

Projetos de Pesquisa

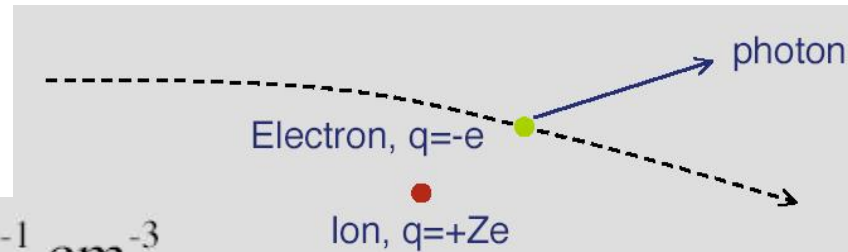
Renato Dupke

- Projetos em andamento:
 - Enriquecimento de Metais – Optical – X-ray Connection
 - Gradientes de Velocidade no Meio Intra-Aglomerado
 - Projetos Decorrentes Paralelos
 - Cold Fronts (Frentes Frias)
 - Modelos de Explosão de SN Ia
- Projetos em fase de iniciação:
 - Origem dos Grupos Fósseis
 - Detecção da Cosmic Web
- Projetos a serem iniciados (já aprovados):
 - Detecção Direta de Matéria Escura
 - PAU (Physics of Accelerating Universe) BAO Survey

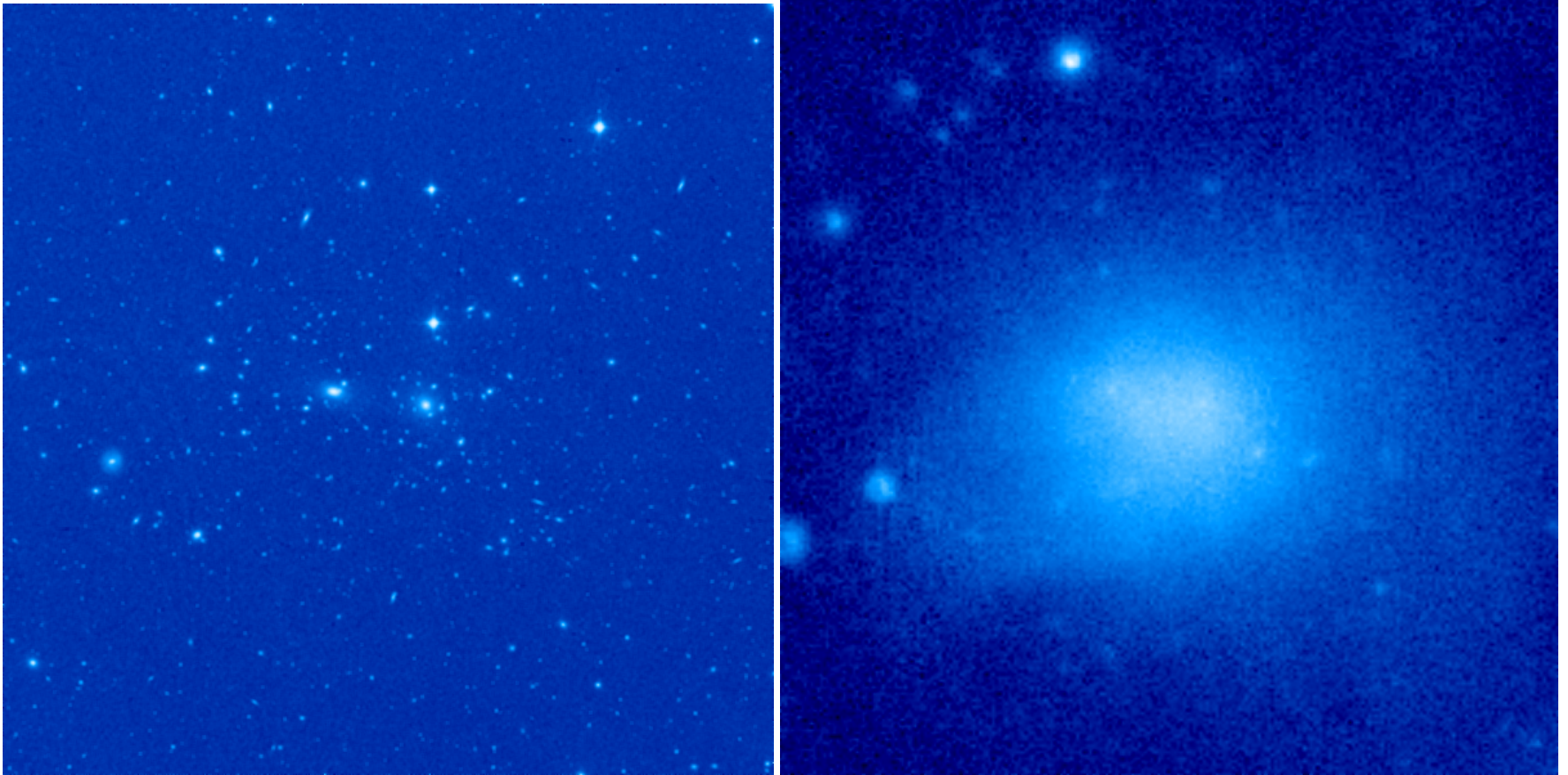
Aglomerados de Galáxias (ou de ME?)

- Os maiores sistemas gravitacionalmente conectados no Universo.
- 10^{2-3} galáxias, $10^{14-15} M_{\odot}$, $R \sim 1-3$ Mpc
- $\sim 16\%$ M_{total} é ICM, $\sim 3\%$ M_{total} está em galáxias
- A maior parte da matéria bariônica (não escura) está sob a forma de gás intergalático (Meio Intra-Aglomerado – ICM) com $T \sim 10^{7-8}$ K, que emite fortemente em raios-X através de radiação Bremstrahlung
- Emissividade

$$\epsilon^{\text{ff}} = 1.4 \times 10^{-27} T^{1/2} n_e n_i Z^2 \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-3}$$

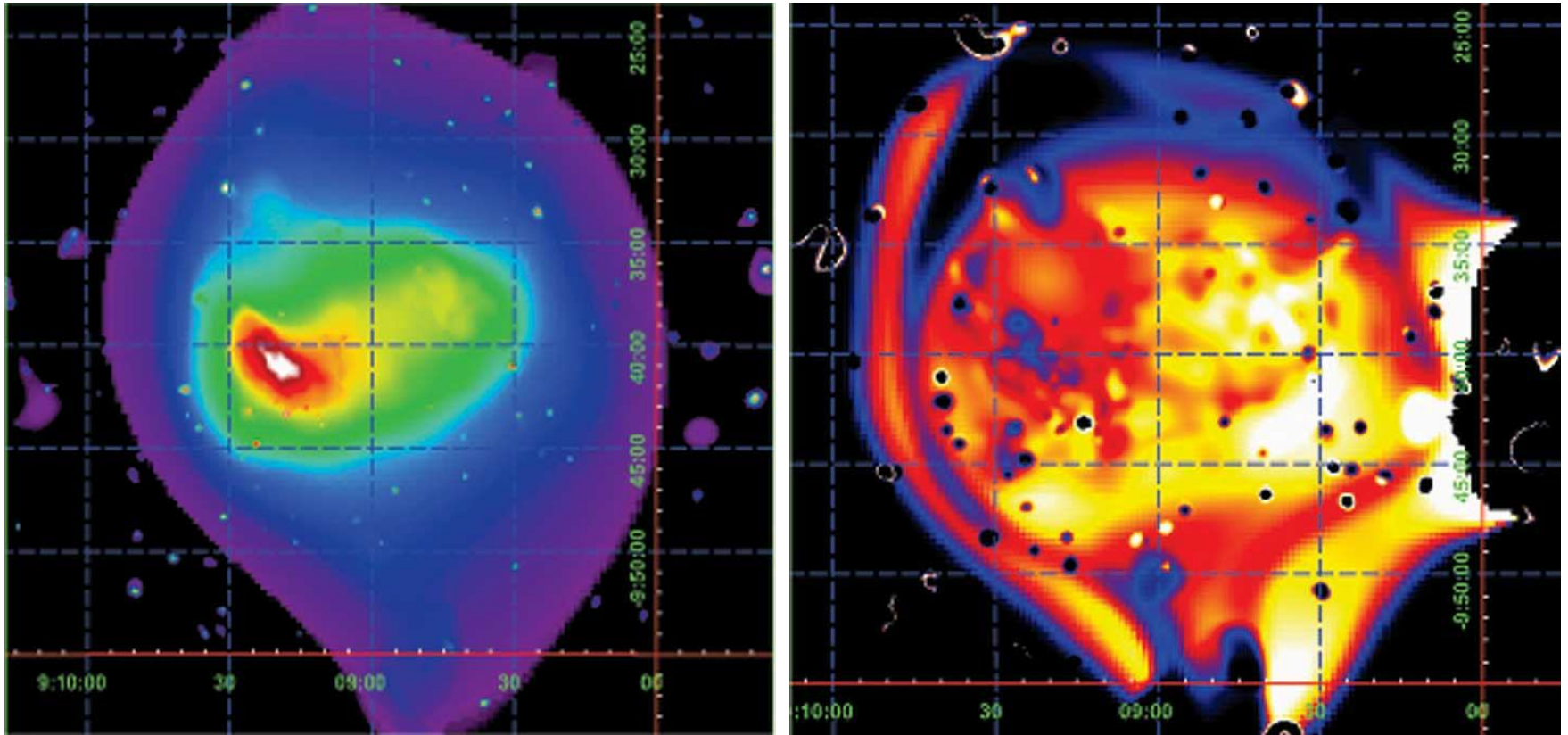


COMA, $z \sim 0.023$



Mudança de paradigma – Aglomerados são entidades dinâmicas.
A Idéia de aglomerados saiu disso para....

- E.g. A754 (Henry et al. 2004) - Observações com observatórios de raios-X mostram uma frequência alta de subestruturas em aglomerados de galáxias – $T \rightarrow 5-12$ keV

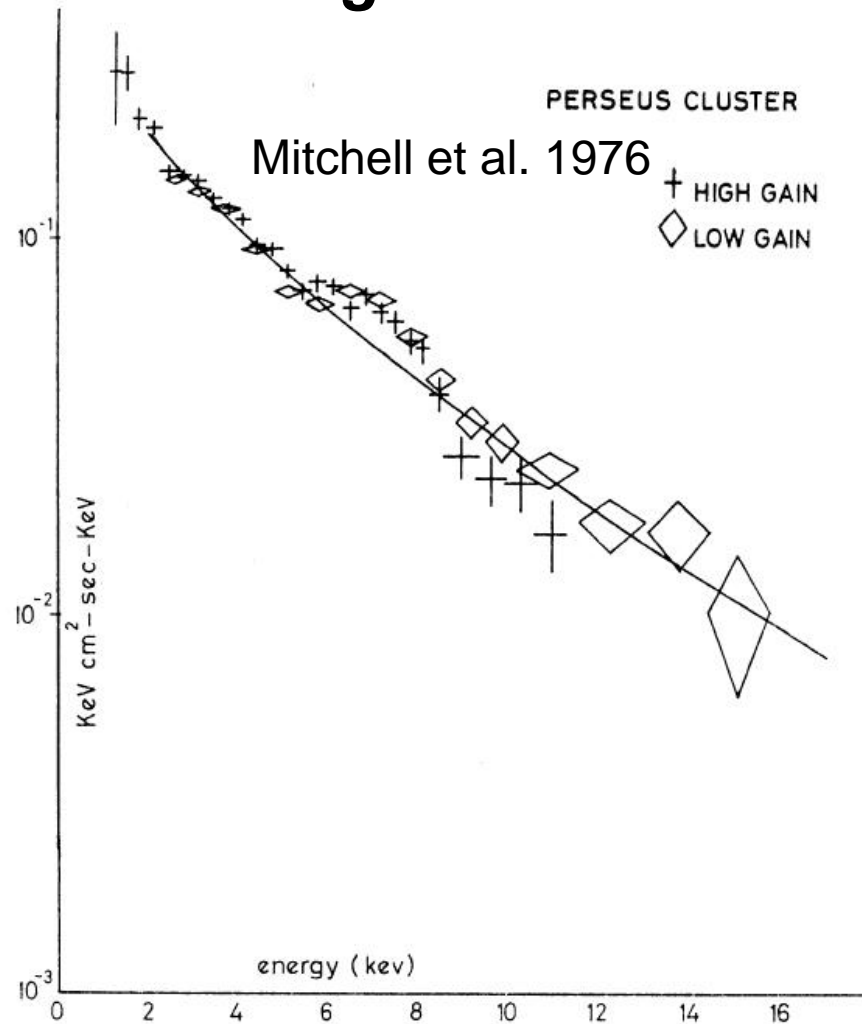
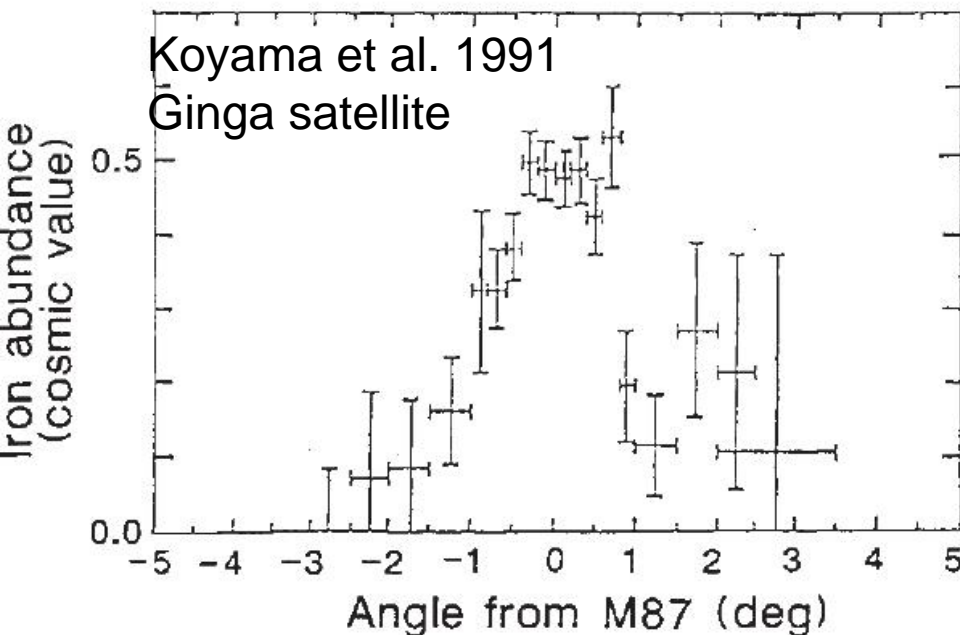


- Consistente com os modelos hierárquicos “bottom-up” para formação de estruturas. A fusão (merger) de subsistemas cria subestruturas de temperatura e densidade e também fluxo em larga escala do gás intra-aglomerado, que podem afetar as estimativas de massa dos aglomerados.

