



# Adriana Valio

(Adriana Silva, Adriana Silva-Valio)

**Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica Mackenzie  
Universidade Presbiteriana Mackenzie**

# Áreas de Pesquisa

- Física solar:
  - Observações: em múltiplos comprimentos de onda, mas principalmente em rádio (POEMAS, SST, Nobeyama)
  - Simulações numéricas
- Atividade estelar e planetas extrassolares
  - Observações:
    - CoRoT
    - Kepler
  - Simulações numéricas





# Grupo de Pesquisa

- Local: CRAAM – Universidade Mackenzie
- Pos-doc: Ana Helena Fernandes Guimarães

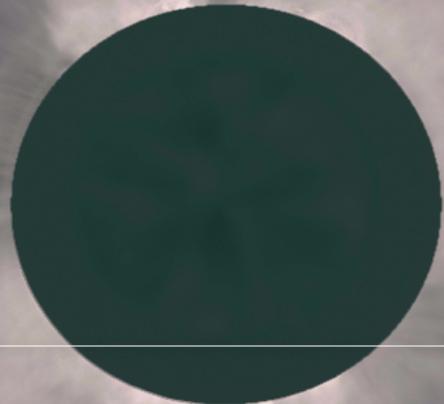
Doutorandos	Mestrando
Luís Ricardo Moretto Tusnski (DAS/INPE)	Luiz Henrique Guimarães dos Santos (DAS/INPE)
Israel Florentino dos Santos (Mack/PGEE)	Adilson Eduardo Spagiari (Mack/PGEE)
Antonio Luiz Basille (Mack/CAGE)	Dirceu Yuri Simplício Netto (Mack/CAGE)
	Douglas Felix da Silva (Mack/CAGE)

Sol

Planetas

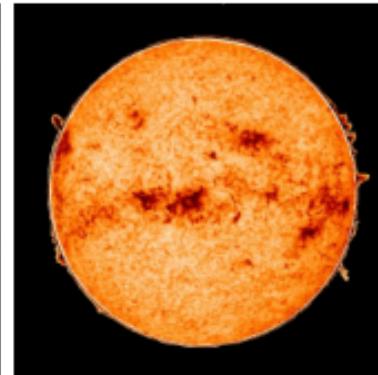
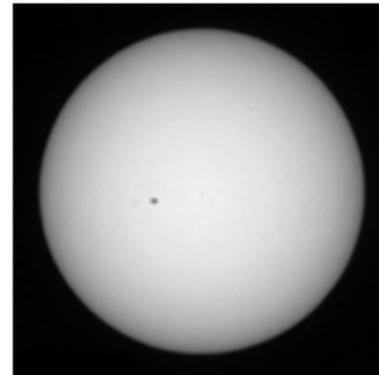
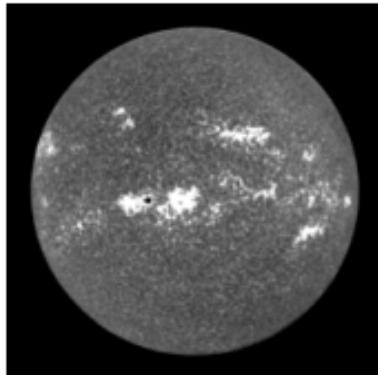
Estrelas

# Física Solar



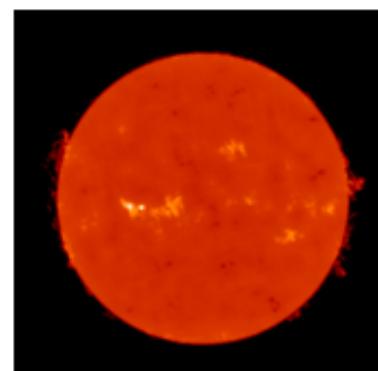
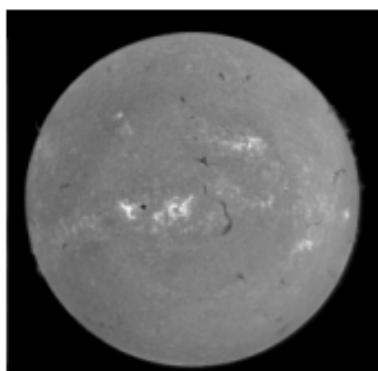
Luz branca

Ca



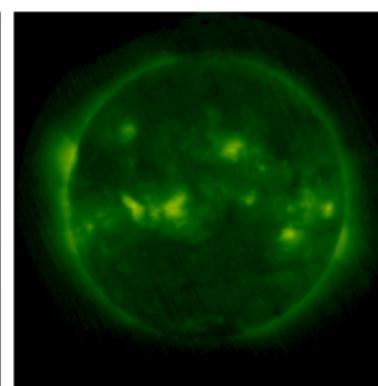
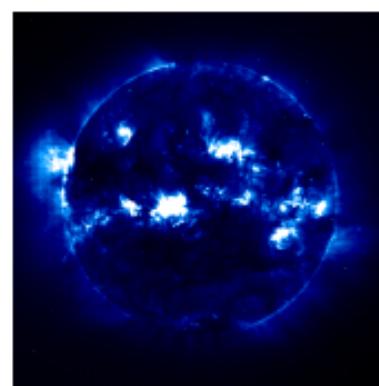
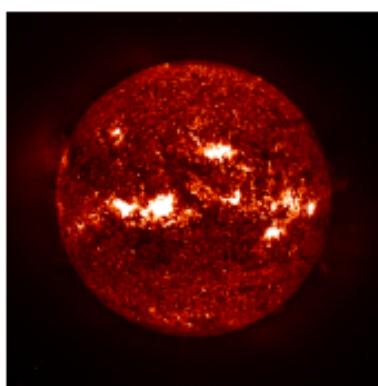
Infra  
vermelho

