 5875              |           |
|          |                   | [OI]       |            | 6300              |           |
|          |                   | [NII]      |            | 6548              |           |
| NGC 1672 | H $\beta$         | 4861       | [NII]      | 6548              |           |
|          | [OIII]            | 4958       | H $\alpha$ | 6562              |           |
|          | [OIII]            | 5006       | [NII]      | 6583              |           |
|          | [NII]             | 6548       | [SII]      | 6717              |           |
|          | H $\alpha$        | 6562       | [SII]      | 6731              |           |
|          | [NII]             | 6583       |            |                   |           |
| [SII]    | 6717              |            |            |                   |           |
| [SII]    | 6731              |            |            |                   |           |
| NGC 1808 | H $\beta$         | 4861       |            |                   |           |
|          | [NII]             | 6548       |            |                   |           |
|          | H $\alpha$        | 6562       |            |                   |           |
|          | [NII]             | 6583       |            |                   |           |
|          | [SII]             | 6717       |            |                   |           |
|          | [SII]             | 6731       |            |                   |           |

TABELA 2.1.1  
 SUB-AMOSTRA DE GALÁXIAS COM LINHAS DE  
 EMISSÃO NO INTERVALO ESPECTRAL DE 4700 Å A 7100 Å

xia mais comum na literatura, e na coluna 2 as principais linhas de emissão, isto é, as linhas mais intensas, facilmente identificadas acima do ruído estatístico do contínuo espectral.

## 2.2 - A Amostra de Rádio-Galáxias sem Linhas de Emissão

### Sub-Amostra 2, SA2

A tabela 2.2.1 apresenta uma sub-amostragem de 10 galáxias, que não possuem linhas de emissão com intensidade suficiente para serem distinguidas do ruído estatístico do contínuo espectral.

| O B J E T O |
|-------------|
| IC 1531     |
| ESO 149G19  |
| NGC 215     |
| NGC 641     |
| IC 2082     |
| ESO 464G17  |
| NGC 7075    |
| ESO 346G3   |
| ESO 349G10  |

TABELA 2.2.1  
SUB-AMOSTRA DE GALÁXIAS SEM LINHAS DE EMISSÃO  
NO INTERVALO ESPECTRAL DE 4700-7100 Å

### 3 - BANCO DE DADOS ESPECTRAIS/ÓPTICOS E DE RÁDIO EMISSÃO

As informações de caráter óptico e rádio das 21 galáxias que compõem a amostra analisada neste trabalho são apresentadas na tabela 3.1, que possui o seguinte formato:

- 1ª coluna: linha 1 - nome do objeto no Catálogo de Parkes.  
linha 2 - nome do objeto mais comum na literatura.
- 2ª coluna: posição óptica-ascensão reta (h m s)<sup>+</sup>Declinação(<sup>o</sup>' ).
- 3ª coluna: posição rádio-ascensão reta (h m s)<sup>+</sup>Declinação(<sup>o</sup>' ").
- 4ª coluna: linha 1 - magnitude fotográfica azul.  
linha 2 - referências: (1) "ON-CfA Redshift Survey";  
(2) de Vaucouleurs (1976); (3) Green e  
Dixon (1979).
- 5ª coluna: densidade de fluxo, em Jy, em 2.7 GHz de frequência obtida do Catálogo de Parkes.
- 6ª coluna: classificação morfológica dada pelo catálogo óptico ESO/B.
- 7ª coluna: velocidade radial (km/s) e erro estimado (km/s) obtida pela equipe do "ON-CfA Redshift Survey".
- 8ª coluna: linhas de emissão presentes no espectro óptico.

#### 3.1 - Espectros Ópticos da Amostra

Os espectros ópticos apresentados neste trabalho foram obtidos pela equipe do "ON/CfA Redshift Survey" tendo como pesquisador responsável o Dr.L.A.Nicolaci da Costa, utilizando um espectrógrafo Cassegrain e um detetor Reticon contador-de-fótons no telescópio de 1,60 metros do Observatório Astrofísico Brasileiro (OAB) do CNPq-Observatório Nacional.

As observações foram efetuadas através de um par de aberturas de 3 x 12 segundos de arco, separados por 30 segundos de arco no céu, para exposições simultâneas: objeto e céu.

| O B J E T O                | POSIÇÃO ÓPTICA | POSIÇÃO RÁDIO   | MAGNI-<br>TUDES | $S_{2.7}$ (Jy) | TIPO | $V_{\pm\sigma}$<br>$L \pm L$ (km/s) | LINHAS DE<br>EMISSÃO                                                    |
|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| PKS 0007-325<br>IC 1531    | 000704-3233.3  | 000704.5-323336 | 13.72<br>1      | 0.48           | S0   | 7679 ± 29                           | sem linhas                                                              |
| PKS 0007-572<br>ESO 149619 | 000730-5717.9  | 000731.0-571749 | 14.0<br>1       | 0.32           | E-S0 | 9457 ± 42                           | sem linhas                                                              |
| PKS 0023-333<br>ESO 350615 | 002302-33194   | 002302.9-331945 | 13.90<br>1      | 0.73           | S0   | 14940 ± 31                          | sem linhas                                                              |
| PKS 0038-564<br>NGC 215    | 003832-5629.3  | 003833.3-562905 | 13.93<br>1      | 0.21           | E/S0 | 8229 ± 29                           | sem linhas                                                              |
| PKS 0136-427<br>NGC 641    | 013631-4246.8  | 013632.4-424630 | 13.10<br>1      | 0.15           | E    | 6397 ± 25                           | sem linhas                                                              |
| PKS 0244-304<br>NGC 1097   | 024411-3028.9  | 024411.3-302842 | 10.25<br>1      | 0.25           | SBB  | 1196 ± 30                           | H $\beta$ , [NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]                       |
| PKS 0317-666<br>NGC 1313   | 031739-6640.7  | 031737.8-604033 | 9.36<br>2       | 0.18           | SBC  | 429 ± 35                            | H $\beta$ [OIII][OIII]<br>[[NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]        |
| PKS 0331-363<br>NGC 1365   | 033141-3618.4  | 033141.8-361816 | 10.14<br>1      | 0.34           | SC   | 1660 ± 30                           | H $\beta$ [OIII][OIII]<br>[[HeI][NII]H $\alpha$<br>[[NII][SII][SII]     |
| PKS 0416-629<br>NGC 1559   | 041701-6254.3  | 041659.7-625421 | 10.85<br>1      | 0.23           | SBC  | 1295 ± 33                           | H $\beta$ [NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]                         |
| PKS 0427-539<br>IC 2082    | 042758-5356.1  | 042757.5-535608 | 13.89<br>2      | 2.90           | S0?+ | 11997 ± 31                          | sem linhas                                                              |
| PKS 0444-593<br>NGC 1672   | 044455-5920.3  | 044455.4-592040 | 11.02<br>1      | 0.21           | SBC  | 1298 ± 23                           | H $\beta$ [OIII][OIII]<br>[[NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]        |
| PKS 0505-375<br>NGC 1808   | 050559-3734.6  | 050559.6-373422 | 10.69<br>1      | 0.35           | SA?  | 973 ± 28                            | H $\beta$ [NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]                         |
| PKS 2048-572<br>IC 5063    | 204812-5715.5  | 204812.1-571515 | 13.05<br>2      | 0.80           | S0-A | 3370 ± 79                           | [[NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]                                  |
| PKS 2059-311<br>ESO 464617 | 205958-3110.6  | 205959.8-311038 | 13.73<br>1      | 24             | E-S0 | 11648 ± 33                          | sem linhas                                                              |
| PKS 2128-388<br>NGC 7075   | 212826-3850.3  | 212826.0-385012 | 13.45<br>1      | 0.65           | E-S0 | 5487 ± 30                           | sem linhas                                                              |
| PKS 2206-474<br>NGC 7213   | 220609-4724.7  | 220610.4-472427 | 11.35<br>1      | 0.23           | S0   | 1818 ± 28                           | [[OIII][OIII]<br>[[OI][NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]             |
| PKS 2246-377<br>ESO 34663  | 224633-3744.3  | 224634.0-374423 | 13.86<br>1      | 0.19           | S0   | 8595 ± 28                           | sem linhas                                                              |
| PKS 2254-367<br>IC 1459    | 225423-3643.8  | 225422.9-364352 | 10.97<br>1      | 0.82           | E    | 1748 ± 42                           | [[NII]H $\alpha$ [NII]<br>[[SII]][SII]                                  |
| PKS 2313-428<br>NGC 7552   | 231325-4251.4  | 231324.6-425128 | 11.39<br>1      | 0.22           | SB   | 1546 ± 28                           | [[OIII][OIII]<br>[[OI][NII]H $\alpha$<br>[[NII][SII][SII]               |
| PKS 2315-425<br>NGC 7582   | 231538-4238.6  | 231531.6-423825 | 11.39<br>1      | 0.21           | SB-C | 1578 ± 29                           | H $\beta$ [OIII][OIII]<br>[[HeI][OI][NII]H $\alpha$<br>[[NII][SII][SII] |
| PKS 2354-350<br>ESO 349610 | 235426-3502.2  | 235426.6-350226 | 14.32<br>3      | 0.35           | S0   | 14696 ± 29                          | sem linhas                                                              |

TABELA 3.1



ESPECTROS ÓPTICOS DA AMOSTRA

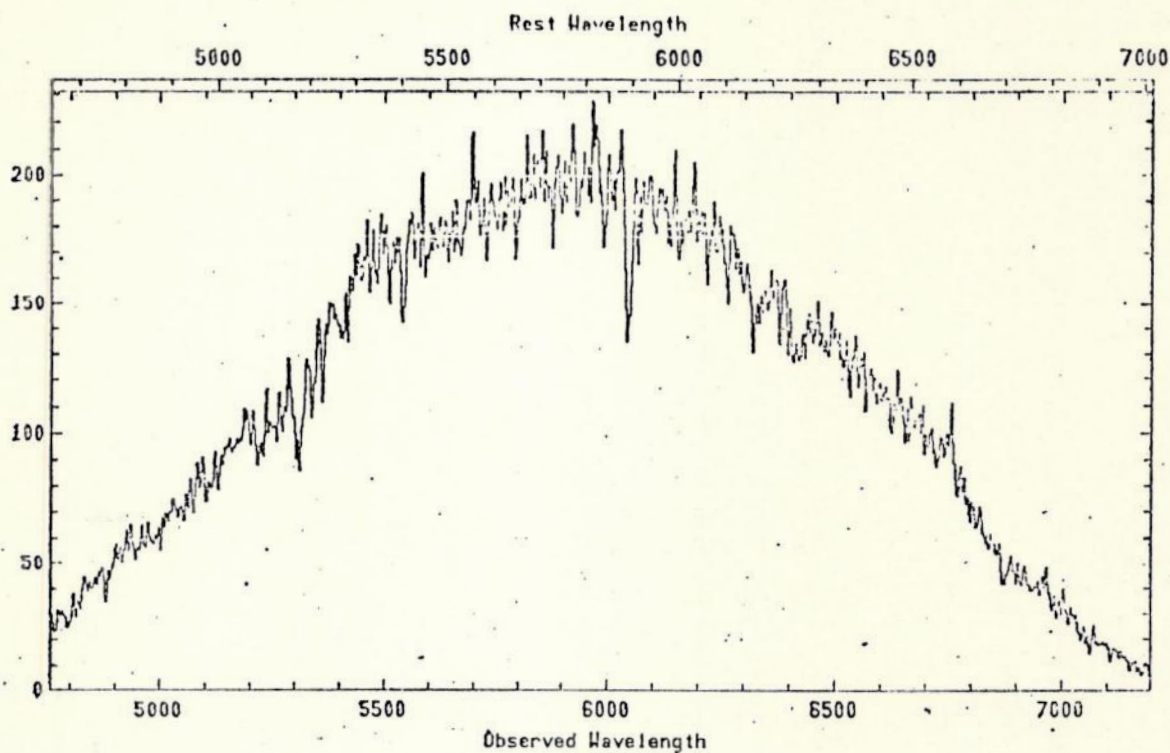
DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

