ESTIMANDO A PRECISÃO DO J-PAS NA RESTRIÇÃO DE PARÂMETROS NO MODELO PADRÃO VIA MATRIZ DE FISHER

Felipe Damasceno
Orientador: Cássio Pigozzo

Inverno Astrofísico 2023
Universidade Federal da Bahia

Conteúdos

Seção atual

Apresentação

Figura: Instituto de Física da UFBA

Seção atual

Cosmologia Observacional

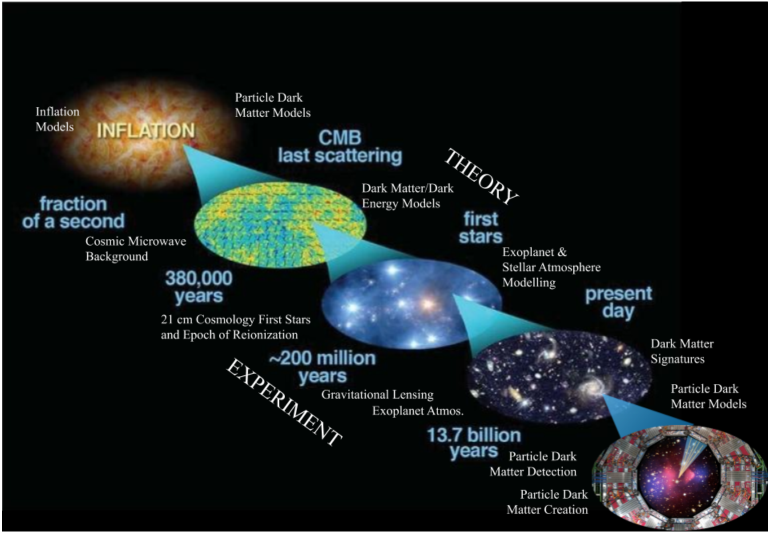


Figura: https://www.brown.edu/academics/physics/news/2019/09/announcing-new-center-fundamental-physics-universe-cfpu

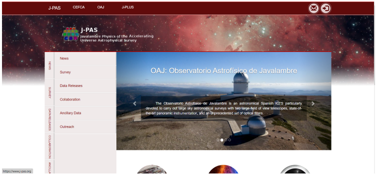
Métodos para obtenção de dados

Existem cinco métodos observacionais que se destacam na obtenção de informações sobre as propriedades do Universo:

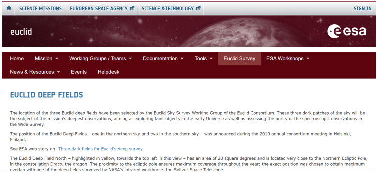
- Supernovas do tipo Ia
- Radiação cósmica de fundo(CMB)
- **Estruturas em larga escala (LSS)**
- Lentes fracas
- Aglomerados de galáxias

Estruturas em larga escala

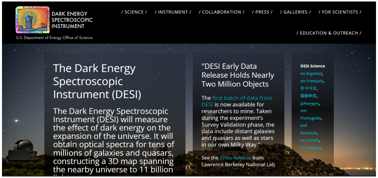
Projetos voltados para a observação de objetos em larga escala como galáxias e quasares, com o objetivo de obter a distribuição de matéria no Universo. Eles são divididos entre duas técnicas de observação **Fotometria e Espectroscopia**.



