

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE/MCT**  
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CCR/INPE – MCT  
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRS/CCR/INPE – MCT



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT/UFSM  
LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS DE SANTA MARIA – LACESM/CT-UFSM

# **Sistema LOFAR – Nível de Rádio**

## **Interferência No Observatório Espacial do Sul**

### **Em São Martinho Da Serra Na Faixa de 10- 240 Mhz**

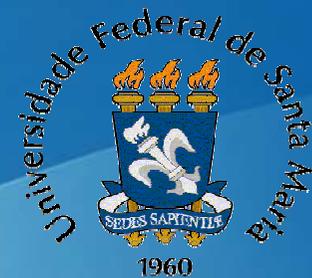
**Juliano Rafael Andrade, Nelson Jorge Schuch, Natanael Rodrigues Gomes,  
Guilherme Simon Da Rosa, Dimas irion Alves, Jean Jardel de Moura Ribas**

**[juliano.andrade@lacesm.ufsm.br](mailto:juliano.andrade@lacesm.ufsm.br)**

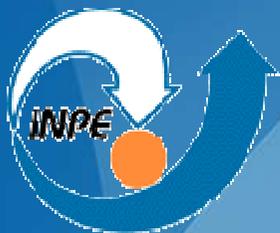




# ÍNDICE



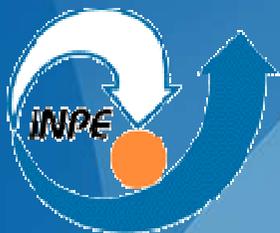
- i. Introdução
- ii. O Radiotelescópio LOFAR
- iii. O Interferômetro
- iv. Resultados Observacionais



# INTRODUÇÃO



➤ No projeto é analisado o potencial do OES para viabilizar a instalação de equipamentos e radiotelescópio digitais como o LOFAR.



# INTRODUÇÃO



- Da análise dos níveis de radiointerferência na região do OES, figuras 1 e 1.2, permite qualificar a região do sitio como apta a receber sofisticados e sensíveis radiointerferômetros baseados no conceito de *Phased Array*, empregado nas Estações Europeias do LOFAR.

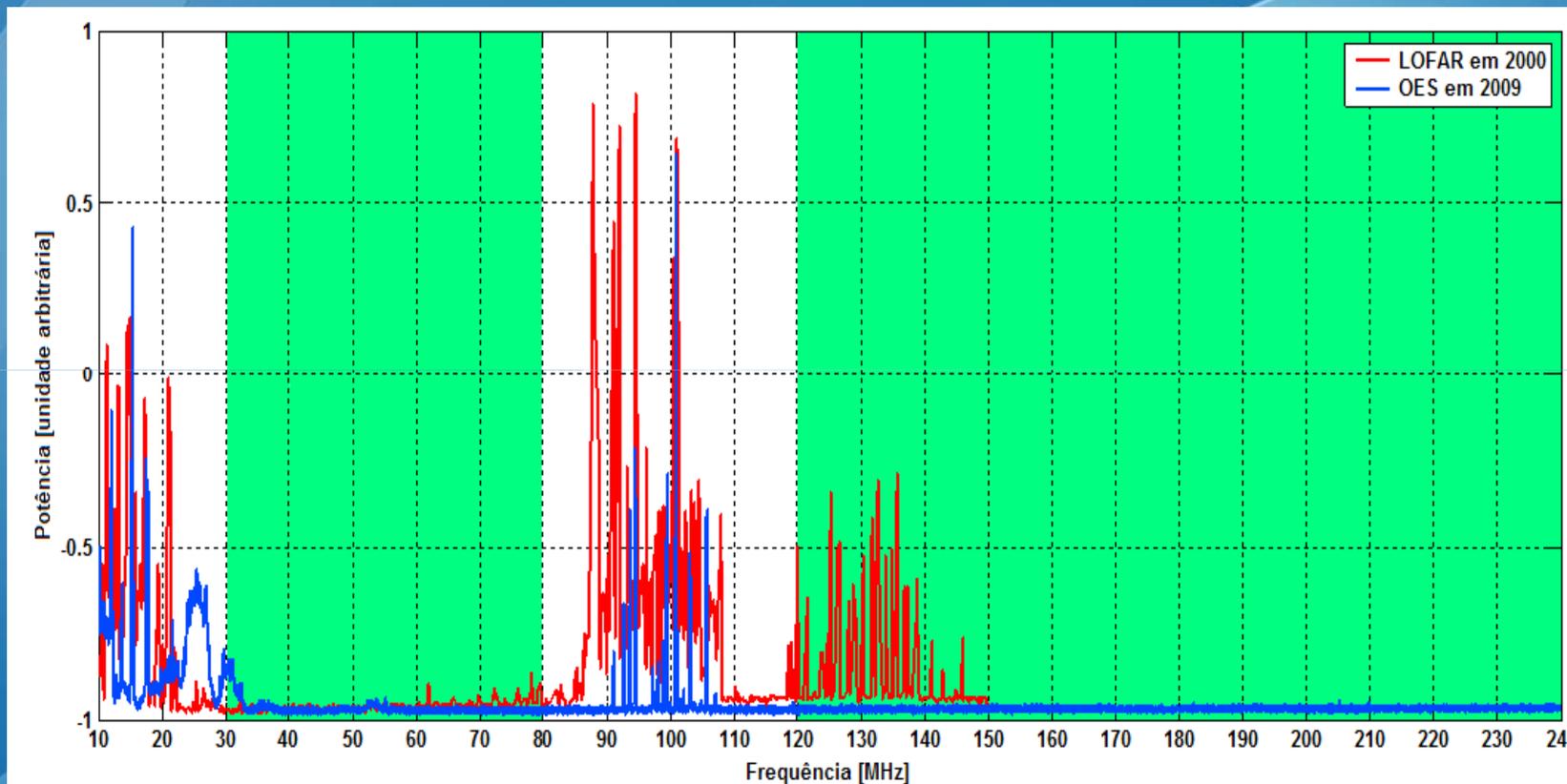
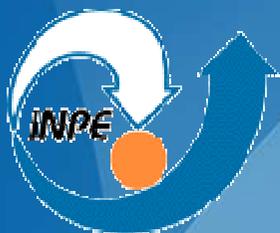