Enriquecimento de Metais no Meio Intra-Aglomerado

Emissão de linhas. Abundância
~0.3 Solar

→ ≠ Tipos de mecanismos de enriquecimento: **Pressão de Arrasto (Ram-pressure Stripping)** e ventos protogalacticos.

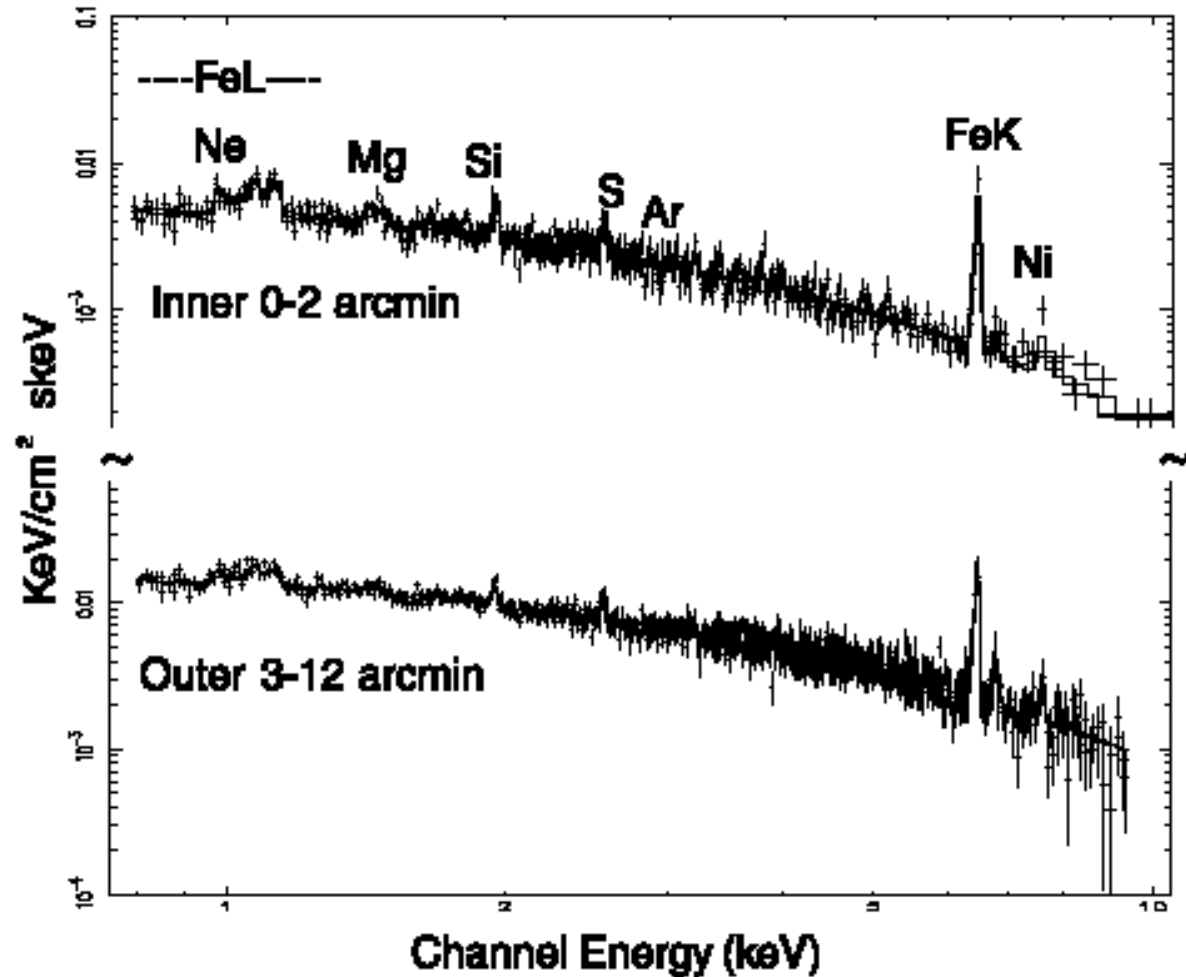


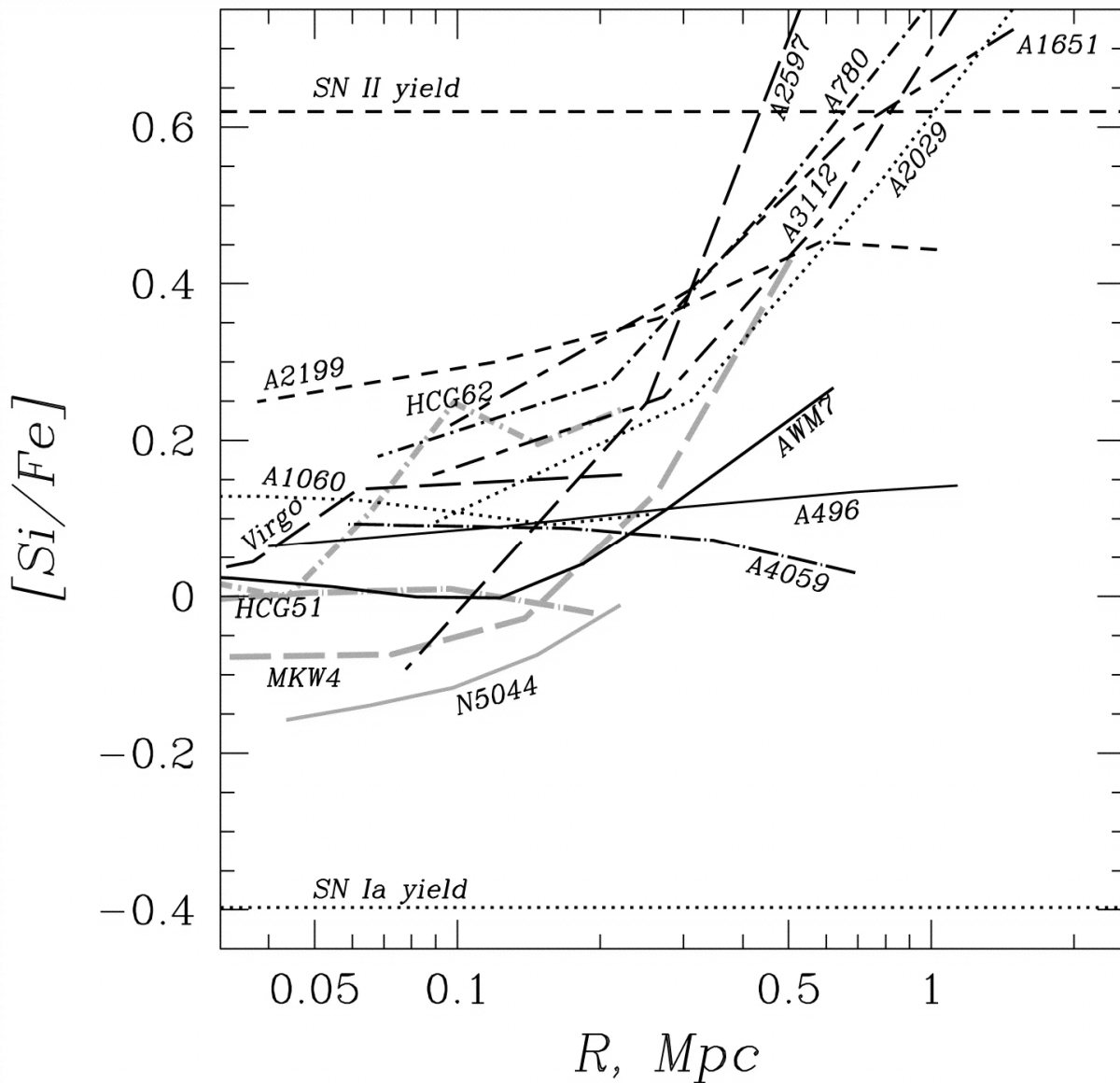
1. The Ariel 5 X-ray spectrum of the Perseus Cluster in the energy range 1:3-16

Ulmer et al. 88 achou gradiente de abundância em Perseus com SPARTAN 1

Aumento de abundância central (Ulmer 1988) → Luz das Es correlaciona com a massa de Fe (Arnaud et al. 1992) – Winds? → Descoberta de gradientes nas **RAZÕES** de abundância (Dupke 1998) implica que RPS tem um papel relevante.

→ ~75% da massa de Fe vem de SNIa e 25% de SN II no centro
→ 50% de cada tipo nas partes “externas” (Dupke & White 2000, 2001).





[Si/Fe] vs. radius. Gray lines represent groups, and black lines represent clusters. From Finoguenov, David & Ponman 2000.

Problemas em aberto:

- Até que raio RPS é eficiente?
- Como isso afeta as galáxias?

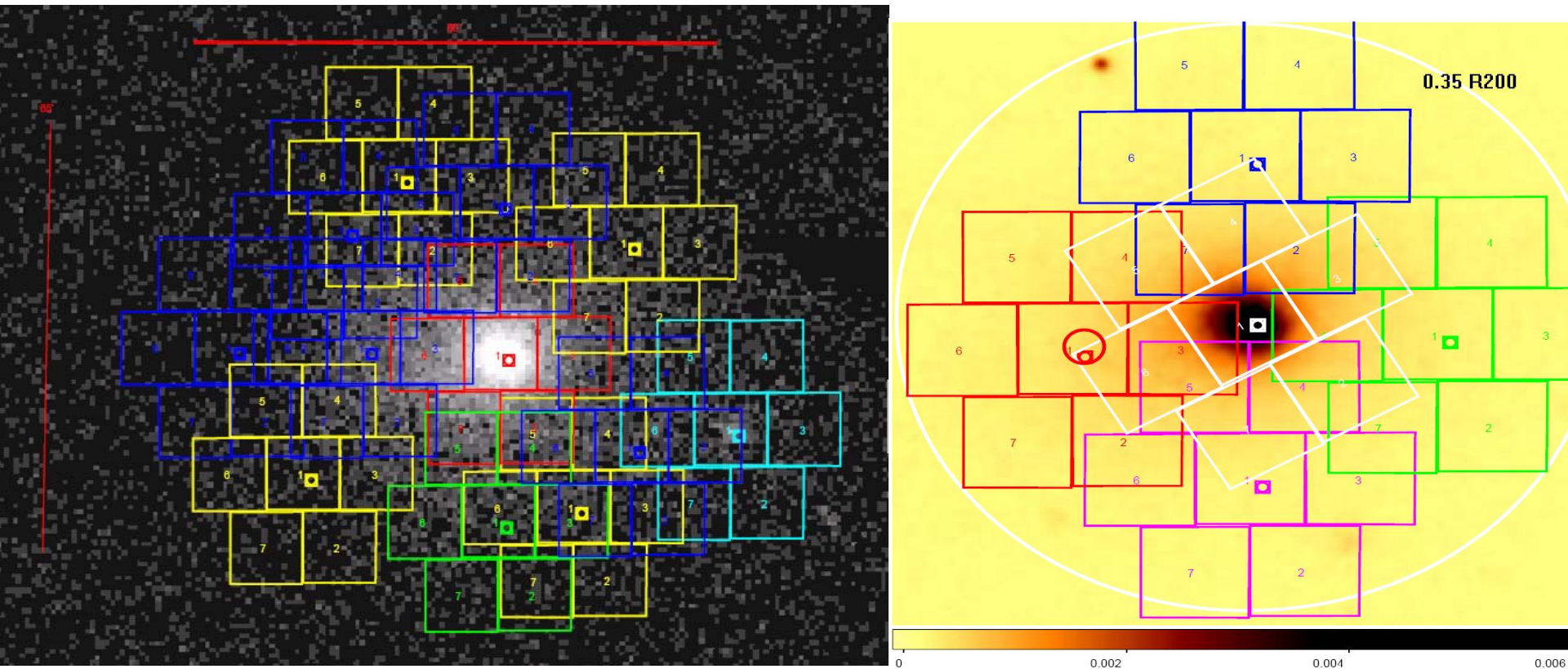
- Algum tipo morfológico contribui mais DENTRO do AG?

- $\Psi(M)$ → diferença entre grupos e AGs, ou massivos de não massivos?

- Acção de “clumps” altera (contribui ou mistura) os metais?

Para responder precisamos de observações nas partes externas dos AG e da distribuição de galáxias

Optical-X-ray Connection project (OXCon) – Extendendo a análise para Larga escala e combinando com dados óticos.