H $\alpha$



Rádio

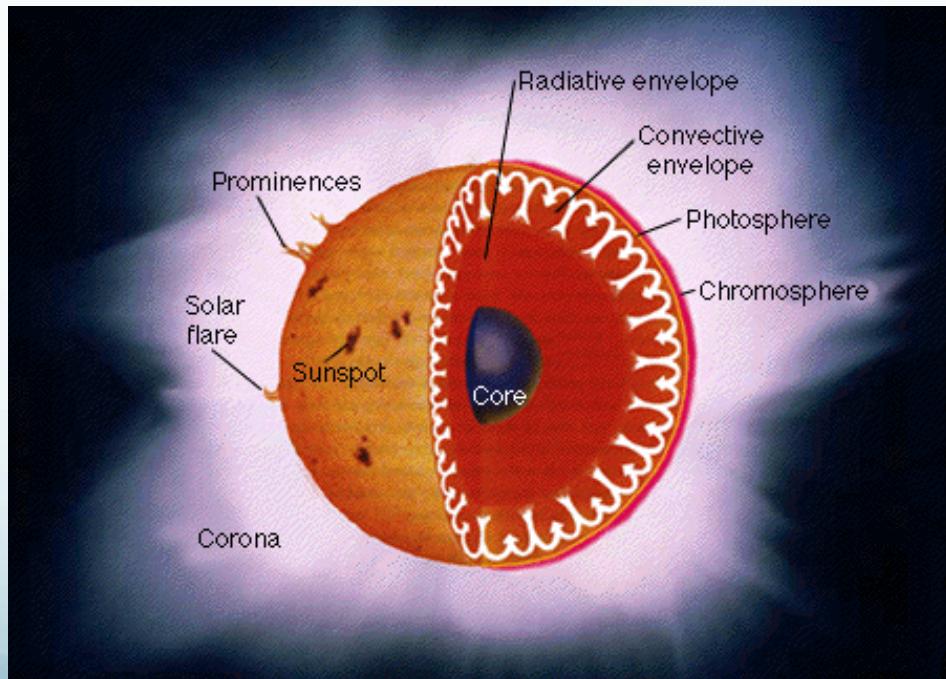
Ultra  
violeta



Raio-X

UV extremo

# Atmosfera solar



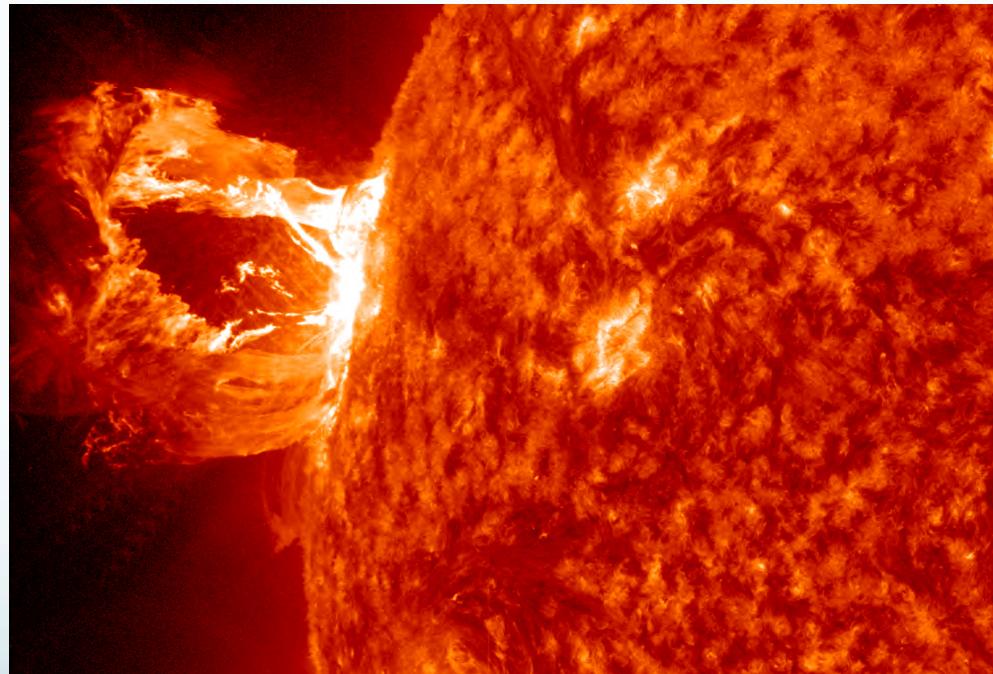
- **Fotosfera:** superfície até 300 km, T=5780 K, manchas solares
- **Cromosfera:** 10,000 km acima da superfície, T=15,000 K, cor avermelhada em eclipses
- **Coroa:** vários raios solares, T=2-4 milhões K, vento solar

# 3 regimes

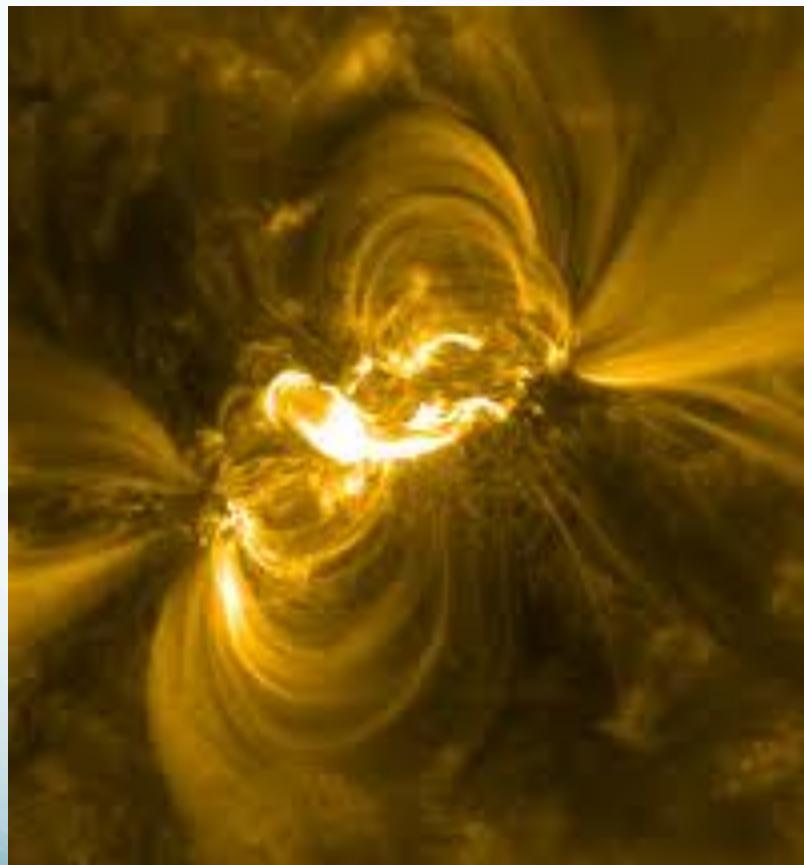
- Sol calmo: emissão térmica da atmosfera solar – variação em 11 anos
- Sol quiescente: regiões ativas – variação em semanas
- Sol ativo: explosões, ejeções de massa – variação abruptas em horas a segundos.

# Atividade Solar

- Local: atmosfera
- Energia: associada ao campo magnético (bem menor que a energia nuclear)
- Explosões
- Ejeções de massa coronal



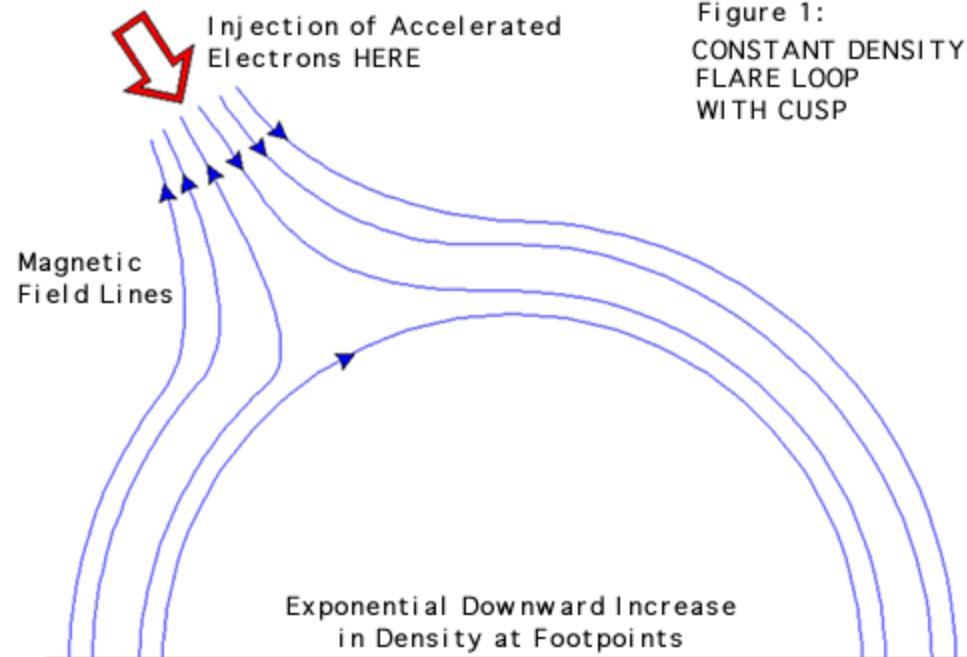
# Explosão solar



- Súbita liberação de grandes quantidades de energia (segundos a minutos)
- aquece o plasma local
- acelera partículas a altas energias e produz grande quantidade de partículas e radiação em todo espectro eletromagnético
- fonte de energia  $\Rightarrow$  campo magnético