Figura 1. – Característica do Espectro Eletromagnético em observações no OES/CRS/CCR/INPE-MCT, em 2009 (10 – 240 MHz), em comparação com os dados Espectrais medidos em uma estação do LOFAR (10 – 150 MHz), publicado por Boonstra et al. (2000). A magnitude dos sinais não está na escala. O intervalo de operação do LOFAR está em verde. Fonte: Rosa (2009).

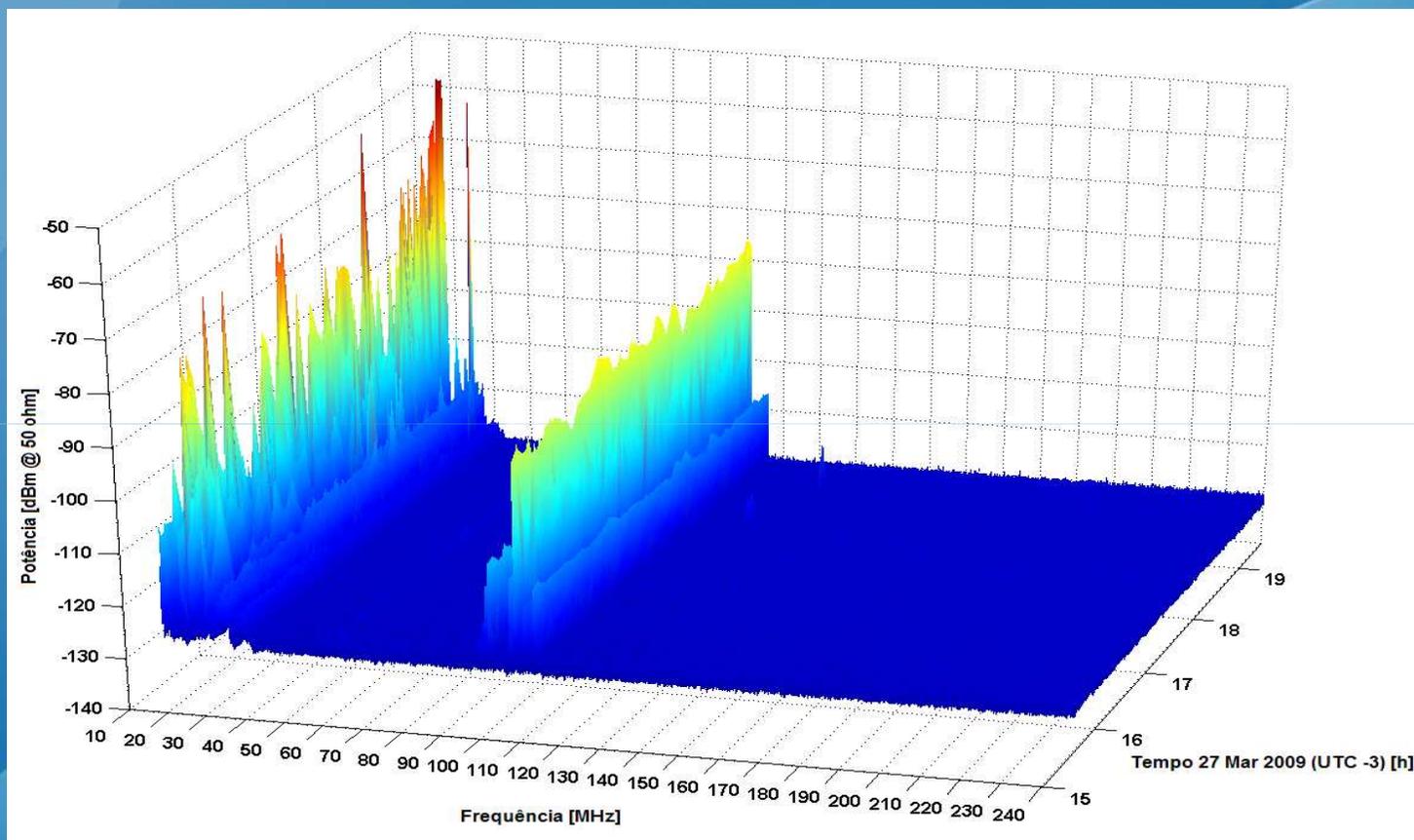
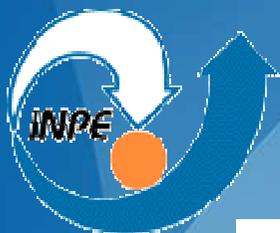
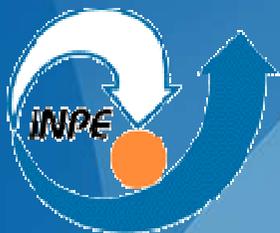