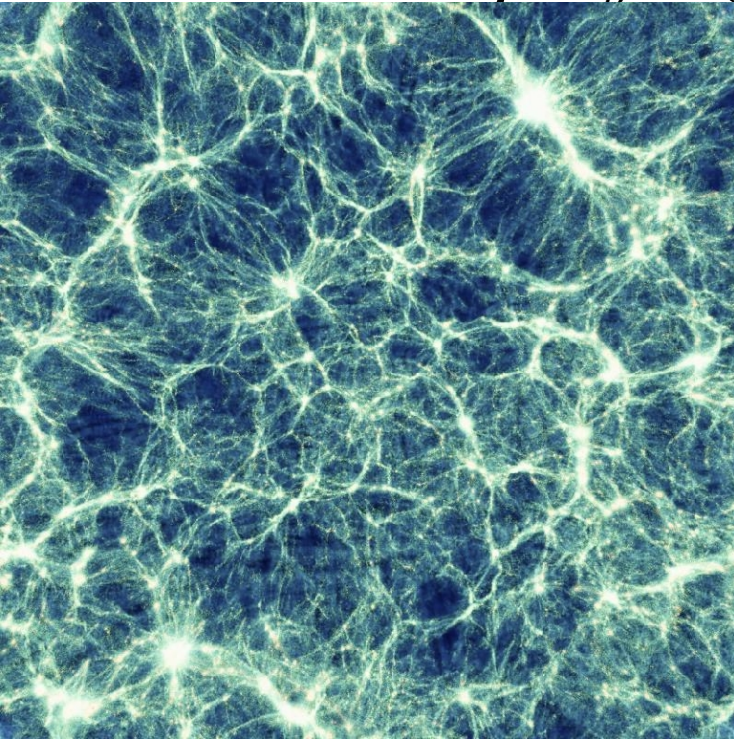
~12 AGs observações publicas e privadas estão acessíveis com XMM-Newton +SDSS
Código de Mapeamento está completo – Perl Controller Adaptive Smoothing.

Gradientes de Velocidade

Motivação : Massa de AG

Equação de Euler $\underbrace{\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + (\bar{V} \nabla) \bar{V}}_{0?} = -\frac{\nabla P}{\rho} + \bar{g}$

$$M(< r) = \frac{-kTr}{\mu m_n G} \left(\frac{d \ln T}{d \ln r} + \frac{d \ln \rho}{d \ln r} \right) + C(V_r, V_\tau)?$$



$$\varepsilon^{ff} = 1.4 \times 10^{-27} T^{1/2} n_e n_i Z^2 \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-3}$$

Geralmente se ajusta uma variante da equação de King pra superfície de brilho.

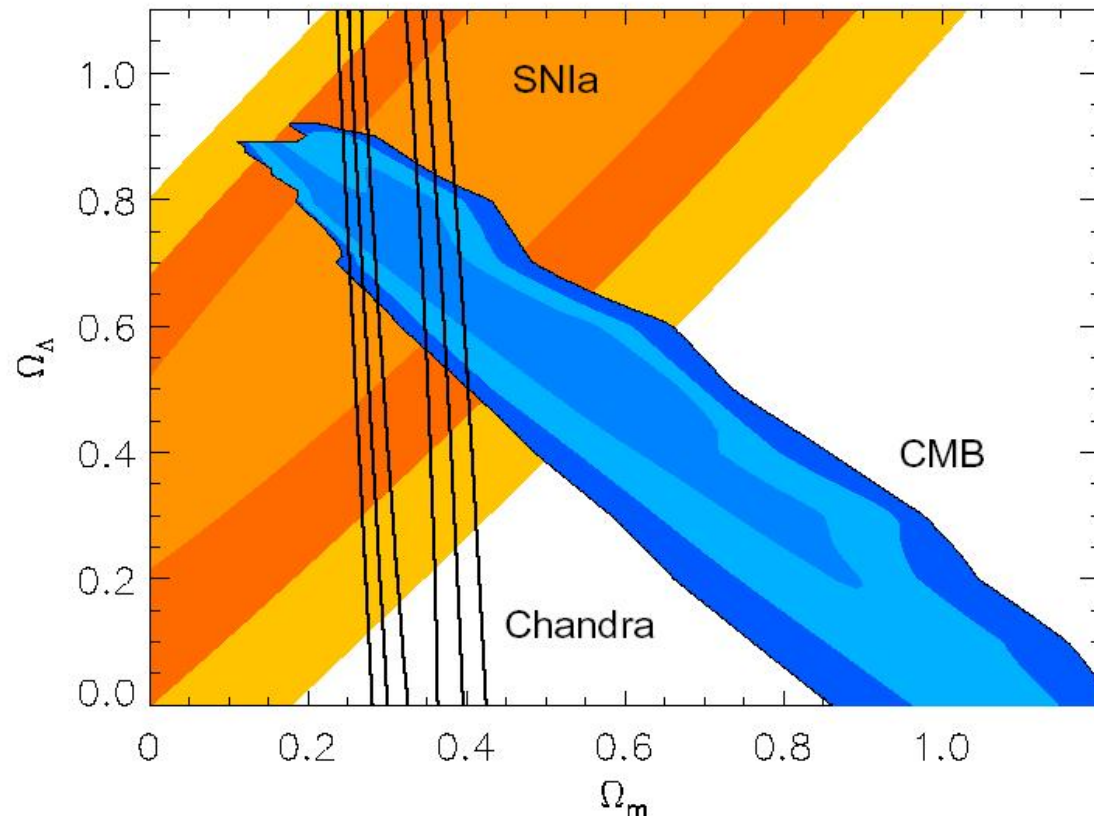
Por que a massa é importante?

Testes Cosmológicos Independentes

- AGs uma amostra representativa do Universo
- Logo $f_b \sim \Omega_b/\Omega_m$ (White et al 1993).
- Ω_b é estimado através dos modelos de Big Bang nucleosíntese (Schramm & Turner 1998)
- Pode-se por limites em Ω_m (e.g. Bahcall et al 1999).

$$\Omega_m = \frac{\Omega_b}{f_{\text{gas}}(1 + 0.19h^{0.5})}$$

Allen, Schmidt & Fabian 2002,
usando a fração bariônica



ASCA Pilot study of Perseus & Centaurus

$$\Delta V = \frac{FWHM}{2.35\sqrt{N_{line}}}$$

FWHM

ASCA SIS 2%-4%

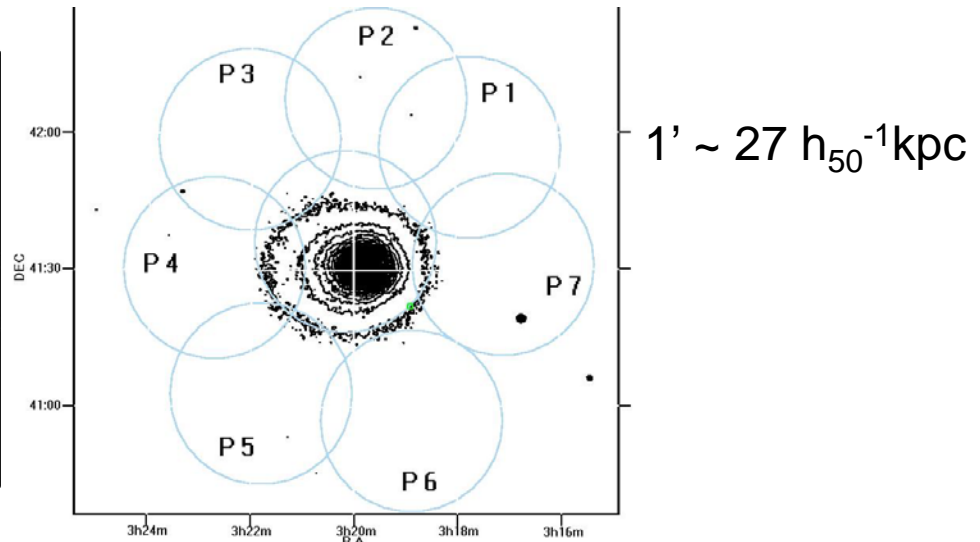
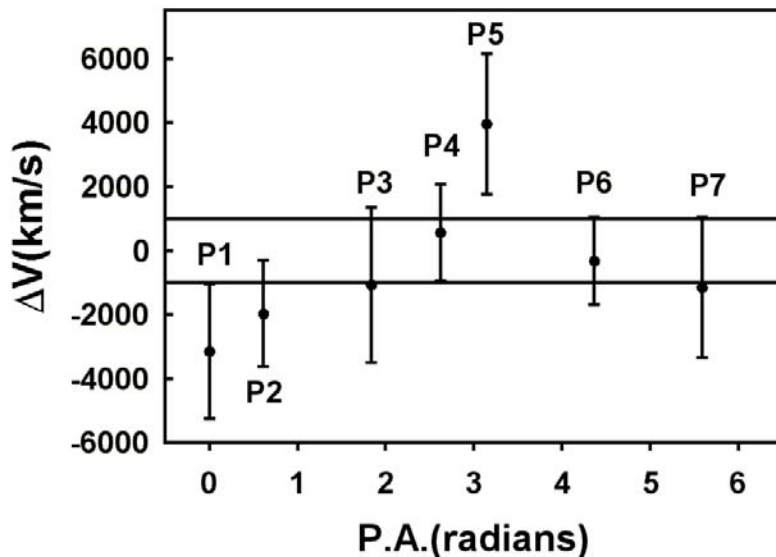
GIS 8%

Para conseguir 500 km/s

Precisa de ~60 line photons!

ACIS ~ EPICs ~ XIS ~ SIS

Perseus Velocity Distribution
(~40' from center)

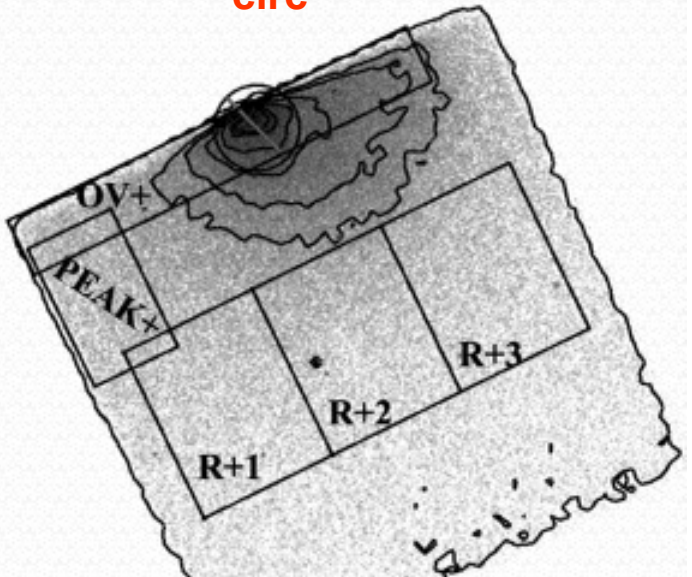
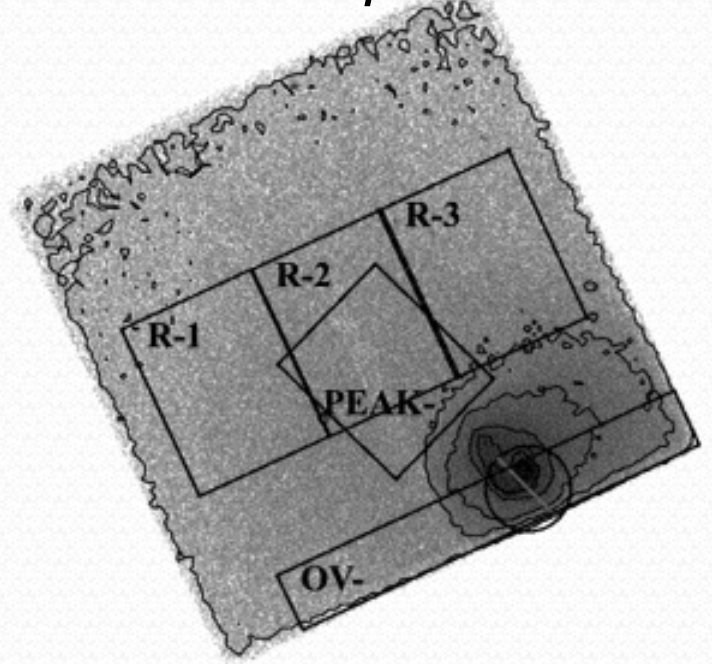


Dupke & Bregman 2001

>1500 km/s em 90% confidence. Aprovado pelo XMM para confirmar.
MAS GAIN – variações temporais e espaciais no CCD!!!!