11531

00<sup>h</sup>07.1

-32<sup>o</sup>33

- 13 -

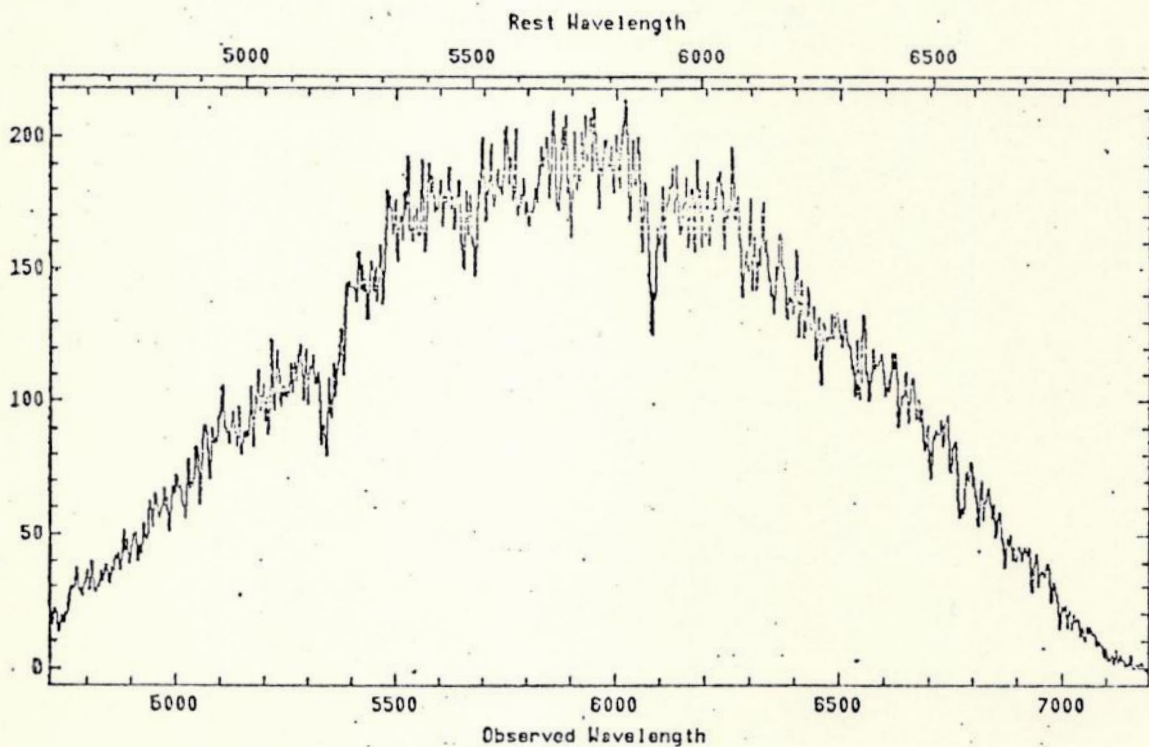


DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

149619

00<sup>h</sup>07.5

-57<sup>o</sup>18

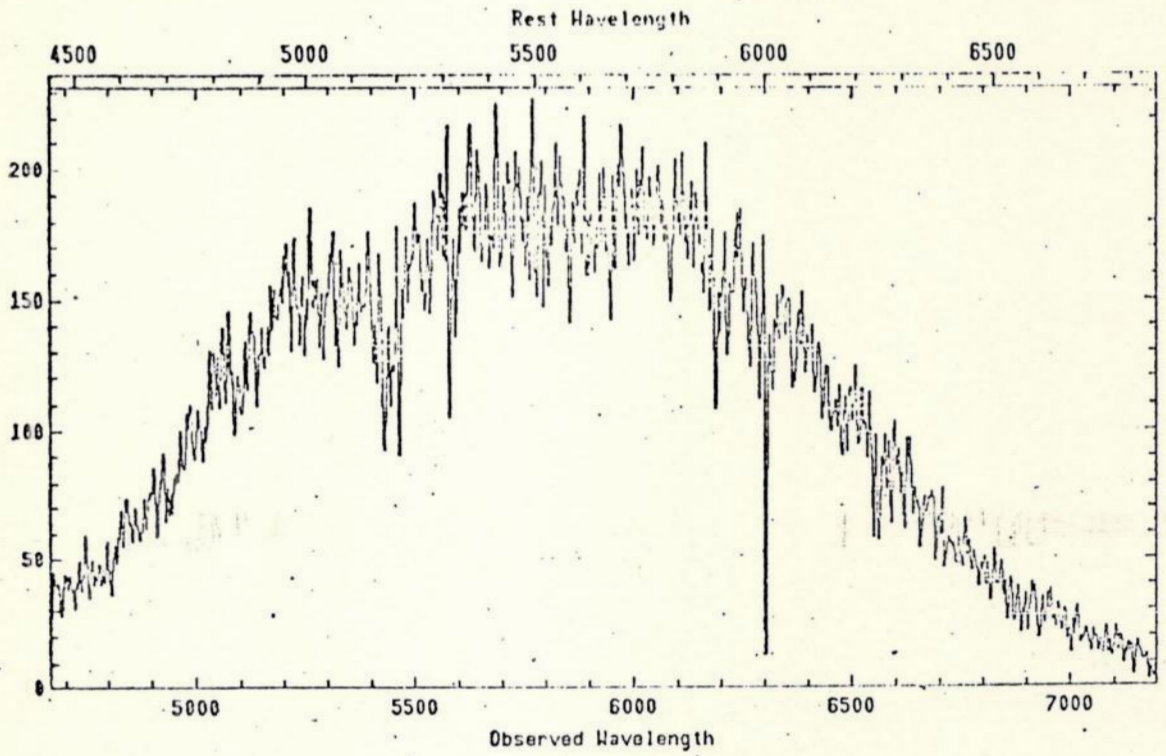


DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

350G15

00<sup>h</sup>23.0

-33°19

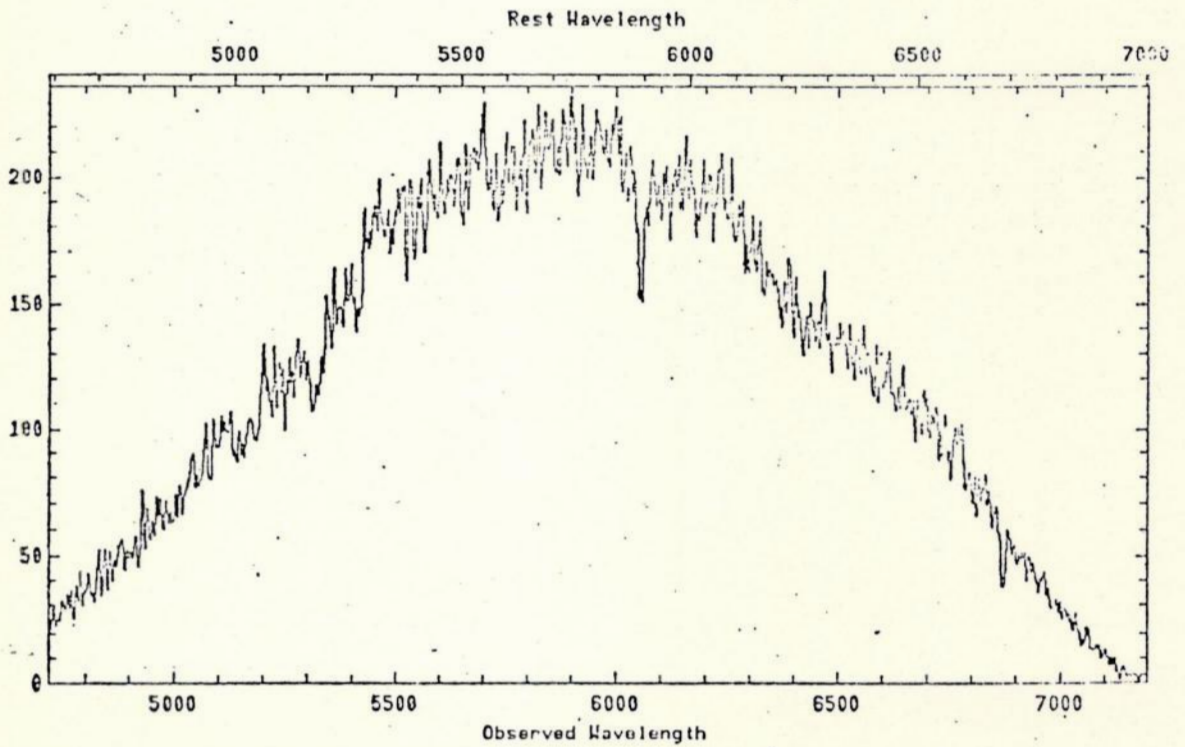


DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N215

00<sup>h</sup>38.5

-56°29

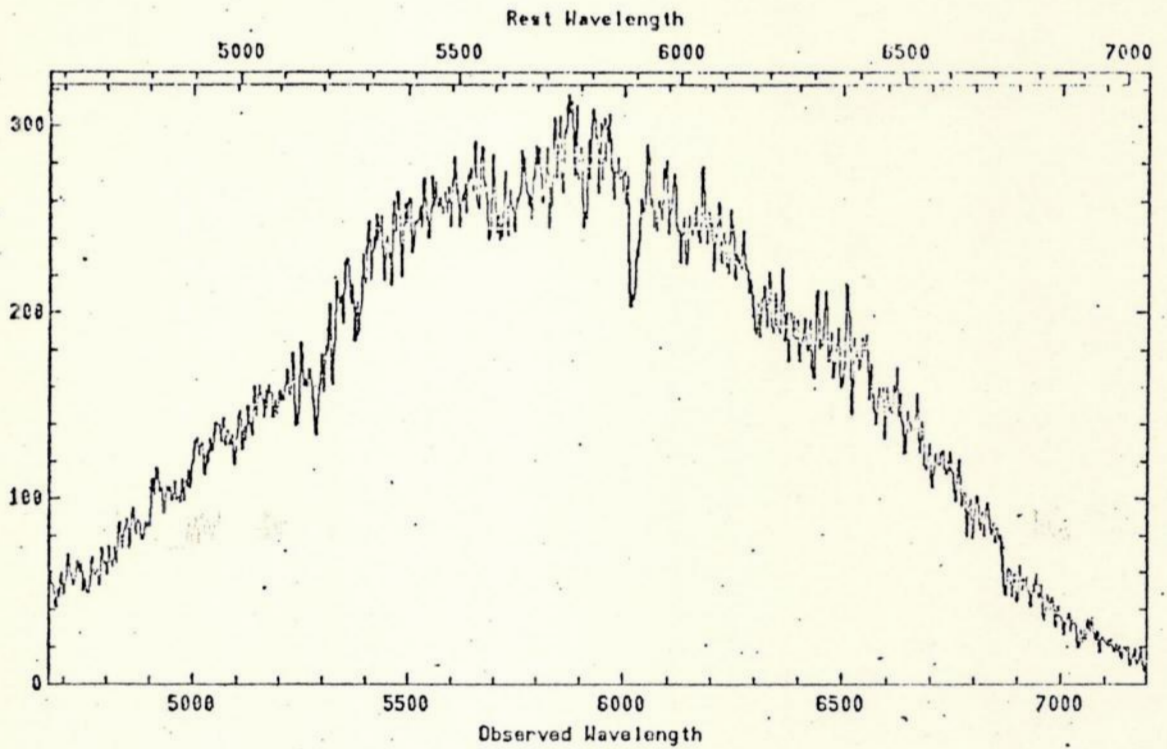


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

NG41

01<sup>h</sup>36.5

-42<sup>o</sup>47

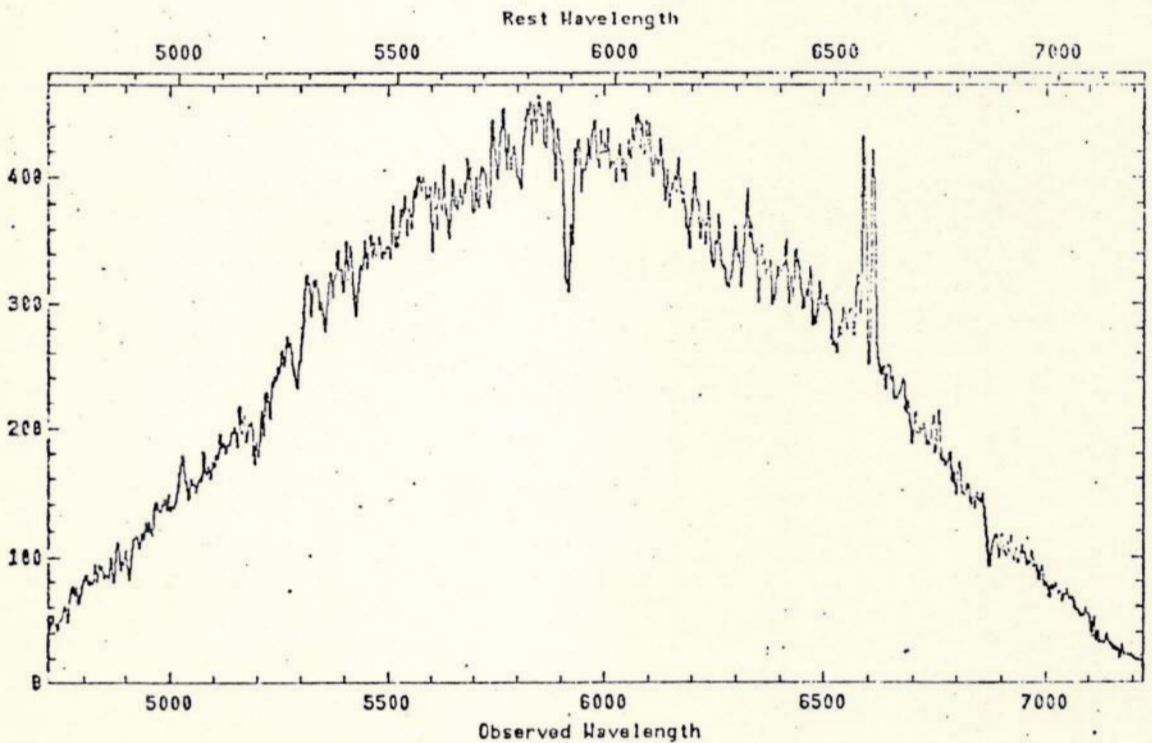


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N1097

02<sup>h</sup>44.2

-36<sup>o</sup>29

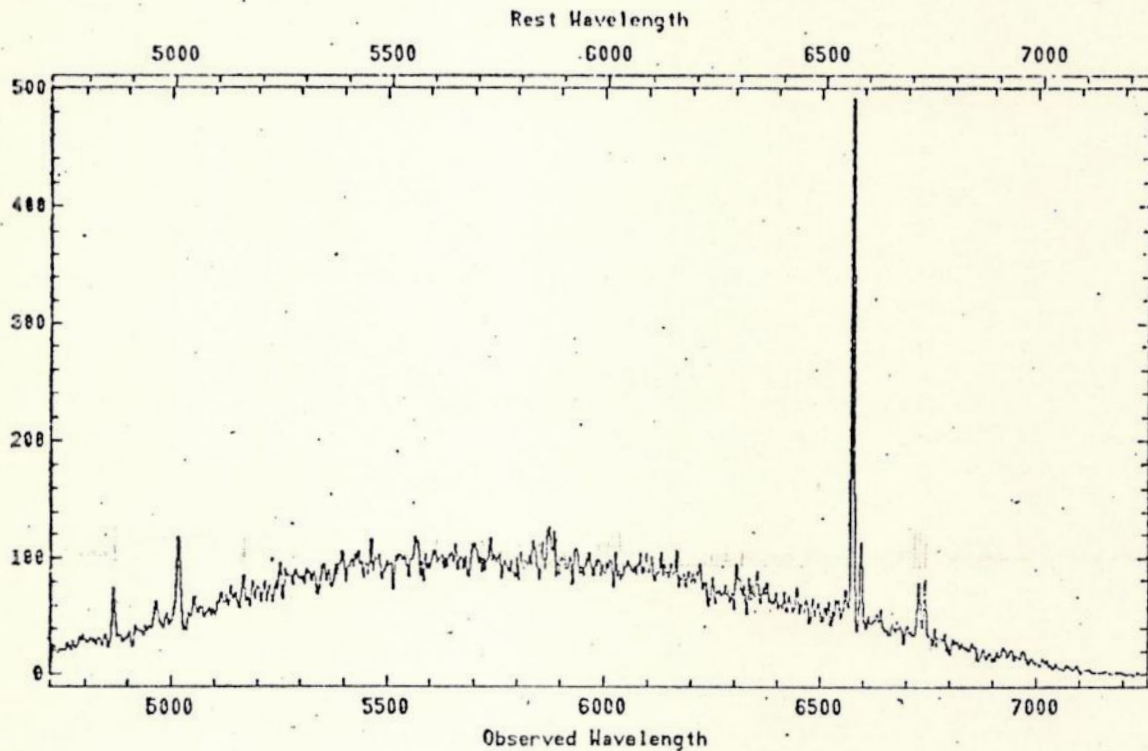


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N1313

03<sup>h</sup>17.6

-66<sup>o</sup>41

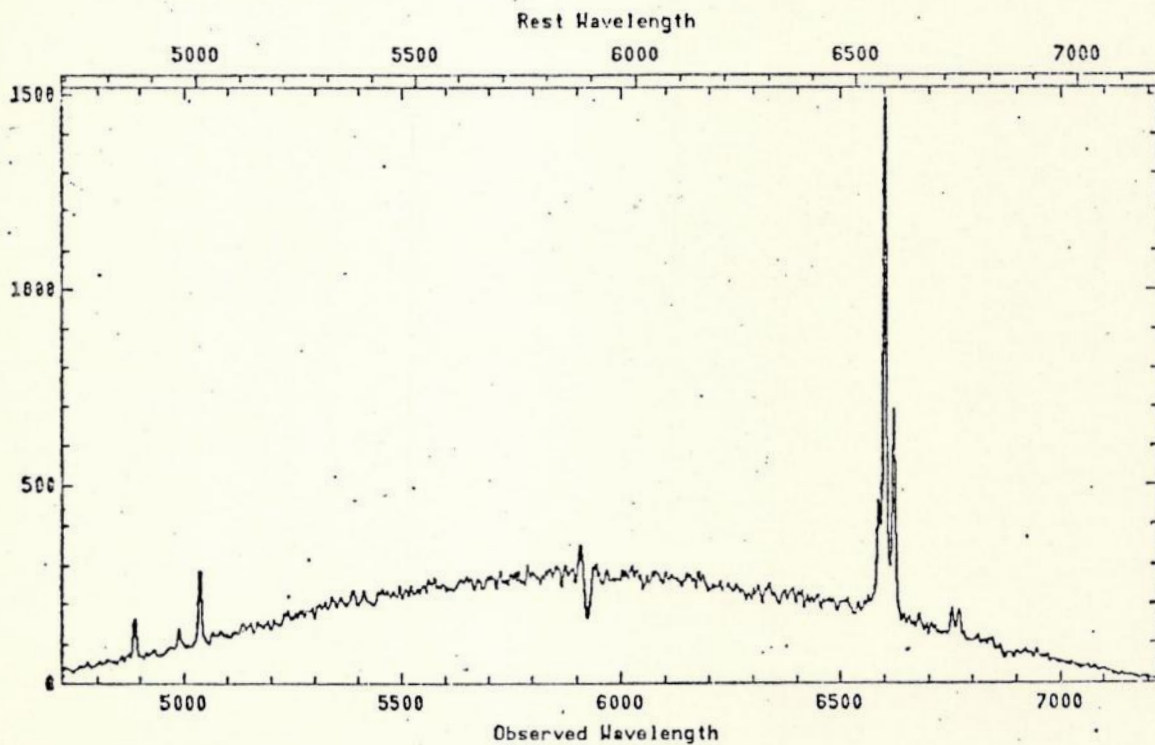


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N1365

03<sup>h</sup>31.7

-36<sup>o</sup>18

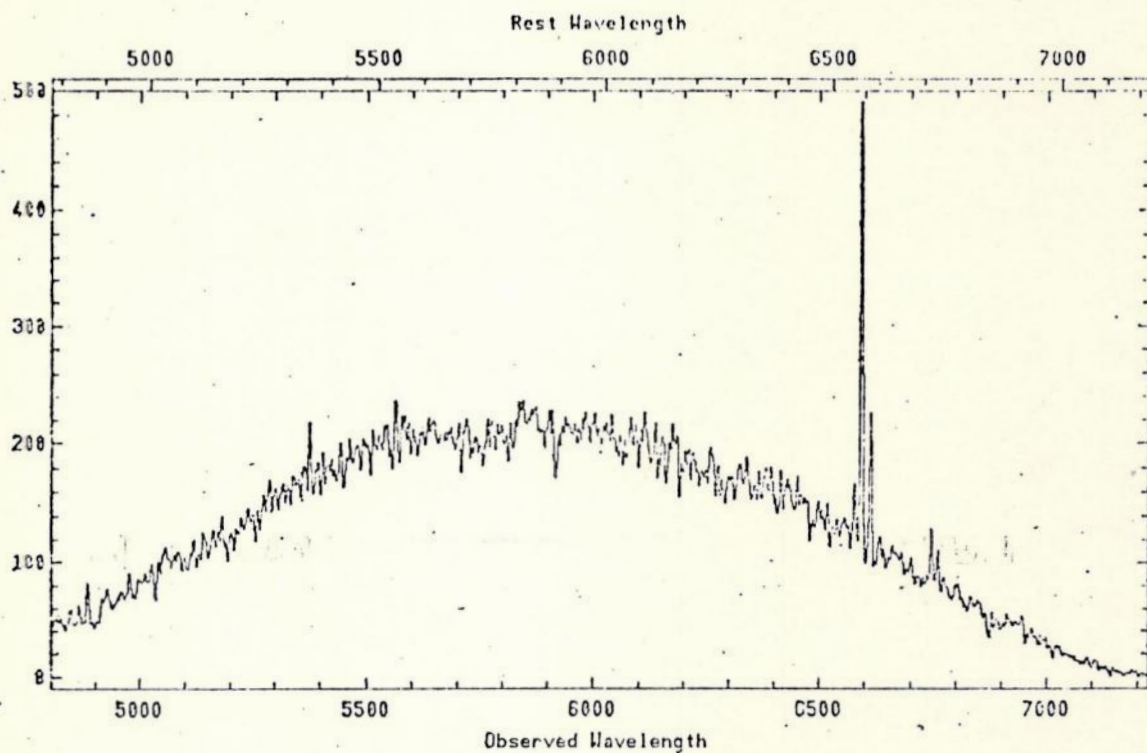


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N1559

04<sup>h</sup>17.0

-62°54

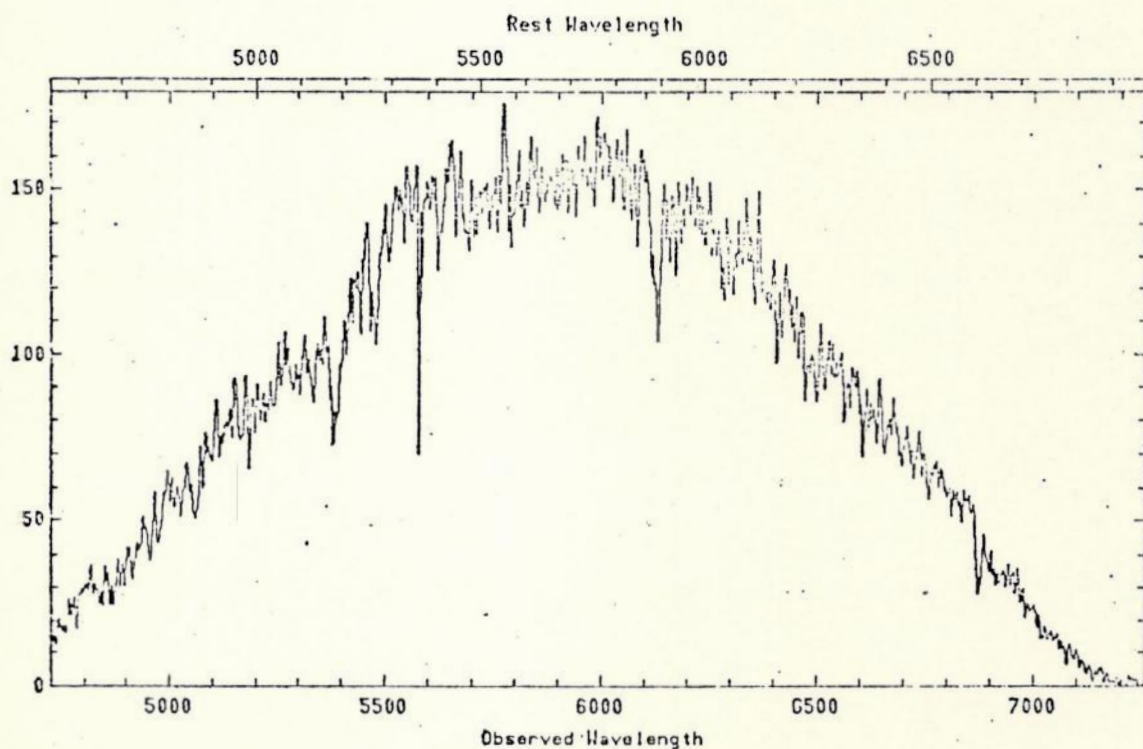


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

12882E

04<sup>h</sup>28.0

