

Jan 10, 1974

25 METER -- MILLIMETER WAVE TELESCOPE

MEMO # 19

Dear Woon Yin,

Greetings from Brasil! I've taken so long to answer your letter of Nov 27, since I had to wait for Paulo Marques (who made the temperature measurements) to return to work. Everything goes very slowly here. I'm enclosing a reprint of those results which is not very quantitative, but may be of some use to you [didn't you say you knew some Portuguese - from Macau? Anyone with Italian or Spanish can get the sense of it] Paulo says the Essco people made their own measurements which he did not have access to. The measurements reported here ^{are} of different points in the air [not in good thermal contact with the metal surface]. ~~Even~~ ^{Also} the most useful points (stations #1 and #2 of Figure 1) are not included in the run of temp. with time of day (Fig 2). From unpublished data, the temp difference between stations ① and ② [Focus and back of dish, measuring air temperature] during rapid heating (~ 9 am $\rightarrow$ noon) remained $\leq 10^\circ\text{C}$ with forced air circulation.

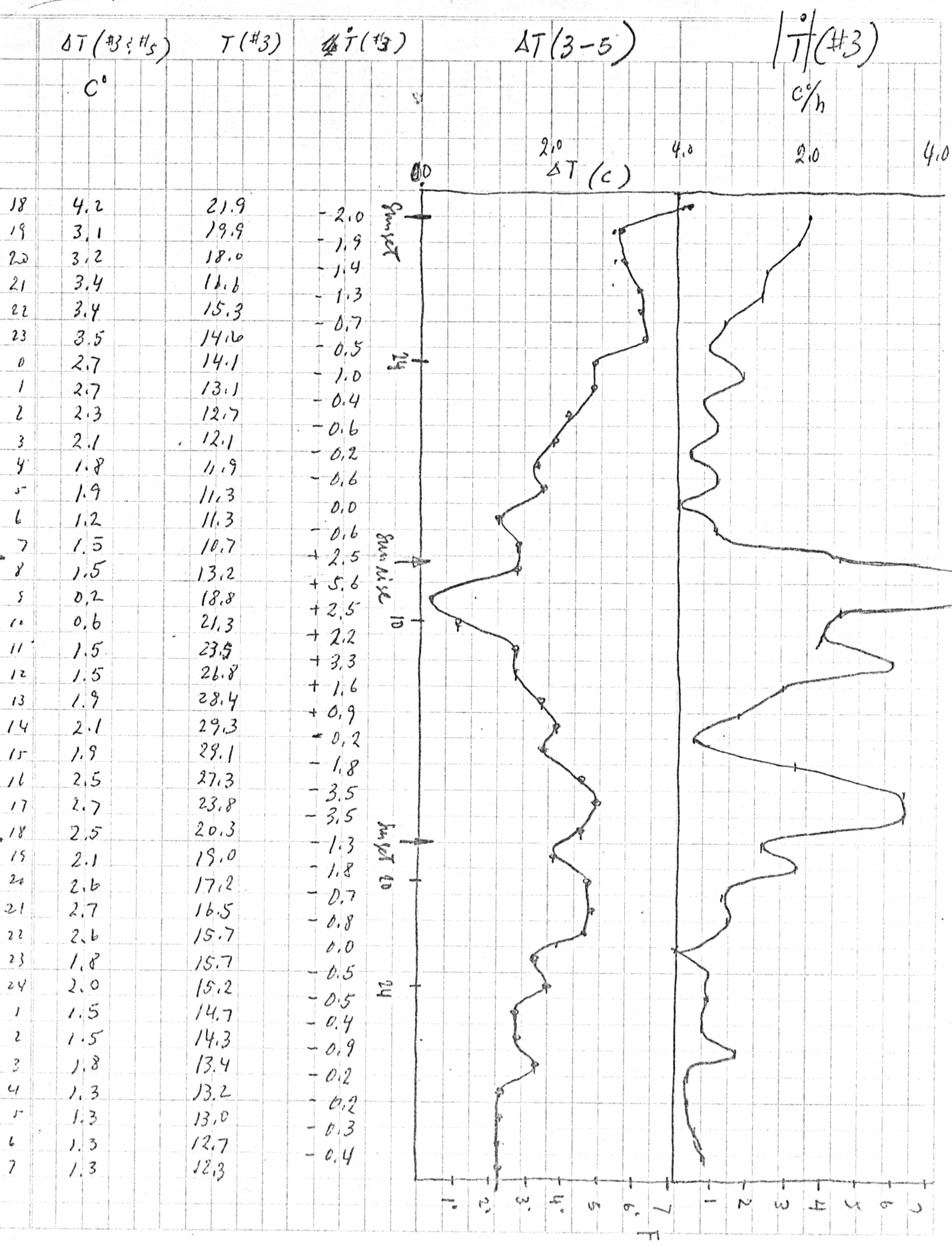
At our low operating frequencies ($\lambda 13\text{cm}$ at present), thermal deformations of the dish are not important for us; - what is a bother is the problem of dew condensation on the radome $\rightarrow$ we try to inhibit this process by heating the air inside the radome ($T_{\text{inside}} - T_{\text{outside}} \approx 2-3^\circ\text{C}$), which is only partially successful. (When you stop to think about it, it's really insane to try to observe water vapor sources from Brasil!)