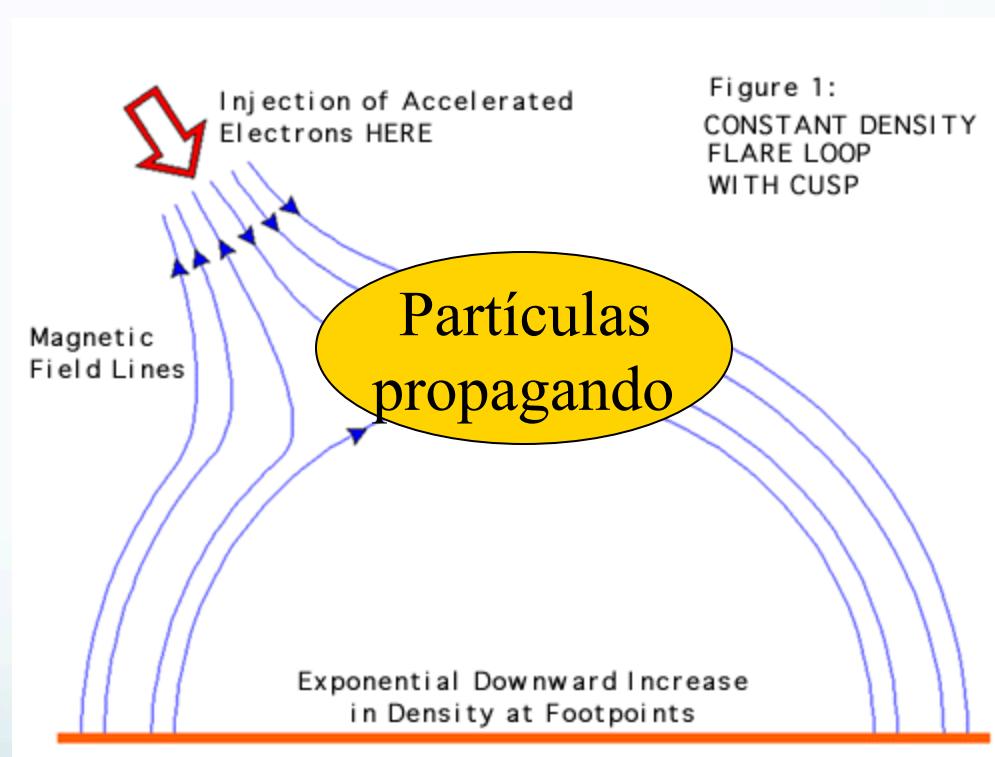
# Arco magnético

Aceleração  
de partículas



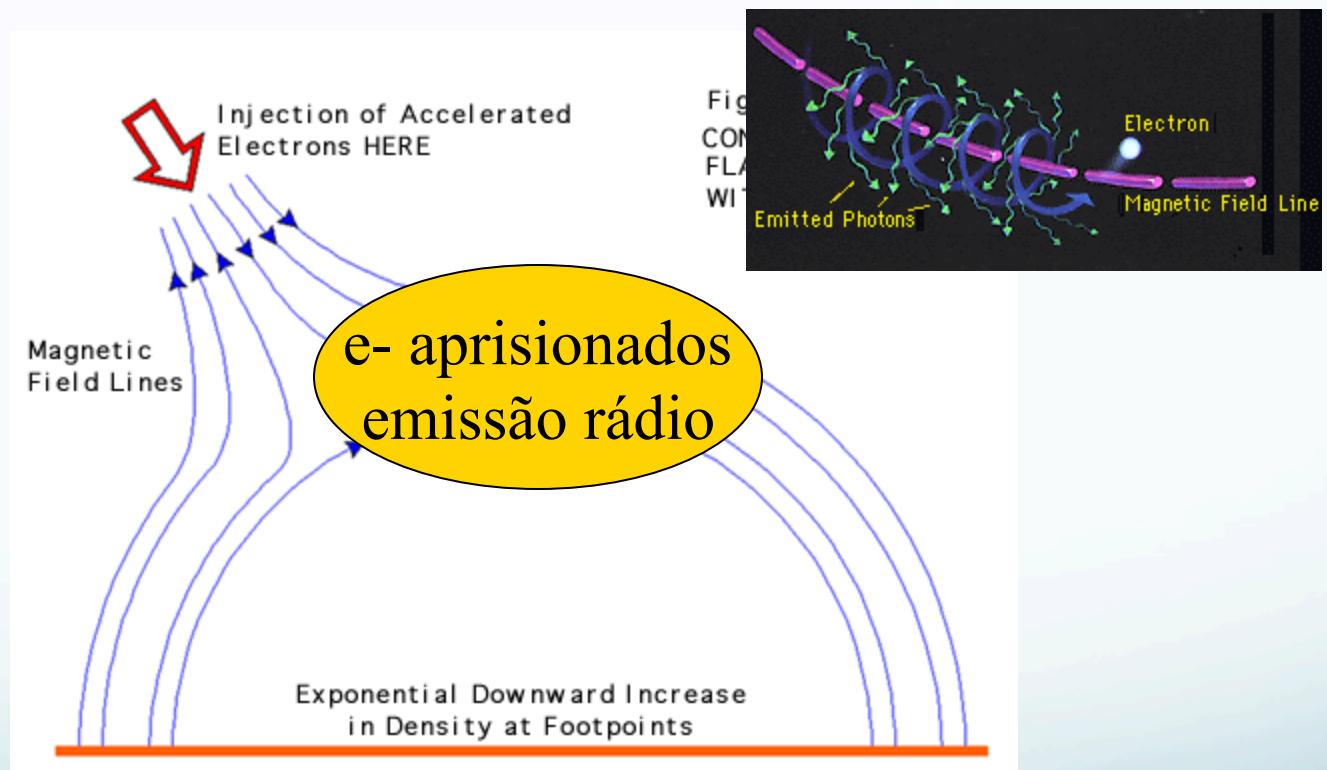
Estado estacionário

# Arco magnético



Estado estacionário

# Arco magnético



Estado estacionário

# Arco magnético

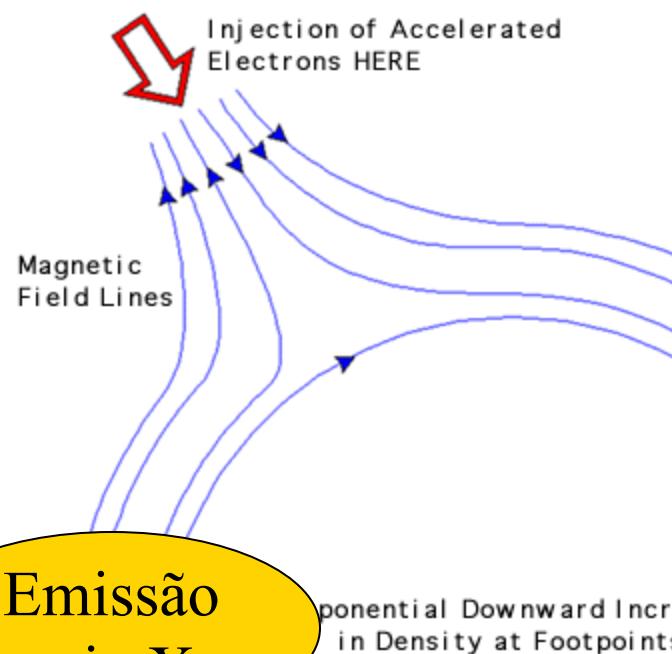
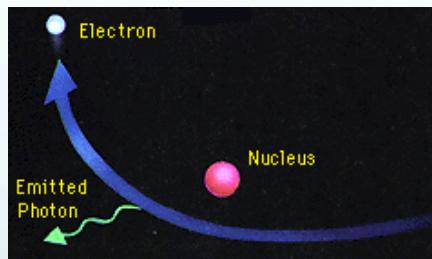
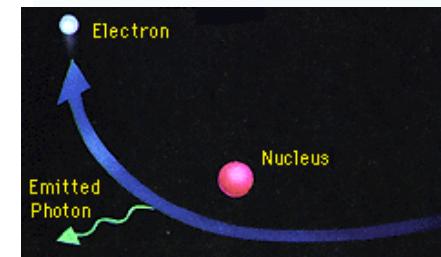
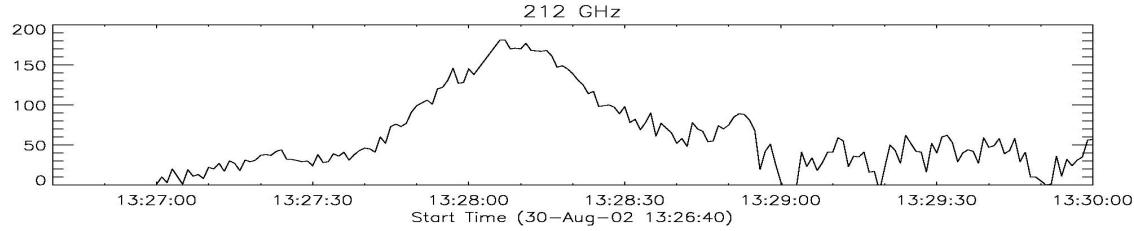
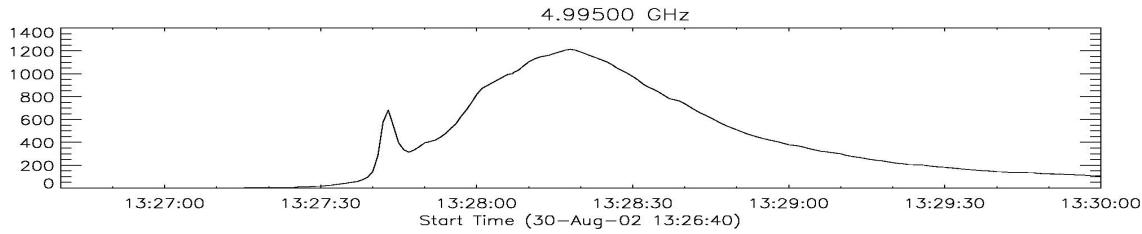
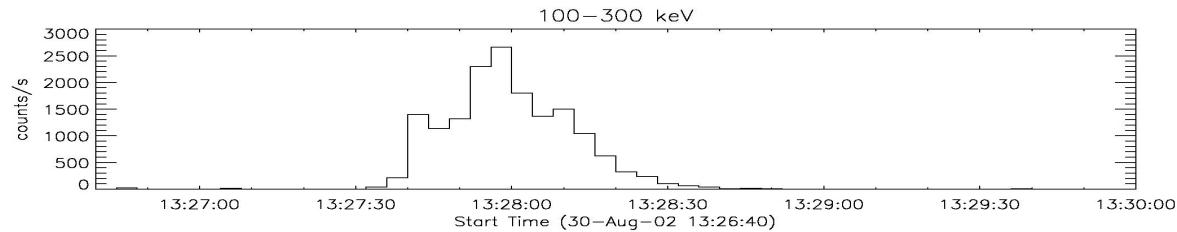
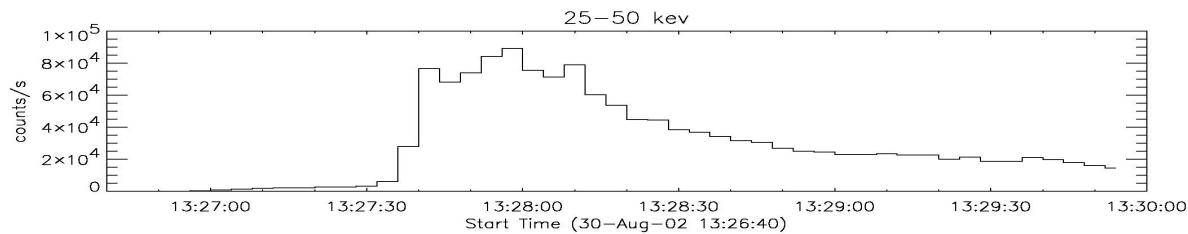
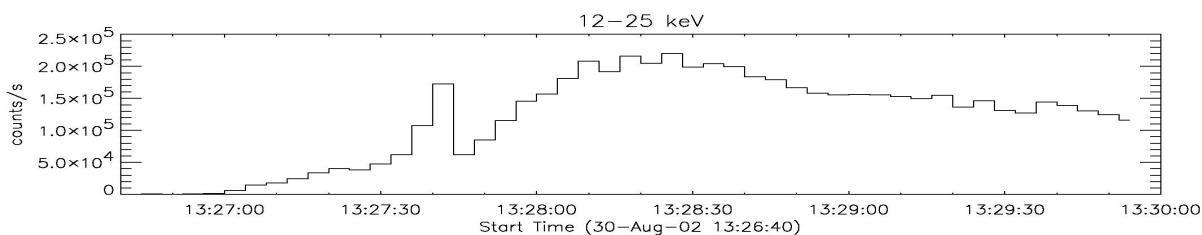


Figure 1:  
CONSTANT DENSITY  