Conhecimento prévio

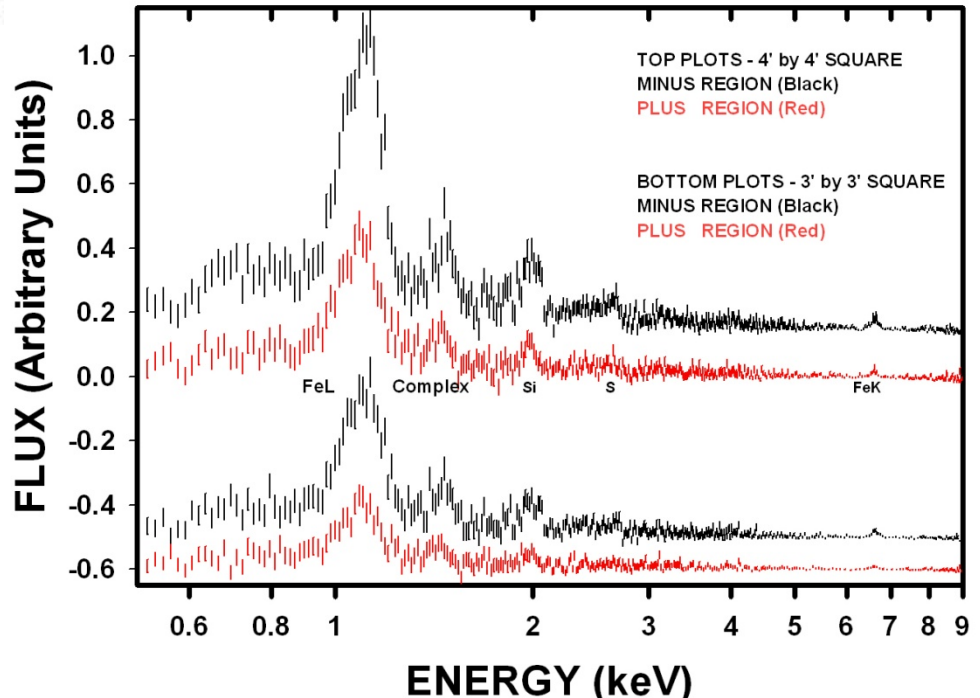
$$V_{\text{circ}} = 1200 \pm 100 (\pm 400) \text{ km/s}$$



Centaurus CCD center

Usando observações múltiplas, específicas para o estudo de velocidades e as partes melhores calibradas dos CCDs

Dupke & Bregman 2006



$$\tau \sim (0.44 h_{50}^{-1})(R/4'.5)(V_{\text{circ}}/1.2 \times 10^3 \text{ km s}^{-1})^{-1}$$

$$E_{\text{rot}} \sim (2 \times 10^{61} h_{50}^{-3})(\eta/2.5)(\mu/0.6)(n/10^{-2} \text{ cm}^{-3}) \\ (V_{\text{circ}}/1.2 \times 10^3 \text{ km s}^{-1})^2 (R/4'.5)^3 \text{ ergs}$$

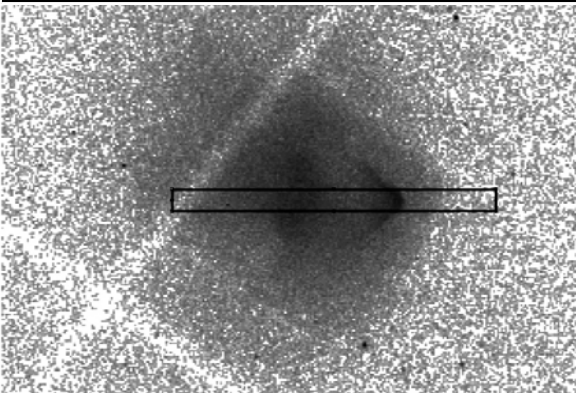
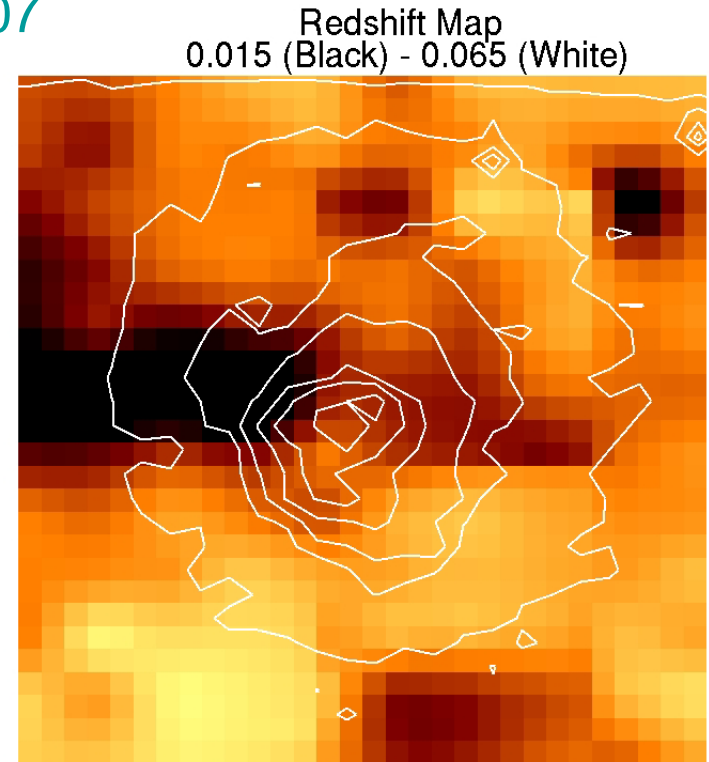
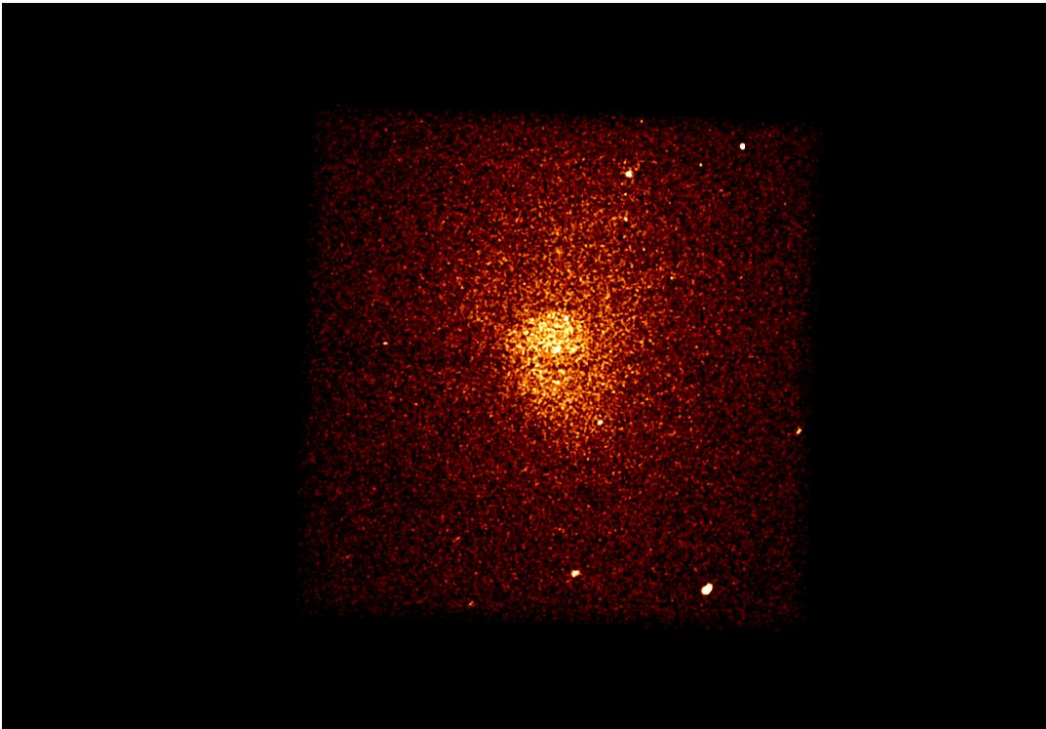
$$\beta_{\text{gas}} = 2(\eta/2.5)(\mu/0.6)(V_{\text{circ}}/1.2 \times 10^3 \text{ km s}^{-1})^2 \times \\ (kT/3.7 \text{ keV})^{-1} \gtrsim 1$$

0.1-1% da energia do merger ainda está sob forma rotacional **>0.5Gyr** depois do evento! *Turbilhões?*

XMM – tem flutuações de gain menor

Os primeiros resultados da análise conjunta do Chandra e XMM – A576 (4keV!)

A análise com XMM mostra uma diferença de $>3.3 \times 10^3$ km/s com mais de 90% confiança Dupke, Mirabal & Bregman 2007



*ATUAL - 108 AGs e >140 observações
80 tem XMM counterparts*

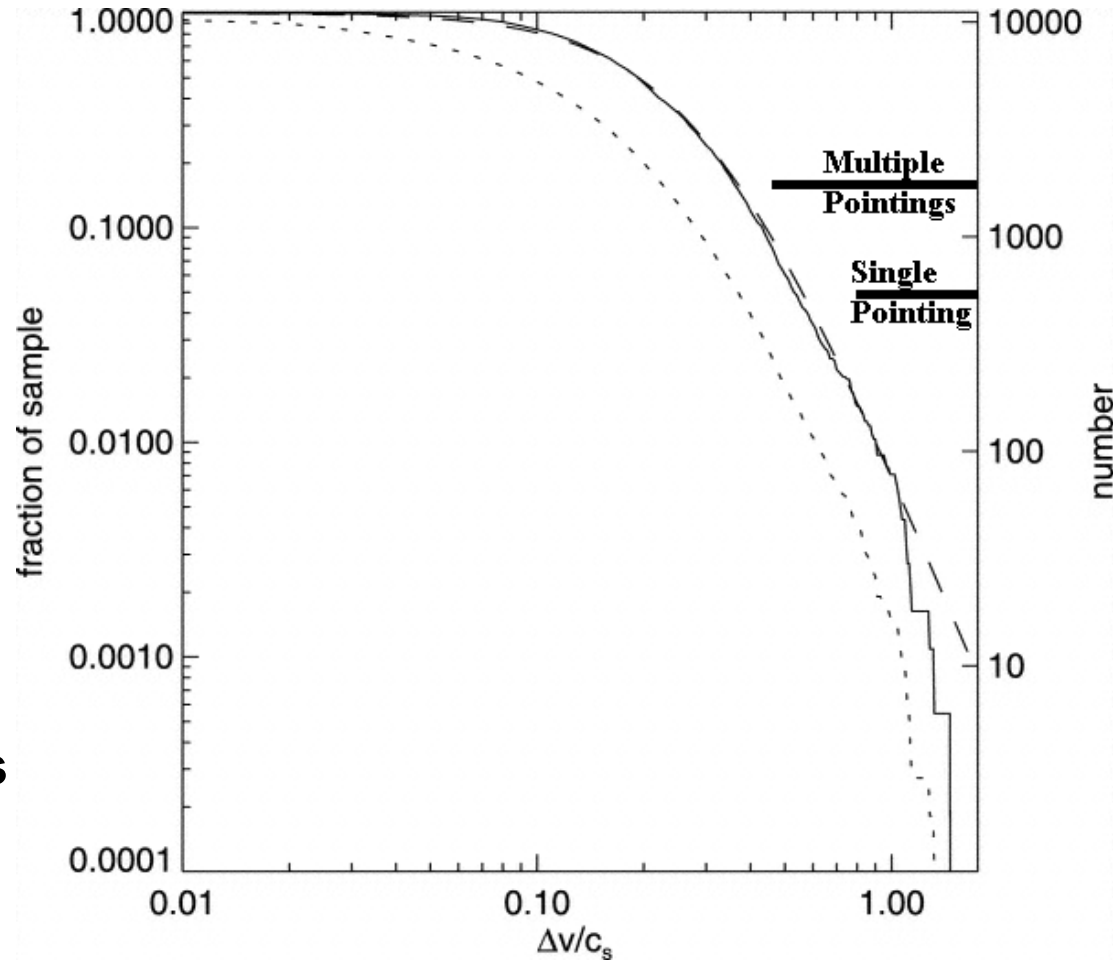
O que é previsto pela Cosmologia?

VCE é um protótipo teórico que espelha o arquivo HEASARC para AGs em raios-X 68 AGs simulados com pre-aquecimento.

Com 14 outputs por “run”, ele cria um conjunto de ~1000 realizações de AGs cobrindo $0 < z < 2$

Traços → Max ΔV ,
Pontilhado → Todos os pares recobrados de um espectro perfeito depois de passar pelas distorções do instrumento no satélite *Suzaku*.

$$f(>\Delta V) \propto \Delta V^{-4}$$



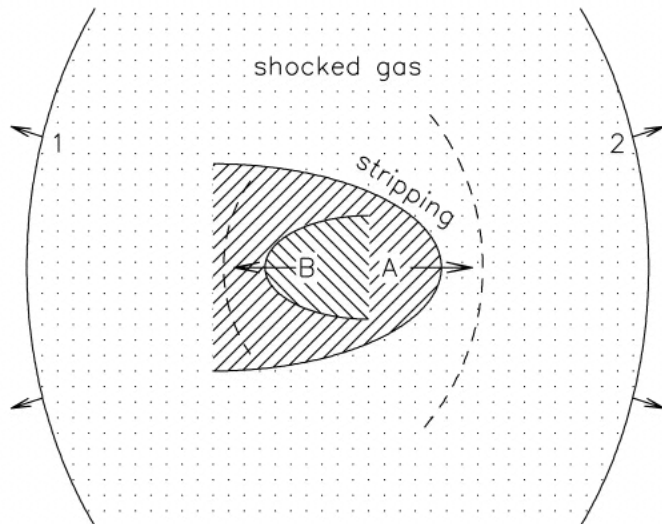
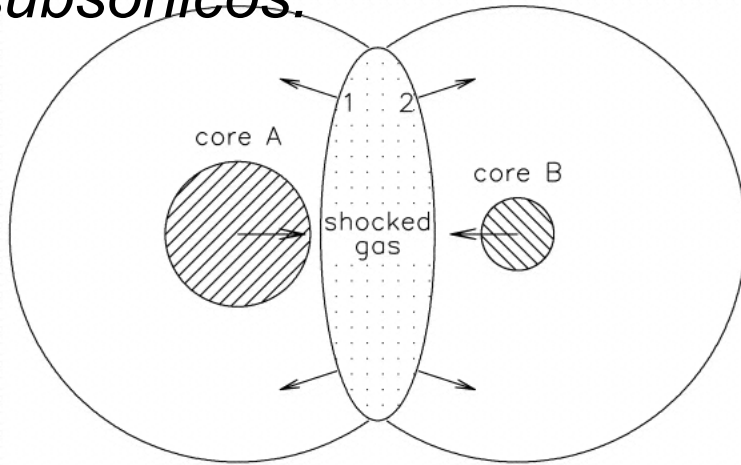
Pawl, Evrard & Dupke 2005

vce.physics.lsa.umich.edu

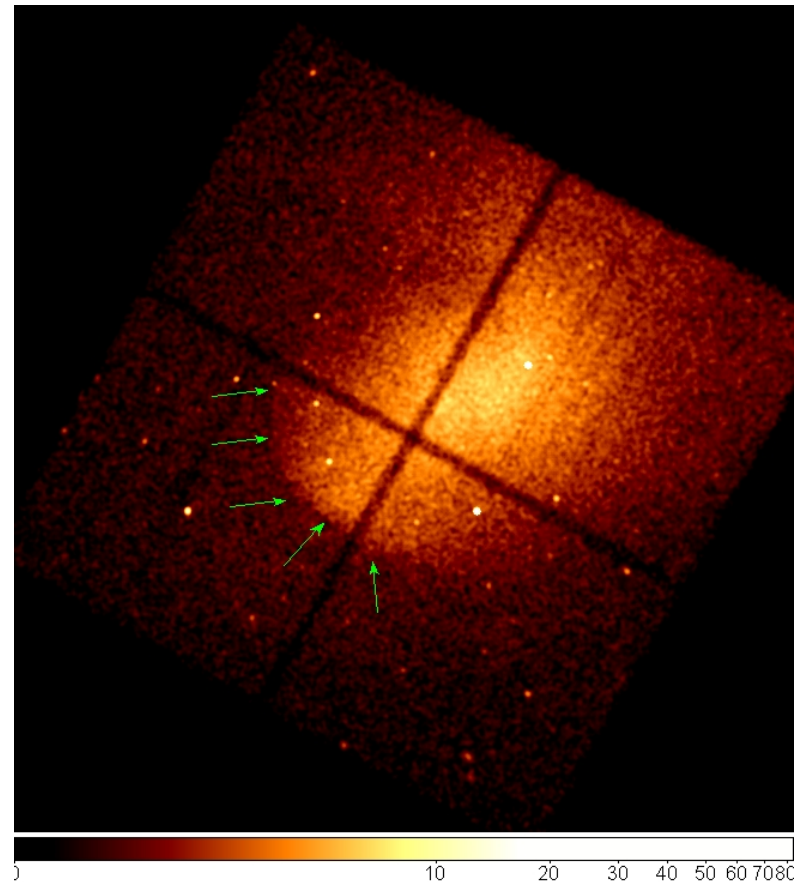
Métodos Indiretos

Frente Fria (Cold Fronts)