The 25^m, $\lambda 1\text{mm}$ project is an exciting and important one. Please keep me informed.

Best of luck. Say hello to your wife for me. I hope to return to the states in about one more year, depending of course on job prospects.

Regards,

Richard J



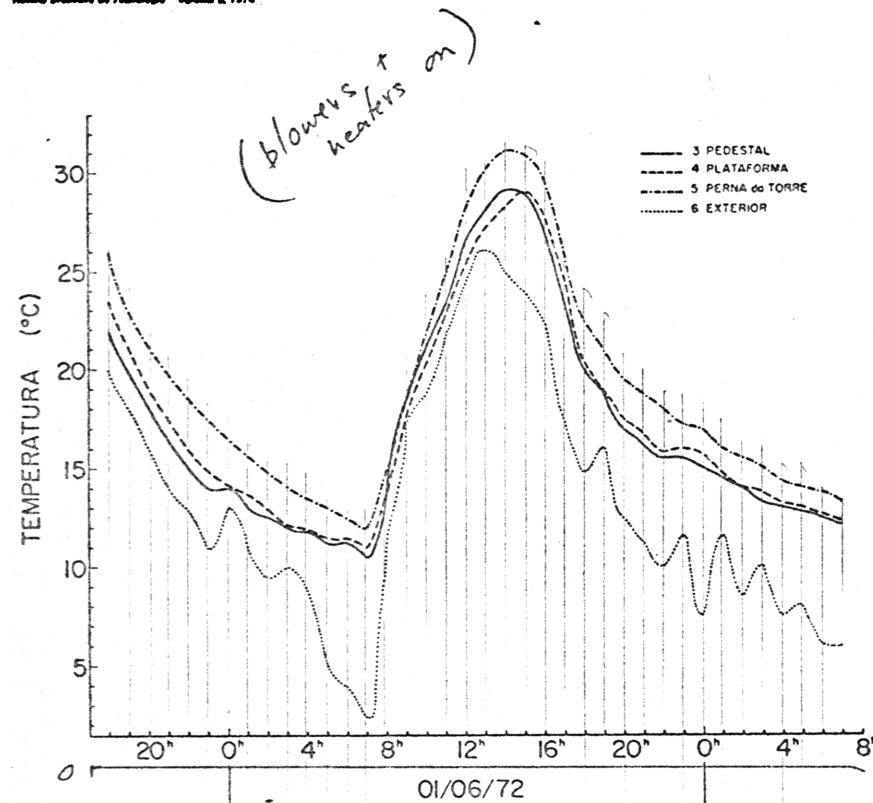


Figura 2 — Registro contínuo de quatro pontos durante 24 horas no mês de junho de 1972

(2) Technical Proposal for the ESSCO Synergised Radome-Antenna-Pedestal System, Electronic Space Systems Corporation, October 1969.

(3) Cohen, A. e Smolski, A., The effect of rain on Satellite communications Earth terminal Rigid Radomes (ESSCO

Radome Randoms N.º 4), *The Microwave Journal*, September 1966.

Trabalho recebido em 19/1/73; aprovado em 16/2/74 por Pêrsio de Souza Santos, Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Escola Politécnica da USP. N.º 105.

CARACTERÍSTICAS TERMODINÂMICAS INTERNAS DE UMA REDOMA RÍGIDA DE PLÁSTICO PROTEGENDO O RADIOTELESCÓPIO DE PRECISÃO*

P. MARQUES DOS SANTOS, R. E. SCHAAL,
J. R. LAZZARESCHI** e J. M. GOLIZIA**

Centro de Radioastronomia e Astrofísica
Universidade Mackenzie, CP 8792, São Paulo, SP, Brasil

ABSTRACT

THERMODYNAMICAL CHARACTERISTICS OF INSIDE A RADOME ENCLOSED ANTENNA. By P. Marques dos Santos, R. E. Schaal, J. R. Lazzareschi e J. M. Golizia.

