



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES/AUTHORS

1^a QUASARES
VARIABILIDADE

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Ralf G. Jelow
Ralf G. Jelow
Presidente C.P.G.

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

L. C. L. Boti
BOTI, L. C. L.

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Z. Abraham
ABRAHAM, Z.

CDU/UDC

524.64

DATA/DATE

Dezembro, 1990

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO
	INPE-5218-TDL/432
ESTUDO DA VARIABILIDADE E DO ESPECTRO DE RADIOFONTES EM 22 E 43 GHz	
AUTORES/AUTHORSHIP	L. C. L. BOTI

ORIGEM
ORIGIN

FRH/CEA

PROJETO
PROJECT

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

258

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

C7

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Durante um período de aproximadamente 10 anos foram realizadas observações de vários quasares, objetos BL Lacertae, Cen A e Sgr A em 22 e 43 GHz. O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade temporal e espectral desses objetos e aplicar alguns modelos como o desenvolvido por Marscher e Gear (1985), que interpreta as variabilidades encontradas em alguns objetos como devido à formação de ondas de choque em um jato relativístico, o modelo canônico (van der Laan, 1966 e Pauliny-Toth, 1966), que considera a expansão de uma nuvem esférica de elétrons relativísticos e o modelo canônico de Jones, O'Dell e Stein (1974), que possibilita a determinação do tamanho angular e campo magnético de uma fonte não térmica. Este último modelo foi somente aplicado a Cen A. Com a aplicação do modelo de Marscher e Gear (1985) aos dados observacionais, foi possível a determinação da região onde o choque ocorreu (ou posição da componente observada em VLBI) e a comparação da variabilidade encontrada no contínuo, com as estruturas observadas em VLBI. Os demais modelos foram aplicados às fontes, determinando-se uma série de parâmetros, como campo magnético e dimensão angular. Observações simultâneas entre o Itapetinga e o "Swedish-ESO Submillimetre Telescope" foram realizadas nas frequências de 22, 43, 90, 230 GHz e espectros simultâneos foram obtidos.

OBSERVAÇÕES/REMARKS

Tese de Doutorado em Ciência Espacial, aprovada em 14/05/90.

Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Doutor
em Ciência Espacial

Dr. Heinz Andernach



Presidente

Dr^a Zulema Abraham



Orientadora

Dr^a Miriani Griselda Pastoriza



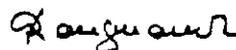
Membro da Banca
-convidada-

Dr^a Ruth Bomfim Gruenwald



Membro da Banca
-convidada-

Prof. Pierre Kaufmann



Membro da Banca
-convidado-

Dr. Christophe Kotanyi



Membro da Banca

Candidato: Luiz Claudio Lima Botti

São José dos Campos, 14 de maio de 1990

À Adélia, Claudio, Zenita e a Luiza

AGRADECIMENTOS

À doutora Zulema Abraham por sua orientação.

À Adélia Firmani Lima Botti pela ajuda e incentivo.

Aos funcionários do radioobservatório do Itapetinga e em especial a Rubens Hadano, Édson Luiz Bortolossi e Róbson Luiz Falsarella.

E aos amigos do CRAAE.

ABSTRACT

We have observed several quasars, BL Lac objects and others sources like Cen A, Sgr A at 22 GHz and 43 GHz for ten years. The principal goal of this work is the study of the temporal and spectral variability of this objects. We have applied the shock wave model (Marscher and Gear (1985)) and the canonical model (Van Der Laan, (1966); Pauliny-Toth, (1966); Jones, O'Dell and Stein (1974)). We have calculated the VLBI position of the knots, the magnetic field intensity and angular dimension of the sources. Simultaneous observations were made with Swedish-ESO Submillimetre telescope at 22, 43, 90 and 230 GHz and simultaneous spectra are showed.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS	xv
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Objetivo	1
1.2 - Variabilidade espectral e temporal de radiofontes	2
<u>CAPÍTULO 2 - MODELOS DA REGIÃO DE EMISSÃO RÁDIO DE QUASARES E NÚCLEOS ATIVOS DE GALÁXIAS</u> .	5
2.1 - Introdução	5
2.2 - Descrição geral dos modelos	5
2.3 - Onda de choque em um jato relativístico	16
<u>CAPÍTULO 3 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RADIO- TELESCÓPIO E TÉCNICAS OBSERVACIONAIS</u>	23
3.1 - Introdução	23
3.2 - Características gerais do radiotelescópio do Itapetinga	23
3.3 - Técnica utilizada	26
3.4 - Correção da absorção atmosférica	26
a - Método sem redoma	26
b - Método com redoma	28
3.5 - Aquisição de dados	31
3.6 - Determinação da densidade de fluxo dos planetas e fator de proporcionalidade entre a temperatura de antena e a densidade de fluxo .	32
3.7 - Determinação da eficiências de abertura e de feixe da antena	34

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS OBSERVACIONAIS OBTIDOS</u>	37
4.1 - Introdução	37
4.1.1 - Cálculo da escala de tempo de variabilidade, dos tamanhos angular e linear e da temperatura de brilhância das radiofontes ..	57
4.2 - Radiofontes pesquisadas	61
4.2.1 - 3C273	61
4.2.1.1 - Modelo canônico e de perda sincrotrônica .	68
4.2.1.2 - Aplicação do modelo de Marscher e Gear(1985) a 3C273	72
4.2.2 - 3C454.3	78
4.2.2.1 - Associação da variabilidade temporal com estruturas de VLBI	85
4.2.3 - Centaurus A	89
4.2.4 - 3C446	106
4.2.5 - 0735+178	113
4.2.6 - OV236	121
4.2.7 - Sgr A (Centro Galáctico)	125
4.2.8 - 0403-132, 0454-234, 0906+015, 1144-379, 2203-18, 2255-282, 2345-167, 2354-11	129
4.2.9 - Amostra restante	132
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO</u>	159
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165
APÊNDICE A - RESUMO DAS VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE 3C273, CEN A, SGR A E OV236	
APÊNDICE B - DENSIDADES DE FLUXO DAS RADIOFONTES	
APÊNDICE C - FONTES OBSERVADAS - TRABALHO CONJUNTO COM A FINLÂNDIA	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Representação esquemática de uma expansão relativística com velocidade v vista por um observador	11
2.2 - Representação esquemática da geometria de um jato relativístico	17
3.1 - Diagrama em blocos do receptor superheterodino	24
4.1 - Evolução temporal da região HII G298.2-0.3 utilizada como fonte calibradora na frequência de 22 GHz	41
4.2 - Evolução temporal do quasar 0403-132 na frequência de 22 GHz	42
4.3 - Evolução temporal do quasar 0454-234 na frequência de 22 GHz	43
4.4 - Evolução temporal do objeto BL Lac 0735+178 na frequência de 22 GHz	44
4.5 - Evolução temporal do quasar 0906+015 na frequência de 22 GHz	45
4.6 - Evolução temporal do quasar 1144-379 na frequência de 22 GHz	46
4.7 - Evolução temporal do quasar 3C273 na frequência de 22 GHz	47
4.8 - Evolução temporal da radiogaláxia Centaurus A nas frequências de 22 e 43 GHz	48
4.9 - Evolução temporal do Centro Galáctico nas frequências de 22 e 43 GHz	49
4.10 - Evolução temporal do quasar OV236 nas frequências de 22 e 43 GHz	50
4.11 - Evolução temporal do quasar 2203-18 na frequência de 22 de 22 GHz	51
4.12 - Evolução temporal do quasar 3C446 na frequência de 22 GHz	52

	<u>Pág.</u>
4.13 - Evolução temporal do quasar 3C454.3 na frequência de 22 GHz	53
4.14 - Evolução temporal do quasar 2255-282 na frequência de 22 GHz	54
4.15 - Evolução temporal do quasar 2345-167 na frequência de 22 GHz	55
4.16 - Evolução temporal do quasar 2354-11 na frequência de 22 GHz	56
4.17 - Comparação entre 90 GHz, 22 GHz e 24 GHz	63
4.18 - Comportamento de 3C273 em diversas frequências	64
4.19 - Comparação entre a banda V, 22 GHz e 43 GHz .	67
4.20 - Espectro de 3C273 em diferentes épocas	69
4.21 - Mapas de 3C273 em 10,7GHz	74
4.22 - Comparação entre 22 GHz e 24 GHz	81
4.23 - Comportamento de 3C454.3 em 4,8, 8,0, 14,5, 22,0 e 24 GHz	82
4.24 - Evolução temporal de 3C454.3 em óptica e 22 GHz	83
4.25 - Espectro de 3C454.3 em diferentes épocas	84
4.26 - Evolução morfológica do quasar 3C454.3 em 10,7 GHz	86
4.27 - Mapas em VLA de Centaurus A em 1,4 e 4,9 GHz.	90
4.28 - Jato de Centaurus A em 1,4 GHz, mostrando vários nós	91
4.29 - Mapa de Centaurus A em 22 GHz obtido no radiotelescópio do Itapetinga	93
4.30 - Comparação entre raios-X, 11 GHz, 22 GHz, 31 GHz e 43 GHz	96
4.31 - Espectro de Centaurus A em diferentes épocas.	99
4.32 - Variação do índice espectral entre 22 GHz e 43 GHz ao longo do tempo	100

	<u>Pág.</u>
4.33 - Observação de Centaurus A entre 13 a 16 de fevereiro de 1987 em 43 GHz	104
4.34 - Observação de Centaurus A entre 13 e 16 de fevereiro de 1987 em 22 GHz. Virgo A foi utilizada como fonte calibrador	105
4.35 - Comportamento de 3C446 ao longo do tempo em diversas frequências	109
4.36 - Comparação entre óptica e 22 GHz	110
4.37 - Evolução temporal de 3C446 em 22 GHz e 24 GHz obtida através de observações nos radioobservatórios do Itapetinga, Criméia, Metsahovi e Michigan	111
4.38 - Espectro de 3C446 em diferentes épocas	112
4.39 - Variabilidade temporal de 0735+178 em óptica, 4,8, 8,0, 14,5 e 15,5 GHz	115
4.40 - Evolução temporal de 0735+178 com dados obtidos nos radioobservatórios do Itapetinga, Criméia e Metsahovi na frequência de 22 GHz .	116
4.41 - Evolução temporal de 0735+178 em óptica	118
4.42 - Espectro de 0735+178 em diferentes épocas ...	119
4.43 - Espectro de $0735+178$ em diferentes épocas, entre 1 e 10^3 GHz com mais detalhes	120
4.44 - Evolução morfológica do quasar 0735+178 em 5 GHz	122
4.45 - Comportamento de 0V236 em 4,8, 8,0, 14,5, 22 e 43 GHz	125
4.46 - Espectro de 0V236 em diferentes épocas	126
4.47 - Evolução temporal do quasar 0906+015 em óptica e 22 GHz	131
4.48 - Espectros entre 10^8 e 10^{18} Hz de diversos blazares. Os quadrados são observações do Itapetinga e os triângulos são da literatura.	135
4.49 - Espectros entre 20 e 230 GHz de diversos blazares, obtidos através de observações simultâneas entre o Itapetinga e o SEST	145

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág</u>
4.1 - Coordenadas das radiofontes (1950)	38
4.2 - Parâmetros Físicos das Radiofontes	60
4.3 - Resultados dos modelos	72
4.4 - Índices espectrais obtidos de observações simultâneas entre o Itapetinga e o SEST	156

LISTA DE SÍMBOLOS

- a - Expoente que informa o quanto o campo magnético decresce com a frequência, adimensional.
- A_E - Área efetiva da antena, cm^2 .
- A_P - Área física, cm^2 .
- B - Campo magnético, gauss.
- B_0 - Campo magnético no início da expansão, gauss.
- C - Constante radiométrica, KV^{-1} .
- c - Velocidade da luz, cms^{-1} .
- E - Energia, erg.
- E_0 - Energia no início da expansão, erg.
- E_{SC} - Constante, adimensional.
- F_n - Forma ou resposta do feixe principal da antena, adimensional.
- H - Constante de Hubble, $\text{Kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$.
- h - Elevação da fonte, o.
- i - Subíndice correspondente a cada um dos 28 pontos utilizados na determinação da linha de base, adimensional.
- $i_{\alpha 0}$ - Parâmetro que depende do índice espectral, adimensional.
- j - Subíndice correspondente a cada uma das observações de 10 minutos, adimensional.
- k - Constante de Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23} \text{J/K}$.
- K - Parâmetro da distribuição de energia do elétron, cm^{-3} .
- $K'(E)$ - Fator de correção da temperatura da fonte, adimensional.
- k_0 - Fator de perdas ôhmicas, adimensional.
- k_d - Fator próximo à unidade, adimensional.

NCED	- Número de elétrons por unidade de volume, $\text{cm}^{-3} \text{erg}^{-1}$
Q	- Constante radiométrica, KV^{-1} .
R	- Distância do observador à explosão, cm.
r	- Distância entre o ponto S onde ocorreu a explosão e o ponto onde a explosão foi percebida, cm.
\dot{r}	- Taxa de expansão de uma nuvem esférica e uniforme, cms^{-1} .
R'	- Distância entre o ponto onde a explosão foi percebida e a região do esferóide mais próxima ao observador, cm.
R''	- Raio da antena, cm.
R*	- Dimensão perpendicular à linha de visada, cm.
r/r_0	- Raio relativo da fonte, adimensional.
r_0	- Raio da fonte no início da expansão, cm.
R_0	- Região do jato onde o plasma é injetado, cm.
R_1	- Dimensão da fonte na época 1, cm.
R_2	- Dimensão da fonte na época 2, cm.
R	- Raio efetivo da fonte, cm.
R_I	- Razão entre a intensidade de uma explosão em duas diferentes frequências, adimensional.
$R_{IA,S}$	- Razão entre as intensidades no modelo de Marscher e Brown (1975), adimensional.
R_{IC}	- Razão entre as intensidades máximas no modelo canônico, adimensional.
R_t	- Razão das diferenças de tempos de uma explosão em duas frequências distintas, adimensional.
$R_{tA,S}$	- Razão entre os tempos no modelo de Marscher e Brown(1975), adimensional.
R_{tC}	- Razão entre os tempos no modelo canônico, adimensional.

r_{VAR}	- Dimensão linear de uma componente, cm.
S	- Densidade de fluxo correspondente à fonte, Jy.
s	- Foco do esferóide, adimensional.
s	- Índice do espectro de energia dos elétrons relativísticos, adimensional.
S'	- Densidade de fluxo após a expansão, Jy.
S'_A	- Densidade de fluxo no "turnover" após a expansão, Jy.
S'_R	- Densidade de fluxo rádio após a expansão, Jy.
S'_x	- Densidade de fluxo após a expansão em raio-X, $ctgs^{-1}$.
S_0	- Densidade de fluxo no início da expansão, Jy.
S_0^A	- Densidade de fluxo no "turnover" no início da expansão, Jy.
S_0^R	- Densidade de fluxo no início da expansão, Jy.
S_0^x	- Densidade de fluxo no início da expansão, $ctgs^{-1}$.
S_M	- Densidade de fluxo máxima, Jy.
S_{22}^{MAX}	- Densidade de fluxo máxima em 22 GHz, Jy.
S_{43}^{MAX}	- Densidade de fluxo máxima em 43 GHz, Jy.
S^{MAX}	- Densidade de fluxo máxima da componente variável, Jy.
S_{22}^{MIN}	- Densidade de fluxo mínima em 22 GHz, Jy.
S_{43}^{MIN}	- Densidade de fluxo mínima em 43 GHz, Jy.
\bar{T}	- Temperatura de antena média, K.
T	- Tempo de duração do evento, s.
t	- Tempo de observação, s.
t'	- Tempo de emissão, s.

t'_0	- Tempo associado ao início da expansão, s.
t_0	- Tempo do início da explosão, s.
t_1	- Tempo correspondente à época 1, s.
t_2	- Tempo correspondente à época 2, s.
t_{22}	- Tempo relativo ao máximo na densidade de fluxo em 22 GHz.
t_{43}	- Tempo relativo ao máximo na densidade de fluxo em 43 GHz.
T_A	- Temperatura de antena de uma fonte pontual, K.
T_b	- Temperatura de brilhância da fonte, K.
T_{iJ}^B	- Valor da linha de base ajustada correspondente ao ponto i da observação j, K.
T_c	- Temperatura do céu, K.
T_{c0}	- Temperatura do céu fora da redoma, K.
T_F	- Temperatura de antena da fonte, K.
T_{F0}	- Temperatura de antena de uma fonte fora da atmosfera, K.
T_L	- Temperatura de uma carga, K.
T_{NT}	- Temperatura do tubo de ruído, K.
T_R	- Temperatura da redoma, K.
v	- Velocidade radial de uma concha esférica, cms^{-1} .
v_{\perp}	- Velocidade transversal, cms^{-1} .
$v_{\perp\text{max}}$	- Velocidade transversal máxima, cms^{-1} .
v/c	- Excentricidade do esferóide, adimensional.
V_0	- Zero da escala, representando uma voltagem arbitrária, V.
V_c	- Voltagem correspondente ao céu, V.
V_F	- Voltagem correspondente à fonte, V.

V_L	-	Voltagem da carga, V.
x	-	Expoente da relação entre a frequência do máximo e a distância do centro até o choque num jato, adimensional.
x'	-	Distância ao longo da linha de visada, cm.
x_{MAX}	-	Máxima região onde a densidade do plasma é constante, cm.
y	-	Expoente da relação entre a densidade de fluxo máxima e a frequência do máximo, adimensional.
z	-	Desvio para o vermelho, adimensional.
α	-	Índice espectral, adimensional.
α'	-	Razão entre a temperatura do céu e a temperatura ambiente, adimensional.
β	-	Velocidade de expansão da fonte, cms^{-1} .
β_s	-	Velocidade da onda de choque, cms^{-1} .
β'	-	Fator de proporcionalidade entre a temperatura de antena da fonte e seu fluxo, KJy^{-1} .
Γ	-	Fator de Lorentz, adimensional.
Γ_s	-	Fator de Lorentz para o choque, adimensional.
Γ_j	-	Fator de Lorentz para o jato, adimensional.
δ	-	Fator Doppler, adimensional.
ΔV_{NT+CEU}	-	Voltagem correspondente ao tubo de ruído e o céu, V.
ΔV_{CEU}	-	Voltagem correspondente ao céu, V.
ΔS_{43}	-	Diferença entre as densidades máxima e mínima em 43 GHz, Jy.
ΔS_{22}	-	Diferença entre as densidades máxima e mínima em 22 GHz, Jy.
ζ	-	Fator de proporcionalidade, adimensional.
η	-	Fator de transmissão da redoma, adimensional.
η_a	-	Eficiência de abertura, adimensional.

η_F	- Eficiência de feixe, adimensional.
θ	- Tamanho angular da fonte, ".
θ_0	- Tamanho angular no início da expansão, ".
θ'	- Ângulo entre a linha de visada e a direção do movimento de expansão, ".
θ	- Ângulo entre a linha de visada e a linha que passa no centro do cone relativístico, o.
θ_E	- Dimensão equatorial do planeta, ".
θ_P	- Dimensão polar do planeta, ".
θ_d	- Média entre tamanho polar e equatorial do planeta, ".
θ_{HP}	- Largura do feixe à meia potência, ".
ϕ_{HP}	- Largura do feixe à meia potência, ".
θ_A	- Largura do feixe à meia potência, ".
θ_{VAR}	- Dimensão angular de uma componente, ".
θ'_s	- Dimensão angular de uma fonte após a expansão, ".
θ^0	- Dimensão angular de uma componente no início da expansão, ".
θ_{ANG}	- Tamanho angular da fonte; ".
$e_{i\alpha}$	- Parâmetro que depende do índice espectral, adimensional.
κ	- Correção que leva em conta o tamanho do planeta em relação à largura do feixe à meia potência, adimensional.
λ	- Comprimento de onda, cm.
ν_M	- Frequência correspondente à densidade de fluxo máxima, GHz.
ν	- Frequência de observação, GHz.
ν_M^0	- Frequência correspondente à densidade de fluxo máxima, no início da expansão, GHz.
ν'_A	- Frequência de "turnover", GHz.

- ξ - Constante cujo valor é 9,92, $\frac{k}{v}$
 ρ - Razão de expansão, adimensional.
 τ_{VAR} - Escala de tempo de variabilidade de uma componente, s.
 σ - Ruído da linha de base, K.
 ϕ - Semi-ângulo de abertura de um jato relativístico, o.
 Ω - Ângulo sólido da fonte, sr.
 Ω_A - Ângulo sólido do feixe principal, sr.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o estudo de variabilidades na intensidade e nos espectros de radiofontes, utilizando o radiotelescópio do Itapetinga, operando nas frequências de 22 GHz e 43 GHz.

Observou-se uma série de objetos extragaláticos, como quasares, objetos BL Lacertae e radiogaláxias, além do Centro de Nossa Galáxia. Apesar das diferenças entre esses objetos (luminosidade intrínseca, distância), eles apresentam características em comum como mecanismos de produção da radiação e variabilidade. Portanto, seu estudo possibilita uma melhor compreensão dos processos físicos envolvidos.

Devido à grande quantidade de fontes estudadas, associado ao tempo de observação limitado, dividiu-se esse trabalho da seguinte forma:

- 1) Fontes intensas observadas em 22 e 43 GHz, com o objetivo de se estudar variabilidades na intensidade e no espectro.
- 2) Fontes mais fracas somente observadas em 22 GHz, com a mesma finalidade.
- 3) Fontes fracas observadas em 22 e 43 GHz, com o objetivo de se determinar seu espectro, e possível variabilidade do mesmo.

Neste capítulo descreve-se de uma maneira geral, as variabilidades encontradas nos quasares. Nos capítulos posteriores é feita uma revisão dos modelos que tentam explicar essas variabilidades (Capítulo 2), é discutida a técnica observacional utilizada (Capítulo 3), são apresentados os dados coletados e analisados durante o período da pesquisa (Capítulo 4) e finalmente é feita uma conclusão (Capítulo 5).

1.2 - VARIABILIDADES ESPECTRAL E TEMPORAL DE RADIOFONTES

As radiofontes extragaláticas compactas formam uma classe de objetos observacionalmente definidos, onde se incluem os quasares, os objetos BL Lacertae e as galáxias ativas. Tanto os objetos BL Lacertae quanto os quasares apresentam variabilidade em rádio, óptica e raios X. Na prática existe uma considerável ambiguidade quando se tenta descobrir em que categoria se encontra o objeto (Burbidge, 1986). Alguns BL Lacertae foram classificados originalmente como quasares, mas após terem ocorridos alguns eventos, suas linhas de emissão desapareceram ou tornaram-se extremamente fracas. Os núcleos dos objetos BL Lacertae mostram alto grau de polarização linear. Quando estudados com a técnica de VLBI, alguns objetos BL Lac e quasares contêm jatos. As galáxias ativas, classificadas como Seyferts, apresentam variabilidade óptica e rádio e linhas de emissão largas, características de movimento de gás ionizado com velocidades de vários milhares de quilômetros por segundo. Mudanças estruturais em suas componentes também são observadas, quando estas galáxias são estudadas através da técnica de VLBI.

Quando se observa em comprimentos de onda milimétricos, está-se estudando diretamente o engenho central. A maior parte da informação acerca dessas

radiofontes, precisa ser obtida do monitoramento da densidade de fluxo em diferentes frequências. Quanto maior for a frequência, mais internamente pode-se estudar o objeto, a variabilidade é maior e mais rápida e os eventos são menos afetados pela opacidade.

Desde 1963, quando Schmidt descobriu a natureza extragaláctica dos objetos quase-estelares (Schmidt, 1963), as pequenas dimensões e a alta brilhância observada tem dificultado a compreensão da natureza física desses objetos. Além disso, observações de VLBI mostram que algumas componentes dos quasares estão se separando com velocidades transversais aparentes superiores a da luz (Cohen et al., 1977).

O monitoramento das fontes rádio extragalácticas compactas, num intervalo grande de frequências tem mostrado que os espectros são planos ou decrescem com a frequência acima de 10 GHz (Hobbs e Dent, 1977 ; Dent e Balonek, 1980; Jones et al., 1981; Epstein et al., 1982; O'Dea et al., 1983; Barvainis e Predmore, 1984; Haddock, 1984; Rudnick et al., 1985; Aller et al., 1985; O'Dea et al., 1986; Bregman, 1986; Worrall et al., 1986; Landau et al., 1986; Gear et al., 1984, 1985, 1986; Brown et al., 1989). Como será visto no Capítulo 2 a emissão é interpretada como radiação sincrotrônica de elétrons relativísticos e a forma dos espectros indica que as fontes são, no mínimo, parcialmente transparentes nas mais altas frequências. A observação nesta região do espectro, permite uma determinação mais segura das características das partículas relativísticas na região emissora e uma visão mais interna da mesma.

A variabilidade na emissão rádio foi primeiramente notada por Dent (1965), observando em 8 GHz. Foi verificado posteriormente que esta variabilidade se

apresenta também em outras regiões do espectro. Em comprimentos de onda centimétricos, estudou-se um grande número de fontes, com alta resolução temporal e em diversas frequências (Seielstad e Berge, 1975; Altschuler e Wardle, 1975; Dent e Kapitzky, 1976; Andrew et al., 1978). Em comprimentos de onda milimétricos, tem-se medidas da variabilidade temporal de muitas fontes (Rudnick et al., 1978; Hobbs et al., 1978; Epstein et al., 1980; Barvainis e Predmore, 1984; Terasranta et al., 1987). Apesar de todos estes estudos, não se tem ainda uma clara idéia da correlação entre a variabilidade nas diversas faixas de frequências (Epstein et al., 1982; Barvainis, 1984).

As variações no fluxo são maiores e mais rápidas em frequências mais altas (Andrew et al., 1978; Barvainis e Predmore, 1984) e frequentemente há um deslocamento da frequência correspondente à densidade de fluxo máxima para a região de menores frequências (O'Dea et al., 1986). A variabilidade rápida é frequentemente encontrada em frequências altas, como por exemplo no monitoramento em 90 GHz feito por Epstein et al. (1982), quando em uma semana a densidade de fluxo variou cerca de 45%. Abaixo de 10-20 GHz, os efeitos de opacidade tendem a obscurecer as regiões ativas mais internas das fontes e nota-se variações muito menores na densidade de fluxo (Aller et al., 1981). Altschuler (1982), não encontrou variabilidade significativa em 2,4 GHz, apesar de sua amostra ser objetos BL Lacertae, supostamente os mais variáveis, o que confirma o que foi dito acima.

No Apêndice A, faz-se uma revisão mais detalhada da variabilidade de algumas fontes estudadas para este trabalho.

CAPÍTULO 2

MODELOS DA REGIÃO DE EMISSÃO RÁDIO DE QUASARES E NÚCLEOS ATIVOS DE GALÁXIAS

2.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se de forma sucinta, uma série de modelos que tentam explicar a variabilidade dos objetos compactos. Detém-se no modelo de onda de choque em um jato relativístico, desenvolvido por Marscher e Gear (1985), que será posteriormente aplicado às observações.

2.2 - DESCRIÇÃO GERAL DOS MODELOS

Sligh (1963) foi um dos primeiros a tentar explicar o espectro dos objetos quase-estelares, baseando-se na reabsorção sincrotrônica e calculou suas dimensões angulares, a partir da frequência do máximo de emissão, da densidade de fluxo e do índice espectral. Concluiu que a dependência do campo magnético é pequena.

Shklovsky (1965), já pensava em nuvens magnetizadas de partículas relativísticas, movendo-se com velocidades próximas a da luz. Elas eram ejetadas de regiões espacialmente pequenas e inicialmente opticamente espessas, tornando-se opticamente finas à medida que se expandiam adiabaticamente. A densidade de fluxo aumentava com a frequência, no estágio inicial, opticamente espesso e nos estágios posteriores de expansão, opticamente finos, decrescia com a frequência. Ao longo do tempo as nuvens se expandiam, o campo magnético decrescia e a potência da emissão rádio diminuía. Shklovsky (1960) havia primeiro proposto este modelo para explicar o comportamento do fluxo de remanescentes de supernova, adaptando-o mais tarde para

explicar a variabilidade observada em fontes compactas (Shklovsky, 1965). Os modelos desenvolvidos por van der Laan (1966), Pauliny-Toth e Kellermann (1966, 1968) e Kellerman e Pauliny-Toth (1967), são similares a este. De uma forma geral esses modelos consideram uma nuvem esférica e uniforme de raio r , que se expande numa taxa \dot{r} . Os elétrons que estão no seu interior tem uma distribuição isotrópica de velocidades e uma distribuição de energia dada por:

$$N(E) dE \propto E^{-s} dE \quad (2.1)$$

onde s é o índice do espectro de energia dos elétrons relativísticos, sendo que os elétrons estão confinados numa faixa de energia $E_1(t) \leq E \leq E_2(t)$.

Nestes modelos a densidade de fluxo para a região opticamente espessa do espectro ($\nu \ll \nu_m$) é dada por:

$$S(\nu) \propto B^{-1/2} \theta^2 \nu^{5/2} \quad (2.2)$$

Para a região opticamente fina do espectro ($\nu \gg \nu_m$) tem-se:

$$S(\nu) \propto B^{(s+1)/2} \theta^3 \nu^{-(\beta-1)/2} \quad (2.3)$$

onde B é o campo magnético, θ é o tamanho angular da fonte e ν é a frequência de observação.

A frequência correspondente à densidade de fluxo máxima é dada por:

$$\nu_M \propto B^{1/5} S_M^{2/5} \theta^{-4/5} \quad (2.4)$$

A dependência do campo magnético, da energia e do tamanho angular com o raio relativo da fonte r/r_0 , considerando-se a conservação do campo magnético e o esfriamento adiabático do gás relativístico, é dada pelas seguintes relações:

$$B = B_0 \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-2} \quad (2.5)$$

$$E = E_0 \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-1} \quad (2.6)$$

$$\theta = \theta_0 \left(\frac{r}{r_0} \right) \quad (2.7)$$

onde r_0 , B_0 , E_0 e θ_0 são o raio, o campo magnético, a energia e a dimensão angular da fonte no início da expansão.

Das Equações 2.2, 2.3, 2.5, 2.6 e 2.7, obtém-se a dependência da densidade de fluxo com o raio r na fonte e o tempo, para as regiões opticamente finas e espessas do espectro:

$$S(\nu, \frac{r}{r_0}) = S_0(\nu) \left(\frac{r}{r_0} \right)^3 \quad (\nu \ll \nu_M) \quad (2.8)$$

$$S(t) = S_0(t) \left(\frac{t}{t_0} \right)^3 \quad (\nu \ll \nu_M) \quad (2.9)$$

$$S(\nu, \frac{r}{r_0}) = S_0(\nu) \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-2s} \quad (\nu \gg \nu_M) \quad (2.10)$$

$$S(t) = S_0(t) \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-2s} \quad (\nu \gg \nu_M) \quad (2.11)$$

onde S_0 e t_0 são a densidade de fluxo no início da expansão e o tempo correspondente a este início.

À medida que a região se expande, a densidade de fluxo máxima e a frequência correspondente à densidade de fluxo máxima diminuem, como pode ser visto nas equações abaixo:

$$\nu_M \left(\frac{r}{r_0} \right) = \nu_{M0} \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-(4s+6)/(s+4)} \quad (2.12)$$

$$S_M \left(\frac{r}{r_0} \right) = S_{M0} \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-(7s+3)/(s+4)} \quad (2.13)$$

Inicialmente houve um bom acordo das observações com o modelo, quando a fonte 3C 120 foi observada (Pauliny-Toth e Kellermann, 1968) e devido a isto, foi largamente aceito. À medida que outras fontes foram observadas em períodos posteriores, surgiu uma certa discrepância entre os dados e o modelo que não conseguia explicar em algumas fontes certas características como por exemplo: a) tempo de subida do evento pode ser maior do que o tempo de descida deste, b) o fluxo não pode atingir seu valor máximo nas frequências altas antes de atingir o seu valor máximo nas frequências baixas e c) o espectro pode ser plano abaixo da frequência de máximo, contrariando a previsão do modelo canônico de um índice espectral de -2,5. Por este motivo surgiram os modelos de Peterson e Dent (1973), Condon e Dressel (1973), Pacini e Salvati (1974), Peterson e King III (1975), de Bruyn (1976), Marscher (1977), Spangler (1980) que modificaram as considerações básicas assumidas anteriormente, considerando agora injeção contínua de partículas e inhomogeneidade espacial. Em consequência disso houve uma maior consistência dos

resultados dos modelos com as observações. Também surgiram modelos tais como o Blandford e Königl (1979), Königl (1981), que assumiram a emissão rádio se originando em um jato relativístico e que as variabilidades temporal e espacial sejam atribuídas ao movimento de inomogeneidades nos jatos (nós). Outros modelos surgiram considerando a reaceleração por ondas de choque das partículas esfriadas adiabaticamente, como por exemplo o de Pacholczyk e Scott (1976a).

Jones et al., (1974) desenvolveram o modelo canônico, com o objetivo de determinar o campo magnético e a dimensão angular de uma fonte não térmica. Este modelo combina informações de polarização, profundidade óptica na região de auto-absorção do espectro e espalhamento compton. No Capítulo 4 ele será aplicado a Cen A, com o objetivo de explicar a variabilidade encontrada nesta fonte em rádio e raios X, possibilitando calcular seu campo magnético e sua dimensão angular.

Os modelos que levam em conta expansão não relativística, somente podem explicar razoavelmente o comportamento de alguns quasares e núcleos ativos com variações em períodos da ordem de anos. Quando a variabilidade é rápida, tem-se de considerar expansão relativística. Isto elimina problemas associados à altas temperaturas de brilhância na fonte, pois variabilidade rápida implica dimensões pequenas e conseqüentemente temperaturas de brilhância altas. Se a temperatura de brilhância for maior que o limite 10^{11} - 10^{12} K imposto pelo esfriamento compton inverso, os elétrons relativísticos perderão rapidamente sua energia devido à choques com fótons e apresentarão um espectro diferente do observado (Pacholczyk, 1979). Por esta razão, Rees (1967a) sugeriu que a fonte estivesse se expandindo com velocidade próxima a da luz. De acordo com este modelo, considera-se uma

concha esférica no referencial da fonte, cuja superfície se expande com velocidade radial v a partir de um raio inicial $r=0$. As variações rádio que ocorrem são devido à mudanças no seu diâmetro aparente e não em sua brilhância superficial. Se o contorno da fonte se expande com velocidade próxima a da luz, a taxa de aumento de seu tamanho angular e luminosidade pode ser extremamente alta. Do ponto de vista do observador, o que é visto é um esferóide com foco no ponto S , com eixo entre S e o observador e excentricidade v/c (Figura 2.1), pois a fonte se expande com velocidade próxima a da luz. Considera-se que a explosão ocorre no tempo t'_0 e no tempo $t=0$, o sinal foi percebido pelo observador. Desta forma tem-se:

$$t'_0 = - \frac{R}{c} \quad (2.14)$$

onde R é a distância do observador à explosão.

Da Figura 2.1, tem-se:

$$R' \sim R - r \cos \theta' \quad (2.15)$$

Tem-se então:

$$t' = t - \frac{R}{c} \sim t - \frac{R}{c} + \frac{r}{c} (\cos \theta') \quad (2.16)$$

onde t' é o tempo de emissão, t é o tempo de observação e θ' é o ângulo entre a linha de visada e a direção do movimento de expansão.

Tem-se também:

$$t' = t'_0 + \frac{r}{v} \quad (2.17)$$

Combinando 2.16 e 2.17 obtém-se a equação do esferóide:

$$r = \frac{vt}{\left(1 - \frac{v}{c} \cos \theta'\right)} \quad (2.18)$$

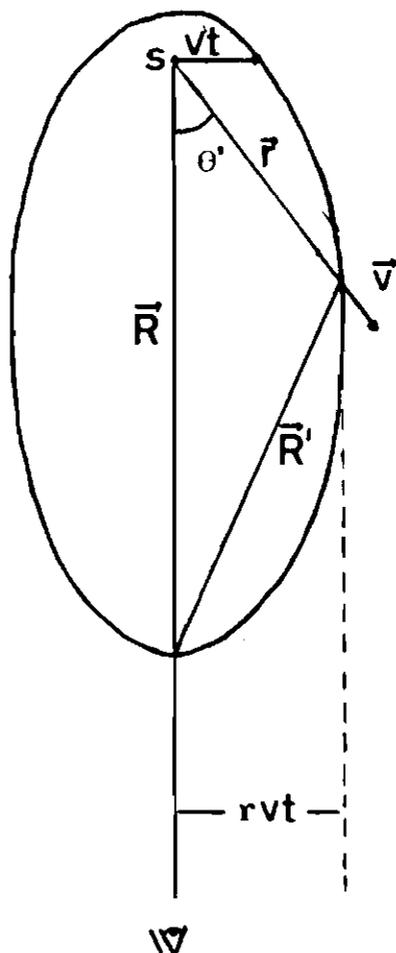


Fig. 2.1 - Representação esquemática de uma expansão relativística com velocidade v vista por um observador.

FONTE: Rees (1967a), p. 347

Se $v \ll c$ esta superfície é uma esfera de raio vt . Se $v \sim c$, a distância em que uma partícula com velocidade v parece ter se movido em um tempo t , depende da sua direção de movimento, do fator Doppler e do fator de Lorentz δ :

$$r = \Gamma \delta vt \quad (2.19)$$

onde

$$\delta = \frac{1}{(1 - (\frac{v}{c}) \cos \theta') \Gamma} \text{ é o fator Doppler.}$$

As partículas que possuem velocidades transversais maiores são aquelas com $\theta' = \cos^{-1}(v/c)$, sendo dadas por:

$$v_{\perp} = \Gamma v \quad (2.20)$$

onde

$$\Gamma = \left[1 - \frac{v^2}{c^2} \right]^{-1/2} \text{ é o fator de Lorentz.}$$

Quando $v \sim c$, $v_{\perp} \gg c$, pois $v_{\perp \text{MAX}} = \Gamma c$.

Neste modelo existem três fases de evolução de uma fonte. Na primeira fase a auto-absorção é importante, o campo magnético é forte e a fonte tem dimensões pequenas, sendo os elétrons relativísticos orientados por este campo. Na segunda fase, a fonte se torna transparente na região externa, enquanto a auto-absorção continua sendo importante nas outras partes. Na terceira fase, a auto absorção é desprezível em toda a

fonte. Este modelo explica o comportamento de radiofontes nas quais ocorre um rápido aumento na densidade de fluxo e uma queda suave. A amplitude da variação da densidade de fluxo depende do fator de Lorentz e à medida que o tempo flui, o perfil espectral, mantendo suas características, se desloca para frequências mais baixas. As três fases são dadas pelas seguintes equações:

$$S_1 \propto t^3 \quad (2.21)$$

$$S_2 \propto t^{-2(5+\alpha)/(5+6\alpha)} \quad (\alpha \geq 0) \quad (2.22)$$

$$S_2 \propto t^{-2(2\alpha+1)} \quad (\alpha \leq 0) \quad (2.23)$$

$$S_3 \propto t^{-2(2\alpha+1)} \quad (2.24)$$

onde α é o índice espectral ($S \propto \nu^\alpha$).

Neste modelo o perfil espectral também se desloca para frequências menores, como no modelo canônico, à medida que o tempo passa.

No modelo de Terrell (1977), que é semelhante ao de Rees (1967ab), considera-se também um esferóide como em Rees (1967a) e somente as partes opticamente espessas são observadas, sendo que a emissão da parte opticamente fina não é considerada, ao contrário do modelo de Rees (1967ab) onde se considera também esta região. O modelo de Terrell (1977) demonstra que a fonte não precisa se expandir relativisticamente para explicar a variabilidade rápida, ao contrário do modelo de Rees (1967ab). Terrell (1977) subdivide a expansão de uma fonte em quatro fases. A primeira corresponde ao início da expansão onde a parte

mais próxima ao observador, na superfície do esferóide, torna-se transparente no centro. Na segunda fase, a parte frontal do esferóide torna-se opticamente fina e não é considerada. A luminosidade provém da parte posterior da fonte e o raio aparente desta expande-se segundo a Equação 2.18. Na terceira fase ocorre o decréscimo da velocidade de expansão e a superfície emissora tem um raio máximo R . Na quarta fase a superfície emissora desaparece. Entre a segunda fase e a quarta o raio aparente da fonte é dado pela equação de um círculo de raio R :

$$r = R \left[1 - \left(\frac{1}{\beta} - \frac{ct}{R} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.25)$$

onde $\beta = \frac{v}{c}$ é a velocidade de expansão da fonte.

Neste modelo a duração de um evento é limitada pelo raio efetivo R_{EF} da fonte:

$$T_{EF} \sim R_{EF} \left(\frac{1+z}{c} \right) \quad (2.26)$$

onde T_{EF} é a duração do evento.

Pode-se notar da Equação 2.26 que a duração do evento somente depende do tamanho da fonte, não importando que a superfície se expanda relativisticamente. Mas segundo Rees (1967a) a duração do evento depende do fator de Lorentz e conseqüentemente quanto mais relativística for a fonte, eventos mais impulsivos serão observados.

Jones e Tobin (1977) mostraram que modelos de fontes esféricas expandindo-se adiabaticamente, nas quais se considera a contribuição do volume inteiro da fonte são ineficientes para produzir variações de fluxo superluminais, devido ao fato que no centro das fontes as velocidades de expansão são relativamente baixas. Isto sugere que conchas seriam as estruturas mais efetivas na produção de efeitos superluminais, pois está-se considerando grandes raios nos quais as velocidades envolvidas são altas. Essas estruturas são produzidas naturalmente por ondas de choque ultrarelativísticas. Estes modelos interpretam variações superluminais na estrutura das fontes, como devido à explosões relativísticas que se propagam através de distribuições de gás tipo disco, que se localizam nas regiões mais internas dos núcleos dos quasares. As ondas de choque relativísticas aceleram eficientemente os elétrons à energias altas e ultrarelativísticas.

Marscher (1978) desenvolveu o modelo "signal-screen", no qual uma onda eletromagnética de certa energia atinge um anel de gás, que possui certa espessura e raio. Desta interação surge uma onda que se expande relativisticamente, acelerando partículas na frente de choque. Neste modelo se produz uma súbita geração de elétrons relativísticos e/ou amplificação do campo magnético. A onda eletromagnética de baixa frequência acelera os elétrons à energias relativísticas e se propaga esfericamente de uma região central, com velocidade próxima a da luz. Somente em grandes raios ocorre a colisão entre a onda e o anel de gás que envolve esta região. Tanto a aceleração dos elétrons, quanto a amplificação do campo magnético, ocorrem neste ponto. Em consequência, a emissão sincrotrônica resultante, é observada como uma explosão na densidade de fluxo. Depois da onda deixar o anel de gás este se expande e se esfria, adiabaticamente ou através de

perdas sincrotrônicas e compton. Neste estágio, o fluxo decresce em todas as frequências e se as perdas radiativas são importantes, espera-se um declínio mais rápido no fluxo em frequências mais altas.

A descoberta dos jatos (Cohen et al., 1977) tem mudado os rumos dos modelos. Jato é uma região débil e colimada que parece emanar do núcleo e terminar em uma região de emissão extensa, através do qual massa, momentum, energia e fluxo magnético são transportados do núcleo para as componentes mais externas. Suas dimensões variam de poucos parsecs a Mpc. A maior parte da emissão rádio observada dos jatos vem da radiação sincrotrônica incoerente de elétrons relativísticos. O espectro sincrotrônico e compton de um jato relativístico foi calculado por Blandford e Königl (1979), Königl (1980), Marscher (1980b) e Marscher e Gear (1985).

2.3 - ONDA DE CHOQUE EM UM JATO RELATIVÍSTICO

Nesta seção é descrito o modelo de Marscher e Gear (1985), que é um dos mais recentes modelos a tratar explosões de rádio em altas frequências. Este modelo reproduz de uma maneira mais natural as propriedades primárias das explosões, considerando choques num jato relativístico.

Considera-se neste modelo um jato cônico, com ângulo de abertura 2ϕ constante e elétrons relativísticos e campo magnético injetados num ponto que está a uma distância axial R_0 do vértice do cone. Este vértice não coincide necessariamente com a fonte de energia central. O eixo do cone forma um ângulo θ com a linha de visada. Considera-se $\theta \gg \phi$. A Figura 2.2 é uma representação esquemática da geometria de um jato relativístico.

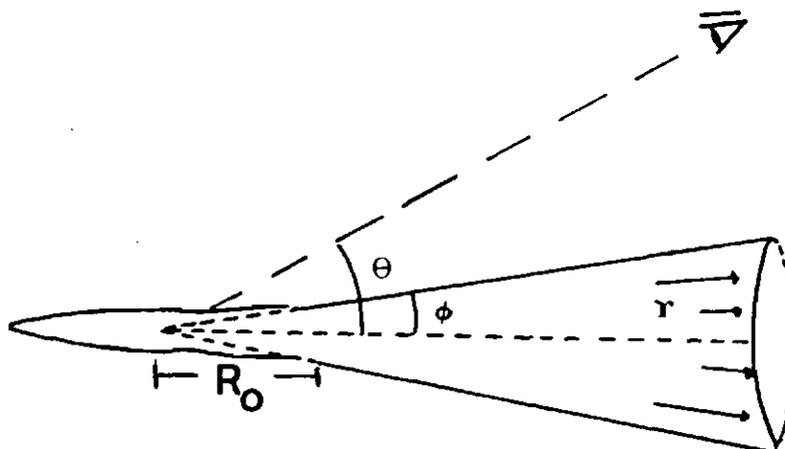


Fig. 2.2 - Representação esquemática da geometria de um jato relativístico.

FONTE: Marscher e Gear (1985), p. 117.

O plasma injetado em R_0 flui estavelmente com uma velocidade relativística, caracterizada por um fator de Lorentz Γ_j constante, sendo o fluxo no jato adiabático. Assume-se neste modelo que o fator Doppler δ é constante.

Considera-se que a distribuição de energia dos elétrons é dada por:

$$N(E) = K E^{-s} \quad (2.27)$$

onde s é o índice do espectro de energia dos elétrons relativísticos, $s = 1 - 2\alpha$ ($S \propto \nu^\alpha$), α é o índice espectral, K é um parâmetro da distribuição de energia do elétron variando com a distância R^* ao vértice do cone.

A intensidade do campo magnético é dada por:

$$B \propto R^{*-a} \quad (2.28)$$

Para se tentar explicar a variabilidade observada no espectro do jato, Marscher e Gear (1985) estudaram a formação de ondas de choque, por perturbações na pressão em algum ponto do mesmo. Durante a evolução da onda de choque o volume emissor se expande. Os elétrons relativísticos sofrem primeiramente perdas compton e depois perdas sincrotrônicas, à medida que o evento se desenvolve. Durante o último estágio, adiabático, perdas radiativas não terão importância.

Assume-se que a densidade do plasma na região do choque é constante até uma distância, x_{MAX} , atrás da frente de choque e além dela cai a zero. Durante a viagem dos elétrons de alta energia na região $x \leq x_{MAX}$, estes perderão grande quantidade de energia, através de perdas sincrotrônicas e compton.

Da teoria sincrotrônica (Pacholczyk, 1979), na região opticamente fina, tem-se a densidade de fluxo, a frequência correspondente à densidade de fluxo máxima e a densidade de fluxo máxima:

$$S_{\nu} \propto K B^{(s+1)/2} R^{*2} x' \delta^{(s+3)/2} \nu^{-(s-1)/2} \quad (2.29)$$

onde S_{ν} é a densidade de fluxo na região opticamente fina, R^{*} é a dimensão perpendicular à linha de visada, x' é uma distância ao longo da linha de visada, e K é o parâmetro da distribuição de energia do elétron,

$$\nu_M \propto \left[K B^{(s+2)/2} x' \delta^{(s+2)/2} \right]^{2/(s+4)} \quad (2.30)$$

onde ν_M é a frequência do máximo de emissão.

$$S_M \propto \left[K^5 B^{(2s+3)} x'^5 \delta^{(3s+7)} \right]^{1/(s+4)} R^{*2} \quad (2.31)$$

onde S_M é a densidade de fluxo máxima.

Considerando-se as Equações 2.28, 2.29, 2.30, 2.31 e o parâmetro K (Equação 2.27) da distribuição de energia do elétron, que numa distância R do vértex do cone (Figura 2.2), tem a seguinte forma:

$$K \propto R^{*-2(s+2)/3} \quad (2.32)$$

Tem-se para a densidade de fluxo opticamente fina, frequência de "turnover" e densidade de fluxo máxima na região do choque:

$$S_\nu \propto R^{*-[4(s-1) + 3a(s-2)]/6} \nu^{-s/2} \quad (2.33)$$

$$\nu_M \propto R^{*-[4(s-2) + 3a(s-1)]/[3(s+5)]} \quad (2.34)$$

$$S_M \propto \nu_M [(2s-5)(2+3a)]/[4(s+2)+3a(s-1)] \quad (2.35)$$

No estágio compton, tem-se:

$$S_{\nu} \propto R^* [(11-s)-a(s+1)] / 8 \nu^{-s/2} \quad (2.36)$$

$$\nu_M \propto R^{*(a+1)/4} \quad (2.37)$$

$$S_M \propto \nu_M^{-(11-a)/(2(a+1))} \quad (2.38)$$

No estágio inicial (estágio compton), quando as perdas compton são relevantes, a densidade de fluxo aumenta em todas as frequências e há uma pequena mudança na frequência correspondente ao máximo de emissão. No estágio dominado pela perdas sincrotrônicas, a densidade de fluxo pode permanecer constante, aumentar ou cair lentamente com o tempo, dependendo do valor do índice de energia dos elétrons relativísticos, s . Surge depois o estágio adiabático, que existe devido a que o tempo de vida radiativo dos elétrons é maior do que aquele necessário para o elétron cruzar o choque.

Neste último estágio tem-se, para $x = x_{MAX}$

$$S_{\nu} \propto R^* \nu^{-7a(s-1)/6} \nu^{-(s-1)/2} \quad (2.39)$$

$$\nu_M \propto R^{*a(7s+8)/[3(s+4)]} \quad (2.40)$$

$$S_M \propto \nu_M^{10a(s-1)/(7s+8)} \quad (2.41)$$

Pode-se inferir as distâncias da origem à região onde houve o choque, em épocas distintas, utilizando-se de:

$$R_2 - R_1 = \beta_s c (t_2 - t_1) (1+z)^{-1} (1 - \beta_s \cos \theta)^{-1} \quad (2.42)$$

ou

$$R_2 - R_1 \sim \Gamma_s \delta_s c (t_2 - t_1) (1+z)^{-1} \quad (2.43)$$

onde Γ_s e δ_s são os fatores de Lorentz e Doppler do choque, t_2 e t_1 são os tempos correspondentes às épocas 2 e 1, respectivamente e β_s é a velocidade de expansão do choque.

Este modelo explica razoavelmente o comportamento de certas fontes compactas e será aplicado para algumas fontes desta tese.

CAPÍTULO 3.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RADIOTELESCÓPIO E TÉCNICAS OBSERVACIONAIS

3.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as características observacionais do radiotelescópio, a técnica utilizada nas observações, a calibração, a aquisição de dados, a determinação da densidade de fluxo dos planetas e as equações da eficiência de abertura e de feixe.

3.2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RADIOTELESCÓPIO DO ITAPETINGA

O radiotelescópio do Itapetinga possui uma superfície parabólica refletora de 13,7 m de diâmetro, constituída de 72 painéis de alumínio repuchado sobre moldes de precisão, sendo que 24 constituem o anel interno de 5,3 m de diâmetro e os 48 restantes são externos. A montagem é alt-azimutal, com foco Cassegrain.

O refletor secundário de 1,10 m de diâmetro, é suportado por um quadripé preso à estrutura traseira, independente daquela que suporta o refletor principal. Toda essa estrutura bloqueia cerca de 2,5 % da abertura. O rastreo é feito pelo computador HP 2114.

O radiotelescópio se encontra no interior de uma redoma com cerca de 22 m de diâmetro, constituída de 620 painéis triangulares dispostos de uma forma assimétrica numa geometria aleatória. A membrana utilizada denomina-se Esscolam V, à base de Tedlar, com espessura de 0,75 mm. Esta redoma reduz o desgaste dos componentes da antena e

facilita a estabilidade de apontamento, evitando deformações devido à variações de temperatura, sendo sua superfície repelente à água.

Utilizou-se uma corneta retangular, que deteta a componente vertical da polarização, para cada frequência de observação (22 e 43 GHz).

O método da potência total foi utilizado na observação, isto é, mediu-se a potência total de ruído da fonte e do receptor, que possui amplificadores cuja resposta é linear. A banda total utilizada foi de 1 GHz, sendo o receptor de banda lateral dupla e temperatura de sistema em torno de 700 K.

Na Figura 3.1 tem-se o diagrama em blocos do receptor "total power" utilizado nas observações do contínuo.

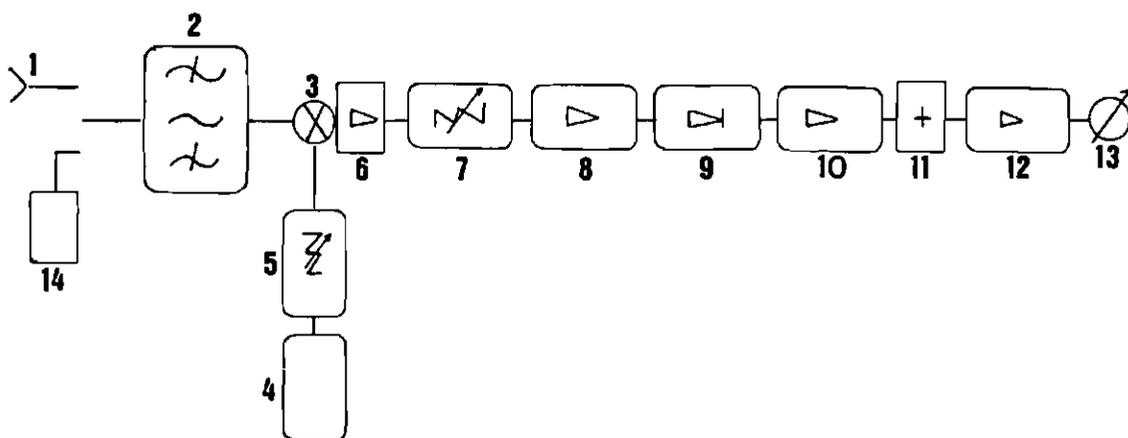


Fig. 3.1 - Diagrama em blocos do receptor superheterodino.

O primeiro estágio na detecção do sinal é um dispositivo de microondas projetado especificamente para a parábola e para a frequência em estudo, que irá coletar a energia refletida por esta, sendo constituído de um guia-de-onda que tem forma de uma pirâmide - a corneta (1). Após a corneta tem-se o amplificador de rádio-frequência (2) que possui baixo ganho e que amplifica aproximadamente 10 vezes o sinal. Outro elemento importante é o misturador (3). Este fará o produto entre o sinal de rádio-frequência com o do oscilador local (4). O resultado desse produto é uma frequência intermediária mais baixa. Entre o oscilador local e o misturador tem-se um atenuador (5). O pré-amplificador (6) acoplado ao misturador tem um ganho de 30 dB. Normalmente o pré-amplificador e o misturador de frequências ficam em uma mesma caixa para se evitar perdas de sinal. O oscilador local gera um sinal com potência entre 1 e 100 mW. O tipo de oscilador usado é o diodo Gunn. Após o estágio misturador-pré-amplificador existe um atenuador (7) que isola o amplificador de FI (8) do pré-amplificador (6), tendo como função principal acertar a faixa de trabalho do detetor quadrático. O amplificador (8) tendo um ganho de 60 dB também fornece um nível de sinal adequado para o detetor quadrático (9). No estágio 9 o sinal está devidamente amplificado no nível de volts, podendo ser medida a sua potência. Após este estágio tem-se um amplificador (10) de 40 dB de ganho, de baixo nível de ruído, com banda passante de alguns KHz. Subtrai-se no estágio seguinte (11) a voltagem correspondente ao sistema e aumenta-se o ganho de 40 dB (12) obtendo-se a voltagem correspondente ao sinal da fonte, onde pode ser integrado, através de um filtro passa-baixo, cujo efeito pode ser obtido por um integrador com constante de tempo de aproximadamente 50 ms. O estágio 13 corresponde ao sistema de aquisição de dados. O sinal de referência (14) tanto pode ser uma carga ("load") à temperatura ambiente, quanto

um tubo de ruído ou uma fonte de ruído de temperatura conhecida, sendo por exemplo $T_{NT} \sim 109$ K em 22 GHz e $T_{NS} \sim 14$ K em 43 GHz.

3.3 - TECNICA UTILIZADA

Foi utilizado para a observação o método das varreduras repetidas ("scan") em azimute e passando por três pontos, onde o feixe da antena varre o céu passando pela fonte no centro da varredura. A duração de cada varredura é de 20 segundos. Para cada observação foram realizadas 30 varreduras de 20 segundos cada, totalizando 10 minutos. O tempo escolhido de 20 segundos está associado ao fato de que varreduras rápidas são menos afetadas por efeitos de instabilidade atmosférica. De uma maneira geral as fontes pontuais foram rastreadas em azimute ou elevação constante, com 60' de amplitude em 22 GHz e 30' em 43 GHz, possibilitando verificar o apontamento da antena. Para fontes extensas com relação à dimensão do feixe, utilizou-se a técnica de varredura passando por 3 pontos, na direção de menor extensão da fonte, para se conseguir uma boa determinação da linha de base. A largura do feixe à meia potência em 22 GHz é de aproximadamente 4,1' e em 43 GHz de aproximadamente 2,1'. As fontes estudadas neste trabalho são pontuais ou muito pequenas em relação à largura do feixe, nessas frequências.

3.4 - CORREÇÃO DA ABSORÇÃO ATMOSFERICA

a) Método sem redoma

Será descrito um método de correção da absorção atmosférica utilizando uma carga à temperatura ambiente (Penzias e Burrus, 1973), considerando o caso em que a temperatura do céu é próxima à temperatura ambiente,

na ausência de redoma. A temperatura de ruído do céu em diversas elevações é dada por:

$$T_C(E) = T_{CO} \left[1 - e^{-\tau \operatorname{cosec} E} \right] = \zeta(V_C + V_0) \quad (3.1)$$

onde $T_C(E)$ é a temperatura do céu em diversas elevações, T_{CO} é a temperatura do céu fora da redoma, τ é a profundidade óptica, E é a elevação da fonte, ζ é o fator de proporcionalidade, V_C é a voltagem correspondente ao céu, V_0 define o zero da escala de temperatura e representa a voltagem arbitrária, que é ajustada para compensar aproximadamente a voltagem induzida pela temperatura do sistema.

A temperatura de uma carga de referência é dada por:

$$T_L = \zeta(V_L + V_0) \quad (3.2)$$

onde V_L é a voltagem correspondente à carga.

Pode-se relacionar a temperatura de antena de uma fonte fora da atmosfera T_{FO} com a temperatura medida T_F :

$$T_{FO} = T_F(E) e^{\tau \operatorname{cosec} E} \quad (3.3)$$

A temperatura de antena da fonte está relacionada com a voltagem por:

$$T_F = \zeta \left[V_F(E) + V_C(E) + V_0 \right] - \zeta \left[V_C(E) + V_0 \right] = \zeta V_F(E) \quad (3.4)$$

Combinando as Equações 3.3 e 3.4 tem-se:

$$T_{FO} = \zeta V_F(E) e^{\tau \operatorname{cosec} E} \quad (3.5)$$

Das Equações 3.1 e 3.2 obtém-se:

$$T_L - T_C(E) = T_L e^{-\tau \operatorname{cosec} E} = \zeta [V_L - V_C(E)] \quad (3.6)$$

Utilizando a Equação 3.5 e substituindo da Equação 3.6 em 3.5 resulta:

$$T_{FO} = \left[\frac{T_L}{[V_L - V_C(E)]} \right] V_F(E) = Q(E) V_F(E) \quad (3.7)$$

Neste caso para se conhecer o valor da temperatura da fonte não é necessário saber o valor da absorção atmosférica.

b) Método com Redoma

Devido ao fato da antena estar localizada no interior de uma redoma, cujo fator de transmissão é η e ser demorado a determinação da profundidade óptica para diversas elevações, desenvolveu-se um algoritmo que permite corrigir as observações sem medir a absorção atmosférica (Abraham et al., 1986).

Neste caso deve-se obter medidas de um tubo de ruído cujo valor não depende da elevação, além da carga

à temperatura ambiente, para se ter a determinação precisa da temperatura de antena da fonte.

A temperatura de um tubo de ruído é dada por:

$$T_{NT} = C \left(\Delta V_{NT+CÉU} - \Delta V_{CÉU} \right) \quad (3.8)$$

onde $\Delta V_{NT+CÉU}$ é a voltagem do tubo de ruído e céu, $\Delta V_{CÉU}$ é a contribuição do céu.

No caso da antena estar no interior de uma redoma, a temperatura de antena de uma fonte fora da atmosfera T_{FO} se relacionará à temperatura de antena por:

$$T_F = \eta T_{FO} e^{-\tau \operatorname{cosec} E} = C (\Delta V_{F+CÉU} - \Delta V_{CÉU}) \quad (3.9)$$

onde $\Delta V_{F+CÉU}$ é a contribuição de uma fonte pontual e o céu em torno, $\Delta V_{CÉU}$ é a contribuição do céu e C a constante radiométrica.

Da Equação 3.9 tem-se:

$$T_{FO} = \left(\frac{C}{\eta} \right) (\Delta V_{F+CÉU} - \Delta V_{CÉU}) e^{\tau \operatorname{cosec} E} \quad (3.10)$$

$$T_{FO} = K'(E) C (\Delta V_{F+CÉU} - \Delta V_{CÉU}) \quad (3.11)$$

onde

$$K'(E) = e^{\tau \operatorname{cosec} E / \eta} \quad (3.12)$$

Das equações anteriores pode-se obter:

$$K'(E) = \frac{\alpha'}{\eta} \left[\frac{1}{\left[(\alpha' - 1) + \left[\frac{C}{Q(E)} \right] \right]} \right] \quad (3.13)$$

onde

$$Q(E) = \frac{T_{AMB}}{(\Delta V_L - \Delta V_{CEU})} \quad (3.14)$$

$$\alpha' = \eta \frac{T_{CEU}}{T_{AMB}} \quad (3.15)$$

A Equação 3.13 corrigirá a temperatura da fonte sendo necessário conhecer apenas as constantes radiométricas C e Q(E) e a diferença de temperaturas entre um corpo negro à temperatura ambiente e o céu na posição da fonte.