-53°56

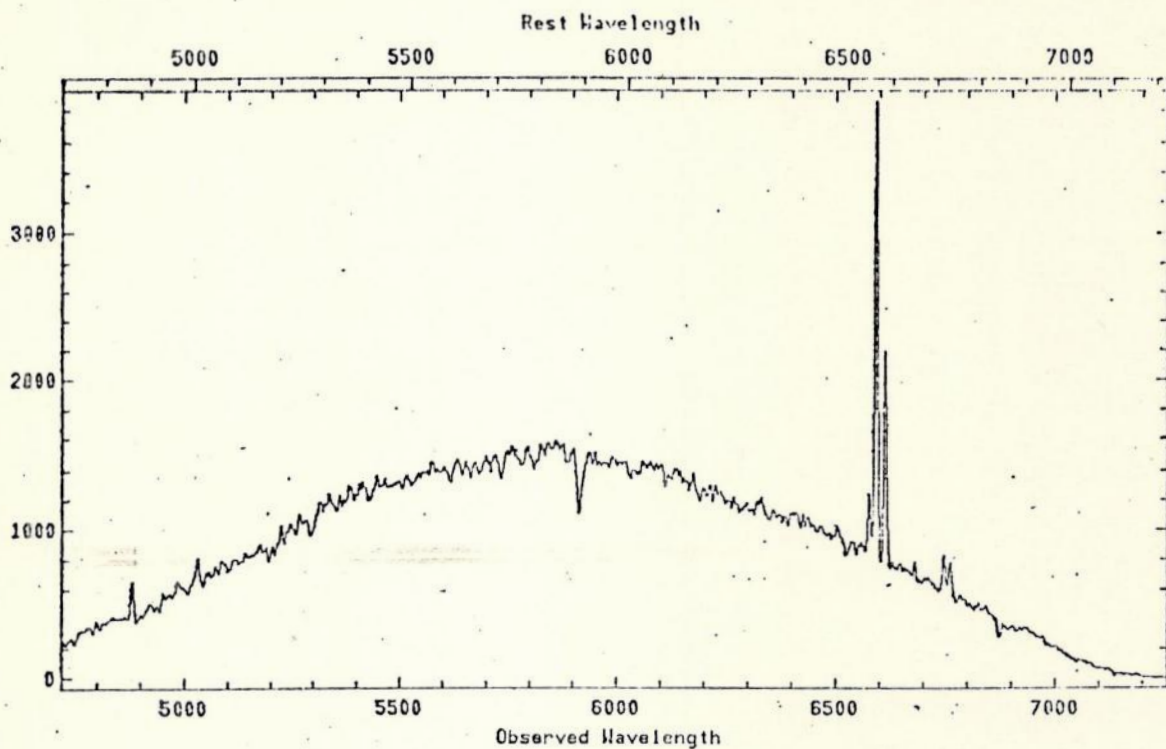


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N1672

04<sup>h</sup>44.9

-59<sup>o</sup>20

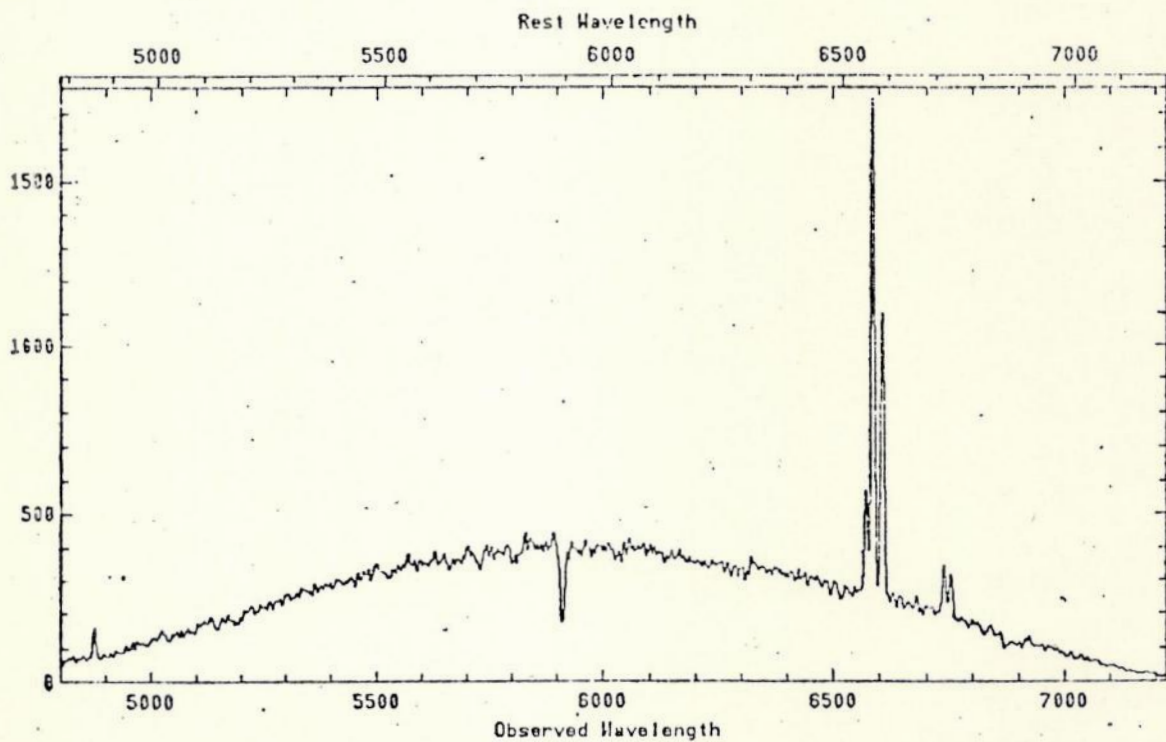


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N1808

05<sup>h</sup>06.0

-37<sup>o</sup>35

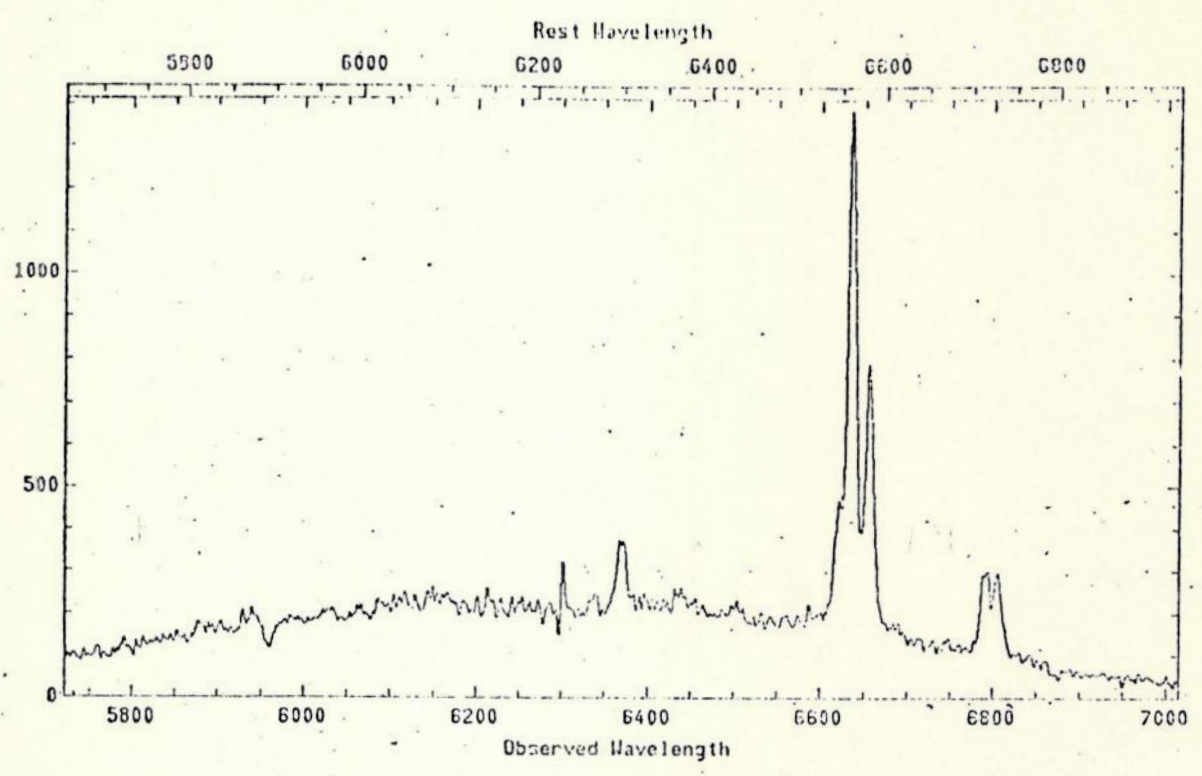


DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

15663

23<sup>h</sup>48.2

-57<sup>o</sup>15

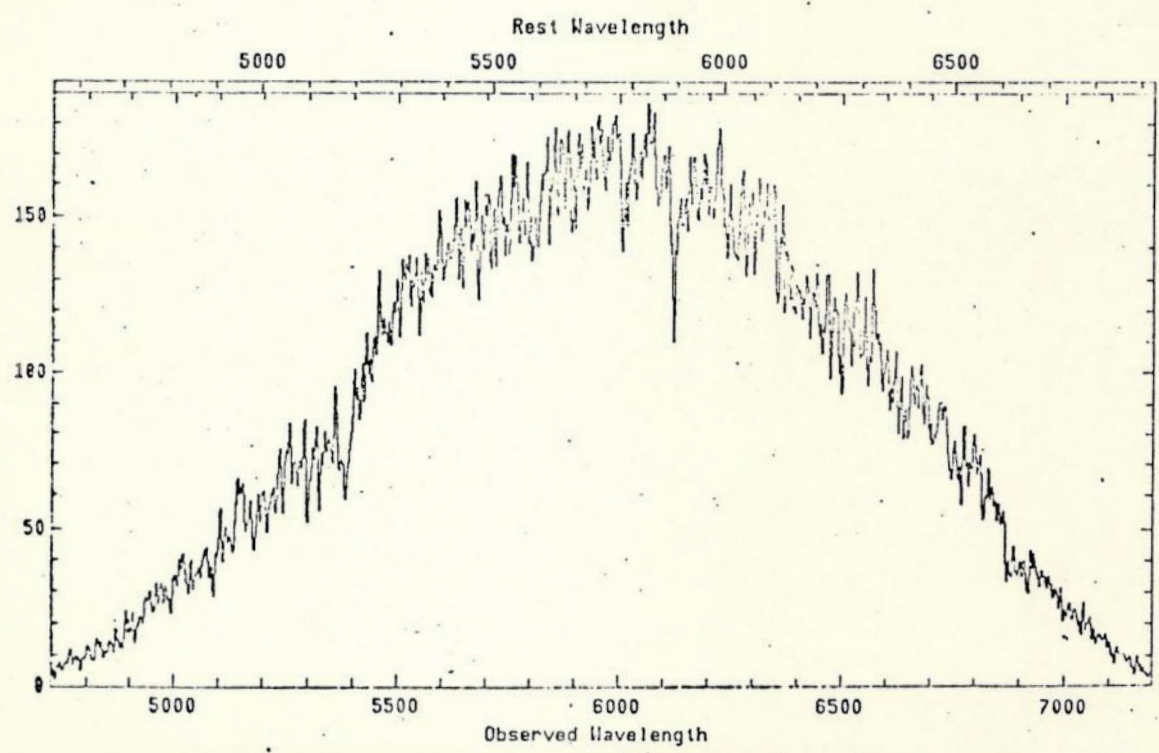


DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

464617

21<sup>h</sup>00.8

-31<sup>o</sup>11



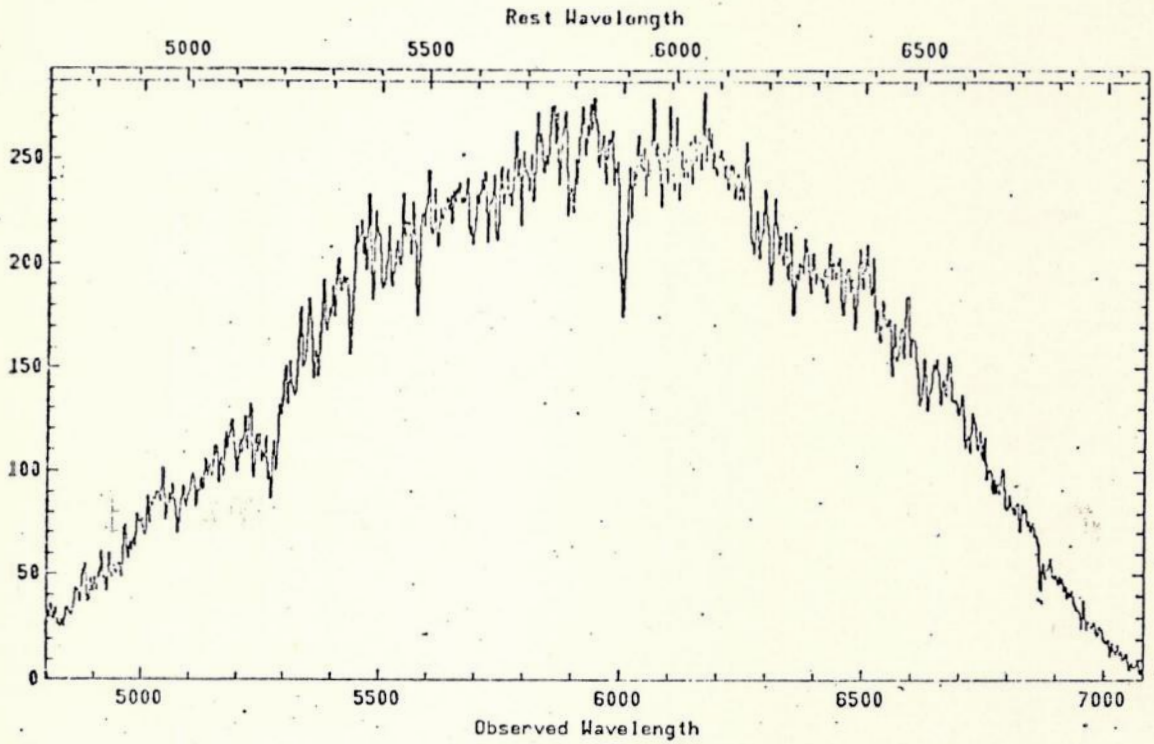


DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N7075

21<sup>h</sup>28.4

-38<sup>o</sup>50

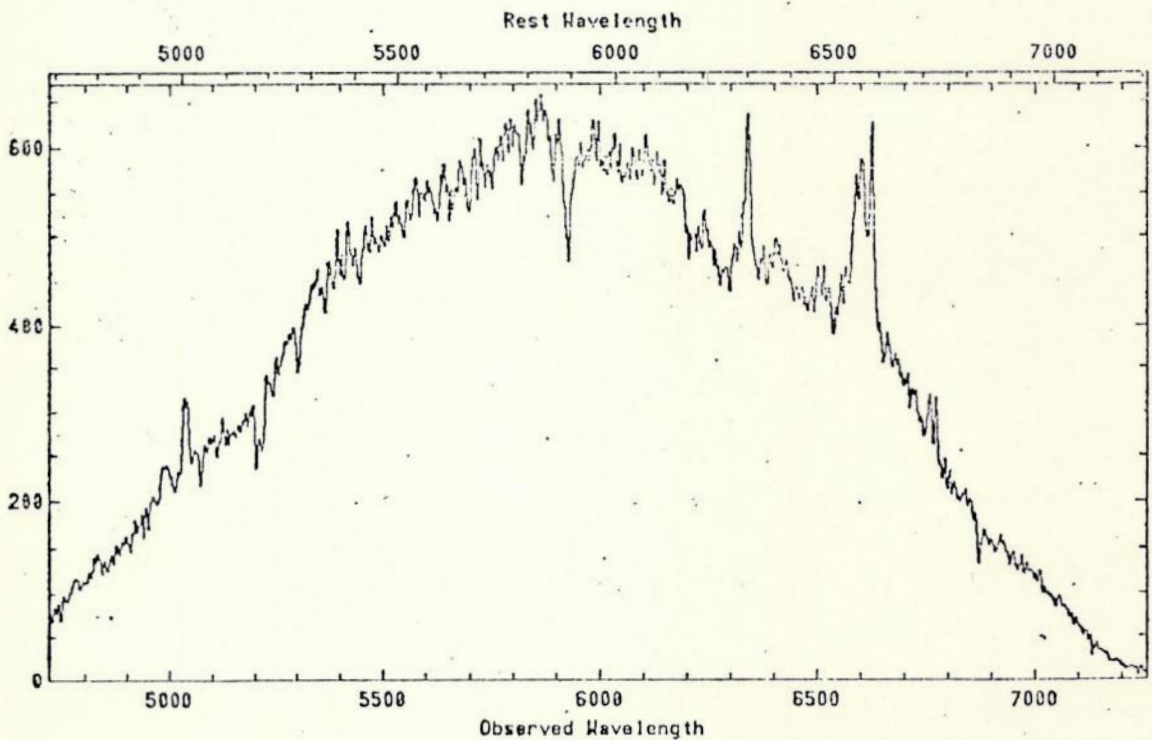


DN / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N7213

22<sup>h</sup>06.1

-47<sup>o</sup>25

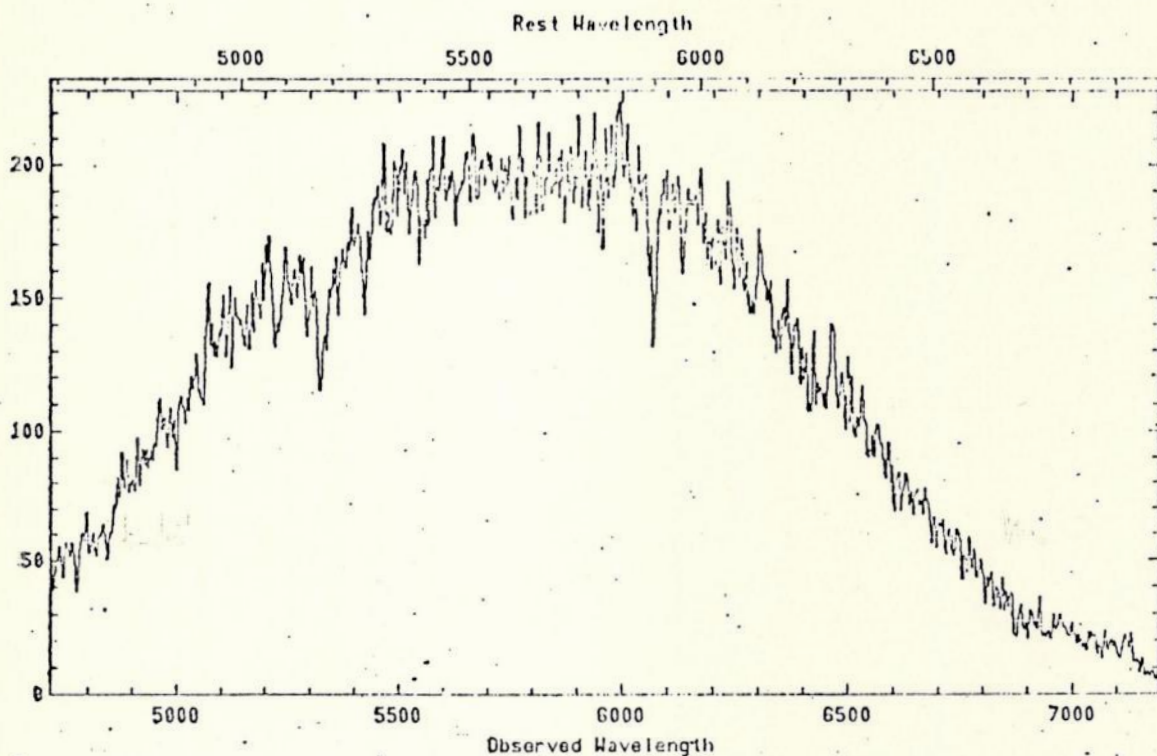


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

34663

22<sup>h</sup>46.5

-37<sup>o</sup>44

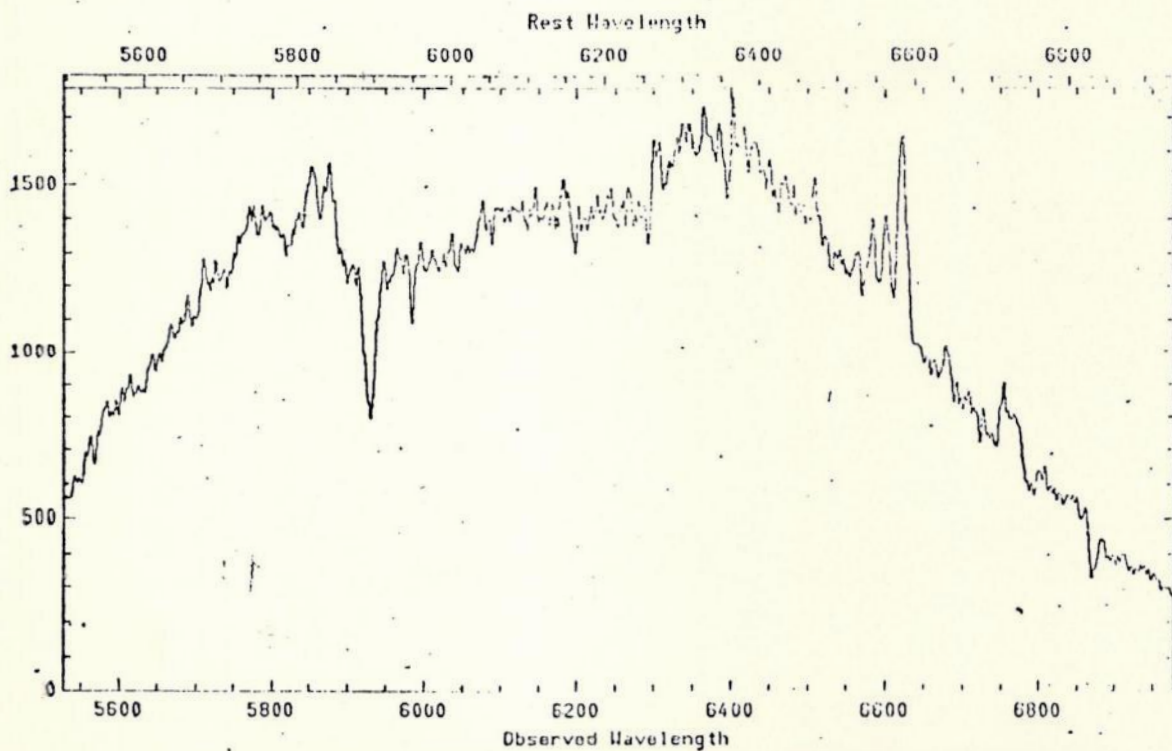


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

11459

22<sup>h</sup>54.4

-36<sup>o</sup>44

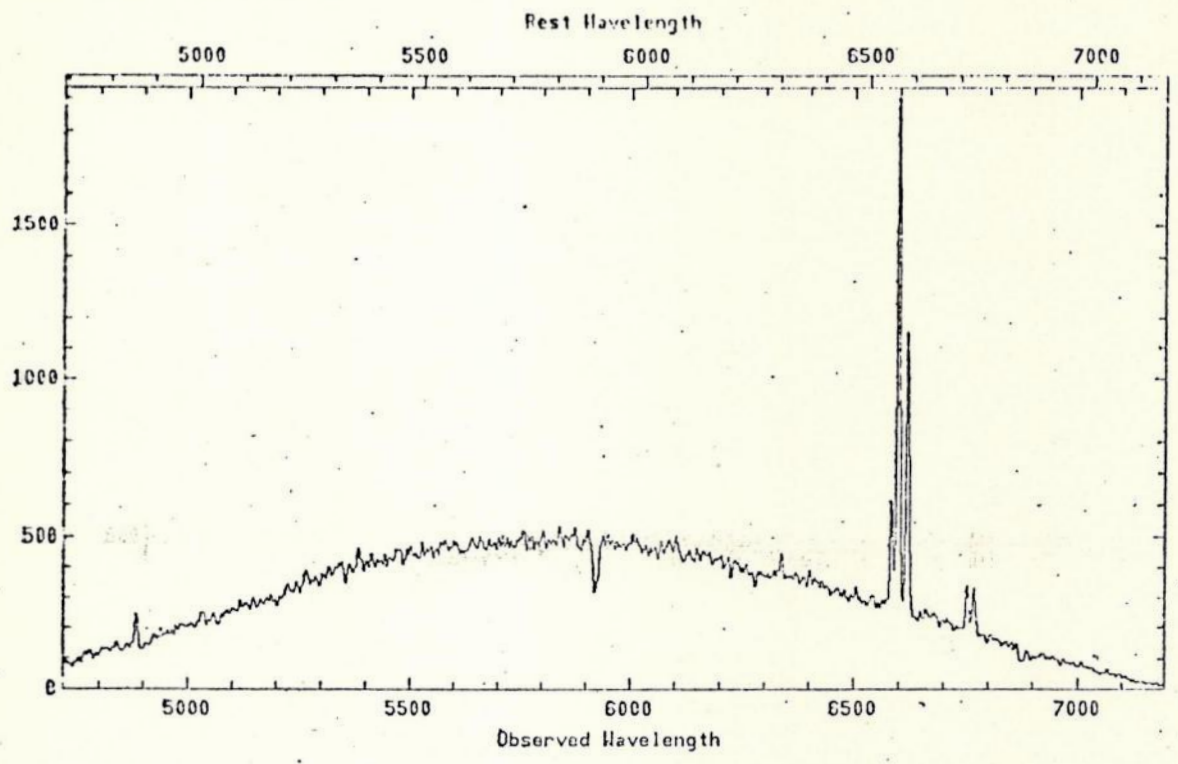


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

N7552

23<sup>h</sup>13.4