The thermodynamical behaviour inside a 22 m space free radome containing a 13.7 m millimeter-wave telescope is described. Eight fastresponse thermistors were installed at several places in the radome, antenna and pedestal in order to determine temperature gradients under several conditions time required for internal temperature uniformization with forced air circulation, and the conditions necessary for antenna utilization with greater accuracy.

INTRODUÇÃO: Através do seu projeto Milimack, o Centro de Radioastronomia e Astrofísica da Universidade Mackenzie implantou o "sistema sinergizado redoma-antena-pedestal" do radiotelescópio de precisão para ondas milimétricas no Rádio Observatório do Itapetinga em Atibaia, SP (1). O "sistema sinergizado" foi desenvolvido pela Electronic Space Systems Corporation (ESSCO), EUA constituindo uma nova concepção em matéria de radiotelescópios. Visando à determinação das características termodinâmicas internas da redoma plástica rígida, que abriga a antena e o pedestal, bem como o procedimento para evitar ou minimizar a condensação do vapor de água nas superfícies interna e externa da membrana que cobre a redoma, foi instalado um sistema de sensores (termistores de resposta rápida) para o estudo do comportamento térmico. O presente trabalho consiste da apresentação dos resultados diurno como noturno, nascer e ocaso do Sol.

Descrição da redoma (2). Constituída por vários painéis triangulares dispostos segundo uma geometria aleatória, a redoma de 22 m de diâmetro é composta de armação de alumínio extrudado coberta por membrana plástica de Esscolam, material laminado desenvolvido pela ESSCO. Na superfície externa da membrana foi aplicada uma camada muito fina de Tedlar (Du Pont) com propriedades especiais para evitar a corrosão e também impedir a formação de qualquer película de água sobre a mesma (3), sendo bastante refletora de calor. Procurando atingir um alto grau de refletividade, foi recomendado o uso do Tedlar branco que também contribui para a rejeição do ultravioleta. A redoma está fixada sobre um anel de concreto de 3 m de altura.

Sistemas de circulação do ar e aquecimento interno. Para evitar a formação de gradientes de temperatura no interior da redoma, existe um sistema de

*Trabalho patrocinado pelo BNDE-FUNTEC Contrato n.º 87 e Conselho Nacional de Pesquisas — Proc. CNPq n.º 8 028/68
**Bolsistas da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

ventilação e circulação composto de duas saídas de ar ao nível do solo e uma no topo da redoma com venezianas reguláveis, duas entradas de ar também ao nível do solo para aspiração das duas turbinas, que lançam o ar aspirado contra a membrana, produzindo movimentos vibratórios e aumentando levemente a pressão interna. Para o sistema funcionar em circuito aberto, as saídas e entradas de ar são mantidas abertas com as turbinas em funcionamento. Em circuito fechado impede-se a aspiração do ar externo e a saída do ar interno, fechando-se todas as aberturas. Este último procedimento é usado quando estão ligados os aquecedores elétricos localizados nas saídas das turbinas.

OBJETIVOS

A finalidade do trabalho foi dividida em duas partes: a) homogeneizar as condições térmicas no interior da antena a fim de se evitar fortes gradientes de temperatura, e b) criar condições que possam

evitar a condensação do vapor de água nas superfícies interna e externa da membrana.

A existência de gradientes de temperatura no interior da redoma pode proporcionar deformações de origem térmica na estrutura do conjunto antena-pedestal-torre prejudicando a eficiência da antena. A possível condensação da umidade do ar nas superfícies interna e externa da membrana durante o período noturno, se a temperatura da mesma atingir o ponto de orvalho, poderá formar uma finíssima película de água responsável por uma considerável atenuação. O sistema de ventilação produzindo uma circulação forçada estabelece a homogeneização da temperatura interna. Para o aquecimento interno pode-se usar a circulação em circuito fechado com os aquecedores ligados. Para a determinação da eficiência da circulação forçada e do aquecimento interno foram instalados sensores (termistores Negative Temperature Coefficient-NTC) em oito pontos convenientes do "sistema sinergizado" nas posições indicadas na Fig. 1. Os cinco primeiros sensores estão rela-