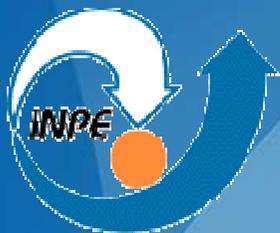
Figura 1.2 – Composição entre as observações do Espectro Eletromagnético para um dia de aquisição de dados, 27 de Março de 2009, no OES/CRS/CCR/INPE-MCT. A resolução de largura de banda (RBW) utilizada foi 1 MHz, com antena apresentando padrão de radiação omnidirecional. Fonte: Rosa (2009).



# O RADIOTELESCÓPIO LOFAR



- É um conjunto de antenas dipolos ligadas a um computador central capaz de simular um telescópio físico de até 250 km de diâmetro
- O *Low Frequency Array* é uma matriz de sensor multi-propósito;
- Sua principal aplicação é a Astronomia em baixas frequências 10-250 MHz.

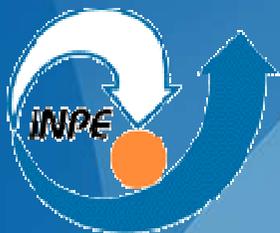


# O RADIOTELESCÓPIO LOFAR

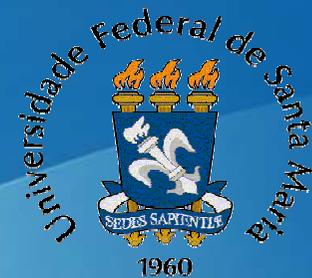


## *Phased Array*

- Nesse método, um grupo de antenas operando sob diferentes fases, capta os sinais observados de tal forma que seus ruídos variam e o diagrama de radiação padrão do conjunto é reforçado na direção desejada.



