



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **INVESTIGAÇÃO DE EXPLOSÕES NO QUASAR 3C273**

**RELATÓRIO DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Lia Camargo Corazza (Mackenzie, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [lia.corazza@gmail.com](mailto:lia.corazza@gmail.com)

Dr. Luiz Claudio Lima Botti (CEA/INPE, Orientador)  
E-mail: [botti@craam.mackenzie.br](mailto:botti@craam.mackenzie.br)

Julho de 2011

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
2. OS QUASARES
  - 2.1 Principais Características
    - 2.1.1 Redshift
    - 2.1.2 Modelo de AGN
    - 2.1.3 Jatos
  - 2.2 Processos de Emissão de Radiação
    - 2.2.1 Emissão Síncrotrônica
    - 2.2.2 Efeito Compton Inverso
3. METODOLOGIA
  - 3.1 Instrumento Utilizado
    - 3.1.1 Dados Obtidos
    - 3.1.2 Conversão dos Dados Obtidos
    - 3.1.3 Correção dos Dados Obtidos
  - 3.2 Discussões e Conclusões
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## 1. INTRODUÇÃO

Os quasares foram descobertos na década de 60 e desde então vêm sendo estudados e observados em quase todas as faixas do espectro eletromagnético. Neste trabalho daremos ênfase para as observações feitas na faixa de rádio de uma das primeiras fontes a serem descobertas, o quasar 3C273.

Faremos uma análise de dados obtidos em 2010 e a correção dos dados devido ao fato da antena estar dentro de uma redoma e pela atmosfera absorver uma parte da emissão eletromagnética. Como fonte calibradora utilizamos Virgo A, pelo fato de sua densidade de fluxo ser constante nas frequências utilizadas no Radio Telescópio do Itapetinga (22GHz e 43GHz). Os valores da densidade de fluxo são de aproximadamente 21,5 Jy em 22 GHz e 11,5 Jy em 43 GHz (Jansen et al., 1974).

## 2. OS QUASARES

### 2.1 Principais características

Quasares são objetos extragalácticos que produzem uma enorme quantidade de energia. Estão localizados a enormes distâncias da Terra e afastam-se com grande velocidade. No caso da fonte 3C273, a distância é de aproximadamente 600pc e a velocidade de afastamento é de cerca de 16% da velocidade da luz. São alguns dos objetos mais luminosos do universo. Sua luminosidade pode ultrapassar mil vezes a de uma galáxia gigante.

#### 2.1.1 Redshift

Quasares possuem altos desvios para o vermelho (redshifts), o que significa que estão localizados a grandes distâncias da Terra. O redshift ( $z$ ) pode ser calculado de acordo com a expressão:

$$z = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_0} \approx \frac{V}{c}$$

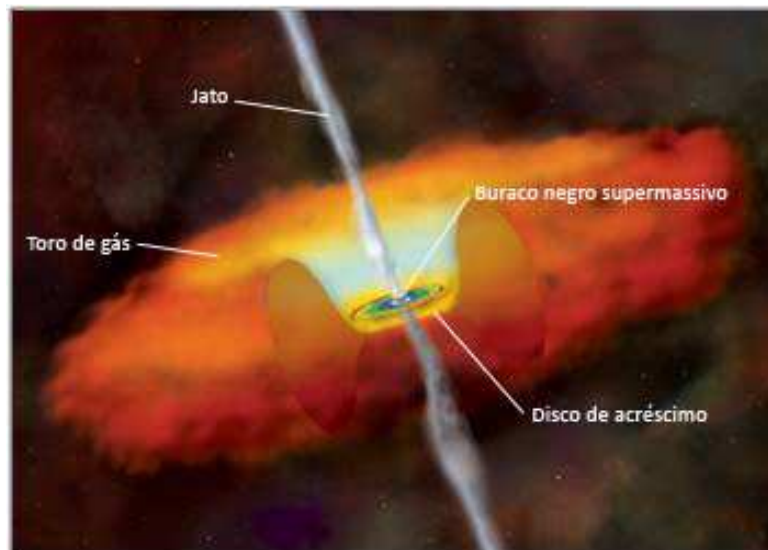
Onde  $\gamma$  é o comprimento de onda da luz emitido pela fonte e  $\gamma_0$  o comprimento de onda da luz observado em laboratório. Esta equação é semelhante à razão da velocidade de afastamento da fonte  $V$  e a velocidade da luz  $c$ .