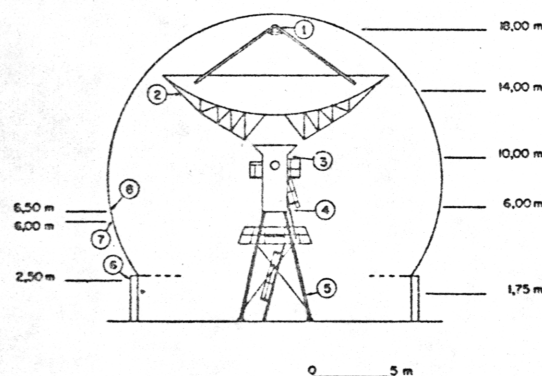


Figura 1 — Localização dos sensores: 1, 3, 4 e 5 em contato com o ar livre no interior da redoma; 6 em contato com o ar externo; 2 em contato com o alumínio, isolado do ar livre por uma placa de isopor; e 7 e 8 em contato direto com as superfícies da membrana isolados do ar livre por uma placa de isopor.

cionados com a termodinâmica interna e a eficiência da circulação forçada e os três últimos, com as condições que podem propiciar a formação do orvalho e com a eficiência do aquecimento interno.

Características do aquecimento no interior da redoma. Normalmente, o aquecimento interno da redoma apresenta um perfil de temperatura versus altura com gradiente positivo, $\frac{dT}{dh} > 0$, enquanto que ao ar livre esse perfil de temperatura tem gradiente negativo, $\frac{dT}{dh} < 0$, que é o normal. As condições de trabalho entretanto exigem que o perfil apresente valores aproximadamente constantes, ou seja, $\frac{dT}{dh} \approx 0$, no interior da redoma. Para conseguir essa homogeneização utiliza-se o sistema de circulação e renovação do ar interno que, partindo das condições iniciais estáticas, atinge as condições exigidas em cerca de 10 min. Qualquer variação súbita e intensa nas condições meteorológicas, como ocorre durante as tempestades, provoca um desequilíbrio da homogeneização pelo resfriamento rápido da membrana sendo logo restabelecido pela contínua circulação do ar. Após o pôr do Sol, com o sistema de circulação em funcionamento, a queda da temperatura interna se processa simultaneamente em todos os pontos. Usando-se os aquecedores das saídas das turbinas e circulação em circuito fechado pode-se conservar a temperatura interna superior à temperatura externa.

Condições de formação do orvalho. A condensação do vapor de água existente na atmosfera ocorre sempre do ar: T_a atinge a temperatura do ponto de orvalho, T_o , em condições favoráveis, com atmosfera transparente e calma, e baixa umidade relativa, pois o ar seco facilita a radiação do calor. Quando $T_a = T_o < 0^\circ\text{C}$ nas condições citadas, há formação de geada e, quando $T_a = T_o > 0^\circ\text{C}$, há formação do orvalho ou nevoeiro. No período de inverno em nossa região,

as condições são bastante favoráveis a esses tipos de condensação durante a noite o que prejudicaria as observações. Entretanto, mantendo-se os aquecedores ligados e a circulação em circuito fechado logo após o pôr do Sol, pode-se manter a temperatura da membrana um pouco superior à temperatura do ponto de orvalho impedindo a condensação na parte externa. Por outro lado, o sistema de circulação do ar interno produzindo movimentos vibratórios na membrana introduz uma perturbação nas condições de contorno do ar externo em repouso sobre a redoma que sem dúvida pode inibir a condensação mesmo no caso $T_a = T_o$. Na parte interna, o fornecimento de calor através dos aquecedores e da circulação forçada cria condições de mistura turbulenta impedindo a condensação.

Conclusões a respeito do comportamento da membrana. Dos dados obtidos pode-se verificar que a membrana é bastante transparente aos comprimentos de onda térmicos, pois o aquecimento ou resfriamento no interior da redoma acompanha bastante bem a temperatura do ar livre, salvo nos pontos superiores onde, sem o sistema de circulação, o ar mais quente e mais leve fica ali confinado. Nas condições de resfriamento rápido, esse comportamento pode ser perfeitamente evidenciado, com ou sem o sistema de circulação funcionando.

Das conclusões obtidas verificou-se que as condições de trabalho exigidas podem ser conseguidas usando-se, durante o dia, o sistema de circulação em circuito aberto e durante a noite, quando necessário, circuito fechado e aquecedores. Na Fig. 2 apresentamos um registro contínuo das temperaturas internas comparadas com as externas.

REFERÊNCIAS

- (1) Kaufmann, P., Schaal, R. E. e Lépine, J. R. D., *Revista Brasileira de Tecnologia* 2, 139 (1971).