

TÉCNICAS DE IMAGEAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO DE OBJETOS
ASTROFÍSICOS EM MICRO-ONDAS MILIMÉTRICAS

Z. ABRAHAM, J.E.R. COSTA e P. KAUFMANN
Instituto de Pesquisas Espaciais
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Caixa Postal 515, 12200-São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

São apresentados resultados obtidos com mapeamentos de objetos astrofísicos em micro-ondas milimétricas e processados com técnicas de imageamento utilizadas em sensoriamento remoto. As duas técnicas se complementam de forma a evidenciar estruturas espaciais de objetos astrofísicos de forma nunca antes conseguida, resultando no desenvolvimento de poderoso recurso para pesquisas. Os mapeamentos foram realizados com a grande antena de 14 m para ondas milimétricas do Itapetinga, nas frequências de 22 GHz e 44 GHz e os dados foram analisados e processados no computador I-100 do programa SERE em São José dos Campos. Os dados foram traduzidos em forma de temperatura. As temperaturas foram associadas a cinco cores, cada uma dividida em sete tons de cor, do vermelho ao violeta, em temperaturas crescentes, resultando num código apropriado ao problema estudado. São apresentadas e discutidas imagens do Centro Galáctico, e do Sol ativo e quiescente, com resolução angular melhor do que 2 minutos de arco (44 GHz) e do que 4 minutos de arco (22 GHz).

ABSTRACT

We present maps of some astrophysical objects in millimeter-waves processed with the imaging techniques used in remote sensing. Both techniques are complementary in such a way that they put in evidence the spatial structures of astrophysical objects in a form never obtained before, resulting in the development of a powerful tool for research. The mapping was made with the large (14-m) millimeter-wave antenna at Itapetinga, at the frequencies of 22 and 44 GHz. The data were analyzed and processed in the I-100 computer of project SERE at São José dos Campos. The data were translated into the form of temperatures. The temperatures were associated to five colors, each color divided into seven shades, from red to violet, for increasing values of temperature, resulting in an appropriated code to represent the specific problem. We present and discuss the images of the Galactic Center and of the active and quiet sun, with angular resolution of 2 arc min (44 GHz) and 4 arc min (22 GHz).

1. INTRODUÇÃO

Uma das tarefas mais importantes no desenvolvimento de um trabalho científico é a análise e apresentação dos dados. Ao contrário do que em astronomia ótica, onde no plano focal do telescópio se forma uma imagem do campo observado, permitindo a obtenção de fotografias diretas do céu, em radioastronomia se obtém uma medida de temperatura ou densidade de fluxo proveniente de um ponto no céu, ou melhor, de uma região integrada pelo feixe da antena. O mapeamento de uma região extensa comparada com o feixe da antena requer observações de muitos pontos espaçados por distâncias da ordem da largura do feixe ou de varreduras contínuas da região a estudar. Em qualquer um dos casos, os resultados são obtidos e armazenados em forma digital, temperatura de antena como função da posição. A apresentação desses resultados na forma de mapas e contornos de igual temperatura é o assunto do presente tra-

balho. Os mapas discutidos serão os do Sol e do Centro de nossa Galáxia.

2. OBSERVAÇÕES

Os dados foram obtidos com o radiotelescópio de 14-m de Itapetinga*, nas frequências de 22 e 44 GHz. A resolução angular do telescópio é de 4 minutos de arco em 22 GHz e 2 minutos de arco em 44 GHz. (Kaufmann et al. 1982). No caso dos mapas do Sol, que tem um diâmetro ótico de 30 minutos de arco, foram feitas 19 varreduras em ascensão reta, separadas por 2 minutos de arco em declinação. A duração de cada varredura foi de 20 segundos e o sentido foi alternadamente ascensão reta crescente e decrescente. Em cada varredura se obtém 21 pontos, resultado da integração de 2 minutos de arco na fonte. O resultado é uma matriz de 19 x 21

*Operado pelo CRAAM/INPE, Instituto de Pesquisas Espaciais.

pontos. Alguns dos objetivos desses mapas são a detecção de regiões ativas e comparação das estruturas destas regiões em 22 e 44 GHz com as estruturas magnéticas das mesmas apresentadas na forma de magnetogramas. Outro objetivo dos mapas é a observação da evolução temporal das regiões ativas, através do mapeamento con-

tínuo da superfície solar. Devido à grande quantidade de dados armazenados e à necessidade de um exame rápido dos mesmos, surgiu a idéia de utilizar técnicas de imageamento para o processamento dos mesmos.