Quando é considerado que a redoma possa emitir com uma temperatura T_R e que $T_L \neq T_{CO}$, tem-se uma fórmula de correção mais geral:

$$K'(E) = \frac{\alpha'}{\eta} \left\{ \frac{1}{\left[\frac{C}{Q} \right] \left[\frac{T_L}{T_{CO}} \right] + \left[\eta + \left[\frac{T_R}{T_{CO}} \right] - \left[\frac{T_L}{T_{CO}} \right] \right]} \right\} \quad (3.16)$$

Quando T_R for zero, $T_L = T_{CO}$ e $\alpha' = \eta$, obtém-se a Equação 3.13.

O método também foi empregado por Abraham (1989) considerando que haja uma película de água sobre a redoma. Quando a temperatura externa é igual à temperatura do céu, a correção independe do coeficiente de transmissão da película e o resultado é semelhante à Equação 3.16, sendo importante pois mostra que mesmo sob condições atmosféricas ruins pode-se fazer observações corretas.

Uma calibração absoluta de fluxo é obtida de observações de Virgo A, que possui uma densidade de fluxo de 21,5 Jy em 22 GHz e 11,5 GHz em 43 GHz (Jansen et al., 1974). Júpiter e Vênus foram também usados como calibradores, especialmente em 43 GHz. A região HII, G298.2-0.3, foi utilizada como calibradora em 22 GHz.

3.5 - AQUISIÇÃO DE DADOS

A aquisição de dados é feita pela calculadora HP 9810A. Durante cada varredura são feitas 43 leituras, sendo que para uma amplitude de rastreamento de um grau, o espaçamento entre cada ponto é de um minuto de arco e a varredura é de quarenta e três minutos de arco. Cada ponto é o resultado da integração ao longo da trajetória, por um período de $1/3$ de segundo. Cada observação consiste em uma média aritmética simples de uma série de 30 varreduras. A partir dos 14 pontos nos dois extremos da varredura, é obtida uma linha de base que é subtraída do sinal. O ruído da linha de base é calculado utilizando os 28 pontos acima mencionados, sendo dado por:

$$\sigma_j = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (T_{ij} - T_{ij}^B)}{(n-1)} \right\}^{1/2} \quad (3.17)$$

onde T_{IJ}^S representa o valor da linha de base ajustada, correspondente ao ponto i da observação j. O subíndice i, representa cada um dos 28 pontos utilizados na determinação da linha de base e o j, cada uma das observações de 10 minutos.

Os nove pontos centrais contém o sinal. A média das observações é calculada ponderando-se cada observação com o inverso de sua própria variância.

$$\bar{T} = \frac{\sum \frac{T_J^{MAX}}{\sigma_J^2}}{\sum \frac{1}{\sigma_J^2}} \quad (3.18)$$

onde σ_J^2 é a variância dos 28 pontos laterais da varredura.

Uma gaussiana é ajustada aos nove pontos centrais da varredura. O procedimento para o ajuste de uma gaussiana é descrito em Tateyama (1982).

3.6 - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE FLUXO DOS PLANETAS E FATOR DE PROPORCIONALIDADE ENTRE A TEMPERATURA DE ANTENA E A DENSIDADE DE FLUXO

A densidade de fluxo para fontes pontuais é dada por:

$$S = \frac{2 k T_b}{\lambda^2} \quad (3.19)$$

onde T_b é a temperatura de brilhância, k é a constante de Boltzmann e λ é o comprimento de onda.

Para observações de planetas, fontes não pontuais com relação ao feixe da antena, deve-se levar em conta o tamanho angular da fonte, para a determinação da densidade de fluxo, ou seja:

$$S = \frac{2k}{\lambda^2} \iint T_b k_d F_n(\theta, \phi) d\Omega \quad (3.20)$$

onde Ω é o ângulo sólido da fonte, k_d é uma constante próximo à unidade e $F_n(\theta, \phi)$ é a forma do feixe principal da antena, que pode ser gaussiano ($k_d = 1,133$) ou uniforme ($k_d = 1,008$).

Assumindo uma distribuição uniforme da temperatura de brilhância no disco e considerando as dimensões equatorial (θ_E) e polar (θ_P) do planeta, tem-se:

$$S = \frac{2k}{\lambda^2} T_b k_d \theta_E \theta_P \quad (3.21)$$

ou

$$S = 5,1 \times 10^{-8} T_b \frac{\theta_E \theta_P}{\lambda^2} \quad (3.22)$$

A densidade de fluxo obtida a partir da temperatura de antena, para uma fonte pontual, é dada por:

$$S = \frac{2k T_A}{A_E} \quad (3.23)$$

onde T_A é a temperatura de antena, corrigida pelo fator de transmissão da redoma, que em 22 GHz tem o valor de 0,77 e em 43 GHz o valor de 0,66 e A_E é a área efetiva da antena.

A densidade de fluxo para planetas é dada por:

$$S = \frac{2 k T_A \kappa}{A_E} \quad (3.24)$$

onde κ é a correção que leva em conta o tamanho do planeta, em relação à largura do feixe à meia potência.

$$\kappa = \left\{ 1 + 0,18 \left[\frac{\theta_d}{\theta_a} \right]^2 \right\}^2 \quad (3.25)$$

onde θ_a é a largura do feixe à meia potência.

$$\theta_d = \frac{(\theta_E + \theta_P)}{2} \quad (3.26)$$

3.7 - DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ABERTURA E DE FEIXE DA ANTENA

A eficiência de antena é dada por:

$$\eta_a = \frac{A_E}{A_P} \quad (3.27)$$

onde A_P é a área física.

Utilizando as Equações 3.24 e 3.27 tem-se:

$$\eta_a = \frac{\pi^2 k T_A}{A_P S} = \frac{18,7 T_A \pi \lambda^2}{5,1 \times 10^{-8} T_b \theta_E \theta_P} \quad (3.28)$$

O ângulo sólido total do feixe é obtido por:

$$\Omega_A = K_0 \frac{\lambda^2}{A_E} \quad (3.29)$$

onde K_0 é o fator de perdas ôhmicas da antena e é próximo a 1.

O ângulo sólido do feixe principal é dado por:

$$\Omega_M = 2,35 \times 10^{-11} K_d \theta_{HP} \phi_{HP} \quad (3.30)$$

onde θ_{HP} e ϕ_{HP} , são as larguras de feixe à meia potência para dois planos perpendiculares.

Das Equações 3.29 e 3.30, tem-se a eficiência de feixe:

$$\eta_F = \frac{\Omega_M}{\Omega_A} = 9,38 \times 10^{-8} \left\{ \frac{(K_d \theta_{HP} \phi_{HP} T_A)}{K_0 \lambda^2 S} \right\} \quad (3.31)$$

Com o objetivo de se determinar as eficiências de abertura e de feixe em 22 e 43 GHz, utilizando as cornetas de polarização vertical e

horizontal, foram feitas uma série de medidas no período entre agosto de 1982 e julho de 1983. Os resultados foram os seguintes:

- a) Corneta de polarização horizontal: as eficiências de abertura e feixe foram respectivamente, 28% e 62% (43 GHz) e 38% e 60% (22 GHz).
- b) Corneta de polarização vertical: as eficiências de abertura e feixe foram respectivamente, 35% e 59% (43 GHz) e 41% e 65% em 22 GHz.

Devido ao fato do tubo de ruído e a fonte de ruído estarem acoplados às cornetas de polarização vertical, as observações desta tese foram feitas com estas cornetas.

Pode-se obter o fator de proporcionalidade entre a temperatura de antena da radiofonte e seu fluxo da seguinte forma. Da Equação 3.28, tem-se:

$$\beta' = \frac{2 K}{\pi R''^2 \eta_a} \quad (3.32)$$

Então:

$$S_F = \beta' T_F \quad (3.33)$$

onde R'' é o raio da antena, S_F é a densidade de fluxo da fonte, T_F é a temperatura de antena da fonte.

Sabendo-se qual é o fator β' , resultante da observação de uma fonte calibradora conhecida, determina-se o valor da densidade de fluxo para outras fontes, multiplicando-se o valor da constante pela temperatura de antena obtida da radiofonte pesquisada.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS OBSERVACIONAIS OBTIDOS

4.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos da observação de uma série de radiofontes nas frequências de 22 e 43 GHz. As radiofontes 3C273, Cen A, Sgr A, OV236 foram observadas em 22 e 43 GHz, com o intuito de se estudar as variabilidades temporal e espectral desses núcleos compactos ativos. No mesmo período, outras observações para detecção de variabilidades temporal, somente em 22 GHz, foram realizadas. As fontes pesquisadas foram: 0403-132, 0454-234, 0735+178, 0906+015, G298.2-0.3 (calibradora), 2203-18, 2223-05, 3C454.3, 2255-282, 2345-167, 2354-11.

Posteriormente observou-se em 22 e 43 GHz com o mesmo objetivo uma série de quasares sugeridos pelo doutor Harri Terasranta do observatório de Metsahovi (Finlândia) em 1988 e que fazem parte de um monitoramento de quasares em conjunto com os observatórios da Finlândia, União Soviética, Chile e Brasil.

Na Tabela 4.1, tem-se as fontes que foram pesquisadas, com suas respectivas coordenadas equatoriais (ascensão reta e declinação para 1950,0).

No Apêndice B encontram-se as densidades de fluxo e datas de observação dos objetos pesquisados.

As Figuras 4.1 a 4.16 a seguir mostram os resultados obtidos das observações com o radiotelescópio do Itapetinga nas frequências de 22 e 43 GHz como função do tempo.

TABELA 4.1

COORDENADAS DAS RADIOFONTES (1950,0)

NOME DA FONTE	ASCENSÃO RETA	DECLINAÇÃO	TIPO
0048-097	00 48 09,99	-09 45 24,60	QSO
0106+013	01 06 04,48	01 19 01,40	QSO
0202-172	02 02 34,55	-17 15 39,30	QSO
0235+17	02 35 52,62	16 24 04,00	QSO
0237-23	02 37 52,80	-23 22 06,40	QSO
0402-36	04 02 02,59	-36 13 11,80	QSO
0403-132	04 03 14,02	-13 16 20,80	QSO
0407-67	04 07 58,09	-65 52 49,20	QSO
0420-01	04 20 43,54	-01 27 28,40	QSO
0430+51 (3C120)	04 30 31,60	05 14 59,50	GAL
0438-43	04 38 43,18	-43 38 53,50	QSO
0451-28	04 51 15,10	-28 12 30,00	QSO
0454-234	04 54 57,23	-23 29 27,20	QSO
0458-02	04 58 41,34	-02 03 33,30	QSO
0521-36	05 21 12,90	-36 30 16,50	GAL
0537-44	05 37 21,07	-44 06 45,00	QSO
0637-75	06 37 23,25	-57 13 34,20	QSO
0735+17	07 35 14,10	17 49 11,00	BLO
0743-67	07 43 22,99	-67 19 05,70	QSO
0851+20 (OJ287)	08 51 57,25	20 17 58,40	QSO
0859-25	08 59 36,40	-25 43 26,50	GAL
0906+015	09 06 35,20	01 33 48,10	QSO
1127-14	11 27 35,68	-14 32 54,80	QSO
1144-379	11 44 30,87	-37 55 30,50	QSO
1151-34	11 51 49,35	-34 48 47,50	QSO
1226+023(3C273)	12 26 33,20	02 19 43,00	QSO
1253-05 (3C279)	12 53 35,84	-05 31 08,00	QSO
1313-133	13 13 20,09	-33 23 10,50	QSO
1322-42 (Cen A)	13 22 31,60	-42 45 30,00	GAL

(continua)

Tabela 4.1 - Conclusão.

NOME DA FONTE	ASCENSÃO RETA	DECLINAÇÃO	TIPO
1451-37	14 51 18,28	-37 35 22,60	QSO
1508-05	15 08 14,94	-05 31 49,00	QSO
1510-089	15 10 08,92	-08 54 48,00	QSO
1514-24	15 14 45,24	-24 11 22,40	GAL
1546+027	15 46 58,31	02 46 06,40	QSO
1741-03	17 41 20,62	-03 48 49,00	QSO
1742-28 (Sgr A)	17 42 26,00	-28 58 12,00	GAL
1749+096	17 49 10,39	09 39 42,70	QSO
1921-29 (OV236)	19 21 41,50	-29 20 19,00	QSO
1936-15	19 36 35,78	-15 32 29,80	QSO
2106-413	21 06 20,90	-41 22 31,00	QSO
2128-12	21 28 52,72	-12 20 23,70	QSO
2131-021	21 31 35,30	-02 06 36,00	QSO
2134+004	21 34 05,28	00 28 25,00	QSO
2145+06	21 45 36,11	06 43 41,20	QSO
2155-15	21 55 23,36	-15 15 28,10	QSO
2157-133	21 57 34,61	-13 23 30,10	QSO
2203-18	22 03 25,71	-18 50 16,60	QSO
2208-159	22 08 25,90	-15 55 37,60	QSO
2223-05 (3C446)	22 23 11,04	-05 12 17,20	QSO
2251+15 (3C454.3)	22 51 29,52	15 52 54,31	QSO
2254+07	22 54 44,62	02 27 13,80	QSO
2255-282	22 55 22,33	-28 14 21,80	QSO
2326-47	23 26 33,60	-47 46 52,00	QSO
2345-167	23 45 27,61	-16 47 50,10	QSO
2353-68	23 53 24,60	-68 37 42,00	QSO
2354-11	23 54 57,25	-11 42 22,30	QSO

É importante ressaltar que foram utilizadas as seguintes fontes calibradoras para este estudo de variabilidade: a região HII G298.2-0.3, Virgo A e Júpiter. Pode-se notar na Figura 4.1 que, com exceção de dois pontos (1981 e 1986), quando as condições meteorológicas estavam ruins, a variação observada entre 1980 e 1988 nesta região HII é inferior a 10%. Virgo A tem sido usada como fonte calibradora por Kaufmann et al. (1977), Abraham, Kaufmann et al., (1982), Botti (1983), Botti e Abraham (1987 e 1988), sendo considerada uma galáxia com densidade de fluxo constante em 22 e 43 GHz. Medidas absolutas de sua densidade de fluxo foram determinadas por Jansen et al. (1974), ou seja, possui 21,5 Jy em 22 GHz e 11,5 Jy em 43 GHz. Júpiter por ser uma fonte forte em 43 GHz e não apresentar variações em seu fluxo se constitui em uma boa fonte calibradora. Pode-se concluir que os resultados obtidos no Itapetinga com respeito à variabilidades maiores que 30%, quando comparados às fontes calibradoras e até mesmo às observações de outros radiotelescópios na mesma frequência, demonstram serem confiáveis e representam eventos verdadeiros da fonte.

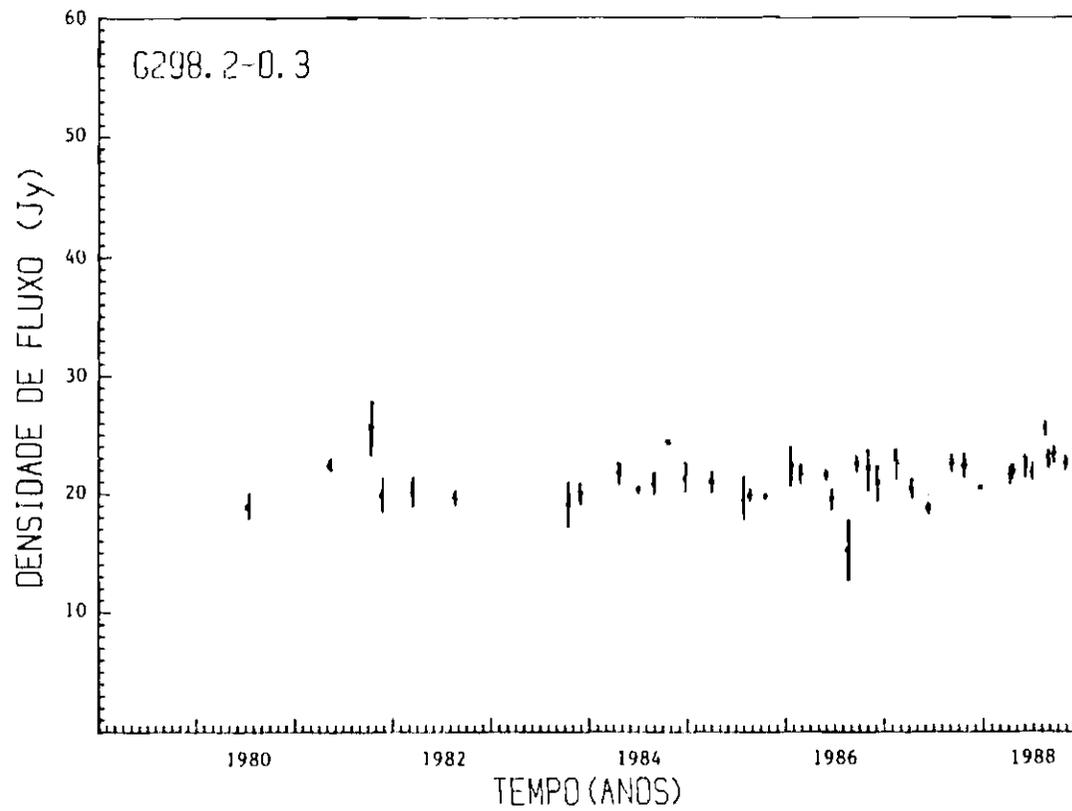


Fig. 4.1 - Evolução temporal da região HII G298.2-0.3 utilizada como fonte calibradora na frequência de 22 GHz.

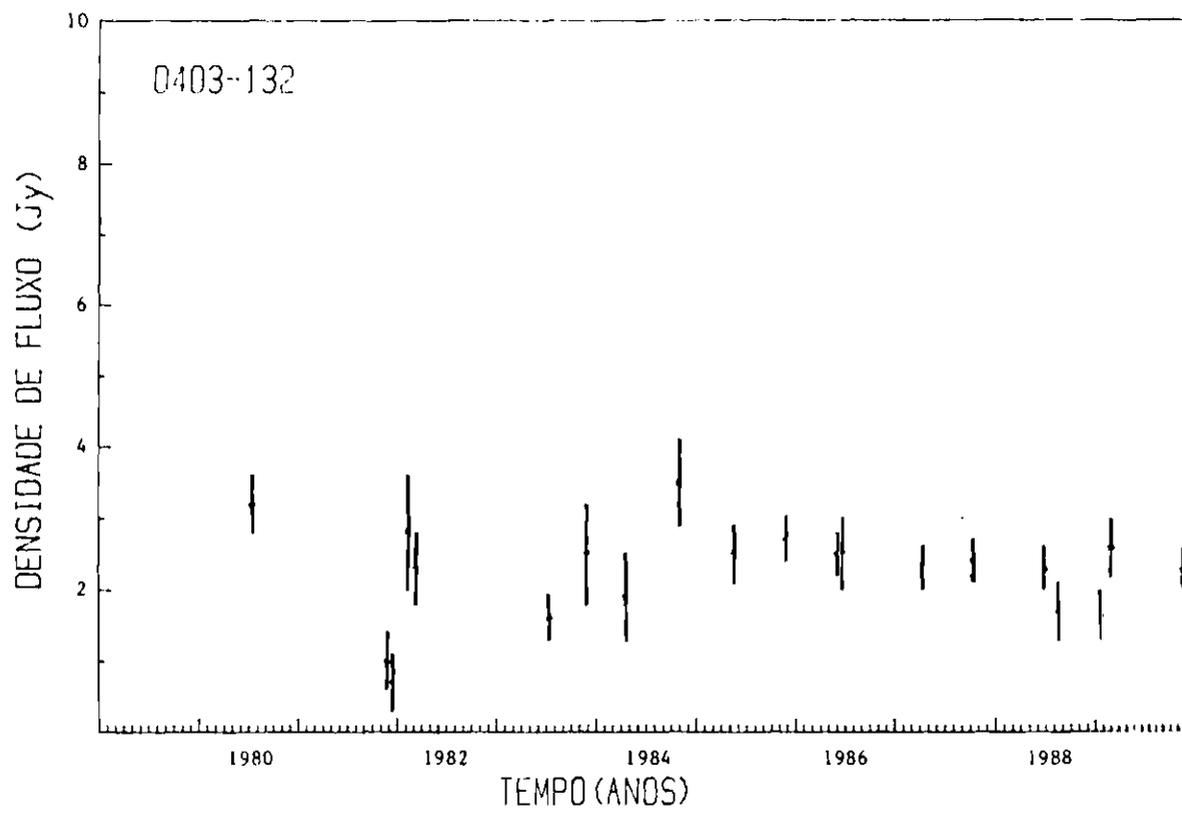


Fig. 4.2 - Evolução temporal do quasar 0403-132 na frequência de 22 GHz.

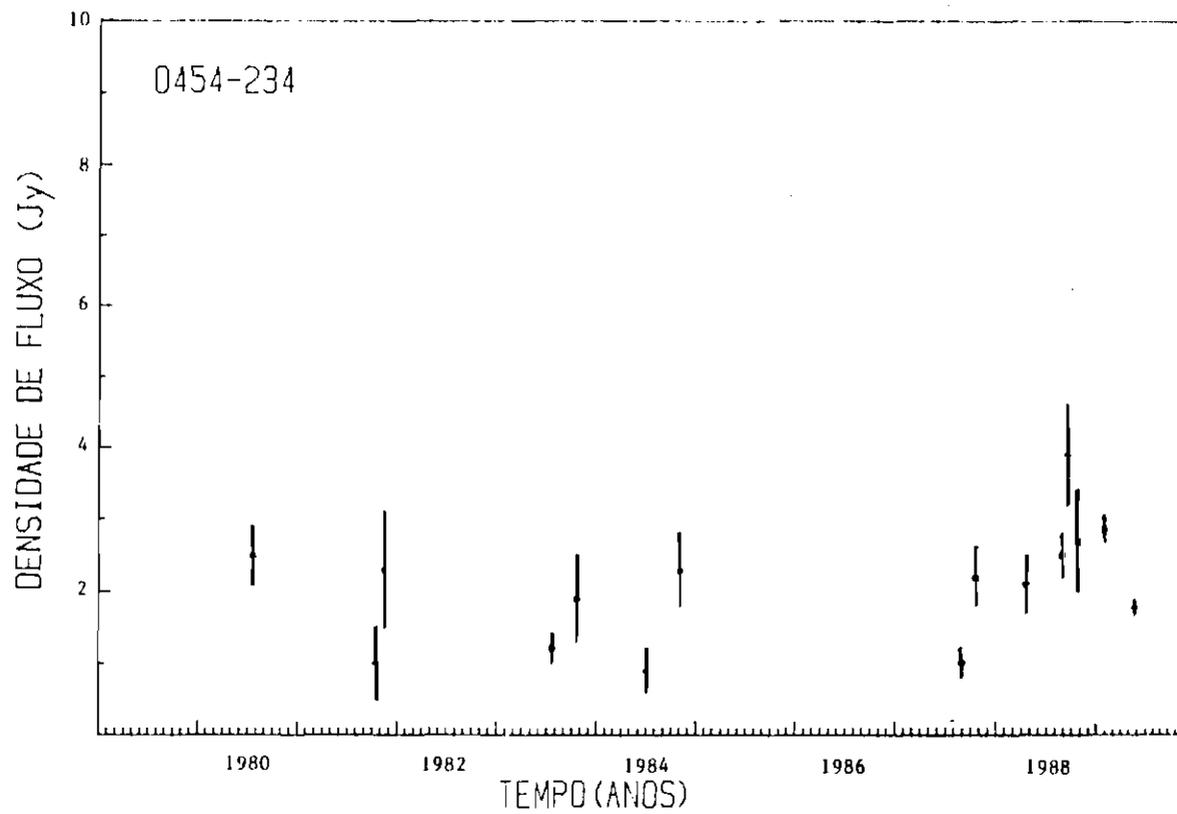


Fig. 4.3 - Evolução temporal do quasar 0454-234 na frequência de 22 GHz.

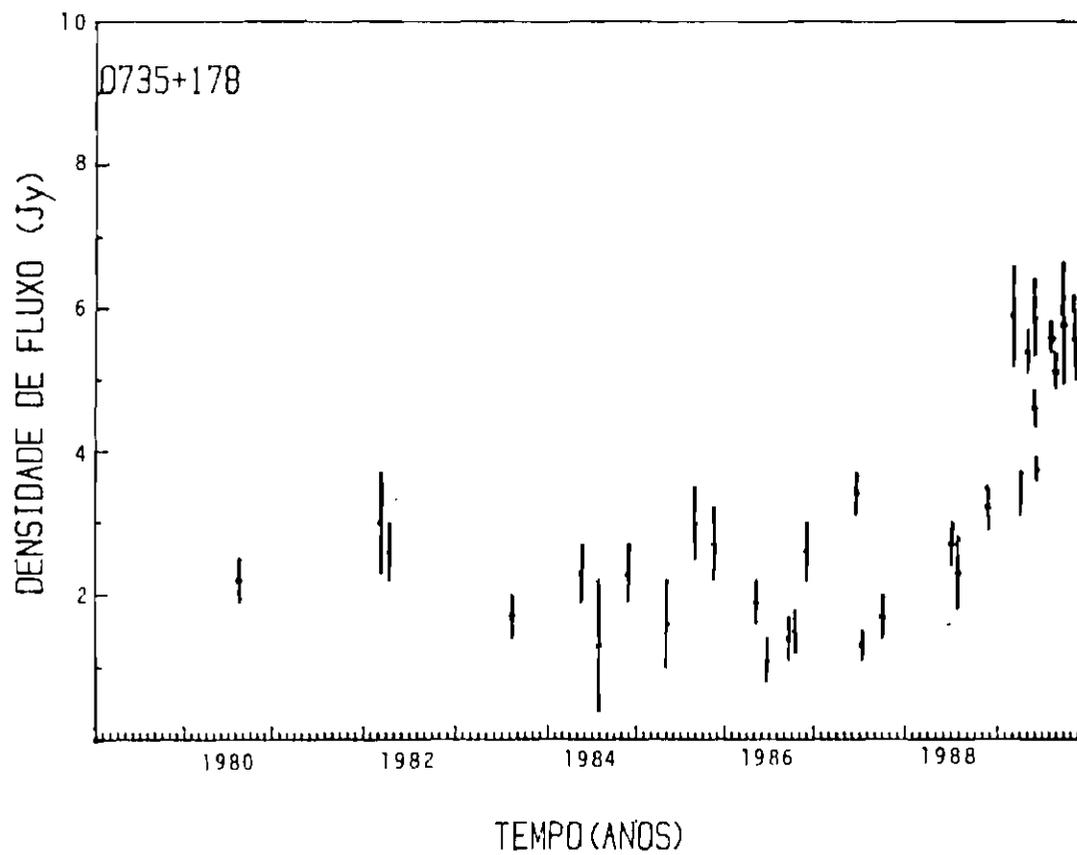


Fig. 4.4 - Evolução temporal do objeto BL Lac 0735+178 na frequência de 22 GHz.

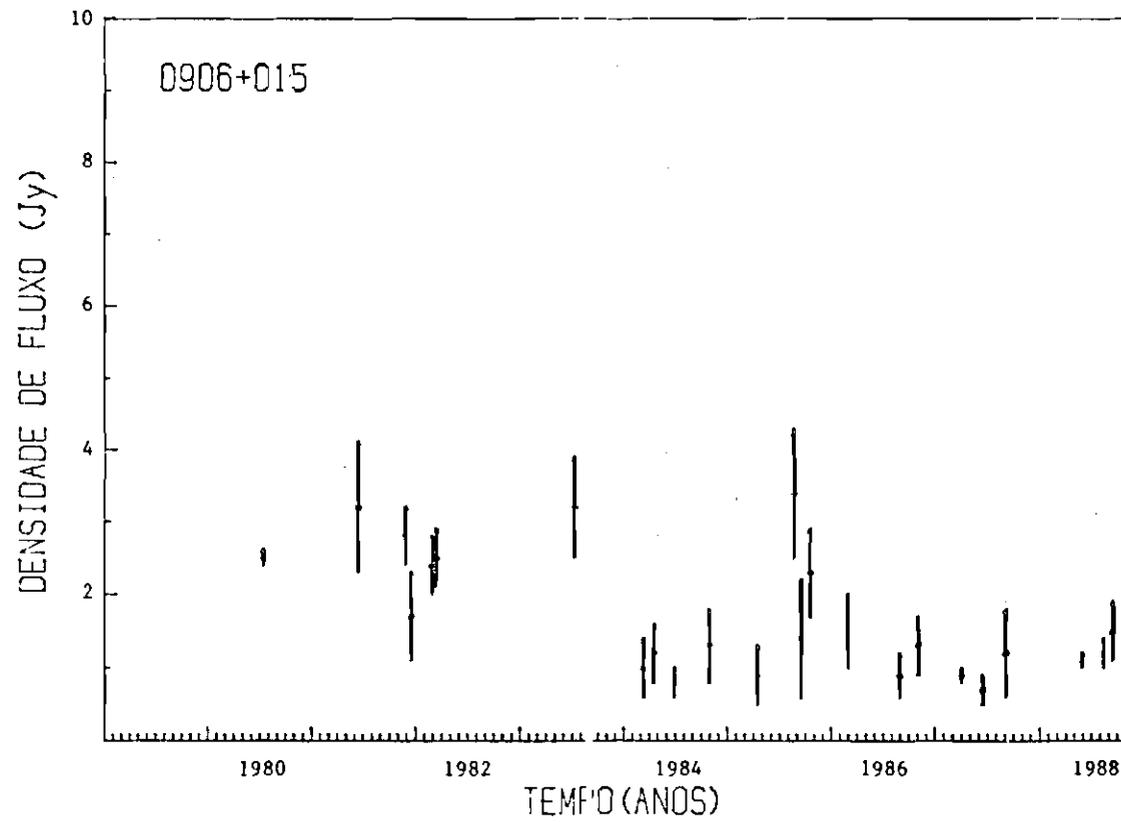


Fig. 4.5 - Evolução temporal do quasar 0906+015 na frequência de 22 GHz.

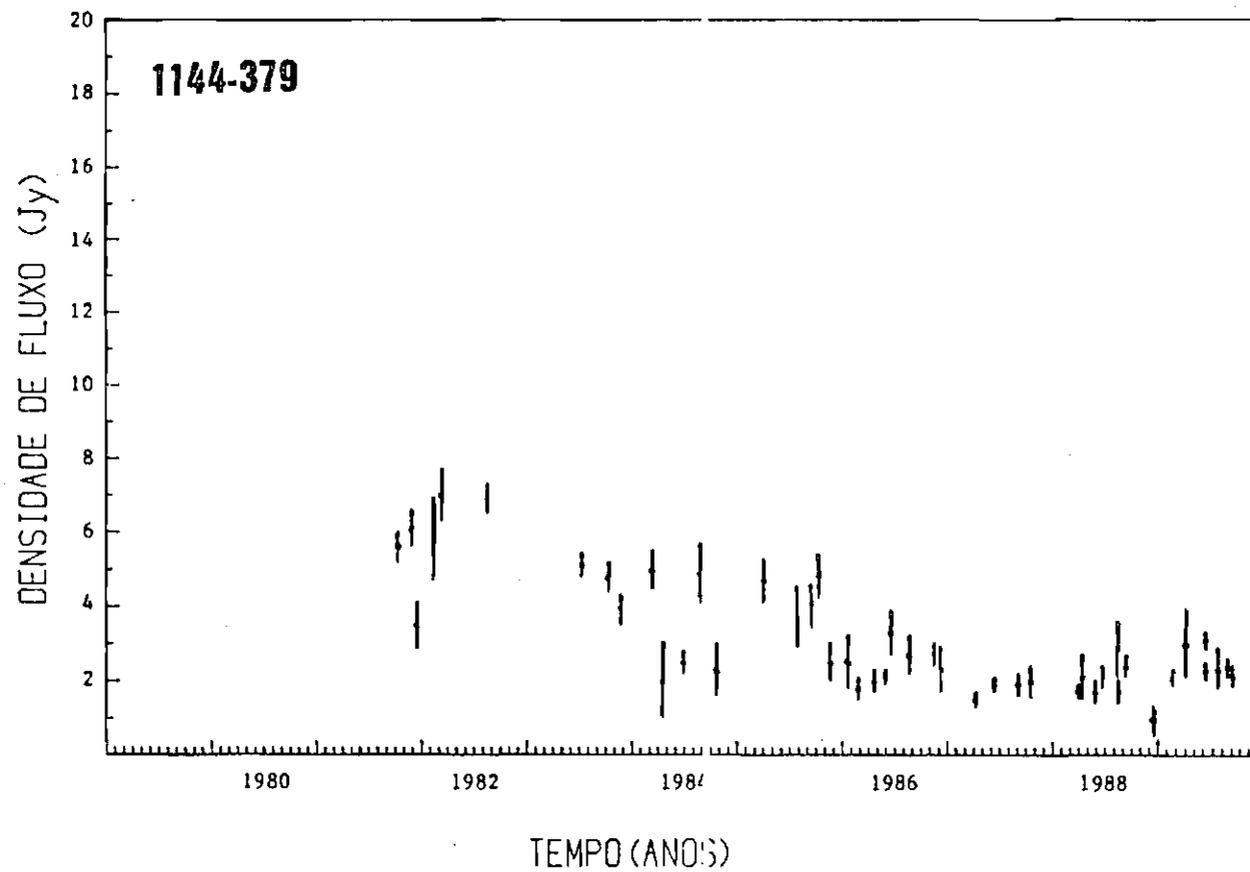


Fig. 4.6 - Evolução temporal do quasar 1144-379 na frequência de 22 GHz.

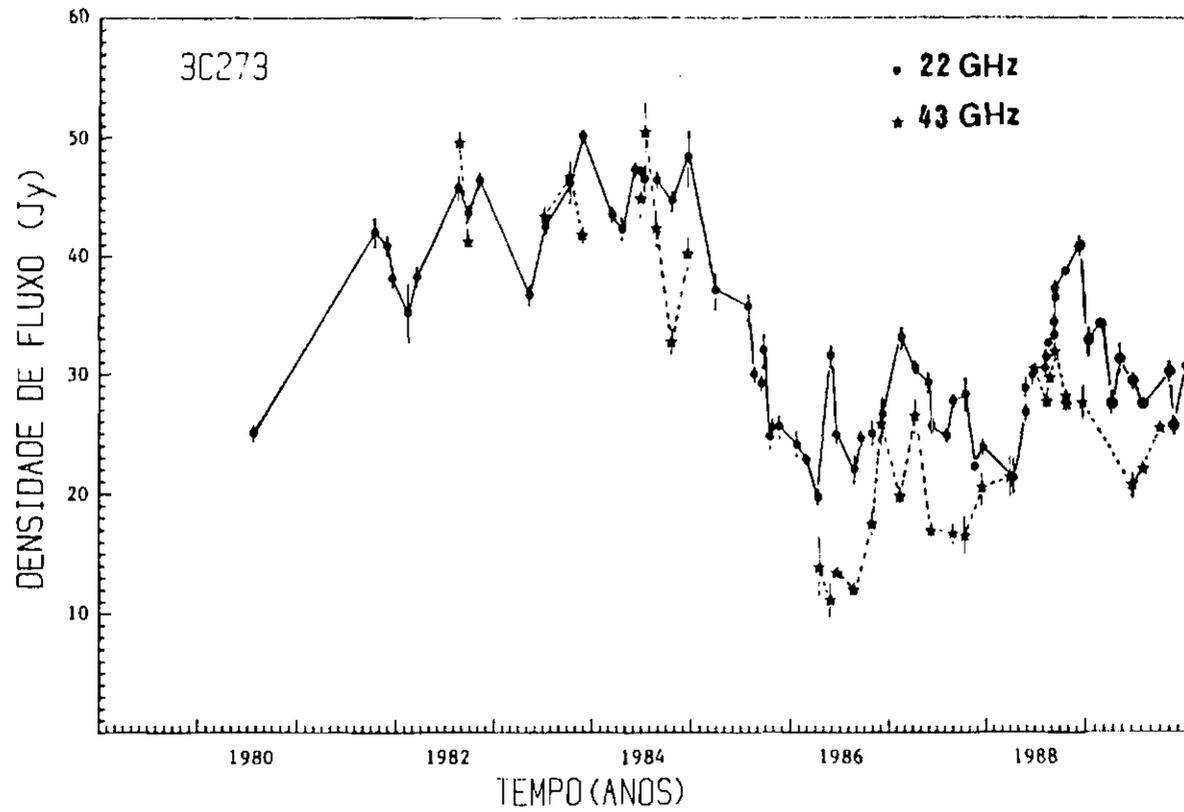


Fig. 4.7 - Evolução temporal do quasar 3C273 na frequência de 22 GHz.

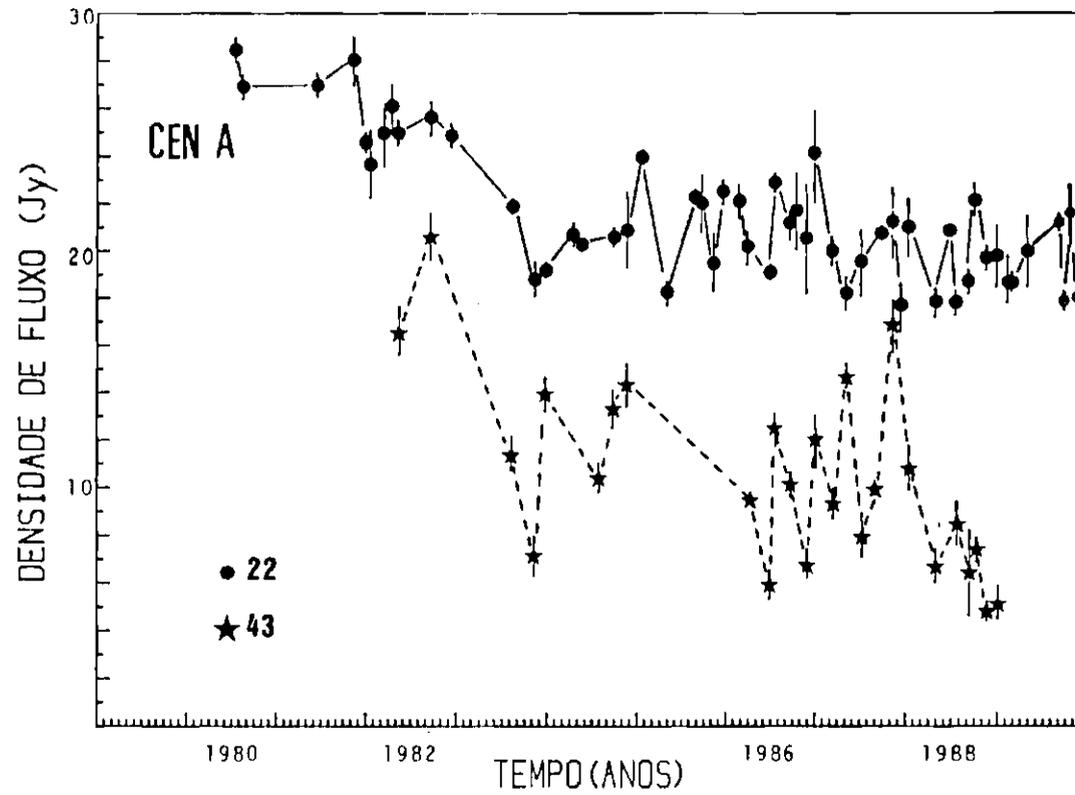


Fig. 4.8 - Evolução temporal da radiogaláxia Centaurus A nas frequências de 22 e 43 GHz.

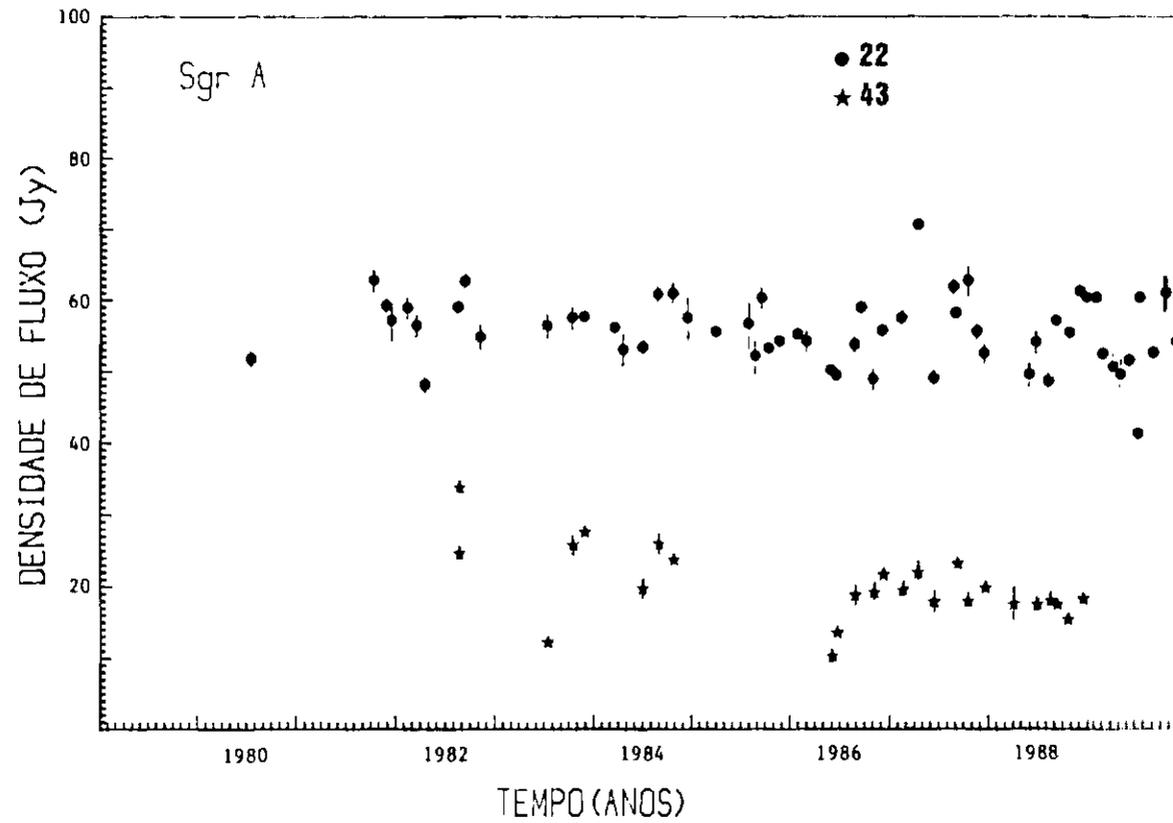


Fig. 4.9 - Evolução temporal do Centro Galáctico nas frequências de 22 e 43 GHz.

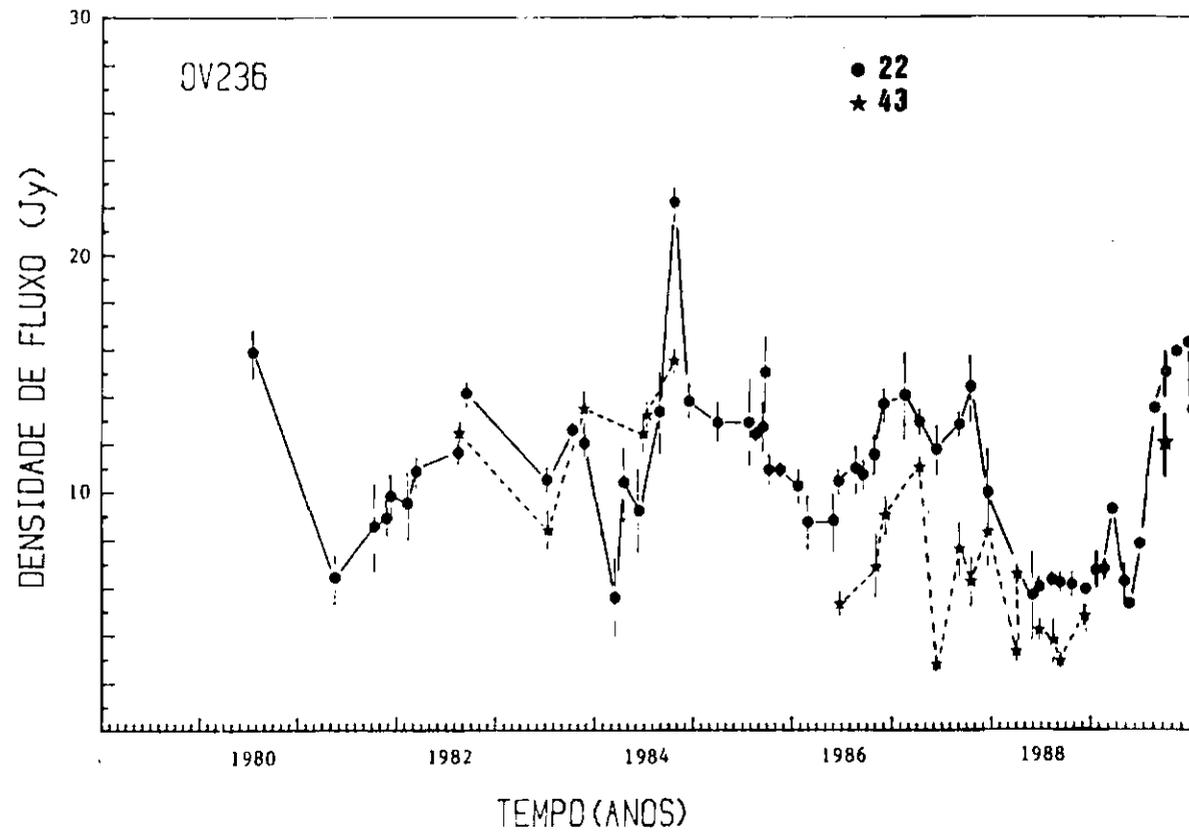


Fig. 4.10 - Evolução temporal do quasar OV236 nas frequências de 22 e 43 GHz.

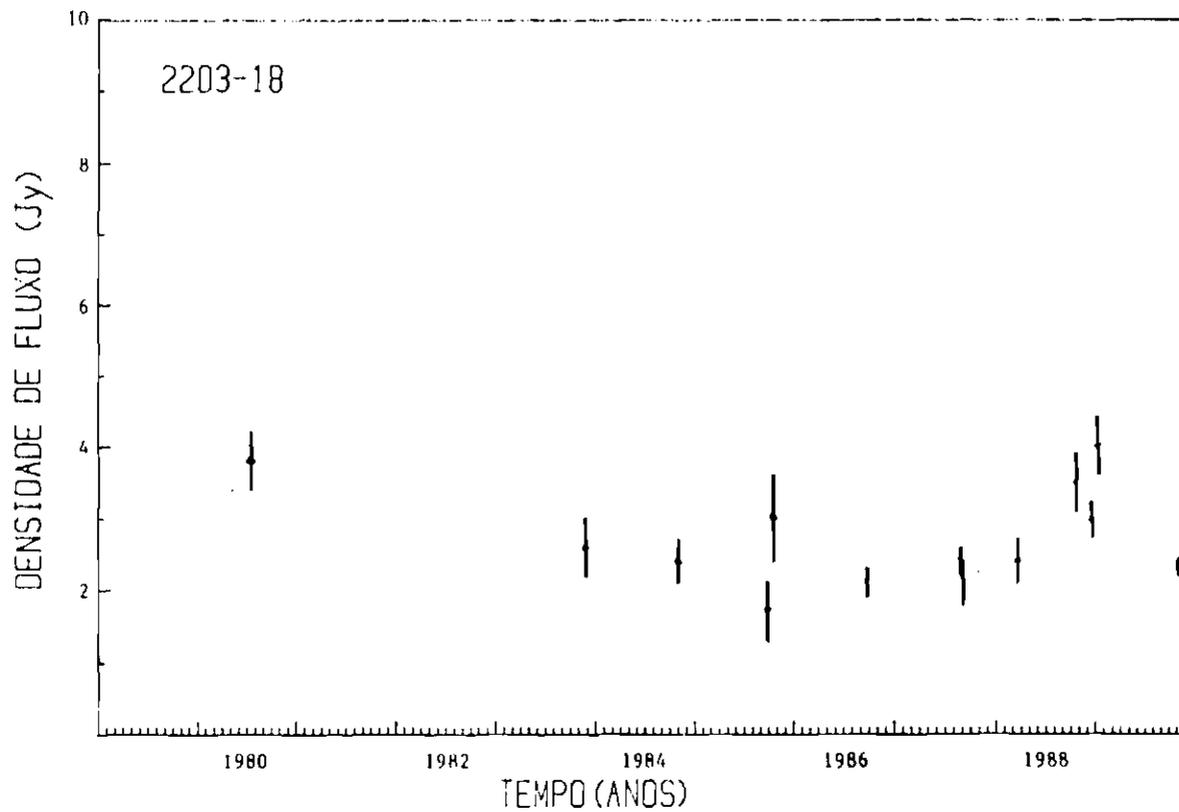


Fig. 4.11 - Evolução temporal do quasar 2203-18 na frequência de 22 GHz.

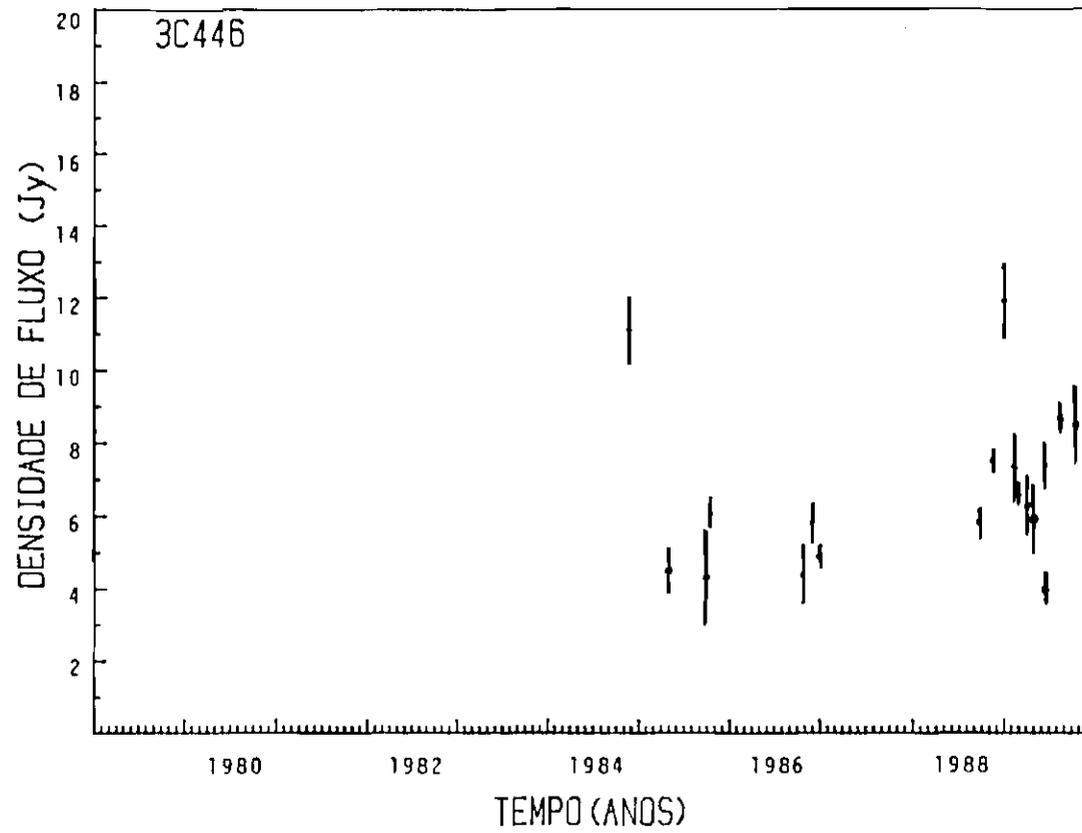


Fig. 4.12 - Evolução temporal do quasar 3C446 na frequência de 22 GHz.

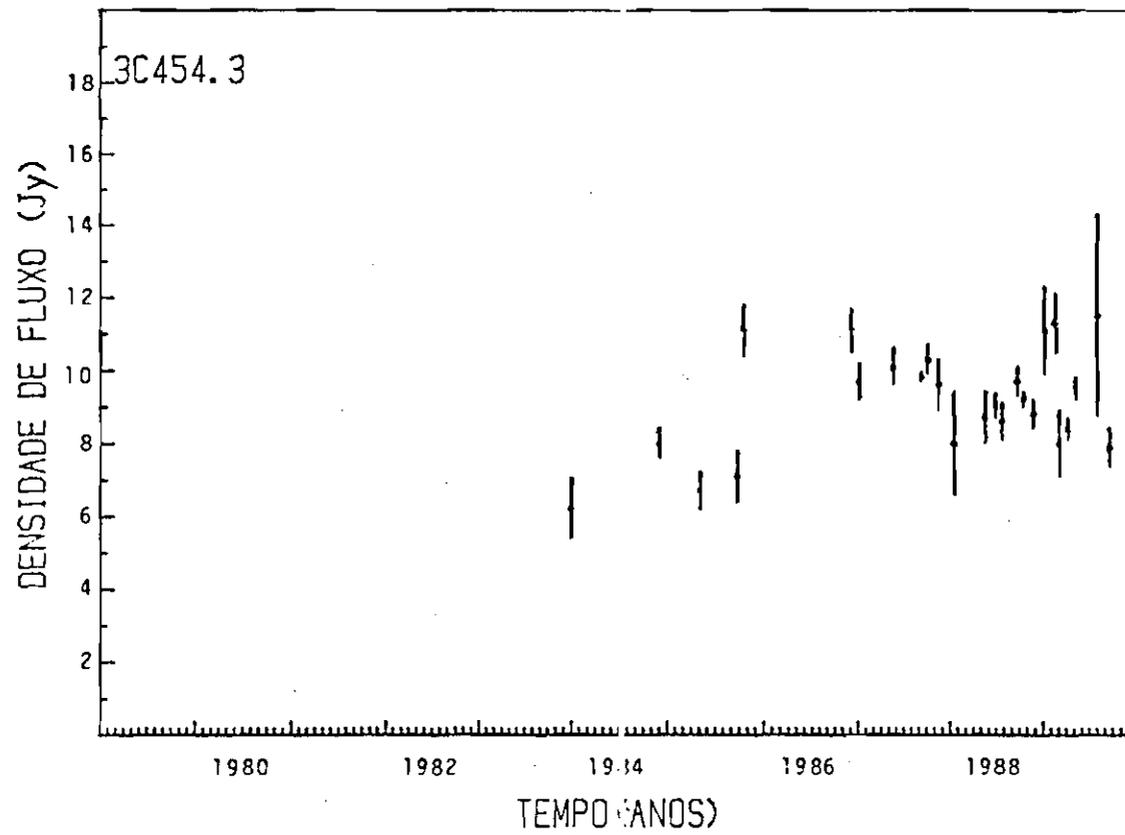


Fig. 4.13 - Evolução temporal do quasar 3C454.3 na frequência de 22 GHz.

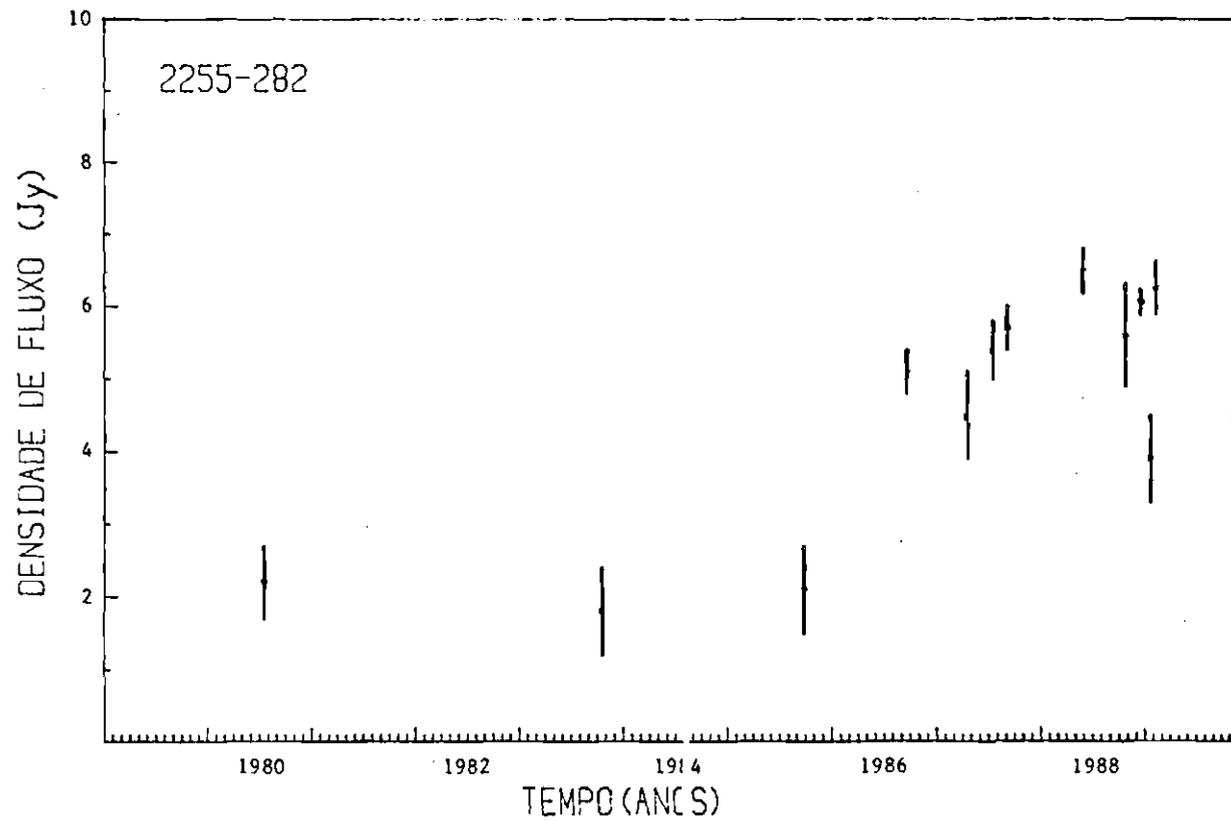


Fig. 4.14 - Evolução temporal do quasar 2255-282 na frequência de 22 GHz.

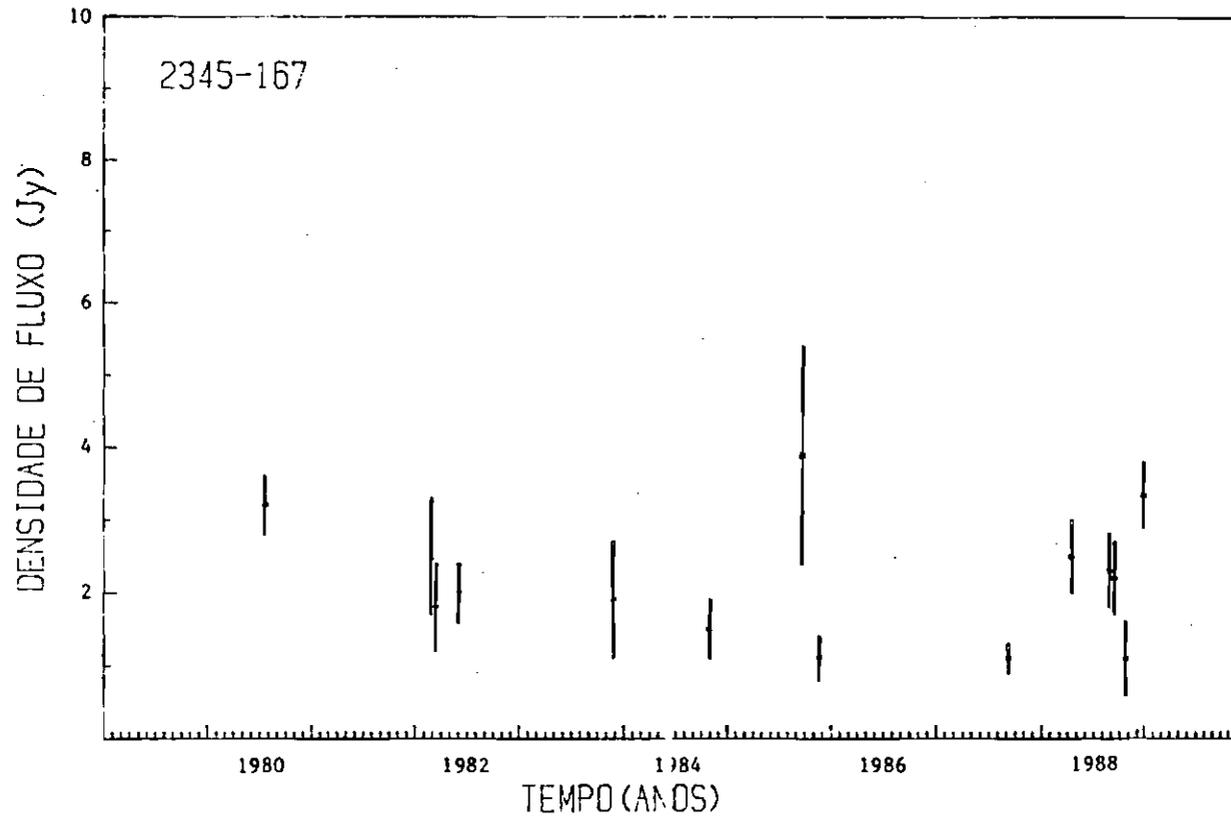


Fig. 4.15 - Evolução temporal do quasar 2345-167 na frequência de 22 GHz.

