



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM**

**Centro de Tecnologia – CT**

**Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM**

**Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT**

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**

**Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE**

**Observatório Espacial do Sul – OES**



## **SISTEMA DE SUSTENTAÇÃO DAS ANTENAS COLETORAS DO PROJETO RADIOASTRONOMIA**

**Autora / Apresentadora: Viviane Cassol Marques**

**Co-autores: Jean Paulo Guarnieri  
Diogo Machado Custódio  
Samuel Martins da Silva**

**Nelson J. Schuch**  
Orientador

# SISTEMA DE SUSTENTAÇÃO



O Sistema de Sustentação é composto por:

- Estrutura H
- Torre de sustentação
- Sapata



# TORRE DE SUSTENTAÇÃO



## Determinação da altura mínima do sistema coletor:

As antenas devem estar a uma altura suficiente para que não sofram interferência pela Terra em sua impedância, esta altura é dada pela relação.

$\frac{h}{\lambda} \geq 1,5$  Logo a altura mínima será de:

$$h_{\min} = 1,5\lambda \quad \text{como} \quad \lambda = 1,98m$$

$$h_{\min} = 2,97m$$

Então as antenas devem estar a uma altura igual ou superior a 3,00m

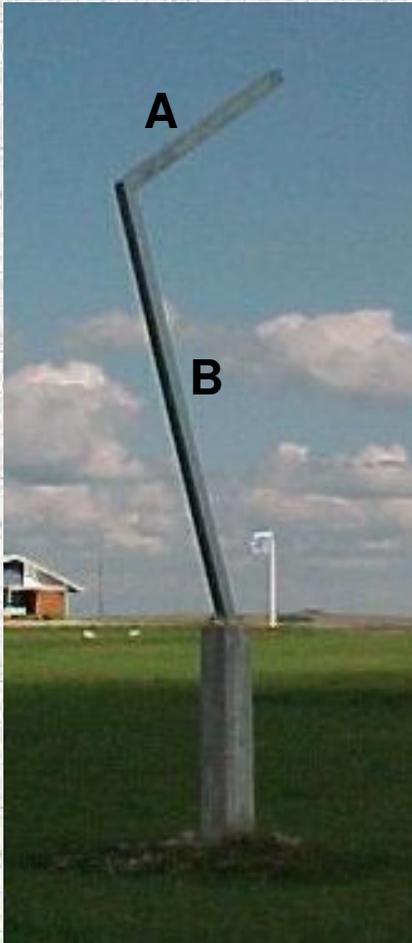
## Montagem equatorial da Torre:

A montagem equatorial permite ao sistema o movimento de um só servomotor para o rastreamento de qualquer fonte, pois após o apontamento do sistema de antenas em declinação será necessário somente o movimento do servomotor de ângulo horário. Este movimento será apenas para compensar a rotação da Terra.

# TORRE DE SUSTENTAÇÃO



## Montagem equatorial da Torre:



Uma estrutura com montagem equatorial é basicamente composta por dois segmentos: “A” e “B”, como mostra a figura.

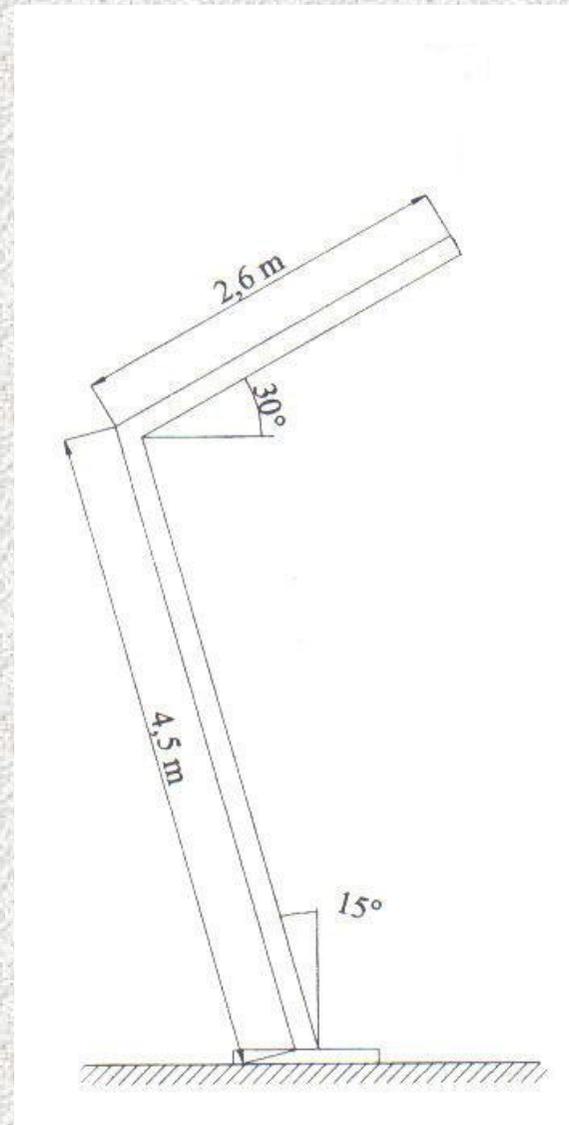
O segmento “A” está direcionado para o Pólo Sul Celestial, em torno do qual todas as fontes giram, esta direção encontra-se a uma altitude do horizonte igual a latitude do local, que neste caso é  $29^{\circ},41'$ .