-42<sup>o</sup>51

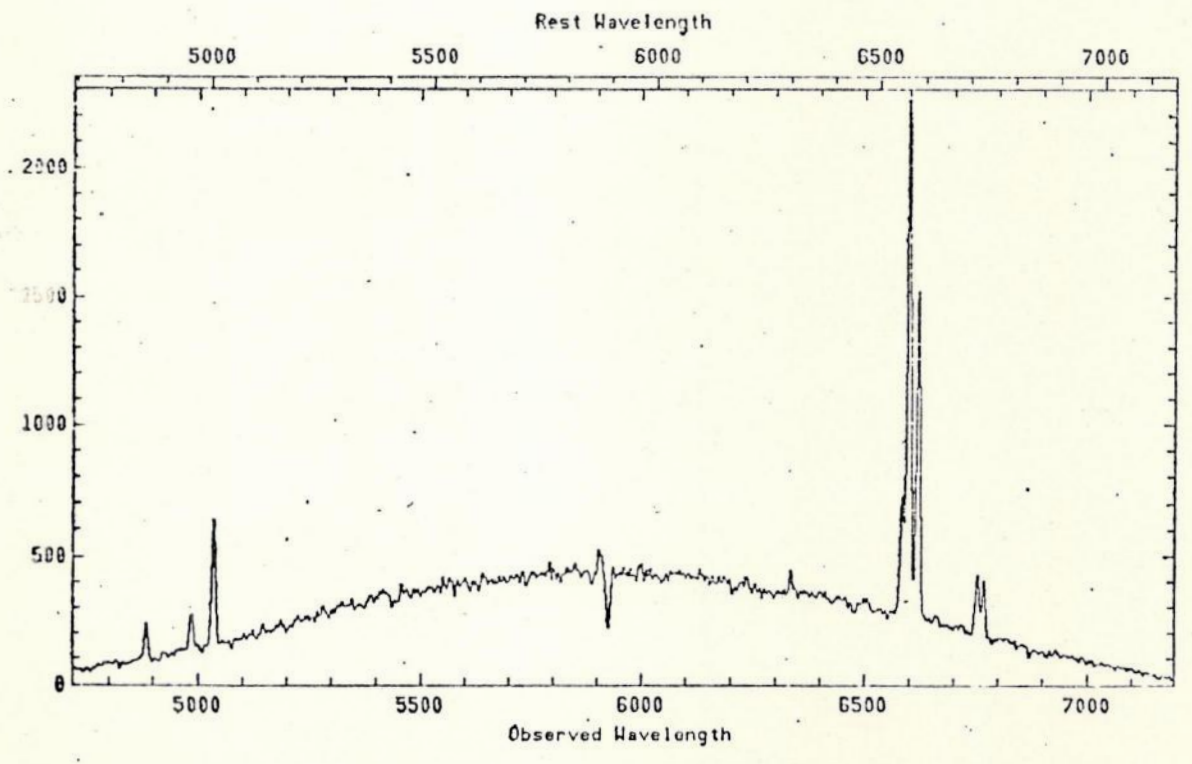


ON / CFA - Z-Machine  
Redshift Survey

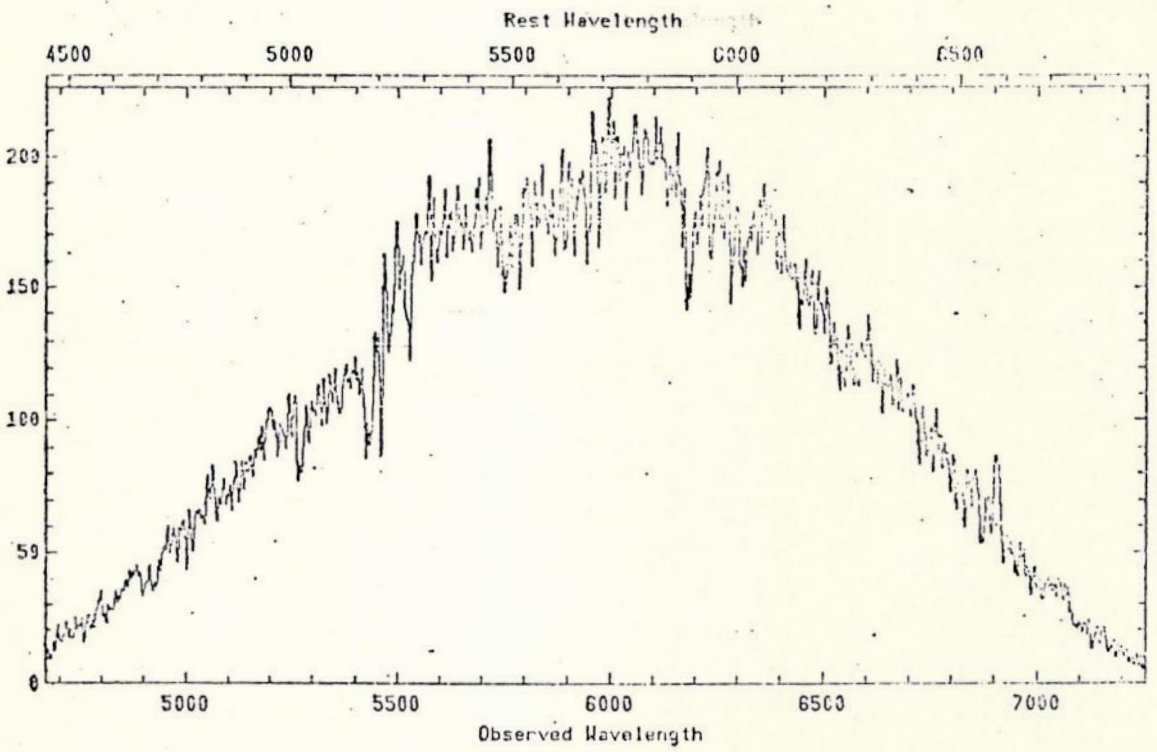
N7582

23<sup>h</sup>15.6

-42<sup>o</sup>39



DN / CFA - Z-Machine      349618      23<sup>h</sup>54.4      -35<sup>o</sup>02  
Redshift Survey



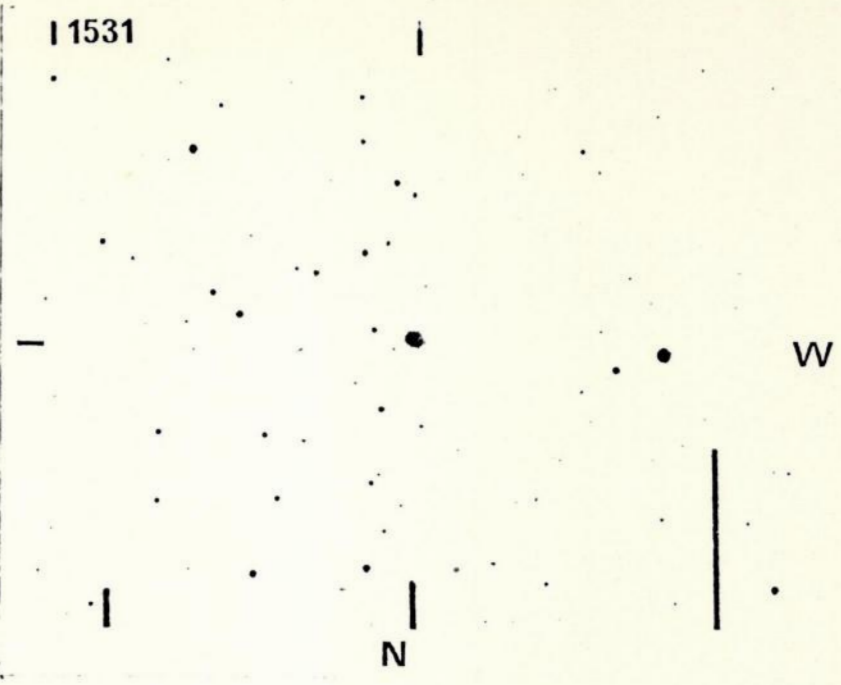
Foi utilizada uma grade de 900 linhas /mm resultando em uma dispersão de aproximadamente  $100 \text{ \AA}/\text{mm}$  para uma resolução típica de  $6 \text{ \AA}$  (FWHM). O intervalo de comprimento de onda foi de aproximadamente  $4700 \text{ \AA}$  a  $7100 \text{ \AA}$ . As características técnicas do sistema Reticon e método de observação são descritos por Nicolaci da Costa e outros (1984).

### 3.2 - Campos de Referência Visual

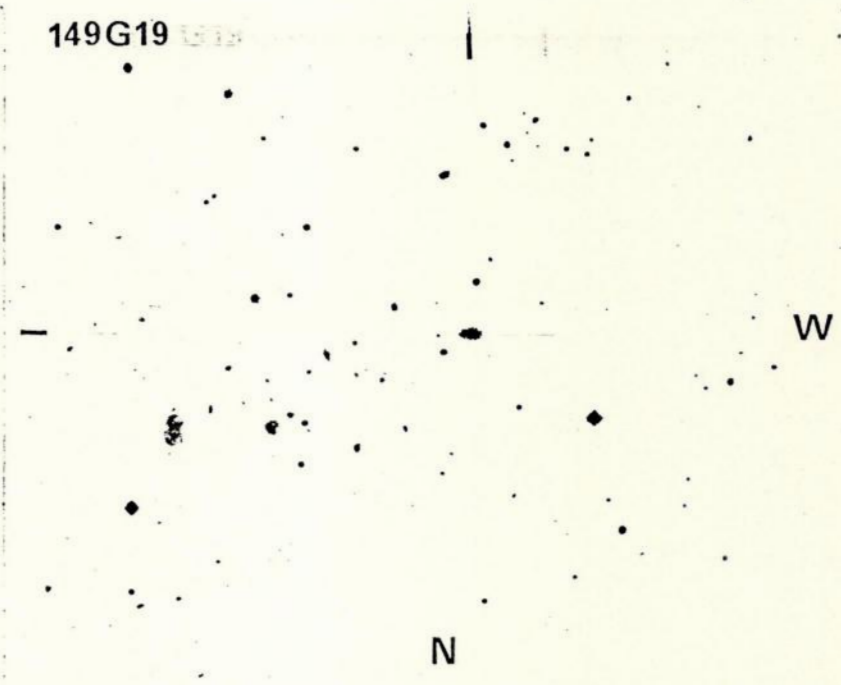
Os campos de referência visual das 21 galáxias, que constituem a amostra estudada neste trabalho, foram elaboradas via fotografias, com auxílio de uma máquina Polaróide. O reconhecimento das rádio-fontes foi efetuado com a utilização de placas fotográficas do Catálogo ESO/B, visando confirmar as classificações dos tipos morfológicos das identificações ópticas fornecidas pelos catálogos e, secundariamente, o estudo da vizinhança de cada uma das 21 galáxias.