No caso de 3C273, nossa principal fonte de estudo, o desvio para o vermelho é de aproximadamente  $z=0,158$ . Isto significa que a fonte está a uma distância de cerca de 2,5 bilhões de anos-luz da Terra.

### 2.1.2 Modelo de AGN

Quasares são classificados como um tipo de AGN (Núcleo Galáctico Ativo). São assim chamados devido à abreviação de “quasi-stellar radio source”, pois quando foram primeiramente observados pareciam estrelas, porém eram também fontes de rádio, e uma estrela comum não poderia produzir energia suficiente para que processos de emissão eletromagnética daquele tipo acontecessem.

O modelo de AGN mais aceito atualmente é o que considera um buraco negro supermassivo (aproximadamente  $10^9 M_{\odot}$ ) em seu interior, considerado a fonte geradora de energia de um AGN. Em volta deste buraco negro existe um disco de acreção em rotação, e por consequência deste movimento, a matéria atinge altas temperaturas (cerca de  $10^5$  K), transformando este material em um plasma com matéria altamente ionizada. Devido a esta ionização, o plasma cria um campo magnético perpendicular ao disco de acreção.



**Fig. 1:** Representação artística das estruturas de um AGN (Em: [http://www.nasa.gov/centers/goddard/images/content/96539main\\_accriondisk\\_torus\\_web.jpg](http://www.nasa.gov/centers/goddard/images/content/96539main_accriondisk_torus_web.jpg))

Esta região ativa é muito pequena (aproximadamente 1pc) e a emissão em rádio é de origem sincrotrônica.

### 2.1.3 Jatos

Um AGN pode apresentar jatos perpendiculares ao disco, que podem ou não ser opticamente observáveis. A matéria é ejetada com velocidades relativísticas, ou seja, próximas a velocidade da luz. Isto ocorre porque o campo magnético criado pelo plasma ionizado é instável e o momento angular é conservado, ejetando matéria para fora do sistema.

No caso do 3C273, apenas um dos jatos é observável em óptico.

## 2.2 Processos de emissão de radiação

Os quasares são observáveis em quase toda a faixa do espectro eletromagnético e isto acontece porque o objeto produz quantidade de energia suficiente para que vários processos de emissão eletromagnética ocorram. Discutiremos alguns destes processos a seguir.

### 2.2.1 Emissão sincrotrônica

Sabemos que em volta do buraco negro do interior dos quasares existe um plasma altamente ionizado, que está rotação. A Lei de Ampère-Maxwell determina que cargas elétricas em movimento geram um campo magnético. Assim, quando temos uma carga elétrica espiralando em torno deste campo magnético, ele muda a direção e a velocidade da carga, e uma vez acelerada, esta carga emite ondas eletromagnéticas. Este processo recebe o nome de Emissão Sincrotrônica é responsável pela emissão de ondas na faixa de rádio.

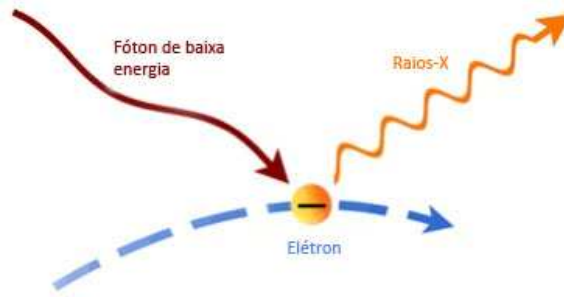


Fig.2: Representação da emissão sincrotrônica.

Além disso, a emissão sincrotrônica pode ser de dois tipos. Se a carga estiver em velocidades relativísticas, ou seja, próximas a velocidade da luz, a radiação é do tipo sincrotrônica. Caso contrário, a emissão é do tipo ciclotrônica.

### 2.2.2 Efeito Compton Inverso

O Efeito Compton acontece quando um elétron em movimento colide com um fóton, e como consequência há uma troca de energia e momento angular. Assim, eles mudam suas direções e o fóton perde energia. Porém, é o Efeito Compton Inverso o responsável pela emissão de ondas eletromagnéticas dos quasares na faixa de raios-X. O Efeito Compton Inverso acontece quando um fóton de baixa energia atinge um elétron relativístico, gerando emissões eletromagnéticas na faixa de raios-X.