# O RADIOTELESCÓPIO LOFAR



## *Phased Array*

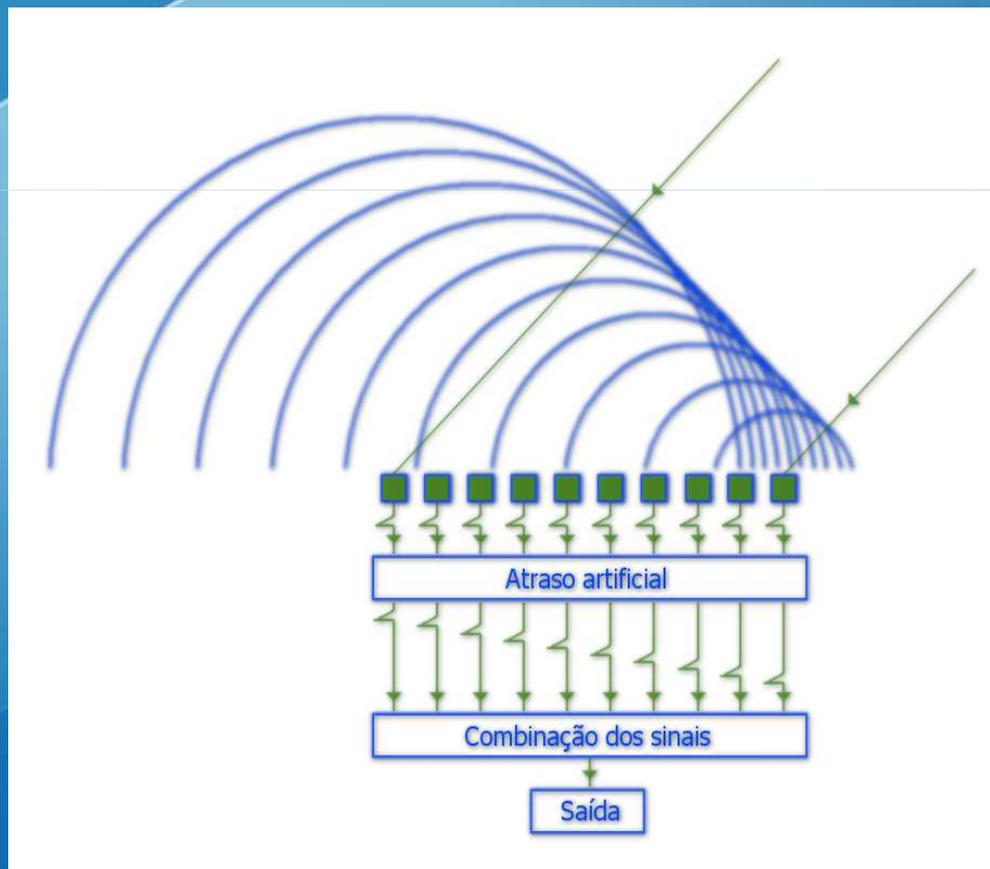
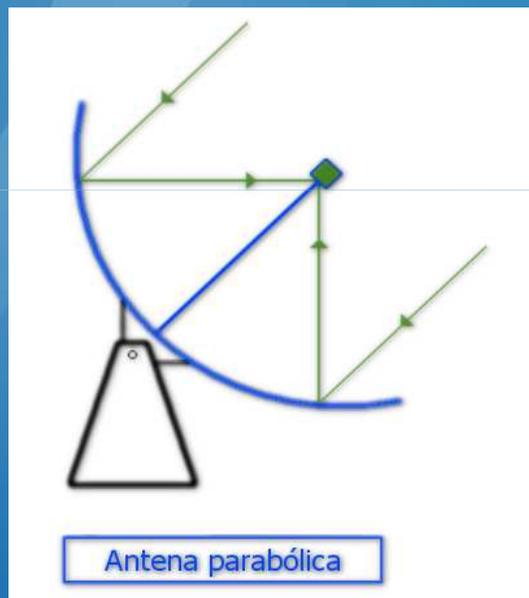
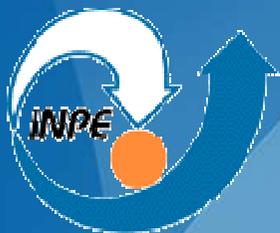


Figura 2 e 2.1 – Comparação entre um radiotelescópio convencional e sistema de defasagem utilizado no LOFAR



# O INTERFERÔMETRO



## Módulos Construtivos:

- Antena Ativa
- Receptor
- Correlecionador Digital



# ANTENA ATIVA



O LOFAR é baseado no emprego de várias antenas ativas com ampla largura de feixe e largura de banda tão grande quanto possível.