CAMPOS DE REFERÊNCIA VISUAL

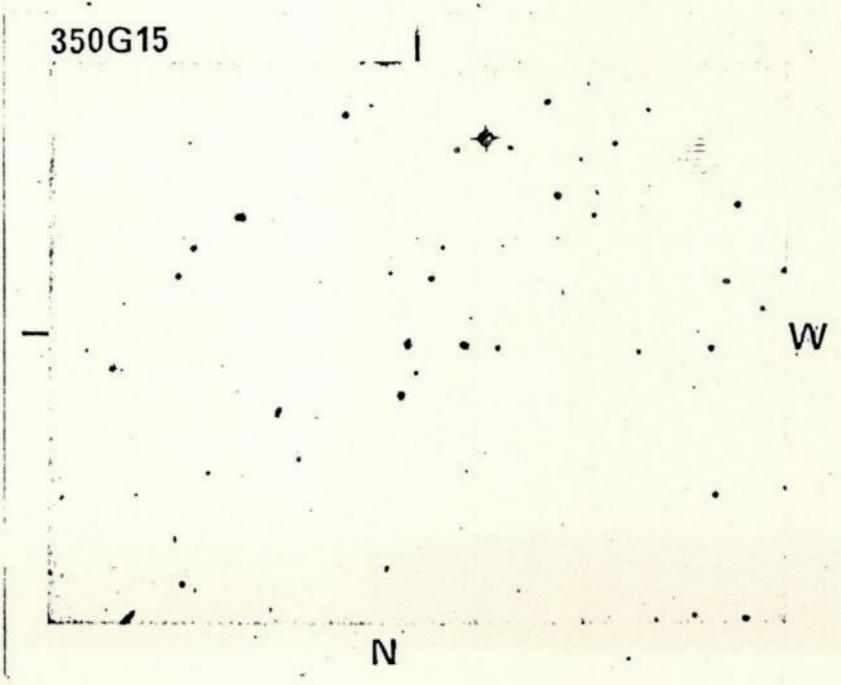
I 1531



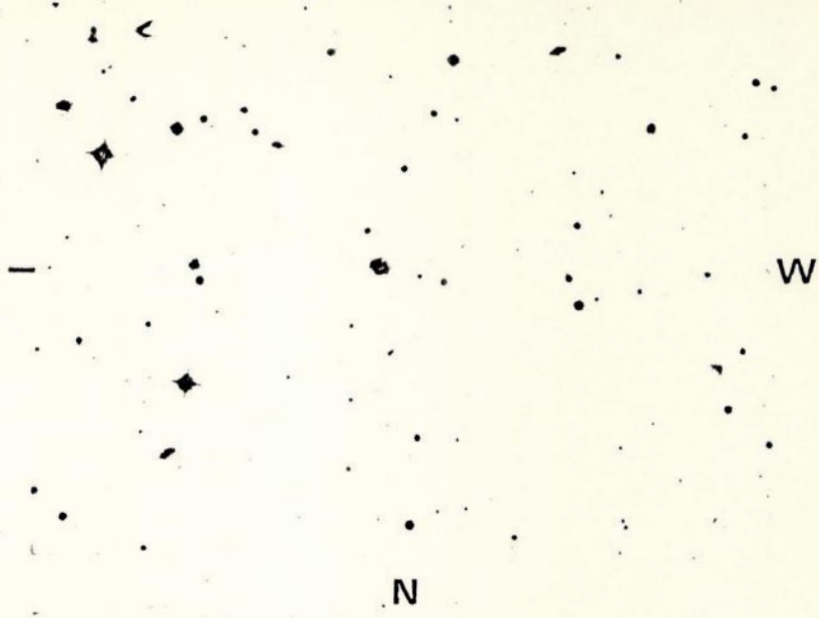
149G19



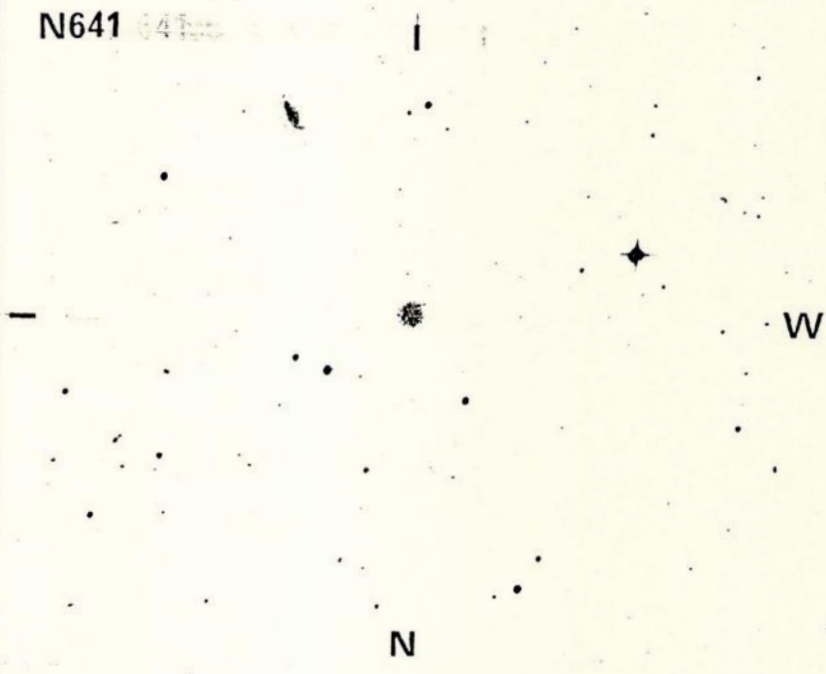
350G15



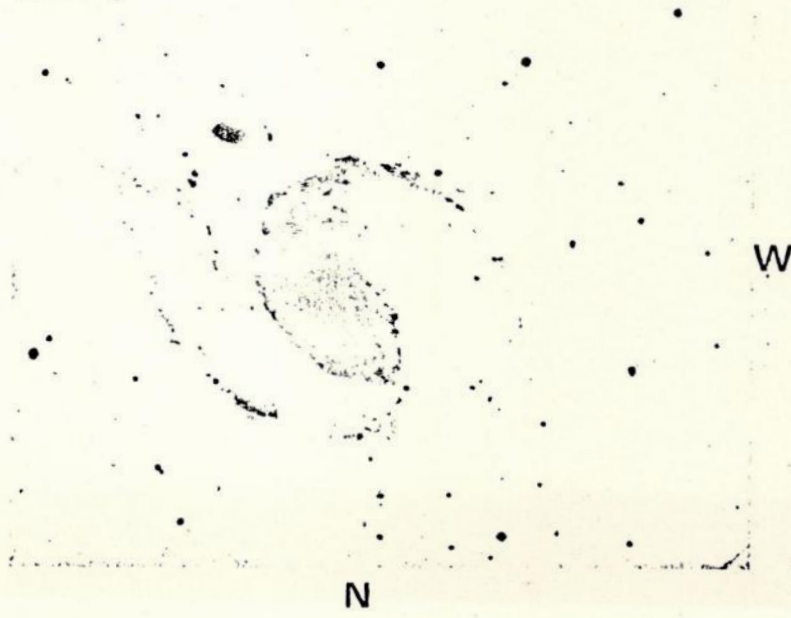
N215



N641

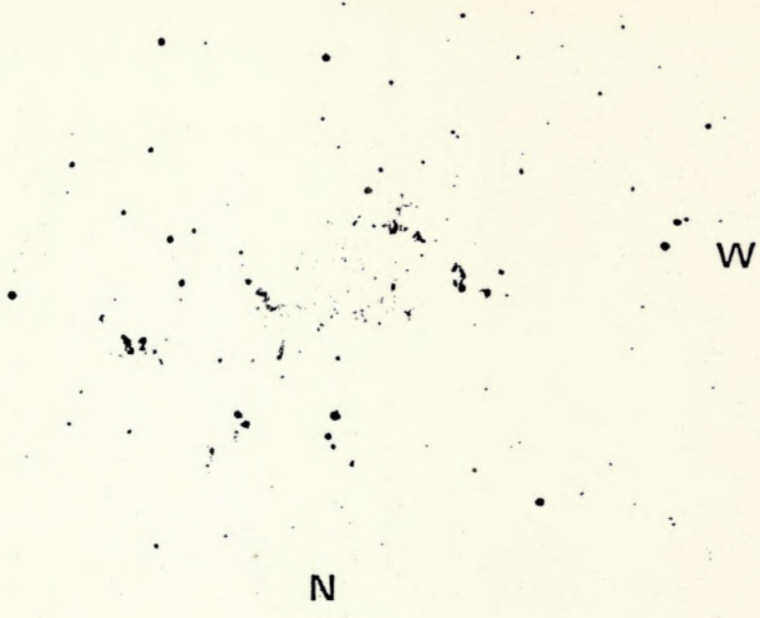


N1097





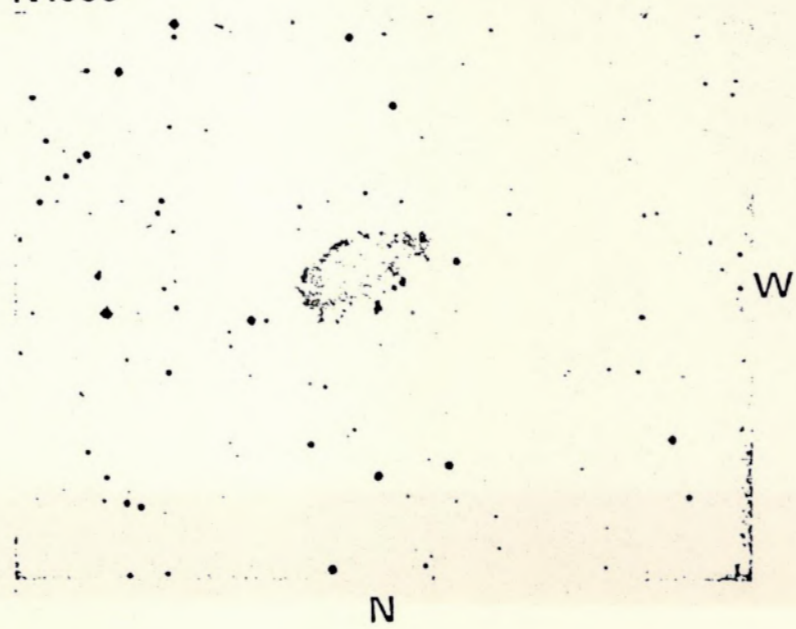
N1313



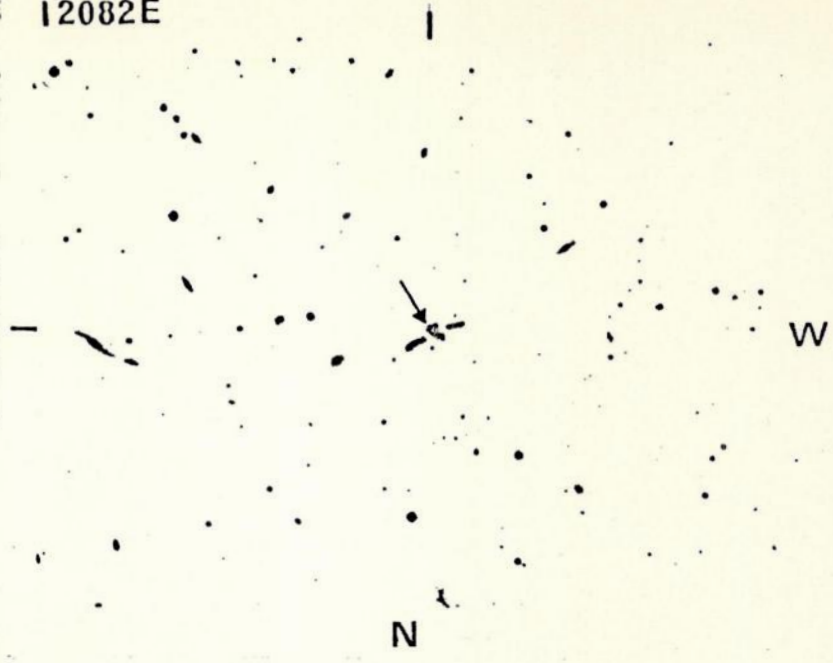
N1365



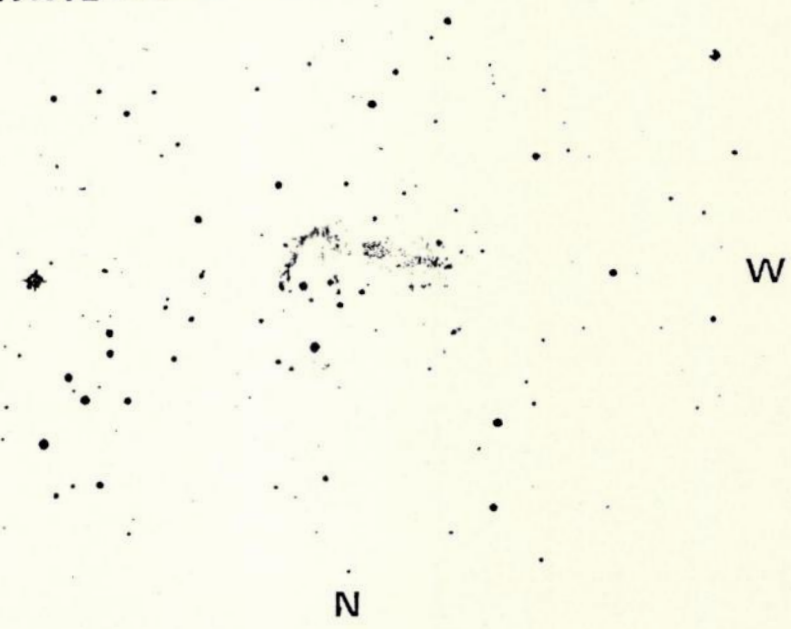
N1559



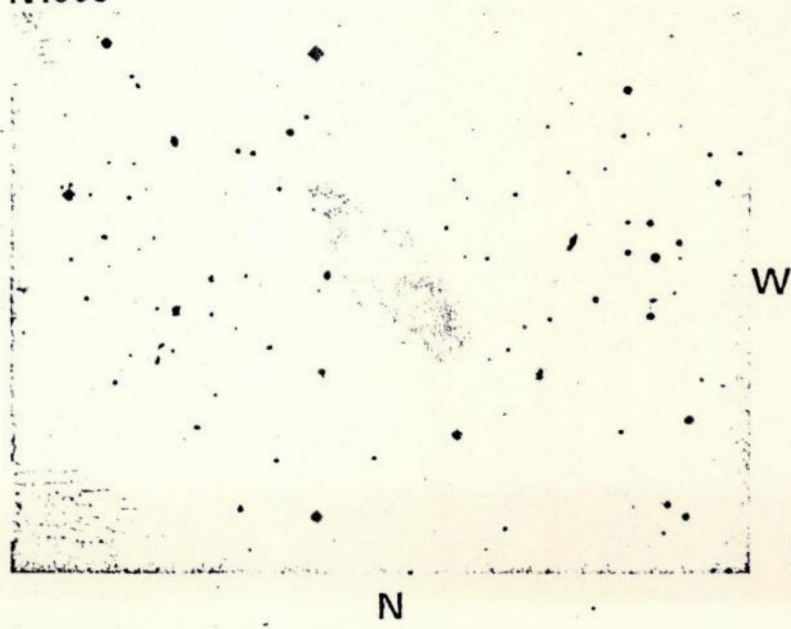
I2082E



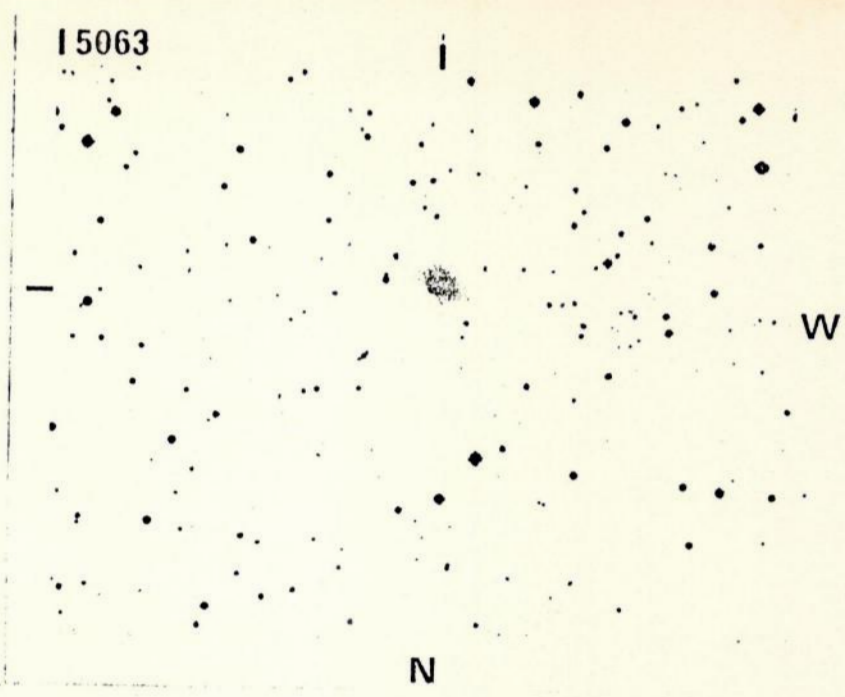
N1672



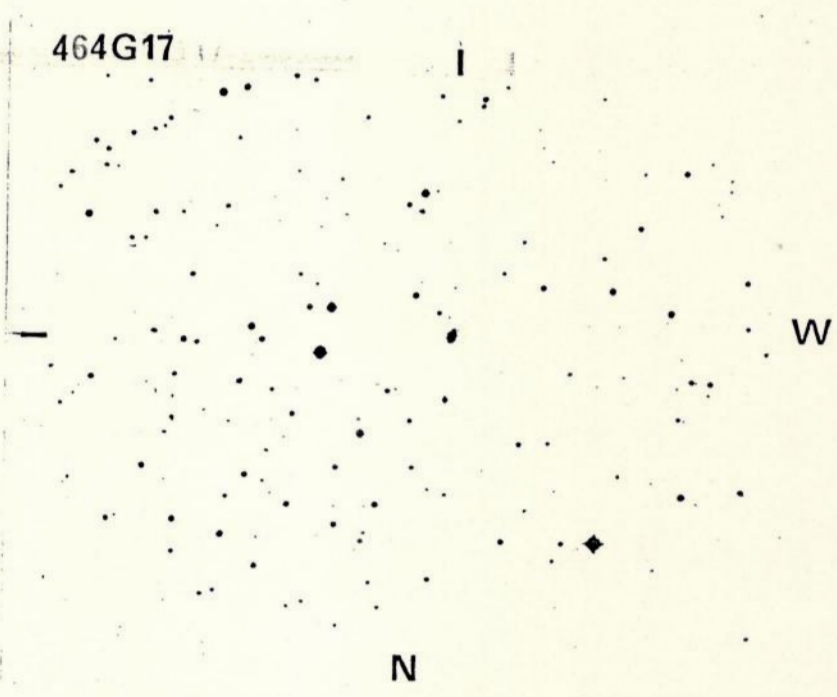
N1808



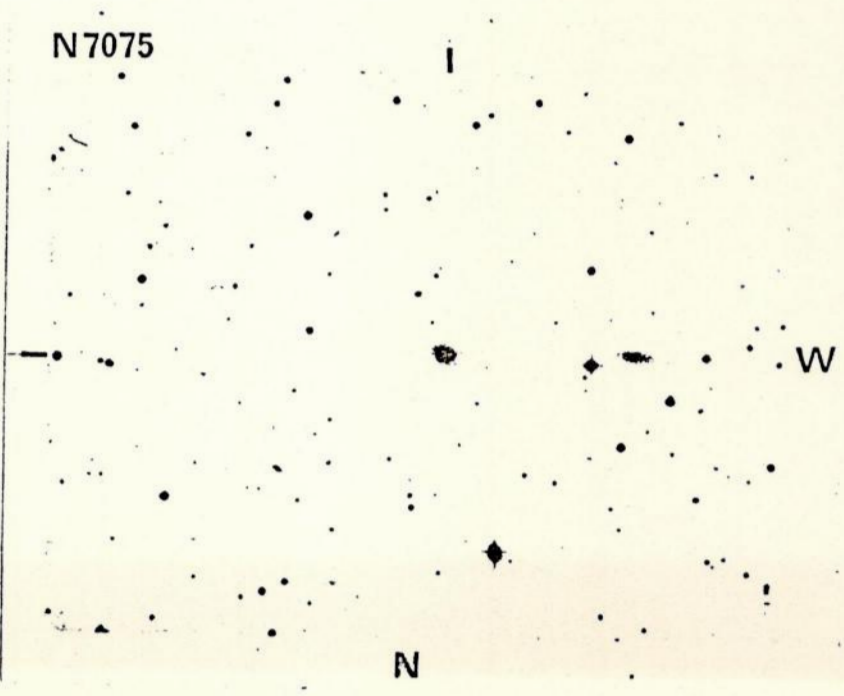
I 5063



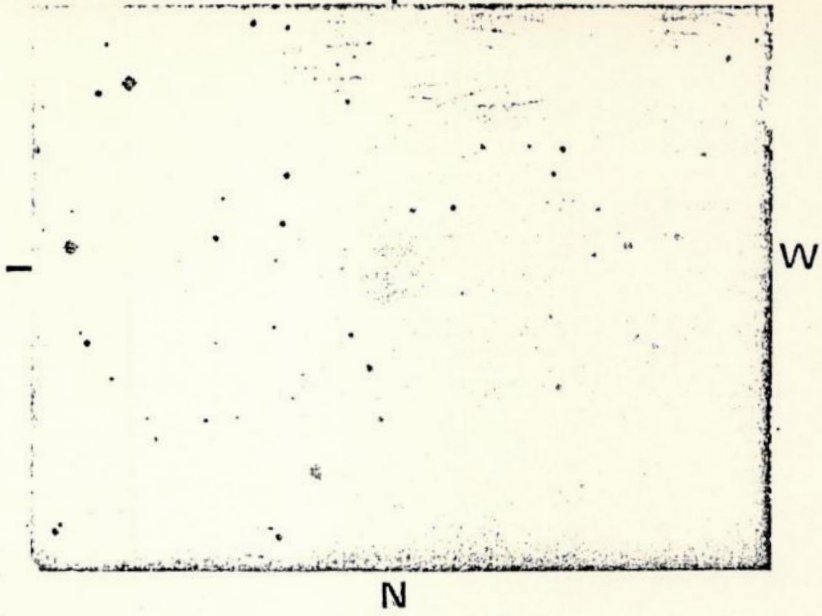
464G17



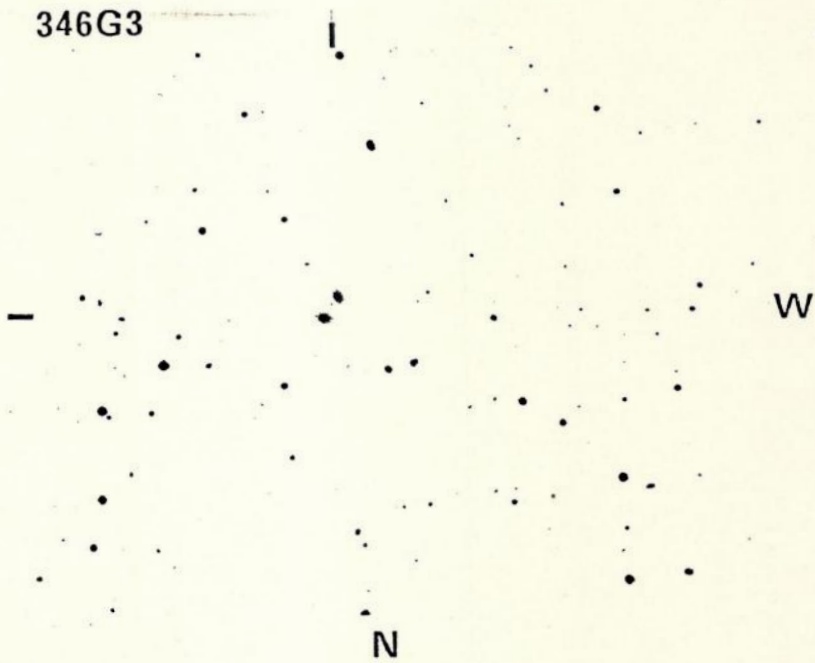
N7075



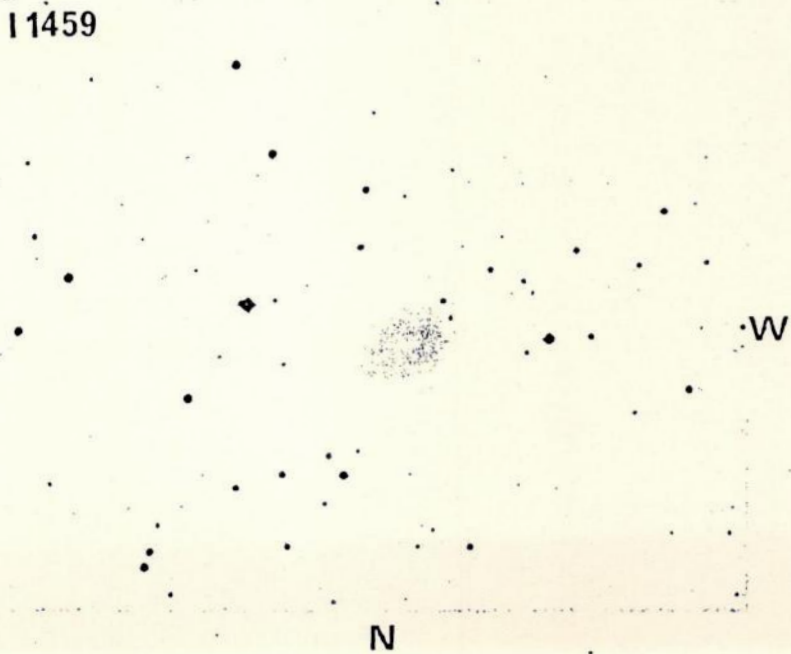
N7213



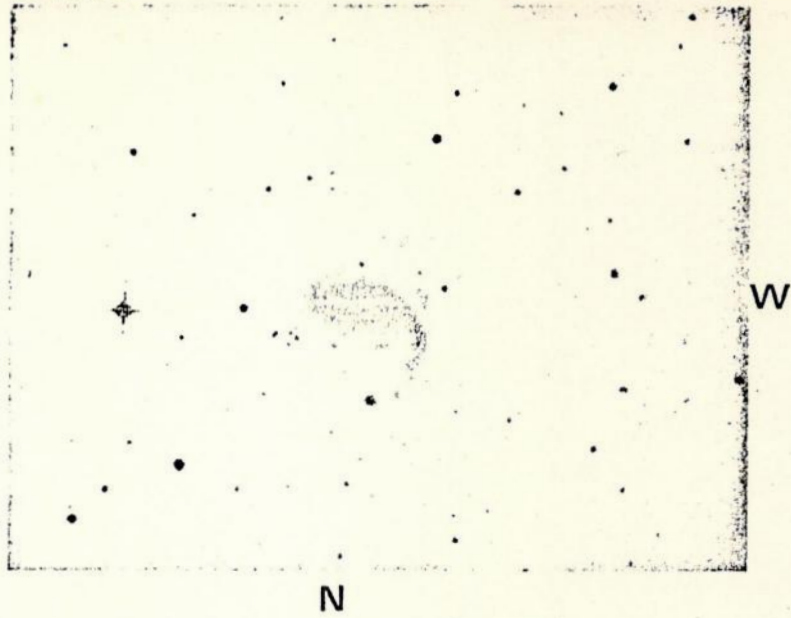
346G3



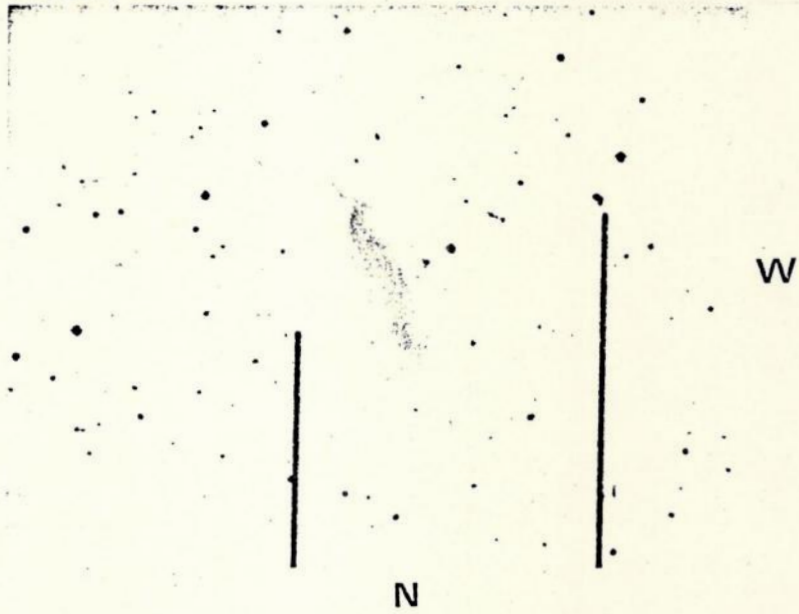
I1459



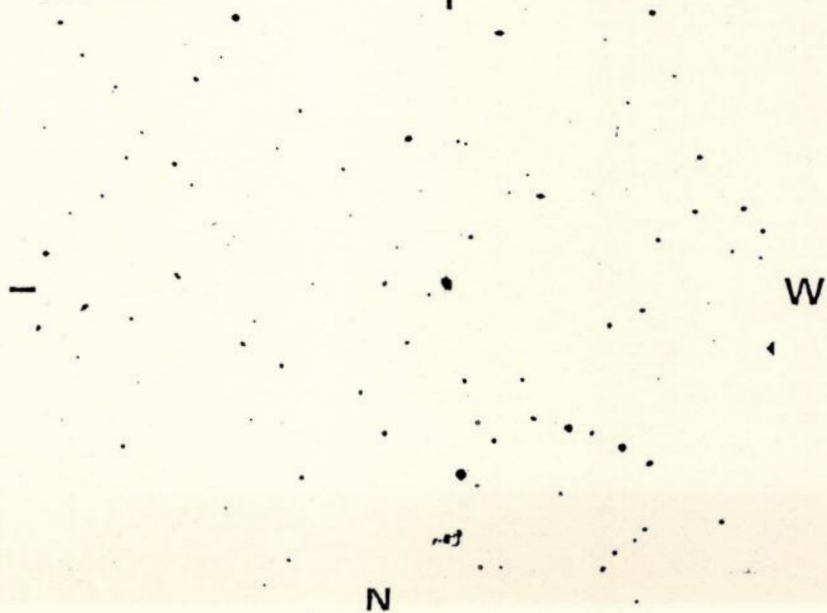
N7552



N7582



349G10



## 4 - CORRELAÇÕES ENTRE A RÁDIO EMISSÃO VERSUS DADOS ESPECTRAIS ÓPTICOS DE GALÁXIAS

Conforme mencionado na introdução deste trabalho, várias tentativas de procura de correlações entre a rádio emissão de galáxias versus informações ópticas foram efetuadas. Entretanto, para fins deste trabalho, é interessante ressaltar-se os trabalhos de Hine e Longair (1979) e Sparks (1983), discutidos no ítem 4.1.

### 4.1 - Correlações Estabelecidas

Em uma análise estatística dos espectros ópticos de uma amostra de 76 galáxias identificadas como rádio fontes no catálogo 3CR, Hine e Longair (1979) mostraram que muitas propriedades rádio estão correlacionadas com informações espectrais ópticas. Eles classificaram seus espectros em classe A, na qual o espectro continha fortes linhas de emissão de  $[OII]\lambda 3727$ ,  $[OIII]\lambda 5007$  e  $[NeIII]\lambda 3869$  e, em classe B, na qual o espectro possuía somente linhas de absorção típico de galáxias elípticas gigantes ou somente fracas linhas de emissão tal como  $[OII]\lambda 3727$ . Ao correlacionar as rádio propriedades com as propriedades espectroscópicas ópticas, encontraram que para as rádio-galáxias intrinsecamente fracas, com luminosidade em 178 MHz de  $p \leq 10^{25} \text{ W Hz}^{-1} \text{ Sr}^{-1}$ , somente cerca de 10% têm espectros tipo classe A, ao passo que, para as maiores luminosidades cerca de 50% são deste tipo. Já nas mais altas radioluminosidades,  $p \geq 10^{26.5} \text{ W Hz}^{-1} \text{ Sr}^{-1}$  mais de 70% das rádio-galáxias possuem espectro classe A. Hine e Longair concluíram também que as rádio-galáxias com espectros tipo classe B estão associados a radiofontes de todos os tipos morfológicos, enquanto que, as de classe A são quase que exclusivamente radiofontes duplas clássicas. Concluíram também que o número de galáxias classe A aumenta com o redshift. Especularam sobre a possibilidade das rádio-galáxias serem sistemas com massa suficiente para que um estado