FLARE LOOP  
WITH CUSP



Estado estacionário

Raio-X  
mole



Raio-X  
duro

microonda

mm



# POEMAS

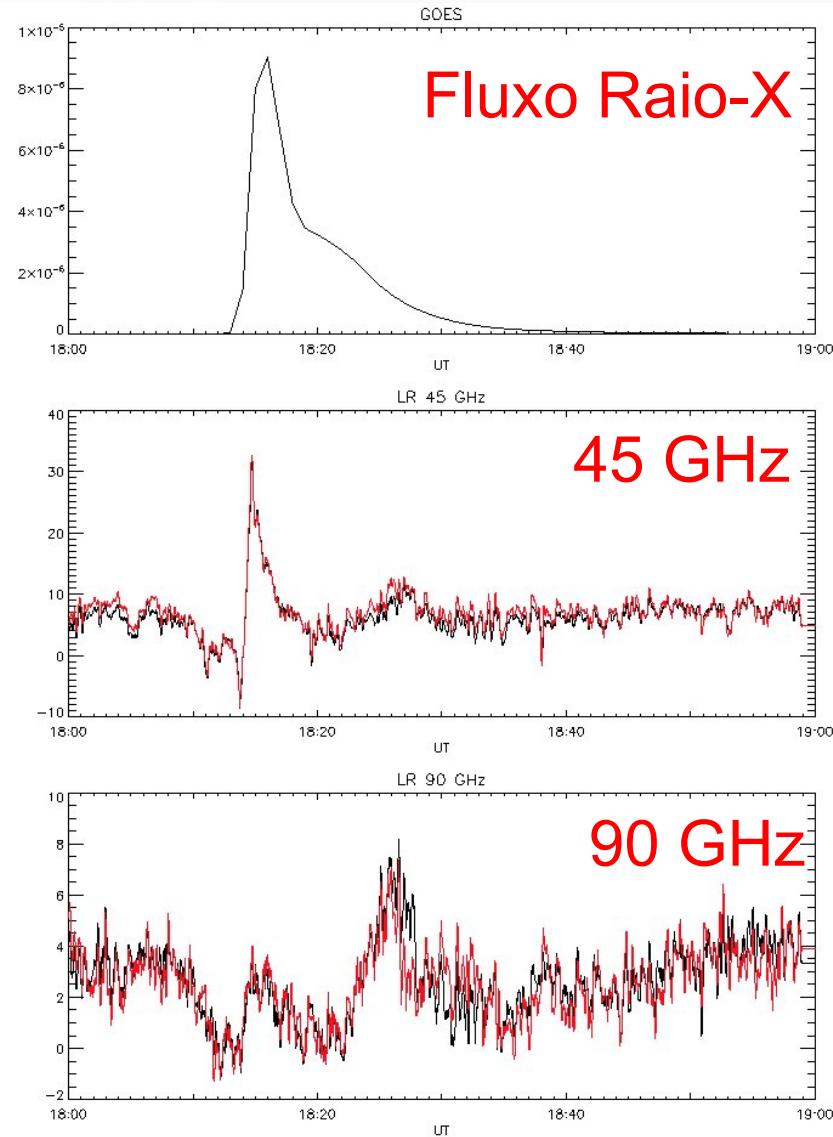
(Polarização da Emissão Milimétrica de Atividade Solar)



- Instalado nos Andes Argentinos em Novembro de 2011
- Opera em 2 frequências:
  - 45 GHz
  - 90 GHz
- Polarização circular
- Resolução temporal de 100 ms
- Monitoramento constante do Sol

# POEMAS

- Detectou dezenas de explosões nos últimos 2 anos
- Análise da emissão em diferentes frequências de rádio permite identificar o mecanismo de aceleração das partículas e sua propagação nos arcos magnéticos solares.