O tamanho do segmento “B”, que é fixo ao solo com um ângulo de  $15^{\circ}$ , foi determinado com base na altura que o sistema deve ter para que não sofra alterações na impedância e também para que seu CG fique situado sob a sapata, já o comprimento do segmento “A” foi determinado analisando-se o ponto crítico do movimento das antenas.

# TORRE DE SUSTENTAÇÃO

## Tamanho total da torre:

A altura total da torre ficou em 5,70m, o que determina uma altura maior de 3m para as antenas.



# TORRE DE SUSTENTAÇÃO



## Determinação do material e dimensões da torre:

Foram levados em conta a funcionalidade e o valor econômico para a determinação da estrutura de suporte das antenas.

Foram levados em conta:

- Topologia geral da estrutura
- Forma e peso das antenas e do servomecanismo
- Limite de deformações aceitáveis sob cargas acidentais

Na análise foram considerados o peso próprio e ação do vento em carregamentos separados.

### HIPÓTESES DE MATERIAIS:

- Alumínio
- Aço
- Concreto Armado

# TORRE DE SUSTENTAÇÃO



## Peso Próprio:

### *Barras de Aço:*

Estrutura da antena em seção vazada de (15x15)cm  
Espessura das paredes de 5 mm

### *Peso das barras:*

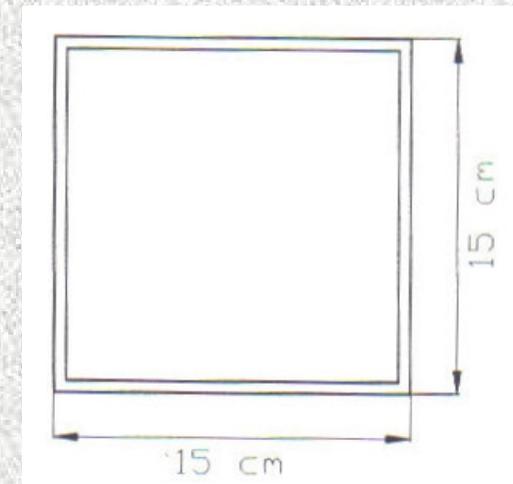
Peso específico do aço = 7859 Kgf/cm<sup>3</sup>;  
g = 0,2277 Kgf/cm

### *Barras de Alumínio:*

Estrutura da antena em seção vazada de (15x15)cm  
Espessura das paredes de 5 mm

### *Peso das barras:*

Peso específico do alumínio = 2800 Kgf/cm<sup>3</sup>;  
g = 0,0815 Kgf/cm



# TORRE DE SUSTENTAÇÃO

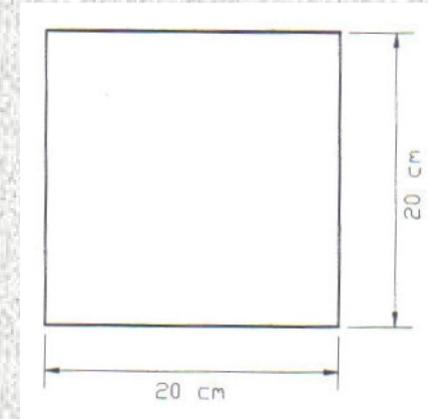
*Barras de Concreto Armado:*

Estrutura da antena maciças de (20x20)cm

*Peso das barras:*

Peso específico do concreto armado = 2500 Kgf/cm<sup>3</sup>;

g = 1 Kgf/cm



## **Ação do Vento:**

Conforme NBR 6123

Sobre as Barras de Alumínio ou Aço:

Força = 0,25 Kgf/cm

Sobre as Barras de Concreto Armado:

Força = 0,33 Kgf/cm

# TORRE DE SUSTENTAÇÃO



Sobre cada Antena:  
Força = 12,5 Kgf/cm

Logo a força sobre o sistema coletor será de 50 Kgf/m

## Análise dos resultados:

Através da análise dos esforços, verificamos que em nenhum dos casos estes são significativos.