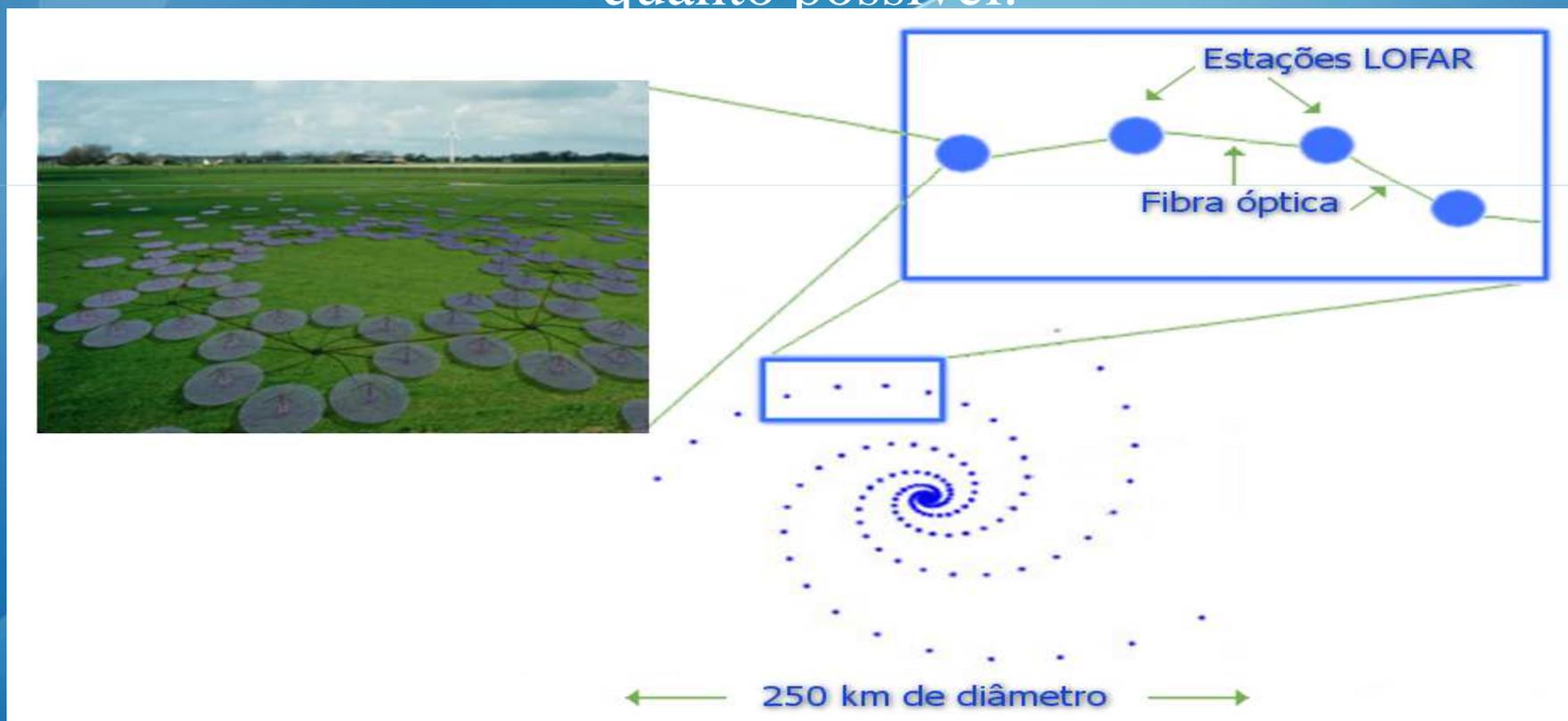
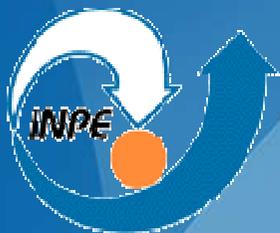
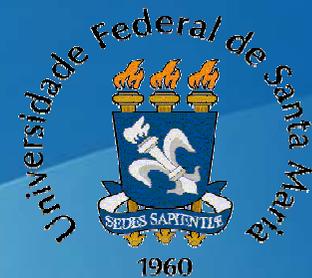


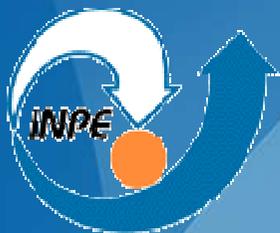
Figura 3. Subsistema do LOFAR.



# ANTENA ATIVA



Com o propósito de atender seus requisitos: ser de fácil construção, instalação, manutenção e ainda apresentar baixo custo, um simples dipolo filamentar é preferível em relação a outras antenas mais complexas.



# ANTENA ATIVA



Para um radiotelescópio operando em baixas frequências pode ser modelada usando 3 parâmetros básicos:

- A antena (neste caso um dipolo filamental),
- O *balun* (*balance to unbalanced transformer*) ativo (pré-amplificador localizado próximo a antena).
- linha de transmissão conectando o *balun* a entrada do receptor. Este conceito de antena ativa é mostrado na Figura 4.

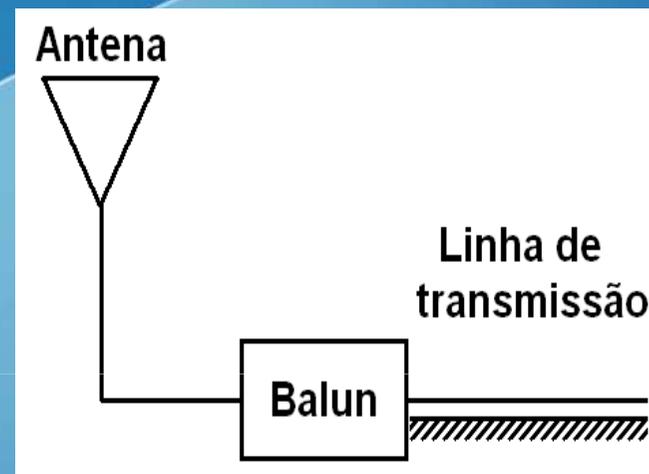
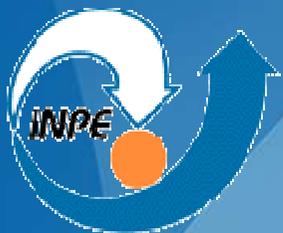


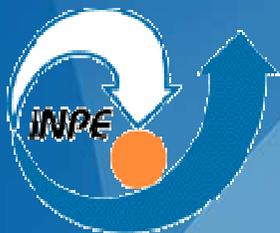
Figura 4. Conceito básico de uma antena ativa.



