

Astrofísica de Objetos Compactos

Jaziel G. Coelho

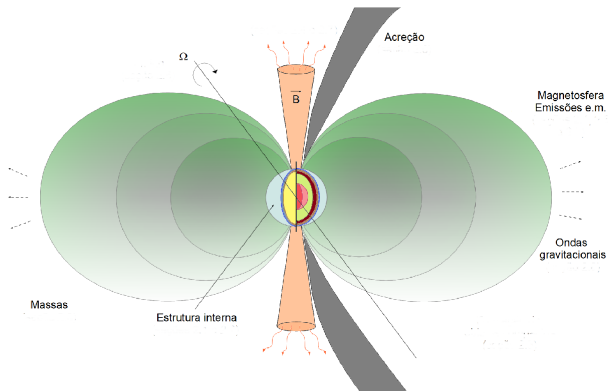
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
FAPESP 2013/15088-0

Temático: Dense Matter in the Universe 2013/26258-4

jaziel.coelho@inpe.br

04 de Abril, 2017

Quadro Geral



Teoria dos Pulsares

Modelo de dipolo magnético

Período

P

Idade de um Pulsar

$$t_c = P/2\dot{P}$$

Energia

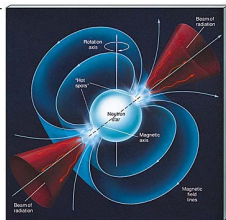
$$\dot{E}_{rot} = -4\pi^2 I \dot{P}/P^3$$

Dipolo

$$\dot{E}_{dip} = \frac{2|\vec{m}|^2}{3c^3} \Omega^4 \sin^2 \alpha$$

Campo Magnético

$$B = \sqrt{\frac{3Ic^3}{8\pi^2 R^6} P \dot{P}}$$



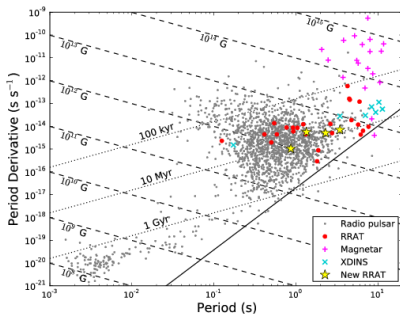
Estrelas de Nêutrons

$$B_{NS} = 3.2 \times 10^{19} (P \dot{P})^{1/2} G$$

$$|\dot{E}_{rot}|_{NS} = 3.9 \times 10^{46} \dot{P}/P^3 \text{ erg/s}$$

Zoológico de Pulsares

- Radio Pulsar: ~ 2000
- X-ray binary NSs: ~ 1000
- X-ray Isolated NSs: ~ 9
- RRATs: ~ 70
- CCOs: ~ 5
- SGRs/AXPs (magnetars): ~ 23
- estrelas de quarks??? (com Márcio, Leonardo)

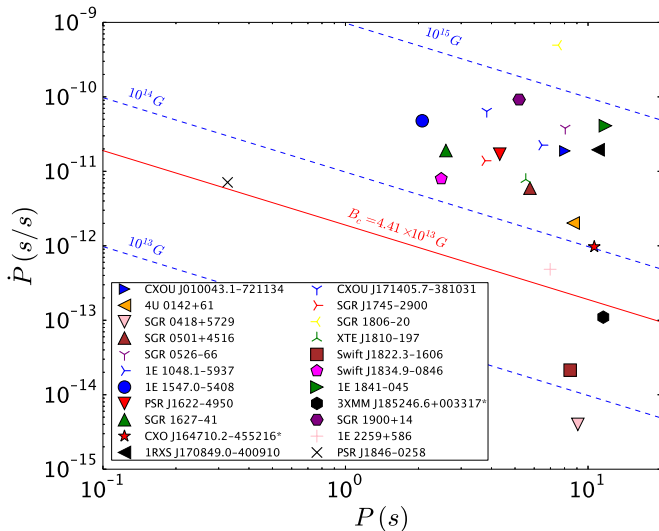


SGRs/AXPs - As magnetares

Particular classe de pulsares:

Pulsares		
	Pulsares Ordinários	SGRs/AXPs
P	$\approx 10^{-3} s$	$(2 - 12)s$
\dot{P}	$\approx 10^{-15} s/s$	$\approx (10^{-10} - 10^{-13})s/s$
L_X	$\approx 10^{30} erg/s$	$\approx (10^{34} - 10^{36})erg/s$
t_c	$> 10^6 yr$	$\approx 10^3 yr$

Nossa amostra, $P - \dot{P}$



SGRs/AXPs - O que são?

Entendidas como:

- NS lentas - $P \approx (2 - 12)$ s:
Canônicas
 - $M = 1.4M_{\odot}$
 - $R = 10 \text{ km}$
 - $I \approx 10^{45} \text{ g cm}^2$
- Alta Luminosidade - $L_X \gg \dot{E}_{rot}$.
- Bursts e flares típicos dessas fontes são provenientes de seus altos campos magnéticos B .
- Powered by strong magnetic fields - $B > 10^{14} \text{ G}$.

Dificuldades do modelo magnetar

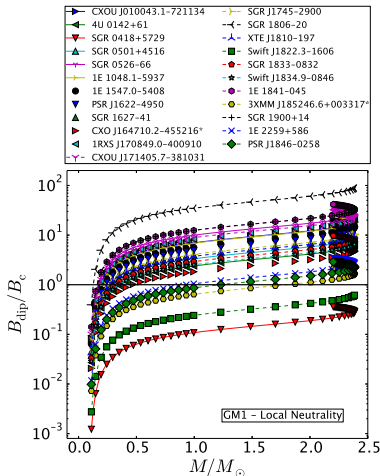
- nenhuma medida direta do alto campo B
- SGRs de baixo campo
- emissão rádio (com Ronaldo)
- SNRs
- observações de WDs magnéticas, rápidas e massivas¹ (com Claudia, Sarah).