Explosão de 25 Dez 2011

# Questões

- Distribuição de temperatura e densidade da atmosfera solar (calma e regiões ativas)
- Previsão de quando ocorrerão:
  - explosões solares
  - ejeções de massa coronal
- Causas da atividade solar
  - configuração do campo magnético
  - como e onde energia das explosões é armazenada
  - mecanismo de aceleração das partículas

2000-04-26 16:29

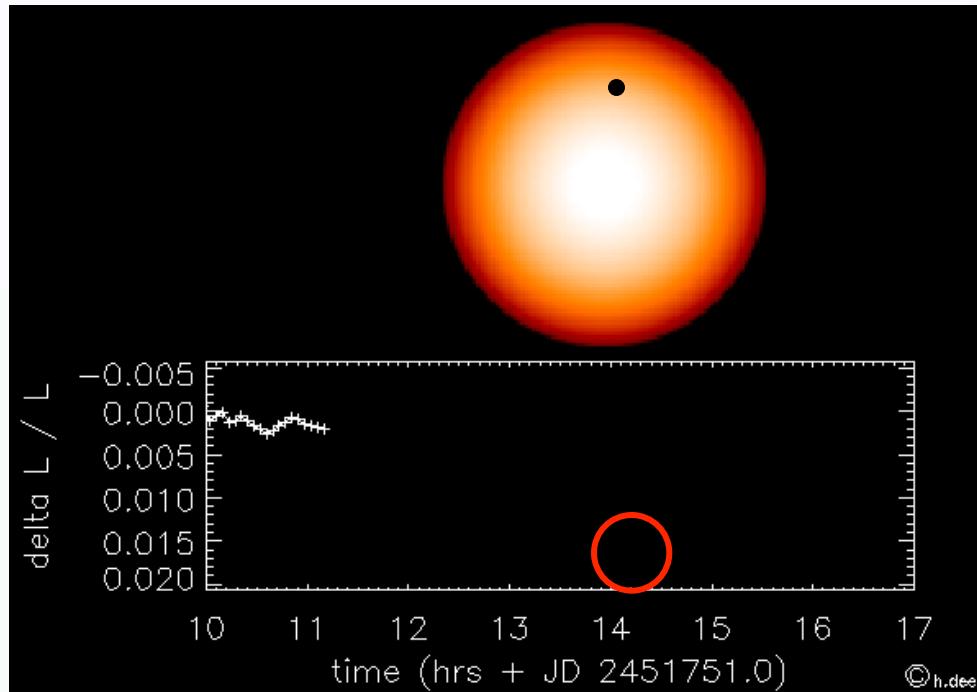
N  
E  
S  
W

# Atividade Estelar e Planetas Extrassolares

# Trânsitos Planetários

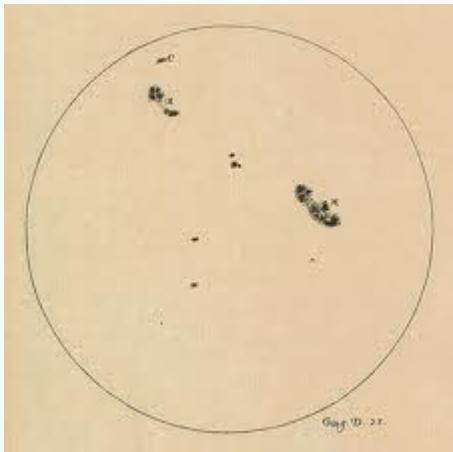
- Total de 1780 planetas descobertos orbitando outras estrelas (5-Abril-2014);
- 1131 (63%) of them transit their host star;
- Satélites:
  - CoRoT
  - Kepler: ~4000 candidatos
- Alunos:
  - Exoluas: detecção e estudo de estabilidade
  - Migração do planeta no disco planetário
  - Método eficiente de detectar pequenos trânsitos

# Trânsitos planetários



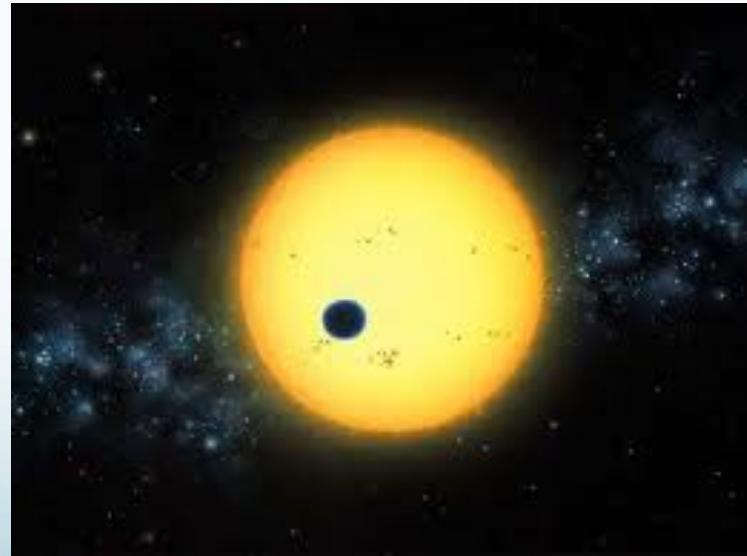
- Durante um destes trânsitos, o planeta pode passar em frente a uma mancha, ou grupo de manchas, e causar um sinal detectável na curva de luz da estrela.

# Estudo de manchas estelares



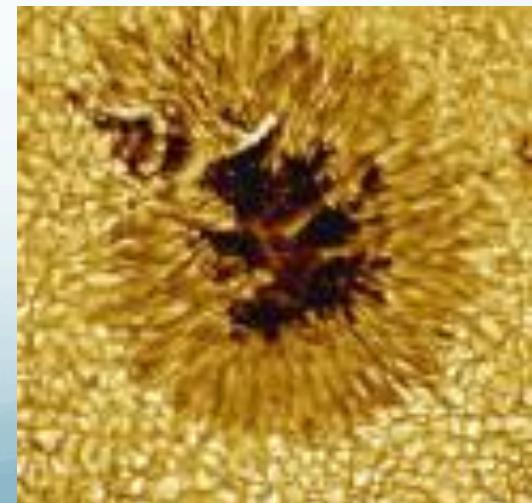
- Objetivo é analisar espacialmente a superfície da esrela e monitorar manchas individuais, como Galileu e Scheiner fizeram 400 anos atrás.
- Este estudo possibilita conhecer:
  - Período de rotação e rotação diferencial de estrelas;
  - Características das manchas;
  - Ciclos magnéticos.