Nos casos das observações do Centro Galático, cada varredura foi feita através de três

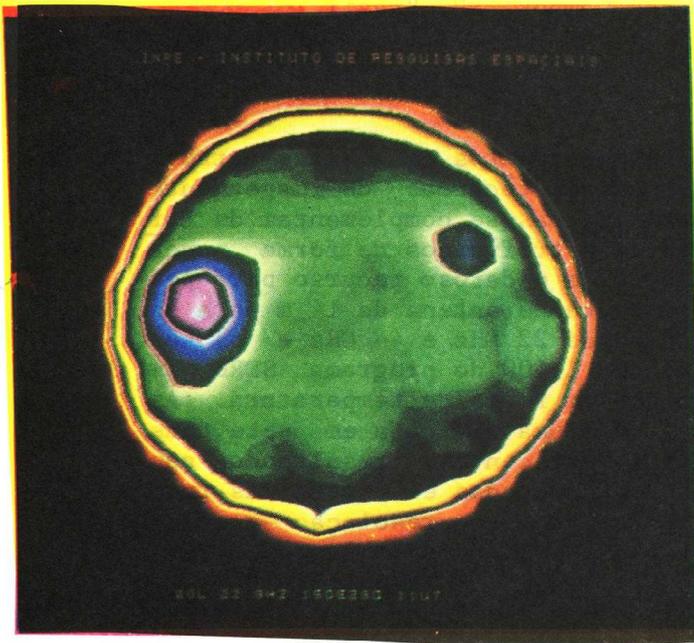


Fig. 1 - Mapa do Sol na frequência de 22 GHz obtido no dia 15 de Dezembro de 1980, 11 UT. O máximo da temperatura corresponde ao centro da região ativa mais intensa e a temperatura mínima à metade da temperatura do Sol calmo.

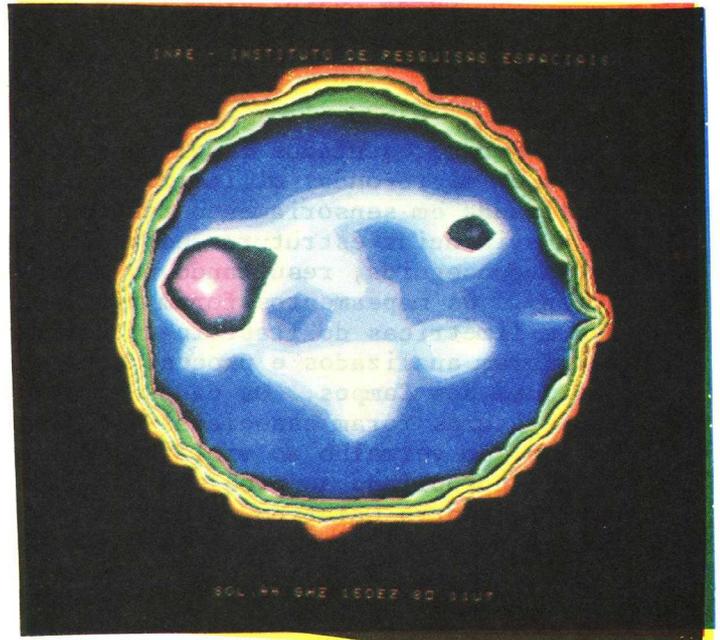


Fig. 2 - Mapa do Sol na frequência de 44 GHz obtido no dia 15 de Dezembro de 1980, 11 UT. O máximo da temperatura corresponde ao centro da região ativa mais intensa e a temperatura mínima à metade da temperatura do Sol calmo.