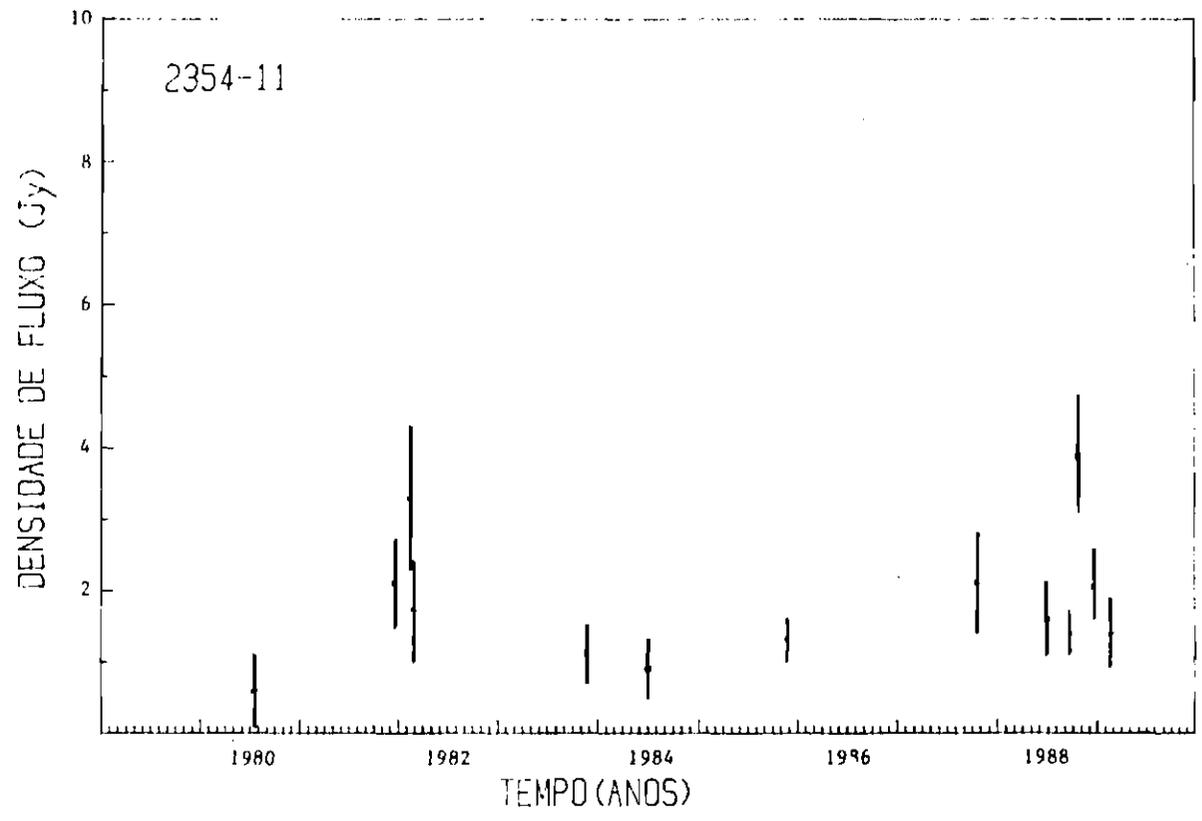


Fig. 4.16 - Evolução temporal do quasar 2354-11 na frequência de 22 GHz.

4.1.1 - CALCULO DA ESCALA DE TEMPO DE VARIABILIDADE, DOS TAMANHOS ANGULAR E LINEAR E DA TEMPERATURA DE BRILHANCIA DAS RADIOFONTES

Com o objetivo de se ter uma idéia das dimensões das fontes e da temperatura de brilhância, calcula-se a seguir esses parâmetros não considerando possíveis expansões relativísticas.

A variabilidade temporal de uma radiofonte é uma medida do limite superior de suas dimensões angulares numa determinada frequência e a partir dela pode ser determinada sua temperatura de brilhância. Fanti, Padrielli et al., (1982) definem a escala de tempo de variabilidade de uma componente como:

$$\tau_{\text{Var}} = (1+z)^{-1} \left[\frac{S_{\text{max}}}{\Delta S} \right] \Delta t \quad (4.1)$$

onde z é o desvio para o vermelho, S_{MAX} é o fluxo máximo da componente variável, Δt é a duração da explosão, ΔS é a diferença entre o máximo e o mínimo da componente explosiva.

Existem incertezas à respeito de S_{MAX} , dependendo se a emissão da fonte variável é vista sobreposta a uma componente estável ou não. Se é sobreposta, $S_{\text{MAX}} \sim S$. Se não é, considera-se a densidade de fluxo máxima. Essa segunda consideração fornece escalas de tempo mais longas, minimizando problemas associados com variabilidade rápida. Geralmente, é considerada uma escala de tempo de variabilidade para cada explosão distinta da fonte.

A partir do tempo de variabilidade, a dimensão linear de uma componente é dada por:

$$r_{VAR} = c \tau_{VAR} \quad (4.2)$$

onde c é a velocidade da luz.

A dimensão angular da mesma é dada por:

$$\theta < \theta_{VAR} = \frac{2r_{VAR}}{D} = \frac{2r_{VAR} (1+z)^2}{cz} \frac{H}{cz} \quad (4.3)$$

onde D é a distância do objeto, H é a constante de Hubble ($H = 75 \text{ km/sMpc}$ e $q_0 = 1$).

A temperatura de brilhância, que caracteriza a radiofonte compacta é dada por:

$$T_b \geq \frac{2 c^2 S_\nu}{\pi k \nu^2 \theta_{VAR}^2} \quad (4.4)$$

onde k é a constante de Boltzmann, ν é a frequência de observação, θ_{VAR} é a dimensão angular da componente, S_ν é a densidade de fluxo.

Na Tabela 4.2 apresenta-se os parâmetros acima, calculados tendo por base a variabilidade encontrada nessas radiofontes. Na coluna 1 tem-se o nome da fonte, na coluna 2 a frequência de observação, na coluna 3 o período de observação, na coluna 4 a escala de tempo de variabilidade, na coluna 5 a dimensão linear da fonte, na coluna 6 a dimensão angular da radiofonte, na

coluna 7 a temperatura de brilhância e na coluna 8 o desvio para o vermelho.

De uma maneira geral pode-se notar na Tabela que o limite superior do tamanho angular, estimado da escala de tempo de variabilidade (expansão não relativística) é menor que aquele medido por VLBI, que não pode medir essas dimensões devido à sua resolução. Estas dimensões são compatíveis com as estimadas pelo modelo canônico. As temperaturas de brilhância estimadas estão de acordo com limites teóricos, pelo menos para a maioria das fontes observadas.

TABELA 4.2

PARÂMETROS FÍSICOS DAS RADIOFONTES

FONTE	f (GHz)	t	T _{Var} (Anos)	r (cm)	θ (")	T _b (K)	z
0403-132	22	11/81-02/82	0,2	1,9x10 ¹⁷	1,0x10 ⁻⁴	8,6x10 ¹¹	0,571
0454-234	22	04/88-09/88	0,6	5,7x10 ¹⁷	1,8x10 ⁻⁴	1,0x10 ¹³	0,500
0735+178	22	06/88-02/89	0,7	6,3x10 ¹⁷	3,6x10 ⁻⁴	1,8x10 ¹¹	0,424
0906+015	22	04/85-08/85	0,2	2,1x10 ¹⁷	6,0x10 ⁻⁵	3,7x10 ¹²	1,012
3C273	22	07/80-10/81	2,6	2,5x10 ¹⁸	1,0x10 ⁻³	7,1x10 ¹⁰	0,158
		02/82-11/82	0,6	5,7x10 ¹⁷	3,3x10 ⁻⁴	1,6x10 ¹²	
		05/83-11/83	0,4	3,8x10 ¹⁷	2,2x10 ⁻⁴	3,6x10 ¹²	
		04/84-12/84	0,6	5,7x10 ¹⁷	3,3x10 ⁻⁴	1,6x10 ¹²	
		03/85-07/85	0,3	2,8x10 ¹⁷	1,6x10 ⁻⁴	4,9x10 ¹²	
		04/86-05/86	0,2	1,9x10 ¹⁷	1,1x10 ⁻⁴	9,6x10 ¹²	
		08/86-02/87	1,3	1,2x10 ¹⁸	1,0x10 ⁻³	2,4x10 ¹¹	
		04/89-10/89	0,9	8,5x10 ¹⁷	4,9x10 ⁻⁴	5,8x10 ¹¹	
3C273	43	07/83-10/83	0,2	1,9x10 ¹⁷	1,1x10 ⁻⁴	3,7x10 ¹²	
		11/83-06/84	0,5	4,8x10 ¹⁷	2,7x10 ⁻⁴	6,6x10 ¹¹	
		10/84-12/84	0,1	9,5x10 ¹⁶	5,5x10 ⁻⁵	1,2x10 ¹³	
		08/86-12/86	0,5	4,7x10 ¹⁷	2,7x10 ⁻⁴	3,4x10 ¹¹	
		02/87-04/87	0,1	9,5x10 ¹⁶	5,5x10 ⁻⁵	8,1x10 ¹²	
		03/88-09/88	0,4	3,8x10 ¹⁷	2,2x10 ⁻⁴	5,9x10 ¹¹	
Gen A	22	10/79-06/80	2,2	2,1x10 ¹⁸	1,2x10 ⁻³	7,0x10 ¹⁰	
0V236	22	05/81-09/82	1,8	1,7x10 ¹⁸	8,0x10 ⁻⁴	1,4x10 ¹¹	0,352
		03/84-10/84	0,6	5,4x10 ¹⁷	2,0x10 ⁻⁴	2,2x10 ¹²	
		02/86-02/87	0,7	7,0x10 ¹⁷	3,0x10 ⁻⁴	8,3x10 ¹¹	
		06/87-10/87	0,2	2,3x10 ¹⁷	1,0x10 ⁻⁴	7,7x10 ¹²	
	43	07/83-11/83	0,6	6,2x10 ¹⁷	2,0x10 ⁻⁴	2,5x10 ¹¹	
		06/84-10/84	0,2	2,3x10 ¹⁷	1,0x10 ⁻⁴	2,2x10 ¹²	
		06/86-04/87	1,2	1,1x10 ¹⁸	4,0x10 ⁻⁴	6,8x10 ¹⁰	
	15	07/79-12/79	0,8	7,6x10 ¹⁷	3,0x10 ⁻⁴	2,1x10 ¹²	
		06/82-12/82	0,4	3,5x10 ¹⁷	1,0x10 ⁻⁴	6,7x10 ¹²	
		05/84-10/84	0,3	2,9x10 ¹⁷	1,0x10 ⁻⁴	1,1x10 ¹³	
	8	05/79-12/79	0,9	8,9x10 ¹⁷	3,0x10 ⁻⁴	4,2x10 ¹²	
		05/82-12/82	0,4	4,1x10 ¹⁷	2,0x10 ⁻⁴	1,4x10 ¹³	
		05/84-11/84	0,4	3,5x10 ¹⁷	1,0x10 ⁻⁴	2,5x10 ¹³	
	5	07/79-08/80	1,9	1,8x10 ¹⁸	8,0x10 ⁻³	1,9x10 ¹²	
		07/82-02/83	0,4	3,8x10 ¹⁷	1,0x10 ⁻⁴	3,6x10 ¹³	
2203-11	22	09/87-10/88	1,8	1,7x10 ¹⁸	9,8x10 ⁻⁴	1,3x10 ¹⁰	0,500
3C446	22	06/82-10/84	1,5	1,4x10 ¹⁸	4,0x10 ⁻⁴	2,6x10 ¹¹	1,404
	15	05/82-12/83	0,9	8,5x10 ¹⁷	9,0x10 ⁻⁴	1,1x10 ¹¹	
	8	08/82-05/84	1,5	1,4x10 ¹⁸	4,0x10 ⁻⁴	1,5x10 ¹²	
	5	04/83-08/84	2,0	1,9x10 ¹⁸	5,0x10 ⁻⁴	1,5x10 ¹²	
3C454.3	22	01/80-09/81	1,4	1,3x10 ¹⁸	4,0x10 ⁻⁴	5,5x10 ¹¹	0,859
		08/85-09/85	<1	3,8x10 ¹⁵	1,1x10 ⁻⁵	3,7x10 ¹⁶	
	15	11/79-10/81	1,6	1,5x10 ¹⁸	4,0x10 ⁻⁴	8,9x10 ¹¹	
	8	12/79-02/82	2,0	1,9x10 ¹⁸	5,0x10 ⁻⁴	2,0x10 ¹²	
	5	04/80-02/82	1,9	1,8x10 ¹⁸	5,0x10 ⁻⁴	5,4x10 ¹²	
2255-282	22	09/85-09/86	0,9	8,3x10 ¹⁷	2,0x10 ⁻⁴	3,6x10 ¹¹	0,928
		04/87-05/88	0,6	5,3x10 ¹⁷	2,0x10 ⁻⁴	1,1x10 ¹²	
2345-167	22	09/87-04/88	0,6	6,1x10 ¹⁷	1,8x10 ⁻⁴	2,8x10 ¹¹	0,600
2354-11	22	09/88-10/88	0,1	8,2x10 ¹⁶	4,7x10 ⁻⁵	6,3x10 ¹²	0,500

4.2 - RADIOFONTES PESQUISADAS.

4.2.1 - 3C 273

O quasar 3C 273 é um dos mais próximos ($z=0,158$), sendo um dos mais brilhantes, tendo sido estudado em todo o espectro eletromagnético. Dent (1965) fez um dos primeiros registros de variabilidade na frequência de 8 GHz, fazendo observações em um período de três anos. Nesta época apresentou um aumento estável de aproximadamente 40% em sua emissão rádio. Outros trabalhos se seguiram a este como os de Epstein (1965), Kellermann e Pauliny-Toth (1968), Schorn et al. (1968), Dent e Kojoian (1972), Bradt et al. (1979), Ennis et al., (1982), Backer (1984), Coe et al. (1983), Ade et al. (1983), Bennett et al. (1984), Barvainis (1984), Gear et al. (1984), Courvoisier et al. (1987).

Este objeto está sendo observado desde julho de 1980 (Abraham et al. (1982), Botti e Abraham (1988) nas radiofrequências de 22 e 43 GHz. Em julho de 1980, 3C273 estava com baixa densidade de fluxo, aproximadamente 25,0 Jy. Reobservada em outubro de 1981, registrou-se um aumento de 70% em sua intensidade. A densidade de fluxo de 3C273 nas frequências de 22 e 43 GHz, permaneceu em um nível alto entre 1981 e 1984, apresentando flutuações quase periódicas (em escalas de tempo da ordem de um ano), com amplitudes de aproximadamente 15,0 Jy (Figura 4.7). O comportamento de 3C273 em 22 e 43 GHz é similar nas duas frequências, sendo que as mudanças em intensidade são maiores em 43 GHz. Da Figura 4.7 pode-se observar um decréscimo na densidade de fluxo a partir de dezembro de 1984, até ser atingido um mínimo em abril de 1986. A partir de então, 3C273 apresentou um certo crescimento em sua densidade de fluxo, com variações de aproximadamente 10 Jy, nas duas frequências até 1987. As variações em

22 GHz foram de 20 Jy, enquanto que em 43 GHz, foram de 12 Jy, a partir de 1988. Apesar do aumento de intensidade em 1988, este quasar se encontra num nível um pouco abaixo do observado entre 1982 e 1984, nas duas frequências.

Serão analisados a seguir os eventos individuais e sua correlação com observações em outras frequências. Ade et al. (1983) e Robson et al. (1983), detetaram um aumento na densidade de fluxo no início de 1983, nas faixas milimétrica, submilimétrica e no infravermelho. Em 1982, 3C273 possuía uma densidade de fluxo em 1,1 mm de aproximadamente 12 Jy. Com o evento do começo de 1983 esta fonte atingiu uma densidade de fluxo de aproximadamente 22 Jy em fevereiro de 1983 e 37 Jy em março do mesmo ano em 1,1 mm. Segundo Ade et al. (1983), as observações sugeriram que a variação tenha se propagado do infravermelho para comprimentos de onda mais longos.

Backer (1984), observando em 90 GHz, percebeu dois eventos, como pode ser visto na Figura 4.17. 3C 273 atingiu o máximo em 90 GHz por volta de agosto ou setembro de 1982, decaindo logo em seguida. No início de 1983, 3C 273 iniciou novamente sua fase de aumento da densidade de fluxo, continuando a crescer até aproximadamente julho de 1983. Na Figura 4.17 também são apresentados os dados de 22 (Itapetinga) e 24 GHz (Haddock, 1984). A densidade de fluxo em 24 GHz é sistematicamente mais baixa do que em 22 GHz, cerca de 5%, devido provavelmente aos diferentes métodos utilizados em cada caso para determinação da absorção atmosférica e diferenças nos valores adotados para as fontes calibradoras. O comportamento de 3C 273 é similar nas frequências de 22 GHz, 24 GHz e 90 GHz, mas com um atraso cerca de 4 meses nas frequências mais baixas.

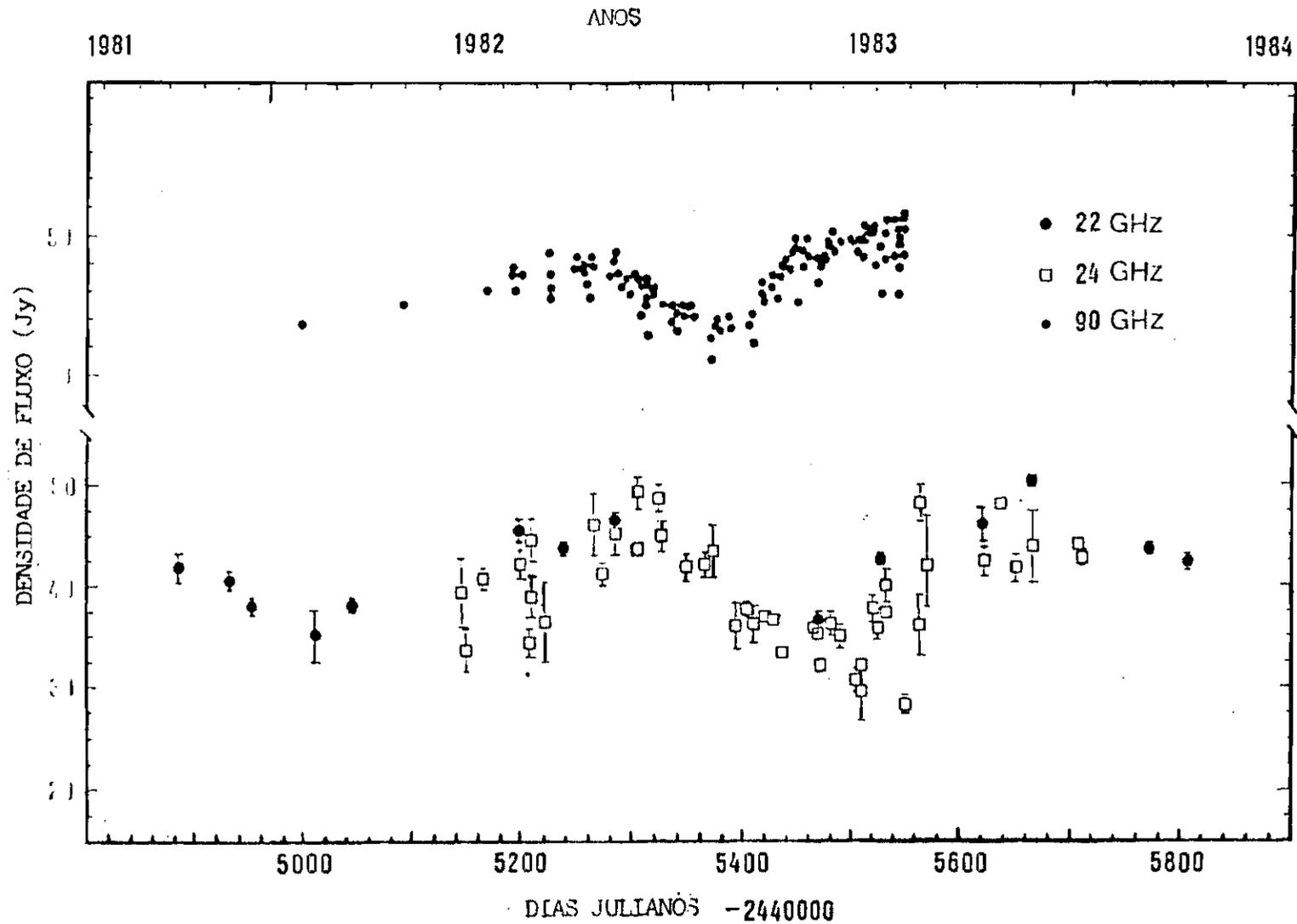


Fig. 4.17 - Comparação entre 90 GHz, 22 GHz e 24 GHz.

FONTE: Becker (1984); Haddock (1984) e Observatório do Itapetinga (1989).

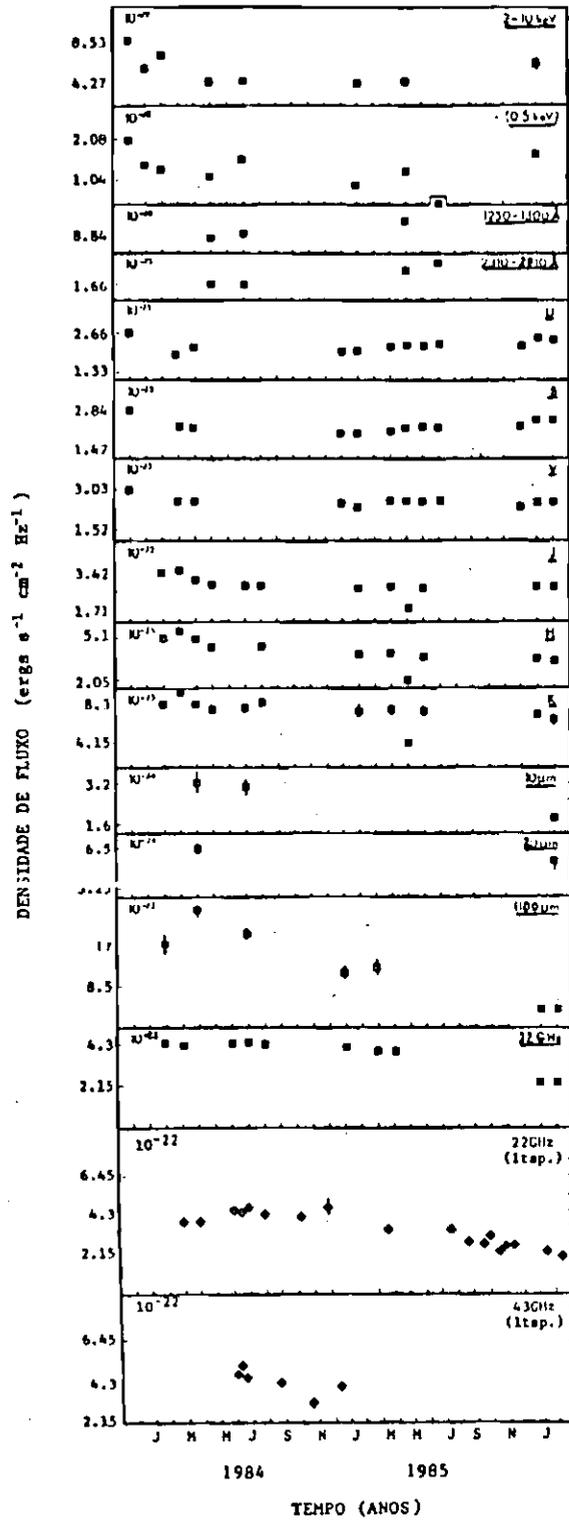


Fig. 4.18 - Comportamento de 3C273 em diversas frequências.

FONTE: Courvoisier et al. (1987); Observatório do Itapetinga (1989).

A amplitude absoluta da variabilidade foi maior em 90 GHz (aproximadamente 30 Jy) do que em 22 GHz (aproximadamente 15 Jy).

Considerando os resultados de Ade et al. (1983), Robson et al. (1983), Backer (1984) e desta tese, a evolução do evento pode ser descrita do seguinte modo: 3C273 atingiu seu máximo em 1,1 mm, 90, 43 e 22 GHz, em março, junho - julho, outubro e novembro de 1983, respectivamente.

Courvoisier et al. (1987) fizeram observações que vão desde 10 GHz a raios X (10 keV) entre dezembro de 1983 e março de 1986. Houve um decréscimo de um fator próximo de 2 entre dezembro de 1983 e julho de 1984, na faixa de 2 a 10 keV, juntamente com um decréscimo de aproximadamente 40% em raios X moles (0,5 keV) e entre 20 e 40% na banda óptica. No ultravioleta houve também um aumento de aproximadamente 20% entre 1984 e 1986. Nas bandas J,H,K,L (infravermelho próximo), ocorreu uma variação de um fator próximo a 2, com duração de um mês e um decréscimo em 10 μm e 20 μm de um fator próximo a 2. Na região milimétrica (mm) houve um decréscimo de um fator 4 e em rádio de um fator 2. Courvoisier et al. (1987) mostram que não há correlação entre os fluxos em raios X, no infravermelho e em comprimentos de onda milimétricos (Figura 4.18). Mas deve-se ressaltar que eles se basearam numa amostra muito pequena e que por conseguinte se houver alguma correlação esta pode ser perdida.

Courvoisier (1988), observaram variações por um fator 2 no fluxo infravermelho deste quasar no início de 1988, em escalas tão curtas quanto um dia. Em fevereiro de 1988 teve início a mudança do comportamento tanto em infravermelho quanto em óptica. A amplitude dos

eventos ópticos (filtro V) foi de 30 a 40%. Em comprimentos de onda maiores que $10 \mu\text{m}$ (Robson et al. 1986), registrou-se um decréscimo no fluxo por fatores de 2 a 4, no início de 1986. Houve também uma queda na emissão ultravioleta, de aproximadamente 40% num período de 6 meses, em 1987. (Courvoisier 1988).

Entre fevereiro e abril de 1988, cinco máximos foram registrados no fluxo V desta fonte. Um fato a observar é que 3C273 mostrou aumento de polarização por um fator próximo a 10, numa escala de tempo de dias. Isto contradiz evidências anteriores com respeito à ausência de polarização óptica, mas sugere que ocasionalmente se comporte como um objeto BL Lac. Observações diárias em torno de março de 1988, permitiram seguir a evolução espectral do evento. Em geral, foi visto que a distribuição de energia espectral torna-se mais inclinada quando o fluxo decresce e mais plana quando o fluxo aumenta, nesta faixa de frequências (Courvoisier, 1988).

Na Figura 4.19, é apresentado o comportamento temporal da banda V do espectro (Courvoisier, 1988) e sua correlação com os dados de 22 e 43 GHz no período 1985-1989. Nota-se que as flutuações observadas no infravermelho entre 1986 e 1987 são semelhantes às observadas em 22 GHz e 43 GHz no mesmo período. No óptico houve um acréscimo de aproximadamente 15% em 1986 e um decréscimo em seguida de 17% na densidade de fluxo, enquanto em 43 GHz e 22 GHz as amplitudes de variação foram bem maiores, tanto na subida do evento no início de 1987, quanto na sua descida. Este evento de 1988 será discutido qualitativamente na Seção 4.2.1.2.

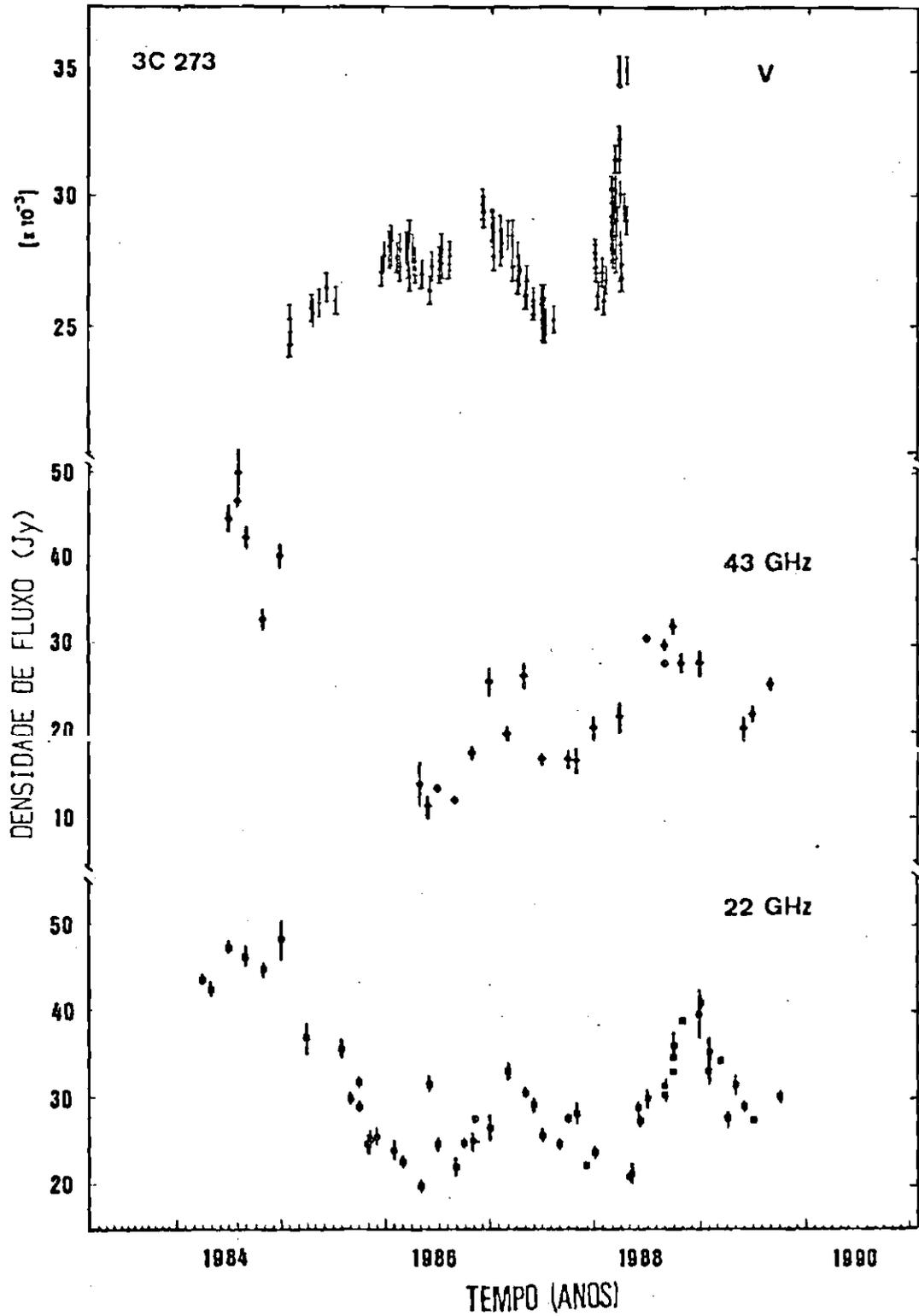


Fig. 4.19 - Comparação entre a banda V, 22 GHz e 43 GHz.

FONTE: Courvoisier (1988); Observatório do Itapetinga (1989)

Na Figura 4.20 tem-se o espectro de 3C273 entre 5 e 1000 GHz, em várias épocas, obtido da literatura, juntamente com as observações de 22 e 43 GHz. É observado que em frequências mais altas, a amplitude das mudanças na densidade de fluxo é maior, como por exemplo, no evento no infravermelho no início de 1983 ou o evento em 1 mm no final de 1980. O espectro no começo de 1982 e durante 1986 é muito similar na forma, entre 22 e 300 GHz. Pode-se constatar nesta Figura que a intensidade em 1982 é mais alta do que em 1986 por um fator 2. Os dados correspondentes a comprimentos de onda de 390 μm , 790 μm , 1100 μm , 1300 μm , 2000 μm e 3350 μm , estão relacionados a um período de intensa atividade de 3C 273.

4.2.1.1 - MODELO CANÔNICO E DE PERDA SINCROTRÔNICA

Uma comparação das observações com os modelos canônico e de perdas sincrotrônicas é feita, com o objetivo de se verificar se os dados são explicados por esses modelos.

No modelo canônico (Shklovsky, 1965; van der Laan, 1966; Pauliny-Toth e Kellermann, 1966), a evolução temporal de uma explosão é atribuída ao comportamento de uma nuvem de elétrons relativísticos que se expande uniformemente, com velocidade constante, sendo esta expansão simetricamente esférica, havendo perda de energia dos elétrons como consequência da expansão adiabática. Este modelo pode ser visto no Capítulo 2 com maior detalhe.

O modelo de perda sincrotrônica (Marscher e Brown, 1975) é uma ampliação do modelo canônico e considera que o mecanismo de perda de energia dos elétrons é a expansão adiabática, para elétrons abaixo de uma energia crítica e radiação sincrotrônica acima desta.

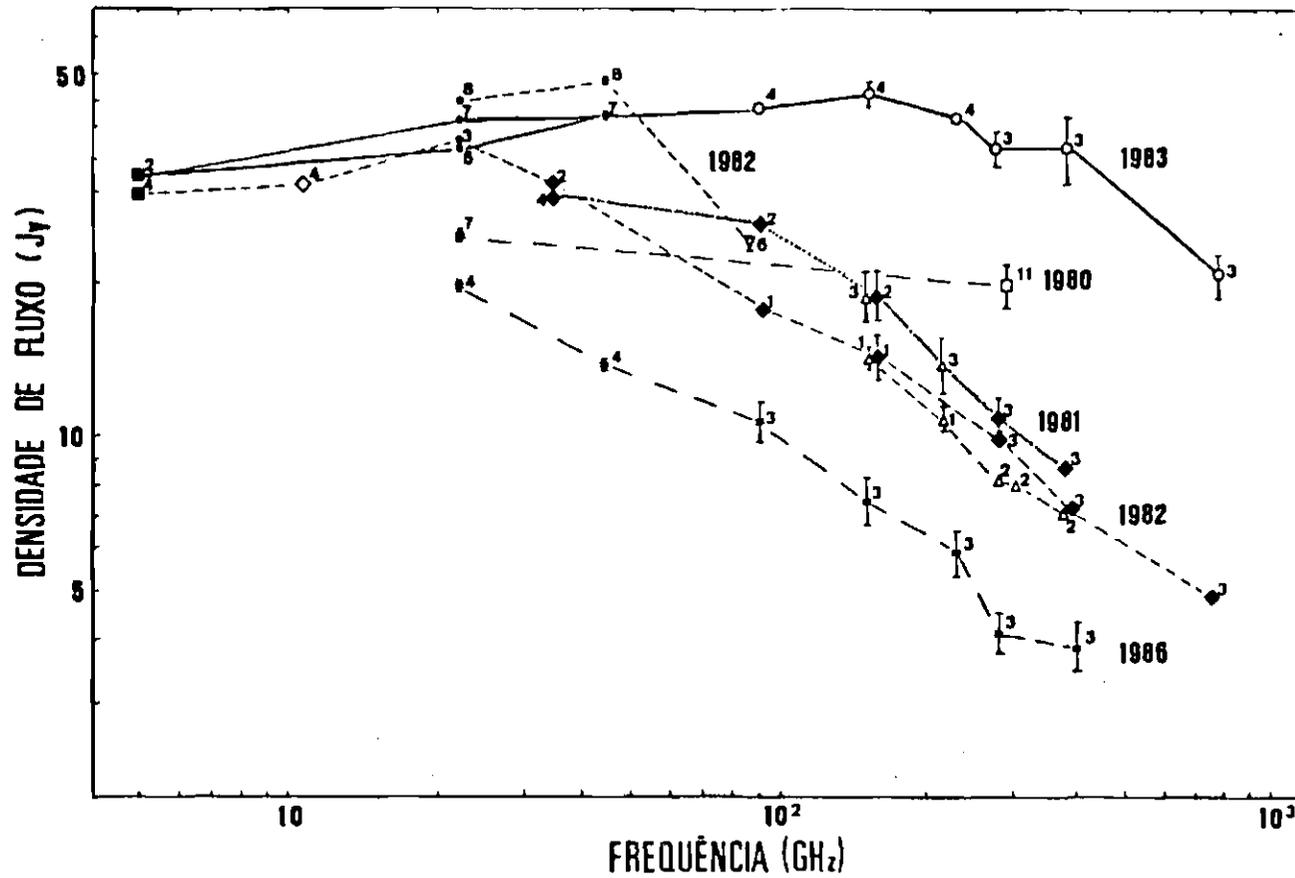


Fig. 4.20 - Espectro de 3C273 em diferentes épocas.

FONTE: Ennis et al. (1982); Clegg et al. (1983); Barvainis (1984); Gear et al. (1984); Robson et al. (1986) e Observatório do Itapetinga (1989).

Os números ao lado de cada ponto representam o mês de observação.

Ennis et al. (1982) e Altschuler e Wardle (1975) definem dois parâmetros para caracterizar a variabilidade de uma fonte, o parâmetro R_I que fornece a razão entre a intensidade de uma explosão em duas diferentes frequências:

$$R_I = \frac{\Delta S_{43}}{\Delta S_{22}} \quad (4.5)$$

onde:

$$\Delta S_{43} = S_{43}^{\max} - S_{43}^{\min}$$

$$\Delta S_{22} = S_{22}^{\max} - S_{22}^{\min}$$

onde S_{22}^{\max} , S_{43}^{\max} , S_{22}^{\min} e S_{43}^{\min} são as densidades de fluxo máximas e mínimas em 22 e 43 GHz.

O parâmetro R_t , que fornece a razão das diferenças de tempos de uma explosão em duas frequências distintas, sendo definido por:

$$R_t = \frac{t_{22} - t_0}{t_{43} - t_0} \quad (4.6)$$

onde t_{22} é o tempo para o qual a densidade de fluxo atingiu seu valor máximo e t_0 é o tempo do início da explosão em uma determinada frequência.

Os parâmetros R_I e R_t , para o modelo canônico, no qual se considera que a emissão é devida a uma nuvem de elétrons se expandindo uniformemente e emitindo radiação sincrotrônica são (Pauliny-Toth e Kellermann, 1966):

$$R_{IC} = \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right]^{\left(\frac{7s + 3}{4s + 6} \right)} \quad (4.7)$$

$$R_{tc} = \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right]^{\left(\frac{s + 4}{4s + 6} \right)} \quad (4.8)$$

onde s é o índice do espectro de energia dos elétrons relativísticos e λ_1 e λ_2 , são dois comprimentos de onda distintos.

Podem-se também obter os parâmetros $R_{IA,S}$ e $R_{tA,S}$ para o modelo de Marscher e Brown (1975), no qual o mecanismo de perda de energia é adiabático, abaixo de certa energia crítica e sincrotrônico para elétrons acima desta:

$$R_{IA,S} = \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right]^{\left(\frac{7s - 10}{4s + 2} \right)} \quad (4.9)$$

$$R_{tA,S} = \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right]^{\left(\frac{s + 5}{4s + 2} \right)} \quad (4.10)$$

Na Tabela 4.3, compara-se os resultados observacionais, com os modelos de Pauliny-Toth e Kellermann (1966) e Marscher e Brown (1975). Os valores de s foram calculados a partir da equação $\alpha = (s-1)/2$ ($S \propto \nu^{-\alpha}$)

com o índice espectral entre 43 e 22 GHz, correspondente à época em que ocorreu o evento.

TABELA 4.3

RESULTADOS DOS MODELOS CANÔNICO E DE PERDA SINCROTRÔNICA

ANO	R_I	R_t	R_{IC}	R_{tC}	$R_{IA,S}$	$R_{tA,S}$	s
1983	0,26	2,00	2,19	1,37	1,07	1,74	1,54
1984	2,33	0,29	2,19	1,37	1,07	1,74	1,54
1988	0,78	0,72	2,36	1,34	1,40	1,59	2,16

Pela análise da Tabela 4.3, pode-se concluir que não há possibilidade de se ajustar os dois parâmetros em nenhum dos dois modelos. De uma maneira geral os dois modelos não explicam os eventos observados. Deve-se considerar então modelos que levem em conta a dinâmica da expansão da nuvem de elétrons relativísticos, como o modelo de Marscher e Gear (1985).

4.2.1.2 - APLICAÇÃO DO MODELO DE MARSCHER E GEAR (1985) A 3C273

O quasar 3C273 possui um núcleo compacto em rádio e um jato com diversas componentes com velocidades aparentes entre 5 e 10c. As componentes classificam-se entre C1 a C8, sendo as primeiras mais distantes do núcleo (classificado como D) e as últimas mais próximas a ele. Essas estruturas variam suas posições com o tempo. A intensidade das componentes decresce de leste para oeste (núcleo para o jato) e o índice espectral também. Acredita-se que as componentes mais a oeste sejam mais velhas e tenham perdido fração significativa de sua energia. Observacionalmente, através de VLBI, para o

quasar 3C273, pode-se observar as componentes C3, C4, C5, C7, C8 e o núcleo em 10,7 GHz; em 22 GHz observa-se as componentes C7, C8 além do núcleo e em 2,3 GHz pode-se observar as componentes C1, C2, C3, C4 mais externas. Quanto maior for a frequência, estruturas mais internas podem ser observadas. Na Figura 4.21 mostra-se um mapa em VLBI feito na frequência de 10,7 GHz com resolução norte-sul (Cohen et al., 1987), onde as componentes C3, C4, C5, C7a, C7b e C8 podem ser vistas. Pode-se notar a presença da componente C8 próximo ao núcleo D em 1985,6. Em 1984,9 possivelmente esta componente já estivesse presente devido a forma alongada da componente D nesta época. As componentes C7a e C5 aparecem nos mapas correspondentes às épocas 1984,1, 1984,9, 1985,6. A componente C6 que não aparece aqui havia desaparecido em 1981.

Uma das principais questões que surgem no estudo da emissão de quasares é a correlação entre a variabilidade em diferentes frequências. As observações de VLBI mostram que em 3C 273, a emissão em 10,7 GHz é o resultado da superposição de várias componentes opticamente finas, enquanto a emissão em 22 GHz se origina no núcleo e talvez em algumas componentes compactas, que são opticamente espessas em 10,7 GHz (Unwin et al., 1985). É possível relacionar as observações em 22 GHz e 43 GHz com estruturas detalhadas em VLBI em frequências mais baixas. Primeiramente deve-se notar que a taxa de ocorrência de nós superluminais é aproximadamente uma por ano (Unwin et al., 1985; Cohen et al., 1987), similar ao período de variabilidade encontrado nas observações de 22 GHz. O aumento na densidade de fluxo em 22 GHz entre 1980 e 1982 pode estar relacionado com o aumento da densidade de fluxo do núcleo em 10,7 GHz entre 1981,1 e 1982,1 (Unwin et al., 1985).

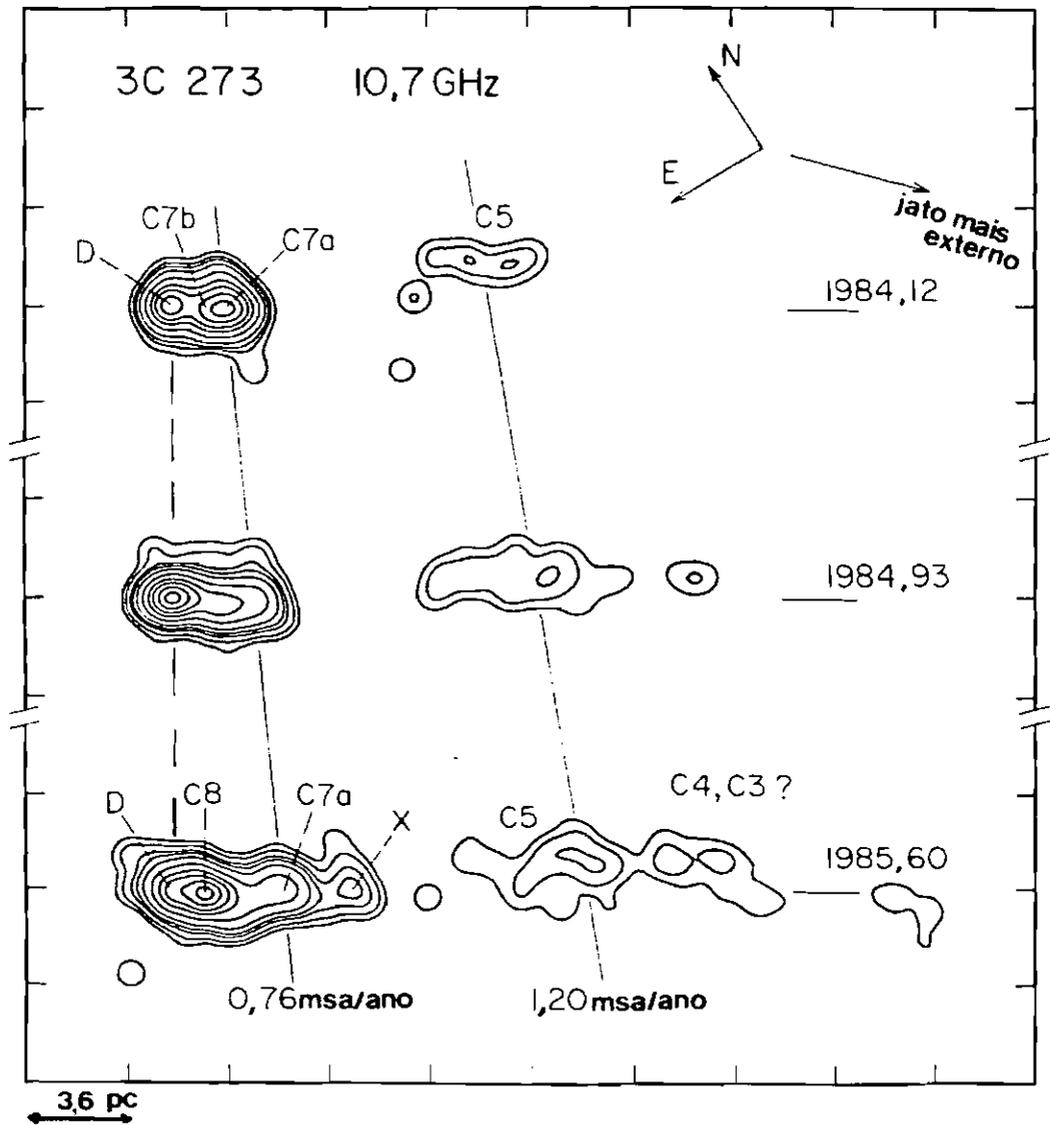


Fig. 4.21 - Mapas de 3C273 em 10,7 GHz.

FONTE: Cohen et al., (1987), p. 190.

A explosão ocorrida em 1983 em comprimentos de onda infravermelho e milimétrico (Robson et al., 1983), evoluiu para as frequências de 90, 24 e 22 GHz (Figura 4.17).

Para se obter uma representação qualitativa da propagação da explosão em diferentes frequências, será analisado em detalhes o evento com início em 1 de fevereiro de 1983 (Marscher e Gear, 1985). Pela Figura 4.17, pode-se estimar que o máximo na intensidade em 90 e 22 GHz ocorreu 70 e 290 dias mais tarde, respectivamente. Esses valores não são muito precisos, pois o espectro contém outra componente, com densidade de fluxo em decréscimo, durante a evolução do evento. Por esta razão, a amplitude do mesmo não pode ser determinada com precisão, mas 30 Jy para 90 GHz e 15 Jy para 22 GHz representa um limite inferior. Marscher e Gear (1985), adotaram amplitudes de 14 Jy e 26 Jy para as frequências de 370 GHz e 300 GHz, respectivamente, baseados no espectro não perturbado de Clegg et al. (1983).

Nota-se um aumento da amplitude do evento com o decréscimo da frequência de máximo, pelo menos nas frequências acima de 90 GHz. Este comportamento foi explicado por Marscher e Gear (1985) no modelo de onda de choque se propagando num jato relativístico. Quando as perdas compton dos elétrons relativísticos dominam sobre as perdas sincrotrônicas ou radiativas, é possível explicar o aumento observado na densidade de fluxo com o decréscimo na frequência de máximo. Entre 90 GHz e 22 GHz a amplitude da explosão decresceu e provavelmente nesta época haja o domínio das perdas sincrotrônicas.

No Capítulo 2 foi apresentado o modelo de onda de choque desenvolvido por Marscher e Gear (1985). Este modelo será aplicado a seguir para 3C273.

Se for assumido que a onda de choque (Capítulo 2) se propague em velocidade constante, o raio do choque poderia ser de 3,9 pc e 7,5 pc, quando a frequência do máximo fosse 90 e 22 GHz, respectivamente. Assume-se para isso $\Gamma_S \sim 7$, $\delta_S \sim 9$ e a diferença de tempo entre 90 e 22 GHz de aproximadamente 3 meses.

Como pode ser visto no Capítulo 2 com mais detalhe a relação entre a amplitude do evento e a frequência máxima é dada por:

$$S \propto \nu_m^{-y} \quad (4.11)$$

onde:

$$y = \frac{(2s - 5)(2 + 3a)}{4(s + 2) + 3a(s-1)} \quad (4.12)$$

Quando as perdas sincrotrônicas dominam, a frequência do máximo depende do raio da região onde há o choque:

$$\nu_m = R^x \quad (4.13)$$

onde:

$$x = \frac{4(s + 2) + 3a(s - 1)}{3(s + 5)} \quad (4.14)$$

Das observações obtém-se $x=1,4$ e $y=0,3$, que fornecem $s=3,2$ e $a=2$. Este valor de a , é maior do que o considerado por Marscher e Gear (1985) e indica se o modelo estiver correto, que o campo magnético decresce mais rapidamente com a distância ao centro da fonte.

Extrapolando o modelo, quando a frequência do máximo for 10,7 GHz, a distância do choque à origem será de aproximadamente 10 pc. Este choque atingirá este ponto 266 dias após o começo da explosão, ou seja em outubro de 1983. O nó C7, detetado pela primeira vez em 1984,1 em 10,7 GHz (Biretta et al., 1985) poderia ser o resultado do evento milimétrico e infravermelho de 1983.

Da mesma forma pode-se seguir a evolução da componente que tem um máximo em 43 GHz por volta de julho de 1984 e em 22 GHz em dezembro do mesmo ano. Se são assumidos os mesmos valores de a e s anteriores, conclui-se que a intensidade máxima em 43 GHz ocorreu aproximadamente 280 dias após o começo do evento. Extrapolando para 10,7 GHz, o máximo no espectro poderia ocorrer 160 dias depois do máximo detetado em 22 GHz. A componente C8 detetada em 1985,6 (Cohen et al., 1977) poderia corresponder a esta fonte.

A explosão que ocorreu em fevereiro de 1988 em óptica (Courvoisier, 1988), também pode ser analisada em mais detalhes. Da Figura 4.19 pode-se notar que existe uma boa correlação entre os dados na banda V e no rádio, tanto no evento mais forte no início de 1988 como nas oscilações anteriores. Deve ser enfatizado que fenômenos deste tipo com correlação óptica-rádio são mais comuns em objetos BL Lacertae e não em quasares. Esta é a primeira vez em que se deteta oscilações em 3C273 com boa correlação óptica-rádio.

Para se ter uma idéia mais concreta do comportamento da densidade de fluxo nas diversas frequências, foi calculado o coeficiente de correlação cruzada. Para a obtenção de dados igualmente espaçados interpolou-se as densidades de fluxo em 22 e 43 GHz e ajustou-se uma curva suave aos pontos fortemente

variáveis e mais frequentes em óptica. Encontrou-se uma boa correlação entre 22 GHz e óptica, com coeficientes de correlação de 0,71 e com um atraso de aproximadamente 8 meses. O forte evento em óptica no início de 1988 dominou a correlação cruzada, sendo assim, foi determinado outro coeficiente sem utilizar o evento. O resultado foi um coeficiente de correlação menor ou seja, aproximadamente 0,53, com um atraso de 3 meses. Através de uma inspeção visual na Figura 4.19 pode-se também observar que existe um atraso de 3 a 4 meses no evento principal de 1988 entre 22 e 43 GHz. Para as oscilações antes do evento principal encontrou-se um coeficiente de correlação de aproximadamente 0,74 com um atraso de 1,4 meses. Analisando-se o evento principal através do modelo de Marscher e Gear (1985) pode ser obtido um atraso de aproximadamente 4 meses entre 22 e 43 GHz, que está de acordo com o observado na Figura 4. 19. Este atraso pode ser obtido quando $s = 2,4$ e $a = 1$.

4.2.2 - 3C 454.3

3C 454.3 possui um deslocamento para o vermelho de 0,859, sendo um quasar com fenômenos explosivos violentos tanto em óptica como em comprimentos de onda centimétricos e decimétricos.

O programa de observação de 3C454.3 em 22 GHz teve início em novembro de 1983, um pouco antes desta entrar em atividade pela segunda vez. O primeiro evento se deu no período 1981-1983.

Na Figura 4.22 é mostrado a evolução do evento em 22 e 24 GHz utilizando os radiotelescópios do Itapetinga, da Criméia e de Metsahovi. Na Figura 4.23, pode-se verificar a evolução do evento de 1981-1983 em diversas frequências. O primeiro evento ocorreu em

setembro de 1981, em 22 GHz, atingindo uma densidade de fluxo máxima de aproximadamente 18,4 Jy. Considerando a fase quiescente desta fonte, a amplitude do evento foi de 12 Jy, nesta frequência.

Salonen et al. (1987), observando em 36,8 GHz, registraram a explosão com amplitude aproximada de 5,5 Jy, em junho de 1981. O evento foi observado em 14,5 GHz, com amplitude de aproximadamente 12 Jy, em 8 GHz com a mesma amplitude, em 2,3 GHz com amplitude de 5 Jy, em 4,8 GHz com amplitude de 9 Jy aproximadamente, em 2,3 GHz com amplitude de 5 Jy, em setembro, dezembro de 1981, fevereiro de 1982 e dezembro de 1982, respectivamente (Aller et al., 1985). Possivelmente este evento tenha se propagado para 0,4 GHz, mas não existem dados após dezembro de 1982. (Padrielli et al., 1986).

A duração aproximada do evento 1981-1983 foi de 3 anos em 22 GHz, 4 anos em 14,5 GHz, 8 GHz e 4,8 GHz. Os dados de 36,8 GHz, 22 GHz, 14,5 GHz, 8 GHz e 4,8 GHz, mostram a existência de estruturas, sugerindo a presença de várias componentes (Figura 4.23).

A Figura 4.24 mostra o comportamento de 3C454.3 em óptica (Webb et al., 1988) e 22 GHz (Itapetinga e Salonen et al., 1987). Nota-se que em óptica houve um aumento de densidade de fluxo em 1979 e a partir de 1980 houve um decréscimo desta com flutuações ao longo do tempo. Em 22 GHz o aumento da densidade de fluxo começou em 1980, atingindo seu máximo em 1981, com flutuações na densidade de fluxo também presentes. A partir de 1982 ocorre um aumento da densidade de fluxo em óptica, atingindo em 1985 valores semelhantes ao período 1979-1980. Em 22 GHz o retorno à densidade de fluxo correspondente ao evento de 1981 não ocorre. Neste caso é muito difícil dizer que houve correlação entre as duas

freqüências, reforçado pelo fato de nas duas freqüências o máximo do evento estar deslocado de aproximadamente 2 anos.

Através do espectro de 3C454.3 para o período 1979-1982 (Figura 4.25), pode ser verificado um aumento de um fator 2 em 1980,5 na faixa de 20 a 100 GHz com relação a 1979, considerado como a fase quiescente desta fonte. A Figura sugere um deslocamento da freqüência de máximo do espectro, que passou de 30 GHz para 8 GHz entre 1980,5 e 1981,04. Em 1981,8, 3C454.3 apresentou uma variação de um fator próximo a 3 com relação a 1979, na faixa de 8 a 100 GHz. As formas do espectro em 1981,04 e 1981,8 são bem semelhantes, na faixa de 10 GHz a 100 GHz.

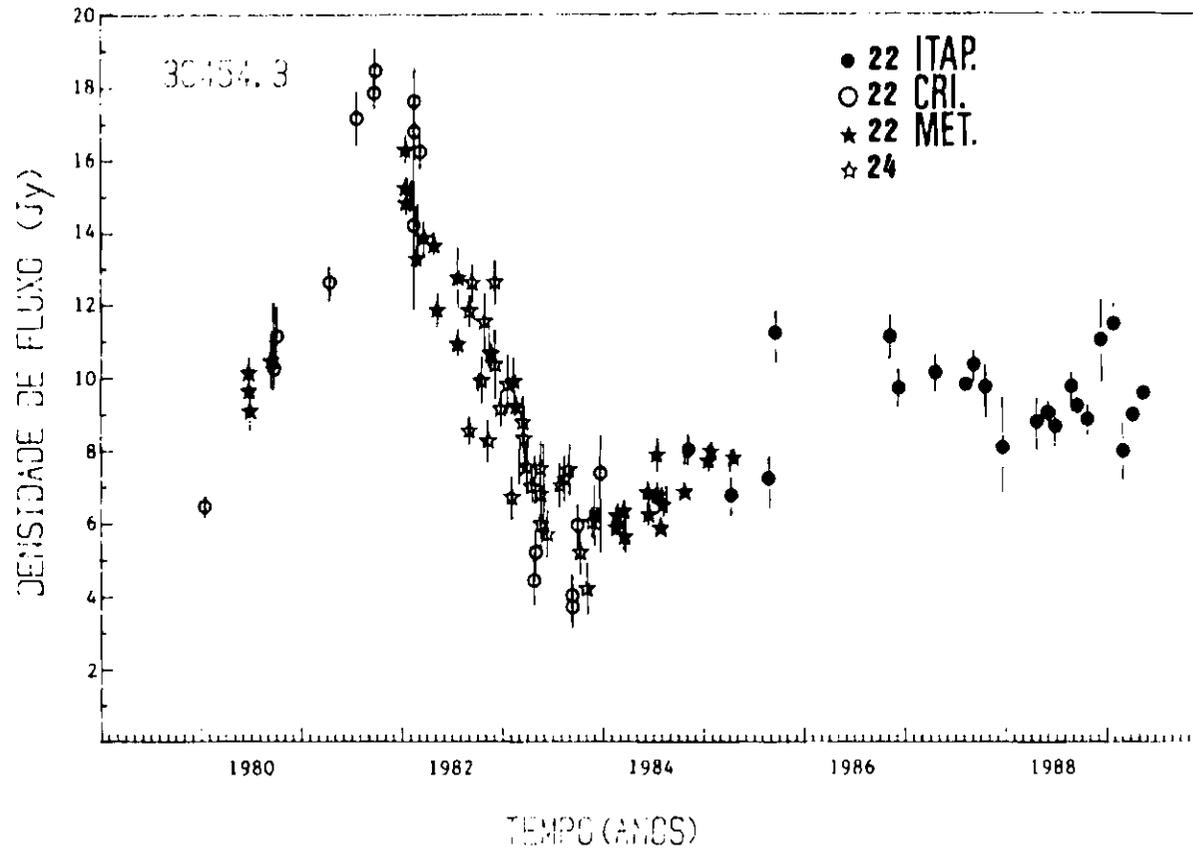


Fig. 4.22 - Comparação entre 22 GHz e 24 GHz

FONTE: Haddock, 1984; Salonen et al. (1987) e Observatório do Itapetinga (1989).

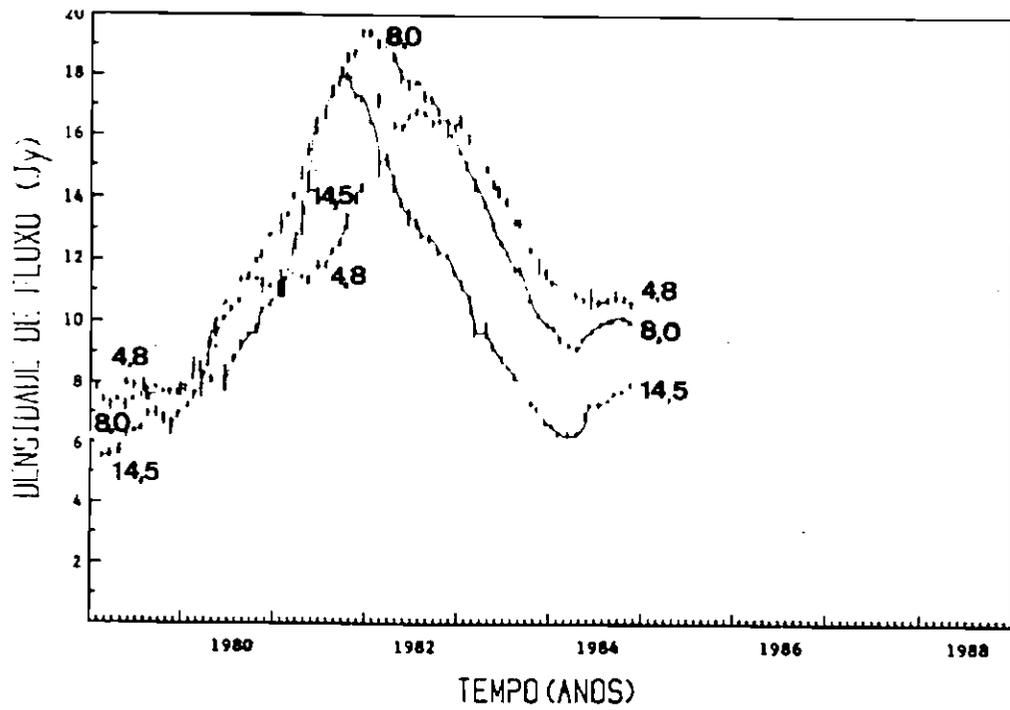
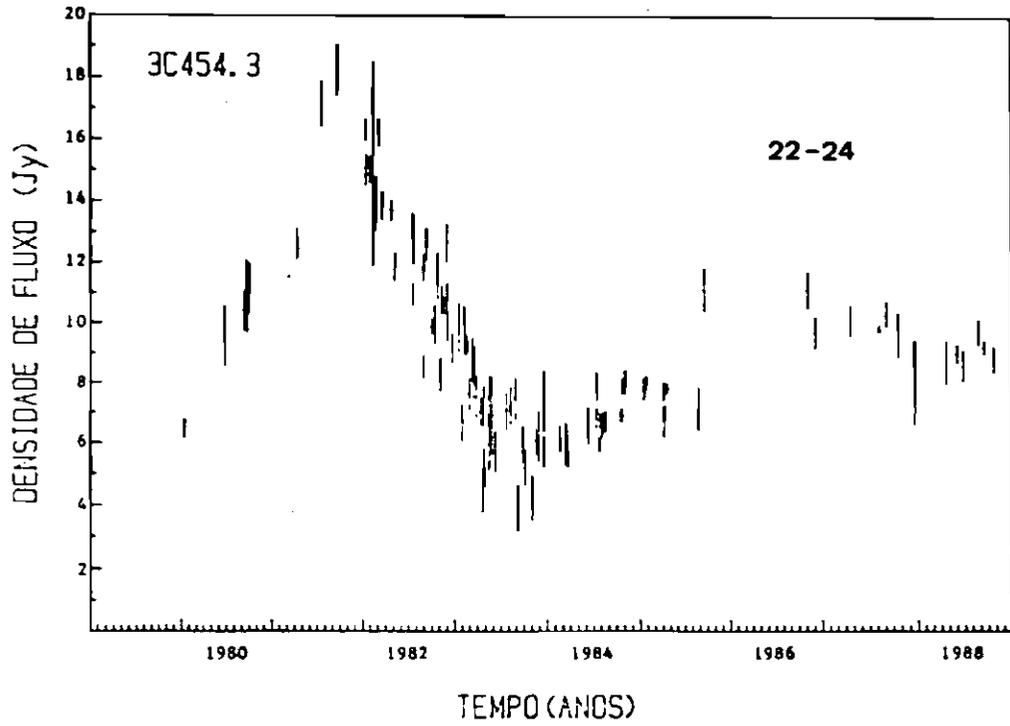


Fig. 4.23 - Comportamento de 3C454.3 em 4,8, 8,0, 14,5, 22,0 e 24 GHz.

