UFRJ

UNIVERSIDADE DO BRASIL

Contagem Numérica em Cosmologia Relativística e a Função de Luminosidade Galáctica - Teoria

ARCOS
Astrofísica, Relatividade e COSmologia

Alvaro S. Iribarrem
Observatório do Valongo – UFRJ

Marcelo Byrro Ribeiro
Instituto de Física – UFRJ

William R. Stoeger
Steward Observatory, Universidade do Arizona

Duas formas de descrever a contagem de fontes cosmológicas

- Abordagem **teórica**: usando teoria em cosmologia relativística (Ellis 1971);
- Abordagem **observacional**: usando a função de luminosidade galáctica;
- Nesse trabalho procuraremos mostrar o desenvolvimento da teoria capaz de conectar essas duas abordagens.

Abordagem teórica para a contagem numérica de galáxias

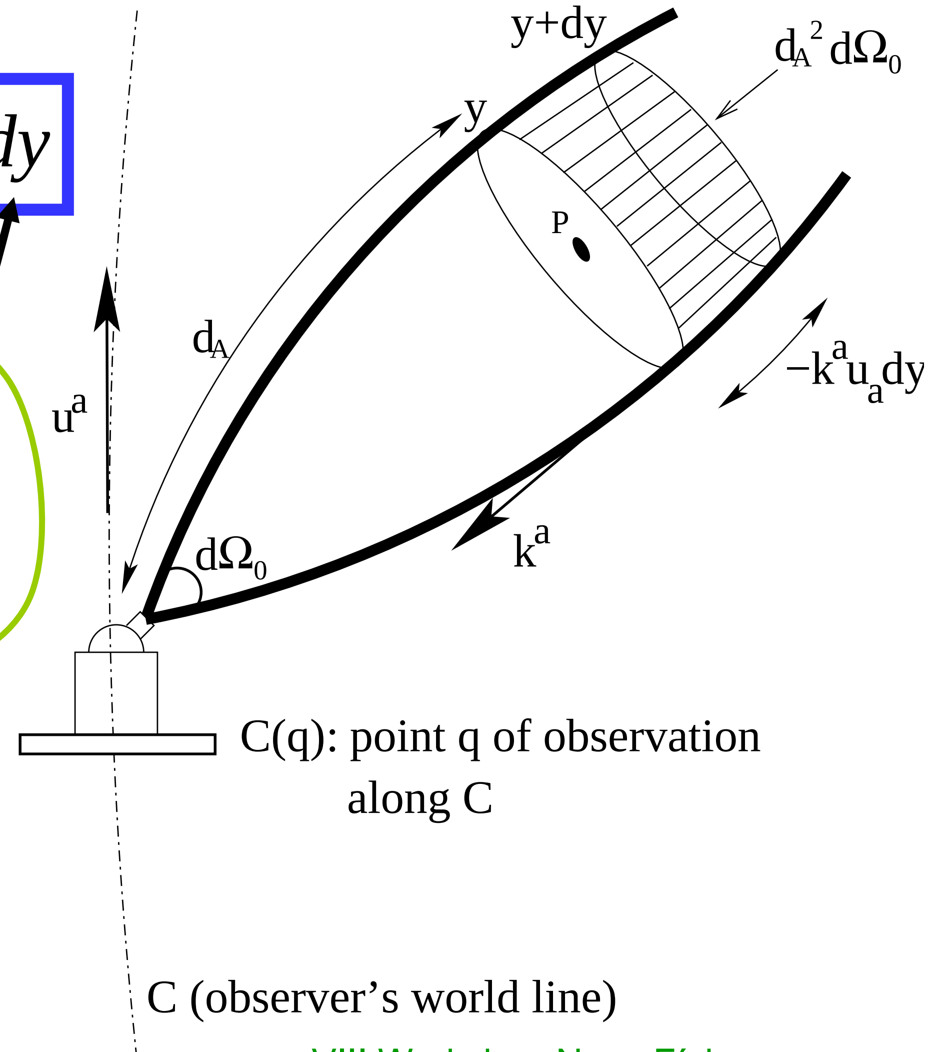
- Procura conectar a contagem com a distribuição de massa do Universo
- Assume a teoria da Relatividade Geral e aproximação de fluido;
- Define-se em termos da densidade numérica própria (lado direito das equações de Einstein), contagem numérica bolométrica, termos geométricos, etc

Contagem numérica em cosmologia relativística

$$dN = (d_A)^2 \, d\Omega_0 [n(y)(-k^a u_a)]_P \, dy$$

Ellis (1971)

- Parâmetro afim ao longo da geodésica nula
- Vetor tangente das geodésicas nulas
- 4-velocidade do observador
- Densidade numérica das fontes em volume próprio
- Ângulo sólido na posição do observador



Marcelo Byrro Ribeiro
ARCOS/IF-UFRJ

Descrição observacional para a contagem numérica de galáxias

- Contagem cumulativa *N,* ou diferencial *dN,* em função da luminosidade, magnitude absoluta e desvio para o vermelho;
- Levam à <u>função de luminosidade galáctica</u> (considera morfologia, bandas de observação, etc); é uma densidade numérica por faixa de luminosidade L.