# Modelo de Trânsito Planetário

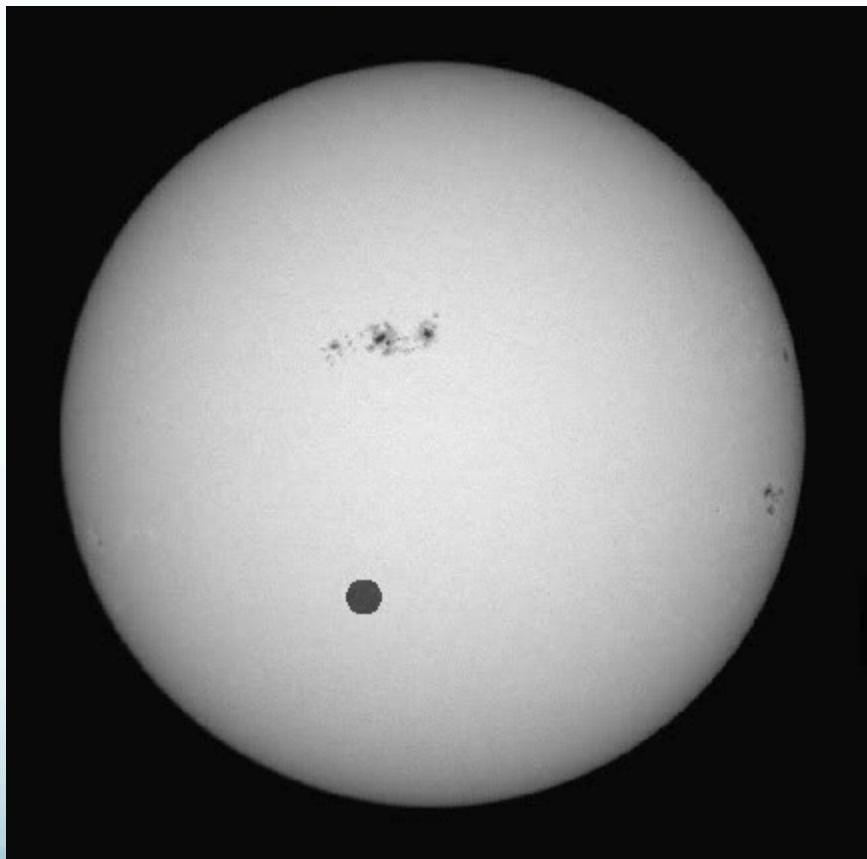


# Starspots

- Método que simula um trânsito planetário: o planeta é utilizado como ponta de prova para o estudo de manchas (Silva, ApJ Letters, 585, L147-L150, 2003)
- Atividade estelar – determinação das características das manchas:
  - Tamanho (área da superfície estelar)
  - Intensidade – temperatura
  - Localização (long & lat)
- Propriedades estelares:
  - Período de rotação
  - Rotação diferencial
  - Ciclo de atividade



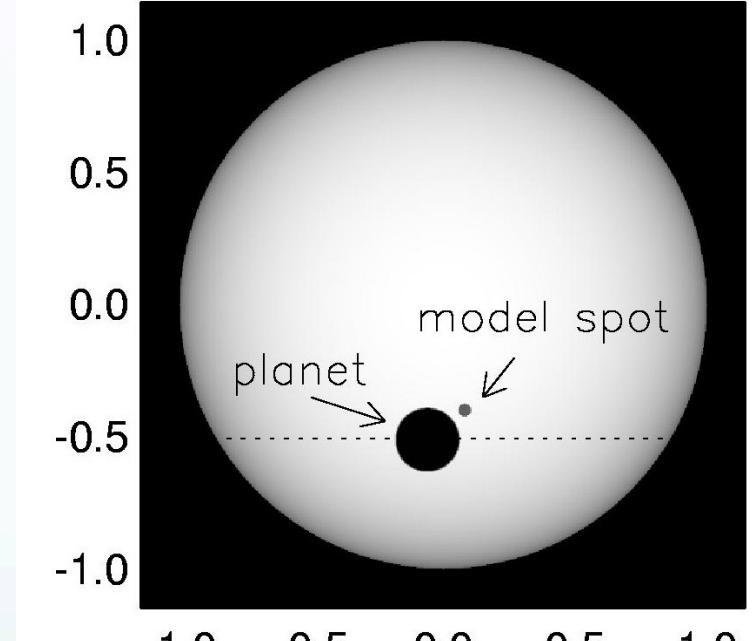
# Modelo



- **Estrela:** imagem sintetizada da fotosfera estelar com escurecimento de limbo
- **Planeta:** disco opaco de raio  $r/R_s$
- Trânsito: a cada 2 min o planeta é centrando em uma posição na órbita circular ( $a_{orb}/R_s$  and  $i$ ) com uma certa obliquidade  $X$
- Curva de luz é a soma de todos os pixels da imagem.
- Parâmetros de entrada:  $P_{orb}$ ,  $r/R_s$ ,  $a_{orb}/R_s$ ,  $I$ , e  $X$

# Modelo de manchas

- Mancha: 3 parâmetros:
  - Intensidade: medida com relação ao centro do disco
  - Tamanho: medido em unidades de raios planetários
  - Posição: Longitude e Latitude (restritas à projeção do trânsito).



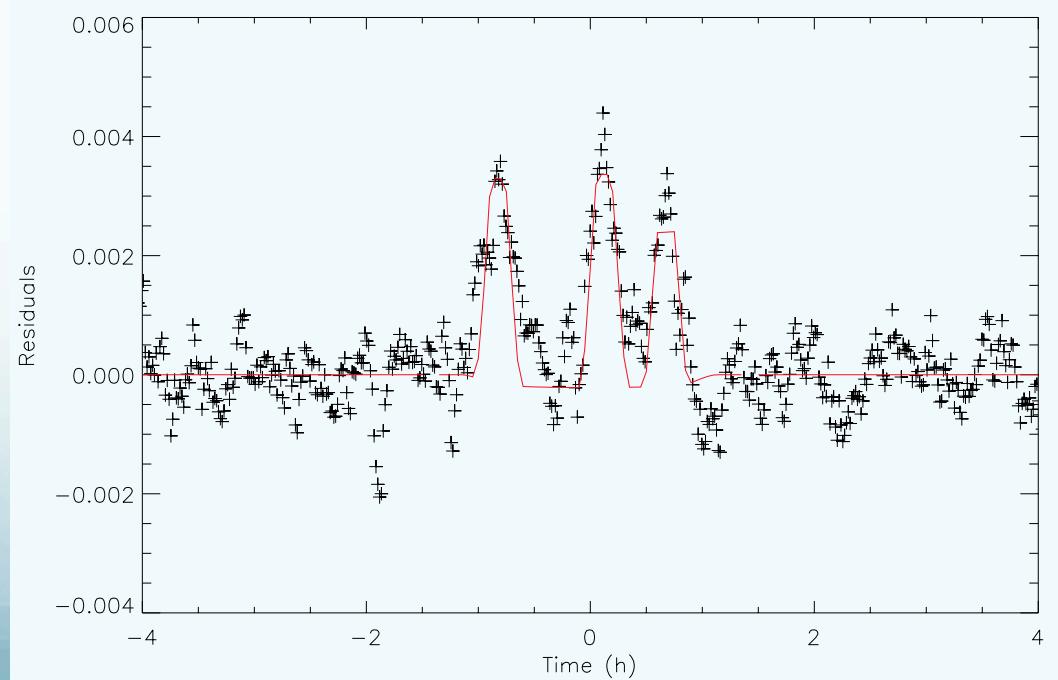
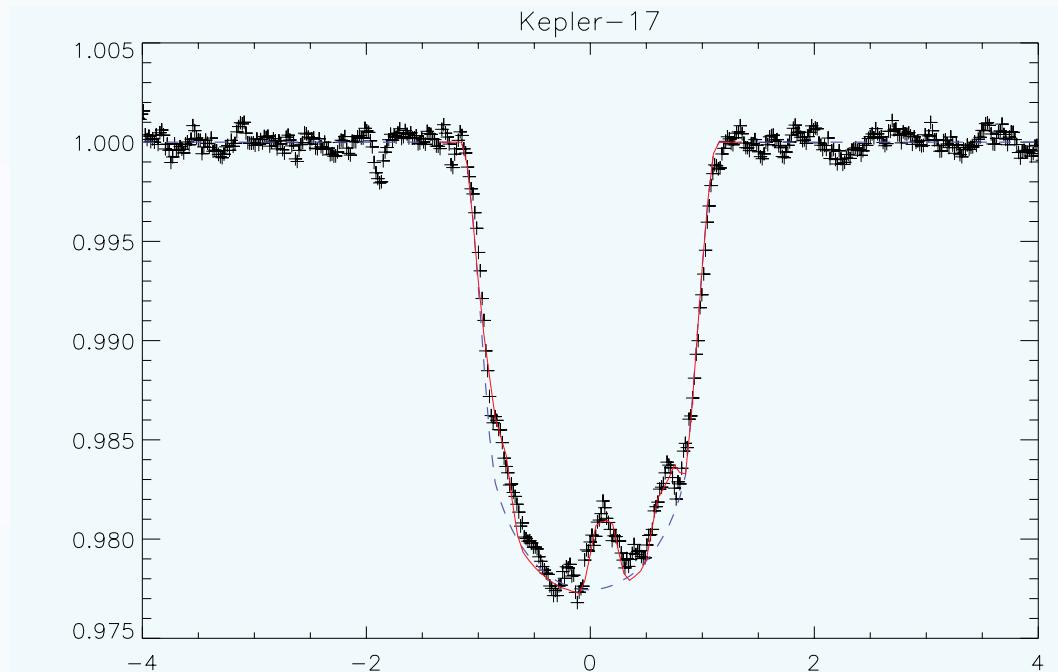
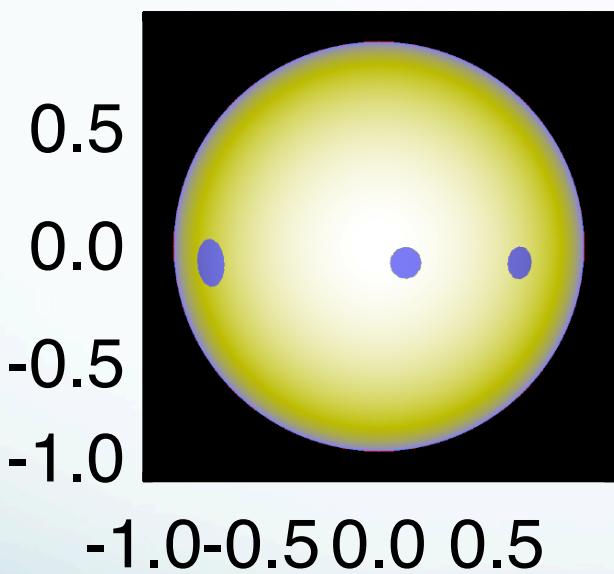
- Efeito de projeção no limbo incorporado