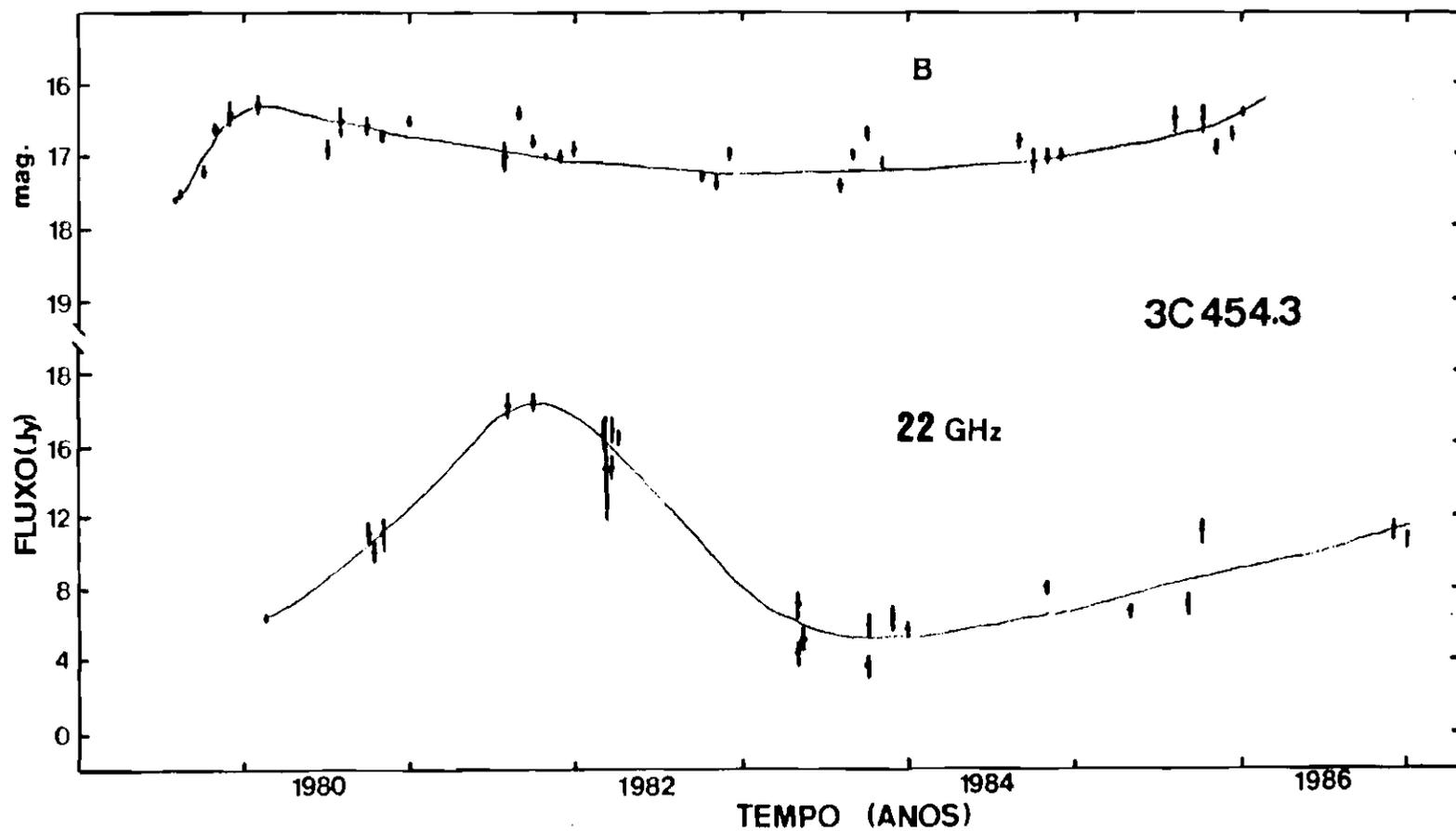


Fig. 4.24 - Evolução temporal de 3C454.3 em óptica e 22 GHz.

FONTE: Webb et al., 1988; Salonen et al. (1987) e Observatório do Itapetinga, (1989).

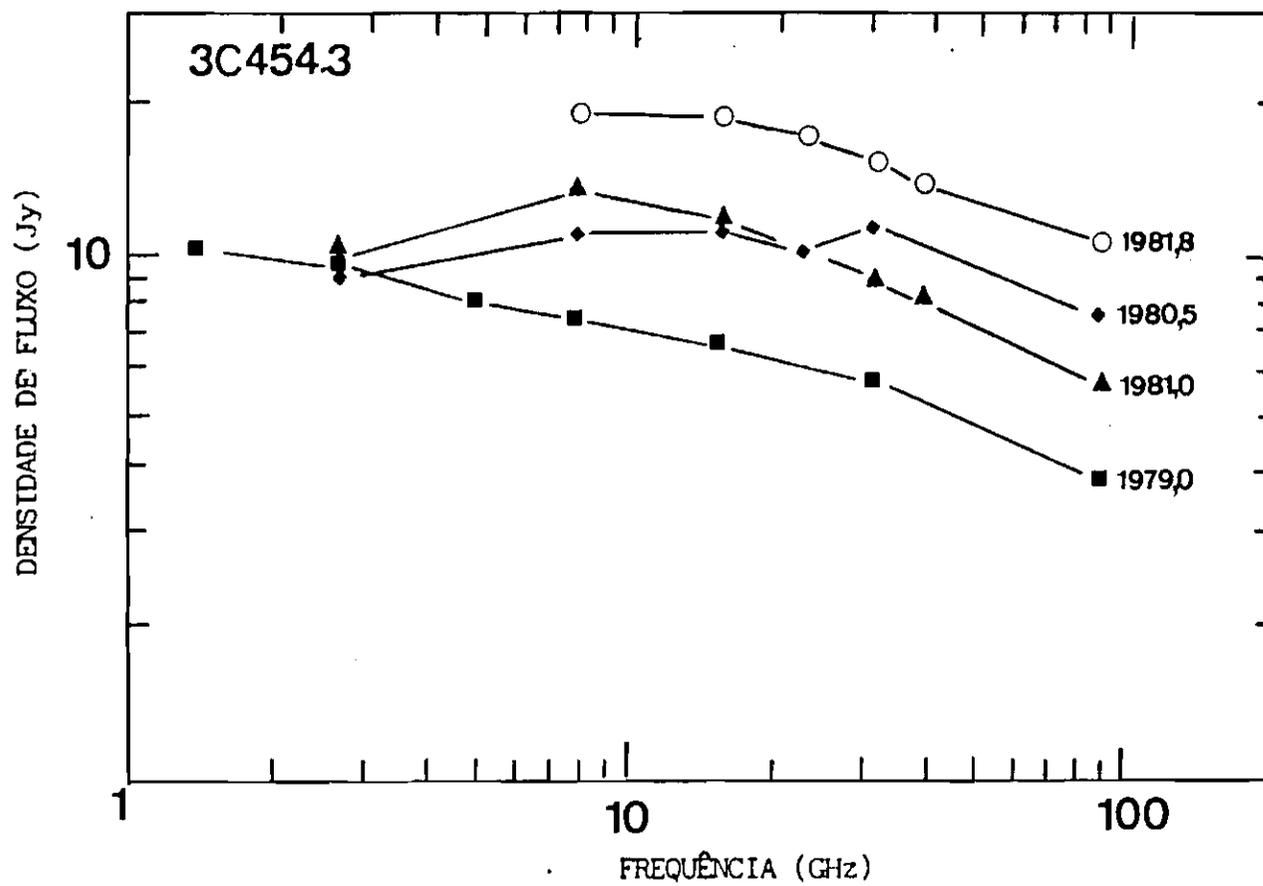


Fig. 4.25 - Espectro de 3C454.3 em diferentes épocas.

FONTE: O'Dea et al. (1983), Salonen et al. (1987) e Observatório do Itapetinga (1989).

4.2.2.1 - ASSOCIAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL COM
ESTRUTURAS DE VLBI

Mapas em VLBI em 1,7 GHz, (Pauliny-Toth, 1986) mostram um jato com cerca de 180 pc (20 msa) de comprimento, com ângulo de posição de -65 graus próximo ao núcleo e -53 graus no seu final. Em 5 GHz o jato possui 90 pc (10 mas) (Pauliny-Toth, 1986). A Figura 4.26 mostra a evolução morfológica deste quasar entre 1981.4 e 1985.9, em 10,7 GHz (Pauliny-Toth, 1986). Os mapas correspondentes às épocas 1981.4 e 1982.1, não apresentam variações morfológicas. O núcleo se encontra pouco resolvido, mas nessas duas épocas os dados são bem ajustados por uma componente não resolvida de $\leq 1,8$ pc (0,2 mas) e uma componente maior de aproximadamente 5 pc (0,5 mas) de diâmetro. Entre 1981,4 e 1982,1 a densidade de fluxo da região nuclear aumentou cerca de 2,0 Jy, devido à componente maior que se abrihantou em aproximadamente 50%. Em 1983,8, surgiram outras duas componentes em 10,7 GHz. Nesta época o núcleo torna-se alongado com um ângulo de posição de -95 graus. A separação entre as duas componentes extremas é cerca de 9 pc (1 mas). A cinemática deste quasar parece ser muito mais complexa do que para fontes superluminais clássicas. As componentes 2, 3 e 4 tem velocidades $\geq 10c$, $28c$ e $40c$, respectivamente. A componente 1 é o núcleo e as demais 2, 3 e 4 são as que aparecem na Figura 4.26, sendo a componente 4 a mais distante (localizada a oeste). No mapa de 1984,1, a componente 4 se separa da componente 1 a 19 c. Em 1984,9 a componente 5 é visível e possui uma velocidade de expansão semelhante à componente 4. Após 1984,9, desaparecem as componentes mais externas, sendo que a componente 2 torna-se cada vez mais fraca. Mas apesar da diluição das componentes mais externas, há um abrihantamento crescente na componente nuclear a partir de 1984,1.

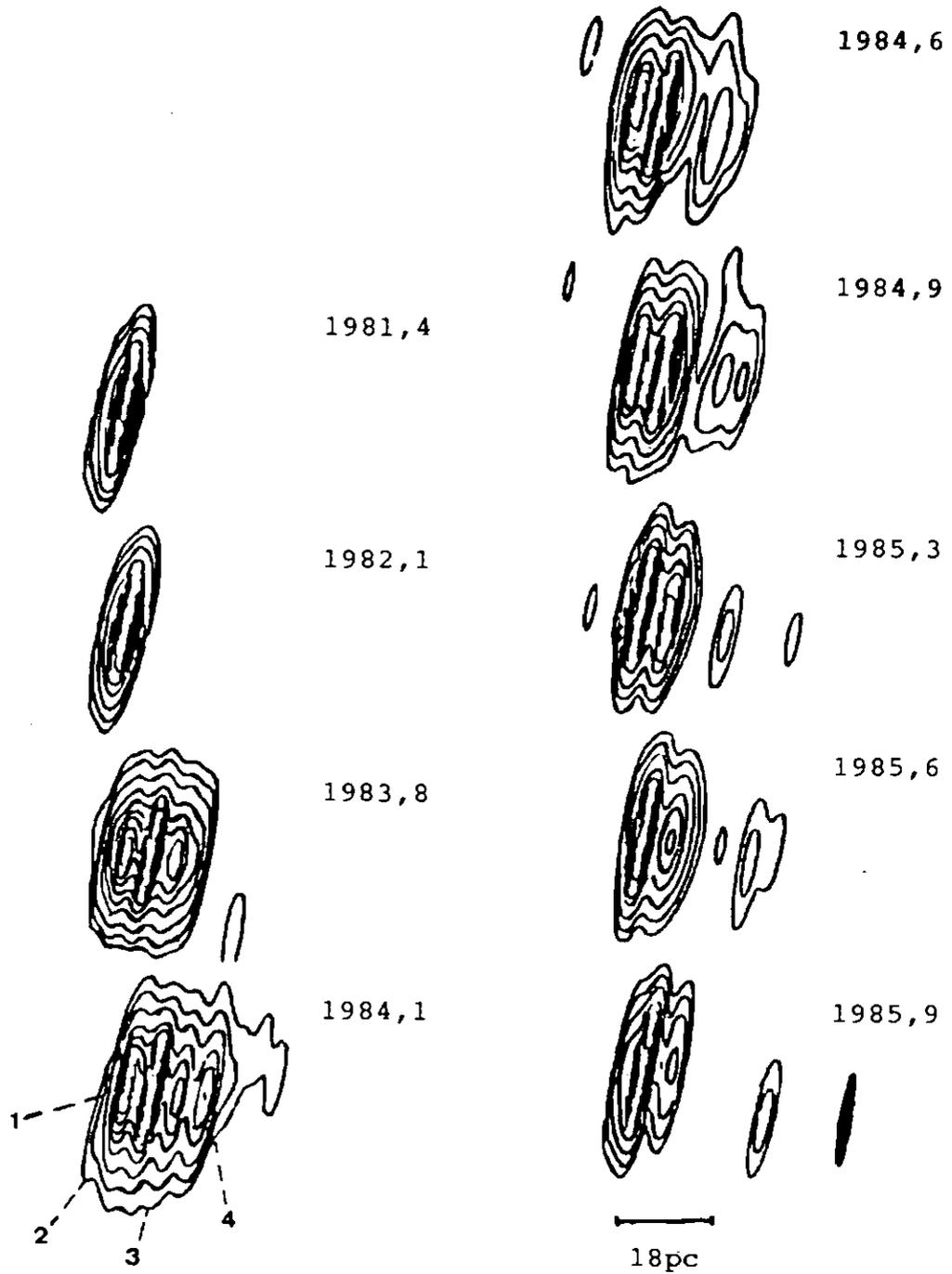


Fig. 4.26 - Evolução morfológica do quasar 3C454.3 em 10,7 GHz.

FONTE: Pauliny-Toth (1986), p. 297.

3C454.3 é considerada uma fonte superluminal não clássica, pois após uma rápida expansão aparente com velocidade $\geq 30c$, segue-se um período em que algumas componentes são estacionárias e outras viajam em velocidades aparentes maiores que $20c$.

No estágio inicial de expansão, movimentos relativísticos são necessários e através dos modelos de jatos são necessários fatores de Lorentz maiores que 30 e ângulos entre a linha de visada e o jato menores que 2 graus. Pauliny-Toth (1986) interpretou as estruturas em 10,7 GHz como regiões de emissão, causadas por choques estacionários. O fluido relativístico excita choques em distâncias progressivamente maiores do centro de atividade. Isto está de acordo com o modelo de Marscher e Gear (1985) discutido no Capítulo 2 e aplicado para 3C273.

Com o objetivo de se aplicar o modelo de Marscher e Gear (1985) ao evento de 1981 os parâmetros x e y foram obtidos dos dados observacionais. Desta forma tem-se $x = 1,2$, $y = 0,38$ que fornecem $a = 1$ e $s = 3,6$.

Padrielli et al. (1986) observaram 3C454.3 em 1,7 GHz em 1980,1 e 1981,8. Através dos mapas de VLBI nesta época foi estimado um fator de Lorentz de aproximadamente 11. Aplicando-se o modelo descrito no Capítulo 2, utilizando-se os parâmetros acima e considerando $\delta_s = \Gamma_s = 11$, pode-se estimar a distância do choque à origem em torno de 3,5 pc, em 22 GHz e 8,4 pc em 8 GHz. Considera-se nesses cálculos uma velocidade de propagação da onda de choque constante. Extrapolando o modelo de Marscher e Gear (1985), para a frequência de máximo de 10,7 GHz, estima-se a distância do choque em 6,6 pc aproximadamente e o intervalo entre os eventos entre 22 GHz e 10,7 GHz cerca de 1,8 meses. O evento que ocorreu em 22 GHz em setembro de 1981, será observado em

10,7 GHz em novembro de 1981, como pode ser visto na Figura 4.23, extrapolando-se o máximo do evento entre 8 e 14,5 GHz. Em 4,8 GHz a distância do choque será de 12,8 pc, sendo que a diferença entre os eventos entre 14,5 e 4,8 GHz será de 5 meses, o que está de acordo com as observações, onde os máximos do evento ocorreram em setembro de 1981 e fevereiro de 1982, nas frequências de 14,5 e 4,8 GHz, respectivamente. Em 14,5 GHz a distância será de 5pc aproximadamente e a diferença entre 10,7 GHz e 4,8 GHz será de 4 meses. Isto impõe como época do máximo do evento em 10,7 GHz o mês de outubro de 1981. Observando-se a Figura 4.26 pode-se notar que para a frequência de 10,7 GHz o valor previsto de 6,6pc é compatível com as escalas encontradas nos mapas de 1981,4 e 1982,1, porém não houve mudanças nas estruturas nesta época. Esperava-se pela análise da Figura 4.23, onde aparece um evento em 8 GHz, uma mudança nos mapas. Esta mudança somente ocorreu a partir de 1983,8 nos mapas de VLBI em 10,7 GHz. Em 22 GHz pode-se notar um aumento na densidade de fluxo a partir de 1983, sugerindo uma certa correspondência entre o evento no contínuo e as variações morfológicas desta fonte.

Concluindo, pode-se dizer que o modelo de Marscher e Gear (1985) explica razoavelmente o evento 1980-1982 ocorrido em 3C454.3 no contínuo, em diversas frequências, mas apresenta algumas dificuldades para explicar a não variação das estruturas entre 1981 e 1982. No entanto o aparecimento de estruturas em VLBI após 1983 e o aumento da densidade de fluxo nesta época em 22 GHz, sugerem uma certa ligação entre as variações no contínuo e os mapas.

4.2.3 - CENTAURUS A

Centaurus A é uma radiogaláxia do tipo E0, cuja distância está compreendida entre 4 a 5 Mpc, possuindo um núcleo de dimensões menores que 10^{-3} (Kellermann et al., 1975) que emite em todo o espectro eletromagnético (Price e Stull, 1973), lóbulos internos cuja separação angular situa-se em torno de $3,5'$ (Wade et al., 1971), como pode ser visto na Figura 4.27 e lóbulos externos cuja separação angular é de aproximadamente 10° (Cooper et al., 1965).

Na Figura 4.28 (Burns et al., 1983) pode-se observar o jato, também presente em Centaurus A. Este pode ser subdividido em diversos nós: A1, A2, A3 e A4, que compõem o nó A (observações em 4,9 GHz). Em VLA foram descobertos outros nós como o B, C, D, E, F, além de uma pequena extensão N1 (Figuras 4.27 e 4.28). O ângulo de posição desse jato é aproximadamente 55° . Este jato apresenta moderado grau de polarização em 5 GHz e não é polarizado em 1,5 GHz (Burns et al., 1983).

O tamanho do jato nuclear em VLBI é de aproximadamente 1pc, num ângulo de posição de $30^{\circ} \pm 20^{\circ}$, consistente com a estrutura N1 observada em VLA (Figura 4.28). O núcleo possui espectro invertido com índice espectral de $-0,55$. Há indícios de uma diferença de índice espectral que varia de 0,48 no nó A1 a 0,72 no nó B (Preston et al., 1983).

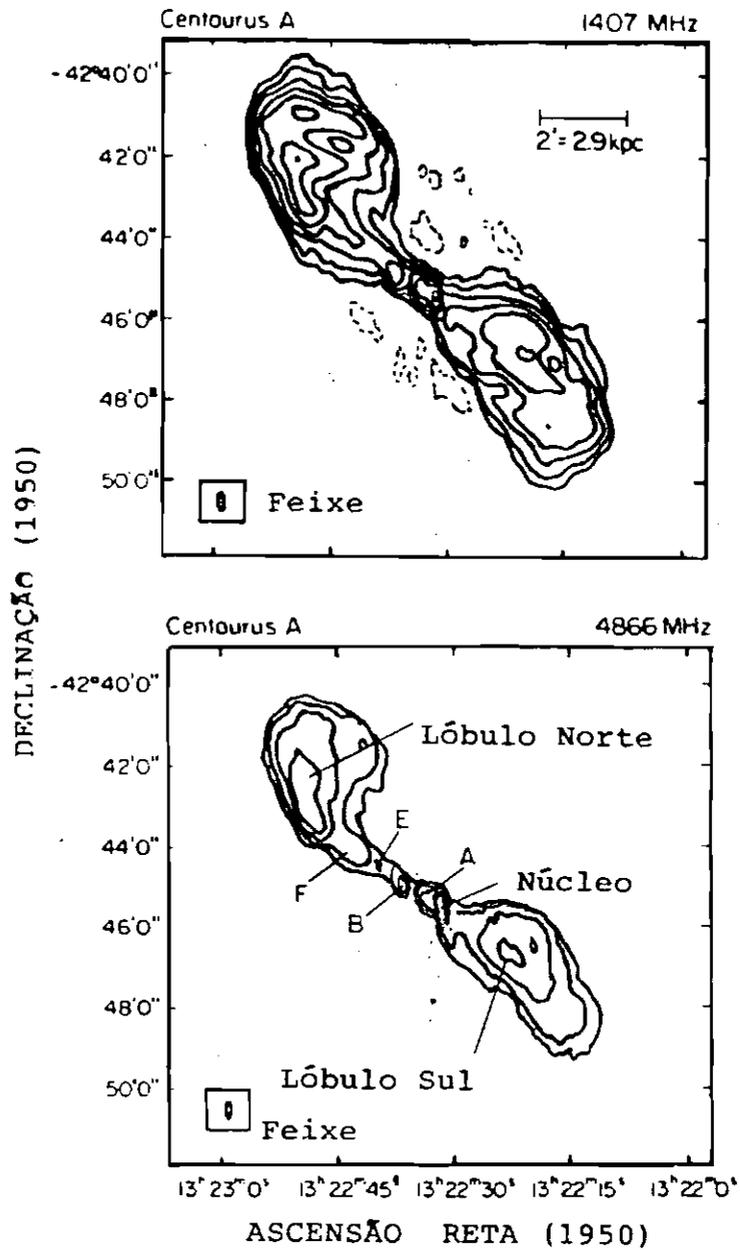


Fig. 4.27 - Mapas em VLA de Centaurus A em 1,4 e 4,8 GHz.

FONTE: Burns et al. (1983), p. 130.

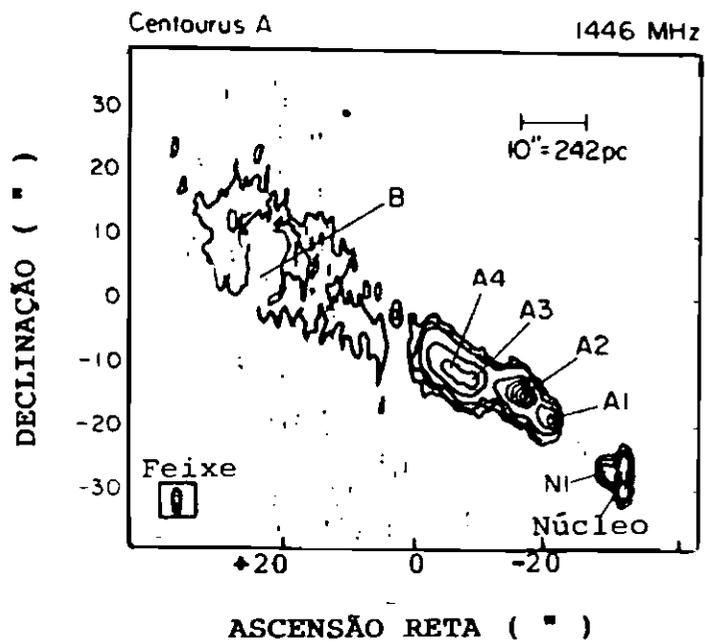


Fig. 4.28 - Jato de Centaurus A em 1,4 GHz, mostrando os diversos nós.

FONTE: Burns et al. (1983), p. 133.

Foram descobertas 3 regiões de emissão óptica intensa no jato interno. Duas regiões coincidem com nós em rádio e raios-X. A terceira região está situada entre essas duas e é coincidente com uma zona entre nós, com baixa brilhância, tanto em mapas rádio como em raios-X (Brodie et al., 1983). Uma região com linhas de emissão e radiação contínua se situa a 275 pc do núcleo e coincide com os nós rádio A1 e A2. Os nós A3 e A4 estão em uma camada de poeira e são completamente obscurecidos em óptica. A 1 Kpc do centro existe uma região que possui apenas emissão em linha, situando-se entre os nós rádio A e B. Finalmente a 1,8 Kpc do núcleo existe uma condensação compacta óptica, que é coincidente ao nó B, com 650 pc de tamanho (Brodie et al., 1983). Schreier et al. (1979), observaram NGC 5128 com o imageador de alta resolução (HRI), o contador proporcional de imagem (IPC) e o contador proporcional de monitoramento (MPC), a bordo do observatório Einstein. As imagens da região central mostraram um alinhamento dos jatos rádio, raios-X e óptico.

Na Figura 4.29 é mostrado o mapa de Cen A feito em 22 GHz (Tateyama, 1982) utilizando-se o radiotelescópio do Itapetinga. Desta Figura pode-se ver a região estudada para esta tese nesta frequência, notando-se o núcleo superposto a um dos lóbulos.

Com o objetivo de se aplicar um modelo que explique as variabilidades em raios-X e rádio e possível correlação dessas frequências, faz-se uma descrição do comportamento de Cen A em termos de variabilidade.

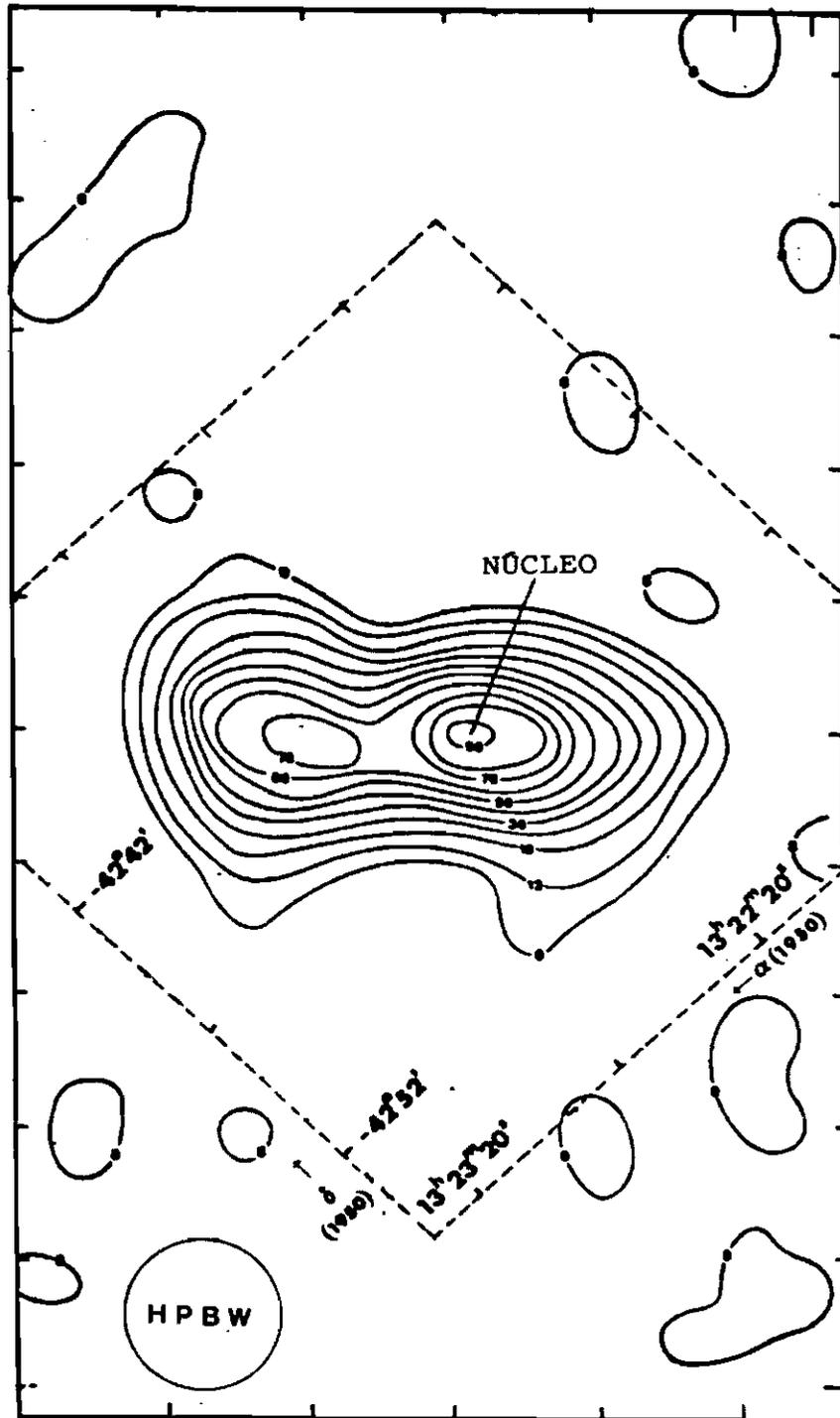


Fig. 4.29 - Mapa de Centaurus A em 22 GHz obtido no radiotelescópio do Itapetinga.

FONTE: Tateyama (1982), p. 34.

Foi detetado um aumento de emissão de Cen A em 1973 em raios-X por Winkler Jr. e White (1975), a 9 de abril, através do satélite OSO7. Houve um súbito aumento de intensidade de um fator $1,8 \pm 0,2$ em 6 dias. Entre 28 de março a 7 de abril foi detetado um aumento de um fator $3,5 \pm 0,6$ pelo satélite VELA 5B (Terrell, 1986). Davison et al. (1975) detetaram o evento com o satélite Copernicus em 25 de junho de 1973 e a partir de então Centaurus A permaneceu ativo durante 3 anos, apresentando flutuações em seu fluxo que foram registradas por Lawrence et al. (1977), Mushotzky et al. (1978), Delvaille et al. (1978). Em 1976 Centaurus A voltou ao seu estado de baixa atividade, permanecendo assim até 1979, quando outro evento foi detetado em raios-X (Feigelson et al., 1981 e Terrell, 1986). Segundo Schreier et al. (1979), a maior parte do fluxo observado veio de uma fonte pontual no núcleo de Centaurus A.

Centaurus A tem sido estudada desde 1974 em 22 GHz, com o radiotelescópio do Itapetinga, mostrando desde então um comportamento bem variável (Kaufmann et al., 1977). Entre 1974 e 1980 existem observações tanto em rádio quanto em raios-X, que mostram o aumento de atividade desta galáxia (Kaufmann et al., 1977; Kaufmann e Raffaelli, 1979; Kaufmann et al., 1981; Abraham et al., 1982).

Após sua fase ativa em 1974 em 22 GHz, Centaurus A atingiu sua fase quiescente no final de 1976, com decréscimo cerca de 32% de sua densidade de fluxo (Figura 4.30). Entre dezembro de 1976 e julho de 1977, apresentou flutuações com amplitudes cerca de 18%, quando ocorreu novo evento em junho de 1978, com amplitude aproximada de 33%, mas cerca de 9% abaixo do pico do evento anterior. Após o evento de junho de 1978, houve um decréscimo cerca de 14% na densidade de fluxo até final de

1979 (Abraham et al., 1982). O evento de 1979-1982 foi o mais forte registrado em 22 GHz, tendo a densidade de fluxo variado cerca de 44% em 8 meses. De novembro de 1979 a novembro de 1982, Centaurus A permaneceu em sua fase de densidade de fluxo alta, tanto em 22 GHz quanto em 43 GHz.

Em 43 GHz pode-se perceber o aumento de densidade de fluxo entre 1978 e 1982, sendo que entre essas duas épocas houve uma variação de aproximadamente 100%, na subida do evento e cerca de 150% na descida, o que supera as taxas de variação observadas em 22 GHz (Figura 4.30). Infelizmente não se tem muitos dados em 43 GHz neste período como em 22 GHz e é difícil saber a época de início de evento nesta frequência.

Em 31 e 10,7 GHz ocorreram explosões em dezembro de 1975 e janeiro de 1976, respectivamente (Beall et al., 1978), sugerindo uma correspondência com o evento 1974-1975 em 22 GHz (Figura 4.30), mas com menores amplitudes para as primeiras frequências.

Devido à escassez dos dados em 1975 em 22 GHz, não foi possível determinar o máximo do evento com precisão nesta frequência, mas através dos dados de 10,7 GHz e 31,4 GHz (Beall et al., 1978) e considerando que haja uma evolução do evento nas diversas frequências, este máximo deve ter ocorrido próximo a janeiro de 1976.

No final de 1983, Centaurus A atingiu sua fase de menor densidade de fluxo, tanto em 22 GHz quanto em 43 GHz. A partir desta época, Centaurus A apresentou flutuações em torno de 10 a 30 % em 22 GHz e maiores em 43 GHz.

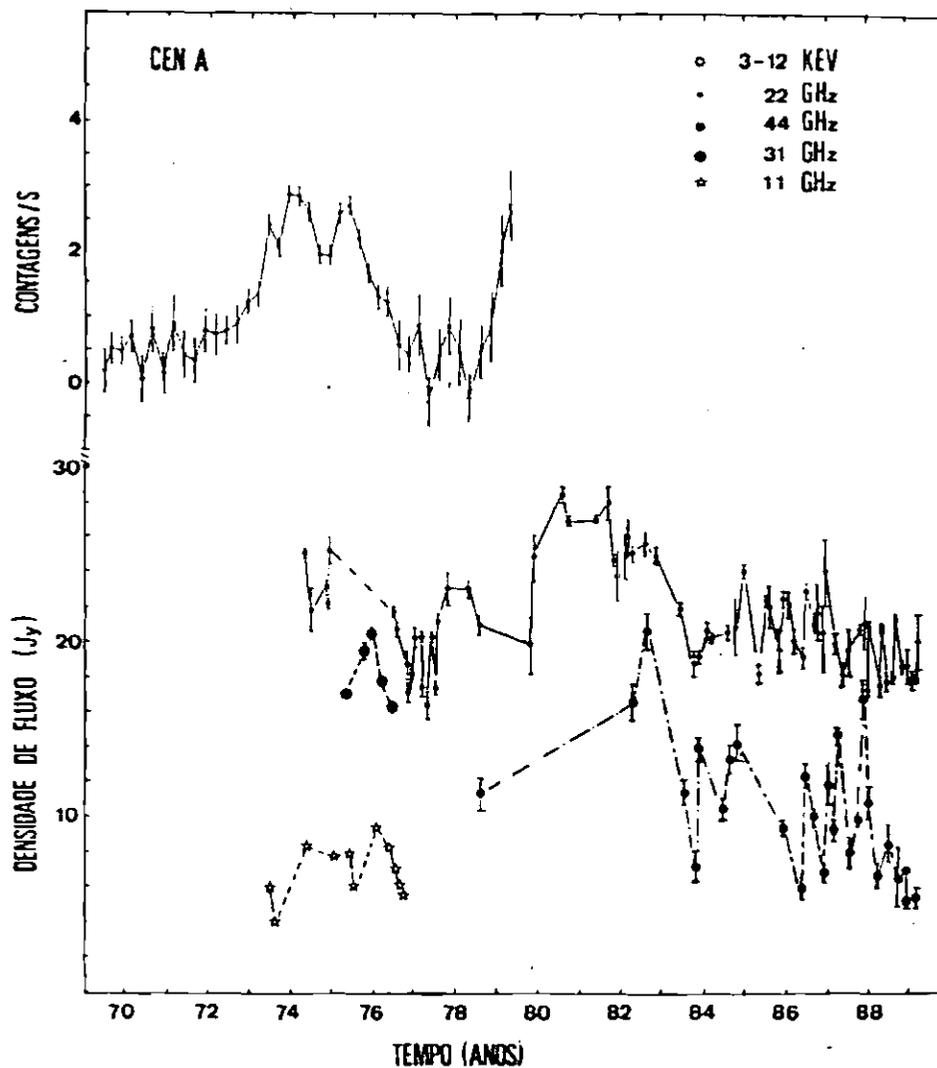


Fig. 4.30 - Comparação entre raios-X, 11 GHz, 31 GHz, 22 GHz e 43 GHz.

FONTE: Terrell, 1986; Beall et al., 1978; Observatório do Itapetinga (1989)

Mushotzky et al. (1978) mostraram, através de medidas simultâneas em 10,7 GHz e na faixa de 2 a 60 keV, que o fluxo de 1976 provavelmente varia em fase, sendo que, o fluxo em raios-X variou de aproximadamente 40% enquanto que em 10,7 GHz variou de aproximadamente 18%, em cinco dias de observação. Isto implica dimensões próximas a 3 dias-luz. Eles acreditam que os índices espectrais similares, combinado com uma provável correlação entre raios-X e rádio, é uma forte condição para se aplicar os modelos que relacionam o fluxo de raios-X ao fluxo em rádio, como por exemplo o de Jones et al. (1974).

Beall et al. (1978), acreditam que o aumento registrado em raios-X entre 1973 e 1974, ocorreu aproximadamente um ano antes do primeiro aumento registrado em 10,7 GHz. A intensidade em raios-X na faixa de 2 a 6 keV e 100 keV, possui a mesma tendência geral. Mas existe certa evidência de que o abrilhantamento inicial em 100 keV, ocorreu seis meses antes do aumento na faixa de 2 a 6 keV. A amplitude do evento em 100 keV, foi um fator 2 superior ao de 2 a 6 keV.

Segundo Beall et al. (1978), um atraso entre o aumento em raios-X e o rádio é esperado, pois os elétrons responsáveis pela explosão são inicialmente opacos à sua própria radiação, embora sejam transparentes ao raio-X. Em escalas de tempo mais curtas Kaufmann et al. (1978) encontraram variação simultânea entre raios-X e rádio.

Considerando-se que o segundo evento em raios-X (3-12 keV), ocorreu em maio de 1975, o evento só foi percebido em 31,4 GHz e 10,7 GHz, em torno de 7 a 8 meses após, respectivamente (Figura 4.30). Em 22 GHz Centaurus A não foi observada neste período, não sendo

possível fazer um raciocínio semelhante. Considerando o primeiro evento em raios-X, ocorrido em dezembro de 1973, este só foi percebido em 10,7 GHz, cerca de 5 meses após. Através da Figura 4.30 e observando o evento que ocorreu em raios-X em 1979, pode-se notar que o mesmo foi percebido aproximadamente um ano após, em 22 GHz, apesar de não se ter nenhuma informação da evolução do evento após 1979 em raios-X.

Através do espectro de Centaurus A (Figura 4.31), pode-se dizer que a frequência de "turnover" se encontra entre 10 e 43 GHz. A análise do espectro entre 22 GHz e 43 GHz, mostra que o índice espectral tende a ser mais plano quando a fonte se encontra em sua fase mais ativa e menos plano, quando em sua fase mais quiescente. De 1982 a 1988, o índice espectral variou de 0,3 a 1,7 (Figura 4.32).

Acreditando-se que haja a correlação entre raios-X e rádio, pode-se aplicar os modelos que predizem esta condição. Um desses modelos é o sincrotrônico-auto-compton, onde os raios-X são produzidos por espalhamento compton de fótons sincrotrônicos de energia mais baixa, pela população de elétrons relativísticos (Jones et al., 1974). Através desse modelo, os tempos de perda compton e sincrotrônica são semelhantes ao tempo de decréscimo do fluxo em raios-X e rádio. Considera-se que o decréscimo do fluxo em uma escala de tempo curta, deva-se à expansão adiabática. Este modelo será aplicado nesta tese, utilizando os dados de raios-X (Terrell, 1986) e os dados obtidos no Itapetinga (Kaufmann et al., 1977; Kaufmann e Raffaelli, 1979; Kaufmann et al., 1981; Abraham et al., 1982). Este modelo já havia sido aplicado anteriormente por Beall et al. (1978) para as frequências de 10,7 e 31 GHz, sendo agora aplicado aos eventos de 22 GHz.

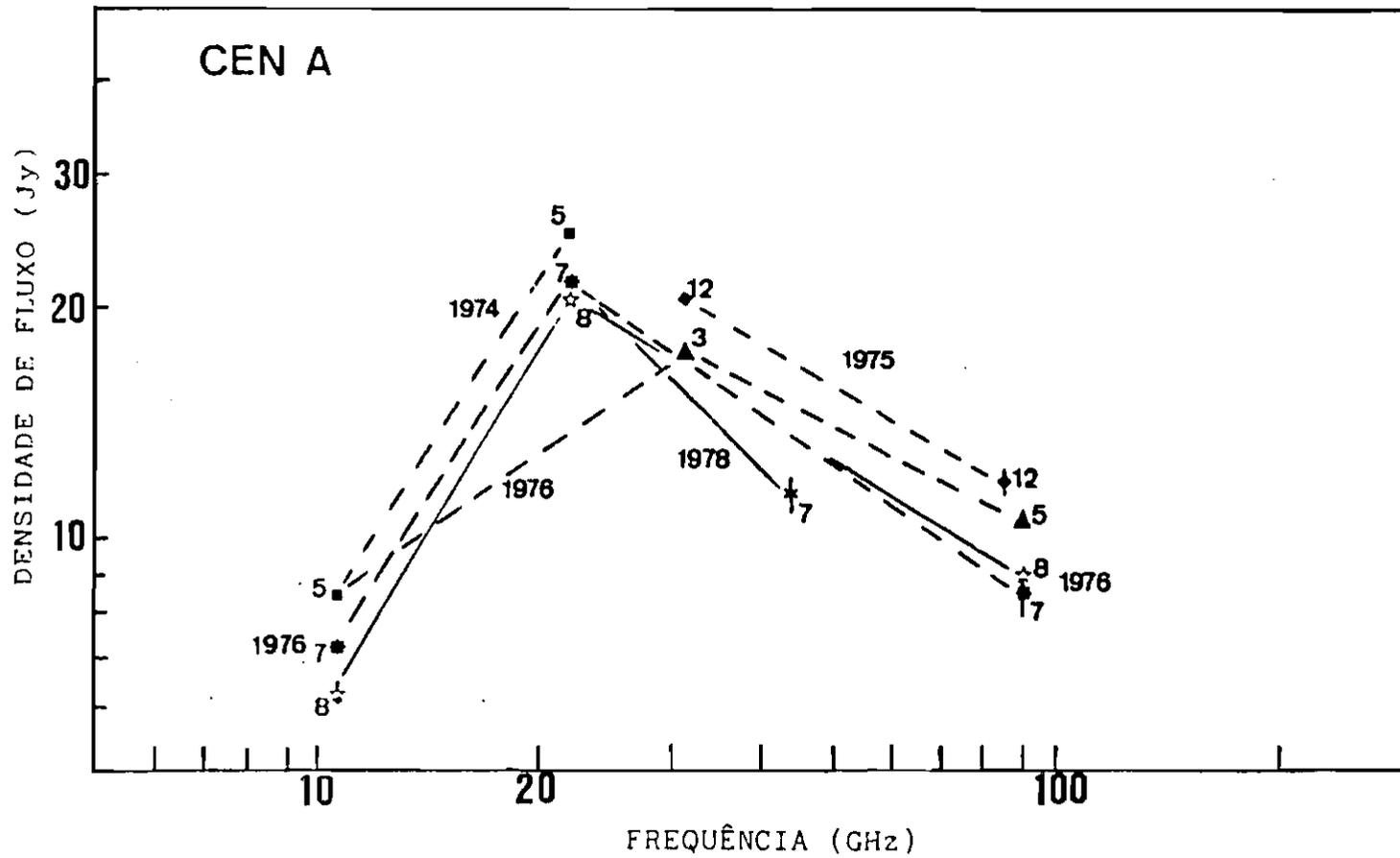


Fig. 4.31 - Espectro de Centaurus A em diferentes épocas.

FONTE: Beall et al. (1978) e Observatório do Itapetinga (1989).

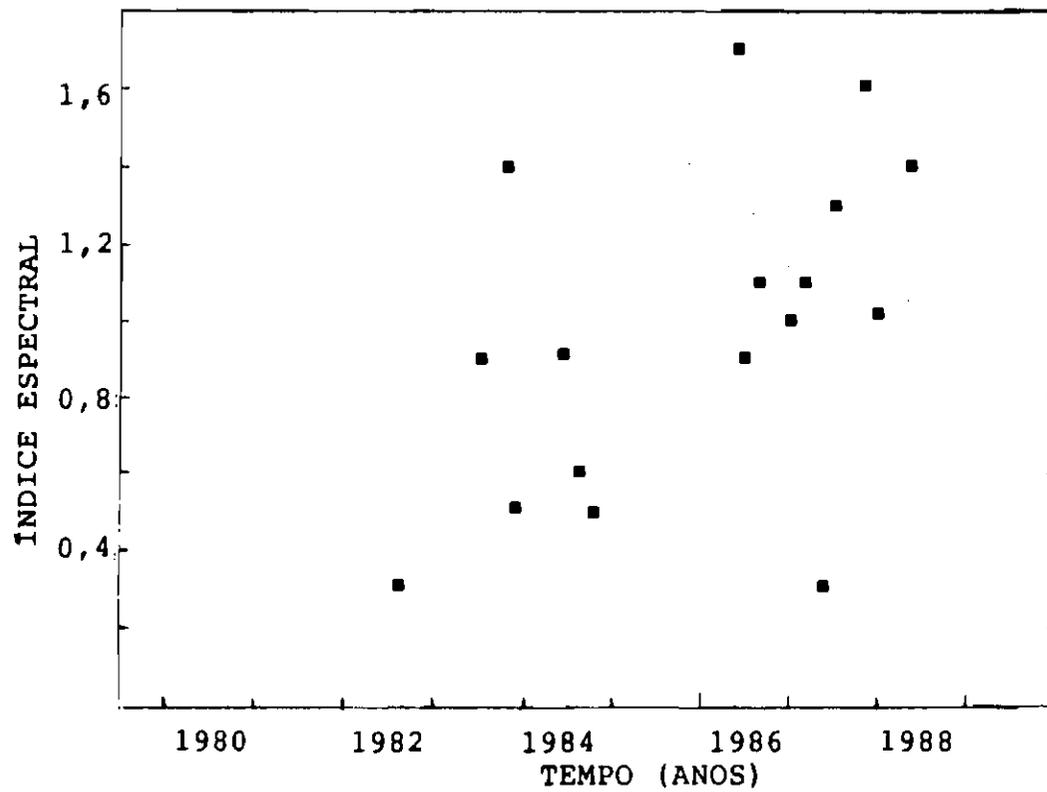


Fig. 4.32 - Variação do índice espectral entre 22 e 43 GHz ao longo do tempo.

O fluxo rádio observado após uma expansão de uma quantidade $\rho = r'/r_0$, é dada por:

$$\frac{S'}{S^0} \sim \rho^{-5(1 + \alpha)/(2,5 + \alpha)} \quad (4.15)$$

onde S' é a densidade de fluxo após a expansão na fonte, S^0 é a densidade de fluxo no início da expansão, α é o índice espectral, r' é a dimensão da fonte após a expansão e r_0 é a dimensão da fonte no início da expansão.

O modelo de Jones et al. (1974) será agora aplicado por nós para os eventos que ocorreram em 1975 e 1979, tanto em raios-X quanto em rádio. Escolheu-se esse modelo e não o de Marscher e Gear (1985), por não ter sido observado movimentos superluminais em Centaurus A.

Analisando-se a queda do evento que ocorreu em 1975 em raios-X e rádio, pode-se obter uma razão observacional entre a densidade de fluxo em rádio depois da expansão e antes de aproximadamente $S'_{22}/S^0_{22} \sim 0,7$. Utilizando-se a equação 4.16 com $\alpha = 0,6$ ($S \propto \nu^{-\alpha}$), tem-se que a razão de expansão r'/r_0 , é aproximadamente 1,1.

Segundo Jones et al. (1974), o fluxo em raios-X varia como:

$$\frac{S'_x}{S^0_x} \sim \left(\frac{S'_R}{S^0_R} \right) \left(\frac{S'_A}{S^0_A} \frac{\nu'^{\alpha}}{\nu^{\alpha}} \right)^{3+2\alpha} \left(\frac{\nu_A}{\nu^0_A} \right)^{\xi} \left(\frac{\theta'_S}{\theta^0_S} \right)^{-2(3+2\alpha)} \quad (4.16)$$

onde ν_A é a frequência de "turnover", ν é a frequência de observação, ξ é uma constante, θ'_S e θ°_S são as dimensões angular da fonte após e no início da expansão, S'_R , S'_A , S°_R e S°_A são as densidades de fluxo rádio e no "turnover" após e no início da expansão, respectivamente.

Considerando-se $\nu_A = \nu'$ e $\alpha = 0,6$ ($S_{\infty}^{-\alpha}$), tem-se: $S'_X/S^{\circ}_X \sim 0,07$ ou seja, $S^{\circ}_X \sim 14 S'_X$. Através da Figura 4.30, tem-se: $S^{\circ}_X \sim 11 S'_X$, que é a razão observacional. Isto indica que este modelo pode explicar razoavelmente as observações.

Pode-se determinar o tamanho angular da fonte através da seguinte equação (Jones, et al., 1974):

$$\theta_{ANG} \sim 0,427 \times 4,449^{\frac{(2(2\alpha-1))}{(3+2\alpha)}} \left\{ \left[\frac{1}{i_{\infty}} \left(S_{\nu_A} \right) \left(\nu_A \right)^{-5/2} \right]^{1+\alpha} \right. \\ \left. \left[e_{\infty} \log \Lambda \left(t_1^{-sc} \right)^{-1} S_{\nu R} \nu^{\alpha} \right]^{1/2} \right\}^{\frac{1}{(3+2\alpha)}} \quad (4.17)$$

onde i_{∞} e e_{∞} são parâmetros que dependem do índice espectral, possuem valor próximo de 1 e $E_S^{SC} = 0,14$.

Através da substituição dos parâmetros na equação 4.18, estima-se um diâmetro angular de 0,34 msa ou 8,5 dias-luz.

Pode-se determinar o campo magnético nesta fonte através da seguinte equação (Jones et al., 1974):

$$B = 4,04 \times 10^{-3} i_{\infty}^2 \theta_{ANG}^4 \nu_A^5 S_A^{-2} \left\{ \frac{\delta}{(1+z)} \right\} \quad (4.18)$$

onde δ é o fator Doppler e z é o desvio para o vermelho.

Assumindo $\theta_{ANG} = 0,34$ msa, $i_{\infty} = 0,25534$, $\delta = 0,98$, tem-se $B \sim 0,02$ Gauss, que está dentro da faixa esperada em fontes compactas (10^{-1} a 10^{-5} Gauss).

Após 1980 não se tem observações em raios-X e infelizmente não se pode fazer uma análise semelhante à anterior. No entanto nota-se que após o evento 1979-1982, Centaurus A apresenta pequenas flutuações em 22 e 43 GHz.

Em fevereiro de 1987 foi lançado um balão pela equipe do pesquisador Robert P. Lin do Space Sciences Laboratory. Este experimento tinha por objetivo a observação do Sol, Sgr A e Cen A em raios-X. De 13 a 16 de fevereiro de 1987 foram feitas as observações conjuntas do balão com o radiotelescópio do Itapetinga. Infelizmente não foi possível obter-se os dados em raios-X, devido à problemas técnicos. Somente foram coletados os dados em 22 e 43 GHz, que são apresentados na Figuras 4.33 e 4.34. Aparentemente houve uma variação em Centaurus A de aproximadamente 30% no dia 15 de fevereiro em 22GHz. Comparando-se os dados dos dias 13 e 14 de Centaurus A, com os do dia 15 (Figura 4.34), nota-se uma maior variabilidade neste penúltimo dia de observação. Em 43 GHz não houve aumento da densidade de fluxo no dia 15 (Figura 4.33). Kaufmann e Raffaelli (1979) também detetaram variações na densidade de fluxo desta fonte em julho e agosto de 1978, quando observaram em 22 e 43 GHz. Naquela ocasião Cen A variou 20% em 22 GHz e 40% em 43 GHz. Os resultados mostrados na Figura 4.34 em 22 GHz mostram variações compatíveis aos encontrados por Kaufmann e Raffaelli (1979) nesta frequência.

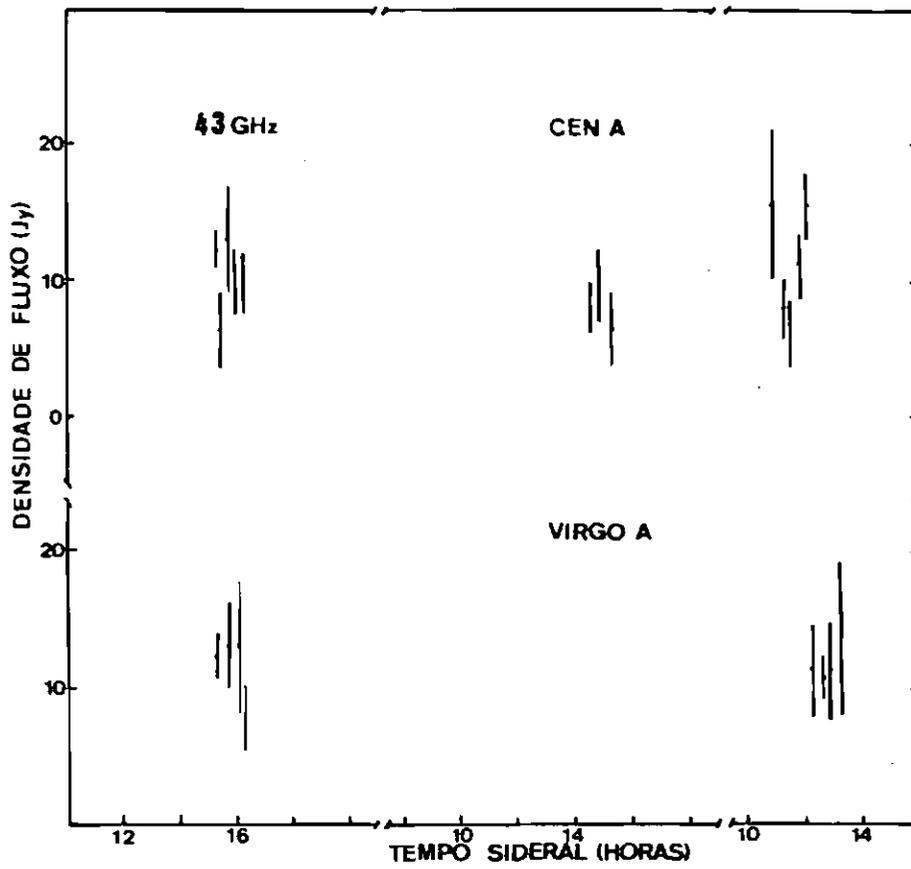


Fig. 4.33 - Observação de Centaurus A entre 13 e 16 de fevereiro de 1987 em 43 GHz.

Virgo A foi utilizada como fonte calibradora.

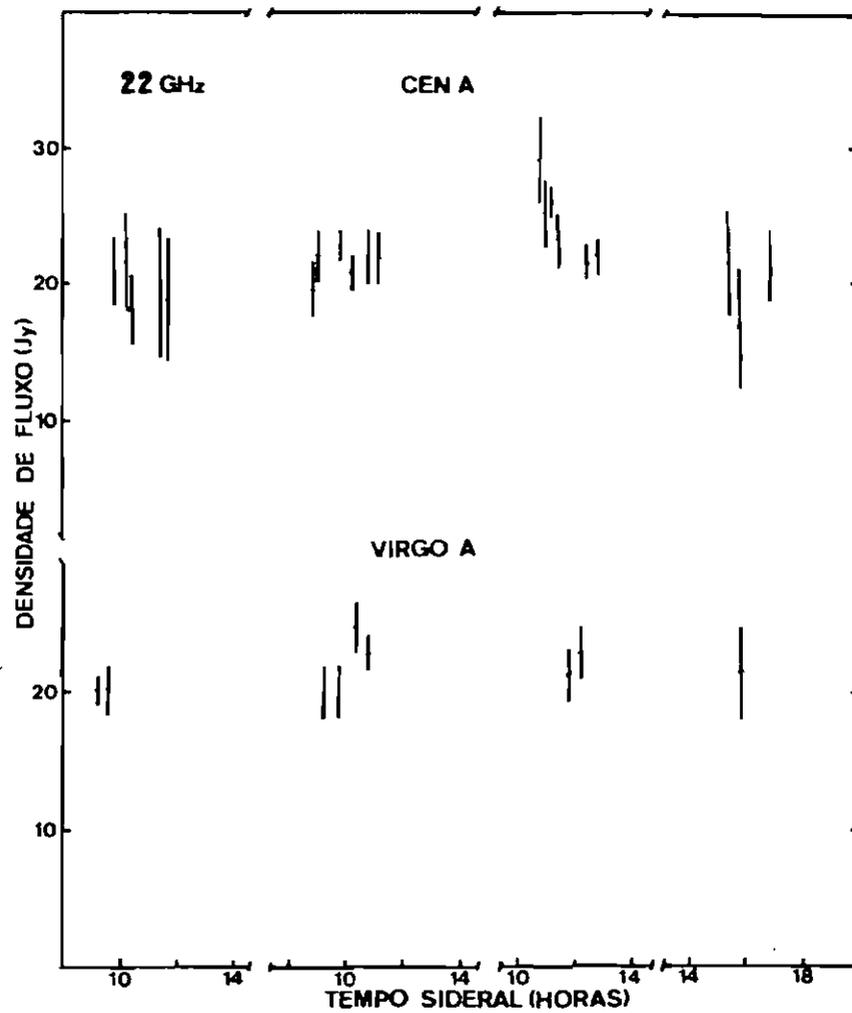


Fig. 4.34 - Observação de Centaurus A entre 13 e 16 de fevereiro de 1987 em 22 GHz.

Virgo A foi utilizada como fonte calibradora.

Conclui-se que a variabilidade tanto de longo quanto de curto período em Centaurus A, com correlação entre raio-X e rádio.

4.2.4 - 3C446

O quasar 3C446 possui deslocamento para o vermelho de 1,404 e varia rapidamente no visível, no infravermelho e em rádio.

3C446 apresenta-se com propriedades típicas que o coloca entre um quasar com linhas de emissão largas e proeminentes e um objeto BL Lacertae quando em estado ativo, com alta porcentagem de polarização linear.

No infravermelho próximo 3C446 sofreu uma explosão em 1983 (Neugebauer et al., 1986). No infravermelho distante também sofreu uma explosão, quando foi observado pelo IRAS. No mesmo ano, na banda B, 3C446 mostrou alto grau de variabilidade, com explosões recorrentes e uma atividade significativa em períodos de dias, sofrendo um abrilhantamento médio de quase uma magnitude por semana (Barbieri et al., 1985)

Em 408 MHz não apresentou variabilidade (Fanti et al., 1981), porém em frequências mais altas sim (Kellermann e Pauliny-Toth, 1967; Pomphrey et al. 1976; Medd et al., 1972 e Andrew et al., 1978).

3C446 apresentou correlação óptica-rádio quando do evento em óptica em 1966 e em rádio um ano após (Kellermann e Pauliny-Toth, 1967). Mas Pomphrey et al. (1976) não conseguiram registrar nenhuma correlação entre os eventos ópticos em outra ocasião. Isto sugere que alguns eventos apresentem correlação óptica-rádio, outros não.

Durante 10 anos de estudos em 10,7 GHz (Medd et al., 1972 e Andrew et al., 1978), este objeto sofreu flutuações quase senoidais em seu fluxo. Não se registrou correlação aparente entre rádio e óptica, sendo que a amplitude de variação em óptica foi muito maior do que em rádio e não houve evidências de mudanças significantes em escalas de tempo curtas. O tamanho da região emissora em 10,7 GHz foi estimado em cerca de 1 a 2 anos-luz. Barvainis e Predmore (1984) observando em 87 GHz, verificaram que o fluxo permaneceu constante entre 1981,9 e 1982,5.

Em raios-X 3C446 não mostra variabilidade em escala de tempo mais curta que 1 dia, porém em escalas de tempo mais longas apresenta variabilidade. Entre 0,5 e 4,5 keV apresentou variabilidade de cerca de 50% em quase 7 meses de observação (Barbieri et al., 1985).