estável seja mantido por longos períodos. Sparks (1983), através de uma comparação entre propriedades fotométricas das galáxias elípticas rádio emissoras e galáxias elípticas rádio quietas, verificou a existência de um avermelhamento significativo das primeiras em relação às últimas. Uma análise quantitativa sugere que o avermelhamento observado é devido à poeira interna existente nestas galáxias.

#### 4.2 - Novas Correlações - Com Discussão

Afim de verificar a possibilidade de existência de outras correlações entre informações rádio/ópticas de galáxias, cada sub-amostragem foi separadamente analisada.

Um estudo preliminar de SA1 e SA2 sugeriu que, possivelmente, poderia existir informações interessantes quando correlacionados o número de rádio-galáxias versus suas densidades de fluxo, em 2.7 GHz e, também versus sua classificação morfológica. O resultado desta análise é apresentado sob a forma das figuras 4.2.1 (A e B) e 4.2.2 (A e B), respectivamente. Da figura 4.2.1 podemos afirmar que, para SA1, o número de rádio-galáxias aumenta com o decréscimo da densidade de fluxo, em 2.7 GHz e, conforme a figura 4.2.2 a maior contribuição para esta distribuição de densidades de fluxo é fornecida por galáxias classificadas como espirais, mais apropriadamente, como núcleo de galáxias espirais.

O resultado acima descrito é interessante visto que, mesmo sendo a SA1 uma amostra pequena, dificultando qualquer maior inferência estatística, esta amostra é estatisticamente completa. Os resultados obtidos são perfeitamente compatíveis com o esperado de uma análise da função geral de luminosidades rádio, FLR, observada localmente (Van der Laan et al., 1982). A, FLR, mostra que o número de rádio-galáxias do tipo morfológico espiral, decresce com o aumento da luminosidade em 1.4 GHz.

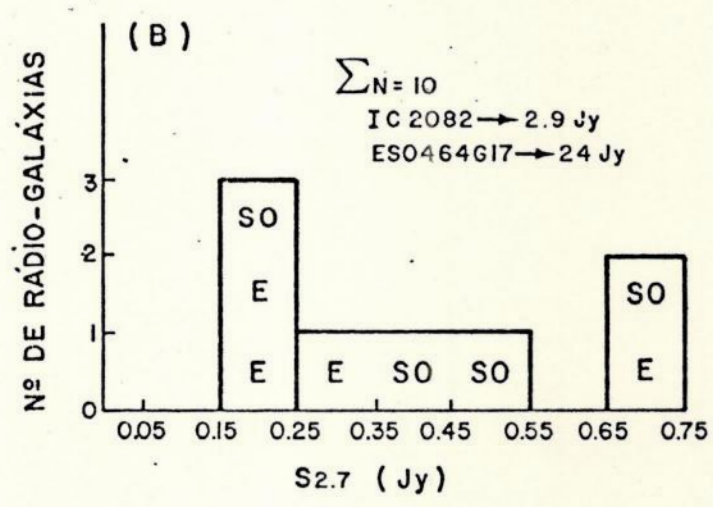
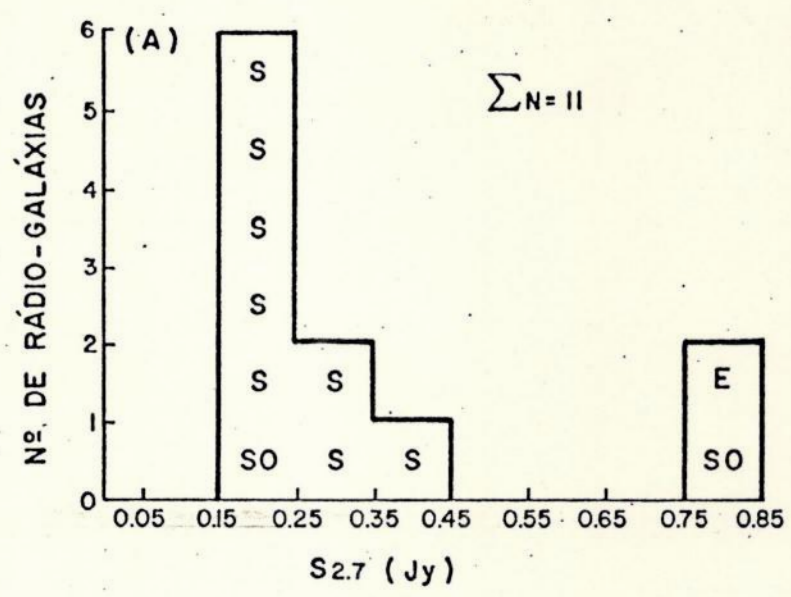


FIGURA 4.2.1

Distribuição das densidades de fluxo em 2.7 GHz para as amostras. IC 2082 e ESO 464 G17 possuem densidades de fluxo de 2.9 e 24 Jy respectivamente.

- (A) - SA<sub>1</sub> (com linhas de emissão).
- (B) - SA<sub>2</sub> (sem linhas de emissão).
- (S) - Espiral
- (SO) - Lenticular
- (E) - Elíptica



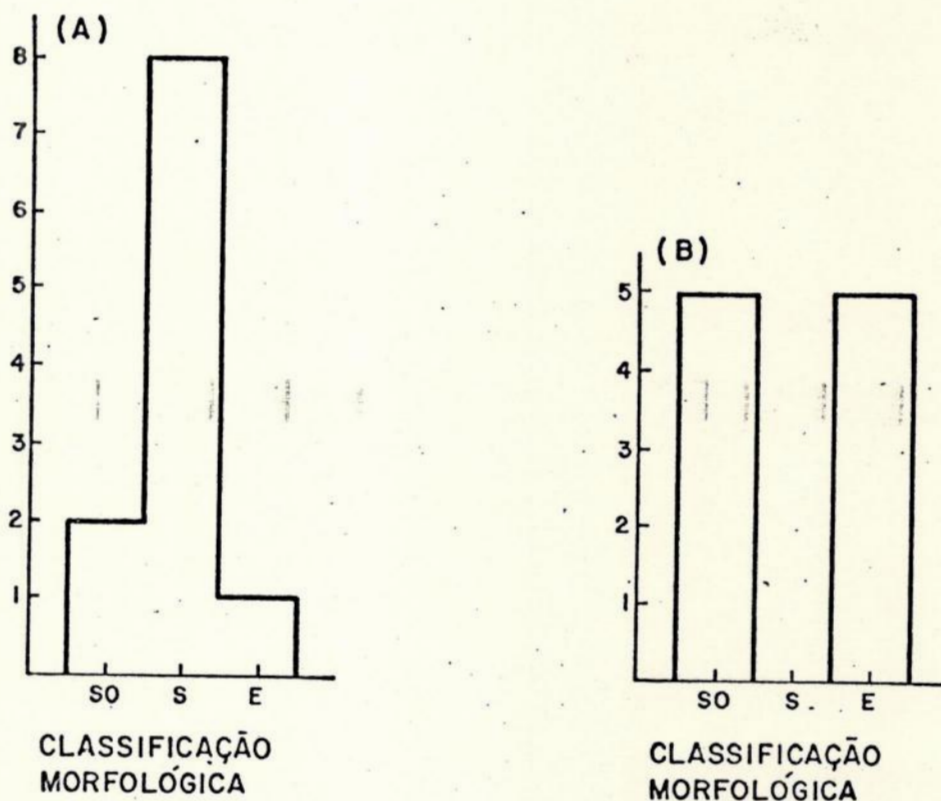


FIGURA 4.2.2

A distribuição das classificações morfológicas das rádio-galáxias pertencentes as amostras:

(A) - SA1 (com linhas de emissão)

(B) - SA2 (sem linhas de emissão)

As Galáxias classificadas por E/SO ou E-SO foram consideradas do tipo E.