# Sistemas estelares analisados

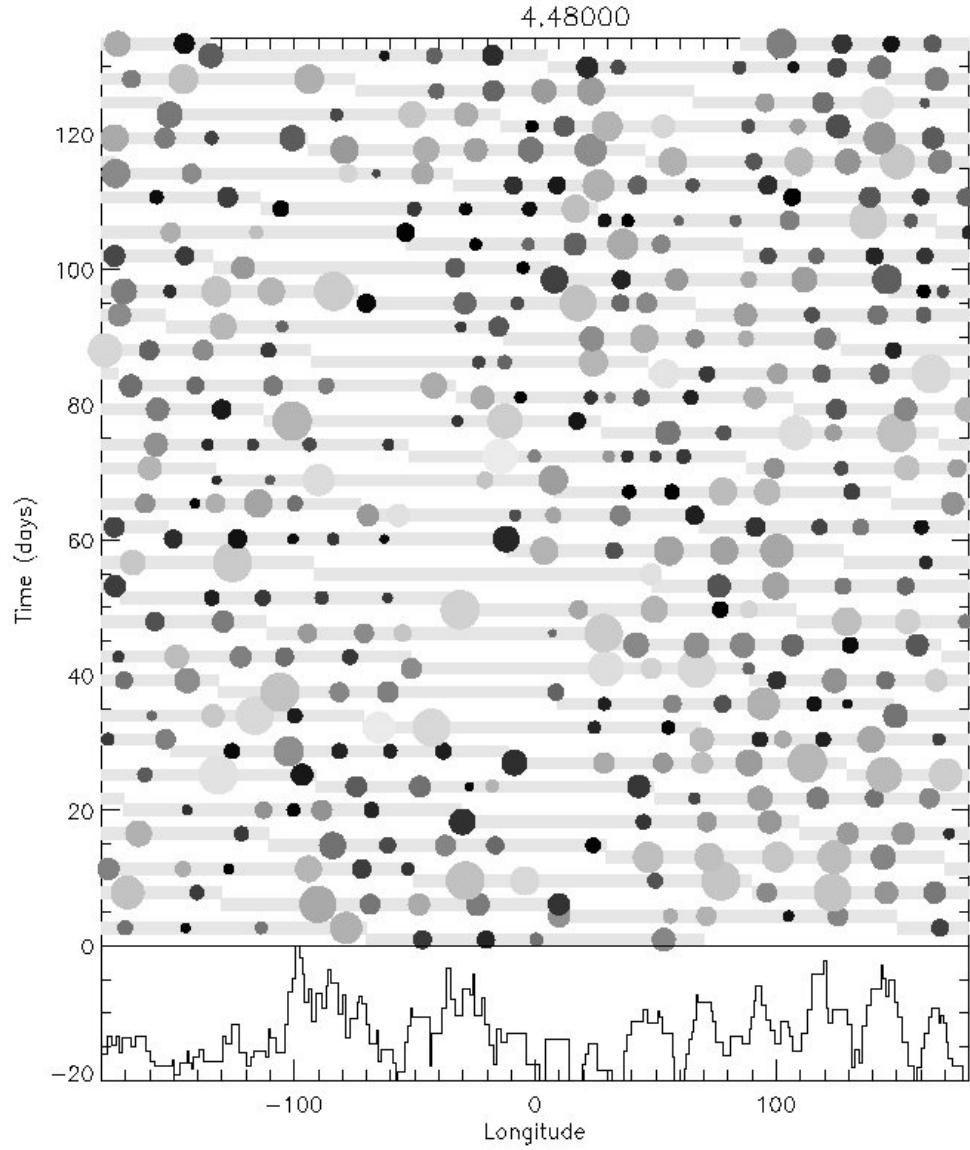
Star	CoRoT-2	CoRoT-4	CoRoT-5	CoRoT-6	CoRoT-8	CoRoT-18	Kepler-17
Spectral type	G7V	F8V	F9V	F9V	K1V	G9V	G2V
Mass ( $M_{\text{sun}}$ )	0.97	1.10	1.0	1.055	0.88	0.95	1.16
Radius ( $R_{\text{sun}}$ )	0.902	1.17	1.19	1.025	0.77	1.0	1.05
Prot (d)	4.54	8.87	26.6	6.35	21.7	5.4	12.28
Teff (K)	5625	6190	6100	6090	5080	5440	5781
Age (Gyr)	0.13-0.5	0.7-2.0	5.5-8.3	1.0-3.3	2.0-3.0	?	>1.78
Planet							
Mass ( $M_{\text{jup}}$ )	3.31	0.72	0.467	2.96	0.22	3.47	2.45
Radius ( $M_{\text{star}}$ )	0.172	0.107	0.120	0.117	0.090	1.31	1.312
Porb (d)	1.743	9.203	4.038	8.886	6.212	1.90	1.49
$a$ ( $R_{\text{star}}$ )	6.7	17.47	9.877	17.95	17.61	6.35	5.31
Latitude ( $^{\circ}$ )	-14.6	0	-47.2	-16.4	-29.4	-22.8	-4.6