A correlação dos eventos entre as diversas frequências do espectro eletromagnético, na maioria das vezes não é observada nesta fonte, exceto quando o foi por Kellermann e Pauliny-Toth (1967). Mas, pela Figura 4.35, com dados tanto em óptica quanto no infravermelho e em rádio, pode-se observar que existe correlação entre esses diversos comprimentos de onda. Portanto, apesar dos poucos pontos em infravermelho e óptica existe uma boa correlação entre o visível e o rádio (Figura 4.35), o que pode ser confirmado através da Figura 4.36, onde pode-se observar a queda do evento em óptica (Webb et al., 1988) acompanhada do decréscimo em 22 GHz (Itapetinga e Salonen et al., 1987), tendo dessa vez uma amostra melhor de pontos em óptica. Analisando-se a Figura 4.35, pode-se notar que nos comprimentos de onda de 1,3 μm , 2,2 μm e em óptica, o evento começou em agosto de 1983. Em 25 μm , 60 μm e 100 μm , em novembro de 1983. Em frequências rádio o evento ocorreu em dezembro de 1983, maio de 1984 e agosto de

1984, nas frequências de 22, 14,5, 8,0 e 4,8 GHz, respectivamente. Na Figura 4.37 é apresentada a evolução temporal de 3C446 em 22 GHz mais detalhadamente, quando esta foi observada pelos radio-observatórios do Itapetinga (esta tese), Criméia, Metsahovi (Salonen et al., 1987) e Michigan (Haddock, 1984). Estas observações de diversos radio observatórios em uma única frequência, possibilita a confirmação da existência do evento naquela frequência, além da verificação da confiabilidade do instrumental envolvido. Apesar das diferentes técnicas utilizadas os resultados são perfeitamente compatíveis.

A amplitude de variação na densidade de fluxo é maior em 22-24 GHz (175% em 1,4 anos) do que em 14,5 GHz (134% em 1,6 anos), 8 GHz (102% em 1,8 anos) e 4,8 GHz (63% em 1,3 anos). Através do espectro da Figura 4.38 a frequência de "turnover" está por volta de 30 GHz. O modelo de Marscher e Gear (1985) será aplicado para esta fonte, a seguir. Através das observações pode-se inferir os seguintes parâmetros: $s = 1,1$, $x = 0,69$, $y = 1,1$ e $a = 1$. Aplicando-se o modelo de Marscher e Gear (1985) e assumindo $\delta_S = \Gamma_S = 1$, pode-se inferir a distância onde ocorre o choque à origem nas diversas frequências, como por exemplo: 3×10^{16} cm em 22 GHz e $6,2 \times 10^{16}$ cm em 14,5 GHz. Também pode ser estimado através do modelo a diferença de tempo entre os eventos em 14,5 GHz e 8 GHz, sendo esta de aproximadamente 3 meses. Entre 14,5 GHz e 4,8 GHz, a diferença foi de 8 meses. Esta última previsão do modelo foi notada observacionalmente, pois o evento em 14,5 GHz ocorreu em dezembro de 1983 e o de 4,8 GHz, em agosto de 1984. Pode-se aplicar o mesmo raciocínio para o evento em óptica, ocorrido aproximadamente em dezembro de 1983 (Figura 4.36). Do modelo de Marscher e Gear (1985) calcula-se uma diferença de um mês entre o evento em óptica e 22 GHz, sendo confirmado por uma inspeção visual nas Figuras 4.35 e 4.36.

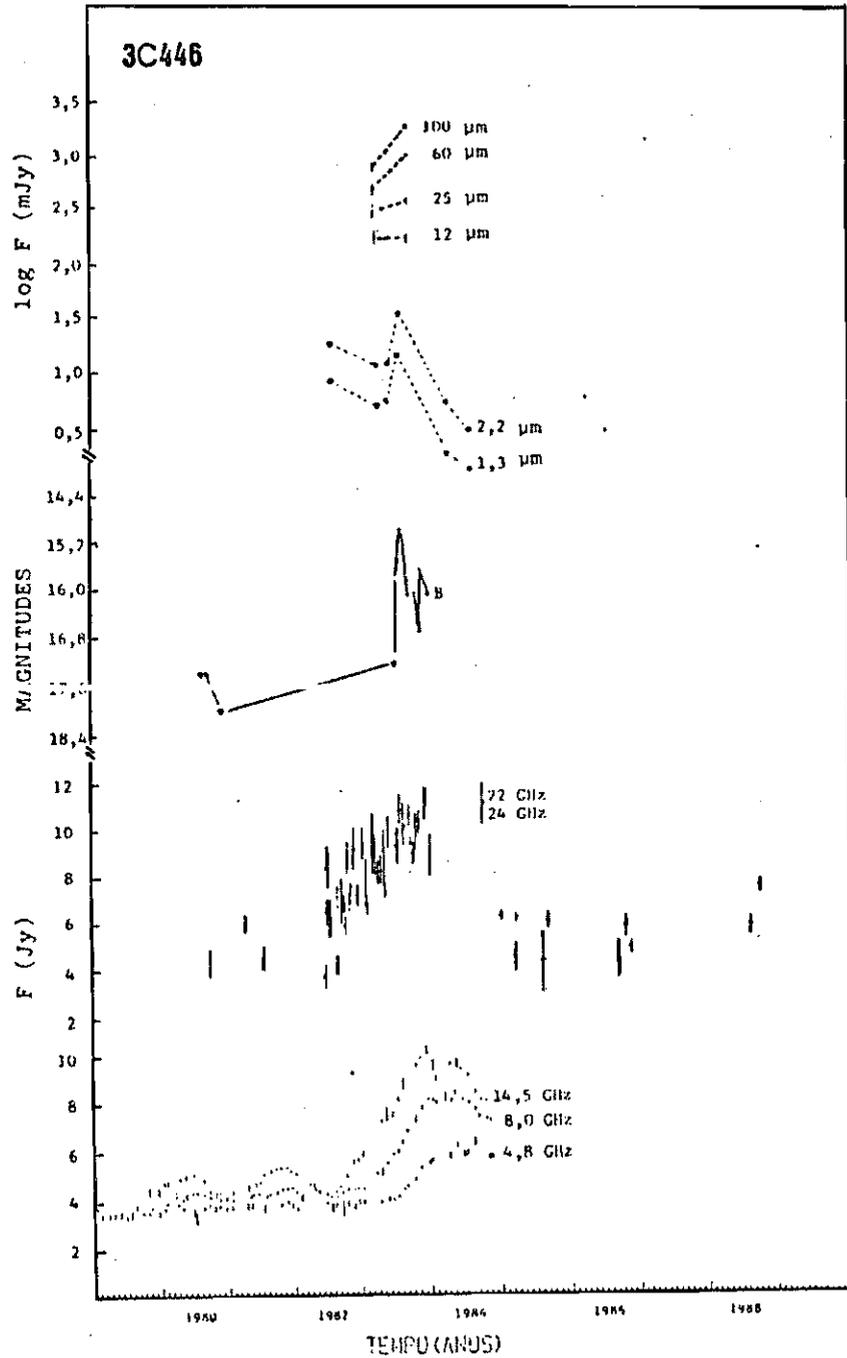


Fig. 4.35 - Comportamento de 3C446 ao longo do tempo em diversas frequências.

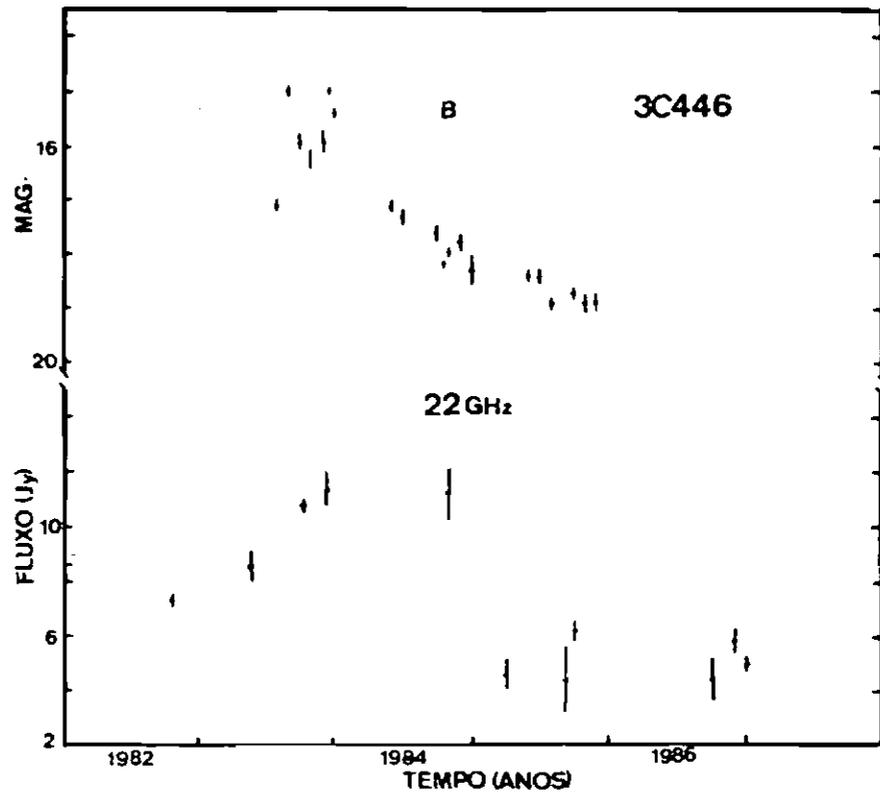


Fig. 4.36 - Comparação entre óptica 22 GHz.

FONTE: Webb et al., 1988; Observatório do Itapetinga, 1989.

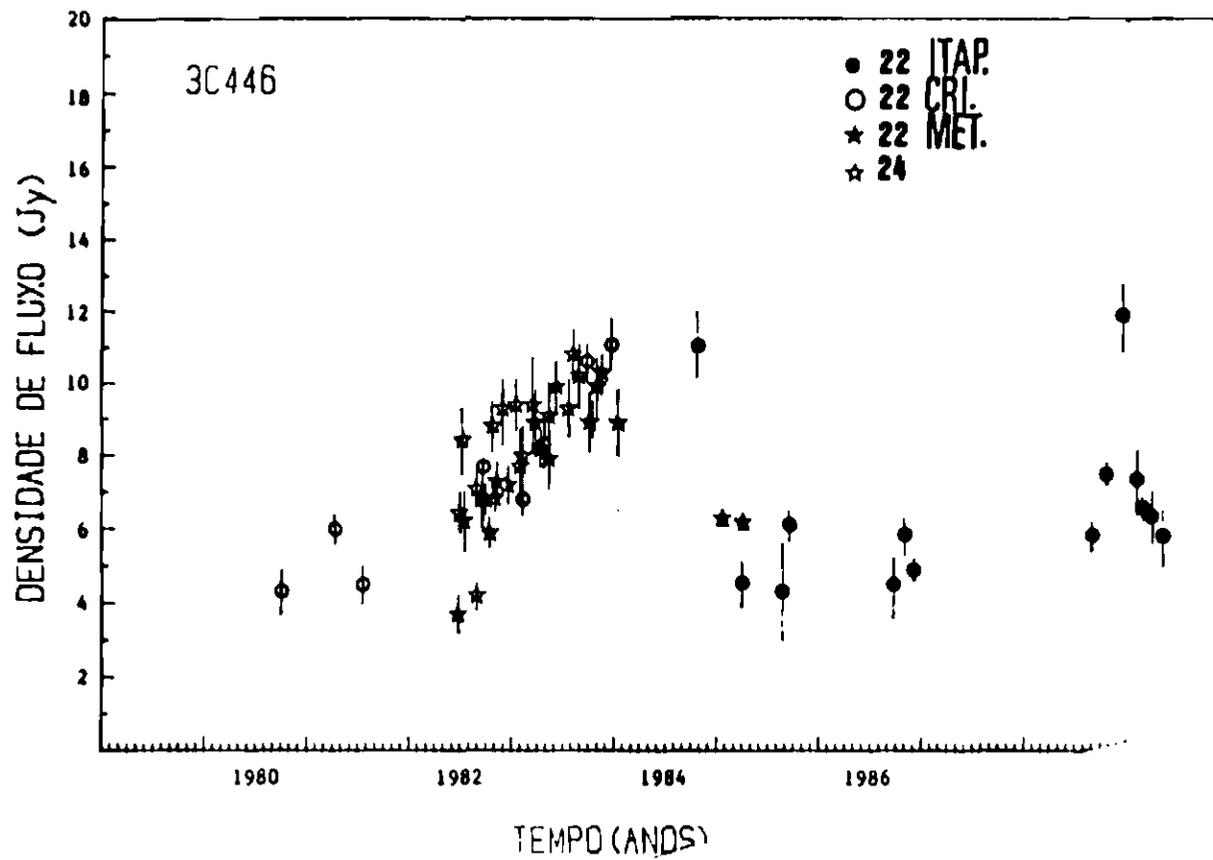


Fig. 4.37 - Evolução temporal de 3C446 em 22 e 24 GHz obtida através de observações nos radioobservatórios do Itapetinga, Criméia, Metsahovi e Michigan.

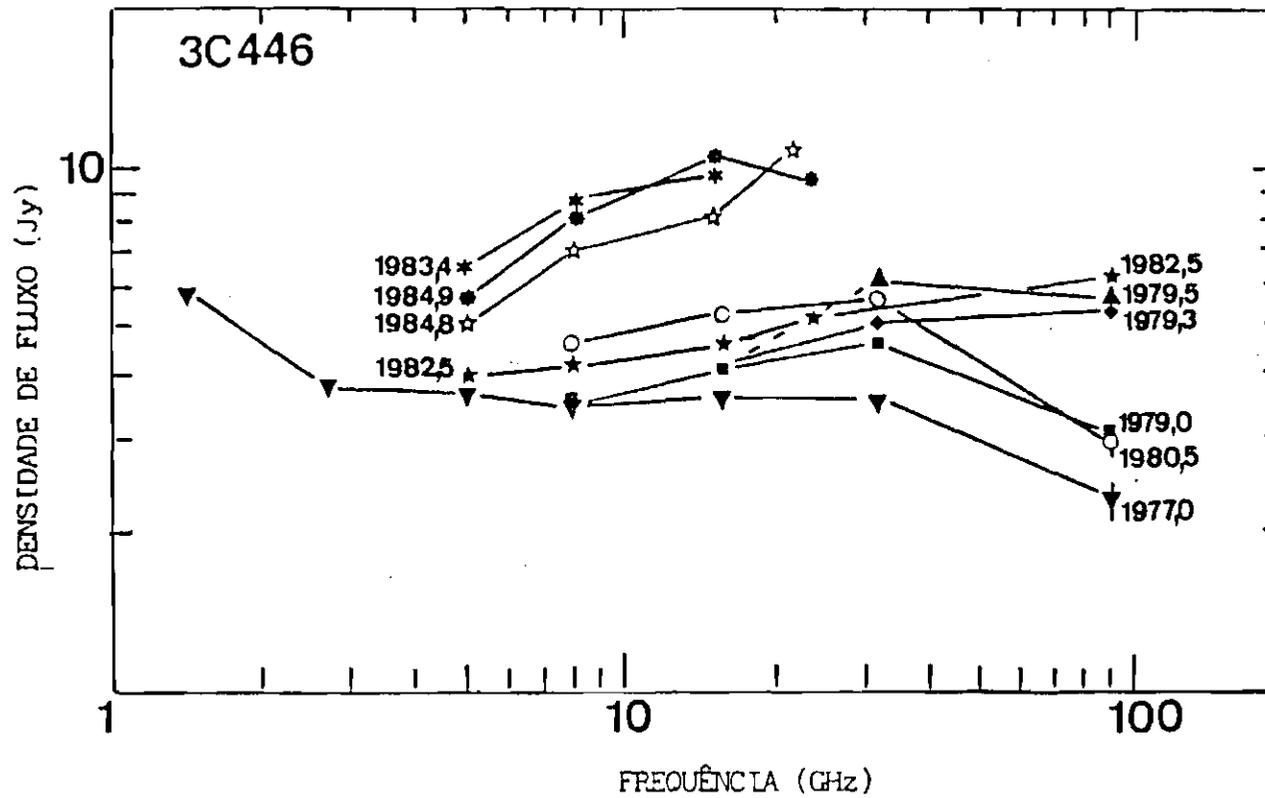


Fig. 4.38 - Espectro de 3C446 em diferentes épocas.

FONTE: O'Dea et al. (1983); Aller et al. (1985) e Observatório do Itapetinga (1989).

Para concluir, pode-se acrescentar as observações simultâneas realizadas em 22, 43 (Itapetinga), 90 e 230 GHz (SEST), notando-se que entre agosto e dezembro de 1988, esta fonte apresentou variabilidade no seu espectro (Figura 4.49).

4.2.5 - 0735+178

0735+178 é um objeto BL Lacertae (Blake, 1970) com desvio para o vermelho de 0,424, possuindo polarização alta e variável em óptica (Carswell, 1974).

Impey et al. (1982) notaram variação de polarização entre 11% e 28% em um ano de observação nas bandas J (1,25 μm), H (1,65 μm), K (2,2 μm). Angel e Stockman, 1980 observaram um aumento de polarização em direção a comprimentos de onda mais curtos.

Schaefer (1980) estudou 0735+178 entre novembro de 1977 e abril de 1978 em óptica, constatando sua variabilidade em escala de tempo de semanas.

Em rádio foi pesquisada por Dent e Hobbs, 1973; Dent e Kapitzky, 1976; Webber et al., 1976; Owen et al., 1978; Fanti et al., 1979; Cotton et al., 1980; Weiler e Johnston, 1980; Perley, 1982; Landau et al., 1983; Bregman et al., 1984; Landau et al., 1986 e apresentou variabilidade em escalas de tempo de um ano, mas com polarização menor do que em óptica.

Em raios-X foi estudado pelo observatório Einstein, constatando-se variabilidades entre 25% (Schwartz et al., 1983) a 50% (Bregman et al., 1984). Bregman et al. (1984) fizeram um estudo de 0735+178 em raios-X, ultravioleta, óptica, infravermelho, rádio e através da Figura 4.35 pode-se ter uma idéia de seu

comportamento na banda B, em 15,5 GHz, 14,5 GHz, 8,0 GHz, 4,8 GHz em termos de variabilidade temporal e de polarização. Nota-se uma variação de longo período em óptica, similar à variação em 15,5 GHz, mas ocorrem variações rápidas em brilhância (cerca de uma magnitude por semana), que não são percebidas em 15,5 GHz. Em 4,8, 8,0 e 14,5 GHz, ocorrem variações (de 8 a 40%) em escalas de tempo de meses a anos. Comparando-se 14,5 GHz com as demais frequências mais baixas, nota-se uma maior polarização nesta frequência assim como maior variabilidade. Não houve correlação entre raios-X e infravermelho-ultravioleta, sugerindo mecanismos de emissão diferentes ou a existência de regiões emissoras separadas. No entanto o fluxo rádio em alta frequência é melhor correlacionado ao fluxo infravermelho-ultravioleta, do que o fluxo rádio em baixa frequência. Por sua vez o fluxo infravermelho é correlacionado com o fluxo em óptica

Compara-se na Figura 4.40 os dados obtidos pelo radiotelescópio do Itapetinga em 22 GHz com os obtidos pelos observatórios da Criméia e Metsahovi também nesta frequência. Nota-se a variabilidade de 1 a 2 anos, como em óptica e em 15,5 GHz (Figura 4.39). As amplitudes de variação são maiores do que nas demais frequências rádio, o que era de se esperar pelas observações de Bregman et al., 1984, que sugeriam maiores amplitudes para maiores frequências. Nota-se também o evento ocorrido em 1988-1989, onde houve um aumento de um fator próximo a 3, na densidade de fluxo do objeto.

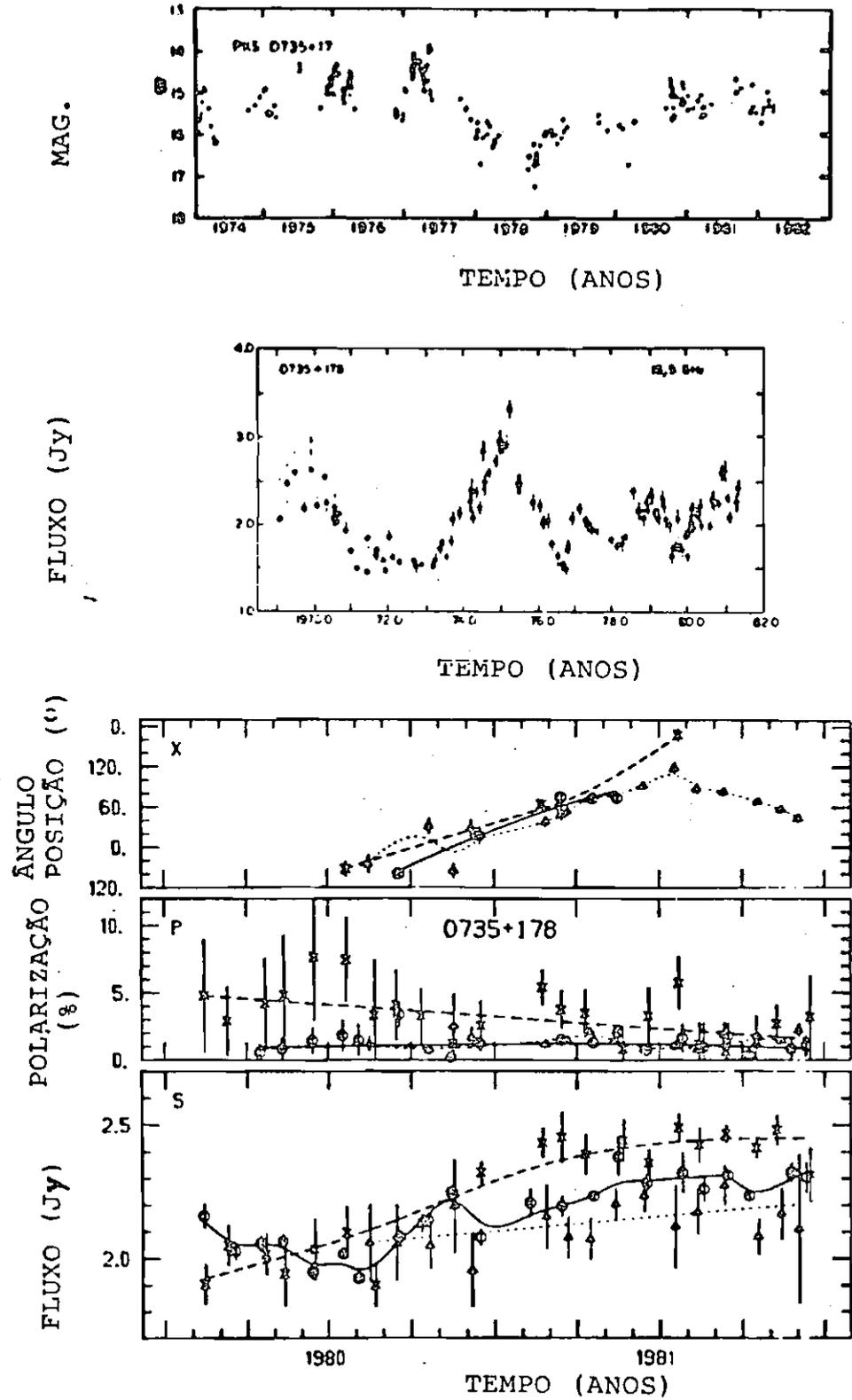


Fig. 4.39 - Variabilidade temporal de 0735+178 em óptica, 4,8, 8,0, 14,5 e 15,5 GHz.

FONTE: Bregman et al. (1984).

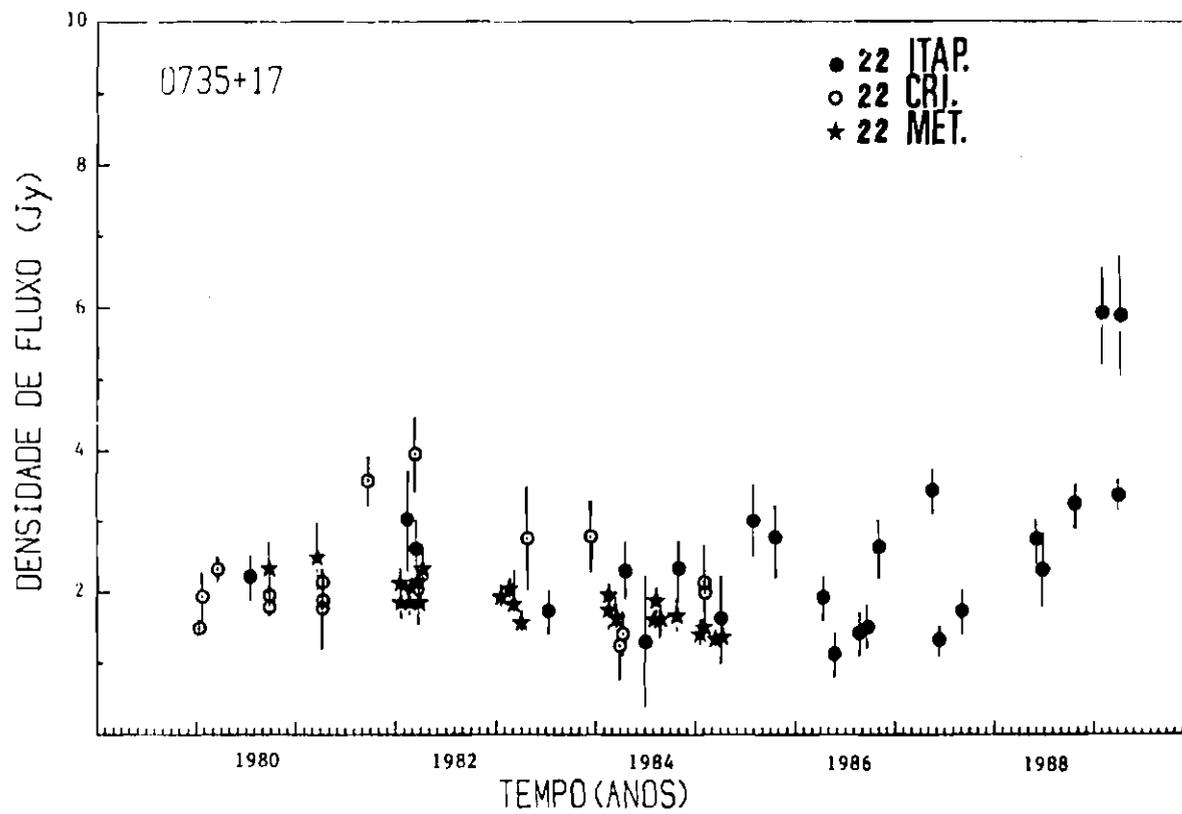


Fig. 4.40 - Evolução temporal de 0735+178 com dados obtidos nos radioobservatórios do Itapetinga, Criméia e Metsahovi na frequência de 22 GHz.

Na Figura 4.41 pode-se notar a correlação óptica-rádio entre os dados do Itapetinga e de Webb et al. (1988), apesar do tamanho das barras de erro em 22 GHz. Esta é melhor notada em 1981 e 1985, onde as flutuações são semelhantes nas duas frequências de observação. Este resultado é similar ao obtido por Bregman et al. (1984) na Figura 4.39, quando foi observado um evento anterior.

A Figura 4.42 mostra o espectro de 0735+178 desde o rádio até o infravermelho e a Figura 4.43 apresenta o espectro de forma mais detalhada entre 1 e 1000 GHz. Deste último espectro pode-se observar que entre 1 e 100 GHz este é plano e apresenta variabilidade. É difícil determinar a frequência de "turnover", mas devido à forma espectral, este "turnover" deve se situar acima de 100 GHz. Bregman et al. (1984) sugerem que a frequência de "turnover" está compreendida entre 158 GHz e 1585 GHz.

Ulvestad e Johnston (1984), com VLA em 1,5 GHz e também O'Dea et al. (1988) em 5 GHz e 15 GHz, encontraram um jato com dimensão de 2", que começa num ângulo de posição de aproximadamente de 180 graus e se curva para o sudoeste. A polarização somente é detetada em poucos pontos ao longo do jato. Em 15 GHz também foi detetado um jato que apresenta curvatura extendendo-se a aproximadamente a 0,4" ao sul do núcleo.

Baath et al. (1981), observando em 5 GHz através de VLBI, notaram a existência de um núcleo não resolvido onde provém a maior parte do fluxo desta fonte (dimensão menor que 0,3 msa) e uma componente como jato de $4,2 \times 10^{-3}$ ", ao longo de um ângulo de posição de aproximadamente 45 graus. Duas regiões maiores (menos que 300 msa), de onde provém cerca de 20% do fluxo total em 5 GHz, foram detetadas por Ulvestad et al. (1982).

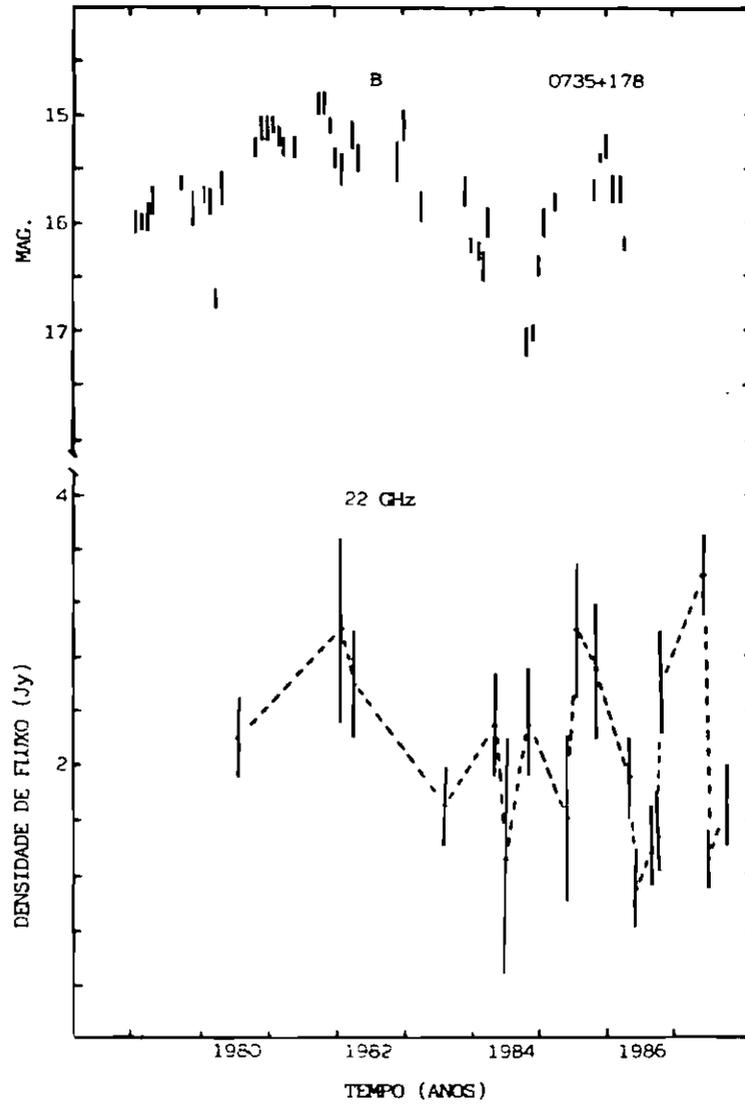


Fig. 4.41 - Evolução temporal de 0735+178 em óptica.

FONTE: Webb et al., 1988 e Observatório do Itapetinga, 1989.

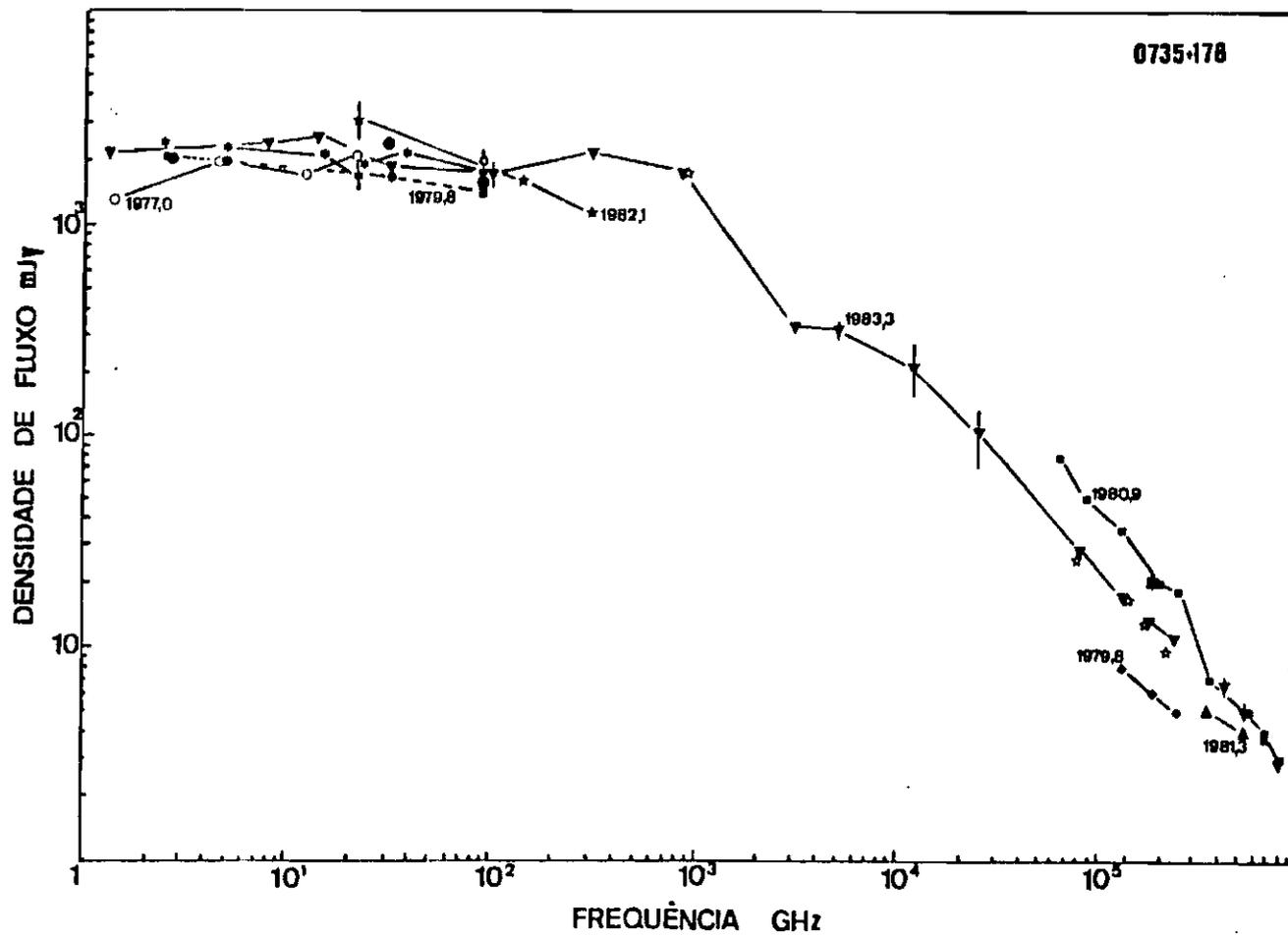


Fig. 4.42 - Espectro de 0735+178 em diferentes épocas.

FONTE: Gear et al. (1984); Bregman et al. (1984); Aller et al. (1985); Landau et al. (1986); Roellig et al. (1986) e Observatório do Itapetinga (1989).

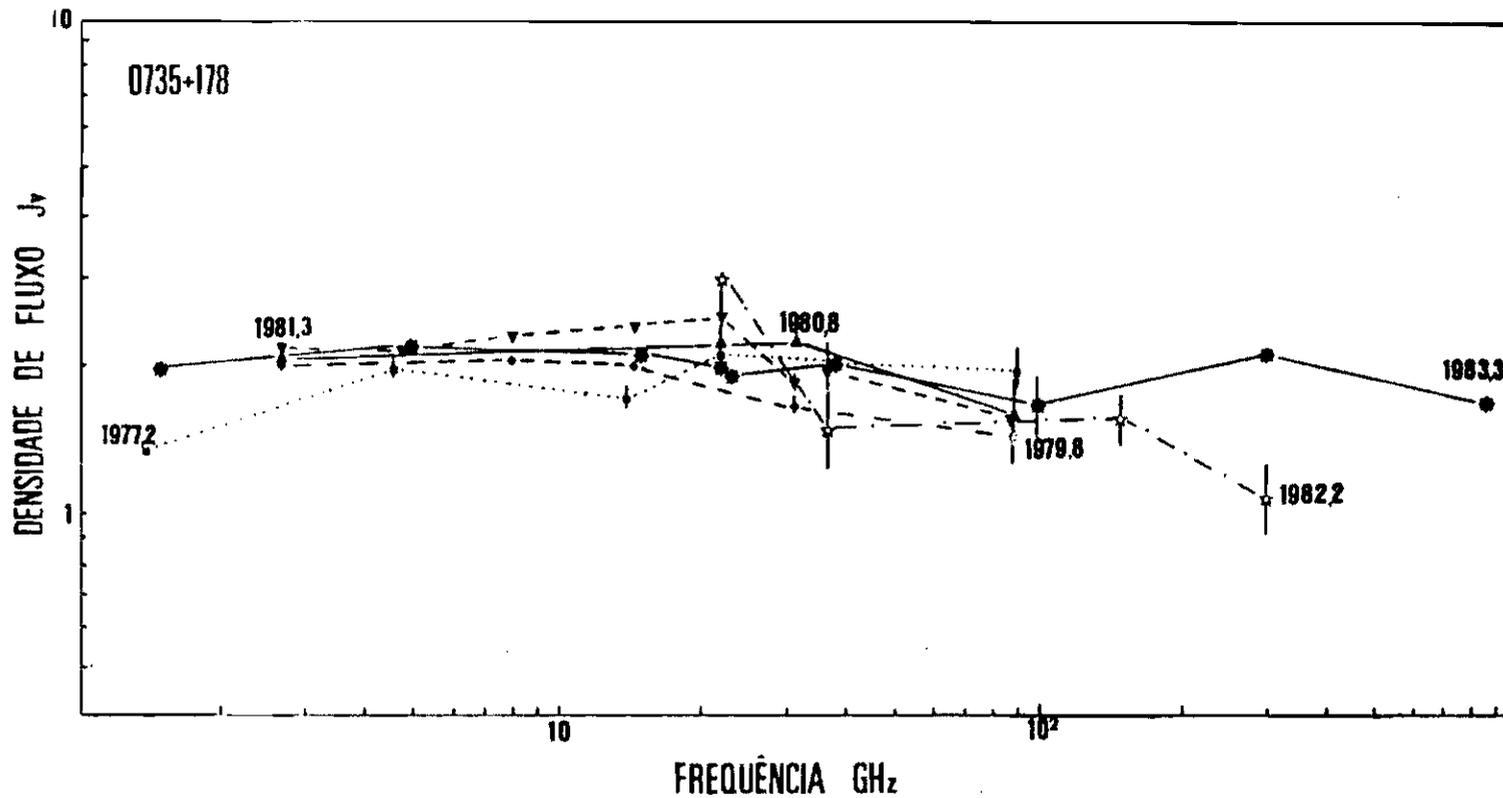


Fig. 4.43 - Espectro de 0735+178 em diferentes épocas, entre 1 e 10³ GHz com mais detalhes.

FONTE: Owen et al. (1978); Dent e Baloneck (1980); Landau et al. (1983); Aller et al. (1985); Salonen et al. (1987) e Observatório do Itapetininga (1989).

Baath (1984), observou 0735+178 em 5 GHz em 1979, 1980 e 1981, notando-se a presença de duas componentes que dominam a estrutura de VLBI (Figura 4.44). A componente nordeste decresceu seu fluxo e ângulo de posição em relação ao núcleo, entre 1979 e 1980. Em 1981 a brilhância da componente nordeste diminuiu e a da parte sudeste aumentou. A velocidade de afastamento da componente nordeste em relação ao núcleo foi de aproximadamente 0,2 msa por ano, entre 1980 e 1981. Este aumento de brilhância da componente sudeste em 1981, pode estar relacionado com o aumento da densidade de fluxo em óptica e em 22 GHz, entre 1980 e 1981.

4.2.6 - OV236.

O quasar OV236 tem desvio para o vermelho de 0,352. Gilmore (1980) registrou um evento no começo de 1977, uma atividade de menor amplitude em 1978, com evidência de correlação entre a variabilidade óptica e rádio. Devido a sua polarização e variabilidade em 2,2 m (Impey et al., 1982), poderia também ser classificado como um BL Lac.

Dent e Baloneck (1980), fizeram observações em quatro frequências de 1972 a 1980 entre 7,9 GHz e 89,6 GHz. Entre 1972 e 1976, OV236 mostra um declínio estável, um aumento mais rápido até 1979,4 e um aumento muito rápido até 1980. Aumento de fluxo de aproximadamente 25% em 1975,3 em 15,5 GHz e em 1977,5 em 31,4 GHz e 89,6 GHz, ocorreram superpostos à tendência geral. Em 1977,4 houve o evento óptico que pode ser correlacionado com o máximo em 31,4 GHz e 89,6 GHz (Dent e Baloneck, 1980), sendo que sua duração foi menor que a do rádio.

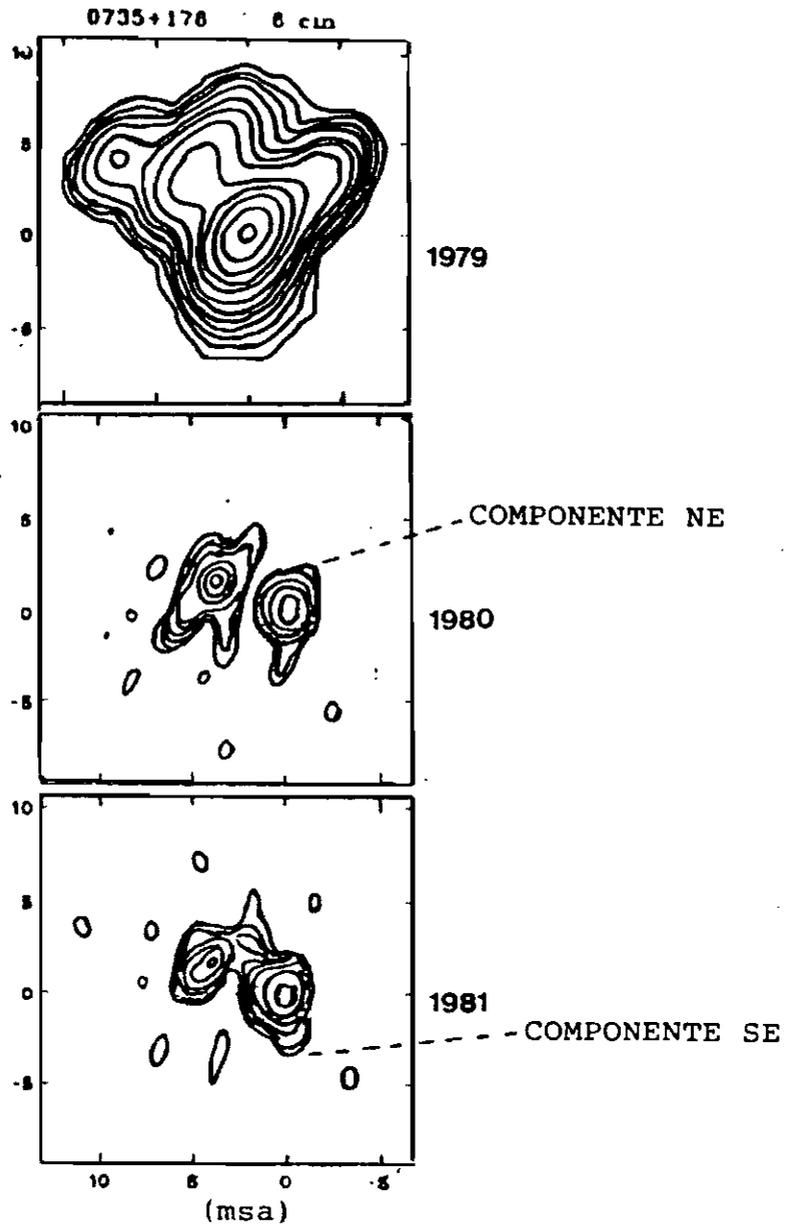


Fig. 4.44 - Evolução morfológica do quasar 0735+178 em 5 GHz.

FONTE: Baath (1984), p. 129.

Gear et al. (1983) o estudaram nas bandas J, H, K, 10, 20, 800 e 1100 μm , num período de quatro dias, determinando os fluxos nesses comprimentos de onda em setembro de 1982. Do espectro observado existe evidência de curvatura no infravermelho próximo, sugerindo um máximo na região submilimétrica.

Foi observado também por Andrew et al. (1978) em 10,7 GHz entre julho de 1971 a dezembro de 1976 e em 7 GHz entre março de 1972 e junho de 1973. Em 10,7 GHz houve variação de aproximadamente 52% e de 19% em 7 GHz. Epstein et al. (1980) observou em 90 GHz, notando um decréscimo por um fator de 2,7 em 3 dias. Haddock (1984) o estudou entre junho de 1982 e agosto de 1983 em 24 GHz, notando variações em seu fluxo de até 65%.

Em 22 GHz, iniciou-se o programa observacional após o evento registrado por Gilmore (1980). Após o período de atividade entre 1979-1980, OV236 decaiu no início de 1981 cerca de 60% (Figura 4.45), retornando ao nível mais alto de uma forma lenta, levando mais de um ano para atingir seu ponto máximo, variando cerca de 130%.

Nesta segunda fase de atividade, foram iniciadas as observações em 43 GHz, notando-se uma correlação entre 22 e 43 GHz, durante os anos seguintes. Após o máximo em novembro de 1982 nas duas frequências, houve um decaimento de 30% em 43 GHz e 21% em 22 GHz, além de um retorno aos níveis iniciais cerca de 4 meses depois. No final de 1984, um evento intenso foi registrado em 22 GHz e 43 GHz, sendo que em 22 GHz foi de maior intensidade (superior a 140% de variação). Devido à escassez de dados após essa época, não foi possível saber a verdadeira magnitude do evento em 43 GHz. Após este evento, um decaimento suave ocorreu em dois anos,

atingindo seu nível mais baixo nas duas frequências, em meados de 1986. A partir de então, OV236 entrou em sua fase ativa entre final de 1986 e final de 1987 em 22 GHz, em correlação a 43 GHz até março de 1987. Em 1988, OV236 entrou em sua fase de densidade de fluxo menor em ambas as frequências.

Comparando-se os dados em 43 GHz, 22 GHz, 14,5 GHz, 8,0 GHz, 4,8 GHz nota-se que os eventos iniciam-se em 43-22 GHz, evoluindo para as frequências mais baixas (Figura 4.45). Isto é similar ao que ocorreu com outras fontes anteriormente pesquisadas. As variações são maiores em 22-43 GHz que nas demais frequências.

O espectro apresentou grandes variações durante o período 1979-1988. A Figura 4.46 mostra que a fonte torna-se opticamente transparente em frequências acima de 20 GHz.

Faz-se agora uma análise do comportamento de OV236 utilizando para isto o modelo canônico, analisando-se o evento de novembro de 1984 em 22 GHz primeiramente. Por este modelo, utilizando a Equação 4.8, a densidade de fluxo em 43 GHz deveria ser 2,2 vezes maior que em 22 GHz, mas o que se observa no evento de 1984 é que a densidade de fluxo em 22 GHz é 1,4 vezes maior do que 43 GHz. No entanto não se pode afirmar que este fator de 2,2 não tenha ocorrido, pois não houve um acompanhamento do evento em 43 GHz durante esta época. Ao se analisar o evento de dezembro de 1979, tem-se resultados mais compatíveis com a observação.

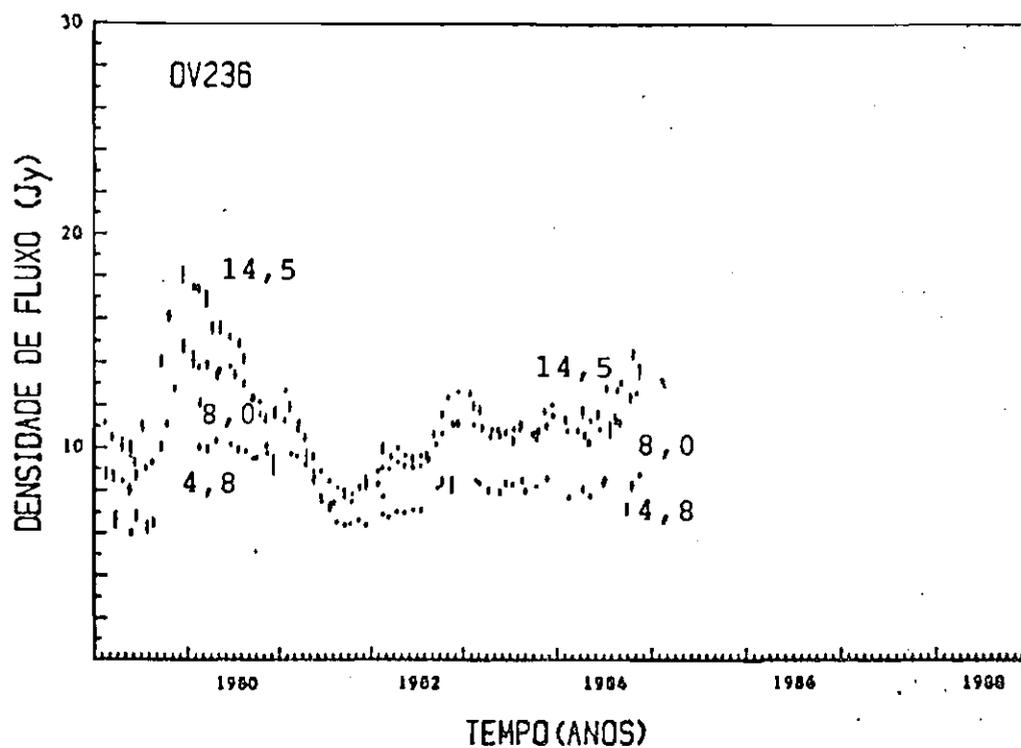
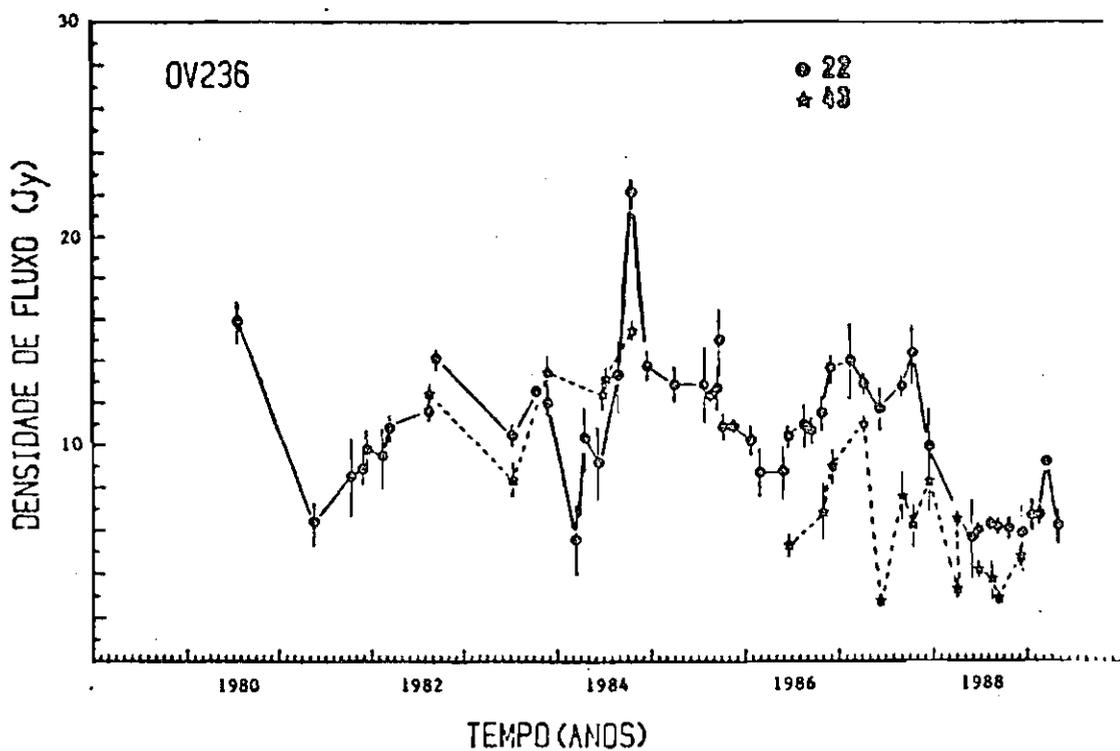


Fig. 4.45 - Comportamento de OV236 em 4,8, 8,0, 14,5, 22 e 43 GHz.

FONTE: Aller et al. (1985) e Itapetinga (1989).

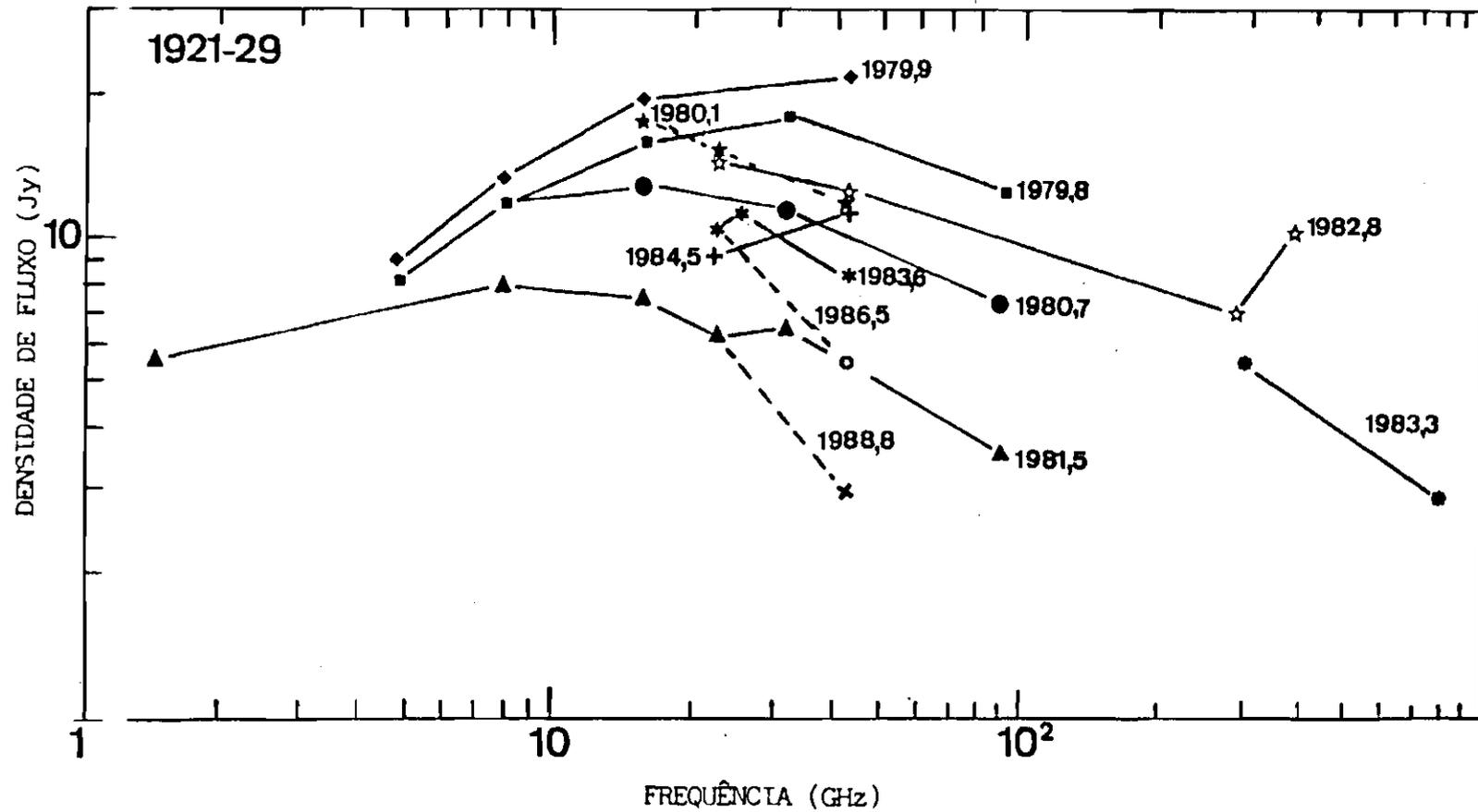


Fig. 4.46 - Espectro de OV238 em diferentes épocas.

FONTE: Gear et al. (1984); O'Dea et al. (1983); Roellig et al. (1986); Haddock (1984) e Observatório de Itapetinga (1989).

Analisando-se o evento, através do modelo canônico nas frequências de 8 e 14,5 GHz nota-se que a densidade de fluxo em 14,5 GHz é 1,5 vezes maior que em 8 GHz, o que concorda com a observação, que fornece uma razão entre a densidade de fluxo em 14,5 e 8 GHz de aproximadamente 1,2. Para o evento de 1979 em 22 GHz, devido à escassez de dados nesta época, não é possível determinar o máximo com exatidão (Figura 4.45).

4.2.7 - Sgr A (CENTRO GALÁCTICO).

O Centro Galáctico dista do Sol cerca de 8,5 Kpc, sendo esta distância calculada por métodos cinemáticos (Clemens, 1985) e é uma região com massa aproximada de $4,7 \times 10^6 M_{\odot}$, num raio de aproximadamente 1,7 pc.

Mapas de Sgr A foram feitos por Maxwell e Downes (1964) em 5 GHz, Cooper e Price (1964), Hollinger (1965) em 14 GHz e Tateyama et al., 1986. Dessas observações notou-se que Sgr A é uma fonte não térmica, com índice espectral de -0,63. A confirmação do espectro de microondas não térmico foi feita por Downes et al. (1965), observando em 8,3 GHz e 15,5 GHz, com resoluções de 4,2' e 2,2', respectivamente. Balick e Brown (1974) observando em 8 e 2,7 GHz estimaram um limite superior de 0,1" para o tamanho da fonte compacta em Sgr A.

Em 5 GHz, observando-se com o VLA, detetou-se 4 componentes (Brown et al., 1989): uma fonte pontual não térmica, emissão de regiões térmicas discretas, emissão extensa e emissão rádio difusa em uma região de aproximadamente 43".

A região nuclear de Sgr A pode ser subdividida em duas componentes especialmente distintas: Sgr A leste e Sgr A oeste (Ekers et al., 1975). A componente compacta no interior de Sgr A oeste foi observada com VLBI em 8 GHz e possui dimensões da ordem de 0,02" (Ekers et al., 1975). Em 1,7 GHz e 968 MHz, Davies et al. (1976), através de interferometria, registraram dimensões da fonte compacta em Sgr A de 0,5" e 1,5", respectivamente. Kellermann et al. (1975) registraram dimensões menores, cerca de 0,001". Geldzahler et al. (1979) confirmaram a existência da componente nuclear. Brown et al. (1978) observaram esta fonte compacta com um interferômetro nas frequências de 2,7 e 8 GHz e com o VLA em 5, 15, 23 GHz. Concluiu-se que a dimensão desta fonte é menor que 0",001.

No que diz respeito à variabilidade em comprimentos de onda rádio, o Centro Galáctico não tem sido muito pesquisado. Existem poucos trabalhos na literatura e um deles é o de Brown e Lo (1982), que estuda o comportamento de longo (meses) e curto (dias) períodos de SgrA. Deste trabalho chega-se à conclusão que há variabilidade tanto de longo quanto de curto período nesta fonte. Sgr A variou cerca de 25% em 2,7 GHz e 40% em 8,1 GHz, num período da ordem de meses. Além disso variabilidade de curto período foi notada, sendo que com maior amplitude na frequência de 8,1 GHz. Notou-se também um aumento gradual na densidade de fluxo de aproximadamente 20% em 2,7 GHz, o mesmo não ocorrendo em 8,1 GHz onde notou-se variações abruptas na densidade de fluxo.

É muito difícil se afirmar que Sgr A em comprimentos de onda rádio possui variabilidade. Botti (1983) encontrou variações entre 10 e 40% em 22 e 43 GHz, em escalas de tempo de dias. Porém, devido à técnica de

calibração podem haver incertezas de 10 a 20% nessas observações de curto período. Os dados em 22 GHz na Figura 4.9 mostram que no período 1980-1989 Sgr A se manteve razoavelmente bem comportada com flutuações cerca de 10%. Em 43 GHz as flutuações são maiores, mas a amostra até 1986 é pequena. Entre 1986 e 1989 a densidade de pontos é maior e pode-se ver que a densidade de fluxo é constante nesse período.

4.2.8 - 0403-132, 0454-234, 0906+015, 1144-379, 2203-18,
2255-282, 2345-167, 2354-11

Essas fontes foram pesquisadas no período 1980-1989 em 22 GHz e possuem densidade de fluxo por volta de 2 Jy. Descreve-se de uma maneira geral o comportamento apresentado por elas durante o período de pesquisa.

0403-132

Tem sido observado desde 1980, quando apresentou até 1984 variações significantes em seu fluxo. A partir de 1984 tem se mantido constante. Um decaimento de aproximadamente 70% foi detetado em 1981, com substancial aumento dois meses mais tarde. Em 1984 ocorreu outra variação com amplitude cerca de 84%, com subsequente decaimento de aproximadamente 29%, meses mais tarde. Após um período sem variabilidade ocorreu novo decréscimo da densidade de fluxo cerca de 26% em setembro de 1988 (Figura 4.2).

0454-234

Com amplitude de variação de 160% aproximadamente, em um ano, ocorreu um evento no início de agosto de 1988 (Figura 4.3).

0906+015

Tem apresentado flutuações, encontrando-se agora em um período quiescente. Apresentou períodos mais ativos em 1981, 1983 e 1985 (Figura 4.5). Nota-se na Figura 4.47 que em óptica (Webb et al., 1988), 0906+015 teve dois máximos, nos inícios de 1980 e 1982, aparentemente sem correlação com 22 GHz.