(a) JPAS



(b) EUCLID



(c) DESI

Seção atual

Flutuações de densidade

Equação que descreve o crescimento de pequenas **flutuações de densidade de matéria**:

$$\ddot{\delta}_m + 2H\dot{\delta}_m - 4\pi G\rho_m\delta_m = 0 \tag{1}$$

Onde:

$$\delta_m = \frac{\varepsilon_m - \bar{\varepsilon}_m}{\bar{\varepsilon}_m} \tag{2}$$

Espectro de potência

Fazendo a expansão de δ em componentes de Fourier:

$$\delta_{\vec{k}} = \frac{1}{V} \int \delta(\vec{r}) e^{i\vec{k}\vec{r}} d^3 r \tag{3}$$

No espaço de Fourier, qualquer função quadrática de uma variável de perturbação é chamado **espectro de potência**, assim:

$$P_\delta(k) = A|\delta_k|^2 \tag{4}$$

Seção atual

Função Likelihood

A ideia é direta, aproximamos uma função Likelihood com uma **distribuição gaussiana**:

$$L \approx Nexp\left[-\frac{1}{2}(\theta_i - \hat{\theta}_i)F_{ij}(\theta_j - \hat{\theta}_j)\right] \tag{5}$$

Expandindo o expoente dessa função em torno do pico:

$$lnL(\theta_i) \approx lnL(\hat{\theta}_i) + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 lnL(\theta_i)}{\partial\theta_i\partial\theta_j}\bigg|_{\mathrm{ML}}(\theta_i - \hat{\theta}_i)(\theta_j - \hat{\theta}_j)$$

E finalmente, a matriz de Fisher é definida:

$$F_{ij} \equiv -\left\langle \frac{\partial^2 lnL(\theta_i)}{\partial\theta_i\partial\theta_j} \right\rangle = -\int \frac{\partial^2 lnL(\theta)}{\partial\theta_i\partial\theta_j} L(\mathbf{x};\theta)d\mathbf{x} \tag{6}$$

Matriz de Fisher

Essa é a cara da matriz de Fisher que utilizamos para mais de um traçador e foi obtida na referência [1]:

$$F_{ij}(z)=\sum_{X,Y=1}^{N} \frac{1}{4\pi^2} \int_{-1}^{1} d\mu' \int_{k'_{\text{min}}}^{k'_{\text{max}}} dk' k'^2 V_a(z) \frac{dln\hat{P}_{X,\text{obs}}(k',z,\mu')}{dp_i} \hat{F}_{XY} \frac{dln\hat{P}_{Y,\text{obs}}(k',z,\mu')}{dp_j}$$

$$\times exp\left[-k'^2(1-\mu'^2)\Sigma^2_{\perp}(z)-k'^2\mu'^2\Sigma^2_{||}(z)\right]$$

Aqui (X,Y) varrem os traçadores LRG, ELG ou QSO, de 0 a 2. E, a função espectro de potência observado:

$$P_{\text{obs}}(k_{\perp}^{\text{fid}},k_{||}^{\text{fid}},z)=\alpha_{\perp}^2\alpha_{||}\left[b_s(z)+f_s(z)\left(\frac{k_{||}^{2,\text{fid}}+\alpha_{||}^2}{k_{||}^{2,\text{fid}}\alpha_{||}^2+k_{\perp}^{2,\text{fid}}\alpha_{\perp}^2}\right)\right]^2+\frac{P_{L,0}}{\sigma_{8,0}^2}exp\left(-k^2\mu^2\frac{\sigma_z^2}{\alpha_{||}^2H^{2,fid}}\right)+P_{shot}$$

Seção atual

Implementação do método

Sobre a implementação do código:

- Estamos trabalhando em um **código independente**;
- Obtivemos a função espectro de potência da matéria a partir do modulo do CAMB;
- Nossa matriz completa tem 10 parâmetros: $\{lnD_A, lnH, f_s, b_{s1}, b_{s2}, b_{s3}, P_{shot}, \Omega_m, h, n_s\}$;
- Para cada termo da matriz fazemos a derivada do lnP_{obs} com relação ao parâmetro.