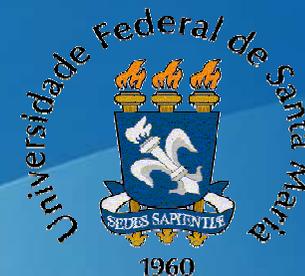
# RECEPTOR



- A quantidade de receptores é diretamente proporcional ao número de antenas.
- O receptor protótipo desenvolvido é um modelo híbrido de *software-defined radio* (SDR), pois seu sinal de saída está em frequência de áudio, e a correlação do interferômetro é realizada por *software*.



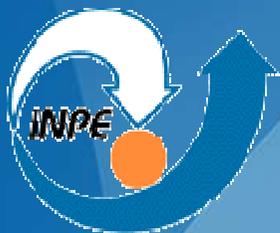
# RECEPTOR



➤ A faixa de frequência de operação do receptor é de 20 – 80 MHz. A proposta de receptor usando a topologia super-regenerativo é motivada essencialmente pelo baixo custo deste tipo de receptor.



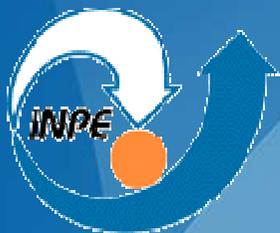
Figura 5 – Topologia básica do receptor proposto.



# CORRELACIONADOR DIGITAL



As principais topologias de correlacionador digital empregadas em Radioastronomia são: XF e FX . A principal diferença entre eles é que na topologia XF a correlação (simbolizada por X) é realizada antes da transformada de Fourier (simbolizada por F). Na topologia FX a ordem das operações é invertida.



# CORRELACIONADOR DIGITAL



O *software* de correlação em desenvolvimento é mostrado na Figura 6. O programa foi desenvolvido na linguagem C# e visa ser multiplataforma.

A função visibilidade produzida pelo arranjo interferométrico proposto pode ser calculada através da correlação digital dos sinais adquiridos pelos 2 canais da placa de som.