1144-379

Tem apresentado uma diminuição gradativa de sua densidade de fluxo a partir de 1982, quando se encontrava em um período de densidade de fluxo alta, atingindo densidades de fluxo próximas a 7 Jy. Entre 1982 e 1989 houve um decréscimo de 70%. Hoje se encontra em torno de 2 Jy (Figura 4.6).

2203-18

Está entrando em um período mais ativo, após uma explosão no final de 1988. Antes disso sua densidade de fluxo se manteve constante por 4 anos, dentro de uma pequena amostra de pontos (Figura 4.11).

2255-282

Após sua fase quiescente entre 1980 e 1985 entrou em atividade entre 1986 e 1989, ocorrendo um evento de grande intensidade com variação de 250% em relação ao período anterior (Figura 4.14).

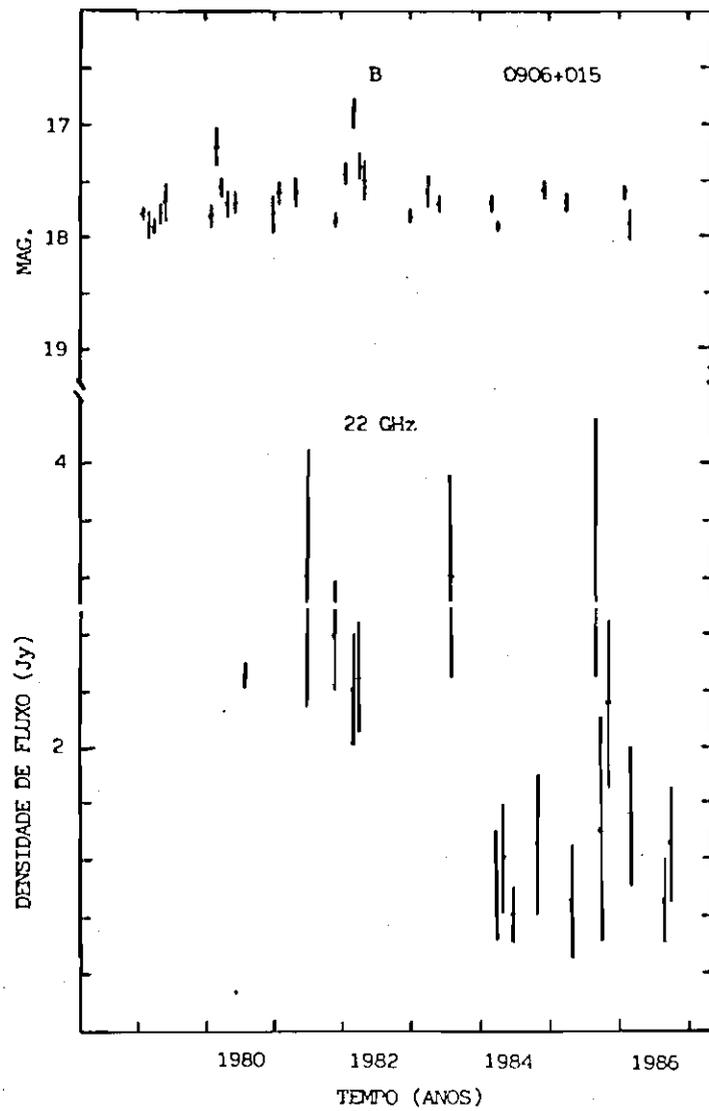


Fig. 4.47 - Evolução temporal do quasar 0906+15 em óptica e 22 GHz.

FONTE: Webb et al., (1988) e Observatório do Itapetinga, (1989).

2345-167

Teve um decréscimo gradual entre 1980 e 1987, tendo um ligeiro acréscimo no período 1988-1989 (Figura 4.15).

2354-11

Encontrou-se numa fase mais ativa no período 1981-1982 e em 1988 (Figura 4.16).

4.2.9 - AMOSTRA RESTANTE.

Essas fontes foram observadas tanto em 22 GHz quanto em 43 GHz e fazem parte de um programa internacional de monitoramento de quasares. Além dessas frequências foram feitas observações pelo grupo finlandês, no "Swedish-ESO Submillimetre Telescope (SEST)", nas frequências de 90 e 230 GHz.

A amostra estudada é constituída por blazares caracterizados por emissão rádio forte, variabilidade e alta polarização em óptica e infravermelho (Impey e Neugebauer, 1988). O contínuo óptico e infravermelho dos blazares possui variabilidade de horas e a polarização linear pode ser tão alta quanto 45%.

Primeiramente se fará um estudo das fontes através de seus espectros desde o comprimento de onda rádio até raios X. Posteriormente serão estudados os espectros daquelas fontes onde foi possível fazer observações em 22, 43, 90 e 230 GHz simultaneamente.

Os espectros (faixa de 10^8 até 10^{18} Hz) das fontes observadas são apresentados nas Figuras 4.48 e os dados foram extraídos de diversas publicações a saber:

- a) Rádio: Owen et al. (1980); Kuhr et al. (1981) e Observatório do Itapetinga (1989). Acima de 90 GHz: Ennis et al. (1982), Gear et al. (1984) e Observatório do Itapetinga (1989).
- b) óptico e infravermelho: Neugebauer et al., (1979), Cruz-Gonzales e Huchra (1984), Impey e Neugebauer, (1988).
- c) Ultravioleta: Ghisellini et al. (1985).
- d) Raios-X: Schwartz e Ku (1983), Madejski e Schwartz (1983), Ledden e O'Dell(1985) e Maraschi et al. (1986).

Na Figura 4.48 o símbolo "quadrado" simboliza as observações de 22 e 43 GHz. Os triângulos são os dados obtidos da literatura. Mesmo considerando épocas distintas de observação e variabilidades das fontes, a escala logaritmica dos gráficos não permite que se altere significativamente a forma do espectro. Pode-se observar nessas Figuras que a maioria das fontes tem espectro plano até 10^{12} Hz e este se inclina a partir deste ponto. As Figuras 4.48 mostram que a curvatura do espectro ocorre por volta desta frequência. Segundo Impey e Neugebauer (1988) a maior parte da energia dos blazares vem do infravermelho, ou seja, da faixa de 10^{12} a 10^{14} Hz. Logo em seguida a maior contribuição é da parte ultravioleta e óptica do espectro. A região onde o espectro é plano sugere componentes múltiplas (ver Cotton et al., 1980 para mais detalhes). O índice espectral no infravermelho distante é de aproximadamente -0,8 e em 10^{15} Hz está por volta de -1,5. Este tipo de espectro de curvatura suave entre 10^9 e 10^{15} Hz visto nas Figuras 4.48 é típico dos blazares (Impey e Neugebauer, 1988). Pode-se notar também variações maiores em frequências mais altas, onde ocorrem perdas sincrotrônicas.

Os espectros da Figura 4.48 nos dão uma idéia de sua forma para a faixa de 10^8 a 10^{18} Hz e demonstram que as observações do Itapetinga em 22 e 43 GHz fornecem as densidades de fluxo esperadas nessas frequências. Porém, é necessário se deter mais à faixa rádio do espectro, que é o objetivo dessa tese. Nesse sentido os espectros entre 22 e 230 GHz são mostrados na Figura 4.49. Eles são o resultado de observações realizadas durante 1988 e 1989 no Itapetinga e em 90 e 230 GHz no SEST. A observação simultânea de objetos compactos é de suma importância para a compreensão da física desses objetos, possibilitando ter uma idéia mais real da variabilidade nos seus espectros. Os índices espectrais entre 22 e 43 GHz, 43 e 90 GHz, 22 e 90 GHz e 90 e 230 GHz foram calculados e apresentados na Tabela 4.4.

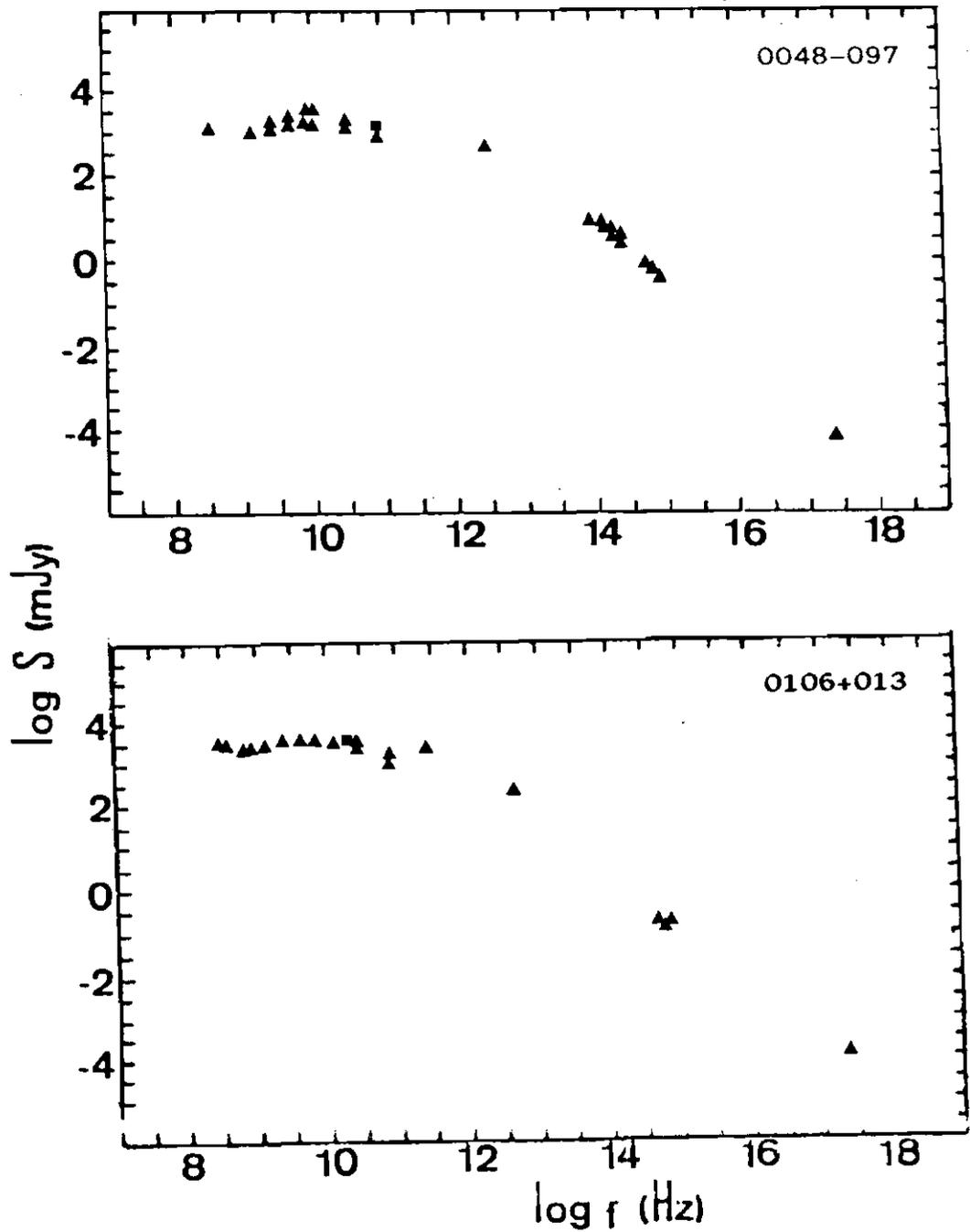


Fig. 4.48 - Espectros entre 10^8 e 10^{18} Hz de diversos blazares.

Os quadrados são observações do Itapetinga e os triângulos são da literatura.

(Continua)

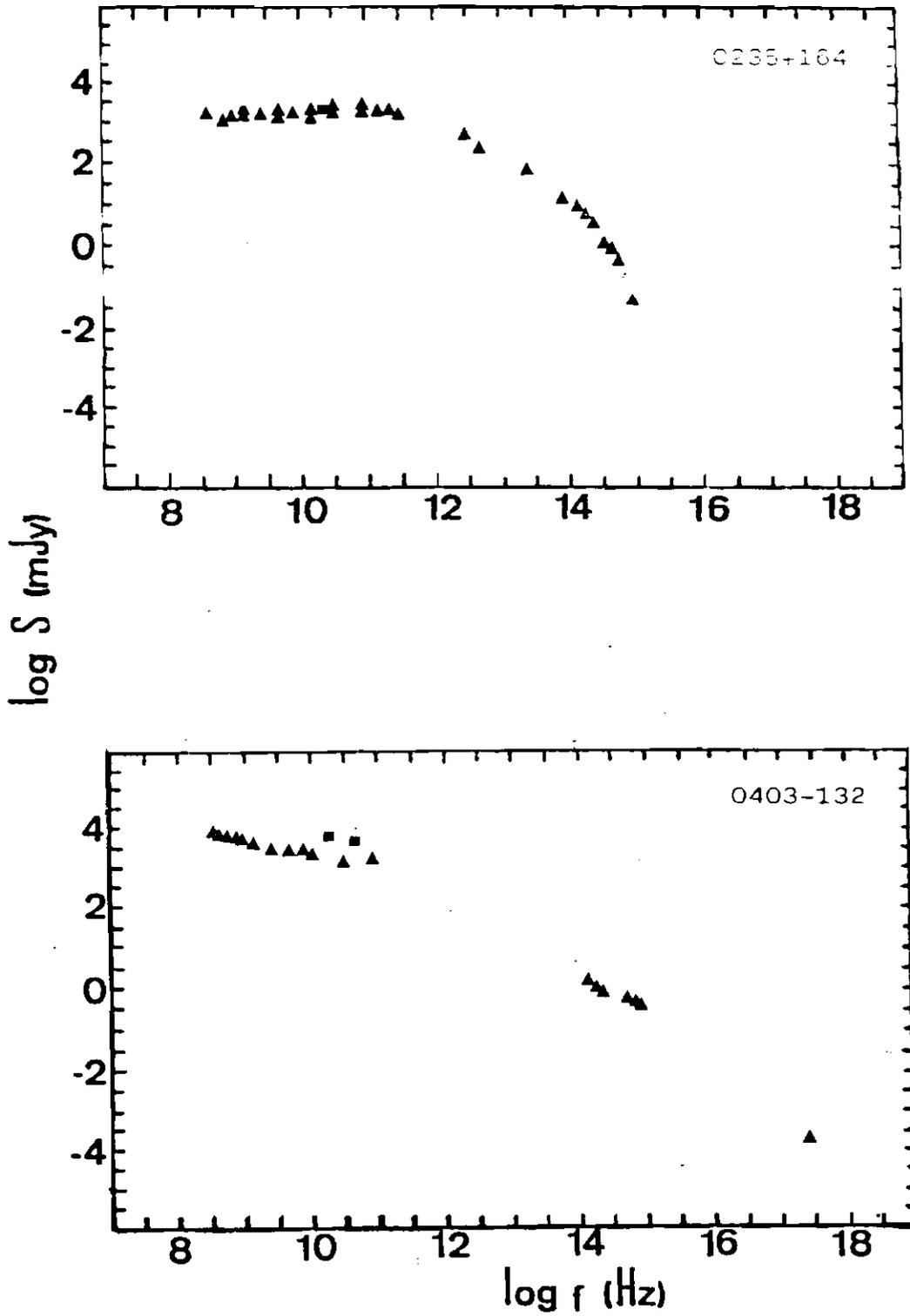


Fig. 4.48 - Continuação

(Continua)

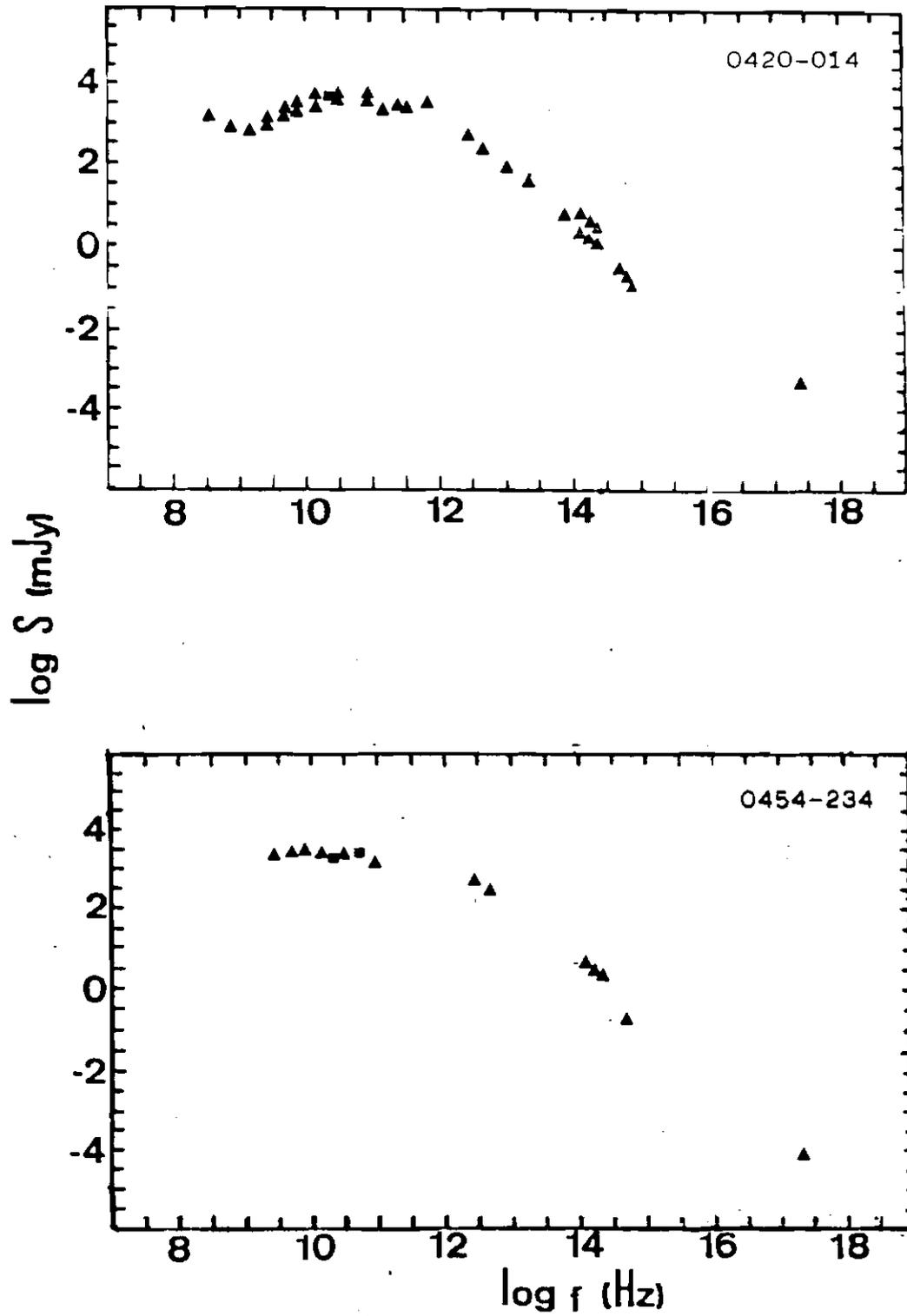


Fig. 4.48 - Continuação

(Continua)

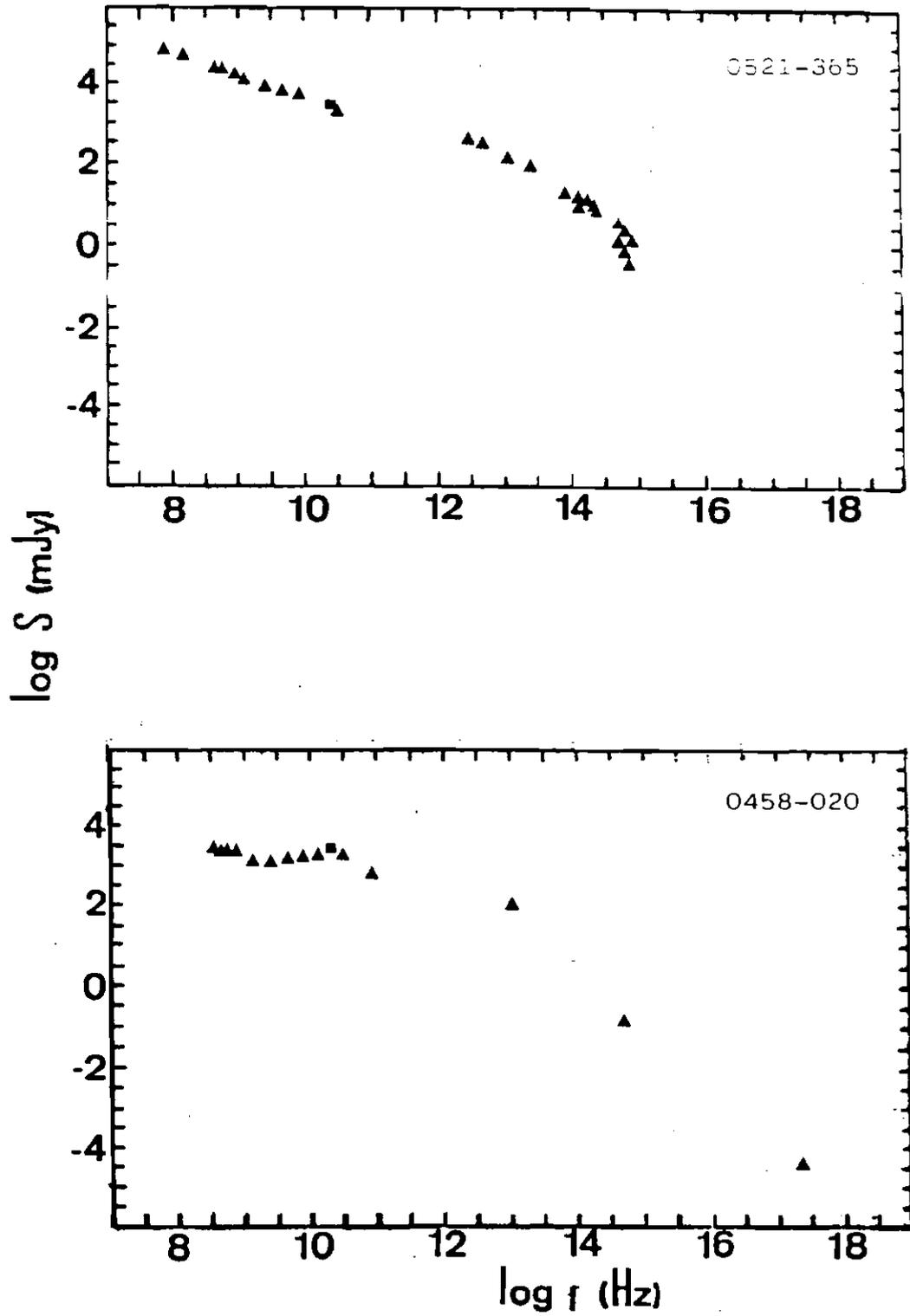


Fig. 4.48 - Continuação

(Continua)

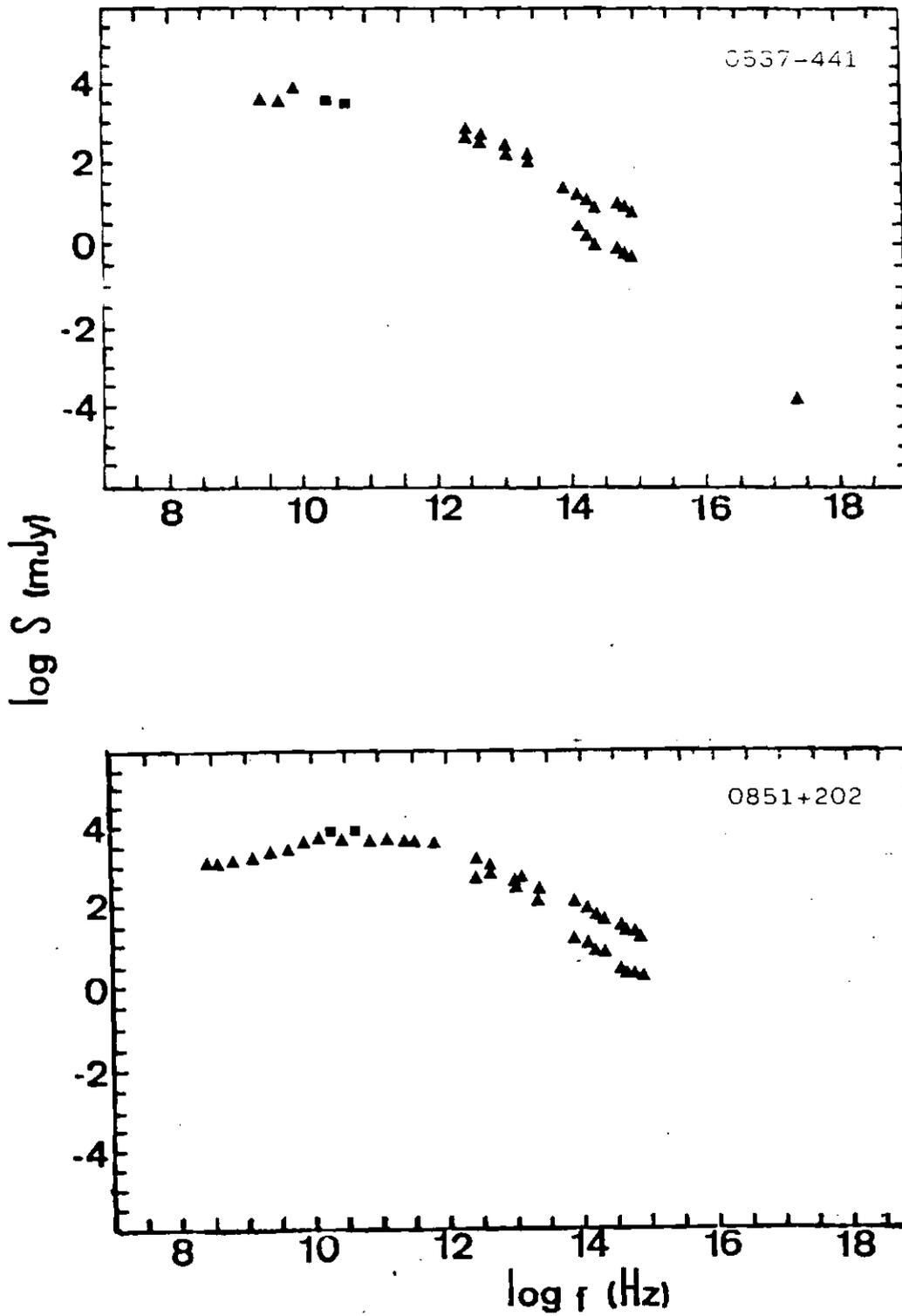


Fig. 4.48 - Continuação

(Continua)

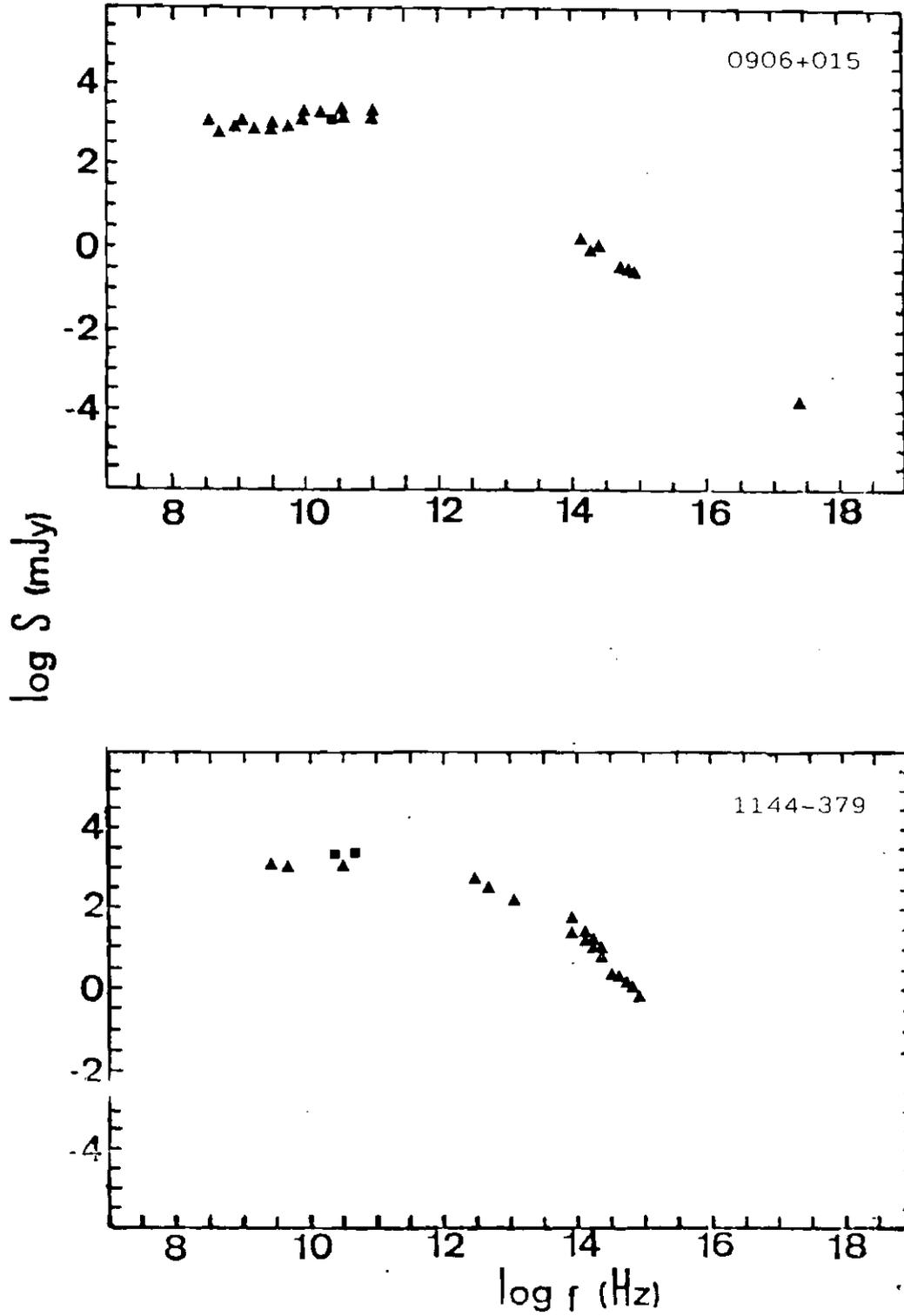


Fig. 4.48 - Continuação

(continua)

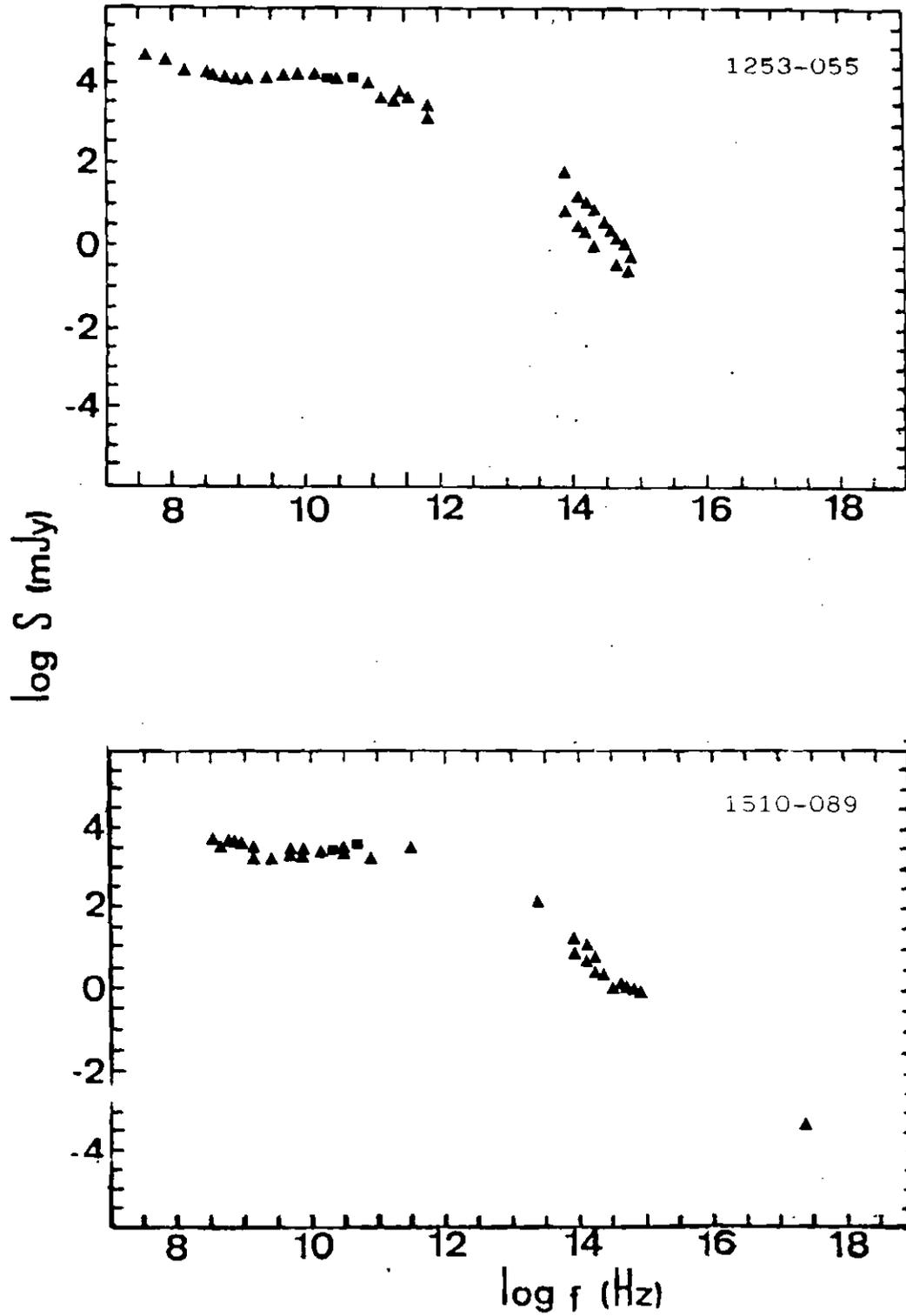


Fig. 4.48 - Continuação

(Continua)

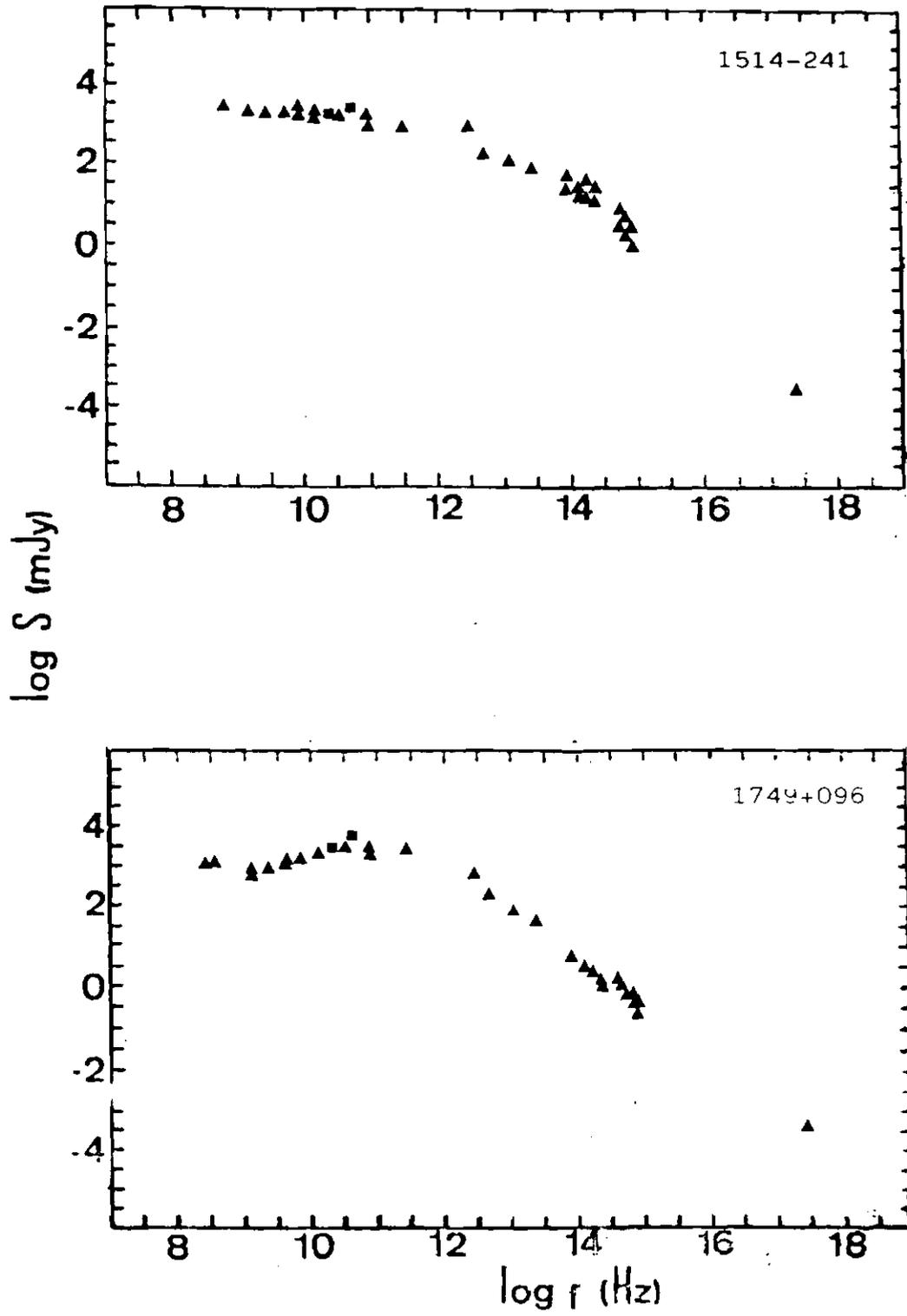


Fig. 4.48 - Continuação

(Continua)

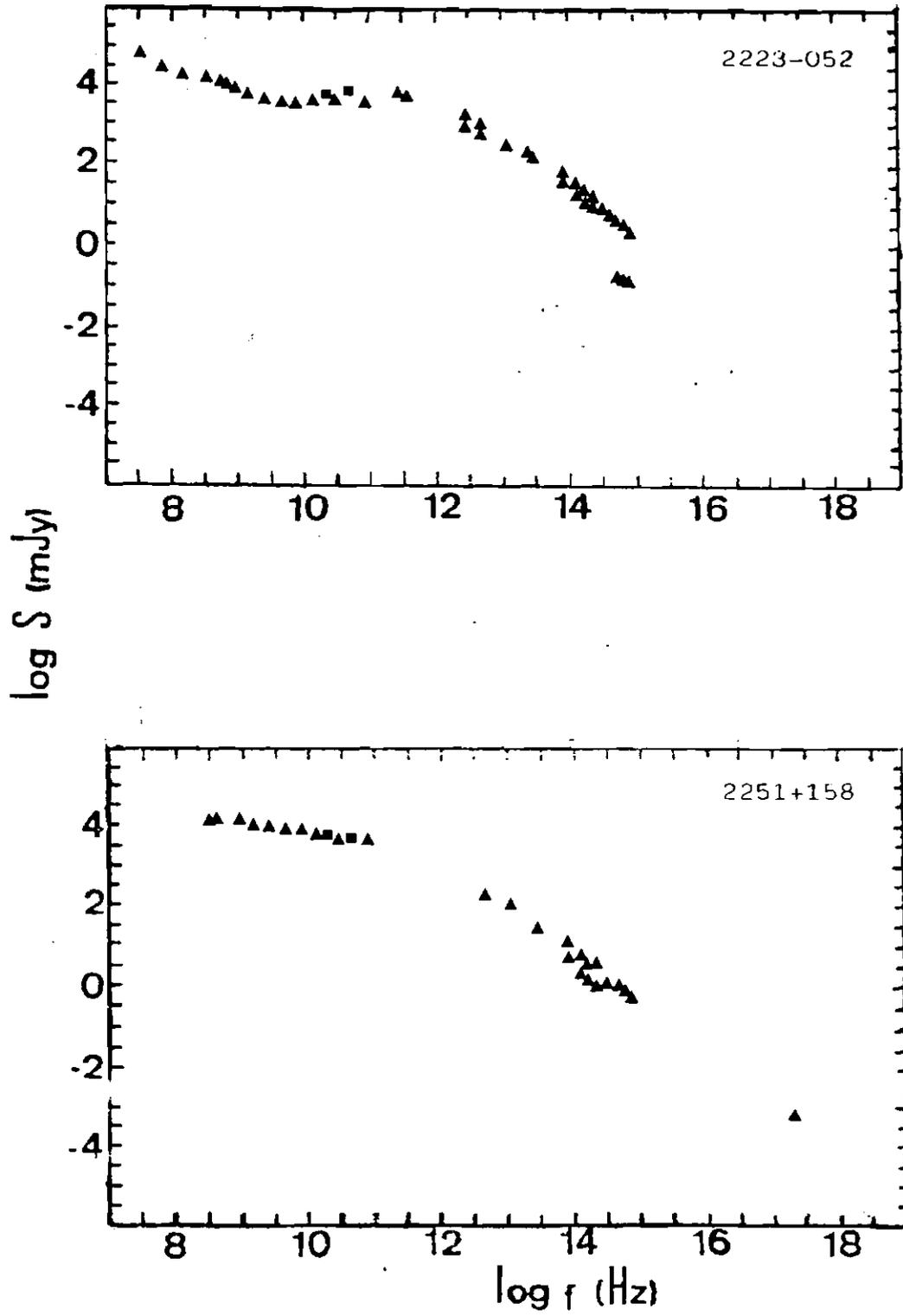


Fig. 4.48 - Continuação

(CONTINUA)

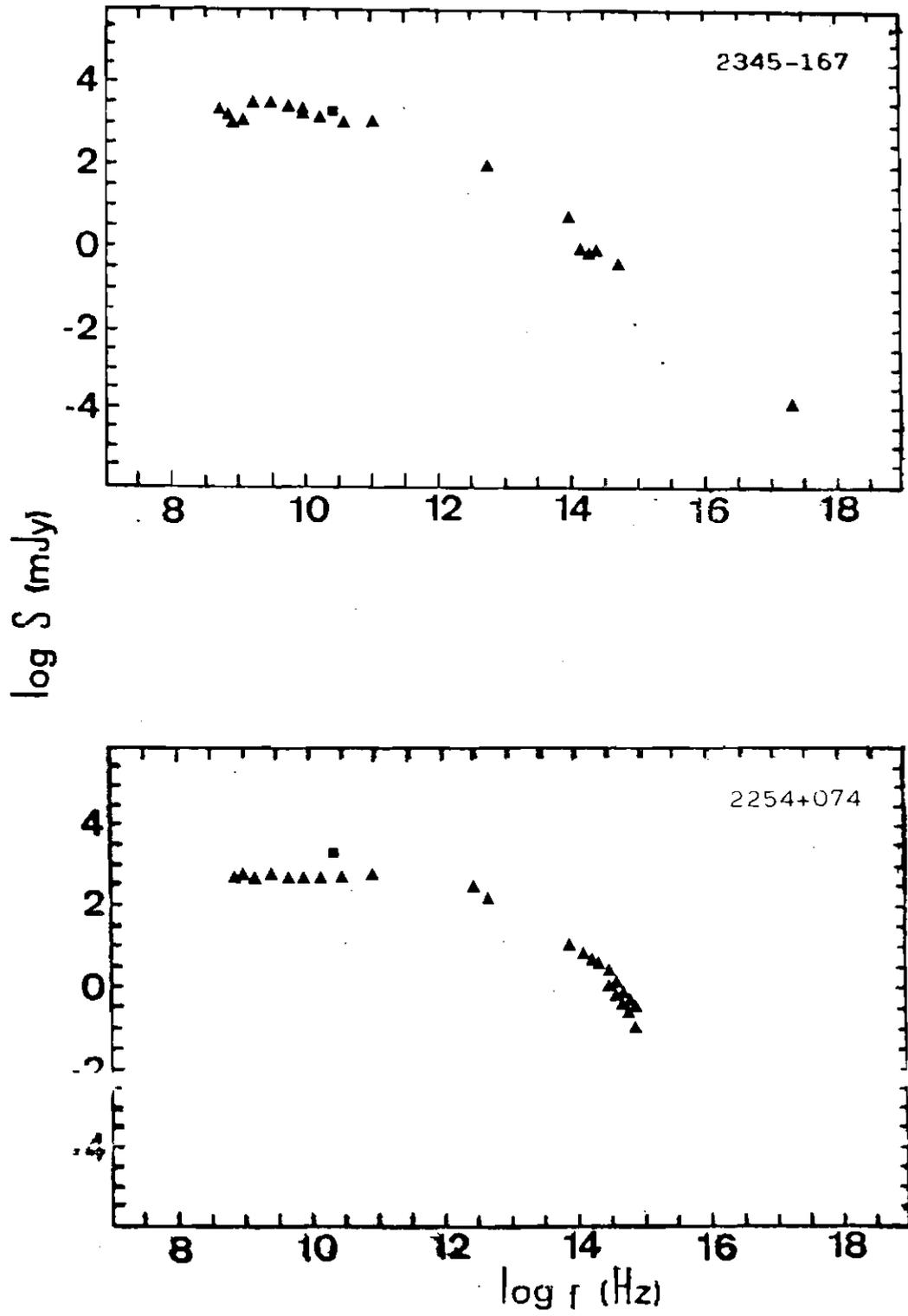


Fig. 4.48 - Conclusão.

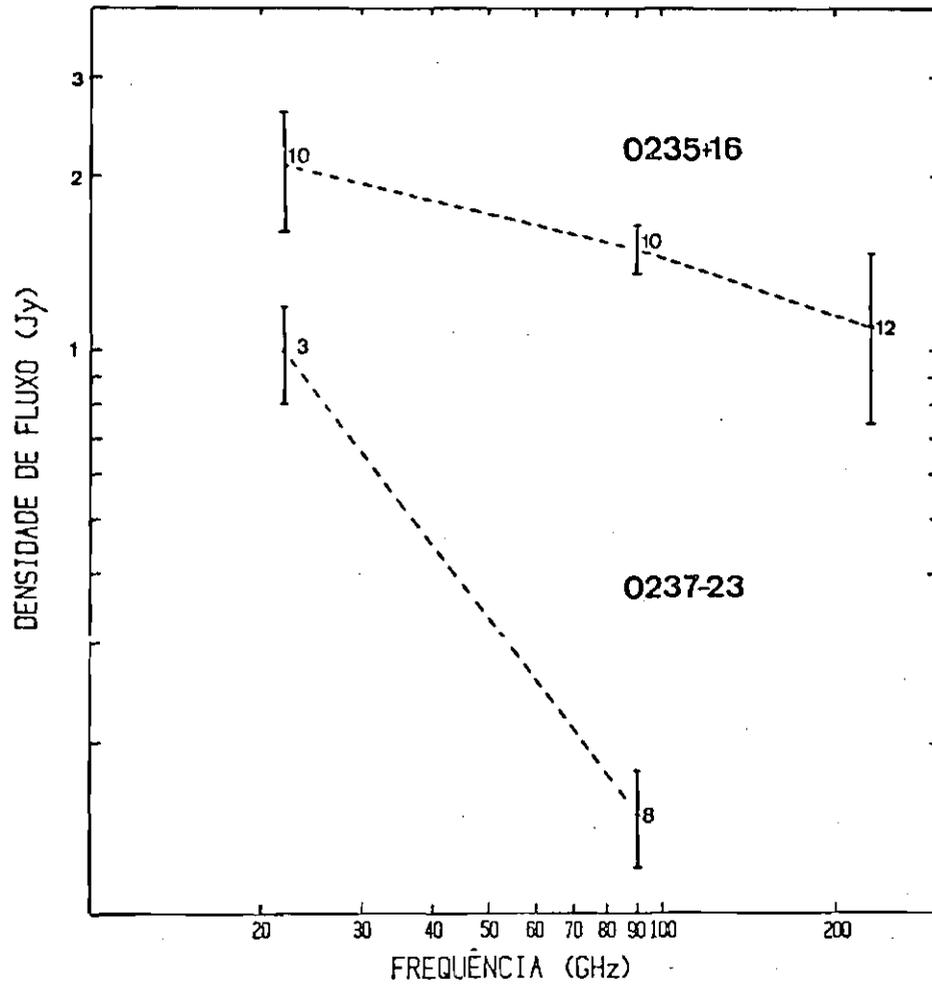


Fig. 4.49 - Espectros entre 20 e 230 GHz de diversos blazares, obtidos através de observações simultâneas entre o Itapetinga e o SEST.

As linhas tracejadas correspondem às observações em 1988 e as linhas cheias correspondem às observações de 1989.

(continua)