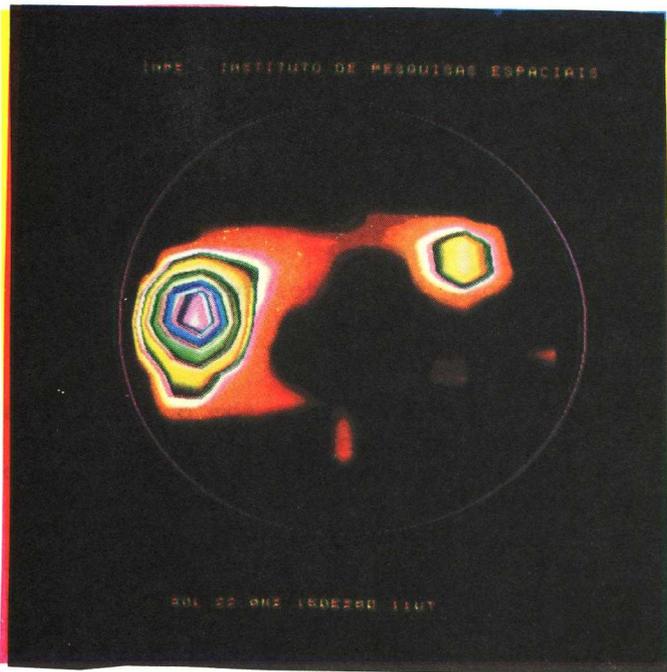


Fig. 3 - Mapa do Sol na frequência de 22 GHz obtido no dia 15 de Dezembro de 1980, 11 UT. O máximo da temperatura corresponde ao centro da região ativa mais intensa e a temperatura mínima é a temperatura do Sol calmo.

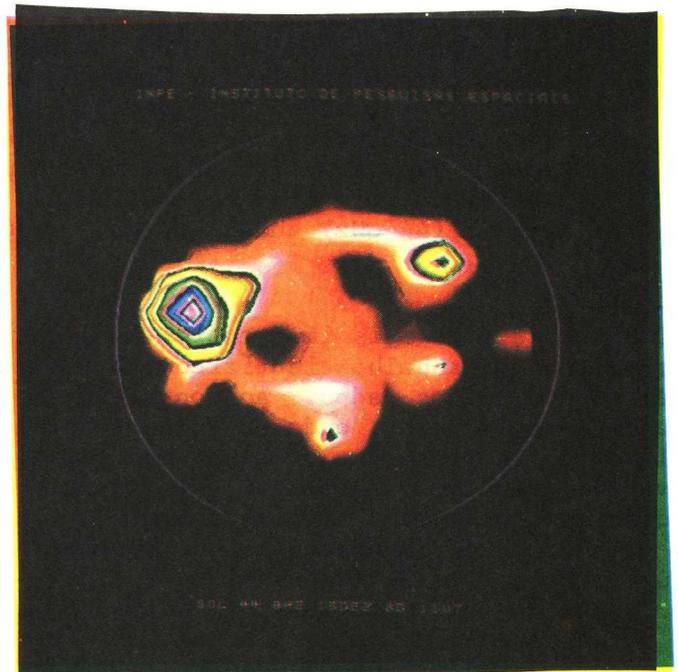


Fig. 4 - Mapa do Sol na frequência de 4 GHz obtido no dia 15 de Dezembro de 1980, 11 UT. O máximo da temperatura corresponde ao centro da região ativa mais intensa e a temperatura mínima é a temperatura do Sol calmo.

pontos fixo no espaço (de ascensão reta e declinação fixos). O ponto central de cada varredura se encontra no plano galático, os extremos são equidistantes e situados na reta perpendicular ao plano galático. Como a fonte é fraca, cada varredura foi repetida automaticamente por 30 vezes, e várias séries de 30 varreduras foram utilizadas até se obter uma relação sinal/ruído satisfatória. Para fontes fracas a contribuição do céu no sinal detectado é significativa, tendo que ser subtraída na forma de uma linha de base. Em cada varredura de 20 segundos de duração obtemos 43 pontos, o tempo de integração é de 1/3 de segundo por ponto e corresponde a uma região de 2 minutos de arco na fonte. As observações do Centro Galático resultam em uma matriz de 43 x 27 pontos.

3. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados, obtidos na forma de matrizes, foram guardados sob a forma de arquivos e utilizados por um programa que interpola linearmente entre os elementos da matriz até transformar cada linha em um vetor de 512 elementos. Os elementos de cada linha servem como base de interpolação linear para completar 512 linhas. Cada elemento desta nova matriz é transformado em um número inteiro entre 0 e 255, onde 0 corresponde à temperatura mínima a 255 à temperatura máxima do mapa. A escala entre esses extremos foi definida como linear. O programa possui a opção de escolher outros limites de temperatura para máximo e mínimo, no caso de se desejar por em evidência regiões específicas do mapa, como no caso das regiões ativas do Sol. Neste caso, valores por baixo do mínimo são definidos como zero e valores superiores ao máximo como 255. No caso de mapas solares, nós definimos a posição da superfície do Sol como um círculo branco.