# CORRELACIONADOR DIGITAL

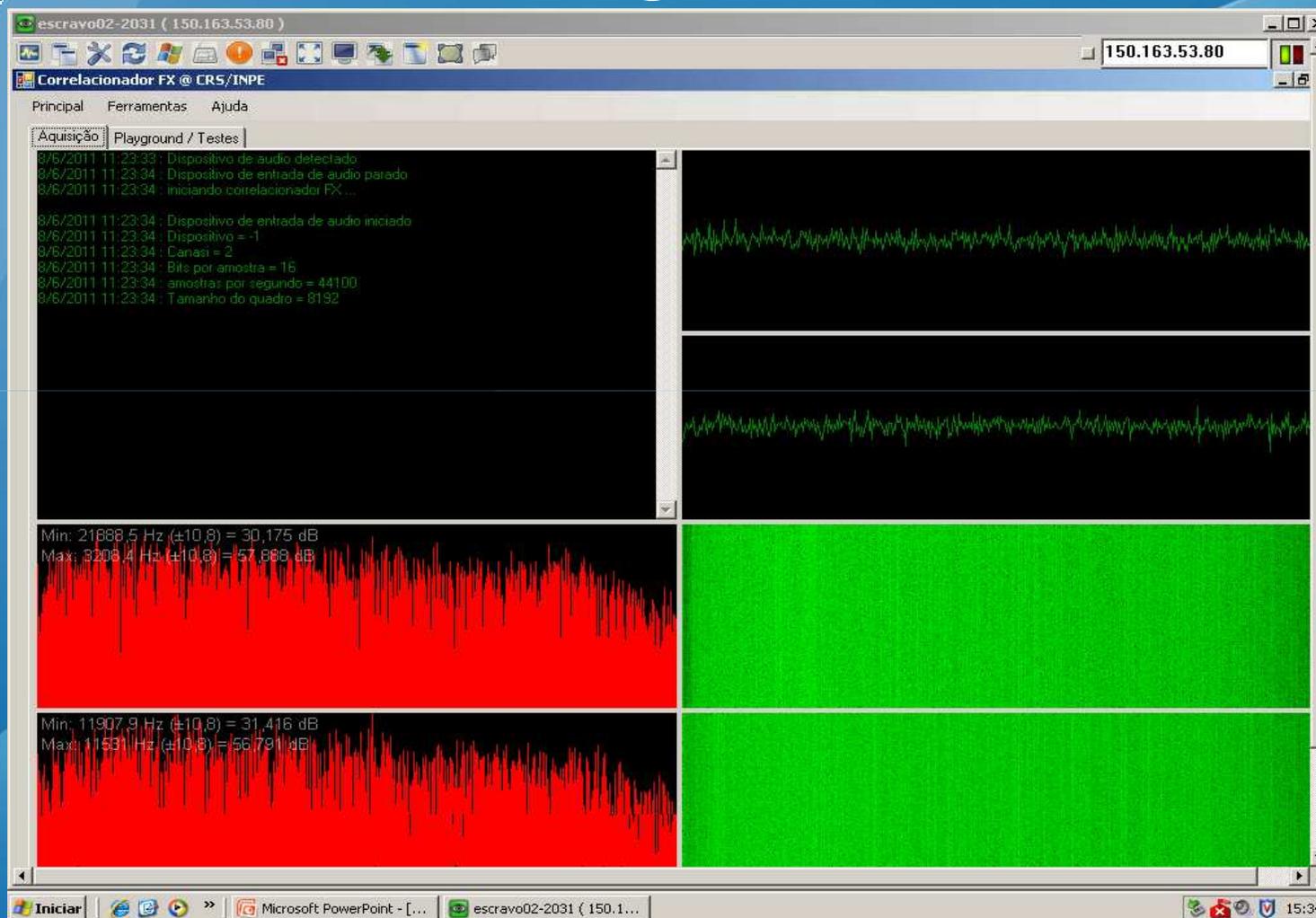
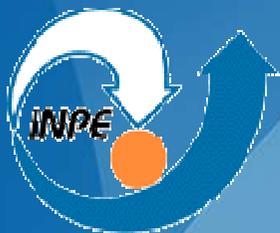


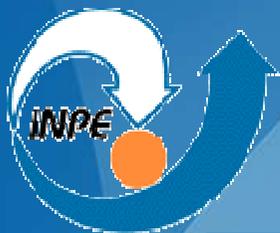
Figura 6 – Programa correlacionador.



# RESULTADOS OBSERVACIONAIS



Os módulos construtivos descritos anteriormente foram implementados e integrados. Os equipamentos foram montados com a finalidade de testes, no terraço do CRS. Apesar da região ser infundada por RFI muito intensa, alguns testes preliminares foram feitos nestas condições.