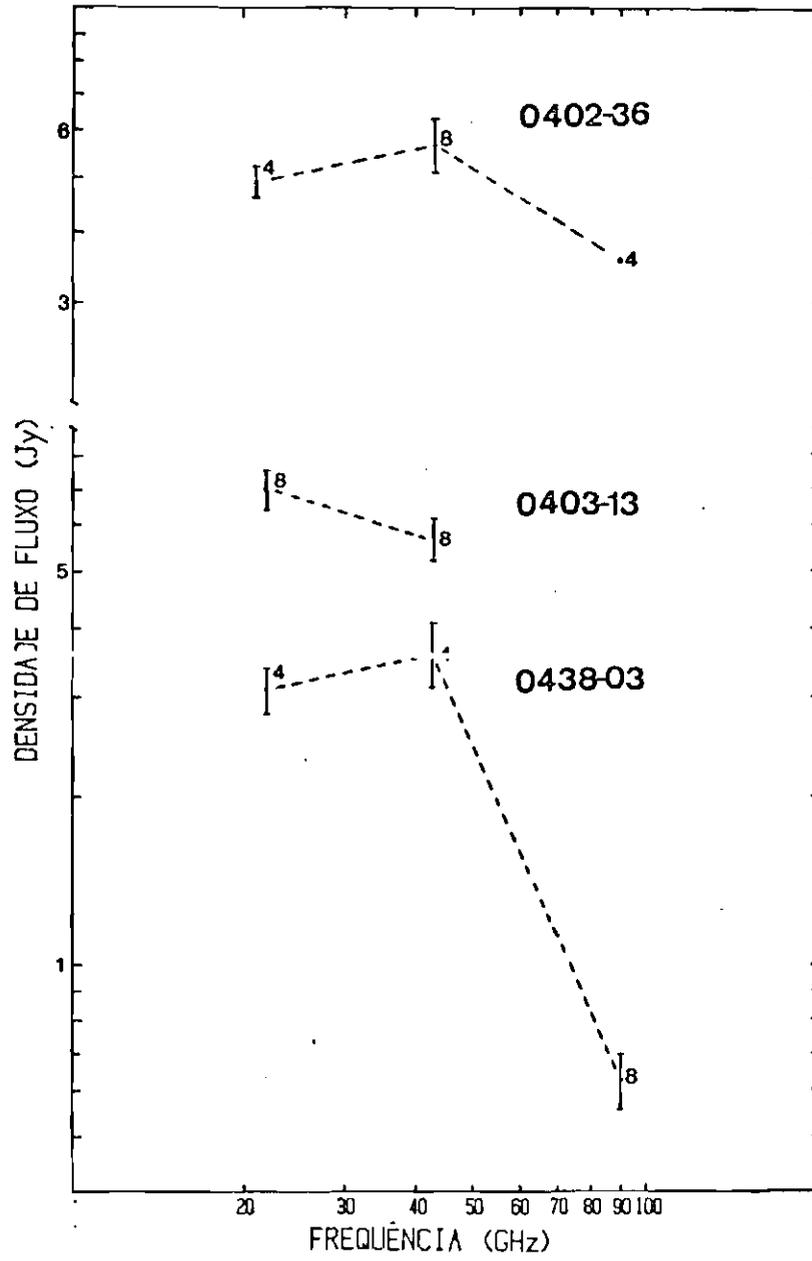


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

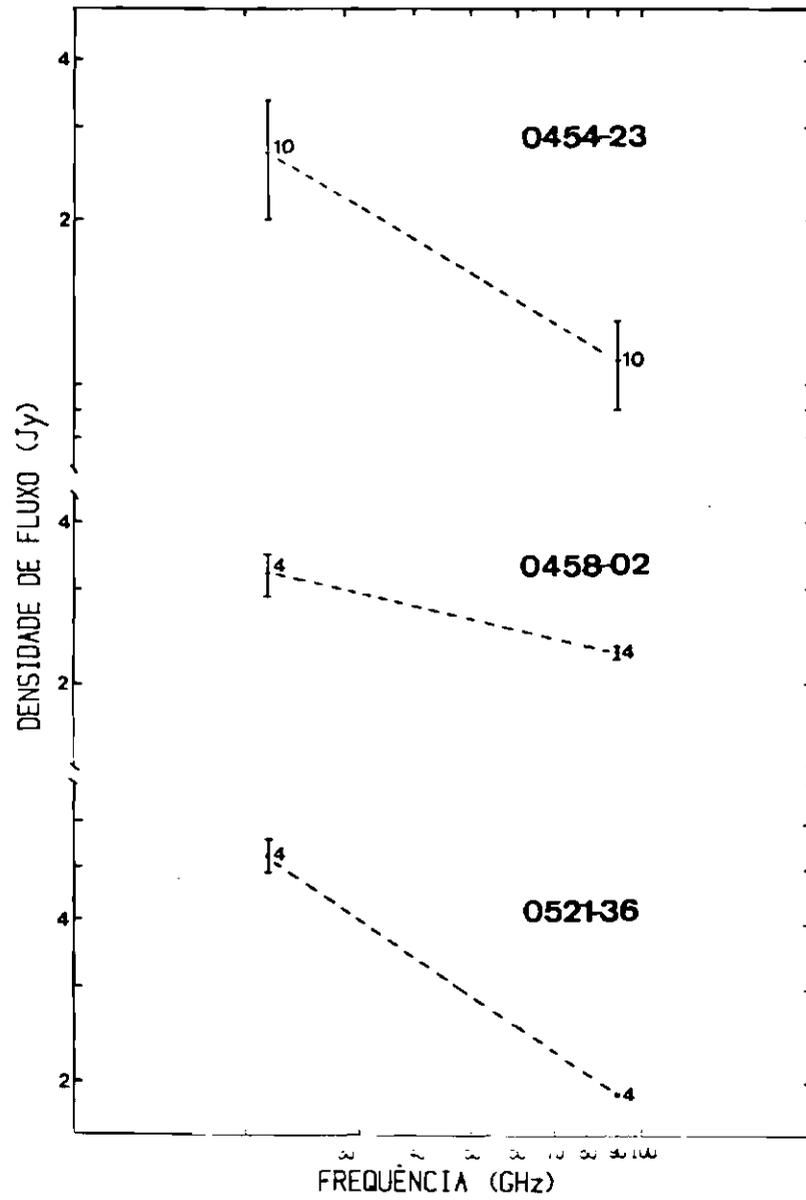


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

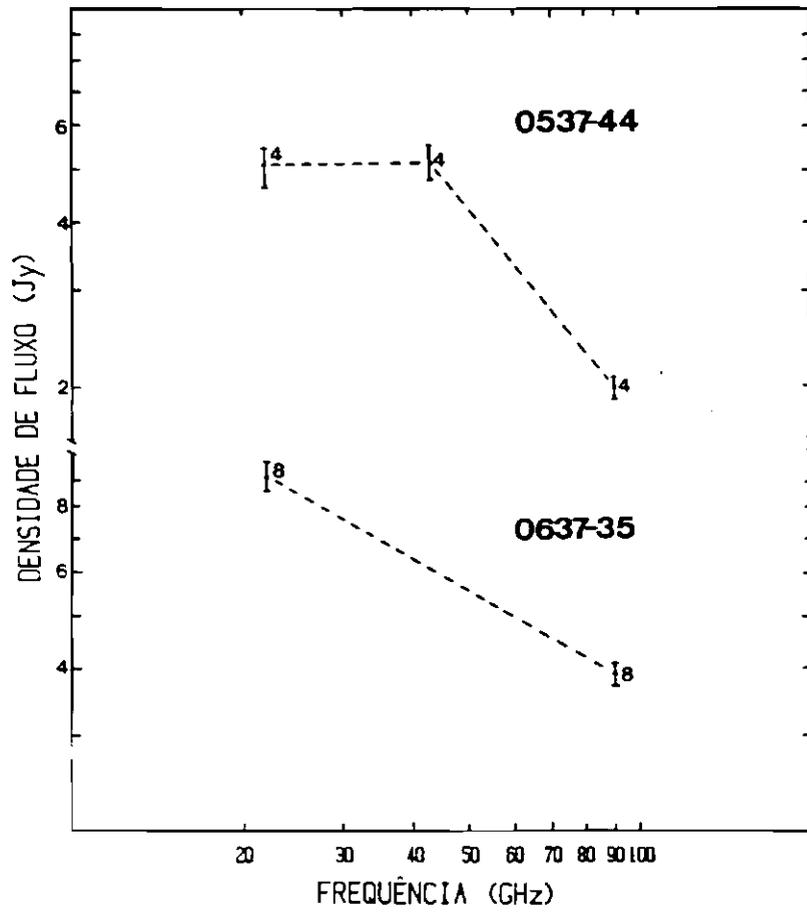


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

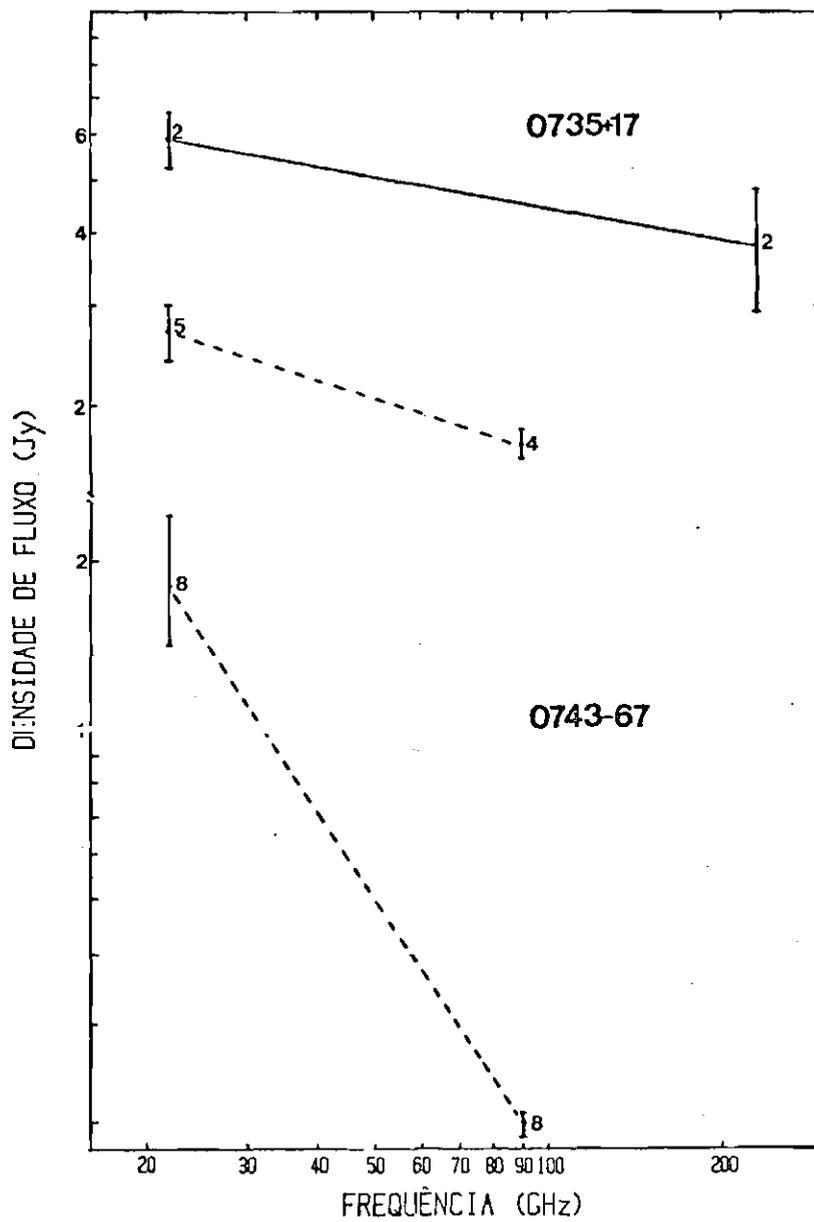


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

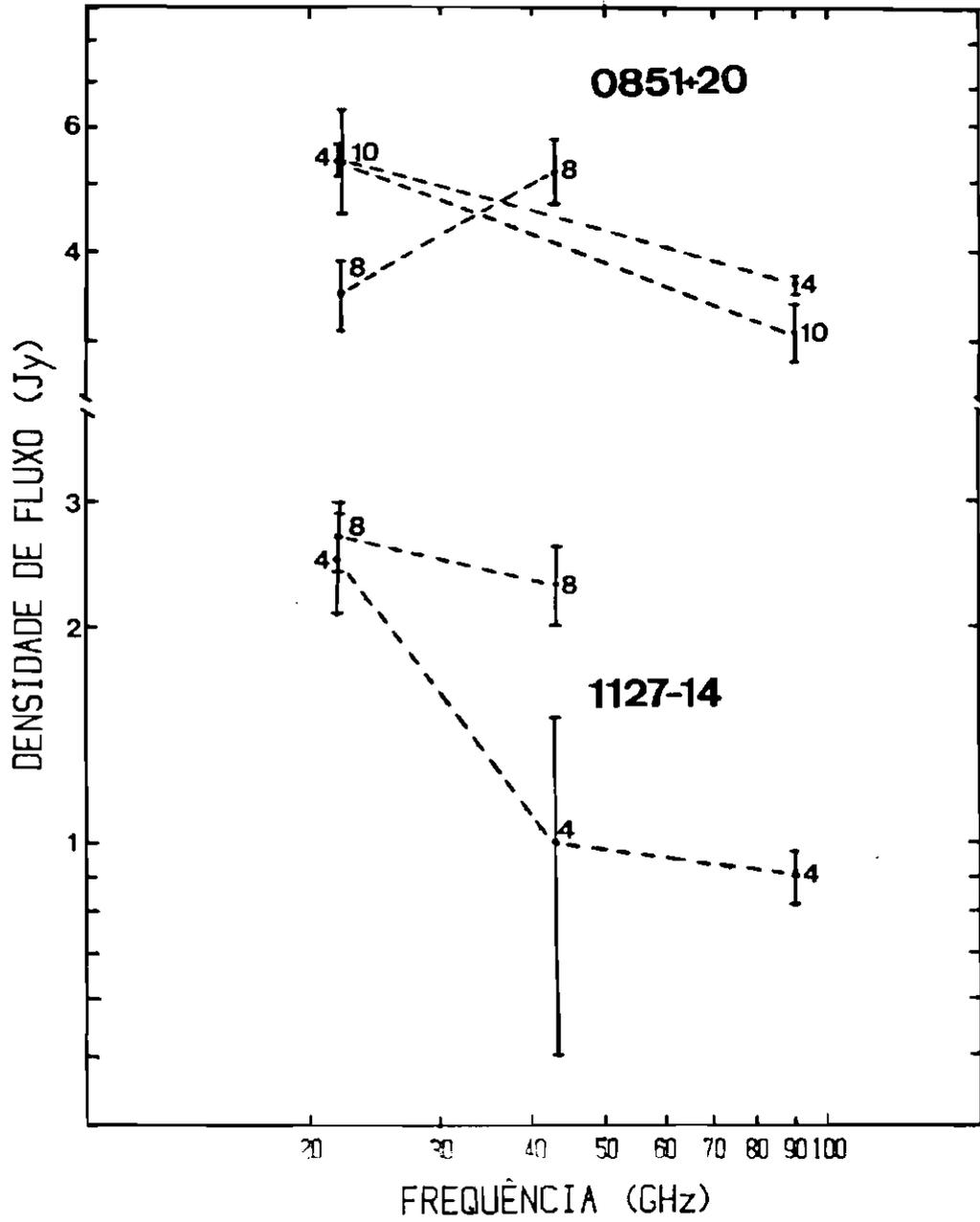


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

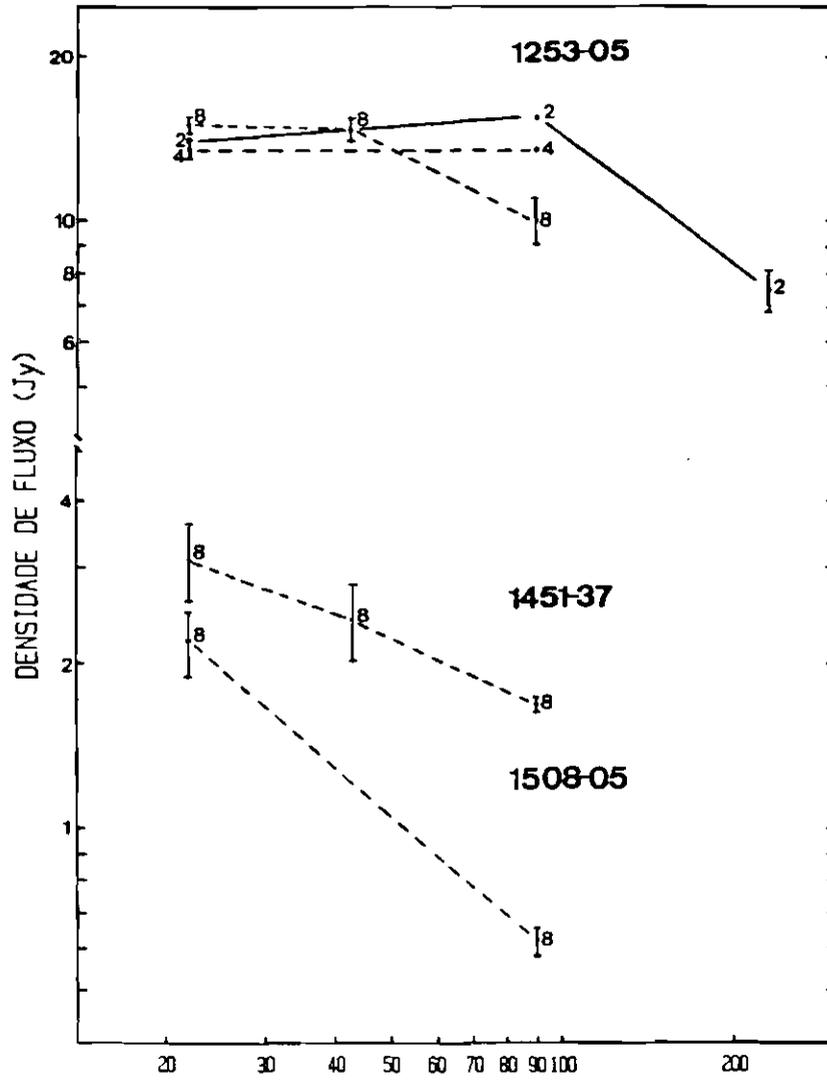


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

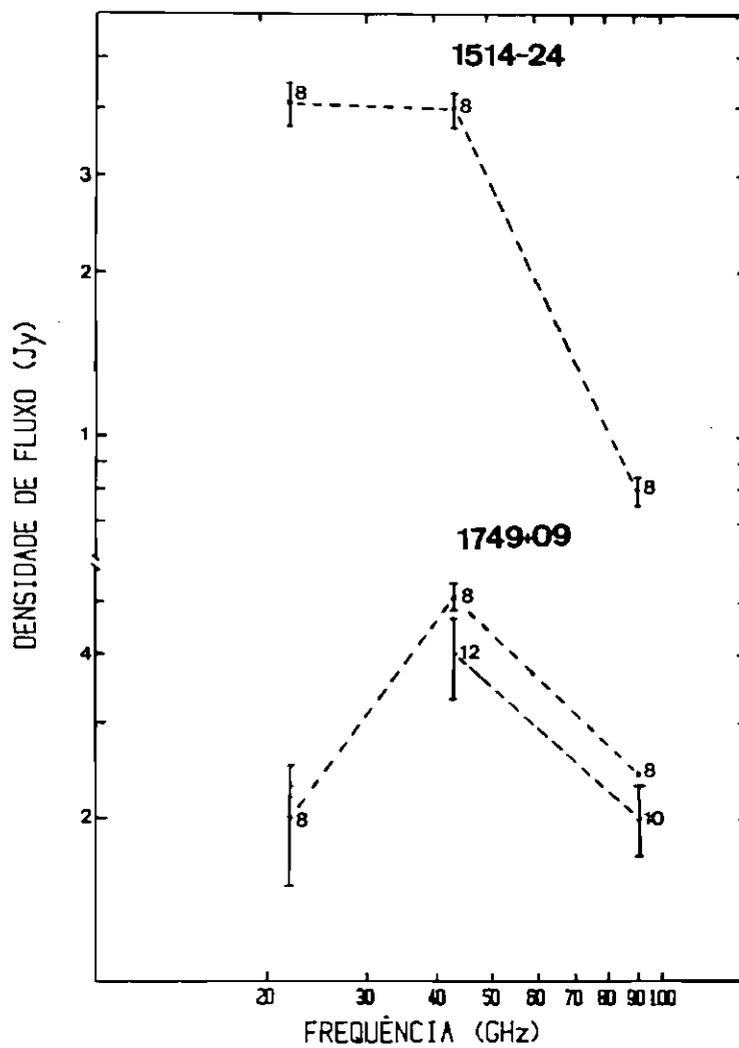


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

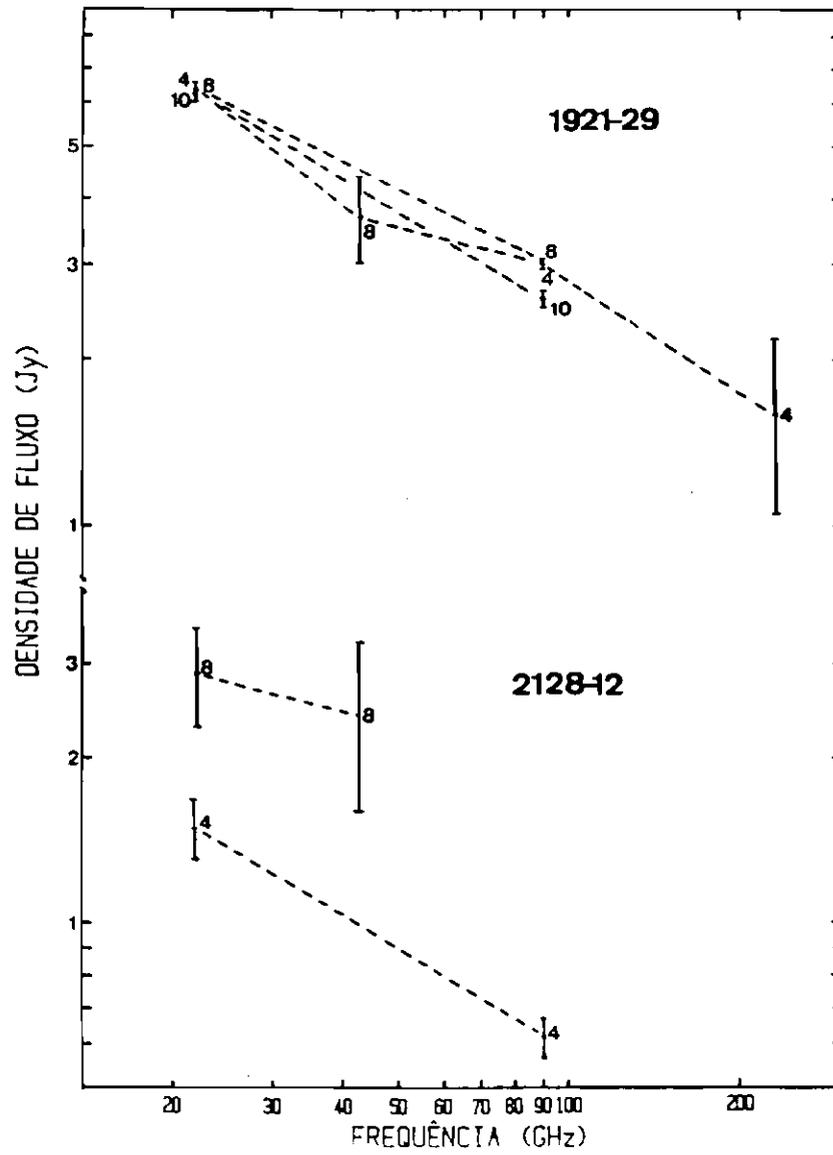


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

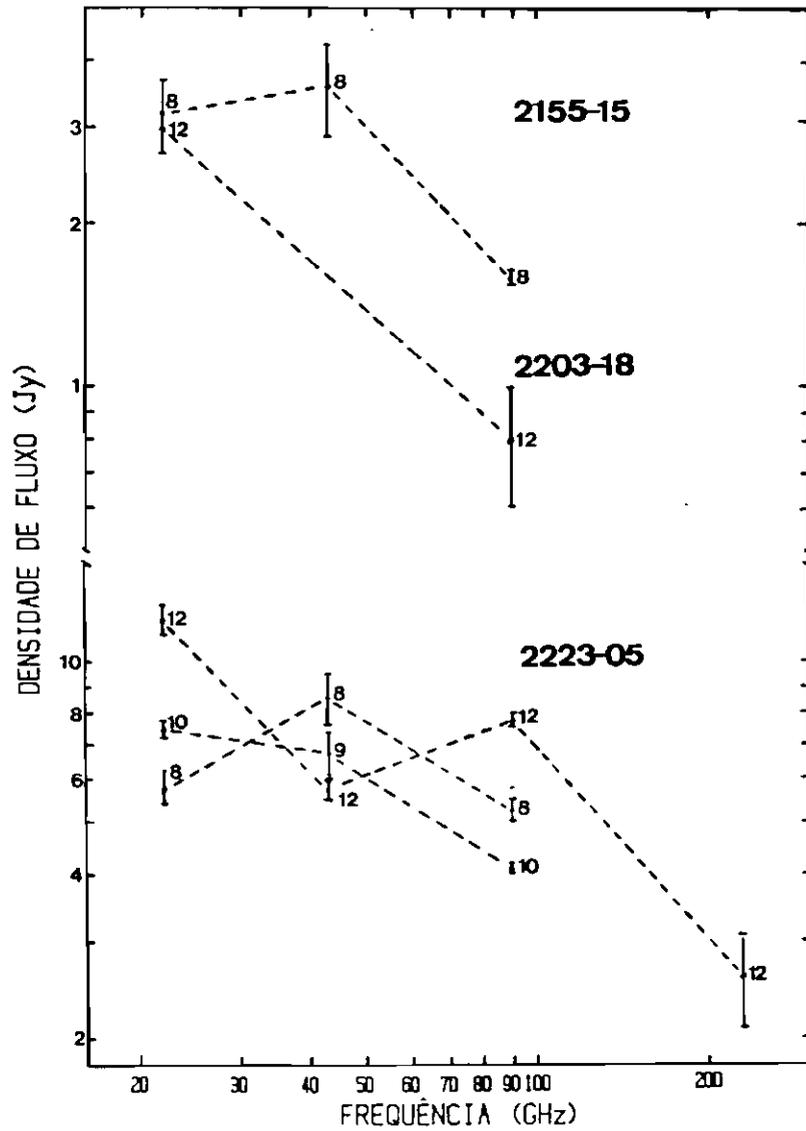


Fig. 4.49 - Continuação

(continua)

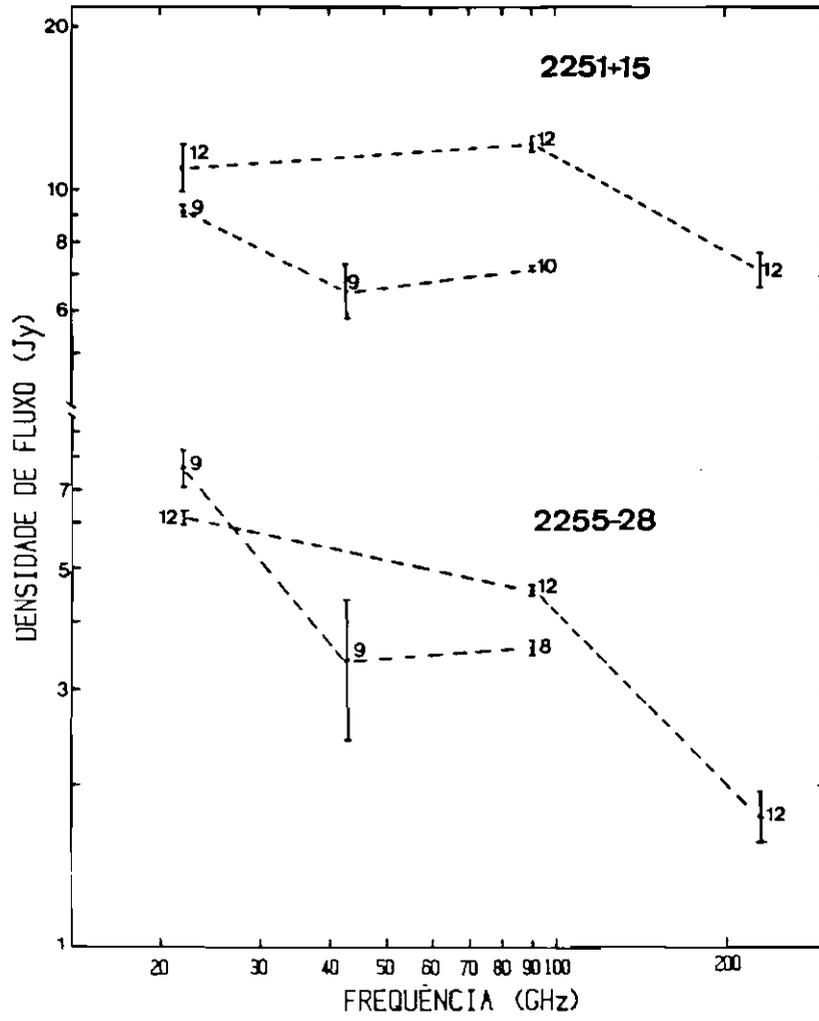


Fig. 4.49 - Conclusão.

TABELA 4.4

ÍNDICES ESPECTRAIS OBTIDOS DE OBSERVAÇÕES
SIMULTÂNEAS ENTRE O ITAPETINGA E O SEST

FONTE	22-43	43-90	22-90	90-230
0235+16			-0,26(10)	-0,26(10)
0237-23			-1,22(8)	
0402-36	0,23(4)	-0,63(4)		
0403-13	-0,31(8)			
0438-43	0,22(4)	-2,40(4)		
0454-23			-0,64(10)	
0458-02			-0,25(4)	
0521-36			-0,73(4)	
0537-44	0,03(4)	-1,29(4)		
0637-75			-0,61(8)	
0735+17				-0,19(2)
			-0,35(4)	
0743-67			-1,60(8)	
0851+20			-0,30(4)	
			-0,39(10)	
	0,59(8)			
1127-14	-1,37(4)	-0,14(4)		
	-0,24(8)			
1253-05			0,25(2)	-1,00(2)
	-0,02(8)	-0,50(8)		
			0,12(4)	
1451-37	-0,38(8)	-,46(8)		
1508-05			-0,90(8)	
1514-24	-0,04(8)	-2,18(8)		
1749+09	1,40(8)	-1,01(8)		
		-0,91(12)		
1921-29			-0,54(4)	-0,68(4)
	-0,79(8)	-0,33(8)		
			-0,61(10)	

(Continua)

Tabela 4.4 - Conclusão.

FONTE	22-43	43-90	22-90	90-230
2128-12	0,28(8)		-0,63(4)	
2155-15	0,18(8)	-1,12(8)		
2203-18			-0,94(12)	
2223-05	0,59(8)	-0,65(8)		
	-0,17(10)	-0,66(10)		
	-1,07(12)	0,43(12)		-1,20(12)
2251+15			0,11(12)	-0,62(12)
	-0,50(9)	0,20(9)		
2255-28	-1,22(9)	0,08(9)		
			-0,14(12)	-1,11(12)

Os números entre parênteses correspondem aos meses de observação em 1988.

CAPITULO 5

CONCLUSÃO

Para este trabalho procurou-se observar o máximo de fontes possíveis, dentro do tempo mensal disponível, ao longo de 9 anos de trabalho. Muitas vezes não foi possível fazer observações devido às condições meteorológicas ruins ou problemas com o equipamento. Mas a amostra de fontes observadas apresentou resultados interessantes no que diz respeito à variabilidade espectral e temporal. Para se ter uma idéia geral à respeito da variabilidade estudou-se quasares, objetos BL Lac, Centaurus A e o Centro Galáctico, apresentando todos esses objetos comportamentos semelhantes, apesar de suas classificações diferentes.

Devido à escassez de informações à respeito desses objetos em todas as faixas de frequências foi necessário, sempre que possível, comparar os resultados obtidos no Itapetinga com demais resultados de outros observatórios, em outras frequências. Procurou-se trabalhar com dados obtidos à mesma época quando do estudo dos espectros das radiofontes. Isto é necessário pois certos objetos apresentam variabilidade rápida. Procurou-se mostrar a variabilidade nos espectros, identificando-se a época que a ele correspondia.

As observações foram realizadas em 22 e 43 GHz, sendo estas frequências excelentes para se estudar fontes extragaláticas compactas, pois está-se estudando uma região mais livre dos efeitos de absorção. Esta condição é excelente no estudo de variabilidades, permitindo registrar-se os fenômenos mais internos dos núcleos ativos.

O trabalho inicial consistiu na observação de algumas fontes, como por exemplo 3C273, Centaurus A, Sgr A e OV236, tanto na frequência de 22 GHz quanto em 43 GHz, para se tentar observar variabilidades de longo período. Mas em 1982 foram acrescentadas fontes com densidade de fluxo baixa, em torno de 2 Jy, desenvolvendo-se um trabalho paralelo na frequência de 22 GHz. A escolha de uma única frequência foi feita devido ao pouco tempo disponível de observação, tornando-se muito difícil fazer observações em 43 GHz, além de 22 GHz, dado que para observar cada fonte fraca consome-se mais ou menos duas horas de observação, sem contar o tempo gasto na calibração. Um dado a acrescentar é que muitas radiofontes extragaláticas apresentam espectro com lei-de-potência, tornando-se mais difícil sua detecção em frequências mais altas. Em 1988 foi sugerido um trabalho de cooperação internacional entre o Brasil e a Finlândia, por pesquisadores finlandeses, com o objetivo de se fazer observações simultâneas em 22, 43, 90 e 230 GHz de uma série de objetos entre quasares e BL Lacertae, que são classificados como blazares. Alguns objetos faziam parte da amostra original, mas a maioria não havia sido observada. Determinou-se então os espectros simultâneos de algumas dessas fontes. Os resultados foram colocados em forma de gráfico no Capítulo 4.

Dois modelos principais foram utilizados neste trabalho e aplicados aos dados obtidos através do radiotelescópio do Itapetinga: a) O modelo canônico, que considera uma nuvem homogênea de partículas relativísticas expandindo-se adiabaticamente em uma região com campo magnético (van der Laan, 1966) e b) o modelo de onda de choque em um jato relativístico desenvolvido por Marscher e Gear (1985). O primeiro modelo apresentou problemas quando foi aplicado às fontes deste trabalho e o segundo mostrou-se melhor que o anterior. Entre os problemas

apresentados pelo modelo canônico pode-se citar que a razão entre as densidades de fluxo máximas num evento observadas em duas frequências distintas não é tão grande quanto a predita pelo modelo. O modelo prevê também uma menor amplitude para uma menor frequência, nem sempre obedecida.

O modelo de Marscher e Gear (1985) consegue explicar o aumento de amplitude de um evento com o decréscimo da frequência do máximo, não explicado pelo modelo canônico. Isto é possível quando as perdas Compton dos elétrons relativísticos dominam sobre as perdas sincrotrônicas. O modelo de onda de choque é um dos mais aceitos para explicar o comportamento de fontes compactas que apresentam variabilidade espectral e temporal. Aplicando às fontes observadas neste trabalho, foi possível calcular distâncias correspondentes à localização dos choques, nos jatos relativísticos, calcular as diferenças de tempo entre eventos em diversas frequências e associar a variabilidade temporal com estruturas que surgem nos jatos (nós, observados em VLBI).

A análise feita nesta tese dedicou-se primeiramente a um dos quasares mais próximos e mais interessantes, 3C273. Este objeto apresentou correlação entre 90 e 22 GHz em 1982 e 1983, com maior amplitude no evento em 90 GHz. Pesquisado em 22 e 43 GHz, apresentou flutuações em seu fluxo em torno de uma por ano até 1985, quando entrou em sua fase de menor densidade de fluxo. Apesar disso apresentou nesta fase flutuações em amplitude semelhantes à fase anterior. Entre 1985 e 1988 3C273 manteve-se em média com uma densidade de fluxo cerca de 40% abaixo daquela em período anterior. As flutuações observadas neste período tiveram correlação óptico-rádio interessante. Esta foi realçada com evento em óptica no início de 1988, que se propagou primeiramente para 43 GHz

e em seguida para 22 GHz. Courvoisier et al. (1987) não obtiveram sucesso três anos antes quando fizeram trabalho semelhante. Quando foi estudada utilizando-se técnica de VLBI, notou-se que a taxa de aparecimento de nós no jato desta fonte era de um por ano, coincidente com a variabilidade apresentada em 22 e 43 GHz, permitindo-se fazer uma associação entre estruturas no jato (Cohen et al., 1987) com variações observadas nos dados do Itapetinga (Botti e Abraham, 1987).

Os modelos canônico (Shklovsky, 1965; van der Laan, 1966; Pauliny-Toth e Kellermann, 1966) e o modelo de perda sincrotrônica (Marscher e Brown, 1975) foram aplicados sem sucesso a 3C273. Somente o modelo de Marscher e Gear (1985) se mostrou capaz de explicar o observado nesta fonte. Da mesma forma este modelo foi aplicado para 3C454.3 com bons resultados.

A radiogaláxia Centaurus A é uma das mais próximas conhecidas, possibilitando uma melhor visão do que possa estar acontecendo nos núcleos ativos, bem mais distantes. O modelo sincrotrônico-auto-compton (Jones et al. 1974) foi aplicado aos eventos observados em raios-X, 22 e 43 GHz, obtendo-se um bom acordo com as observações. Uma tentativa de determinação de variabilidade de curto período foi feita em fevereiro de 1987.

O quasar 3C446 foi observado em diversas frequências, notando-se correlação entre o infravermelho, óptica e rádio. As diferenças de tempo entre os eventos nas diversas frequências previstas pelo modelo de onda de choque, são compatíveis com as observadas nas frequências entre 4,8 e 22,0 GHz.

0735+178 apresentou flutuações de amplitude de aproximadamente 2 Jy entre 1980 e 1988 em 22 GHz. Em

1989 ocorreu um evento nesta frequência, com um fator 3 em relação ao período anterior. Correlação óptica-rádio deste objeto também foi observada.

O modelo canônico foi aplicado a OV236, conseguindo explicar apenas um evento desta fonte, ocorrido em 1978.

Sgr A não apresentou variabilidade maior que 20% em todo o período da pesquisa.

Entre as fontes com densidade de fluxo baixa em 22 GHz, as que mais se destacaram em termos de variabilidade foram 1144-379 e 2255-282.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, Z. *Métodos de rastreamento, aquisição de dados e calibração do radiotelescópio do Itapetinga*. (Tese de Livre Docência) Universidade de São Paulo, abr. 1989.
- ABRAHAM, Z.; KAUFMANN, P.; BOTTI, L.C.L. Search for short-term variability in nonthermal radio sources. *The Astronomical Journal*, 87(3):532-536, Mar. 1982.
- ABRAHAM, Z.; BOTTI, L.C.L.; DEL CIAMPO, L.F. Calibration methods in millimeter-wave radioastronomy. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofísica*, V12 Feb., 1986. Número especial.
- ADE, P.A.R.; NOLT, I.G.; ROBSON, E.I.; SMITH, M.G. PSR 1937+214. *IAU Central Bureau for Astronomical Telegrams*, n 3795, Apr. 1983.
- ALLEN, R.J.; BARRETT, A.H.; CROWTHER, P.P. Observations of the radio sources 3C84, 3C273, 3C274 and 3C279 at short centimeter wavelengths. *The Astrophysical Journal*, 151(1):43-52, Jan. 1968.
- ALLER, H.D.; HODGE, P.E.; ALLER, M.F. Radio polarization rotators: BL Lacertae and 0727-115. *The Astrophysical Journal*, 248(2):L5-L8, Aug. 1981.
- ALLER, H.D.; ALLER, M.F.; LATIMER, G.E.; HODGE, P.E. Spectra and linear polarizations of extragalactic variable sources at centimeter wavelengths. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 59(1):513-768, Dec. 1985.

- ALBERNHE, F.; LEBORGNE, J.F.; VEDREME, G.; BOCLET, D.;
DUROUCHOUX, P.; da COSTA, J.M. Detection of the
Position Annihilation Gamma Ray Line from the Galactic
Center Region. *Astronomy and Astrophysics* 84:214-218
May 1981.
- ALTSCHULER, D.R. The short-term radio variability of BL
Lacertae Objects. *The Astronomical Journal*,
87(2):387-394, Feb. 1982.
- ALTSCHULER, D.R.; WARDLE, J.F.C. Radio properties of BL
Lac type objects. *Nature*, 255(1):306-310, May 1975.
- ALTSCHULER, D.R.; WARDLE, J.F.C. Observations of the flux
density and linear polarization of compact
extragalactic radio sources at 3.7 and 11.1-cm
wavelength. *Memories of the Royal Astronomical
Society*, 82(1):1-67. July 1976.
- ANDREW, B.H.; MACLEOD, J.M.; HARVEY, G.A.; MEDD, W.J. A
ten-year study of extragalactic variable sources at
centimeter wavelengths. *The Astronomical Journal*,
83(8):863-899, Aug. 1978.
- BAATH, L.B. VLBI monitoring of BL Lacertae objects. In:
FANTI, R.; KELLERMANN, K.; SETTI, G., ed. VLBI and
compact radio sources. Proceedings of a Symposium held
in Bologna, Italy, June 27-July 1, 1983. Dordrecht, D.
Reidel, 1984, p. 127-130. (IAU Symposium, 110).
- BAATH, L.B.; ELGERED, G.; LUNDQVIST, G.; GRAHAM, D.;
WEILER, K.W.; SEIELSTAD, G.A.; TALLQVIST, S.;
SCHILIZZI, R.T. The radio fine structure of the BL
Lacertae Objects AO 0235+164, 0735+178; BL Lac,
1749+701, MK 421; 3C66A at 5 GHz. *Astronomy and
Astrophysics*, 96(1):316-324, Mar. 1981.

- BACKER, D.C. Extragalactic VLBI at 89 GHz. In: FANTI, R.; KELLERMANN, K.; SETTI, G., ed. *VLBI and compact radio sources*. Proceedings of a Symposium held in Bologna, Italy, June 27-July 1, 1983. Dordrecht, D. Reidel, 1984, p. 31-33. (IAU Symposium, 110).
- BAITY, W.A.; ROTHSCHILD, R.E.; LINGENFELTER, R.E.; STEIN, W.A.; NOLAN, P.L.; GRUBER, D.E.; KNIGHT, F.K.; MATTESON, J.L.; PETERSON, L.E.; PRIMINI, F.A.; LEVINE, A.M.; LEWIN, W.H.G.; MUSHOTZKY, R.F.; TENNANT, A.F. Centaurus A (NGC 5128) at 2 keV-2.3 MeV: HEAO 1 Observations and Implications. *The Astrophysical Journal*, 244(1):429-435, Mar. 1981.
- BALICK, B.; BROWN, R.L. Intense sub-arcsecond structure in the Galactic Center. *The Astrophysical Journal*, 194(1):265-270, Dec. 1974.
- BARBIERI, C.; CRISTIANI, S.; OMIZZOLO, S.; ROMANO, G. The variable extragalactic object 3C446. *Astronomy and Astrophysics*, 142(2):316-320, Jan. 1985.
- BARVAINIS, R.E. *Linear polarization and total flux density of silicon monoxide masers and active extragalactic objects at millimeter wavelengths*. University of Massachusetts doctor of philosophy, Five College Radio Astronomy Reports, Feb. 1984.
- BARVAINIS, R., PREDMORE, C.R. Intense sub-arcsecond structure in the Galactic Center. *The Astrophysical Journal*, 282(2):402-411, July 1984.

- BEALL, J.H.; ROSE, W.K.; GRAF, W.; PRICE, K.M.; DENT, W.A.; HOBBS, R.W.; CONKLIN, E.K.; ULICH, B.L.; DENNIS, B.R.; CRANNELL, C.J.; DOLAN, J.F.; FROST, K.J.; ORWIG, L.E. Radio and X-ray variability of the nucleus of Centaurus A (NGC5128). *The Astrophysical Journal*, 219(1):836-844, Feb. 1978.
- BECKLIN, E.E.; FROGEL, J.A.; KLEINMANN, D.E.; NEUGEBAUER, G.; NEY, E.P.; STRECKER, D.N. Infrared observations of the core of Centaurus A, NGC 5128. *The Astrophysical Journal*, 170(2):L15-L19, Nov. 1971.
- BENNETT, C.L.; LAWRENCE, C.R.; BURKE, B.F. 5 GHz source variability and the gain of the NRAO 300 foot telescope. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 54(1):211-227, Feb. 1984.
- BEZLER, M.; KENDZIORRA, E.; STAUBERT, R.; HASINGER, G.; PIETSCH, W.; REPPIN, C.; TRUMPER, J.; VOGES, W. The high energy X-ray spectrum of 3C273. *Astronomy and Astrophysics*, 136(2):351-354, July. 1984.
- BIGNAMI, G.F.; BENNETT, K.; BUCCHERI, R.; CARAVEO, P.A.; HERMSEN, W.; KANBACH, G.; LICHTI, G.G.; MASNOV, J.L.; MAYER-HASSELWANDER, H.A.; PAUL, J.A.; SACCO, B.; SCARSI, L.; SWANENBURG, B.N.; WILLS, R.D. 3C273 revisited: confirmation by cos-B of high energy gamma-ray emission. *Astronomy and Astrophysics*, 93(1):71-75, Jan. 1981.
- BIRETTA, J.A.; COHEN, M.D.; HARDEBECK, H.E.; KAUFMANN, P.; ABRAHAM, Z.; PERFETTO, A.A.; SILVA, P.M. Observations of 3C273 with high north-south resolution. *The Astrophysical Journal*, 292(2):L5-L8, May 1985.

- BLAKE, G.M. Observations of extragalactic radio sources having unusual spectra. *Astrophysical Letters*, 6(5):201-205, Oct. 1970.
- BLANDFORD, R.D.; KONIGL, A. Relativistic jets as compact radio sources. *The Astrophysical Journal*, 232(1):34-48, Aug. 1979.
- BOTTI, L.C.L. *Estudo de variabilidades de radiofontes extragaláticas em 22 GHz e 44 GHz*. (Dissertação de Mestrado em Ciência Espacial) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1983. 114 p. (2913-TDL/149).
- BOTTI, L.C.L.; ABRAHAM, Z. Variability of radio sources. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofísica*, 14(1):97-100, May 1987.
- BOTTI, L.C.L.; ABRAHAM, Z. Long-term variability of 3C273 at 22 and 44 GHz. *The Astronomical Journal*, 96(2):465-469, Aug. 1988.
- BOWYER, C.S.; LAMPTON, M.; MACK, J.; MENDONÇA, F. Detection of X-ray emission from 3C273 and NGC5128. *The Astrophysical Journal*, 161:L1-L7, July 1970.
- BRADT, H.V.; DOXSEY, R.E.; JOHNSTON, M.D. SCHWARTZ, D.A.; BURKHEAD, M.S.; DENT, W.A.; LILLER, W.; SMITH, A.G. 3C273: γ -ray variability, spectrum, and position. *The Astrophysical Journal*, 230(1):L5-19, May 1979.

BREGMAN, J.N. ; GLASSGOL, A.E. ; HUGGINS, P.T. ; ALLER, H.D. ;
ALLER, M.F. ; HODGE, P.E. ; RIEKE, G.H. ; LEBOSKY, M.J. ;
POLLOCK, J.T. ; PICA, A.J. ; LEACOCK, R.J. ; SMITH, A.G. ;
WEBB, J. ; BALONEK, T.J. ; DENT, W.A. ; O'DEA, C.P. ; KU,
W.H.-M. ; SCHWARTZ, D.A. ; MILLER, J.S. ; RUDY, R.J. ; LEVAN,
P.D. Multifrequency observations of the BL Lacertae
object 0735+178. *The Astrophysical Journal*, 276(2):
454-465, Jan. 1984.

BREGMAN, J.N. ; GLASSGOLD, A.E. ; HUGGINS, P.J. ; NEUGEBAUER,
G. ; SOIFER, B.T. ; MATTHEWS, K. ; ELIAS, J. ; WEBB, J. ;
POLLOCK, J.T. ; PICA, A.J. ; LEACOCK, R.J. ; SMITH, A.G. ;
ALLER, H.D. ; ALLER, M.F. ; HODGE, P.E. ; DENT, W.A. ;
BALONEK, T.J. ; BARVAINIS, R.E. ; ROELLIG, T.P.L. ;
WISNIEWSKI, W.Z. ; RIEKE, G.H. ; LEBOSKY, M.J. ; WILLS,
B.J. ; WILLS, D. ; KU, W.H.-M. ; BREGMAN, J.D. ; WITTEBORN,
F.C. ; LESTER, D.F. ; IMPEY, C.D. ; HACKWELL, J.A.
Multifrequency observations of the superluminal quasar
3C345. *The Astrophysical Journal*, 301(2):708-726, Feb.
1986.

BRODIE, J. ; KONIGL, A. ; BOWYER, S. The discovery of
optical emission knots in the inner jet of Centaurus A.
The Astrophysical Journal, 273(1):154-166, Oct. 1983.

BROWN, L.M.J. ; ROBSON, E.I. ; GEAR, W.K. ; HUGHES, D.H. ;
GRIFFIN, M.J. ; GELDZALER, B.J. ; SCHWARTZ, P.R. ; SMITH,
A.G. ; SMITH, M.G. ; SHEPHERD, D.W. ; WEBB, J.R. ;
VALTAOJA, E. ; TERASRANTA, H. ; SALONEN, E.
Multifrequency observations of blazars. III. The
spectral shape of the radio to x-ray continuum. *The
Astrophysical Journal*, 340(1):129-149, May 1989.

BROWN, R.L. ; LO, K.Y. Variability of the compact radio
source at the Galactic Center. *The Astrophysical
Journal*, 253(1):108-114, Feb. 1982.

- BROWN, R.L.; LO, K.Y.; JOHNSTON, K.J. The radio spectrum of the compact source at the Galactic Center. *The Astronomical Journal*, 83(12):1594-1597, Dec. 1978.
- BURBIDGE, B. Continuity in the observed properties of Qsos, high redshift emission-line radio galaxies, BL Lac objects, N systems and Seyfert galaxies, and possible interpretations. In: GIURICIN, G.; MARDIROSSIAN, F.; MEZZETTI, M.; RAMELLA, M., ed. *Structure and evolution of active galactic nuclei*. Proceedings of the International Meeting held in Trieste, Italy, Apr. 10-13, 1985. Dordrecht, D. Reidel, 1986, p.47-62. (Astrophysics and Space Science Library, 121).
- BURNS, J.O.; FEIGELSON, E.D.; SCHREIER, E.J. The inner radio structure of Centaurus A: Clues to the origin of the jet X-ray emission. *The Astrophysical Journal*, 273(1):128-153, Oct. 1983.
- CARSWELL, R.F.; STRITTMATTER, P.A.; WILLIAMS, R.E.; KINMAN, T.D.; SERKOWSKI, K. Optical observations of the radio source 0735+178. *The Astrophysical Journal*, 190(3):L101-104, June 1974.
- CLEGG, P.E.; GEAR, W.K.; ADE, P.A.R.; ROBSON, E.I.; SMITH, M.G.; NOLT, I.G.; RADOSTITZ, J.V.; GLACCUM, W.; HARPER, D.A.; LOW, F.J. Millimeter and submillimeter observations of 3C273. *The Astrophysical Journal*, 273(1):58-63, Oct. 1983.
- CLEMENS, D.P. Massachusetts-Stony Brook galactic plane CO survey: The galactic disk rotation curve. *The Astrophysical Journal*, 295(2):422-436, Aug. 1985.

COE, M.J.; BOWRING, S.R.; HALL, C.J.; STEPHEN, J.B. A study of long-term variability in radio emission of active galaxies. *Astrophysics and Space Science*, 91(1):35-41, Mar. 1983.

COHEN, M.H.; KELLERMANN, K.I.; SHAFFER, D.B.; LINFIELD, R.P.; MOFFET, A.T.; ROMNEY, J.D.; SEIELTAD, G.A.; PAULINY-TOTH, I.I.K.; PREUSS, E.; WITZEL, A.; SCHILIZZI, R.T.; GELDZAHLER, B.J. Radio sources with superluminal velocities. *Nature*, 268(5619):405-409, Aug. 1977.

COHEN, M.H.; UNWIN, S.C.; LIND, K.R.; MOFFET, A.T.; SIMON, R.S.; WILKINSON, P.N.; SPENCER, R.F.; BOOTH, R.S.; NICOLSON, G.D.; NIELL, A.E.; YOUNG, L.E. VLBI maps of 3C273 and 3C345 at 2.3 GHz. *The Astrophysical Journal*, 272(2):000 000, Sept. 1986.

COHEN, M.H.; ZENZUS, J.A.; BIRETTA, J.A.; COMORETTO, G.; KAUFMANN, P.; ABRAHAM, Z. Evolution of 3C273 at 10.7 GHz. *The Astrophysical Journal*, 315(2):L89-L92, Apr. 1987.

CONDON, J.J.; DRESSEL, L.L. Synchrotron spectra of non-uniform compact sources. *The Astrophysical Letters*, 15(4):203-207, Dec. 1973.

COOPER, B.F.C.; PRICE, R.M. The galaxy and the Magellanic Clouds. In: KERR, F.S.; ROGERS, A.W., ed. *The galaxy; Proceedings of a Symposium held in Canberra, Australia, Jan. 1-10, 1964*, p. 168-170. (IAU-URSI Symposium, 20).

COOPER, B.F.C.; PRICE, R.M.; COLE, D. A study of the decimetric emission and polarization of Centaurus A. *Australian Journal of Physics*, 18(6), 589-625, Dec. 1965.

- COTTON, W.D. ; WITTELS, J.J. ; SHAPIRO, I.I. ; MARCAIDE, J. ; OWEN, F.N. ; SPANGLER, S.R. ; RIUS, A. ; ANGULO, C. ; CLARK, T.A. ; KNIGHT, C.A. The very flat radio spectrum of 0735+178: a cosmic conspiracy? *The Astrophysical Journal*, 238(3):L123-L128, June 1980.
- COURVOISIER, T.J.-L. ; ULRICH, M.H. Ultraviolet continuum variability of the quasar 3C273. *Nature*, 316(6028):524-526, Aug. 1985.
- COURVOISIER, T.J.L. Violent activity in the bright quasar 3C273. *The Messenger*, 54:37-39, Dec. 1988.
- COURVOISIER, T.J.L. ; TURNER, M.J.L. ; ROBSON, E.I. ; GEAR, W.K. ; STAUBERT, R. ; BLECHA, A. ; BOUCHET, P. ; FALOMO, R. ; VALTONEN, M. ; TERASRANTA, H. The radio to X-ray continuum emission of the quasar 3C273 and to temporal variations. *Astronomy and Astrophysics*, 176(2):197-209, Apr. 1987.
- CRUZ-GONZALES, I. ; HUCHRA, J.P. Continuum distribution of an X-ray observed sample of BL Lac objects. *The Astronomical Journal*, 89(4):441-465, Apr. 1984.
- CUTRI, R.M. ; AITKEN, D.K. ; JONES, B. ; MERRIL, K.M. ; PUETTER, R.C. ; ROCHE, P.F. ; RUDY, R.J. ; RUSSELL, R.W. ; SOIFER, B.T. ; WILLNER, S.P. Infrared spectrophotometry of three seyfert galaxies and 3C273. *The Astrophysical Journal*, 245(3):818-828, May 1981.
- DAMLE, S.V. ; KUNTE, P.K. ; NARANAN, S. ; SREEKANTAN, B.V. AND VENKATESAN, D. Hard X-ray observations of the quasar 3C273. *Astronomy and Astrophysics*, 182(1):L1-L4, Aug. 1987.

- DAVIES, R.D. ; WALSH, D. ; BOOTH, R.S. The radio source at the galactic nucleus. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 177(2):319-333, Nov. 1976.
- DAVISON, P.J.N. ; CULHANE, J.L. ; MITCHELL, R.J. ; FABIAN, A.C. An increase in the X-ray flux from Centaurus A. *The Astrophysical Journal*, 196(1):L23-L25, Feb. 1975.
- DE BRUYN, A.G. Radio spectra of non-uniform synchrotron sources with internal absorption. *Astronomy and Astrophysics*, 52(2):439-447, Oct. 1976.
- DELVAILLE, J.P. ; EPSTEIN, A. ; SCHNOPPER, H.W. The X-ray structure of NGC 5128. *The Astrophysical Journal*, 219(2):L81-L83, Jan. 1978.
- DENNIS, B.K. ; BEALL, J.H. ; CUILEK, E.P. ; CRANNELL, C.J. ; DOLAN, J.F. ; FROST, K.J. ; ORWIG, L.E. Detection of high-energy X-rays from the Galactic center region. *The Astrophysical Journal*, 236(2):L49-L53, Mar. 1980.
- DENT, W.A. Quasi-Stellar Sources: Variation in the radio emission of 3C273. *Science*, 148(3676):1458-1460, June 1965.
- DENT, W.A. ; KOJOIAN, G. 7.8 GHz flux density measurements of variable radio sources. *The Astronomical Journal*, 77(10):819-828, Dec. 1972.
- DENT, W.A. ; HOBBS, R.W. 31.4 GHz flux density measurements of variable radio sources. *The Astronomical Journal*, 78(2):163-169, Mar. 1973.
- DENT, W.A. ; KAPITSKY, J.E. Variations of extragalactic sources at 7.9 GHz. *The Astronomical Journal*, 81(12):1053-1068, Dec. 1976.

- DENT, W.A.; BALONEK, T.J. A dramatic radio outburst in the quasar 1921-29. *Nature*, 283(5749):747-748, Feb. 1980.
- DENT, W.A.; KAPITZKY, J.E.; KOJOĪAN, G. 15,5 GHz flux-density measurements of variable radio sources. *The Astronomical Journal*, 79(11):1232-1241, Nov. 1971.
- DOWNNES, D.; MAXWELL, A.; MEEKS, M.L. Radio Structure of the Galactic Center region. *Nature*, 208(5016):1189-1190, Dec. 1965.
- EFANOV, V.A.; MOISEEV, I.G.; NESTEROV, N.S.; SHAKHOVSKOY, N.M. Rapid fluctuations of radio flux and polarisation in quasar 3C273. *Nature*, 269(5629):493-494, Oct. 1977.
- EKERS, R.D.; GOSS, W.M.; SCHWARZ, U.J.; DOWNES, D.; ROGSTAD, D.H. A full synthesis map of Sgr A at 5GHz. *Astronomy and Astrophysics*, 43(2):159-166, Oct. 1975.
- ELIAS, J.H.; ENNIS, D.J.; GEZARI, D.Y.; HAUSER, M.G.; HOUCK, J.R.; LO, K.Y.; MATTHEWS, K.; NADEAU, D.; NEUGEBAUER, G.; WERNER, M.W.; WESTBROOK, W.E. 1 mm continuum observations of extragalactic objects. *The Astrophysical Journal*, 220(1):25-41, Feb. 1978.
- ENNIS, D.J.; NEUGEBAUER, G.; WERNER, M. Variability of compact radio sources at a wavelength of 1 millimeter. *The Astrophysical Journal*, 262(2):451-459, Nov. 1982.
- EPSTEIN, E.E. Preliminary results on variation in the 3,4 mm flux from 3C273. *The Astrophysical Journal*, 142(3):1285-1287, Oct. 1965.
- EPSTEIN, E.E. OLIVER, J.P.; SCHORN, R.A. 3C273: Variations in its 3,4-mm flux. *The Astrophysical Journal*, 145(1):367-368, July, 1965.

- EPSTEIN, E. E. ; LANDAU, R. ; RATHER, J. D. G. Extragalactic radio sources: rapid variability at 90 GHz. *The Astronomical Journal*, 85(11):1427-1433, Nov. 1980.
- EPSTEIN, E. E. ; FOGARTY, W. G. ; MOTTMANN, J. ; SCHENEIDER, E. Quenchings and outbursts of extragalactic radiosources: nine years of 3.3-mm measurements and comparisons with centimeter-wave variations. *The Astronomical Journal*, 87(3):449-461, Mar. 1982.
- EYLES, C. J. ; SKINNER, G. K. ; WILLMORE, A. P. ; ROSENBERG, F. D. X-ray outburst from the direction of the Galactic Centre. *Nature*, 257(5524):291-293, Sept. 1975.
- FANTI, R. ; PADRIELLI, L. ; SALVATI, M. Variable Radio Sources. In: HEERCHEN, D. S. ; WADE, C. M. ed. *Extragalactic radio sources; Proceedings of a Symposium held in Albuquerque, NM, Aug. 3-7, 1981*. Dordrecht, D. Reidel, 1982, p. 317-324. (IAU Symposium, 97).
- FANTI, R. ; FICARRA, A. ; MANTOVANI, F. ; PADRIELLI, L. ; WEILER, K. Variability of extragalactic radiosources at 408 MHz. Results of a 3 year monitoring program. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 36(3):359-369, June 1979.
- FANTI, C. ; FANTI, R. ; FICARRA, A. ; MANTOVANI, F. ; PADRIELLI, L. ; WEILER, K. W. Low frequency variable sources 5 years monitoring program at 408 MHz. *Astronomy and Astrophysics Supplements Series*, 45(1):61-78, July 1981.
- FEIGELSON, E. D. ; SCHREIER, E. J. ; DELVAILLE, J. P. ; GIACCONI, R. ; GRINDLAY, J. E. ; LIGHTMAN, A. P. The X-ray structure of Centaurus A. *The Astrophysical Journal*, 251(1):31-51, Dec. 1981.

- FOGARTY, W.G.; SCHUCH, N.J. Non-variable 13,5 mm flux in the strong millimetre component of Centaurus A. *Nature*, 254(5496):124-125, Mar. 1975.
- GARDNER, B.M.; FORREST, D.J.; DUNPHY, P.P.; CHUPP, E.L. Emission in the 0.3 to 1.0 MeV range from the galactic center region. In: RIEGLER, G.R.; BLANDFORD, R.D. ed. *The galactic center*. New York, American Institute of Physics, 1982. p.144-147. (AIP Conference Proceedings, 83). Invited paper of the Workshop on the Galactic Center held at the California Institute of the Technology, Jan. 7-8, 1982.
- GEAR, W.K.; ROBSON, E.I.; ADE, P.A.R.; GRIFFIN, M.J.; SMITH, M.G.; NOLT, I.G. Multifrequency observations of OV236 (1921-293) reveal an unusual spectrum. *Nature*, 303(5912):46-47, May 1983.
- GEAR, W.K.; ROBSON, E.I.; ADE, P.A.R.; SMITH, M.G.; CLEGG, P.E.; CUNNINGHAM, C.T.; GRIFFIN, M.J.; NOLT, I.G.; RADOSTITZ, J.V. Millimeter-wave observations of flat spectrum radio sources. *The Astrophysical Journal*, 280(1):102-106, May 1984.
- GEAR, W.K.; BROWN, L.M.J.; ROBSON, E.I.; ADE, P.A.R.; GRIFFIN, M.J.; SCHMIDT, M.G.; NOLT, I.G.; RADOSTITZ, J.V.; VEEDER, G.; LEBOSKY, L. Multifrequency observations of blazars. II. The variability of the 1 m to 2 mm continuum. *The Astrophysical Journal*, 304(1):295-304, May 1986.
- GEAR, W.K.; ROBSON, E.I.; ADE, P.A.R.; GRIFFIN, M.J.; BROWN, L.M.J.; SCHMIDT, M.G.; NOLT, I.G.; RADOSTITZ, J.V.; VEEDER, G.; LEBOSKY, L. Multifrequency observations of blazars. I. The shape of the 1 micron to 2 millimeter continuum. *The Astrophysical Journal*, 291(2):511-517, Apr. 1985.

- GEHRELS, N.; CLINE, T.L.; TEEGARDEN, B.J.; PACIESAS, W.S.;
TUELLER, J.; DUROUCHOUX, PH.; HAMEURY, J.M. The
gamma-ray spectrum of Centaurus A : a high-resolution
observation between 70KeV and 8MeV. *The Astrophysical
Journal*, 278(1):112-118, Mar. 1984.
- GELDZAHLER, B.; KELLERMANN, K.I.; SHAFFER, D.B.
High-resolution observations of the compact radio
sources CL4, Cygnus X-3 and the Galactic Center. *The
Astronomical Journal*, 84(2):186-188, Feb. 1979.
- GHISELLINI, G.; MARASCHI, L.; TANZI, E.G.; TREVES, A.
Spectral properties of blazars. I. Objects observed in
the far-ultraviolet. *The Astrophysical Journal*,
310(1):317-324, Nov. 1985.
- GILMORE, G. Is PKS1921-29 a quasar with correlated radio
and optical variations? *Nature*, 287(5783):612-613,
Oct. 1980.
- GRASDALEN, G.L.; JOYCE, R.R. Infrared observations of NGC
5128. *The Astrophysical Journal*, 208(2):317-322, Sept.
1976.
- GRINDLAY, J.E.; HELMKEN, H.F.; BROWN, R.H.; DAVIS, J.;
ALLEN, L.R. Evidence for the detection of gamma rays
from Centaurus A at EGAMA $\geq 3 \times 10^{11}$ eV. *The
Astrophysical Journal*, 197(1):L9-L12, Apr. 1975.
- HADDOCK, T.F. *Frequent observations of extragalactic
compact sources at 24 GHz. (Doctoral Thesis) -
University of Michigan, 1984.*
- HALL, R.D.; MEEGAN, L.A.; WALRAVEN, G.D.; DJUTH, F.T.;
HAYMES, R.C. Detection of nuclear gamma rays from
Centaurus A. *The Astrophysical Journal*,
210(3):631-641, Dec. 1976.

- HAYMES, R.C.; ELLIS, D.V.; FISHMAN, G.J.; GLENN, S.W.;
KURFESS, J.D. Search for gamma radiation from
Centaurus A. *The Astrophysical Journal*,
155(1):L31-L34, Jan. 1969.
- HAYMES, R.C.; WALRAVEN, G.O.; MEEGAN, C.A.; HALL, R.D.;
DJUTH, F.T.; SHELTON, D.H. Detection of nuclear gamma
rays from the Galactic Center Region. *The
Astrophysical Journal*, 201(1):593-602, Nov. 1975.
- HOBBS, R.W.; DENT, W.A. 90-GHz flux-density measurements
of variable radio sources. *The Astronomical Journal*,
82(4):257-261, Apr. 1977.
- HOBBS, R.W.; MARAN, S.P.; BROWN, L.W. Preliminary results
of linear polarization measurements at 99 GHz. *The
Astrophysical Journal*, 200(2):337-377, July 1975.
- HOLLINGER, J.P. Observations of the region of the
galactic center at 2.07 centimeters. *The Astrophysical
Journal*, 142(2):609-615, Aug. 1965.
- IMPEY, C.D.; NEUGEBAUER, G. Energy distributions of
blazars. *The Astronomical Journal*, 95(2):307-351,
Feb. 1988.
- IMPEY, C.D.; BRAND, P.W.J.L.; WÖLSTENCROFT, R.D.;
WILLIAMS, P.M. Infrared polarimetry and photometry of
BL Lac objects. *Monthly Notices of the Royal
Astronomical Society*, 200(1):19-40, July 1982.
- JANSEN, M.A.; GORDON, L.M.; WELCH, W.J. Extension of the
absolute flux density scale to 22.285 GHz. *Astronomy
and Astrophysics*, 33(3):373-377, July 1974.

JOHNSON III, W.N.; HAYMES, R.C. Detection of a gamma-ray spectral line from the Galactic-Center region. *The Astrophysical Journal*, 184(1):103-125, Aug. 1973.

JOHNSON III, W.N.; HARNDEN, F.R.; HAYMES, R.C. The spectrum of low-energy gamma radiation from the Galactic-Center region. *The Astrophysical Journal*, 172(1):L1-L7, Feb. 1972.

JONES, T.W.; TOBIN, D. Restrictions on models for superlight flux variations in radio sources. *The Astrophysical Journal*, 215(2):474-482, July 1977.

JONES, T.W.; O'DELL, S.L.; STEIN, W.A. Physics of the compact nonthermal sources. I. Theory of radiation processes. *The Astrophysical Journal*, 188(2):353-368, Mar. 1974.

JONES, T.W.; RUDNICK, L.; OWEN, F.N.; PUSCHELL, J.J.; ENNIS, D.J.; WERNER, M.W. The broad-band spectra and variability of compact nonthermal sources. *The Astrophysical Journal*, 243(1):97-107, Jan. 1981.

KAUFMANN, P.; RAFFAELLI, J.C. On the possible detection of giant-periodic bursts in the nucleus of Centaurus A at mm-wavelengths. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*. Short Communication, 187(1):23-28, Apr. 1979.

KAUFMANN, P.; SANTOS, P.M.; RAFFAELLI, J.C.; SCALISE JR., E. Possible fast variability of the nucleus of Cen A at 13.5mm. *Nature*, 269(5626):311-313, Sept. 1977.

KAUFMANN, P.; STRAUSS, F.M.; COE, M.J.; CARPENTER, G.F. Millimeter-wave and X-ray observations of a Cen-A flare. *Astronomy and Astrophysics*, 100(1):189-190. July 1981.

KELLERMANN, K.I. Detection of a strong and possible variable compact millimeter wave component in Centaurus A. *The Astrophysical Journal*, 194(3):L135-L137, Dec. 1974.

KELLERMANN, K.I.; PAULINY-TOTH, I.I.K. Variations in the flux density of some quasi-stellar sources. *Nature*, 213(5080):977-980, Mar. 1967.

——— Variable radio sources. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 6:417-448, 1968.

KELLERMANN, K.I.; CLARK, B.G.; NIELL, A.E.; SHAFFER, D.B. Observations of compact radio nuclei in Cygnus A, Centaurus A and other extended radio sources. *The Astrophysical Journal*, 197(3):L113-L116, May 1975.

KELLOG, E.; GURSKY, H.; MURRAY, S.; TANANBAUM, H.; GIACCONI, R. X-ray sources near the Galactic Center observed by Uhuru. *The Astrophysical Journal*, 169(3):L99-L103, Nov. 1971.

KLEINMANN, D.E.; WRIGHT, E.L. 10-micron observations of southern-hemisphere galaxies. *The Astrophysical Journal*, 191(1):L19-L20, July 1974.

KNIGHT, F.K.; JOHNSON III, W.N.; KURFESS, J.D.; STRICKMAN, M.S. High-energy X-ray observations of the Galactic Center region. *The Astrophysical Journal*, 290(2):557-567, Mar. 1985.

KONIGL, A. Relativistic gas dynamics in two dimensions. *Physics Fluids*, 23(6):1083-1090, June 1980.

——— Relativistic jets as X-ray and gamma-ray sources. *The Astrophysical Journal*, 243(3):700-709, Feb. 1981.

- KUHR, H.; WITZEL, A.; PAULINY-TOTH, I.I.K.; NAUBER, U. A catalogue of extragalactic radio sources having flux densities greater than 1 Jy at 5 GHz. *Astronomy and Astrophysics Supplements*, 45(3):367-430, Sept. 1981.
- LAMPTON, M.; MARGON, B.; BOWYER, S.; MAHONEY, W.; ANDERSON, K. The X-ray spectrum of NGC 5128. *The Astrophysical Journal*, 171(1):L45-L50, Jan. 1972.
- LANDAU, R.; EPSTEIN, E.E.; RATHER, J.D.G. Variable radio source: 90-GHz flux densities. *The Astronomical Journal*, 85(4):363-367, Apr. 1980.
- LANDAU, R.; JONES, T.W.; EPSTEIN, E.E.; NEUGEBAUER, G.; SOIFER, B.T.; WERNER, M.W.; PUSCHELL, J.J.; BALONEK, T.J. Extragalactic 1 millimeter sources: simultaneous observations at centimeter, millimeter and visual wavelenchts. *The Astrophysical Journal*, 268(1):68-75, May 1983.
- LANDAU, R.; GOLISCH, B.; JONES, T.J.; JONES, T.W.; PEDELTY, J.; RUDINICK, L.; SITKO, M.L.; KENNEY, J.; ROELLIG, T.; SALONEN, E.; URPO, S.; SCHMIDT, G.; NEUGEBAUER, G.; MATTHEWS, K.; ELIAS, J.H.; IMPEY, C.; CLEGG, P.; HARRIS, S. Active extragalactic sources: nearly simultaneous observations from 20 centimeters to 1400 A. *The Astrophysical Journal*, 308(1):78-92, Sept. 1986.
- LAWRENCE, A.; PYE, J.P.; ELVIS, M. Ariel V sky survey X-ray variability of NGC 5128. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Short Communication, 181(3):93-99, Dec. 1977.
- LEDDEN, J.E.; O'DELL, S.L. The radio-optical-X-ray spectral flux distributions of blazars. *The Astrophysical Journal*, 298(2):630-643, Nov. 1985.

- LEPINE, J.R.D.; BRAZ, M.A.; EPCHTEIN, N. New near-infrared observations of the nucleus of NGC 5128. *Astronomy and Astrophysics*, 131(1):72-76, Feb. 1984.
- LEVENTHAL, M.; MacCALLUM, C.J.; STANG, P.D. Detection of 511 Kev positron annihilation radiation from the Galactic Center direction. *The Astrophysical Journal*, 225(1):L11-L14, Oct. 1978.
- LEVENTHAL, M.; MacCALLUM, C.J.; HUTERS, A.F.; STANG, P.D. Gamma-ray lines and continuum radiation from the Galactic Center direction. *The Astrophysical Journal*, 240(1):338-343, Aug. 1980.
- Time-variable positron annihilation radiation from the Galactic center direction. *The Astrophysical Journal*, 260(1):L1-L5, Sept. 1982.
- LOW, F.J. Observations of 3C273 and 3C279 at 1 mm. *The Astrophysical Journal*, 142(3):1287-1289, Oct. 1965.
- LOW, F.J.; JOHNSON, H.L. The spectrum of 3C273. *The Astrophysical Journal*, 141(1):336-338, Jan. 1965.
- MADEJSKI, G.M.; SCHWARTZ, D.A. X-ray studies of BL Lac objects. *The Astrophysical Journal*, 275(2):467-471, Dec. 1983.
- MARASCHI, L.; GHISELLINI, G.; TANZI, E.G.; TREVES, A. Spectral properties of blazars. II. An X-ray observed sample. *The Astrophysical Journal*, 310(1):325-333, Nov. 1986.
- MARSCHER, A.P. Effects of nonuniform structure on the derived physical parameters of compact synchrotron sources. *The Astrophysical Journal*, 216(1):244-256, Aug. 1977.