$$N = N(M); \quad N = N(z)$$

$$\Rightarrow \frac{dN}{dM} \quad ou \quad \frac{dN}{dz}$$

$$\Rightarrow \phi(\ell); \qquad \ell = L \big/ L_*$$

$$L, L + dL$$

Resumo das abordagens teórica e observacional

- Reescrevendo a expressão de Ellis (1971);

$$\frac{dN}{dz} = 4\pi (d_A)^2 (1+z)\, n(y)\, \frac{dy}{dz}$$

- Contagem por meio da função de luminosidade

$$dN(z,L) = \phi(\ell)\, d\ell\, dV$$

- Função de seleção na banda W acima de um limite mínimo de luminosidade $\ell(z)$

$$\psi^W = \int_{\ell(z)}^{\infty} \phi(\ell)\, d\ell; \quad \ell = \frac{L}{L_*}$$

- Função de seleção em todas as luminosidades

$$\Psi(z) = \int_0^{\infty} \phi(\ell)\, d\ell$$

Este trabalho

- Procura unir essas duas tradições utilizando a teoria proposta e desenvolvida nos seguintes trabalhos:

1. *Ribeiro & Stoeger (ApJ 529, 1, **2003**, astro-ph/0304094)*
2. *Albani, Iribarrem, Ribeiro & Stoeger (ApJ 657, 760, **2007**, astro-ph/0611032)*
3. *Iribarrem, Ribeiro & Stoeger (**2009**, submetido)*

- Define novas densidades numéricas mais apropriadas para o estudo das propriedades da distribuição de massa no Universo.
- Aplicações a catálogos de galáxias específicos onde são extraídos *dN/dz* de Φ serão discutidas na próxima apresentação oral de Alvaro Iribarrem.

Conectando as abordagens teórica e observacional

- $J(z)$ é a função de completeza (<1)
- Estima o percentual de galáxias não observadas; abaixo do limite mínimo de luminosidade

$$n(y) = \Psi[z(y)]$$

$$\psi[\ell(z)] = J(z)\Psi(z)$$

$$J(z) = 1 - \frac{1}{\Psi(z)} \int_0^{\ell(z)} \phi(\ell) d\ell$$

Marcelo Byrro Ribeiro
ARCOS/IF-UFRJ

Conectando as abordagens teórica e observacional-2

- A hipótese crítica é a de que uma quantidade teórica *T* está conectada à sua equivalente observacional T_{OBS} por meio da seguinte expressão:

$$T_{OBS} = J\ T$$

- Daí segue-se que:

$$dN_{OBS} = J\ dN\,; \qquad \psi(z) = J(z)\, n_C(z)$$

- E ainda,

$$\left[\frac{dN}{dz}\right]_{OBS} = \frac{V_C}{V_{\mathrm{Pr}}}\,\frac{\psi}{n}\,\frac{dN}{dz}$$

- Os sub-índices indicam volume comóvel (usado no cálculo da função de luminosidade) e volume próprio

Conectando as abordagens teórica e observacional-3

- Usando a expressão de Ellis (1971), temos:

$$\left[\frac{dN}{dz}\right]_{OBS} = \left[\frac{V_C}{V_{\mathrm{Pr}}}(d_A)^2(1+z)\,d\Omega_0\,\frac{dy}{dz}\right] \sum_W a_W \frac{\sum_v P_v M_v \psi_v^W}{\sum_v P_v M_v}$$

- Onde a função de seleção ψ foi expandida em termos de bandas de freqüência W e tipos morfológicos v, conforme,

$$\psi(z) = \sum_W a_W \frac{\sum_v P_v M_v \psi_v^W}{\sum_v P_v M_v}$$

- Onde M é a massa de galáxias com tipo morfológico v e P é sua proporção na amostra (catálogo) selecionada;
- Variações de massa devido a fusões de galáxias são cancelados na expressão acima (considerados apenas na FL).

Conectando as abordagens teórica e observacional-3

- A contagem de galáxias do modelo cosmológico assumido é comparada com a contagem empírica determinada por $\psi(z)$ e com isso obtemos a função que informa a proporção de fontes abaixo do limite de observação, ou seja, $J(z)$;
- Uma vez obtendo $[dN/dz]_{OBS}$, podemos construir vários tipos de densidades numéricas a partir dos catálogos de galáxias e comparar a consistência entre a previsão teórica e as observações.

Densidades numéricas que podem ser obtidas por meio de $[dN/dz]_{OBS}$

- Densidade relativística por fonte μ

- Densidade diferencial γ_i para qualquer distância cosmológica d_i

$$\mu(z) = \frac{\sum_v P_v(z) M_v(z)}{(d_A)^2 d\Omega_0} \frac{dN}{dz}$$

$$\gamma_i = \frac{1}{4\pi (d_i)^2} \frac{dN}{d(d_i)}$$

Aplicações

1. Principal vantagem do uso da função de luminosidade: amostras determinados para valores altos de z, tipicamente z>3, havendo amostras com z=5 ou ainda maiores valores;
2. Pode-se facilmente comparar as quantidades previstas pelo modelo cosmológico com suas equivalentes observacionais para altos valores de z;
3. Permite determinar a consistência entre teoria e observação para tantas amostras quanto disponíveis na literatura;
4. Permite realizar testes astrofísicos acerca da natureza das fontes, pois efeitos de segunda ordem em J(z) podem ser conectados a outros efeitos como fusões de galáxias, taxa de formação estelar, etc *(Iribarrem, Ribeiro & Stoeger, em preparação).*