# RESULTADOS OBSERVACIONAIS

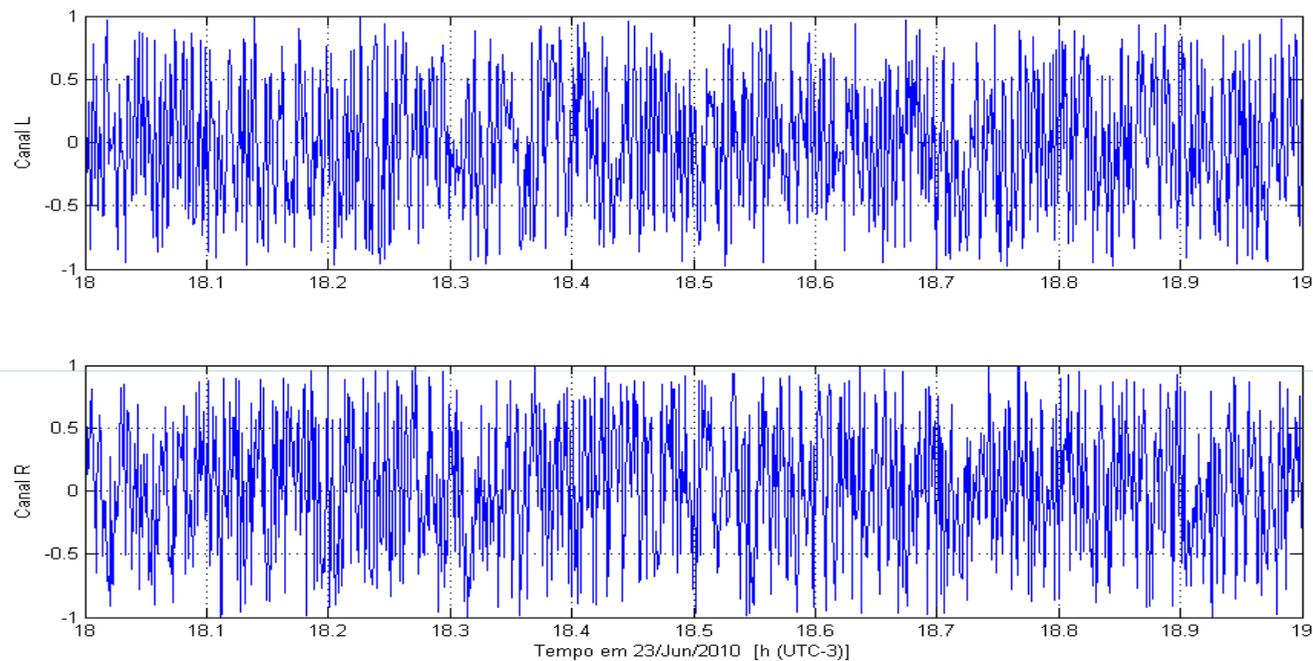
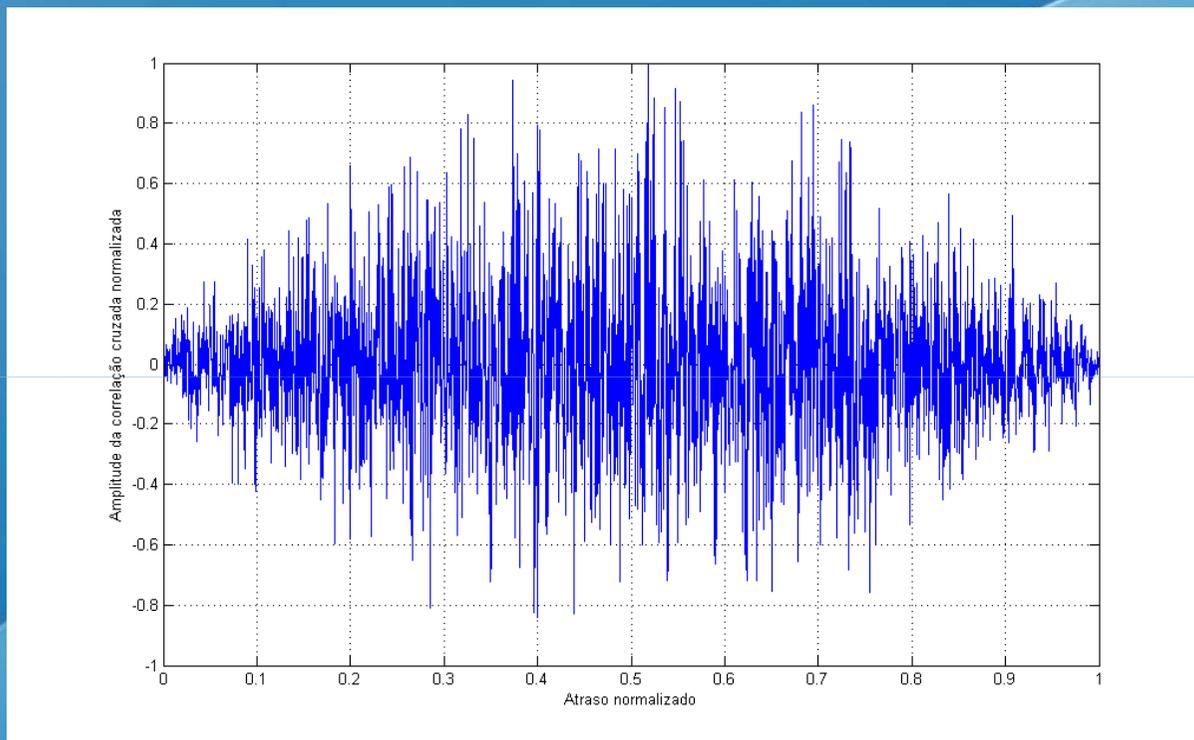


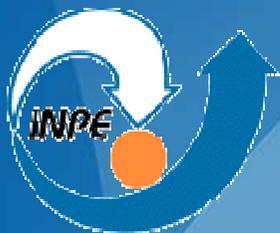
Figura 8. Sinais colhidos para 50 MHz.



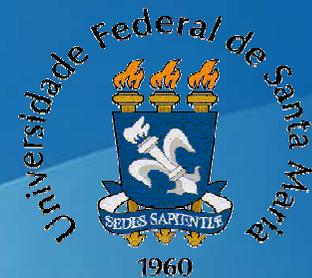
# RESULTADOS OBSERVACIONAIS



Correlação cruzada dos sinais colhidos para 50  
MHz



# AGRADECIMENTOS



Ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT pela aprovação dos Projetos de Pesquisa de Iniciação Científica.