(S) - Espiral

(SO) - Lenticular

(E) - Elíptica

Burbidge (1976) mostrou que as espirais normais e irregulares são muito fracas apresentando, frequentemente, sua emissão rádio confinada à região nuclear. A distribuição da figura 4.2.1 para a SA1 apresenta somente 2 rádio-galáxias classificadas como S0 e uma como E, ao contrário de SA2 que não possui galáxias espirais. O fato de que as galáxias S0, E, apresentam rádio emissão mais intensa e de que encontram-se no outro extremo da distribuição das espirais também é compatível com a FLR e com o fato de que, em geral, rádio-fontes mais fortes tendem a ser dos tipos morfológicos D, E, CD e N (Burbridge, 1976).

O catálogo rádio de Parkes também relaciona algumas fontes com densidade de fluxo em 5.0 GHz que foram observadas na ocasião do Survey. As tabelas 4.2.1 e 4.2.2 listam densidades de fluxo nas frequências 2.7 e 5.0 GHz para SA1 e SA2. Na coluna 1, o nome da rádio-galáxia, colunas 2 e 3, as densidades de fluxo em 2.7 e 5.0 GHz e na coluna 4 o índice espectral  $\alpha$  que foi calculado pela relação:

$$\alpha(v_1, v_2) = -\log(S_{v_1}/S_{v_2})/\log(v_1/v_2) \quad 4.1.1$$

Os índices espectrais para NGC 7213 e NGC 641 foram calculados a partir de densidades de fluxo publicadas por Sadler (1984). Visto que não conseguimos obter da literatura informações pertinentes a densidade de fluxo, na frequência 5.0 GHz para a galáxia ESO 346G3, seu índice espectral foi calculado utilizando-se a densidade de fluxo de 0,82 Jy, em 408 MHz, publicada pelo catálogo de Parkes, isto é,  $\alpha(0,408, 2.7) = -0,8$ . Como o índice espectral calculado para ESO 346G3 foi de  $-0,8$ , sendo uma galáxia fraca com 0.19 Jy em 2.7 GHz, do tipo morfológico S0, uma das características principais das fontes fracas normais de radiação sincrotrônica, acreditamos que podemos extrapolar este resultado para a frequência de 5.0 GHz.

As distribuições dos índices espectrais para as amostras SA1 (com linhas de emissão) e SA2 (sem linhas de emissão) são apresentadas na figura 4.2.3 (A,B). As duas distribuições são constituídas por amostras muito pequenas. Estas amostras apresentam medianas próximas a - 1,0, revelando, portanto, um comportamento estatístico de rádio emissão característico de rádio-galáxias normais (mecanismo de emissão do tipo radiação sincrotrônica).

Um fato interessante de ser mencionado neste trabalho é que quando comparados, os índices espectrais com suas respectivas velocidades radiais, para as amostras, verifica-se que existe uma distinção bastante nítida com relação ao intervalo de velocidade radial. Isto pode ser facilmente observado nas figuras 4.2.4 e 4.2.5 que correlacionam as velocidades radiais com índices espectrais. As velocidades radiais para a amostra SA1 varia de 800 a 3400 km /s, enquanto que a amostra SA2 apresenta um intervalo de variações em velocidade de 5000 a 15000 km/s. Estas evidências observacionais levam-nos a inferir que de alguma forma o fator velocidade radial, ou distância, contribui na inibição de linhas espectrais ópticas de intensidades significativas, no intervalo de comprimento de onda de 4700 a 7100 Å, sendo suas velocidades radiais estabelecidas de suas velocidades de correlação a partir dos espectros de absorção. Naturalmente, a significativa diferença dos tipos morfológicos constituintes das amostras SA1 e SA2 deve ser o principal responsável por este efeito, visto que as rádio-galáxias da amostra SA1 são na sua maioria espirais, ricas em gás e material interestelar, favorecendo portanto a probabilidade de observação de linhas de emissão, o que não é verdadeiro para o caso da população SA2, constituída de galáxias elípticas e S0.

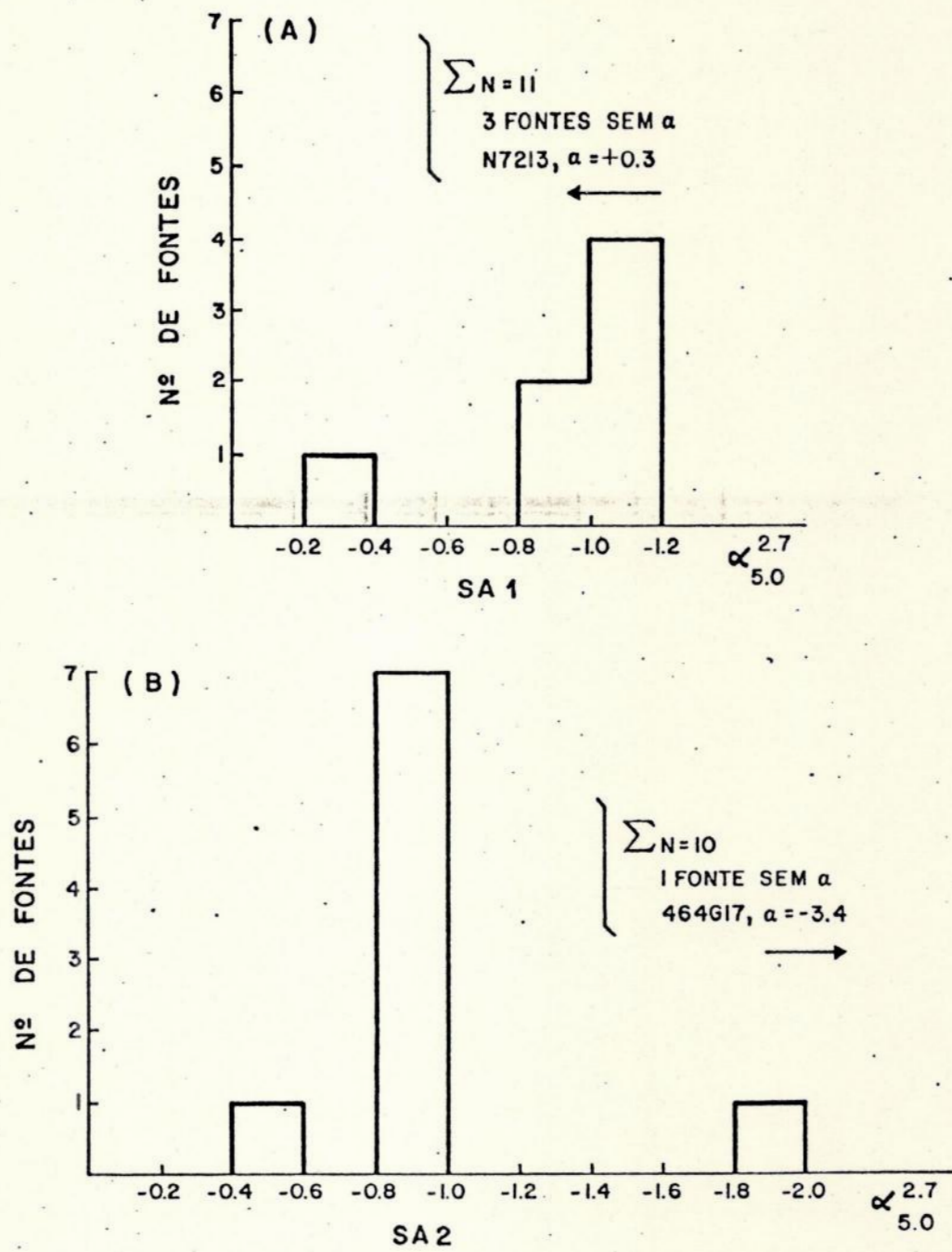


FIGURA 4.2.3 (A,B)

Distribuições dos índices espectrais (2.7, 5.0) para as amostras SA1 (com linhas de emissão) e SA2 (sem linhas de emissão).

| G A L Á X I A | $S_{2.7}$ | $S_{5.0}$ | $\alpha_{5.0}^{2.7}$ |
|---------------|-----------|-----------|----------------------|
| NGC 1097      | 0,25      | 0,15      | -0,8                 |
| NGC 1313      | 0,18      | -         | -                    |
| NGC 1365      | 0,34      | 0,18      | -1,0                 |
| NGC 1559      | 0,23      | 0,12      | -1,1                 |
| NGC 1672      | 0,21      | 0,10      | -1,2                 |
| NGC 1808      | 0,35      | 0,22      | -0,8                 |
| IC 5063       | 0,80      | 0,42      | -1,1                 |
| IC 1459       | 0,82      | 0,72      | -0,2                 |
| NGC 7552      | 0,22      | -         | -                    |
| NGC 7582      | 0,21      | -         | -                    |
| NGC 7213      | 0,23      | -         | -                    |
|               | 0,19*     | 0,23*     | +0,3*                |

TABELA 4.2.1

Densidades de fluxo em 2.7 e 5.0 GHz e índices espectrais para as rádio-galáxias pertencentes a sub-amostra 1 SA1 (\*). Dados obtidos de Sadler (1984).

| G A L Á X I A | S <sub>2.7</sub> | S <sub>5.0</sub> | $\alpha_{5.0}^{2.7}$ |
|---------------|------------------|------------------|----------------------|
| IC 1531       | 0,48             | 0,35             | -0,5                 |
| ESO 149G19    | 0,32             | 0,17             | -1,0                 |
| ESO 350G15    | 0,73             | 0,41             | -0,9                 |
| NGC 215       | 0,21             | -                | -                    |
| NGC 641       | 0,15             | -                | -                    |
|               | 0,17*            | 0,1 *            | -0,8*                |
| IC 2082       | 2,90             | 1,60             | -1,0                 |
| ESO 464G17    | 24               | 3                | -3,4                 |
| NGC 7075      | 0,65             | 0,40             | -0,8                 |
| ESO 346G3     | 0,19             | -                | -0,8**               |
| ESO 349G10    | 0,35             | 0,11             | -1,9                 |

TABELA 4.2.2

Densidades de fluxo em 2.7 e 5.0 GHz e índices espectrais para rádio-galáxias pertencentes a sub-amostra 2, SA2.

(\*) Dados obtidos de Sadler (1984).

(\*\*) O índice espectral foi calculado utilizando a densidade de fluxo em 408 MHz, 0,82 Jy, obtida do Catálogo de Parkes.

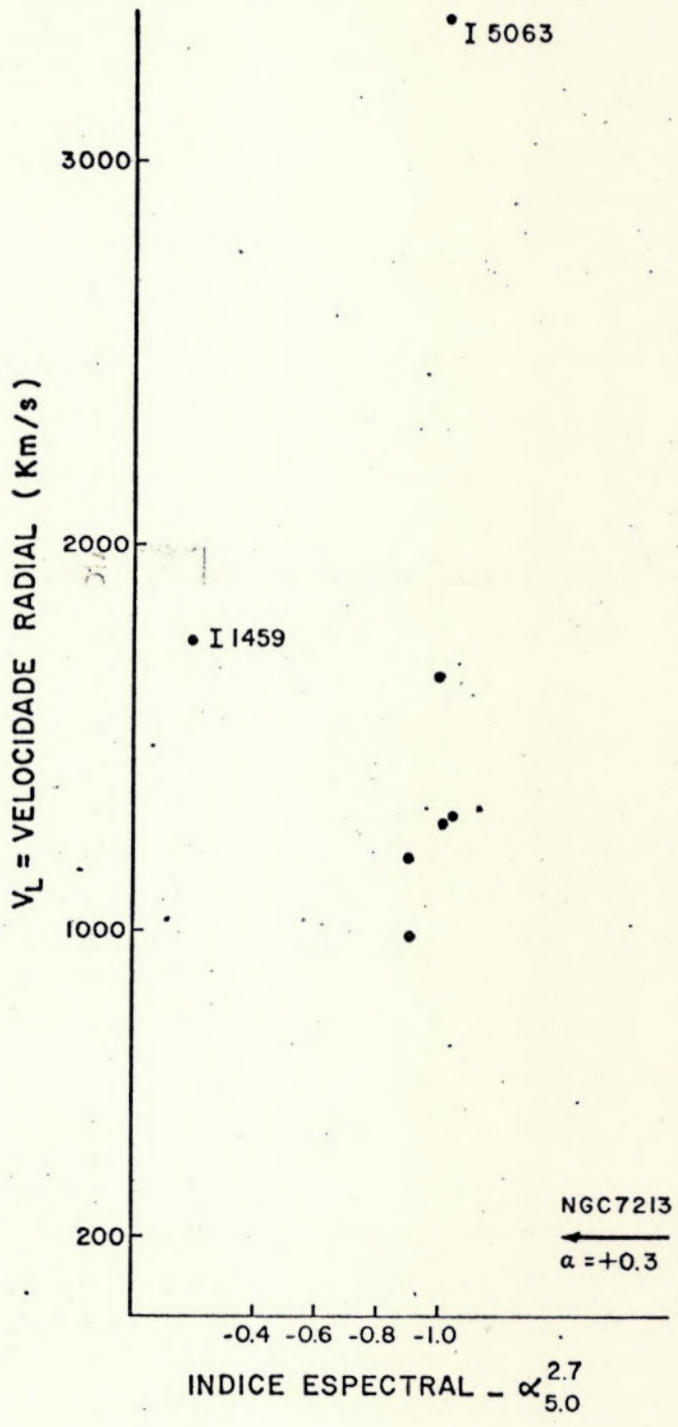


FIGURA 4.2.4

Correlação entre velocidades radiais e índices espectrais  $\alpha(2.7$  e  $5.0$  GHz) para a amostra SA1. As rádio-galáxias NGC 1313, NGC 7552 e NGC 7582 não possuem  $\alpha$ . NGC 7213 possui  $\alpha = + 0.3$ .

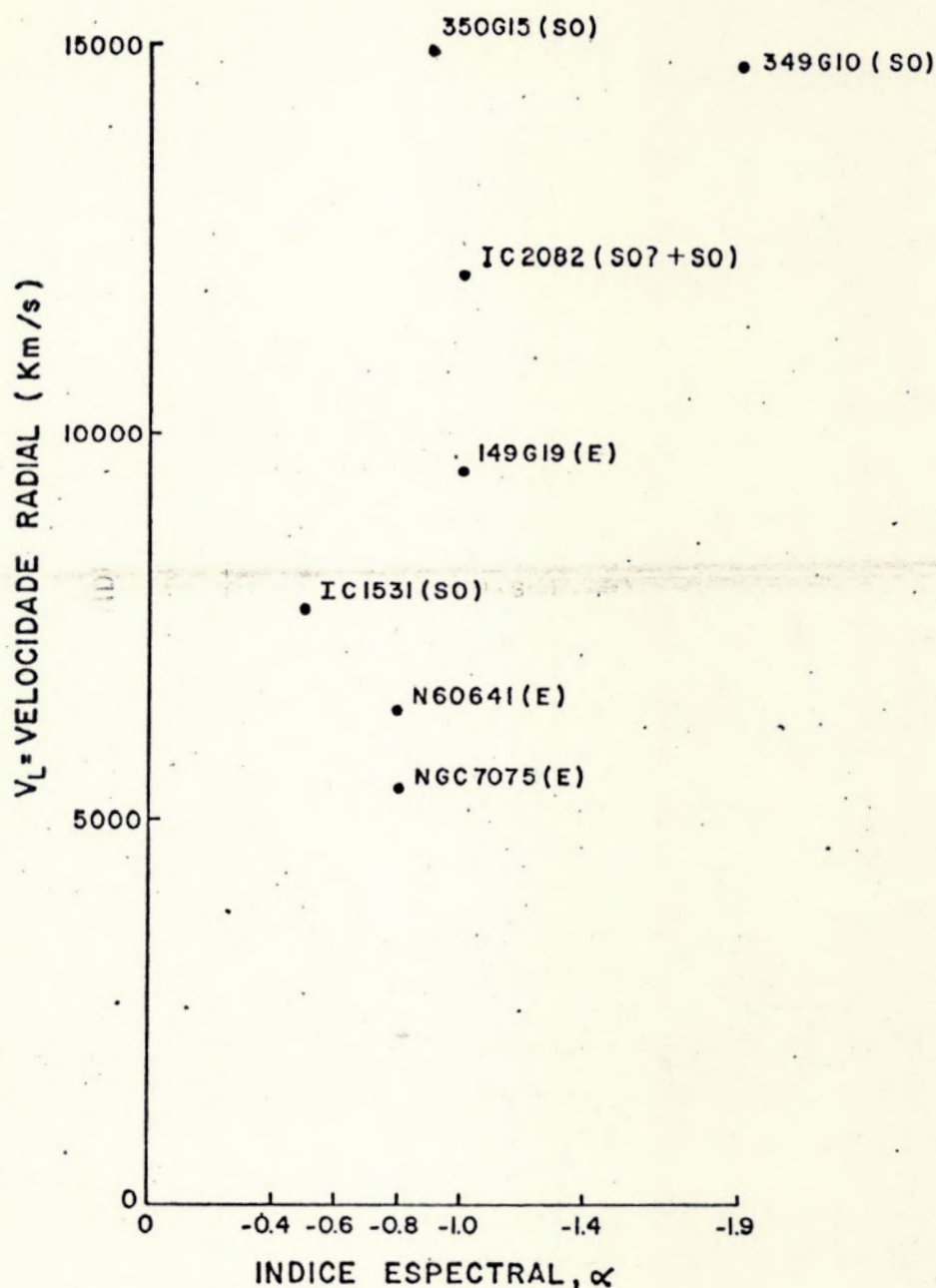


FIGURA 4.2.5

Correlação entre velocidades radiais e índices espectrais  $\alpha$  (2.7 e 5.0 GHz) para a amostra SA2. A rádio-galáxia NGC 215(E) não possui  $\alpha$ . ESO 464G17 possui  $\alpha = -3,4$ . A classificação morfológica de cada galáxia é apresentada entre parênteses.



A sub-amostra mais importante, do ponto de vista deste trabalho, é aquela que apresenta linhas de emissão em seu espectro óptico, i.e., SA1. É, portanto, interessante verificar-se qual a frequência de aparecimento das principais linhas espectrais observadas com relação a todos os espectros de SA1. Estas frequências são apresentadas de uma forma esquemática na figura 4.2.6. Uma análise desta figura revela que todas as rádio-galáxias de SA1 possuem as linhas de emissão [SII],  $H\alpha$  e [NII] e que 8 das 11 rádio-galáxias apresentam  $H\beta$ . Interpretamos este fato de modo que para as galáxias do tipo morfológico E e S0 (II1459 e NGC 7213), a linha de emissão  $H\alpha$  é tipicamente mais fraca do que a linha de emissão mais próxima [NII]6583, enquanto que para as outras galáxias  $H\alpha$  é tipicamente considerada mais brilhante do que [NII] 6583. A taxa  $H\alpha$ /[NII] fornece, portanto, informações sobre as condições de excitação do gás interestelar no interior das galáxias (Burbidge e Burbidge, 1962). Nas galáxias que não têm braços espirais, como as do tipo E e S0, mas que possuem linhas de emissão, tal emissão tende a ser confinada ao núcleo ou muito mais fortemente concentrada ao núcleo do que nas do tipo espiral. Além disso, as intensidades relativas de pelo menos algumas das linhas de emissão no núcleo são frequentemente diferentes das intensidades em outras partes das espirais e irregulares. O fato da taxa  $H\alpha$ /[NII] ser  $< 1$  para as galáxias E e S0 e  $> 1$  para as outras pode ser explicado pela temperatura de elétron do gás interestelar ser mais alta no núcleo das galáxias ( $T \sim 10.000 \text{ }^\circ\text{K}$  a  $20.000 \text{ }^\circ\text{K}$ ) que em outras regiões ( $T \sim 6000 \text{ }^\circ\text{K}$ ), assim as linhas excitadas colisionalmente, como [NII], são consideravelmente reforçadas pelas altas temperaturas do núcleo, enquanto que as linhas de recombinação do hidrogênio, como  $H\alpha$ , são levemente enfraquecidas (Morgan e Osterbrock, 1969).