¹modelo alternativo - Malheiro et al. 2012, Coelho & Malheiro 2014, Cáceres et al. 2017

Natureza rotation-power para SGRs and AXPs²

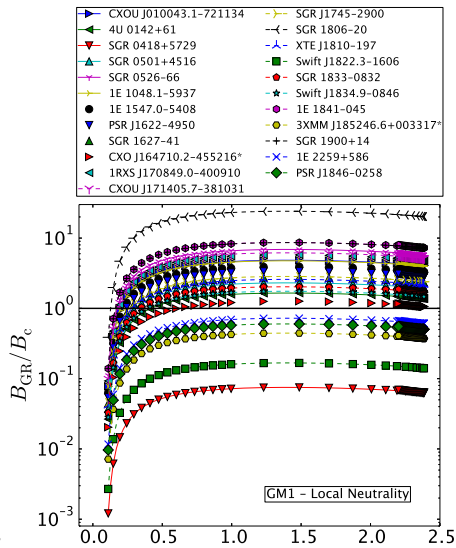
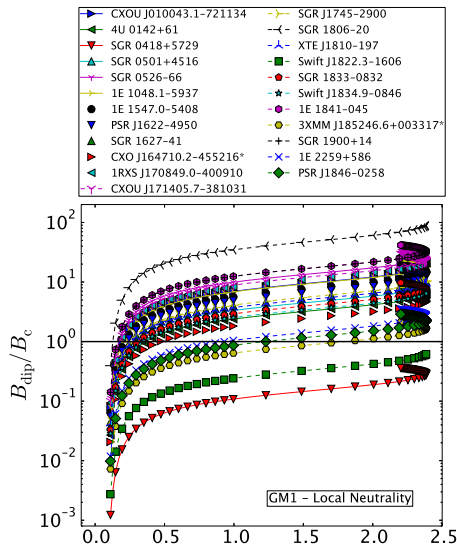
Canonical NS

Source	B_{NS}/B_c
CXOU J010043.1-721134	8.9
4U 0142+61	3.0
SGR 0418+5729	0.1
SGR 0501+4516	4.2
SGR 0526-66	12.6
1E 1048.1-5937	8.7
1E 1547.0-5408	7.2
PSR J1622-4950	6.2
SGR 1627-41	5.0
CXO J164710.2-455216*	2.3
1RXS J170849.0-400910	10.6
CXOU J171405.7-381031	11.3
SGR J1745-2900	5.2
SGR 1806-20	44.3
XTE J1810-197	4.7
Swift J1822.3-1606	0.3
Swift J1834.9-0846	3.2
1E 1841-045	15.9
3XMM J185246.6+003317*	0.8
SGR 1900+14	15.8
1E 2259+586	1.3
PSR J1846-0258	1.1

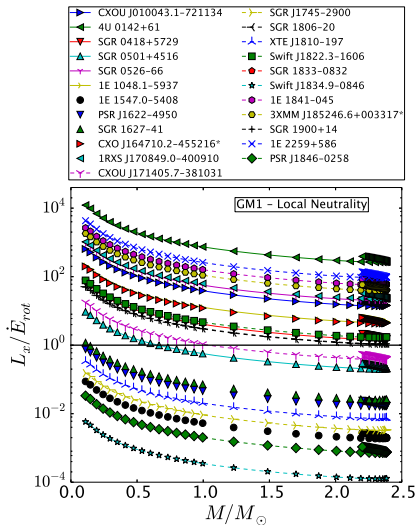


²Jaziel G. Coelho et al. A&A 599, A87 (2017)

Campo magético



L_X/\dot{E}_{rot} - Eficiência



Ondas Gravitacionais e braking index de pulsares³

- valores medidos para nove pulsares, diferem em alguns casos substancialmente do valor esperado para o mecanismo de dipolo magnético, $n=3$
- desacordo entre a observação e teoria indicando que a perda da energia não é a proveniente da radiação de dipolo em forma “pura”, sugerindo outras contribuições
- $n = 3.15$ sugere que o spindown pode ser uma combinação do freio dipolar magnético com o freio devido à emissão de GWs

Pulsar	P (s)	\dot{P} (10^{-13} s/s)	n
PSR J1734-3333	1.17	22.8	0.9 ± 0.2
PSR B0833-45 (Vela)	0.089	1.25	1.4 ± 0.2
PSR J1833-1034	0.062	2.02	1.8569 ± 0.0006
PSR B0540-69	0.050	4.79	2.140 ± 0.009
PSR J1846-0258	0.324	71	2.19 ± 0.03
PSR B0531+21 (Crab)	0.033	4.21	2.51 ± 0.01
PSR J1119-6127	0.408	40.2	2.684 ± 0.002
PSR B1509-58	0.151	15.3	2.839 ± 0.001
PSR J1640-4631	0.207	9.72	3.15 ± 0.03

³Eur. Phys. J. C 76, 481 (2016); ApJ 831, 35 (2016); JCAP 07, 23 (2016)

A influência do QVF⁴

- Acredita-se que os campos magnéticos na superfície dos pulsares poderiam ser tão elevados quanto o campo magnético crítico que vem da (QED)
- não trivialidade do QVF para a descrição de pulsares.
- QVF + E_d , é possível explicar de uma forma simples e auto-consistente vários aspectos fenomenológicos de pulsares, sem a necessidade de campos supercríticos ou outros mecanismos de perda de energia.
- evolução dos campos magnéticos superficiais e da direção do dipolo magnético.

⁴ApJ 823, 2, (2016)

A influência do QVF⁵



⁵ApJ 823, 2, (2016)