Na consideração da deformação por ação de carga acidental, neste caso o vento, verificou-se que somente o Aço ficou dentro dos limites impostos de giro ( $0,5^\circ$ ).

Nos demais materiais os giros foram muito elevados:

- Alumínio:  $1,5^\circ$
- Concreto Armado:  $4,8^\circ$

# TORRE DE SUSTENTAÇÃO



## CONCLUSÃO:

A solução com estrutura de aço é a mais recomendável e sapata de concreto.



# ESTRUTURA H



## Dimensionamento:

As distâncias entre os elementos do “H” foram cedidos pelo Cavendish Laboratory/Mullard Radio Astronomy Observatory – MRAC – Cambridge – Inglaterra.

Foram usados tubos de aço galvanizado pois possuem resistência à corrosão.

Diâmetro nominal (mm)	D (mm)	d (mm)	$\delta$ (mm)	q (Kg/m)	S (cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>3</sup> )
50	60	52	3,75	5,2	6,627	26,326
70	75	67	3,75	6,64	8,985	57,596

### Sendo:

D = diâmetro externo

d = diâmetro interno

$\delta$  = espessura

q = peso linear

S = área da seção transversal

J = momento de inércia

# ESTRUTURA H



## Deflexões surgidas:

As deflexões que surgem são devido, basicamente ao peso das antenas, acessórios, cabos coaxiais e devido ao peso próprio das estruturas.

Para cálculo das deflexões interiores consideremos o ponto A.

Pela superposição dos efeitos, temos:

$$\delta = \frac{p.L^3}{3.E.I} + \frac{q.L^4}{8.E.I}$$

$$\delta_A = 2,321 \text{ mm}$$

# ESTRUTURA H



Para cálculo das deformações exteriores consideremos o ponto B, sendo que esta estrutura está engastada em A.

Pela superposição dos efeitos, temos:

$$\delta = \frac{p.L^3}{3.E.I} + \frac{q.L^4}{8.E.I}$$

$$\delta_B = 1,6 \text{ mm}$$

# ESTRUTURA H



## Conclusões sobre as deflexões:

Pelos cálculos nota-se que a posição mais crítica da estrutura é quando o sistema coletor estiver apontando para o zênite.

Neste caso temos a tendência das antenas afastarem-se em cima, e como consequência, aproximarem-se embaixo.

A partir destas deflexões verifica-se a resolução angular do radiotelescópio.

As deflexões para os tubos escolhidos não devem interferir nas observações do radiointerferômetro.



# ESTRUTURA H



## Torque no Conjunto Antena + H:

O conjunto Antena + H será fixado à torre de sustentação pelo Servomecanismo, este conjunto terá dois graus de liberdade.

Como já foi dito o movimento em ângulo horário será somente para a compensação da rotação da terra, logo, esta velocidade angular é muito baixa bem como tempo necessário para aceleração e desaceleração.

Para que o incremento no movimento seja o mais confiável possível, ou seja para que o “H” tenha o menor deslocamento possível após o desligamento dos motores optamos por:

Aceleração de 0 à 0,2 rpm em 0,1 segundo.

Para se ter esta grande aceleração em um tempo tão curto é necessário uma grande força, tanto de partida como de parada.

Como temos dois movimento independentes, calculamos o torque para cada um deles.

# ESTRUTURA H



## Para o movimento de variação de Ângulo Horário:

Considerando a massa das antenas, dos tubos e dos acessórios e a aceleração angular de 0,2 rpm em 0,1 segundo, teremos um torque de:

$$C = \frac{V.I}{t_{\alpha}}$$

Onde:

V = velocidade da estrutura

I = momento de inércia = 156 Kg.m<sup>2</sup>

$t_{\alpha}$  = tempo de aceleração

Logo:

$$C = 32,33 \text{ N.m} = 3,3 \text{ Kgf.m}$$

# ESTRUTURA H



## Para o movimento de variação da Declinação:

Com as mesmas considerações anteriores mas sem o peso dos acessórios, teremos um torque de:

$$C = \frac{V \cdot I}{t_{\alpha}}$$

neste caso  $I = 25,54 \text{ Kg.m}^2$

Logo:

$$C = 0,58 \text{ Kgf.m}$$

## Conclusões sobre o torque:

Destes cálculos chegamos, a um torque igual ou superior a 3,5 Kgf.m para girar os sistemas



Observatório Espacial do Sul – São Martinho da Serra - RS



Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – Santa Maria - RS

**Contato: [viviane@lacesm.ufsm.br](mailto:viviane@lacesm.ufsm.br)**