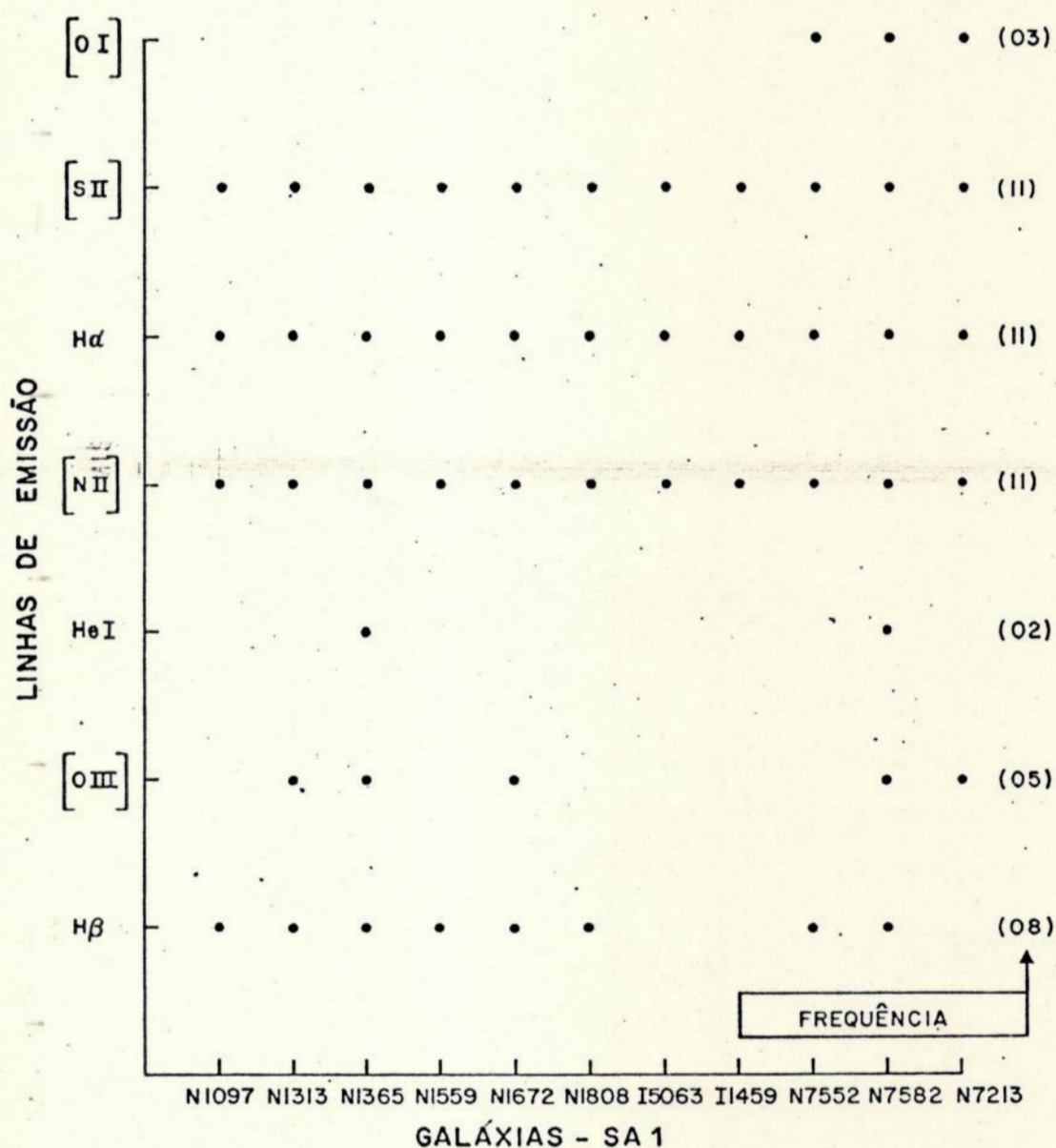


FIGURA 4.2.6

Frequência de distribuição de linhas de emissão espectrais para a amostra SA1. [OI](6300), [SII](6517,6731), H $\alpha$ (6562), [NII](6548, 6583), HeI(5875), [OIII](4958,5006) e H $\beta$ (4861). Intervalo de comprimento de onda espectral (4700-7100)Å.

## 5 - SUMÁRIO DE CONCLUSÕES

O trabalho apresenta o resultado da correlação de propriedades óptica/rádio de uma amostra de 21 objetos cósmicos, rádio-galáxias, obtidos a partir de técnicas distintas em observatórios diferentes. O catálogo de Parkes, fornecendo informações de caráter rádio como de densidades de fluxo na frequência de 2.7 GHz e o catálogo ESO/B com informações de caráter óptico. Dados espectrais ópticos foram fornecidos pela equipe do "ON-CfA Redshift Survey". É apresentado um banco de dados ópticos/Rádio, enriquecido de espectros ópticos, no intervalo de comprimento de onda de 4700 - 7100 Å e fotografias de campos de referência visual. São revistas as correlações já estabelecidas entre a rádio emissão e dados espectrais ópticos de galáxias.

O conjunto de 21 rádio-galáxias selecionados neste trabalho, constituindo a amostra principal dividida em duas sub-amostragens, a primeira, SA1, constituída de 11 rádio galáxias possuidoras de linhas de emissão, a segunda, SA2, constituída de 10 rádio-galáxias, que não possuem linhas de emissão com intensidade significativamente superiores ao ruído estatístico do contínuo espectral. Concluimos que para a amostra SA1 o número de rádio-galáxias decresce com o aumento da densidade de fluxo, em 2.7 GHz sendo que a maior contribuição para esta distribuição de densidade de fluxo é fornecida por galáxias classificadas como do tipo espiral, ou melhor, de núcleos de galáxias espirais. Os resultados obtidos são compatíveis com a função geral de luminosidade rádio observada localmente.

As distribuições dos índices espectrais,  $\alpha$ , entre 2.7 GHz e 5.0 GHz para as amostras SA1 e SA2 apresentam medianas próximas a - 1.0, revelando um comportamento estatístico de rádio emissão característico de rádio-galáxias normais. Os

índices espectrais quando comparados com suas velocidades radiais verificam a existência de uma clara distinção entre os intervalos de velocidades radiais das amostras. As velocidades radiais para a amostra SA1 varia de 800 a 3400 km/s, enquanto que a amostra SA2 apresenta um intervalo entre 5.000 a 15.000 km/s sugerindo que de alguma forma a distância contribui na inibição de linhas espectrais. Naturalmente a diferença dos tipos morfológicos constituintes das amostras SA1 e SA2 deve ser a principal responsável por este efeito. SA1 apresenta na sua maioria galáxias espirais, ricas em gás e material interestelar, aumentando, portanto a probabilidade de observação de linha de emissão, não sendo verdadeiro para a amostra SA2 que é constituída por galáxias do tipo elípticas e S0.

Uma análise de frequência de aparecimento das principais linhas de emissão espectrais revela que todas as rádio-galáxias de SA1 possuem [SII],  $H\alpha$  e [NII] e que de 8 das 11 galáxias apresentam  $H\beta$ . A taxa de  $H\alpha$ /[NII] fornece portanto informações sobre as condições de excitação do gás interestelar no interior das respectivas rádio-galáxias.

**6 - REFERÊNCIAS**

- Adams, M.T., Jensen, E.B. e Stocke, J.T., 1980, *Astr. J.*, 85, 1010.
- Auremma, C., Perola, G., Ekerö, R., Fonti, R., Lari, C., Jaffe, W.J. e Ulrich, M.J., 1977, *Astr. Astrop.*, 57, 41.
- Burbidge, E.M., 1976, *The Physics of Non-Thermal Radio Sources*, G. Letti, 41.
- Burbidge, E.M. e Burbidge, G.R., 1962, *Astrop. J.*, 135, 694.
- Cameron, M.J., 1971, *Mon. Not. R. Ast. Soc.*, 152, 429.
- Colla, G., Fanti, R., Gioia, I., Lari, C., Lequeux, J., Lucas, R. & Ulrich, M.H., 1975, *Astr. Astrophys.*, 38, 209.
- Diensy, M.J. & Cromwell, R.H., 1971, *Astrophys. J.*, 164, L35.
- Dressel, L.L., 1981, *Astrophys. J.*, 245, 25.
- Green, E.D. e Dixon, H.G., 1979, *The Observatory*, 98, 166.
- Heeschen, D.S., 1970, *Astr. J.*, 75, 523.
- Hine, R.G. e Longair, M.S., 1979, *MNRAS*, 188, 111.
- Morgan, W.W. e Osterbrock, D.E., 1969, *Astr. J.*, 74, 515.
- Nicolaci da Costa, L.A., Nunes, M.A., Pelegrini, P.S., 1984, *Publicação Interna do Observatório Nacional. Introdução ao Sistema Reticon do Observatório Nacional, nº 1, Redshifts for 228 Southern Galaxies nº 02.*
- O'Connell, R.W. e Dressel, L.L., 1978, *Nature*, 276, 374.
- de Ruiter, H.R. e Willis, A.G., 1977, *Ast. Astrop. Suppl.*, 28, 211.
- Rogstad, D.H. e Ekers, R.D., 1969, *Astrop. J.*, 157, 48.
- Sadler, E.M., 1984, *Astr. J.*, 89, 23.
- Sparks, W.B., 1983, *MNRAS*, 204, 1049.
- Stocke, J.T., 1978, *Astr. J.*, 83, 348.
- G.A. Tammann et al., 1979, *Les Houches, Session XXXIII, Physical Cosmology.*
- de Vaucouleurs, G., de Vaucouleurs, A. e Corwin, H.G., 1976. *Second Reference Catalogue of Bright Galaxies.*
- Van der Laan, H., Kotgert, P., Windhout, R. e Dort, M., 1982. *IAU Symp. 104. Early Evolution of the Universe and its present structure.* Edited by Abell, G.O. e Chincarini, G.

7 - APÊNDICES

7.1 - PROGRAMA SELPK

```

C          PROGRAMA SELPK
C     ESTE PROGRAMA SELECIONA AS RADIFONTES DO CATALOGO
C     DE PARKES COM LATITUDE GALACTICA, B<-30
C
C     DATA C/'2'//,R/' ' //,P/'2'//
C     DIMENSION I(80)
C     5 READ(1,10,END=21) (I(K),K=1,15),IAH,IAM,AS,ID,IM,IS,
C     *(I(K),K=35,78)
C     10 FORMAT(15A1,2(I2,1X),F4.1,3I3,4A1)
C     TRANSFORMACAO DE ALFA E DELTA PARA NUMEROS REAIS
C     ALFA=FLOAT(IAH)+FLOAT(IAM)/60.+AS/3600.
C     DELTA=FLOAT(IM/60)+FLOAT(IS/3600)
C     DELTA=DELTA+FLOAT(ID)
C     ESTA SUBROTINA FAZ O CALCULO DAS COORDENADAS
C     GALACTICAS
C     GL=LONGITUDE GALACTICA B=LATITUDE GALACTICA
C     ESTA SUBROTINA FOI OBTIDA DO CHRISTOFFER
C     CALL PRAGAL(ALFA,DELTA,GL,B)
C     IF(B.GT.-30.)GO TO 5
C     BACKSPACE 1
C     SELECAO DAS GALAXIAS E POSSIVEIS GALAXIAS EM
C     ARQUIVOS DIFERENTES
C     GAL1=GALAXIAS GAL2=POSSIVEIS GALAXIAS DO PARKES
C     READ(1,12) (I(K),K=1,36),X,D,(I(K),K=39,80)
C     12 FORMAT(36A1,1A1,1A1,42A1)
C     IF(X.EQ.R.AND.D.EQ.P) GO TO 30
C     IF(X.EQ.P.AND.D.EQ.C) GO TO 40
C     GO TO 5
C     30 CONTINUE
C     WRITE(2,12) (I(K),K=1,36),X,D,(I(K),K=39,80)
C     GO TO 5
C     40 CONTINUE
C     WRITE(3,12) (I(K),K=1,36),X,D,(I(K),K=39,80)
C     GO TO 5
C     21 CONTINUE
C     STOP
C     END

```



7.2 - PROGRAMA CORRELACIONADOR E ESTATÍSTICO "R"

```

C      PROGRAMA CORRELACIONADOR E ESTATISTICA "R"
C      ESTE PROGRAMA CORRELACIONA OS CATALOGOS OPTICO (ESO/R) E
C      RADIO (PARKES) FAZENDO ESTATISTICA R
C
C      DIMENSION PARKES(222,78),ESO(90,2),
C      *IAH(222),IAM(222),AS(222),S(222),ID(222),
C      *IM(222),IS(222),ALFA(222),DELTA(222)
C      LEITURA DO CATALOGO DE PARKES
C
C      DO 50 K=1,222
C      READ(1,10)(PARKES(K,I),I=1,15),IAH(K),IAM(K),AS(K),ID(K),
C      *IM(K),IS(K),(PARKES(K,I),I=35,69),S(K),(PARKES(K,I),I=74,78)
10  FORMAT(15A1,2(I2,1X),F4.1,3I3,35A1,F4.2,5A1)
C      TRANSFORMACAO DE ALFA EM SEGUNDOS DE TEMPO
C      ALFA(K)=FLOAT(IAH(K))+FLOAT(IAM(K))/60.+AS(K)/3600.
C      ALFA(K)=ALFA(K)*3600.
C      TRANSFORMACAO DE DELTA EM SEGUNDOS DE ARCO
C      DELTA(K)=FLOAT(IM(K))/60.-FLOAT(IS(K))/3600.
C      DELTA(K)=FLOAT(ID(K))-DELTA(K)
C      DELTA(K)=DELTA(K)*3600.
50  CONTINUE
C      LEITURA DO CATALOGO OPTICO ESO
C
C      KONTA=0
65  IF(KONTA.GT.1639)GO TO 32
C      READ(2,20)ESO(1,1),IRA,IRAMIN,IRASEC,IDEG,DMIN,
C      *(ESO(I,1),I=14,90)
20  FORMAT(F5.0,3I2,I3,F4.1,82A1)
C      READ(2,30)(ESO(I,2),I=1,35)
30  FORMAT(1X,85A1)
C      TRANSFORMACAO DE ALFA EM SEGUNDOS DE TEMPO
C      ALFA1=FLOAT(IRA)+FLOAT(IRAMIN)/60.+FLOAT(IRASEC)/3600.
C      ALFA1=ALFA1*3600.
C      TRANSFORMACAO DE DELTA EM SEGUNDOS DE ARCO
C      DELTA1=FLOAT(IDEG)-DMIN/60.
C      DELTA1=DELTA1*3600.
C      ESO(3,1)=ALFA1
C      ESO(4,1)=DELTA1
C      DO 75 KK=1,237
C      COMPARACAO DO PARKES COM O ESO
C      SOMENTE SE A HORA DE A.R. E O GRAU DE DEC. DO PARKES FOREM
C      IGUAIS AS DO ESO CALCULAREMOS R
C      IF(IAH(KK).EQ.IPA.AND.ID(KK).EQ.IDEG) GO TO 76
C      GO TO 75
C      P=DIFERENCA ENTRE A.R. DO ESO E DO PARKES
C      Z=DIFERENCA ENTRE DEC. DO ESO E DO PARKES
75  P=ESO(3,1)-ALFA(KK)
C      Z=ESO(4,1)-DELTA(KK)
C      P=ABS(P)
C      Z=ABS(Z)
C      OS LIMITES PARA P E Z FORAM CALCULADOS PARA R=10
C      IF(P.GT.19.436.OR.Z.GT.291.548) GO TO 75
C      IF ( S(KK) .GE. 0.10 .AND. S(KK) .LE. 0.20)
1  GO TO 60
C      IF ( S(KK) .GT. 0.20 .AND. S(KK) .LE. 0.30)
1  GO TO 70
C      IF ( S(KK) .GT. 0.30 .AND. S(KK) .LE. 0.40)
1  GO TO 80
C      IF ( S(KK) .GT. 0.40 .AND. S(KK) .LE. 0.50)
1  GO TO 90

```

```

1      IF ( S(KK) .GT. 0.50 .AND. S(KK) .LE. 1.00)
      GO TO 100
1      IF ( S(KK) .GT. 1.00 .AND. S(KK) .LE. 2.00)
      GO TO 110
1      IF ( S(KK) .GT. 2.00 .AND. S(KK) .LE. 5.00)
      GO TO 120
      IF ( S(KK) .GT. 5.00) GO TO 130

C
C      SIGMAR=ERPO EM A.R. EM SEGUNDOS DE TEMPO
C      SIG=ERRO EM DEC. EM SEGUNDOS DE ARCO
60     SIGMAR = 1.6
      SIG=24
      GO TO 140
70     SIGMAR = 1.167
      SIG=17.5
      GO TO 140
80     SIGMAR = 1.067
      SIG=16.0
      GO TO 140
90     SIGMAR = 0.967
      SIG=14.5
      GO TO 140
100    SIGMAR = 0.933
      SIG=14.0
      GO TO 140
110    SIGMAR = 0.867
      SIG=13.
      GO TO 140
120    SIGMAR = 0.833
      SIG=12.5
      GO TO 140
130    SIGMAR = 0.8
      SIG=12.
      GO TO 140
C      CALCULO DE R
140    R=SQRT((P**2/(SIGMAR**2 + 1.))+ (Z**2/(SIG**2+15.**2)))
      IF(R.LE.3.) GO TO 144
      IF(R.LE.5.)GO TO 147
      GO TO 75
144    WRITE(4,10)(PARKES(KK,I),I=1,15),IAH(KK),IAM(KK),AS(KK),
      *ID(KK),IM(KK),IS(KK),(PARKES(KK,I),I=35,69),S(KK),
      *(PARKES(KK,I),I=74,78)
      WRITE(4,20)ESO(1,1),IRA,IRAMIN,IRASEC,IDEG,DMIN,
      *(ESO(I,1),I=14,95)
      WRITE(4,30)(ESO(I,2),I=1,85)
      WRITE(4,146)R
146    FORMAT(1X,'R=',F16.5)
147    WRITE(5,10)(PARKES(KK,I),I=1,15),IAH(KK),IAM(KK),AS(KK),ID(KK),
      *IM(KK),IS(KK),(PARKES(KK,I),I=35,69),S(KK),(PARKES(KK,I),I=74,78)
      WRITE(5,20)FSD(1,1),IRA,IRAMIN,IRASEC,IDEG,DMIN,
      *(FSD(I,1),I=14,95)
      WRITE(5,30)(ESO(I,2),I=1,85)
      WRITE(5,148)P
148    FORMAT(1X,'R=',F16.5)
75     CONTINUE
      KONTA=KONTA+1
      GO TO 65
32     STOP

      END

```