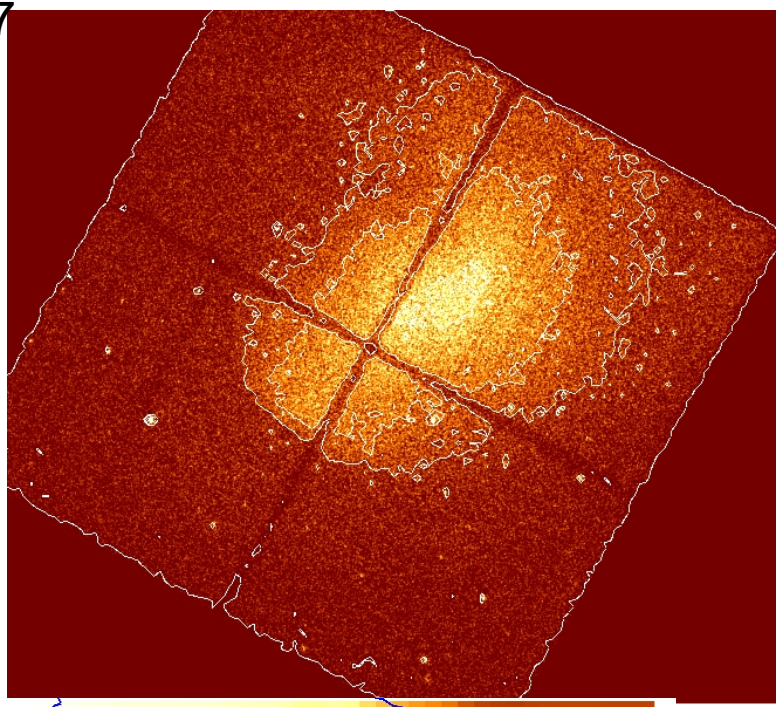
Para os casos mais comuns subsônicos.



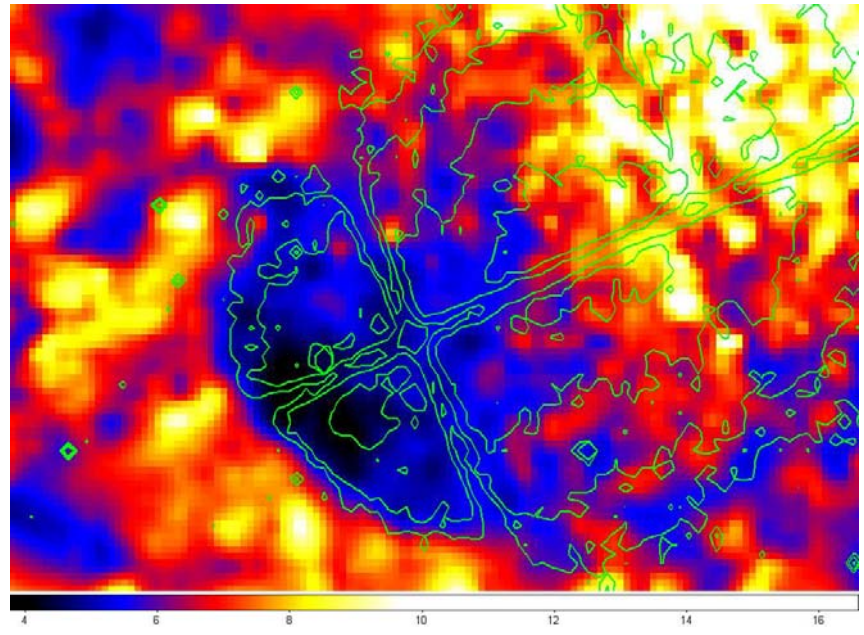
Abell 3667 a $z=0.055$, tem varios indicadores de que está em um merger.



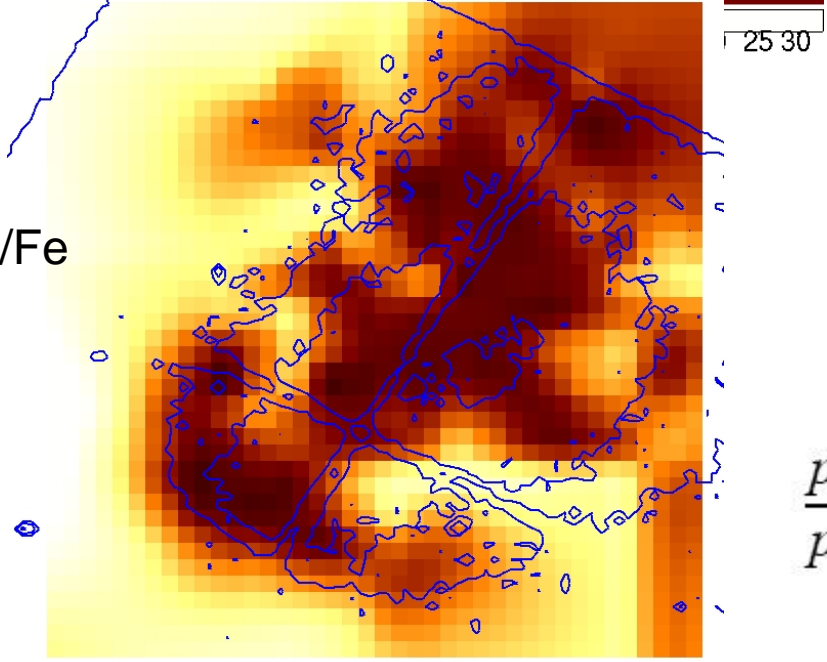
A 3667



Temperature - keV



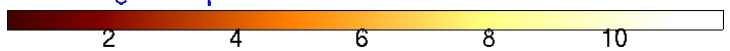
O/Fe



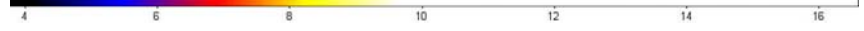
Dupke, Vikhlinin & Markevitch 2009

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_1^2 \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}, \quad M_1 \leq 1$$

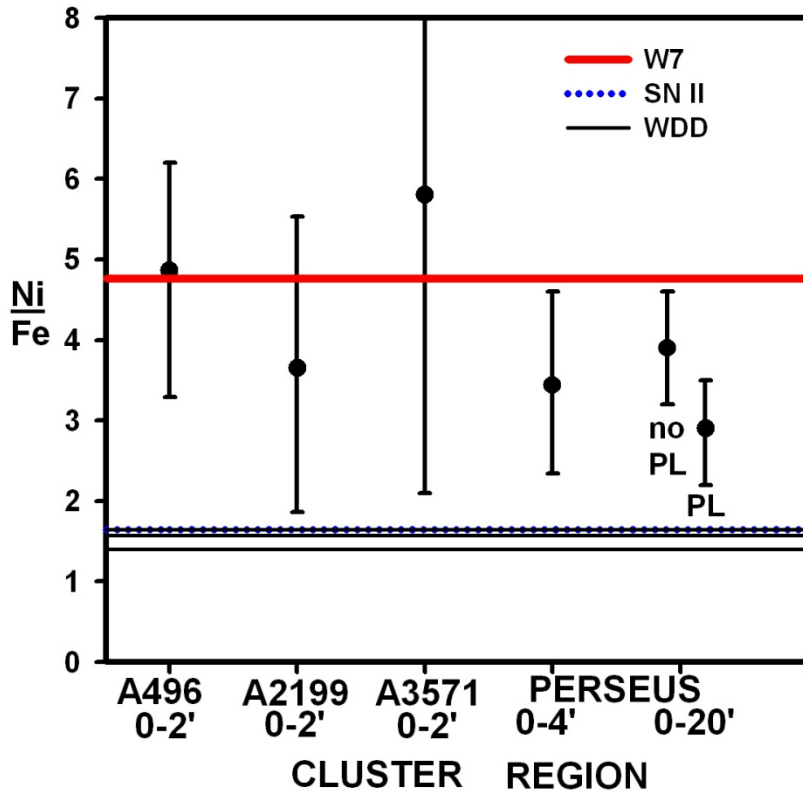
$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{\gamma+1}{2} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} M_1^2 \left[\gamma - \frac{\gamma-1}{2M_1^2} \right]^{-\frac{1}{\gamma-1}}, \quad M_1 > 1$$



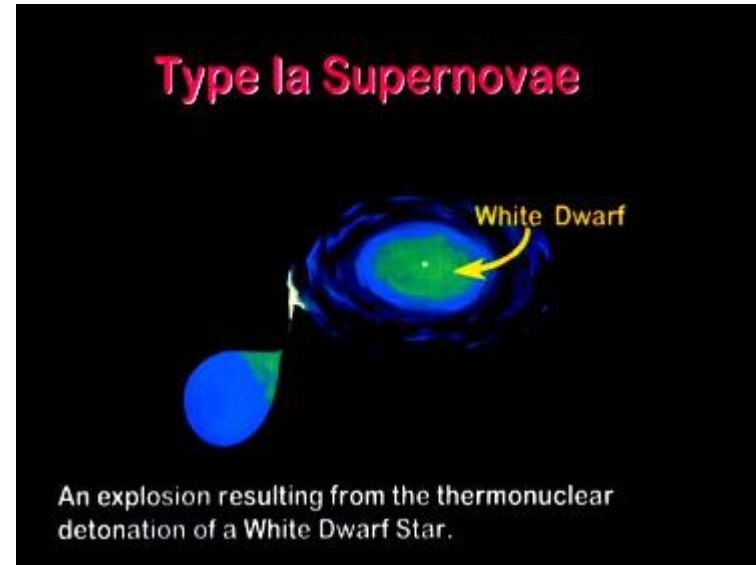
25 30



SN Ia Explosion Mechanisms



Dupke & Arnaud 2001
Dupke & White 2000b



→ Observar as regiões distantes dos aglomerados, onde efeitos de RS, jets, bubbles, modelação espectral complexa, etc. influência menos a medição de abundâncias.

→ Determinar os limites de razões envolvendo elementos pesados como template para os simuladores.

→ Dados vão vir como consequência dos projetos OXCON e gradientes de velocidade.

Projetos em fase de iniciação

Grupos Fósseis.

Eles são grupos? São fósseis?

- *X-ray halos grandes— $L_X > 10^{42}$ erg/s, Dominados por uma $>L^*$ E galáxia, $\Delta mag \geq 2$ (R-band) dentro de $0.5 r_{200}$. $L_X/L_R > non-FG$*
- *Restos canibalísticos de grupos que perderam energia através de fricção dinâmica, talvez os estágios finais de grupos compactos (e.g. Mulchaey & Zabludoff 1999).*
- *Os previstos $t_{dynfric}$ e a ausência de subestruturas em raios-X \rightarrow Eles se formaram há muito tempo e se mantiveram não perturbados (Ponman et al. 1994; Jones et al. 2000; Vikhlinin et al. 1999).*

Inconsistências com esse mecanismo de formação

Group Name	N_{spec}	σ km s ⁻¹	$\langle T \rangle$ keV	L_X^a 10 ⁴² ergs/s	M_{vir}^{dyn} 10 ¹² M _⊙
RX J1256.0+2556	8	773±214	2.63 ± 1.13	50	710
RX J1331.5+1108	6	236±79	0.81 ± 0.04	2.1	24
RX J1340.5+4017	4	419±187	1.16 ± 0.08	5.2	130
RX J1416.4+2315	18	694±120	4.0 ± 0.62	170	656
RX J1552.2+2013	13	721±150	2.85 ± 0.9	60	640
NGC 6482	5	115±38	0.66 ± 0.11	1.1	6
ESO 3060170	15	648±160	2.6 ± 0.3	66	469

RX J1552.2+2013 – 36 galaxies → $\sigma=636$ km/s, $M/L_B \sim 800$, Mendes de Oliveira et al. 2006

RX J1340.5+4017 -- 22 galaxies → $\sigma=565$ km/s, $M/L_B \sim 300$ Mendes de Oliveira, Cypriano, Dupke & Sodre 2008