- MARSCHER, A.P. Relativistic blast-wave model for the rapid flux variations of AO 0235+164 and other compact radio sources. *The Astrophysical Journal*, 224(3):816-825, Sept. 1978.
- MARSCHER, A.P. Relativistic jets and the continuum emission in QSOs. *The Astrophysical Journal*, 235(2):386-391, Jan. 1980a.
- MARSCHER, A.P. Spontaneous formation of knots in relativistic flows: A model for variability in compact synchrotron sources. *The Astrophysical Journal*, 239(1):296-304, July 1980b.
- MARSCHER, A.P.; BROWN, R.L. An interpretation of the radio outbursts of Cignus X-3. *The Astrophysical Journal*, 200(3): 719-726, Sept. 1975.
- MARSCHER, A.P.; GEAR, W.K. Models for high-frequency radio outbursts in extragalactic sources, with application to the early 1983 millimeter-to-infrared flare of 3C273. *The Astrophysical Journal*, 298(1):114-127, Nov. 1985.
- MARSHALL, N.; WARWICK, R.S.; POUNDS, K.A. The variability of X-ray emission from active galaxies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 194(3):987-1002, Mar. 1981.
- MAXWELL, A; DOWNES, D. Microwave observations of the Galactic Centre region. *Nature*, 204(4961):865-866, Nov. 1964.
- MEDD, W.F.; ANDREW, B.H.; HARVEY, G.A.; LOCKE, F.L. Observations of extragalactic variable sources at 2.8 and 4.5 cm wavelength. *Memories of the Royal Astronomical Society*, 77(3):109-158, Nov. 1972.

- MUSHOTZKY, R.F.; SERLEMITSOS, P.J.; BECKER, R.H.; BOLDT, E.A.; HOLT, S.S. The X-ray emitting galaxy Centaurus A. *The Astrophysical Journal*, 220(3):790-797, Mar. 1978.
- NEUGEBAUER, G.; MILEY, G.K.; SOIFER, B.T.; CLEGG, P.E. Quasars measured by the infrared astronomical satellite. *The Astrophysical Journal*, 308(2):815-828, Sept. 1986.
- NEUGEBAUER, G.; OKE, J.B.; BECKLIN, E.E.; MATTEWS, K. Absolute spectral energy distribution of quasi-stellar objects from 0.3 to 10 microns. *The Astrophysical Journal*, 230(1):79-94, May 1979.
- OBSERVATÓRIO DO ITAPETINGA, 1989 Dados extraídos do Rádio Telescópio de Itapetinga entre 1980 e 1989 em 22 GHz e 43 GHz.
- O'DEA, C.P.; BARVAINIS, R.; CHALLIS, P.M. Subarcsecond-resolution radio observations of sixteen core-dominated quasars and active galactic nuclei. *The Astronomical Journal*, 96(2):435-454, Aug. 1988.
- O'DEA, C.P.; DENT, W.A.; BALONEK, T.J.; KAPITZKY, J.E. 2.7-GHz observations of four radio polarization rotators. *The Astronomical Journal*, 88(11):1616-1625, Nov. 1983.
- O'DEA, C.P.; DENT, W.A.; KINZEL, W.M.; BALONEK, T.J. Multifrequency radio observations of the variable quasars. *The Astronomical Journal*, 92(6): 1262-1271, Dec. 1986.

- O'DEA, C.P.; DENT, W.A.; BALONEK, T.J. Broadband spectral evolution of outbursts in extragalactic radio sources. In: DYSON, J.E. ed. *Active Galactic Nuclei*. Manchester University, 1985. p. 63-67.
- OWEN, F.N.; PORCAS, R.W.; MUFSON, S.L.; MOFFETT, T.J. Observations of radio sources with flat spectra. *The Astronomical Journal*, 83(7):685-696, July 1978.
- OWEN, F.N.; SPANGLER, S.R.; COTTON, W.D. Simultaneous radio spectra of sources with strong millimeter components. *The Astronomical Journal*, 85(4):351-362, Apr. 1980.
- PACHOLCZYK, A.G.; SCOTT, J.S. In situ particle acceleration and physical conditions in radio tail galaxies. *The Astrophysical Journal*, 203(2):313-322, Dec. 1976a.
- PACHOLCZYK, A.G.; SCOTT, J.S. Physics of compact radio sources. I. Particle acceleration and flux variations. *The Astrophysical Journal*, 210:311-320, Dec. 1976b.
- PACHOLCZYK, A.G. *Procesos no térmicos en fuentes galácticas y extragalácticas*. Barcelona, Reverté, 1979. 283p.
- PACINI, F.; SALVATI, M. Early evolution of radio outbursts and a possible transient emission of high-energy photons. *The Astrophysical Journal*, 188(2):L55-L58, Mar. 1974.

- PADRIELLI, L.; ALLER, M.F.; ALLER, H.D.; BARTEL, M.;
FANTI, C.; FANTI, R.; FICARRA, A.; GREGORINI, L.;
MANTOVANI, F.; MATVEENKO, L.; NICOLSON, G.D.; ROMNEY,
K.N.; WEILER, K.W. Flux variations and structural
changes in extragalactic radio sources. In: GIURICIN,
G.; MARDIROSSIAN, F.; MEZZETTI, M.; RAMELLA, M., ed.
Structure and evolution of active galactic nuclei.
Proceedings of the International Meeting held in
Trieste, Italy, Apr. 10-13, 1985. Dordrecht, D. Reidel,
1986. p. 653-657. (Astrophysics and Space Science
Library, 121).
- PAULINY-TOTH, I.I.K. 3C454.3: A new kind of superluminal
source? In: KHACHIKIAN, E.YE.; FRICKE, K.J., ed.
Observational evidence of activity in galaxies.
Proceedings of the International Meeting held in
Armenia, USSR, June 1-11, 1966. p. 255-300, (IAU
Symposium, 121).
- PAULINY-TOTH, I.I.K.; KELLERMANN, K.I. Variations in the
radio-frequency spectra of 3C84, 3C273, 3C279, and
other radiosources. *The Astrophysical Journal*,
146(3): 634-645, Dec. 1966.
- PAULINY-TOTH, I.I.K.; KELLERMANN, K.I. Repeated outbursts
in the radio galaxy 3C120. *The Astrophysical Journal*,
152(3): L169-L175, June 1968.
- PEARSON, T.; UNWIN, S.; COHEN, M.H.; LINFIELD, R.;
READHEAD, A.C.S.; SEIELSTAD, G. A.; SIMON, R.S.;
WALKER, R.C. The superluminal expansion of the quasar
3C273. *Nature*, 290(5805): 365-368, Apr. 1981.
- PENZIAS, A.A.; BURRUS, C. Millimeter-wavelength
radio-astronomy techniques. In: *Annual Review of Astronomy
and Astrophysics*, Palo Alto, CA, Annual Reviews, 1973.
v.11, p. 51-71.

- PERLEY, R.A. The positions, structures, and polarizations of 404 compact radio-sources. *The Astronomical Journal*, 87(6):859-880, June 1982.
- PETERSON, F.W.; KING III, C. A model for simultaneous synchrotron and inverse compton fluxes. *The Astrophysical Journal*, 195(3):753-759, Feb. 1975.
- PIETSCH, W.; REPPIN, C.; TRUMPER, J.; VOGES, W.; LEWIN, W.; KENDZIORRA, E.; STAUBERT, R. High-energy X-ray observations of extragalactic objects. *Astronomy and Astrophysics*, 94(2):234-237, Feb. 1981.
- PRESTON, R.A.; WEHRLE, A.E.; MORABITO, D.D.; JAUNCEY, D.L.; BATTY, M.J.; HAYNES, R.F.; WRIGHT, A.E.; NICOLSON, G.D. VLBI observations of the nucleus of Centaurus A. *The Astrophysical Journal*, 266(2):L93-L96, Mar. 1983.
- PRICE, K.M.; STULL, M.A. High resolution observations of the radio galaxy NGC 5128 at 10,7 GHz. *Nature Physical Science*, 245(145):83-85, Oct. 1973.
- PRICE, K.M.; STULL, M.A. Variability and circular polarisation in the nucleus of NGC 5128 at 10,7 GHz. *Nature*, 255(5508):467-468, June 1975.
- PRIMINI, F.A.; COOKE, B.A.; DOBSON, C.A.; HOWE, S.K.; SCHEEPMAKER, A.; WHEATON, W.A.; LEWIN, W.H.G.; BAITY, W.A.; GEUBER, D.E.; MATTESON, J.L.; PETERSON, L.E. HEAO 1 observations of high-energy X-rays from 3C273. *Nature*, 278(5701):234-235, Mar. 1979.

POMPHREY, R. B. ; SMITH, A. G. ; LEACOCK, R. J. ; OLOSON, C. M. ;
SCOTT, R. L. ; POLLOCK, J. T. ; EDWARDS, P. ; DENT, W. A.
Search for correlated radio and optical events in
long-term studies of extragalactic sources. *The
Astronomical Journal*, 81(7):489-499, July 1976.

REES, M. F. Studies in radio source structure I. A
relativistically expanding model for variable
quasi-stellar radio sources. *Monthly Notices of the
Astronomical Society*, 135(4):345-360, May 1967 a.

REES, M. F. Studies in radio source structure-III. Inverse
compton radiation from radio sources. *Monthly Notices
of the Royal Astronomical Society*, 137(4):429-444, Dec.
1967 b.

RIEGLER, G. P. ; LING, T. C. ; MAHONEY, W. A. ; WHEATON, W. A. ;
WILLETT, J. B. ; JACOBSON, A. S. ; PRINCE, T. A. Variable
positron annihilation radiation from the Galactic
Center region. *The Astrophysical Journal*,
248(1):L13-L16, Aug. 1981.

ROBSON, E. I. , GEAR, W. K. ; CLEGG, P. E. ; ADE, P. A. R. , SMITH,
M. G. ; GRIFFIN, M. J. ; NOLT, I. G. , RADOSTITZ, J. V. ;
HOWARD, R. J. A flare in the millimetre to IR spectrum
of 3C273. *Nature*, 305(5931):194-196, Sept. 1983.

ROBSON, E. I. ; GEAR, W. K. ; BROWN, L. M. J. ; COURVOISIER,
T. J. -L. ; SMITH, M. G. ; GRIFFIN, M. J. ; BLÉCHA, A. A new
infrared spectral component of the quasar 3C273.
Nature, 323(6084):134-136, Sept. 1986.

ROELLIG, T. L. ; BECKLIN, E. E. ; IMPEY, C. D. ; WERNER, M. W.
Simultaneous submillimeter and infrared observations of
flat-spectrum radio sources. *The Astrophysical
Journal*, 304(2):646-650, May 1986.

- RUDNICK, L.; OWEN, F.N.; JONES, T.W.; PUSCHELL, J.J.;
STEIN, W.A. Coordinated centimeter, millimeter,
infrared, and visual polarimetry of compact nonthermal
sources. *The Astrophysical Journal*, 225(1):L5-L9, Oct.
1978.
- SADUN, A.C. A flare in the optical spectrum of 3C273.
*Publications of the Astronomical Society of the
Pacific*, 97(591):395-396, May 1985.
- SALONEN, E.; TERASRANTA, H.; URPO, S.; TIURI, M.; MOISEEV,
I.G.; NESTEROV, N.S.; VALTAOJA, E.; HAARALA, S.; LEHTO,
H.; VALTAOJA, L.; TEERIKORPI, P.; VALTONEN, M. Five
years monitoring of extragalactic radio sources. I.
Observations at 12, 22 and 37 GHz. *Astronomy and
Astrophysics Supplements Series*, 70(3):409-435, Sept.
1987.
- SCHAEFER, B.E. A search for rapid variability in eight
quasars and BL Lacertae objects. *Publications of the
Astronomical Society of the Pacific*, 92(547):255-258,
June 1980.
- SCHMIDT, M. 3C273: A star-like object with large redshift.
Nature, 197(4872):1040-1040, Mar. 1963.
- SCHORN, R.A.; EPSTEIN, E.E.; OLIVER, J.P.; SOTER, S.L.;
WILSON, W.J. Quasi-stellar radio sources: 88-GHz flux
measurements. *The Astrophysical Journal*,
151(1):L27-L31, Jan. 1968.
- SCHREIER, E.J.; FEIFELSON, E.; DELVAILLE, J.; GIACCONI,
J.; SCHWARTZ, D.A.; FABIAN, A.C. Einstein observations
of the X-ray structure of Centaurus A: Evidence for the
radio-lobe energy source. *The Astrophysical Journal*,
234(1):L39-L43, Nov. 1979.

SCHWARTZ, D.A.; KU, W.-M. Studies of BL Lacertae objects with the Einstein X-ray observatory: The absolute volume density. *The Astrophysical Journal*, 266(2):459-465, Mar. 1983a.

SCHWARTZ, D.A.; MADEJSKI, G.; KU, W.H.-M. X-ray variability of active galactic nuclei. In: IAU. GENERAL ASSEMBLY, 18. Patras, Greece, Aug. 17-26, 1982. *Proceedings*. Dordrecht, D. Reidel, 1983b. p.499-503. (Highlights of Astronomy, 6).

SEIELSTAD, G.A.; BERGE, G.L. Time dependence of the integrated Stokes parameters of compact radio sources at 5 GHz. *The Astronomical Journal*, 80(4):271-281, Apr. 1975.

SHERWOOD, W.A.; KREYSA, E.; GEMUND, H.P.; BIERMANN, P. Rapid variability in 3C273 at 1 mm. *Astronomy and Astrophysics*, 117(1):L5-L6, Mar. 1983.

SHKLOVSKY, I.S. A provável variação secular do fluxo a partir da radioemissão de algumas fontes discretas. *Astronomicheski Zhurnal*, 37(2):256-264, 1960.

SHKLOVSKY, J. Possible secular variation of the flux and spectrum of radio-emissions of source 1934-63. *Nature*, 206(4980):176-177, Apr. 1965.

SLEE, O.B.; SIEGMAN, B.C. A survey for metrewave variability in extragalactic radio sources. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 235(4):1313-1341, Dec. 1988.

SKINNER, G.K. The Galactic Center. *Proceedings of the Royal Society of London*, 366(1726):345-355, June 1979.

- SLISH, V.I. Angular size of radio stars. *Nature*, 199(4894):682-682, Aug. 1963.
- SPANGLER, S.R. Interpretation of radio spectra of compact extragalactic sources. *Astrophysical Letters*, 20:123-129, Jan. 1980.
- STARK, F.P.; DAVISON, P.F.N.; CULHANE, F.L. X-ray observations of NGC 5128. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Short Communication, 174(2):35-39, Feb. 1976.
- TATEYAMA, C.E. *Mapas no contínuo de rádio em 22 GHz da região do Centro Galáctico, Carina e Centaurus A*. (Dissertação de Mestrado em Radioastronomia). Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Jun. 1982, 65p.
- TERASRANTA, H.; VALTIOJA, E.; HAARALA, S.; ELO, A., -M.; VALTONEN, M.; SALONEN, E.; URPO, S.; TIURI, M.; LAURIKAINEN, E. 77 GHz continuum observations of variable extragalactic sources. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 71(1):125-129, Oct. 1987.
- TERRELL, J. Size limits on fluctuating astronomical sources. *The Astrophysical Journal*, 213(3):L93-L97, May 1977.
- TERRELL, J. X-ray emission from Centaurus A. In: HEERCHEN, D.S.; WADE, C.M., ed. *Extragalactic radio sources*, Proceedings of a Symposium held in Albuquerque, NM, Aug. 3-7, 1981. Dordrecht. D. Reidel, 1982, p.317-324. (IAU Symposium, 97).
- TERRELL, J. Vela observations of Centaurus A X-ray activity, 1969-1979. *The Astrophysical Journal*, 300(2):669-674, Jan. 1986.

- TUCKER, W. ; KELLOGG, E. ; GURSKY, H. ; GIACCONI, R. ;
TANANBAUM, H. X-ray observations of NGC 5128
(Centaurus A) from UHURU. *The Astrophysical Journal*,
180(3): 715-724, Mar. 1973.
- ULVESTAD, J.S. ; JOHNSTON, K.J. ; WEILER, K.W. The arc
second radio structure of 12 BL Lacertae objects. *The
Astrophysical Journal*, 266(1):18-27, Mar. 1982.
- ULVESTAD, J.S.E. ; JOHNSTON, K.J. A search for
arcminute-scale radio emission in BL Lacertae objects.
The Astronomical Journal, 89(2):189-194, Feb. 1984.
- UNWIN, S.C. ; COHEN, M.H. ; BIRETTA, J.A. ; PEARSON, T.J. ;
SEIELSTAD, G.A. ; WALKER, R.C. ; SIMON, R.S. ; LINFIELD,
R.P. VLBI monitoring of the superluminal quasar 3C273,
1977-1982. *The Astrophysical Journal*, 289(1):109-119,
Feb. 1985.
- VAN DER LAAN, H. A model for variable extragalactic radio
sources. *Nature*, 211(5054):1131-1133, Sept. 1966.
- WADE, C.M. ; HJELLMING, R.M. ; KELLERMANN, K.I. ; WARDLE,
J.F.C. Radio emission from the nucleus of NGC 5128.
The Astrophysical Journal, 170(1):L11-L13, Nov. 1971.
- WATSON, M.G. ; WILLINGALE, R. ; GRINDLAY, J.E. AND HERTZ, P.
An X-ray study of the Galactic Center. *The
Astrophysical Journal*, 250(1):142-154, Nov. 1981.
- WEBBER, J.C. ; DeNOYER, L.K. ; YANG, K.S. ; SWENSON, JR., G.M.
Observations of variable radio sources at 18-cm
wavelength. *The Astronomical Journal*,
81(12):1069-1077, Dec. 1976.

- WEBB, J.R.; SMITH, A.G.; LEACOCK, R.J.; FITZGIBBONS, G.L.; GOMBOLA, P.P.; SHEPHER, D.W. Optical observations of 22 violently variable extragalactic sources:1968-1986. *The Astronomical Journal*, 95(2):374-397, Feb. 1988.
- WEILER, K.W.; JOHNSTON, K.J. A study of BL Lacertae objects. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 190(1):269-285, Jan. 1980.
- WHITE, G.J.; RICKETTS, M.J. X-ray variability of the quasar 3C273. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 187(3):757-759, June 1979.
- WINKLER JR., P.F.; WHITE, A.E. A sudden increase in the X-ray flux from Centaurus A. *The Astrophysical Journal*, 199(3):L139-L142, Aug. 1975.
- WORRAL, D.M.; MUSHOTZKY, R.F.; BOLDT, E.A.; HOLT, S.S.; SERLEMITSOS, P.J. The X-ray spectrum of 3C273. *The Astrophysical Journal*, 232(3):683-688, Sept. 1979.
- WORRAL, D.M.; RODRIGUEZ-ESPINOSA, J.M.; WISNIEWSKI, W.Z.; MILLER, H.R.; BRUHWEILER, F.C.; ALLER, H.D. Observations of three BL Lacertae objects: Constraints on inhomogeneous relativistically beamed jet models. *The Astrophysical Journal*, 303(2):589-595, Apr. 1986.
- ZAMORANI, G.; GIOMMI, P.; MACCACARO, T.; TANANBAUM, H. X-ray variability of quasars. *The Astrophysical Journal*, 278(1):28-36, Mar. 1984.

APÊNDICE A.

RESUMO DAS VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE
3C273, CEN A, SGR A E OV236.

Neste apêndice é apresentado um resumo das variabilidades temporais encontradas na literatura para as fontes 3C273, Centaurus A, Sgr A e OV236.

TABELA A.1

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE 3C273 EM RÁDIO

f (GHz)	ÉPOCA OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
8,0	07/62 a 04/65	40	3 anos	Dent (1965)
88,4	04/65 a 07/65	200	3 meses	Epstein (1965)
88,4	11/66 a 04/66	100	5 meses	Epstein et al. (1966)
8,3 15,5	01/64 a 11/66	60 a 100	2 anos e meio	Allen et al. (1968)
0,8 88,0	60 a 68	10 a 240	8 meses	Kellermann e Pauliny- Toth (1967)
88,0	04/65 a 07/67 69 a 73	1,5 a 2 10 a 25	1 mês 6 meses	Shorn et al. (1968)
7,8	69 a 72	4 a 18	1 ano e meio	Dent e Kojolian (1972)
6,7 10,7	66 a 71	10 a 40	1 ano e 3 meses	Medd et al. (1972)
31,4	10/70 a 03/72	9 a 11	7 meses	Dent e Hobbs (1973)

(continua)

Tabela A.1 - Conclusão.

f (GHz)	EPOCA OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
7,9	69 a 74	10 a 20	6 meses	Dent e Kapitzky (1976)
22,2	03/78 a 04/78	10 a 33	horas e dias	Efanov et al. (1977)
6,7 10,7	66 a 76	20	6 meses	Andrew et al. (1978)
7,9 90,0	06/78 a 07/8	15 a 30	1,5 horas	Bradt et al. (1979)
10,7 15,5	65 a 7	10 a 600	1 mês	Epstein et al. (1982)
15,0	03/77 a 01/81	216	3 anos	
300,0		55	2 anos	Ennis et al. (1982)
10,7	09/80 a 04/82	8	1 a 7 meses	Coe et al. (1983)
89,0	10/81 a 04/83	175	2 meses	Backer (1984)
5,0	07/79 a 02/83	2 a 17	dias	Bennett et al. (1984)
87,0	12/81 a 06/82	24	dias	Barvainis (1984)
87,0	02/81 a 04/82	50	2 meses	Gear et al. (1984)
22,0	12/83 a 03/86	10 a 59	1 ano	Courvoisier et al. (1986)

TABELA A. 2

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE 3C273 NO INFRAVERMELHO

λ	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
1 mm	01/65 a 06/65	900	5 meses	Low (1965)
2				
10 μm	06/64	20	15 meses	Low e Johnson (1965)
1 mm	12/73 a 06/74	20	6 meses	Elias et al. (1978)
1,25 μm				
1,65 μm				
2,2 μm				
3,5 μm				
10,0 μm	66 a 78	25	1 mês	Neugebauer et al. (1979)
1,25 μm				
1,65 μm				
2,20 μm	06/83 a 03/85	47	4 meses	Cutri et al. (1981)
20,0 μm				
100,0 μm				
300,0 μm				
1100,0 μm	0/83 a 04/83	40 a 50	1 mês	Robson et al. (1983)
1,0 mm	07/81	100	1 dia	Sherwood et al. (1983)
1,00 μm				
4,00 μm				
10,00 μm				
3,00 mm	12/85 a 03/86	10	1 mês	Robson et al. (1986)

(continua)

Tabela A.2 - Conclusão.

λ	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
1,25 μm 1,65 μm 2,2 μm 350 μm 1,00 mm	01/83 a 01/84	10 a 319	1 semana	Roellig et al. (1986)
J H K L	12/83 a 03/86	15	poucos meses	Courvoisier et al. (1987)

TABELA A. 3

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE 3C273 NO ULTRAVIOLETA E ÓPTICO

λ	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
B	11/77 a 04/78		***	Schaefer (1980)
U	03/75 a 03/79	2 a 40	4 anos	Cutri et al. (1981)
B V R I	15 A 30/01/83	2 a 7	5 dias	Sadun (1985)
ULTRA VIOLETA	04/82 a 07/84	25 a 100	2 meses	Courvoisier e Ulrich (1985)
U B V	12/83 a 03/86	13 a 20	2 meses	Courvoisier et al. (1987)

*** : Não houve variabilidade na época da observação.

TABELA A. 4

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE 3C273 EM RAIOS X E RAIOS γ

λ	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
13-120 keV	12/77 a 07/78	50	1 mês	Primini et al. (1979)
1,3				
13,3 keV	12/77 a 07/78	200	6 meses	Bradt et al. (1979)
13 keV	75 a 77	200	10 meses	White e Ricketts (1979)
2				
60 keV	12/77 e 07/78	40	6 meses	Worral et al. (1979)
2				
10 keV	75 a 79	80	12 horas	Marshall et al. (1981)
50				
800 MeV	06/78 e 07/78	100	1 mês	Bignami et al. (1981)
50-800 MeV	79 a 81	8 a 17	500 s	Zamorani et al. (1984)
20				
200 keV	09/81	200	1 mês	Bezler et al. (1984)
0,5				
10 keV	12/83 a 03/86	20 a 40	8 meses	Courvoisier et al. (1987)
18-120 keV	12/83 a 06/84	40	1 mês	Damle et al. (1987)

TABELA A.6

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE CENTAURUS A EM RÁDIO

f (GHz)	EPOCA OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
10,7	06/73 a 08/73	152	8 meses	Price e Stull (1973)
10,7	05/74	75	dias	Grindlay et al. (1975)
30 90	03/74	38 a 200	1 dia	Kellermann (1974)
10,7	06/73 a 01/75	84	1 ano	Price e Stull (1975)
22,0	04/74 a 12/74	10	1 dia	Fogarty e Schuch (1975)
10,7 31,4 85,2 89,0	73 a 77	10	1 mês	Beall et al. (1978)
22,0	07/76 a 03/77	30	dias	Kaufmann et al. (1977)
22,0 43,0	07/78 a 08/78	20 a 40	2 dias	Kaufmann e Raffaelli (1979)
22	12/79	30	1 dia	Kaufmann et al. (1981)

TABELA A. 6

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE CENTAURUS A NO INFRAVERMELHO E ÓPTICO

λ	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
2,2 μm	03/71 a 06/71	10 a 15	1 dia	Becklin et al. (1971)
10 μm	06/73	200	1 dia	Kleinmann e Wright (1974)
10 μm	08/75	200	2 dias	Grasdalen e Joyce (1976)
3,6 μm J H K L	12/80 a 07/82	22	dias	Lepine et al. (1984)

TABELA A.7

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE CENTAURUS A EM RAIOS X

E	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS	OBS
1 10 keV	06/69		***	Bowyer et al. (1970)	a
2,4 6,9 keV	12/70 a 04/71	20	2 dias	Kellog et al. (1971)	b
20 180 keV	06/69 e 12/70		***	Lampton et al. (1972)	c
2 50 keV	12/70 a 02/71		***	Tucker et al. (1973)	d
5,0 keV	06/73	300	dias	Davison et al. (1975)	
2 60 keV	03/73 e 04/73	60	5 dias	Winkler e White (1975)	
1,3 28,3 keV	01/75 a 07/75	40	64s a 40 m	Stark et al. (1976)	
	71 a 77	80	2 dias	Lawrence et al. (1977)	
2 6 100 keV	07/75 e 08/75	100	alguns meses	Beall et al. (1978)	

(continua)

Tabela A.7 - Continuação

E	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS	OBS
2 60 keV	07/75 a 08/75	27 a 100	2 dias a 1 ano	Mushotzky et al. (1978)	
2 11 keV	06/75	25	2 horas	Delvaille et al. (1978)	
4 10 keV	12/79	290	12 dias	Kaufmann et al. (1981)	
20 keV	11/78	***	2 dias	Pietsch (1981)	
20 keV	02/79 a 08/79	30	20 dias	Feigelson et al. (1981)	
3 12 keV	04/73 a 06/75	300 a 400	10 dias	Terrell (1982)	
3 12 keV	73 a 75	100 a 250	10 dias	Terrell (1986)	
0,033 MeV 0,570 MeV	05/68		***	Haymes et al. (1969)	

(continua)

Tabela A.7 - Conclusão.

E	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS	OBS
0,033 MeV 12,25 keV	04/74		***	Hall et al. (1976)	e
250 MeV	73 a 77	37	1 mês	Beall et al. (1978)	f
2 2,3 MeV	07/79	15 a 25	1 dia	Baity et al. (1981)	
70 500 keV	12/81	100	3 anos	Gehrels et al. (1984)	

*** : Não houve variabilidade na época da observação.

a : $S = 2,7 \times 10^{-10}$ erg/cm²s.

b : $S = 8,0 \times 10^{-11}$ erg/cm²s.

c : $S = 13,0 \times 10^{-11}$ erg/cm²s.

d : $S = 1,0 \times 10^{-10}$ erg/cm²s.

e : $S = 10^{-7}$ a 10^{-3} fótons/cm²skeV.

f : $S = 1 \times 10^{-32}$ erg/cm²sHz.

TABELA A 8

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE Sgr A EM RÁDIO

ν (GHz)	ÉPOCA OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
2,7 8,1	11/79	20 a 40	1 mês	Brown et al. (1982)
2,7 8,1	10/75 a 04/78	20 a 40	horas, dias, anos	Brown e Lo (1982)

TABELA A. 9

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE Sgr A EM RAIOS X E RAIOS γ

E	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS	OBS
3-12 keV	02/75 a 03/75	100	12 dias	Eyles et al. (1975)	
530 keV	04/74		***	Haymes et al. (1975)	g
476 keV	11/71		***	Johnson III e Haymes (1973)	h
2 10 keV	06/76		***	Skinner (1979)	
20 270 keV	09/79	100	8 anos	Dennis et al. (1980)	
0,9 4 keV	03/79 a 09/79		***	Watson et al. (1981)	i
50 10 keV	10/79 a 03/80	65	5 meses	Riegler et al. (1981)	
511 keV	11/77		***	Leventhal et al. (1978)	j
511 keV	04/79		***	Leventhal et al. (1980)	l

(continua)

Tabela A.9 - Conclusão.

E	ÉPOCA DE OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS	OBS
511 keV	02/77		***	Albernhe et al. (1981)	m
511 keV	11/81		***	Leventhal et al. (1982)	n
511 keV	04/74 e 11/77		***	Gardner et al. (1982)	o
18 keV 250 keV	11/77	30 a 35	6 meses	Knight et al. (1985)	

*** : Não houve variabilidade na época da observação.
 Intensidades de Centaurus A e Sgr A em raios X e raios.

g : $S = 0,8 \times 10^{-3}$ fótons/cm²s.

h : $S = 1,8 \times 10^{-3}$ fótons/cm²s.

i : $S = 0,8 \times 10^{-3}$ fótons/cm²s.

j : $S = 1,2 \times 10^{-3}$ fótons/cm²s.

l : $S = 2,4 \times 10^{-3}$ fótons/cm²s.

m : $S = 4,2 \times 10^{-3}$ fótons/cm²s.

n : $S = 3,8 \times 10^{-4}$ fótons/cm²s.

o : $S = 4,0 \times 10^{-3}$ fótons/cm²s.

TABELA A.10

VARIABILIDADES TEMPORAL E ESPECTRAL DE OV236 EM RÁDIO E ÓPTICA

f (GHz)	ÉPOCA OBSERVAÇÃO	VARIABIL. (%)	PERÍODO MÍNIMO	REFERÊNCIAS
10,7 6,7	07/66 a 07/71	52 19	meses	Andrew et al. (1978)
7,9 15,5 31,4 89,6	08/71 a 01/80	200	5 meses	Dent e Balonek (1980)
90,0	12/79	170	2 dias	Epstein et al. (1980)
90,0	12/78 a 07/79	100	2 dias	Landau et al. (1980)
óptica	06/75 a 12/78	1,5 mag.	5 meses	Gilmore (1980)

APÊNDICE B.

DENSIDADES DE FLUXO DAS RADIOFONTES

Neste apêndice são apresentadas tabelas, relativas à observações efetuadas no Radioobservatório do Itapetinga, durante um período de dez anos aproximadamente.

TABELA B.1

FONTE: 0403-132

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	3,2	0,4
24/11/81	1,0	0,4
16/12/81	0,7	0,4
13/02/82	2,8	0,8
13/03/82	2,3	0,5
10/07/83	1,6	0,3
27/11/83	2,5	0,7
19/04/84	1,9	0,6
30/10/84	3,5	0,6
15/05/85	2,5	0,4
21/11/85	2,7	0,3
28/05/86	2,5	0,3
20/06/86	2,5	0,5
12/04/87	2,3	0,3
12/10/87	2,4	0,3
22/06/88	2,3	0,3
13/09/88	1,7	0,4
12/01/89	1,7	0,4
02/02/89	2,6	0,4
13/12/89	2,3	0,3

TABELA B.2

FONTE: 0454-234

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	2,5	0,4
15/10/81	1,0	0,5
15/11/81	2,3	0,8
15/07/83	1,2	0,2
15/10/83	1,9	0,6
19/06/84	0,9	0,3
30/10/84	2,3	0,5
23/08/87	1,0	0,2
15/10/87	2,2	0,4
15/04/88	2,1	0,4
24/08/88	2,5	0,3
13/09/88	3,9	0,7
20/10/88	2,7	0,7
12/01/89	2,9	0,2
07/06/89	1,8	0,1

TABELA B.3

FONTE: 0735+178

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	2,2	0,3
13/02/82	3,0	0,7
14/03/82	2,6	0,4
08/07/83	1,7	0,3
17/04/84	2,3	0,4
29/06/84	1,3	0,9
29/10/84	2,3	0,4
02/04/85	1,6	0,6
28/07/85	3,0	0,5
17/10/85	2,7	0,5
09/04/86	1,9	0,3
22/05/86	1,1	0,3
22/08/86	1,4	0,3
18/09/86	1,5	0,3
31/10/86	2,6	0,4
17/05/87	3,4	0,3
11/06/87	1,3	0,2
02/09/87	1,7	0,3
29/05/88	2,7	0,3
23/06/88	2,3	0,5
21/10/88	3,2	0,3
03/02/89	5,9	0,7
02/03/89	3,4	0,3
01/04/89	5,4	0,3
03/05/89	4,4	0,2
10/05/89	5,6	0,5
06/06/89	3,6	0,3

(continua)

Tabela B.3 - Conclusão.

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
29/08/89	5,4	0,3
20/09/89	5,0	0,4
26/10/89	5,6	1,3
13/12/89	5,4	0,7

TABELA B.4

FONTE: 0906+015

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	2,5	0,1
28/11/81	2,8	0,4
12/06/81	3,2	0,9
17/12/81	1,7	0,6
27/02/82	2,4	0,4
13/03/82	2,5	0,4
09/07/83	3,2	0,7
15/03/84	1,0	0,4
18/04/84	1,2	0,4
29/06/84	0,8	0,2
29/10/84	1,3	0,5
15/04/85	0,9	0,4
21/08/85	3,4	0,9
15/09/85	1,4	0,8
17/10/85	2,3	0,6
27/02/86	1,5	0,5
24/08/86	0,9	0,3
29/10/86	1,3	0,4
30/03/87	0,9	0,1
10/06/87	0,7	0,2
02/09/87	1,2	0,6
26/05/88	1,1	0,1
11/08/88	1,2	0,2
13/09/88	1,5	0,4
07/06/89	0,7	0,1

TABELA B.5

FONTE: 1144-379

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
11/10/81	5,6	0,4
28/11/81	6,1	0,5
18/12/81	3,5	0,6
13/02/81	5,8	1,1
13/03/82	7,0	0,7
18/08/82	6,9	0,4
08/07/83	5,1	0,3
12/10/83	4,8	0,4
25/11/83	3,9	0,4
14/03/84	5,0	0,5
19/04/84	2,0	1,0
29/06/84	2,5	0,3
26/08/84	4,9	0,8
22/10/84	2,3	0,7
01/04/85	4,7	0,6
28/07/85	3,7	0,8
16/09/85	4,0	0,6
11/10/85	4,8	0,6
20/11/85	2,5	0,5
22/01/86	2,5	0,7
26/02/86	1,8	0,3
18/04/86	2,0	0,3
28/05/86	2,1	0,2
19/06/86	3,3	0,6
22/08/86	2,7	0,5
15/11/86	2,7	0,3
07/12/86	2,3	0,6

(continua)

Tabela B.5 - Conclusão.

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
09/04/87	1,5	0,2
10/06/87	1,9	0,3
07/07/87	1,7	0,1
02/09/87	1,9	0,3
16/10/87	2,0	0,4
30/03/88	1,7	0,2
11/04/88	2,1	0,6
27/05/88	1,7	0,3
22/06/88	2,1	0,3
10/08/88	2,9	0,7
14/08/88	1,8	0,4
21/08/88	1,7	0,3
11/09/88	2,4	0,3
03/12/88	1,0	0,1
01/02/89	2,1	0,3
02/03/89	2,9	1,1
06/05/89	2,2	0,2
09/05/89	2,9	0,4
06/06/89	2,2	0,6
29/08/89	2,3	0,3
20/09/89	1,9	0,4
02/12/89	3,2	0,5

- B.9 -

TABELA B.6

FONTE: G298,2-0,3

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	18,9	1,0
15/05/81	22,4	0,5
10/10/81	25,5	2,3
25/11/81	19,8	1,4
14/03/82	20,1	0,5
20/08/82	19,6	0,6
13/10/83	19,0	1,9
27/11/83	19,9	0,9
19/04/84	21,6	0,9
20/05/84	20,2	0,2
26/08/84	20,8	0,9
21/10/84	24,3	0,2
20/12/84	21,3	1,2
01/04/85	20,9	0,9
28/07/85	19,5	1,8
22/08/85	18,8	0,5
17/10/85	19,7	0,2
22/01/86	22,3	1,6
26/02/86	21,6	0,8
28/05/86	21,4	0,3
19/06/86	19,4	0,8
19/08/86	15,1	2,4
21/09/86	22,4	0,6
01/11/86	21,9	1,7
03/12/86	20,8	1,5
13/02/87	22,4	1,2
09/04/87	20,3	0,8

(continua)

Tabela B.6 - Conclusão.

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
10/06/87	18,9	0,4
02/09/87	22,5	0,7
16/10/87	22,3	1,0
17/12/87	20,4	<0,1
01/04/88	21,5	0,7
11/04/88	21,8	0,6
27/05/88	22,2	0,9
22/06/88	21,8	0,7
10/08/88	25,4	0,6
21/08/88	22,8	0,7
11/09/88	23,2	0,7
21/10/88	22,4	0,5
03/12/88	23,1	0,5
26/10/89	21,8	0,3

TABELA B.7

FONTE: 3C273

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
20/07/80	25,0	0,6		
11/10/81	42,0	1,2		
25/11/81	40,8	0,8		
17/12/81	38,1	0,8		
13/02/82	35,1	2,4		
15/03/82	38,2	0,8		
18/08/82	45,7	1,0		
22/08/82			49,6	0,9
25/09/82	43,6	0,6	41,3	0,5
07/11/82	46,4	0,6		
12/05/83	36,6	0,8		
10/07/83			43,2	1,0
12/07/83	42,5	0,6		
12/10/83	46,1	1,6	46,7	1,3
27/11/83	50,1	0,5	41,8	0,7
14/03/84	43,5	0,6		
18/04/84	42,3	0,9		
08/06/84	47,3	0,6		
28/06/84	47,2	0,4	44,9	1,6
12/06/84	44,6	0,8		
12/07/84			46,6	0,8
16/07/84			50,2	2,7
26/08/84	46,4	0,7	42,3	1,5
21/10/84	44,6	0,8		
22/10/84			32,7	1,0
19/12/84	48,2	2,3	40,2	1,4
28/03/85	36,9	1,5		
27/07/85	35,6	1,1		

(continua)

Tabela B.7 - Continuação

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
21/08/85	29,9	0,6		
16/09/85	29,1	0,6		
23/09/85	31,9	1,4		
17/10/85	24,7	1,0		
27/10/85	25,4	0,8		
21/11/85	25,5	0,9		
22/01/86	24,1	1,0		
27/02/86	22,8	0,4		
10/04/86	19,7	0,6		
18/04/86			13,9	2,4
28/05/86	31,5	0,9	11,1	1,4
19/06/86	24,9	0,7		
20/06/86			13,4	0,2
22/08/86	22,0	1,1		
23/08/86			12,0	0,5
17/09/86	24,6	0,6		
28/10/86	25,0	1,0		
31/10/86			17,5	0,9
06/12/86	26,4	1,5	25,8	1,8
15/02/87			19,8	0,6
17/02/87	33,0	0,9		
09/04/87	30,5	0,5		
11/04/87			26,4	1,4
26/05/87	29,2	0,8		
11/06/87			16,9	0,6
12/06/87	25,6	0,6		
05/08/87	24,8	0,5		
01/09/87	27,7	0,5	16,6	0,8
14/10/87	28,2	1,4	16,5	1,5
17/11/87	22,2	0,2		
17/12/87	23,8	0,6	20,3	1,3

(continua)

Tabela B.7 - Continuação

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
29/03/88			21,4	1,6
01/04/88	21,1	0,5		
11/04/88	21,4	1,4		
26/05/88	28,8	0,8		
27/05/88	26,7	0,6		
21/06/88	29,9	0,8		
23/06/88			30,4	0,2
09/08/88	31,3	0,7		
10/08/88	30,4	0,6		
11/08/88			27,8	0,2
20/08/88	32,6	0,1		
23/08/88			29,7	0,4
10/09/88	33,3	0,4	31,9	0,8
11/09/88	34,4	0,5		
13/09/88	36,5	0,7		
14/09/88	36,3	1,5		
19/10/88	38,7	0,2		
21/10/88			27,8	0,9
01/12/88	39,5	2,9		
02/12/88	40,8	0,9	27,7	1,6
11/01/89	32,7	1,4		
11/01/89	35,0	1,9		
01/02/89	34,2	0,2		
02/03/89	27,5	1,0		
01/04/89	31,3	1,3		
06/05/89	29,3	0,7		
10/05/89			20,3	1,3
06/06/89	27,3	0,2	21,9	0,8
24/08/89			25,3	0,4
20/09/89	30,1	0,7		
26/10/89	25,0	0,6		

(continua)

Tabela B.7 - Conclusão.

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
14/11/89	30,2	0,6		
02/12/89	26,5	0,9		

TABELA B.8

FONTE: CEN A

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
15/04/74	25,0	0,3		
15/06/74	21,8	1,2		
15/10/74	23,1	0,4		
15/11/74	22,2	0,3		
15/12/74	25,2	0,8		
15/07/76	21,7	0,3		
15/08/76	20,7	0,4		
15/11/76	18,7	0,8		
15/11/76	17,1	0,6		
15/12/76	18,2	0,3		
15/12/76	18,3	0,3		
15/01/77	20,2	0,6		
15/02/77	20,2	0,2		
15/02/77	17,4	0,5		
15/03/77	16,4	0,8		
15/04/77	20,3	0,3		
15/07/77	17,3	0,4		
15/09/77	21,2	0,4		
15/11/77	23,0	0,9		
15/06/78	23,0	0,5		
15/07/78	21,0	0,5		
15/10/79	19,8	1,6		
15/11/79	24,8	1,3		
15/06/80	28,5	0,5		
15/07/80	26,9	0,5		
15/05/81	27,0	0,5		
11/10/81	28,0	1,0		
29/11/81	24,6	0,4		

(continua)

Tabela B.8 - Continuação

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
18/12/81	23,7	1,4		
13/02/82	24,9	1,3		
14/03/82	26,0	1,0		
09/04/82	25,0	0,5		
18/04/82			16,6	1,0
19/08/82	25,6	0,7		
22/08/82			20,6	1,0
10/11/82	24,9	0,5		
10/07/83			11,4	0,7
12/07/83	21,9	0,3		
12/10/83	18,8	0,7	07,1	0,8
26/11/83	19,2	0,3	13,9	0,7
14/03/84	20,7	0,5		
17/04/84	20,3	0,2		
30/06/84			10,4	0,6
27/08/84	20,6	0,4	13,3	0,8
21/10/84	20,9	1,6		
22/10/84			14,3	0,9
20/12/84	24,0	0,3		
01/04/85	18,2	0,5		
27/07/85	22,3	0,3		
21/08/85	22,0	1,2		
16/09/85	32,1	0,9		
10/10/85	19,5	1,2		
19/11/85	22,5	0,5		
22/01/86	22,1	0,7		
27/02/86	20,1	0,7		
28/04/86			09,4	0,4
28/05/86	19,1	0,3	05,9	0,6
19/06/86	22,9	0,4		

(continua)

Tabela B.8 - Continuação

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
20/06/86			12,4	0,7
22/08/86	21,1	0,6		
23/04/86			10,1	0,5
17/09/86	21,7	1,6		
29/10/86	20,5	2,3		
01/11/86			06,8	0,6
03/12/86	24,0	1,9		
06/12/86			11,9	1,1
13/02/87	20,0	0,6		
16/02/87			09,3	0,6
09/04/87	18,2	0,7		
11/04/87			14,7	0,5
10/06/87	19,5	1,4		
11/06/87			08,0	0,9
02/08/87			09,9	0,2
01/09/87	20,8	0,3		
14/10/87	21,2	1,5		
15/10/87			16,8	1,1
17/11/87	17,6	1,0		
16/12/87	21,0	1,2		
17/12/87			10,8	0,9
29/03/88			06,7	0,7
01/04/88	17,8	0,6		
29/05/88	20,9	0,2		
21/06/88	17,8	0,5		
23/06/88			08,5	0,9
09/08/88	18,7			
11/08/88			06,4	1,8
04/09/88	22,2	0,7		
10/09/88			07,4	<0,1
11/09/88			07,4	0,5

(continua)

Tabela B.8 - Conclusão.

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
21/10/88	19,7	0,5	04,8	0,4
02/12/88	19,8	1,3		
04/12/88			05,2	0,7
13/01/89	18,8	1,0		
01/02/89	18,7	0,4		
01/04/89	20,0	1,5		
10/05/89			11,3	1,6
06/06/89	11,8	1,5		
26/08/89	20,4	0,3		
19/09/89	17,7	0,5		
26/10/89	21,4	1,5		
13/11/89	17,7	0,6		
02/12/89	18,2	1,0		

TABELA B.9

FONTE: Sgr A

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
15/07/80	51,8	1,0		
10/10/81	62,7	1,5		
28/11/81	59,2	0,9		
15/12/81	56,9	2,6		
13/02/82	58,8	1,4		
15/03/82	56,3	1,5		
11/04/82				
18/04/82	48,1	1,0		
19/08/82			24,3	0,9
20/08/82	59,0	0,8		
21/08/82			33,5	0,8
15/09/82	62,7	0,9		
07/11/82	54,7	1,6		
10/07/83	56,3	1,6	11,6	0,3
11/10/83	57,4	1,5		
12/10/83			25,4	1,3
24/11/83	57,5	0,4	27,3	0,6
15/03/84	56,1	0,5		
17/04/84	52,9	2,1		
28/06/84			19,2	1,3
29/06/84	53,3	0,8		
27/08/84	60,8	1,1		
28/08/84			25,5	1,4
21/10/84	60,9	1,4		
22/10/84			23,5	0,6
18/12/84	57,3	2,1		
01/04/85	55,6	0,3		
27/07/85	56,2	3,2		

(continua)

Tabela B.9 - Continuação

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
21/08/85	51,9	2,2		
16/09/85	60,2	1,4		
10/10/85	53,2	0,5		
19/11/85	54,2	0,6		
22/01/86	55,1	0,6		
27/02/86	54,1	1,4		
28/05/86	50,1	0,5		
29/05/86			09,8	1,0
19/06/86	49,3	0,7		
20/06/86			13,1	0,4
22/08/86	53,7	1,0		
24/08/86			18,4	1,3
17/09/86	52,4	0,7		
30/10/86	48,8	1,4		
31/10/86			18,9	1,2
03/12/86	55,8	0,8		
06/12/86			21,4	0,6
14/02/87	57,4	0,9		
17/02/87			19,2	1,0
09/04/87	70,5	0,5		
11/04/87			21,7	1,3
11/06/87			17,4	1,4
12/06/87	49,0	0,9		
22/08/87	61,9	1,0		
02/09/87	57,8	0,3		
14/10/87	62,6	2,0		
15/10/87			17,6	0,9
17/11/87	55,4	1,0		
16/12/87	52,4	1,2		
17/12/87			19,6	0,7
30/03/88			17,1	2,2

(continua)

Tabela B.9 - Conclusão.

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
27/05/88	49,4	1,6		
21/06/88	53,8	1,5		
23/06/88			17,1	0,9
09/08/88	48,5	0,9		
14/08/88			17,7	1,0
09/09/88	57,1	0,5		
10/09/88			17,1	0,5
20/10/88	55,3	0,1		
21/10/88			15,0	0,4
02/12/88	61,6	1,0		
03/12/88	60,6	0,8	18,6	0,9
12/01/89	59,8	1,9		
03/02/89	52,4	0,9		
03/03/89	50,3	2,2		
01/04/89	49,0	2,5		
10/05/89	51,4	0,6		
06/06/89	40,4	0,3		
24/08/89	59,5	0,6		
19/09/90	53,3	0,3		
26/10/89	60,6	1,4		
13/11/89	53,3	0,6		
02/12/89	49,7	1,0		

TABELA B.10

FONTE: OV236

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
15/07/80	15,8	1,0		
15/05/81	06,3	1,0		
10/10/81	08,5	1,8		
25/11/81	08,9	0,7		
11/12/81	09,8	0,9		
13/02/82	09,4	1,4		
14/03/82	10,8	0,6		
16/08/82	11,6	0,4		
19/08/82		12,5	0,4	
15/09/82	14,1	0,5		
08/07/83	10,5	0,5		
10/07/83			08,4	0,8
11/10/83	12,6	0,3		
24/11/83	12,0	0,5	13,4	0,8
15/03/84	05,6	1,6		
18/04/84	10,3	1,5		
08/06/84	09,2	1,7		
28/06/84			12,4	0,7
12/07/84			13,2	0,5
27/08/84	13,3	1,7		
20/10/84	22,1	0,7		
22/10/84			15,5	0,5
18/12/84	13,8	0,7		
01/04/85	12,9	0,8		
27/07/85	12,9	1,8		
21/08/85	12,4	0,3		
16/09/85	12,7	1,0		
25/09/85	14,9	1,6		

(continua)

Tabela B.10 - Continuação

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
10/10/85	10,9	0,6		
19/11/85	10,9	0,3		
23/01/86	10,2	0,7		
26/02/86	08,7	1,1		
28/05/86	08,7	1,2		
19/06/86	10,4	0,5		
20/06/86			05,3	0,5
21/08/86	10,9	1,0		
18/09/86	10,7	0,6		
28/10/86	11,5	0,8		
31/10/86			06,9	1,3
03/12/86	13,6	0,7		
06/12/86			09,0	0,8
17/02/87	14,0	1,8		
09/04/87	12,9	0,5		
11/04/87			11,0	0,4
11/06/87			02,8	0,3
12/06/87	11,7	1,0		
01/09/87	12,8	0,5		
02/09/87	07,6	1,1		
14/10/87	14,3	1,4		
15/10/87			06,2	1,0
16/12/87	09,9	1,8	08,3	1,4
30/03/88			06,5	0,4
03/04/88	06,5	0,3		
27/05/88	05,6	1,8		
21/06/88	06,0	0,4		
23/06/88			04,2	0,4
09/08/88	06,3	0,3		
14/08/88			03,7	0,9
09/09/88	06,2	0,4		

(continua)

Tabela B.10 - Conclusão.

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
10/09/88			02,9	0,3
21/10/88	06,1	0,5		
02/12/88	05,8	1,9	05,8	1,9
03/12/88			04,9	0,4
12/01/89	06,7	0,8		
01/02/89	06,7	0,4		
03/03/89	09,3	0,1		
01/04/89	06,1	0,9		
10/05/89	05,3	0,2		
06/06/89	07,6	0,7		
24/08/89	13,6	0,3		
04/05/89			12,1	1,5
19/09/89	14,8	0,5		
25/10/89	15,8	1,3		
13/11/89	16,0	0,1		
14/12/89	15,3	0,5		

TABELA B. 11

FONTE: 2203-18

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	3,8	0,4
25/11/83	2,6	0,4
29/10/84	2,4	0,3
24/09/85	1,7	0,4
16/10/85	3,0	0,6
20/09/86	2,1	0,2
24/08/87	2,4	0,2
03/09/87	2,1	0,3
15/03/88	2,4	0,3
20/10/88	3,5	0,4
04/12/88	3,0	0,3
12/01/89	4,0	0,5
13/11/89	2,2	0,2

TABELA B.12

FONTE: 2223-05 (3C446)

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
20/10/84	11,1	0,9
29/03/85	04,5	0,6
21/08/85	04,3	1,3
16/09/85	06,1	0,4
22/09/86	04,4	0,8
01/11/86	05,8	0,5
03/12/86	04,9	0,3
25/08/88	05,8	0,4
18/10/88	07,5	0,3
02/12/88	11,9	1,0
12/01/89	07,3	0,9
01/02/89	06,6	0,3
03/03/89	06,3	0,8
02/04/89	05,9	0,9
03/05/89	7,4	0,9
10/05/89	4,1	0,4
25/08/89	8,8	0,4
25/10/89	8,4	1,2
12/12/89	7,1	0,9

TABELA B.13

FONTE: 3C454.3

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
26/11/83	06,2	0,8
30/10/84	08,0	0,4
03/04/85	06,7	0,5
21/08/85	07,1	0,7
16/09/85	11,1	0,7
01/11/86	11,1	0,6
03/12/86	09,7	0,5
16/04/87	10,1	0,5
05/08/87	09,8	0,1
02/09/87	10,3	0,4
14/10/87	09,6	0,7
15/12/87	08,0	1,4
15/04/88	08,7	0,7
28/05/88	09,0	0,3
22/06/88	08,6	0,5
20/08/88	09,7	0,4
13/09/88	09,2	0,2
18/10/88	08,8	0,4
02/12/88	11,1	1,2
12/01/89	11,3	0,8
01/02/89	08,0	0,9
03/03/89	08,4	0,3
02/04/89	09,5	0,3
07/06/89	11,2	3,3
24/08/89	07,7	0,4
14/11/89	06,9	0,4
13/12/89	06,6	0,3

TABELA B.14

FONTE: 2255-282

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	2,2	0,5
15/10/83	1,8	0,6
14/09/85	2,1	0,6
18/09/86	5,1	0,3
14/07/87	5,4	0,4
03/09/87	5,7	0,3
15/04/87	4,5	0,6
28/05/88	6,5	0,3
20/10/88	5,6	0,7
03/12/88	6,1	0,2
12/01/88	3,9	0,7
02/02/89	6,3	0,4
13/11/89	4,1	0,5

TABELA B.15

FONTE: 2345-167

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	3,2	0,4
20/02/82	2,5	0,8
14/03/82	1,8	0,6
30/05/82	2,0	0,4
24/11/83	1,9	0,8
29/10/84	1,5	0,4
24/09/85	3,9	1,5
21/11/85	1,1	0,3
07/09/87	1,1	0,2
15/04/88	2,5	0,5
25/08/88	2,3	0,5
13/09/88	2,2	0,5
20/10/88	1,1	0,5
04/12/88	3,4	0,5

TABELA B.16

FONTE: 2354-11

DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO
15/07/80	0,6	0,5
17/12/81	2,1	0,6
13/02/82	3,3	1,0
27/02/82	1,7	0,7
23/11/83	1,1	0,4
01/07/84	0,9	0,4
19/11/85	1,3	0,3
15/10/87	2,1	0,7
22/06/88	1,6	0,5
13/09/88	1,4	0,3
20/10/88	3,9	0,8
04/12/88	2,1	0,6
02/02/89	1,4	0,5

APÊNDICE C

FONTES OBSERVADAS - TRABALHO CONJUNTO COM A FINLÂNDIA

Neste apêndice estão as densidades de fluxo de diversas radiofontes observadas no Rádioobservatório do Itapetinga em 22 GHz e 43 GHz e que complementam um trabalho realizado conjuntamente com observadores finlandeses.

TABELA C. 1

FONTES OBSERVADAS - TRABALHO CONJUNTO COM A FINLÂNDIA

FONTE	DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
3C84	27/10/85	43,6	0,5		
	22/01/86	38,1	0,8		
	25/02/86	34,1	1,2		
	01/11/86	34,6	1,7		
0106+01	22/08/87	3,7	1,0		
0202-17	26/11/81	2,3	0,5		
	15/12/81	2,4	0,4		
	14/03/82	0,8	0,3		
	27/02/82	1,3	0,5		
	30/05/82	1,7	0,4		
0235+16	20/10/88	2,1	0,5		
	09/05/89	4,4	0,6		
0237-23	30/03/88	1,0	0,2		
0402-36	22/08/88			5,7	0,5
	31/03/88	4,9	0,3		
0403-13	02/08/88	7,0	0,6		
	22/08/88			5,7	0,5
	13/09/88	1,7	0,4		
0407-67	02/04/88	0,9	0,3		
0420-01	22/01/86	7,1	0,5		
	20/10/88	4,6	0,5		
0430+51	20/10/88	3,0	0,5		
	05/12/88	3,4	0,4		
	01/02/89	4,2	0,8		
0438-43	31/03/88	3,1	0,3		
	22/08/88			3,6	0,5
0451-28	28/11/81	1,4	0,5		
	06/12/81	3,9	1,1		

(continua)

Tabela C.1 - Continuação

FONTE	DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO		
0454-23	27/02/82	2,1	0,5				
	30/06/84	2,8	0,3				
	14/05/88	2,1	0,3				
	23/08/88	3,3	0,4				
	24/08/88	2,5	0,3				
	13/09/88	3,9	0,7				
	20/10/88	2,7	0,7				
0458-02	14/04/88	3,2	0,3				
0521-36	01/04/88	5,3	0,4				
	21/08/88	4,1	0,4				
	24/08/89	5,5	0,3				
0537-44	31/03/88	5,1	0,4			5,2	0,4
	21/08/88	4,8	0,4			4,6	0,5
	22/08/88						
0637-75	26/08/89	9,2	0,6				
0735+17	21/10/88	3,2	0,3				
0735+17	03/05/89	4,4	0,2				
	10/05/89	5,6	0,5				
	06/06/89	3,6	0,2				
	28/08/89	5,4	0,3				
	01/04/88	1,0	0,4				
0743-67	24/08/88	1,8	0,4				
	09/05/89	2,9	0,3				
	09/05/89	1,8	0,2				
0818-12	27/08/89	0,4	0,2				
	22/01/86	4,5	0,8				
0851+20	14/04/88	5,4	0,3				
	21/08/88	3,5	0,4				
	22/08/88					5,2	0,5
	19/10/88	5,4	0,9				
0859-25	24/08/88	0,8	0,4				

(continua)

Tabela C.1 - Continuação

FONTE	DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO	
0906+01	22/08/88	2,7	0,3			
	11/08/88	1,2	0,2			
	13/09/88	1,5	0,4			
1034-29	07/06/89	0,7	0,2			
	26/08/89	1,8	0,3			
1127-14	02/04/88	2,5	0,4			
	15/04/88			1,0	0,5	
1144-37	20/08/88	2,7	0,3			
	23/08/88			2,3	0,3	
	12/07/83			2,3	0,5	
	27/11/83			2,7	0,8	
	20/06/86			1,6	0,3	
	07/12/86			2,8	0,4	
	00/00/00	1,7	0,2			
	31/03/88			3,0	0,5	
	11/04/88	2,1	0,6			
	10/08/88	2,9	0,7			
	14/08/88	1,8	0,4			
	21/08/88	1,7	0,3			
1151-34	22/08/88			2,7	0,5	
	11/09/88	2,4	0,3			
	06/05/89	2,2	0,2			
	09/05/89	2,9	0,4			
	06/06/89	2,2	0,6			
	29/08/89	2,3	0,3			
	12/04/88	1,5	0,3			
	24/08/88	0,8	0,3			
	1253-05	14/04/88	11,5	0,5		
		20/08/88	14,9	0,5		
21/08/88				14,7	0,8	
	10/10/88	15,7	0,8			

(continua)

Tabela C.1 - Continuação

FONTE	DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
	04/12/88			12,0	0,6
	01/02/89	14,0	0,5		
1313-33	18/04/86	1,7	0,3		
1354-15	26/08/89	1,9	0,3		
1451-37	12/04/88	2,4	0,3		
	20/08/88	3,1	0,5		
	22/08/88			2,4	0,4
1504-16	06/05/89	2,4	0,2		
1508-05	25/08/88	2,2	0,3		
	12/09/88	2,5	0,4		
1510-08	12/04/88	4,0	0,3		
	21/08/88			4,0	0,5
	05/12/88	3,5	0,8		
1514-24	21/08/88	4,1	0,4	4,0	0,5
	23/08/88			3,2	0,7
	25/08/88	1,7	0,4		
1546+02	17/12/81	1,4	0,5		
	06/12/81	6,0	0,5		
	14/02/82	1,9	0,6		
1741-03	25/08/88	2,8	0,4		
	11/09/88			2,9	0,4
	02/12/88	3,5	0,6		
	06/05/89	2,6	0,4		
1749+09	23/08/88			5,1	0,3
	25/08/88	2,0	0,5		
	04/12/88			4,0	0,7
	01/02/89	2,8	0,2		
	26/08/89	2,2	0,3		
1936-15	25/08/88	0,8	0,5		
2106-41	19/04/86	2,4	0,3		
2126-15	28/08/89	0,6	0,2		

(continua)

Tabela C.1 - Continuação

FONTE	DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
2128-12	29/08/89	0,5	0,1	2,4	0,9
	15/04/88	1,5	0,2		
	23/08/88				
2131-02	25/08/88	2,9	0,6		
	28/08/89	1,3	0,3		
2134+004	22/08/87	7,6	0,4		
2131-02	16/03/84	0,9	0,3		
2145+06	13/08/86	10,7	1,0		
2155-15	22/08/88			3,6	0,7
	25/08/88	3,2	0,5		
	25/08/89	2,4	0,3		
2157-13	15/12/81	1,3	0,4		
	14/03/82	1,4	0,2		
2200 10	00/00/00	2,4	0,3	6,7	0,6
	13/09/88	3,1	0,3		
	20/10/88	3,5	0,4		
	04/12/88	3,0	0,6		
	25/08/88	5,8	0,4		
	18/10/88	7,5	0,3		
	11/09/88				
	02/12/88	11,9	0,3		
	03/12/88				
	03/05/89	7,4	0,9		
	10/05/89	4,1	0,4		
	25/08/89	8,8	0,4		
	3C454. 3	28/03/88	8,7		
11/09/88					
13/09/88		9,2	0,2		
2254+07	02/12/88	11,1	1,2		
	07/06/89	11,2	2,4		
	22/08/87	2,3	1,0		

(continua)

Tabela C.1 - Conclusão.

FONTE	DATA	FLUXO (22GHz)	ERRO	FLUXO (43GHz)	ERRO
2255-28	01/04/88	7,5	0,6	3,4	1,1
	10/09/88				
	13/09/88	7,7	0,4		
	20/10/88	5,6	0,7		
	02/12/88	6,1	0,2		
2326-47	15/04/88	1,5	0,3	3,3	0,6
	16/04/88				
2345-16	14/04/88	2,5	0,5		
	13/09/88	2,2	0,5		
	20/10/88	1,1	0,5		
	04/12/88	3,4	0,7		
2354-11	13/09/88	1,4	0,3		
	20/10/88	3,9	0,8		
	04/12/88	2,1	0,5		