# Ajuste dos dados

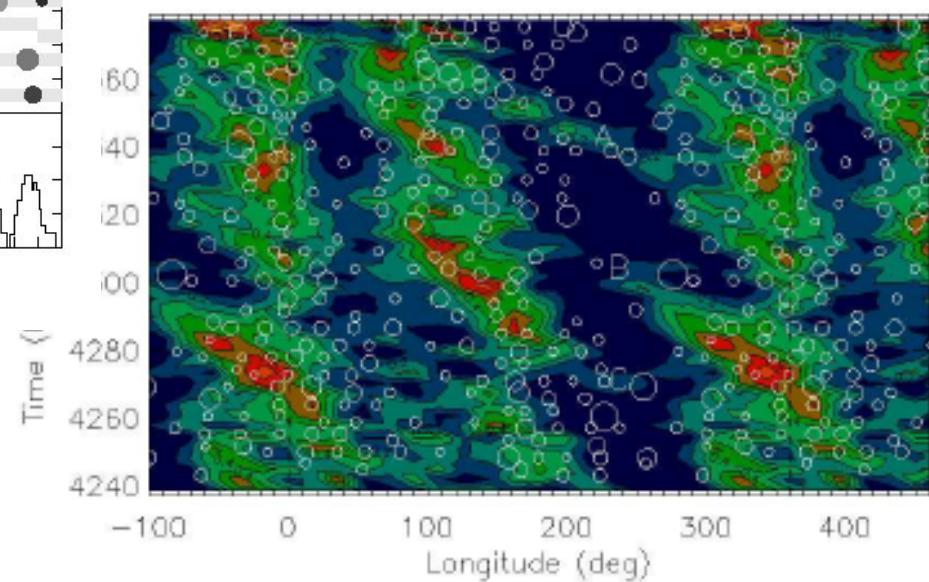
Kepler-17



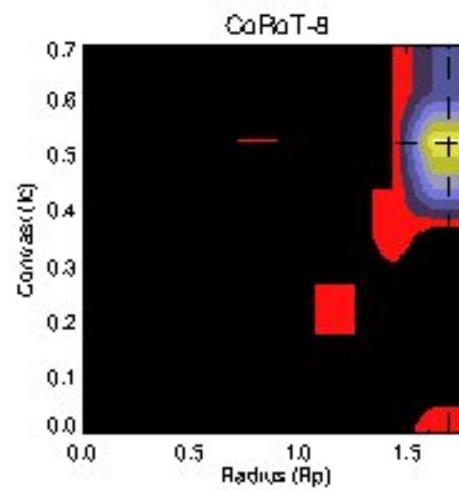
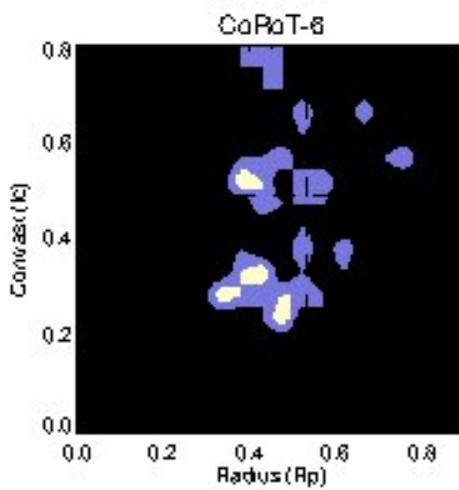
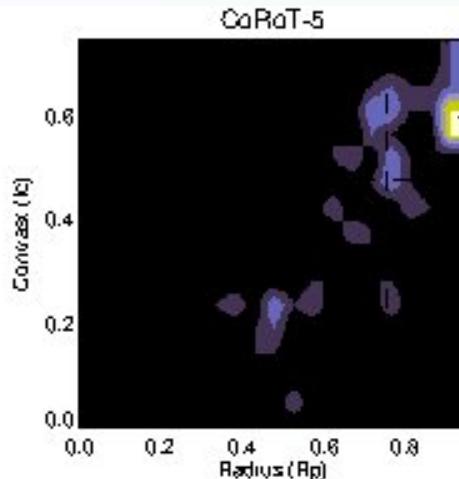
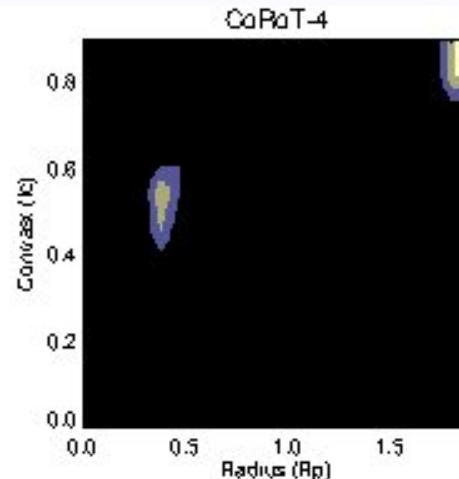
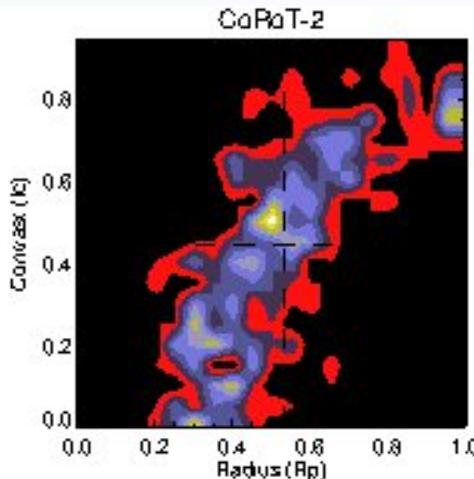
# CoRoT-2



Lanza et al. (2009)



# Resultados: tamanho X intensidade



# Perfil de rotação (lat)

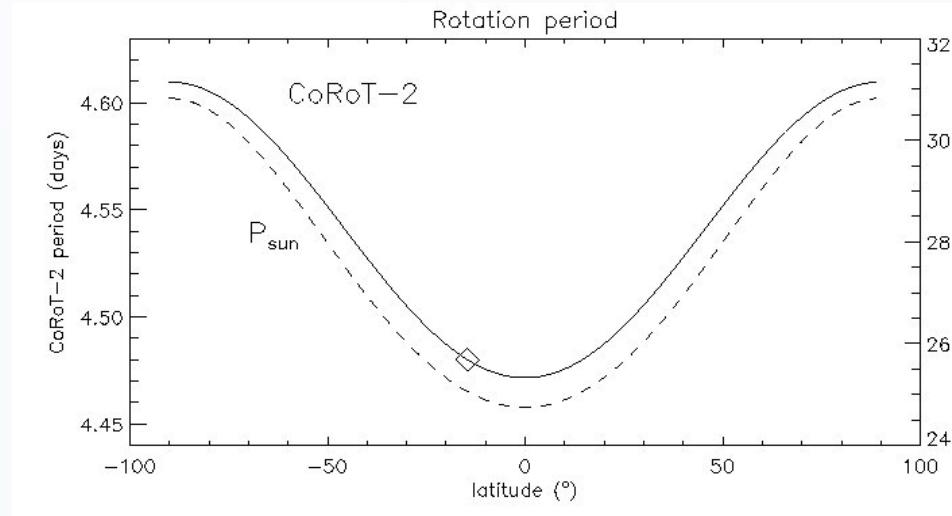
- Tipo solar (max no equador e min nos polos):

$$\Omega = A - B \sin^2(\alpha)$$

- onde

$$P = \frac{2\pi}{\Omega}$$

- Duas medidas:



- Período de rotação médio:

$$\Omega_0 = \sqrt{A(A - B)}$$

- Período na latitude  $\alpha_1$  (trânsito):

$$\Omega_1 = A - B \sin^2(\alpha_1)$$

- Rotação diferencial:  $\Delta \Omega$  (rd/d) =  $\Omega_{\text{eq}} \cdot \Omega_{\text{pole}}$

- Rotação diferencial relativa:  $\Delta \Omega / \Omega$  (%)

# Rotação estelar

Star	CoRoT-2	CoRoT-4	CoRoT-5	CoRoT-6	CoRoT-8	CoRoT-18	Kepler-17	Sun
Mass (M <sub>sun</sub> )	0.97	1.10	1.0	1.055	0.88	0.95	1.16	1.0
Latitude (°)	-14.6	0	-47.2	-16.4	-29.4	-22.8	-4.6	
P <sub>rot</sub> (d)	4.54	8.87	26.6	6.35	21.7	5.4	12.28	27.6
P <sub>rot(lat)</sub> (d)	4.48	8.71	26.49	6.08	21.42	5.14	11.8	
Diff Rot (rd/d)	0.042	0.026	0.103	0.101	0.014	0.16	0.038	0.050
Relat Diff Rot. (%)	3.04	3.64	42.9	10.2	4.94	13.7	7.4	22.1

# Resumo

- Modelagem de pequenas variações nas curvas de luz das estrelas resultou em (Silva 2003, *ApJL*, 585, L147) :
  - Características físicas das manchas (tamanho, temperatura, localização – longitudes ativas, evolução/duração, cobertura da superfície)
- Trânsitos múltiplos:
  - Rotação estelar (Silva-Valio 2008, *ApJL*, 683, L179)
  - Rotação diferencial (Silva-Valio et al. 2010, *A&A*, 510, 25, Silva-Valio & Lanza 2011, *A&A*, 529, 36)

# OBRIGADA!

Código IDL do programa **ECLIPSE** disponível em:  
[www.craam.mackenzie.br/~avalio/research.html](http://www.craam.mackenzie.br/~avalio/research.html)