Khosroshahi et al. 2007

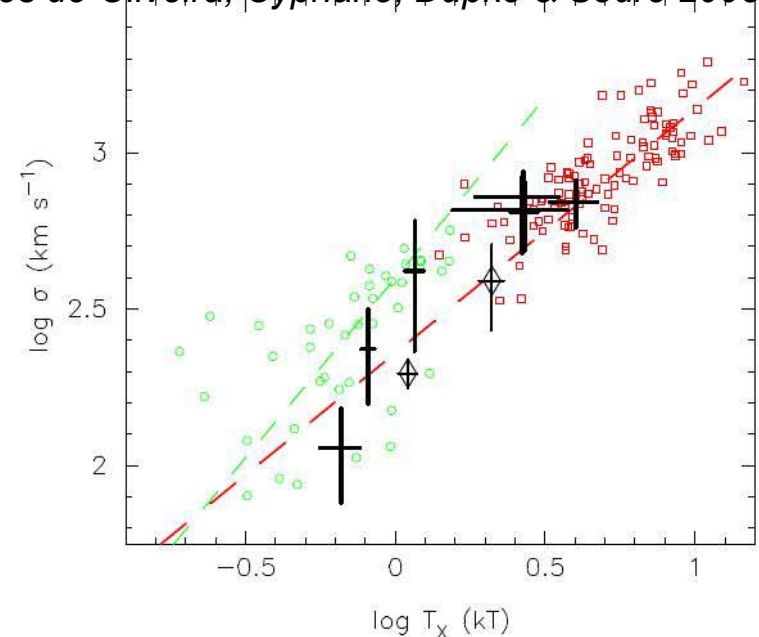
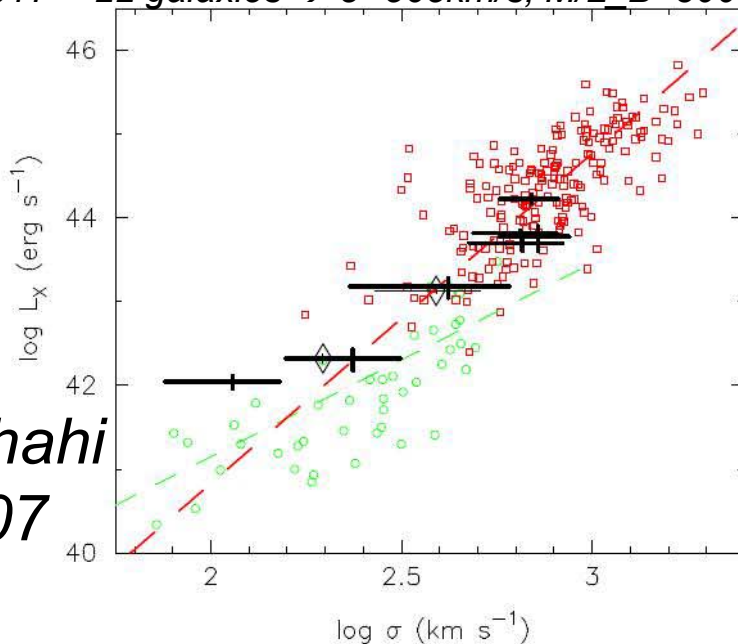
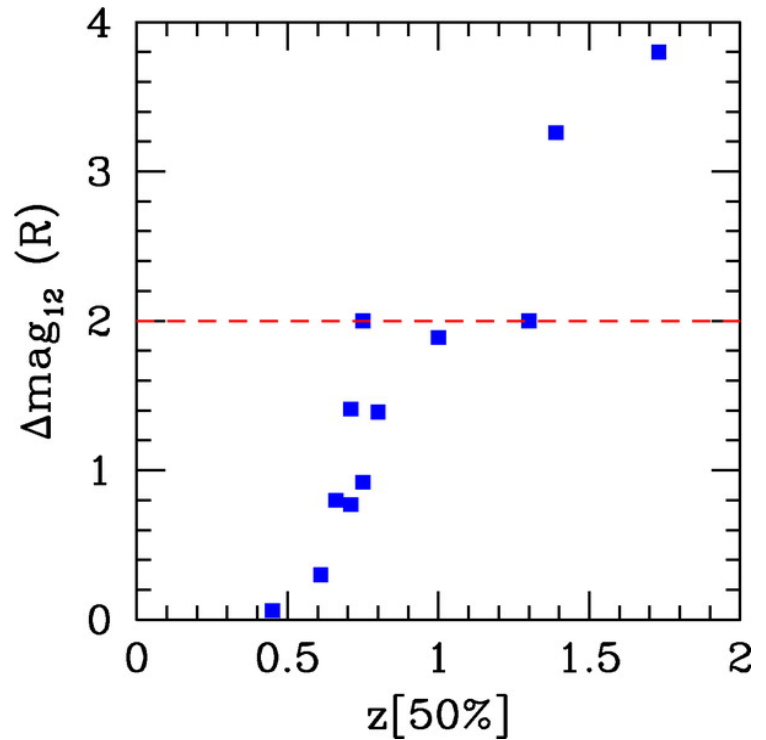
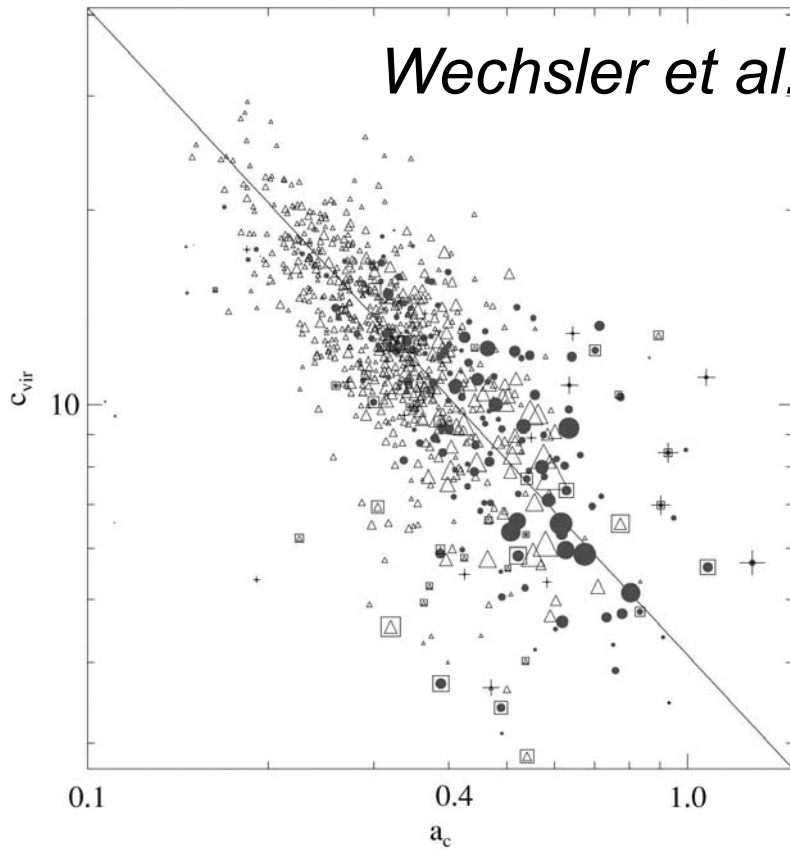


Figure 5. $L_X - \sigma$ relation: Comparison between fossil and non-fossil

Figure 6. $T_X - \sigma$ relation: Comparison between fossil and non-fossil

Eles são velhos?

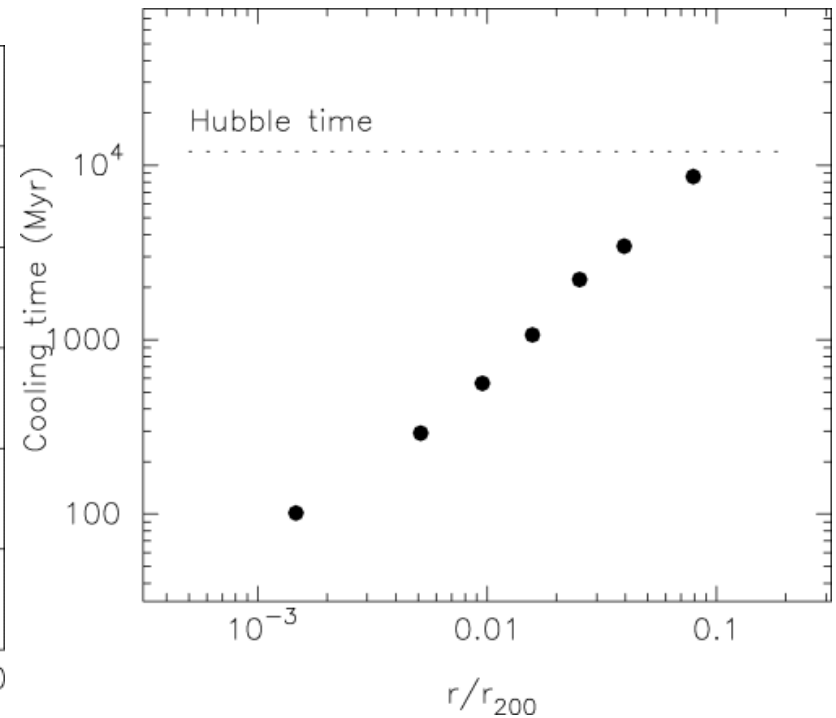
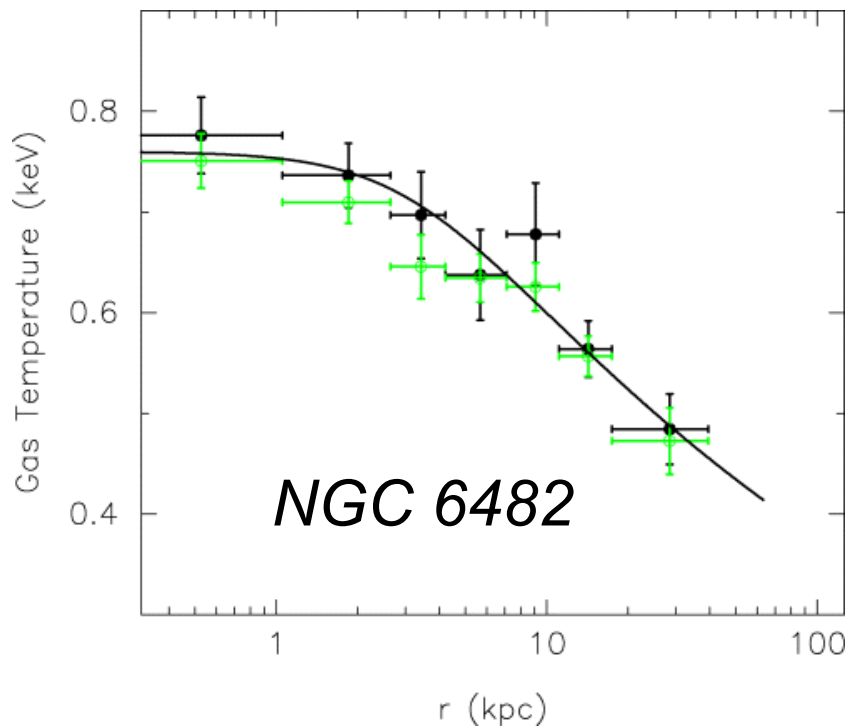


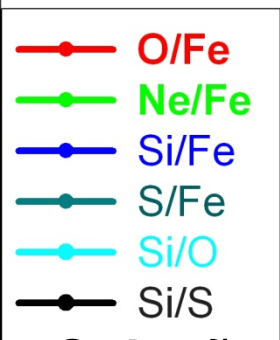
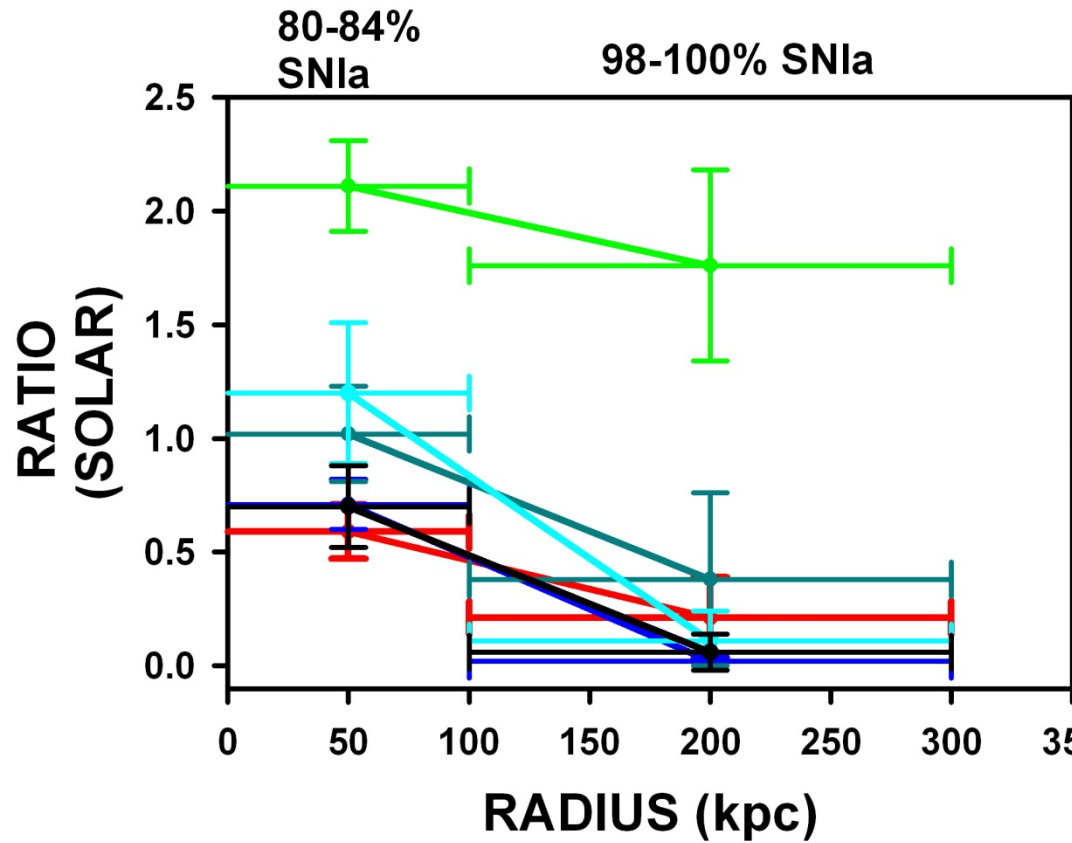
Simulações Numerical+hydro (D'onghia et al. 2005) → FG formam 4.7-6.5 Gyr ($0.75 < z < 1.3$) e grupos regulares (~ 6.5-8.5 Gyr).