Dados estimados

Para a estimativa dos dados utilizamos as previsões das colaborações:

Sonda	z_{max}, z_{min}	Área estimada($grau^2$)	σ_z
JPAS	0.3,3.7	4000-8500	0.003(1+z)
DESI	0.1,1.7	14000	0.0005(1+z),0.001(1+z)
EUCLID	1,1.65	15000	0.001(1+z)

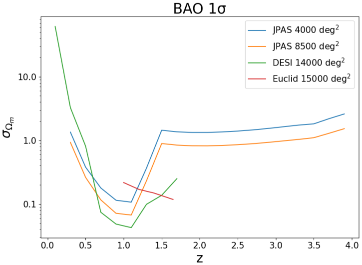
Tabela: Especificações dos equipamentos

Trabalhando com as matrizes

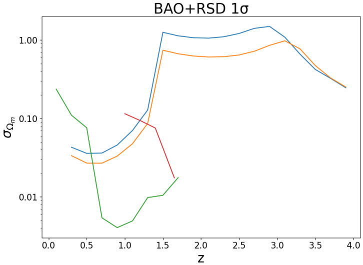
Para obter nossas matrizes para os diferentes cenários, foi preciso realizar algumas operações:
Se, por exemplo, nossa intenção é analisar apenas informações de **BAO**, para $\{\Omega_m, h\}$:

1. Obter a matriz 10x10, 9x9 ou 8x8, a depender do bin;
2. **Marginalizamos** sobre $\{fs, bs_i, P_{shot}, \Omega_m, h, ns\}$;
3. **Projetamos** a matriz, em cada bin, nos parâmetros que estamos analisando $\{\Omega_m, h\}$;
4. E, para as elipses de confiança somamos as matrizes em cada bin de z.

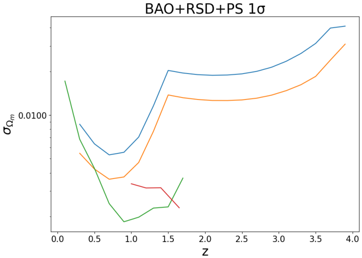
Resultados



BAO 1σ
JPAS 4000 deg²
JPAS 8500 deg²
DESI 14000 deg²
Euclid 15000 deg²
10.0
1.0
0.1
σ_Ωm
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0
z



BAO+RSD 1σ
1.00
0.10
0.01
σ_Ωm
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0
z



BAO+RSD+PS 1σ
0.0100
σ_Ωm
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0
z

Resultados

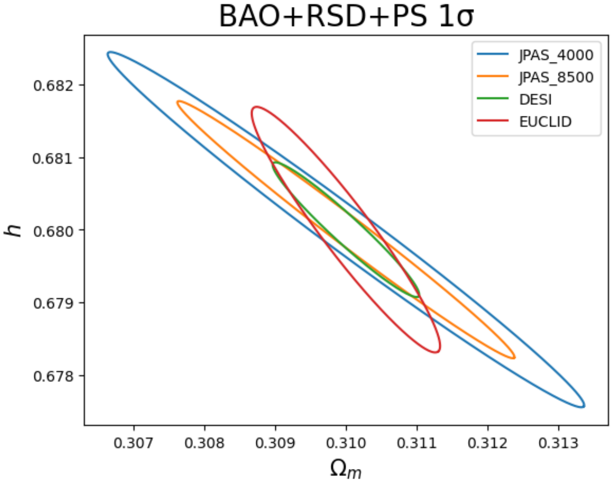


Figura: Contorno de 1σ em torno de $\Omega_m = 0.31$ e $h = 0.68$

Seção atual

Perspectivas

- Estender o código para o modelo de Early Dark Enegy e estimar a precisão do JPAS em restringir os parâmetros desse modelo;
- Entender o que pode ter gerado as divergência nas estimativas do EUCLID;

Agradecimento

Obrigado pela atenção.

Referências

1 Salzano, Vicenzo et al. J-PAS: forecasts on interacting vacuum energy models.Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Volume 2021.

2 Ryden, Barbara. Introduction to Cosmology. Addison-Wesley, 2006.

3 Amendola, Luca. Dark Energy: Theory and Observations. Cambridge University Press, 2010.