**Fig. 3:** Representação do Efeito Compton Inverso.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Instrumento Utilizado

O Instrumento utilizado para observar o quasar 3C273 e a fonte calibradora Virgo A foi o Rádio Telescópio do Itapetinga. O Telescópio possui uma antena de 13,7 metros e está protegido por uma redoma de 22 metros de diâmetro. Foi inaugurado em 1974 e encontra-se no município de Atibaia – SP.



**Fig. 4:** Rádio Observatório do Itapetinga.

Existem várias técnicas para observar as fontes. O método utilizado consiste em fazer varreduras em azimute e elevação nas frequências de 22GHz e 43GHz, sendo cada varredura com duração de 20s. São realizadas 30 varreduras por observação, totalizando 10 minutos. O programa utilizado para a organização dos dados chama-se “Itapetinga Data Acquisition System”. Ao final de cada observação o programa nos fornece uma série de variáveis em uma tabela. As variáveis são:

Scan: define-se em El ou Az;

Az: Azimute;

El: Elevação;

$T_{\text{sideral}}$ : Tempo Sideral;

$x_o$ : deslocamento do centro da varredura;

$T_{\text{pico}}$ : Temperatura de antena máxima;

HPBW: largura do feixe à meia potência;

Umidade;

T: temperatura externa;

$T_{\text{load}}$ : temperatura do LOAD;

$\eta$ : refração.

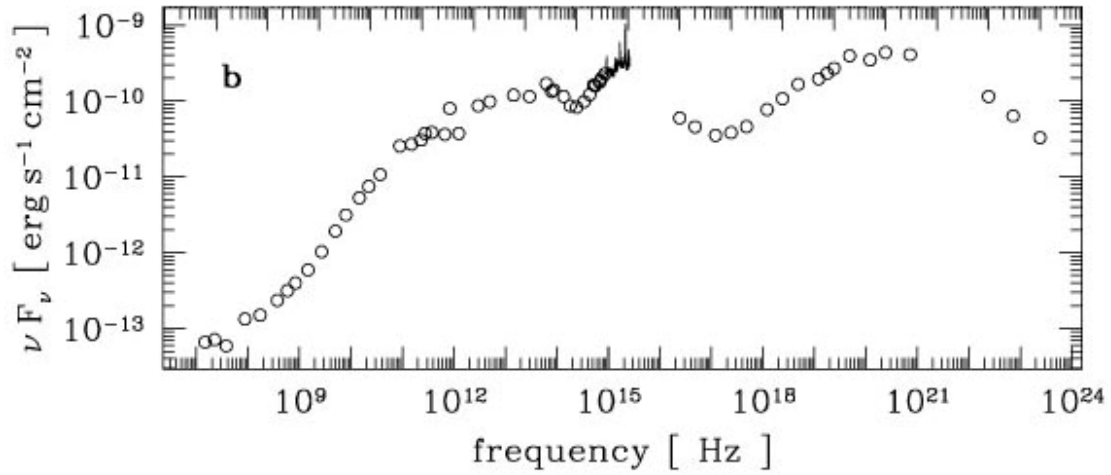
### 3.1.1 Dados obtidos

Tabela de dados obtidos no ROI na frequência de 43GHz do quasar 3C273:

Scan	Az	El	$T_{\text{sideral}}$	$x_o$	$T_{\text{pico}}$	HPBW	Umidade	T	$T_{\text{load}}$	$\eta$	K-LOAD	K_NS
El	307,36	51,868	14:27	-0,0756	0,0769	2,746	95,3	14,2	303	66,0	2,99	4,71
Az	303,45	49,050	14:42	-0,0948	0,0767	2,694	95,2	14,0	303	65,9	3,03	4,64
El	300,42	46,507	14:55	-0,1588	0,0820	2,667	95,3	13,9	302	65,8	3,02	4,72
Az	297,61	43,820	15:08	-0,1465	0,0807	2,793	95,5	13,8	302	65,8	3,06	4,86

Tabela de dados obtidos no ROI na frequência de 43GHz da fonte Virgo A:

Scan	Az	El	$T_{\text{sideral}}$	$x_o$	$T_{\text{pico}}$	HPBW	Umidade	T	$T_{\text{load}}$	$\eta$	K-LOAD	K_NS
Az	357,35	54,449	12:37	0,639	0,1047	3,260	90,8	15,9	305	66,4	2,57	5,02
El	351,77	54,157	12:51	0,288	0,0860	3,687	91,2	15,7	305	66,3	2,67	4,92
Az	346,19	53,555	13:04	0,219	0,0906	3,442	91,6	15,3	304	66,2	2,74	4,90
El	340,94	52,685	13:18	0,176	0,0852	3,671	92,5	15,1	304	66,1	2,77	4,82



**Fig. 5:** Distribuição espectral de energia do quasar 3C273. (Em: <http://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept01/Wilkes/Figures/figure4.jpg>)

### 3.1.2 Conversão dos dados obtidos

Assumindo os valores de densidade de fluxo de Virgo (21,5 Jy em 22 GHz e 11,5 Jy em 43 GHz) como referência, a conversão de temperatura de antena (K) em densidade de fluxo (Jy) pode ser feita através das expressões:

$$F_{22\text{GHz}} = \frac{21,5}{T_{\text{Virgo (22)}}} T_{\text{Fonte (22)}}$$

$$F_{43\text{GHz}} = \frac{11,5}{T_{\text{Virgo (43)}}} T_{\text{Fonte (43)}}$$

### 3.1.3 Correção dos dados obtidos

Quando fazemos as varreduras em azimute ou elevação das fontes, há um desvio angular em relação ao centro da fonte em consequência do apontamento da antena. Este desvio pode ser calculado e os dados corrigidos, através das expressões:

$$T = T_o e^{\frac{x_o^2}{2\sigma^2}}$$

$$\text{Onde, } \sigma = \frac{\text{HPBW}}{(8\ln 2)^{1/2}}$$

Sendo  $T_o$  a temperatura de antena,  $x_o$  o desvio em relação ao centro da fonte, HPBW a largura do feixe à meia potência e  $T$  a temperatura de antena com a correção.



Além disso, a atmosfera terrestre pode influenciar nos dados, absorvendo ou emitindo ondas eletromagnéticas. Por isso, utilizamos outra expressão para correção dos dados.

$$T_f = T \cdot K'(E)$$

$$K'(E) = \frac{\alpha'}{\eta} \left( \alpha' - a + \frac{NT}{LD} \right)^{-1}$$

Onde T é a temperatura da fonte,  $\eta$  é o fator de transmissão da redoma, NT é a medida do tubo de ruído, LD é a medida do load e  $\alpha' = \eta \frac{T_{C\acute{e}u}}{T_{Load}}$ .

### 3.2 Discussões e conclusões

Este trabalho tem como objetivo principal estudar a variabilidade do fluxo do quasar 3C273. Em 2010 algumas observações foram feitas, porém, no período de julho de 2010 até junho de 2011 não foi possível realizar observações devido a uma série de manutenções feitas no Rádio Telescópio do Itapetinga, que impediram a sua utilização. Os dados coletados em 2010 não são suficientes para nenhuma conclusão, uma vez que são necessários pelo menos alguns meses de observação para analisar a variabilidade de fluxo da fonte e concluir se existe ou não periodicidade nas variações. Neste intervalo que não foi possível coletar dados da fonte, foram feitos diversos estudos para compreender os mecanismos de um quasar, a origem de suas radiações, como tratar os dados. Também foram realizadas apresentações de seminários para o orientador e a leitura do livro “Violent Phenomena in the Universe”, do autor Jayant V. Narlikar. O livro trata sobre fenômenos violentos do Universo, como buracos negros, explosões estelares, galáxias ativas, quasares e o Big Bang.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

JANSEN, M.A.; GORDON, L.M.; WELCH, W.J. (1974); Extension of the absolute flux density scale to 22.285 GHz *Astronomy and Astrophysics*, v. 33, 373-377, jul.

NARLIKAR, JAYANT VISHNU (1938); *Violent Phenomena in the Universe*. Dover Ed.

BLAES, O.; HUBENY, I.; AGOL, E.; KROLIK, J. H. (2001); Non-LTE, Relativistic Accretion Disk Fits to 3C 273 and the Origin of the Lyman Limit Spectral Break

BOTTI, L. C. L.; ABRAHAM, Z.; Long-Term variability of 3C273 at 22 and 44 GHz. *The Astronomical Journal*, v.96. Aug 1988.