Circle-mergers - triang-no merger

O cooling time observado para os grupos fósseis é significativamente menor que o tempo de Hubble of FGs (e.g., RX J1416.4+2315, ESO 3060170, Sun et al. (2004); NGC 6482, Khosroshahi et al. (2004, 2006), mas eles não apresentam **nucleos frios (cooling cores)** → indica uma formação mais recente do que a dos grupos normais, que tem cooling cores frequentemente (e.g. Finoguenov & Ponman 1999)

- Algo está depositando energia.
- AGN? Se AGNs então onde estão os sinais ? : e por que não funciona com grupos normais ?



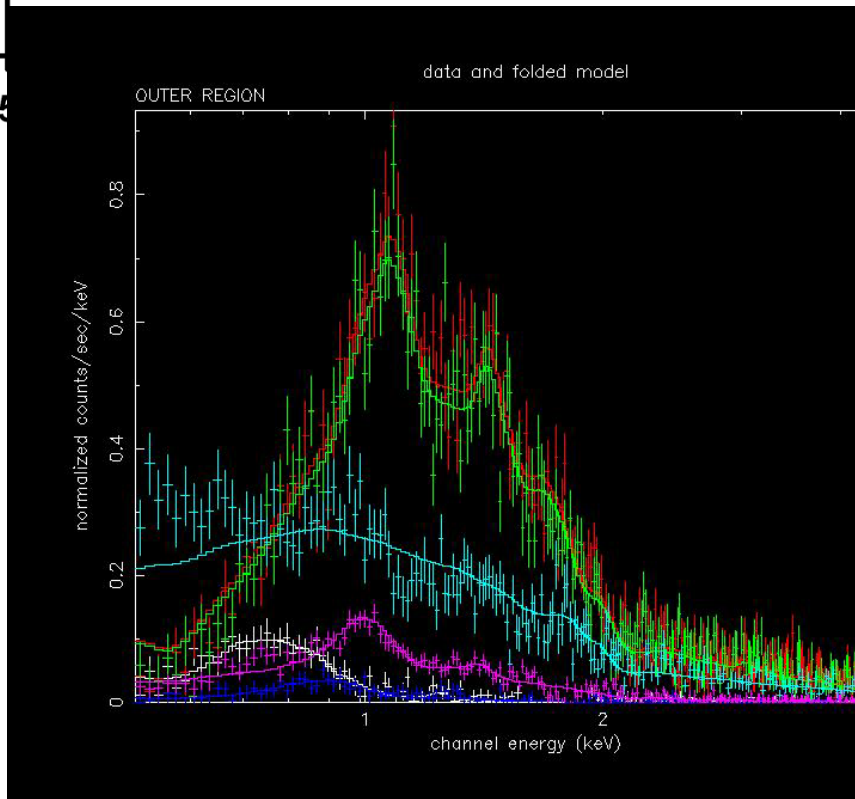


Solução → WINDS
Devido a merging recente
Com espirais

maxBCG-SDSS para selecionar os grupos

Chandra snapshot dos 15 melhores alvos pelos GO and MIT GTO aprovados

XMM observações profundas

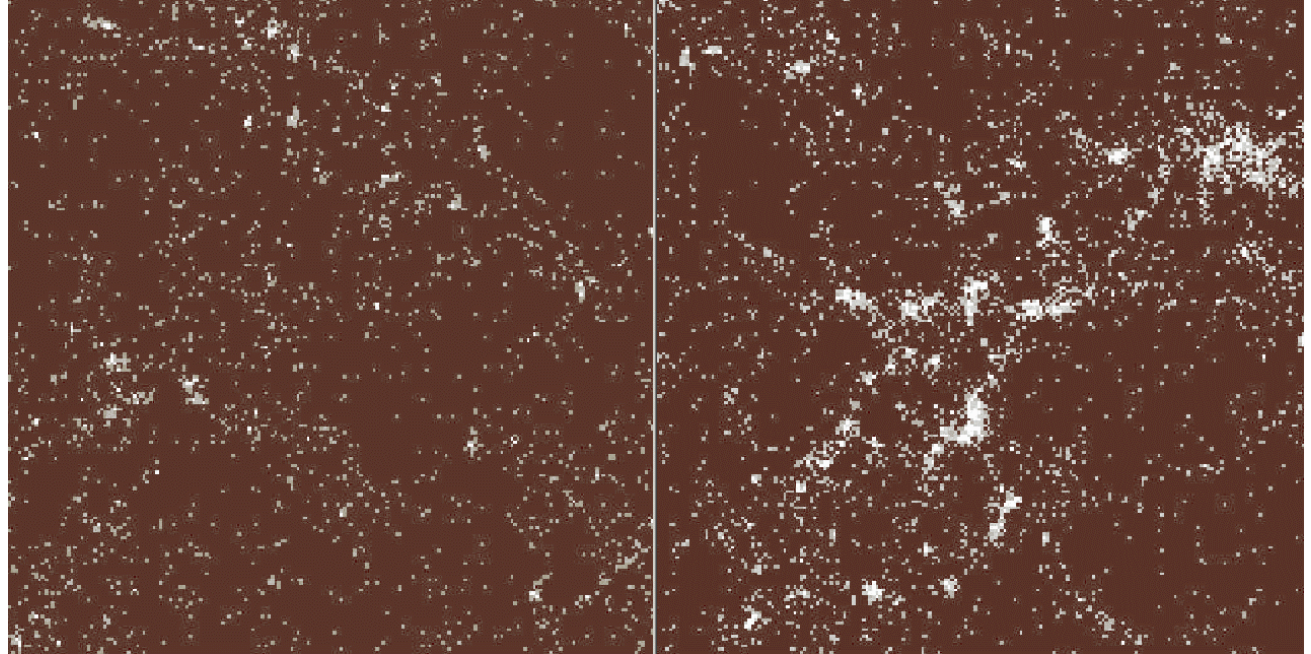


“Missing Baryons” no Universo Local

Detecção de Filamentos Cósmicos

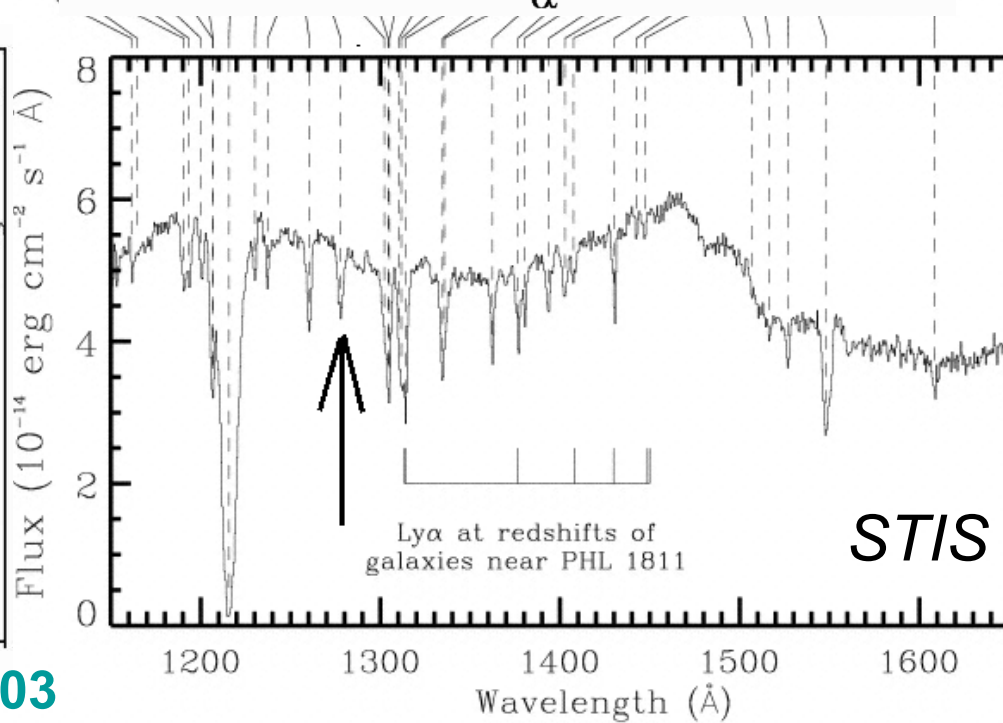
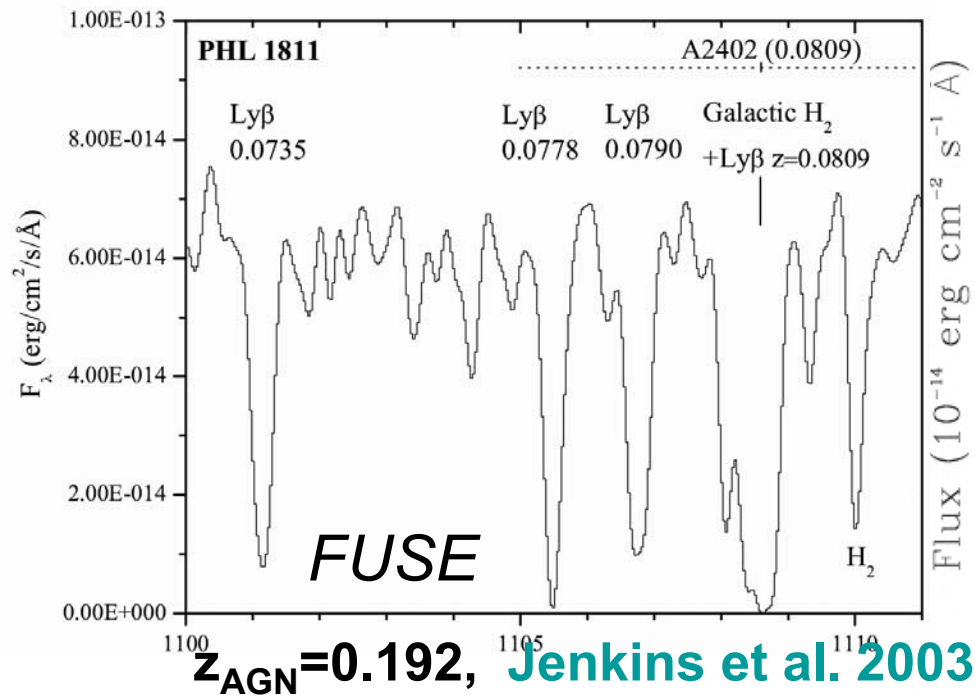
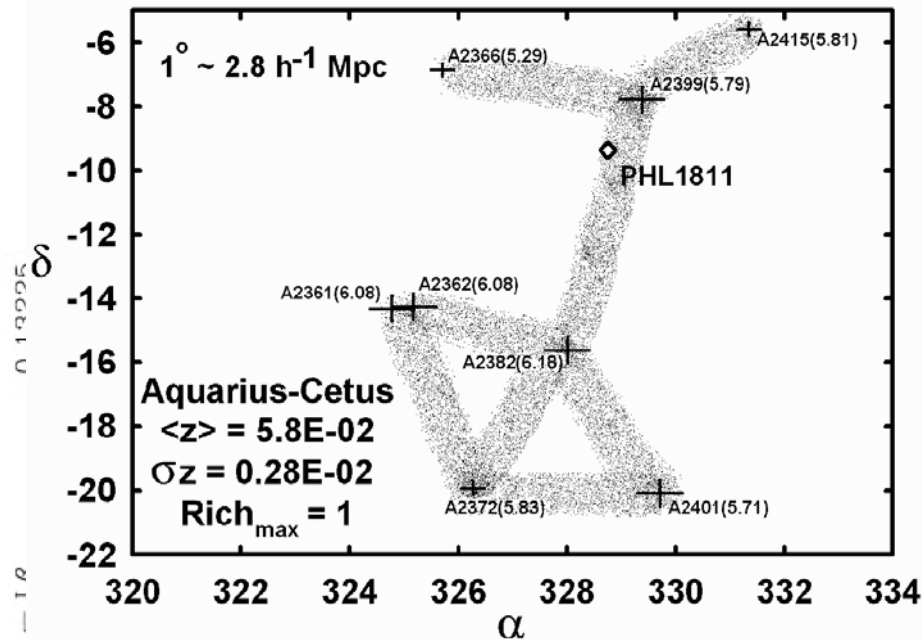
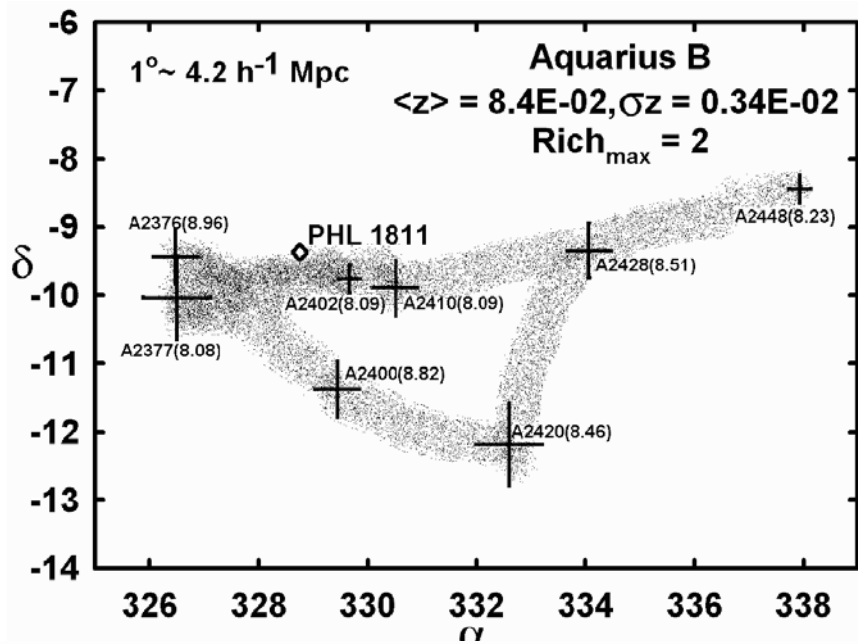
- ~metade dos bárions locais estão faltando
 - Em altos z , $\Omega_b \sim 0.04$ (BB nucleosíntese, QSO linhas de abs.)
 - Em baixos z , $\Omega_b \sim 0.008$ (estrelas & gás)
- Onde estão?
 - Falta da Ly α forest \rightarrow estão quentes ($T > 3 \times 10^5$ K)
 - AGs: maiores overdensities, gás a 10^7 - 10^8 K, raros
 - grupos: overdensities moderadas, gás a 10^6 - 10^7 K
 - filamentos: overdensities moderadas, comuns, invisíveis
 - emissão: gás a 3×10^5 K \rightarrow Ly α , OVI linhas, pouco brilhantes
 - Absorção: precisa de fontes de fundo

*Bregman,
Dupke,
Miller 2004*



Simulação projeção com 75 Mpc de lado centrada numa região aleatória (esquerda) e numa estrutura que seria classificada como um supercluster, usando o critério de Einasto et al. (1997). Mostradas as densidade projectadas $\rho > 3 \langle \rho \rangle$. LCDM Hubble Volume simulation (Evrard et al 2002). O super aglomerado está em $\langle z \rangle = 0.195$.