O código de cores foi introduzido por outro programa, em forma de tabela, que adjudica a cada valor da temperatura uma cor diferente (combinação do vermelho, verde e azul em determinadas proporções). A sequência escolhida de cores foi vermelho, amarelo, verde, azul e violeta, para valores crescentes da temperatura. Dentro de cada cor foi variada a matiz, desde a cor escura (começando em preto) até a cor mais clara (terminando em branco) para valores crescentes da temperatura.

Os mapas obtidos com o sistema I-100 são apresentados nas figuras discutidas a seguir.

Figuras 1 e 2 representam mapas do Sol nas frequências de 22 e 44 GHz obtidos no dia 15 de Dezembro de 1980, 11 UT. O máximo da temperatura corresponde ao centro da região ativa mais intensa e a temperatura mínima corresponde à metade da temperatura do Sol calmo.

Figuras 3 e 4 representam o mesmo mapa mas a temperatura mínima é a temperatura do Sol calmo. Desta maneira somente as regiões ativas são apresentadas.

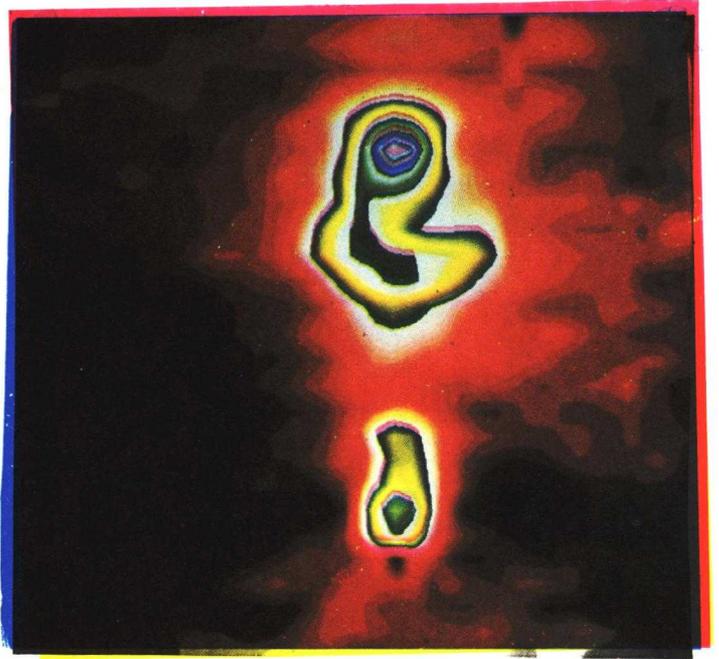


Fig. 5 - Mapa do Centro Galático em 22 GHz.

Figura 5 é o mapa em 22 GHz do centro de nossa Galáxia. As fontes Sgr A (mais intensa) e Sgr B2 estão destacadas, assim como outras fontes menos intensas.

Devemos salientar que estes são os mapas preliminares, feitos para testar a viabilidade da utilização das técnicas de sensoriamento remoto para análise de nossos dados. Futuras modificações e melhoras na análise dos dados implicam rotação dos mapas solares para posicionar o eixo de rotação do Sol sempre na mesma posição e mudança no código de cores eliminando provavelmente o branco e o preto e aumentando o número de cores e de tonalidades dentro da mesma cor.

Um trabalho semelhante está sendo desenvolvido no Radio Research Laboratory, Hiraiso Branch, Japão, e os resultados preliminares publicados por Kumagai et al. (1981).

AGRADECIMENTOS: Agradecemos ao Dr. V.L. Durtra e a todo o pessoal de apoio do programa SERE pela assistência dada durante o desenvolvimento deste trabalho. Este trabalho foi parcialmente financiado pela FINEP.

REFERÊNCIAS

- KAUFMANN, P.; STRAUSS, F.M.; SCHAAL, R.E.; LAPORTE, C. The use of the large mm-wave antenna at Itapetinga in high sensitivity Solar Research. *Solar Physics*, 1982 (in press).
- KUMAGAI, H.; ISOZAKI, S.; OUCHI, C.; OHBU, K.; ISOBE, T.; OUCHI, E.; NISHINO, T.; HORI, T. Solar Radio Observations at 32 GHz by a Large Single Dish. *Publ. Astron. Soc. Japan* 33, 485-494 (1981).