A probabilidade de interceptar um filamento cósmico entre AGs num SAG é significativamente maior, indicando a melhor direção para buscar linhas de absorção em AGNs.



X
X

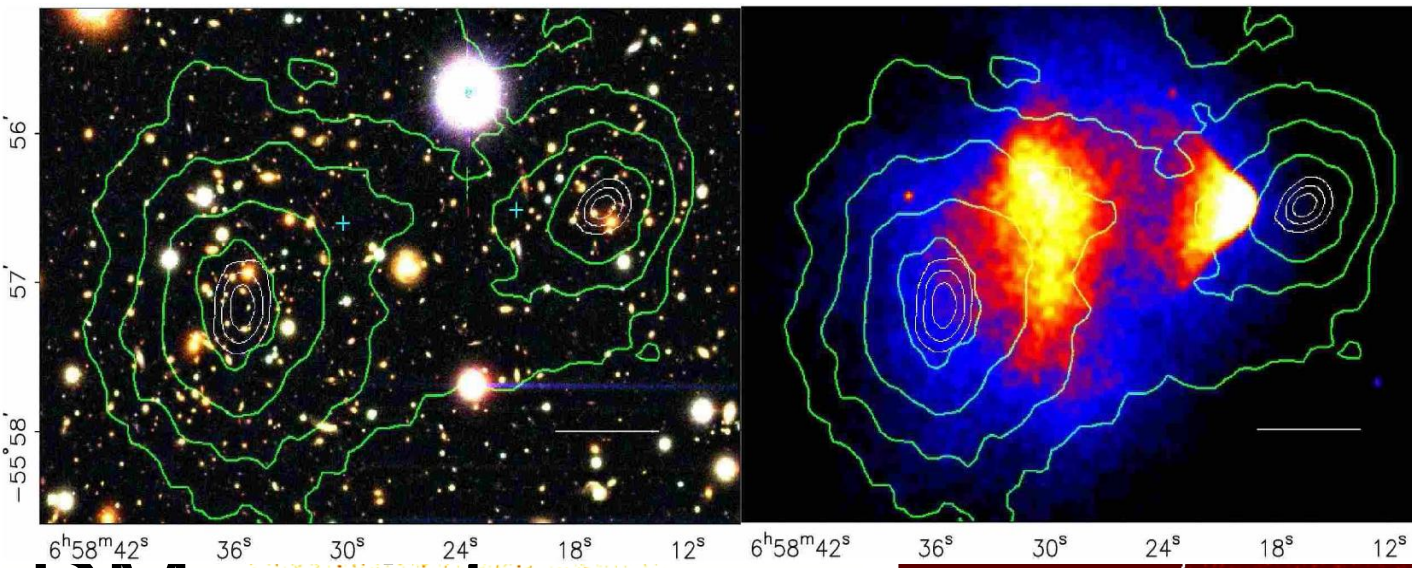
AGN	supercluster(s)	z_{AGN}	z_{SC}	HST	FUSE	W_{Ly} (mÅ)	W_{OVI} (mÅ)	T_{max} (10^6 K)
PHL1811	Aquarius B	0.192	0.084	●	●	300	50	0.2
	Aquarius-Cetus	0.192	0.056	●	●	600	<250	1.0
PG1402+261	Bootes	0.164	0.068	●	●	300	<100	1.6
Ton S180	Pisces-Cetus	0.062	0.060	●	●	100	150	0.1
KAZ102	North Ecliptic Pole	0.136	0.087	●	...	400	...	6.4
H1821+643	North Ecliptic Pole	0.297	0.087	●	●	50	<150	0.4
WGAJ2153	Aquarius-Cetus	0.078	0.056	●	...	400	...	3.6
RXSJ01004-5113	Phoenix	0.062	0.027	●	...	<150	...	...
RXSJ01149-4224	Phoenix	0.124	0.027	○	○	...	...	...
HE0348-5353	Horologium-Reticulum	0.130	0.064	○	...	...	...	...
TEX1601+160	Hercules	0.109	0.035	○	...	...	...	...
Ton 730	Bootes	0.087	0.065	○	○	...	...	...

TABLE 1. Summary of AGN sightlines and detected absorption by intervening supercluster filaments. Filled circles indicate that data have been obtained for the given instrument while open circles indicate targets that have been approved. The last column shows the upper limit on the temperature of the absorbing medium, using the width of the narrowest absorption feature as an upper limit to thermal line broadening.

$P_{\text{chance}} \approx 10^{-8}$ *P de passar por um AG – HST – em andamento*

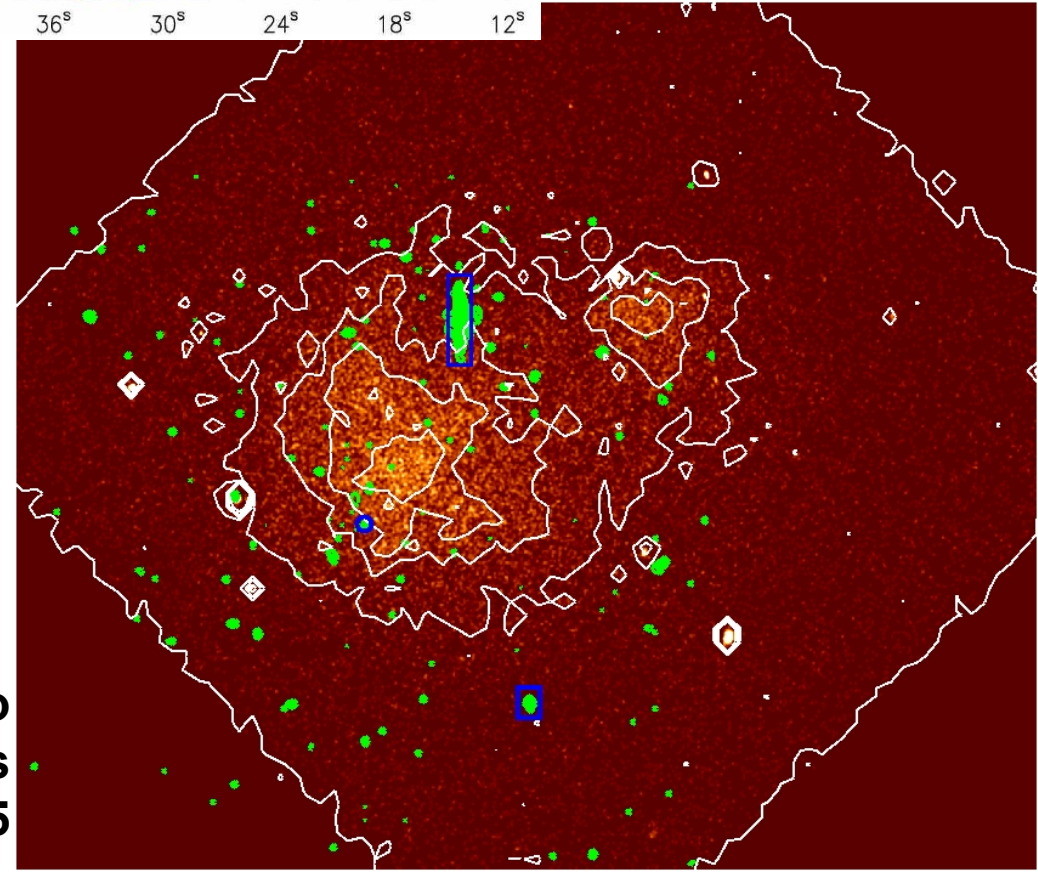
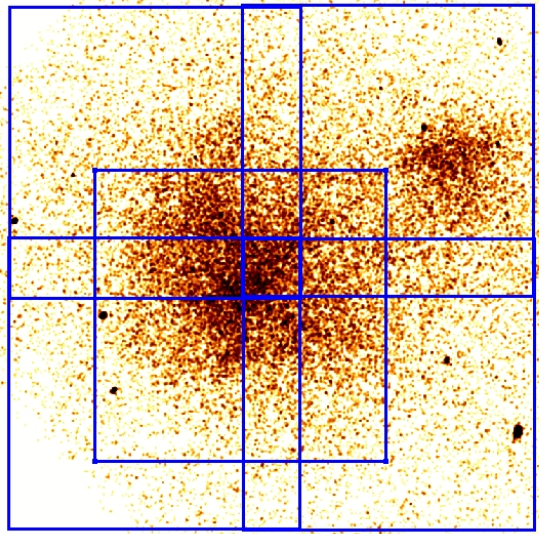
COS will be installed and STIS replaced 2009!
a ser continuado

Projetos a serem iniciados (já aprovados)

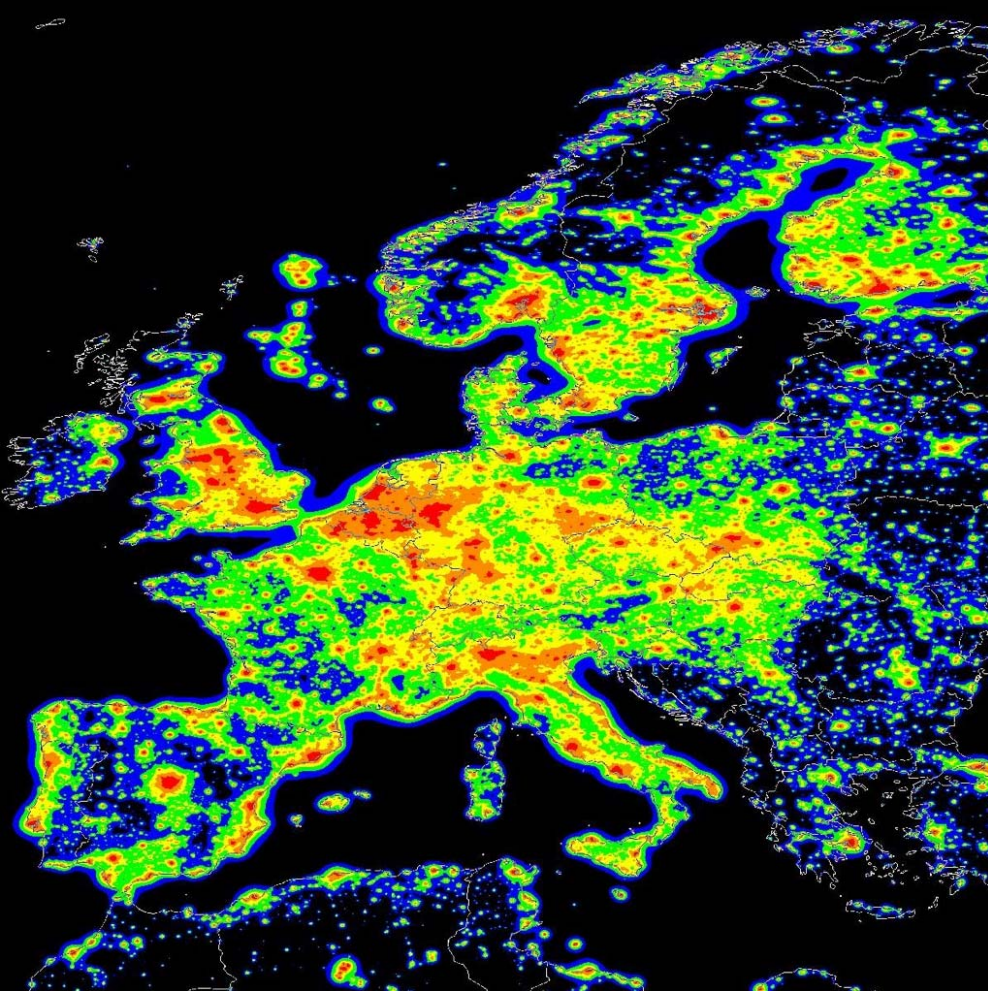


Contornos verdes →
 weak-lensing
 reconstrução de massa
 de [Clowe, et al. 2004](#)).
 Cada contorno
 representa uma mudança
 de densidade superficial
 de massa de $2.8 \times 10^8 M_{\text{sun}}$
 kpc^{-2} .

DM projeto



A2744-Blue circle → posição do
 centróide do componente de massa
 principal ([Smail et al. 1997](#)). $1' \sim 335$
 kpc



*Cluster counts,
XMM+IXO follow-up*

Physics of the Accelerating Universe – PAU BAO

- 8000 deg²*
- Observatorio Científico de Javalambre (2000m)*
- 2m diâmetro, dedicado, Camera de 6 deg² na parte mais escura da Europa Ocidental*
- seeing de 0.6"*
- 40 filtros*
- 15 x 10⁶ galáxias 0.003(1+z)*
- >10⁸ galáxias 0.01(1+z)*
- 5% precision on w*
- 2011-2012, 5MEuros para Camera (Federal)+ 20MEuros (regional) para o telescópio e Observatório.*
- PI telescópio-Benitez*
- PI projeto – Mariano Moles*