

Investigando a Energia Escura e a Geometria do Espaço

O Baryon Oscillation Spectroscopic Survey (BOSS), um dos subprojetos do Sloan Digital Sky Survey III, é um levantamento espectroscópico de uma área de céu de cerca de 10.000 graus quadrados para mapear galáxias vermelhas luminosas e quasares. O projeto tem como finalidade detectar e medir a escala característica deixada na distribuição de matéria pela oscilação acústica dos bárions, quando estes participaram da formação das primeiras estruturas no Universo primordial. Ondas acústicas que se propagaram no Universo primordial, como ondulações num lago ao cair um objeto, deixaram uma escala característica impressa nas flutuações da radiação cósmica de fundo em microondas. Estas flutuações evoluíram formando as grandes estruturas e vazios da distribuição de galáxias. Isto significa que esta escala associada à oscilação acústica dos bárions (Baryon Acoustic Oscillation – BAO), que é de cerca de 150 Mpc, pode ser detectada na distribuição de galáxias, hoje observada. Este conceito é ilustrado abaixo (algumas dimensões relativas foram exageradas para fins de ilustração).

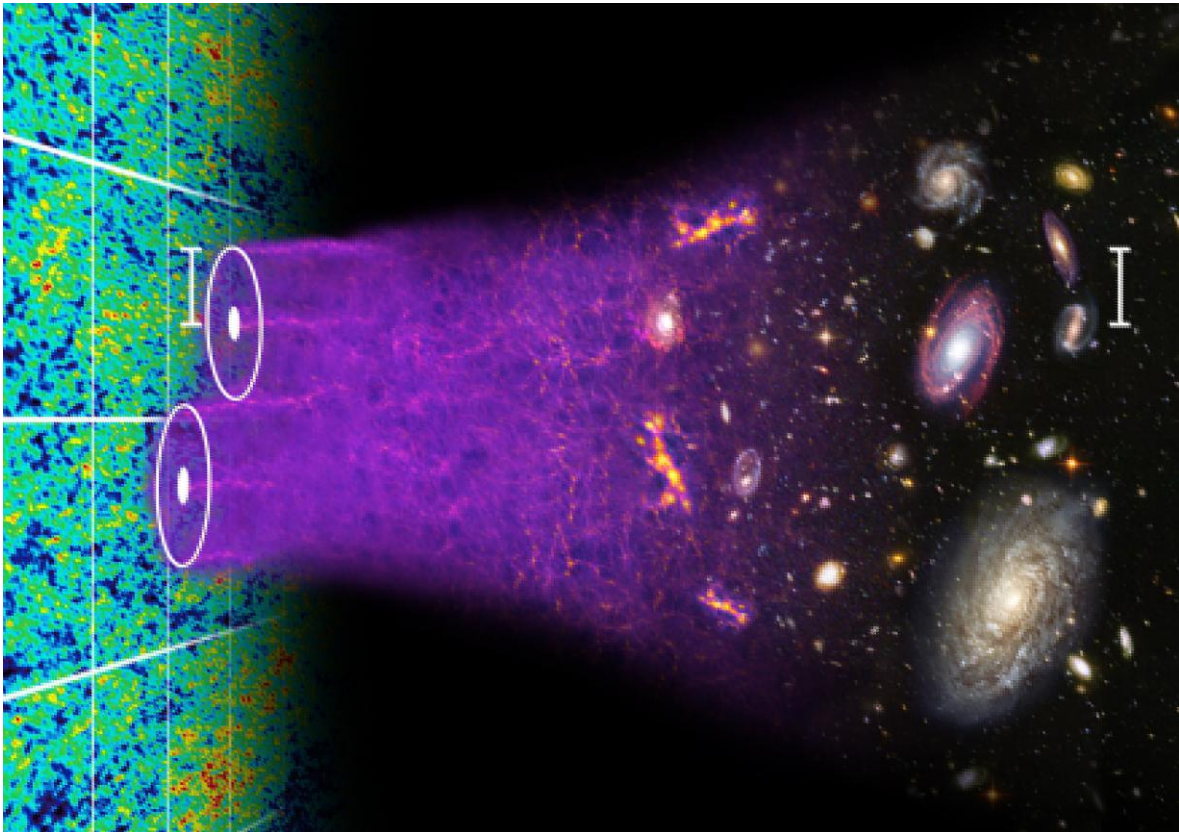
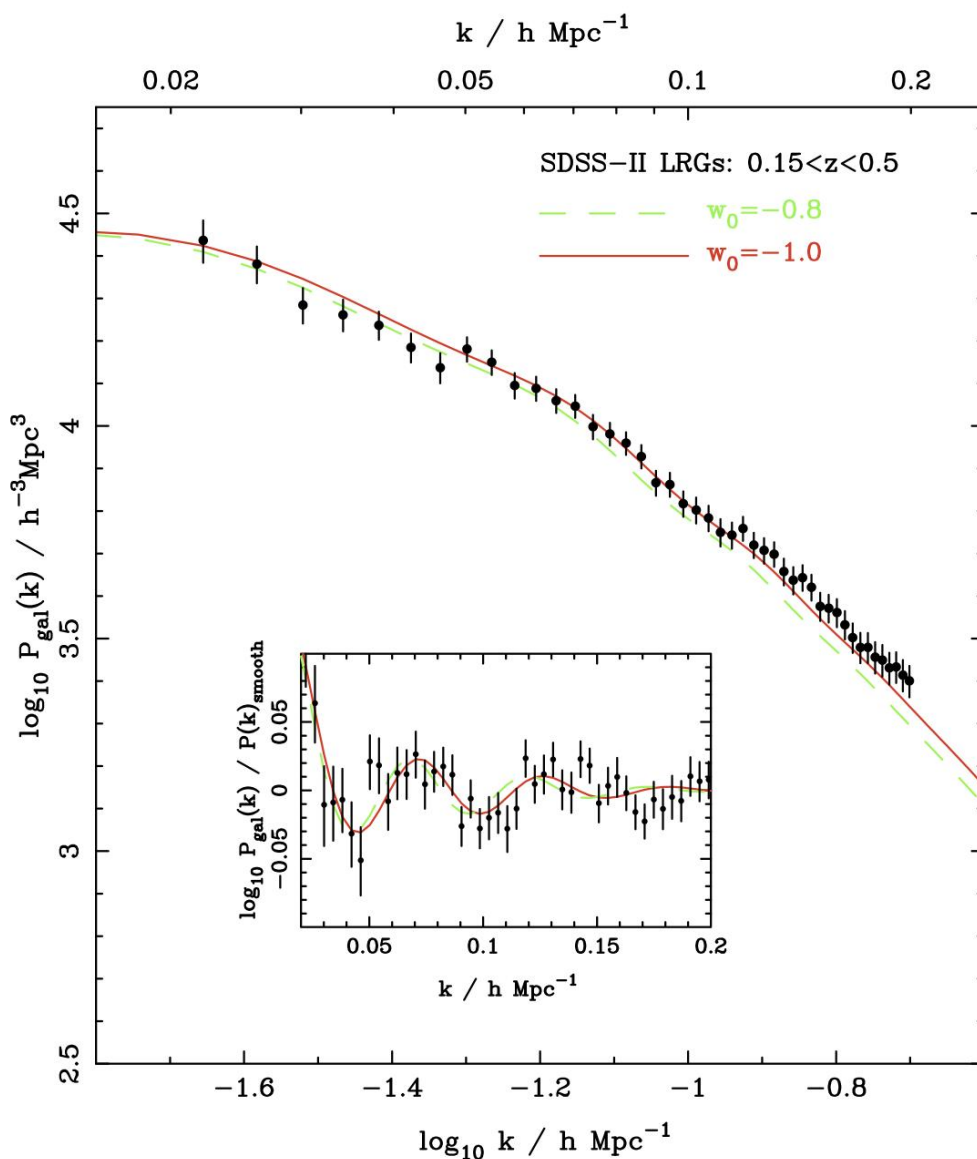


Ilustração do conceito de oscilações acústicas de bárions, que são impressas no Universo primordial (à esquerda) e podem ainda ser vistas na distribuição de galáxias observada nos *surveys* atuais (à direita). Ilustração por cortesia de Chris Blake e Sam Moonfield.

De fato, estas oscilações acústicas de bárions foram identificadas na distribuição de galáxias como ilustrado abaixo, onde é mostrado o espectro de potência das flutuações da distribuição de galáxias. O espectro de potência P é uma medida da intensidade de aglutinação das galáxias numa determinada escala, aqui mostrada como o número de onda k . Por exemplo, as galáxias estão mais aglomeradas (maior potência P) em pequenas escalas (menores valores de k). O painel inserido na figura mostra novamente o espectro de potência quando é subtraída uma componente média suavizada, ressaltando as oscilações, que são o sinal do BAO de interesse cosmológico.



Espectro de Potência de galáxias vermelhas luminosas (Luminous Red Galaxies – LRG) no intervalo de *redshifts* $z=[0.15, 0.5]$. Ilustração: cortesia de Will Percival.

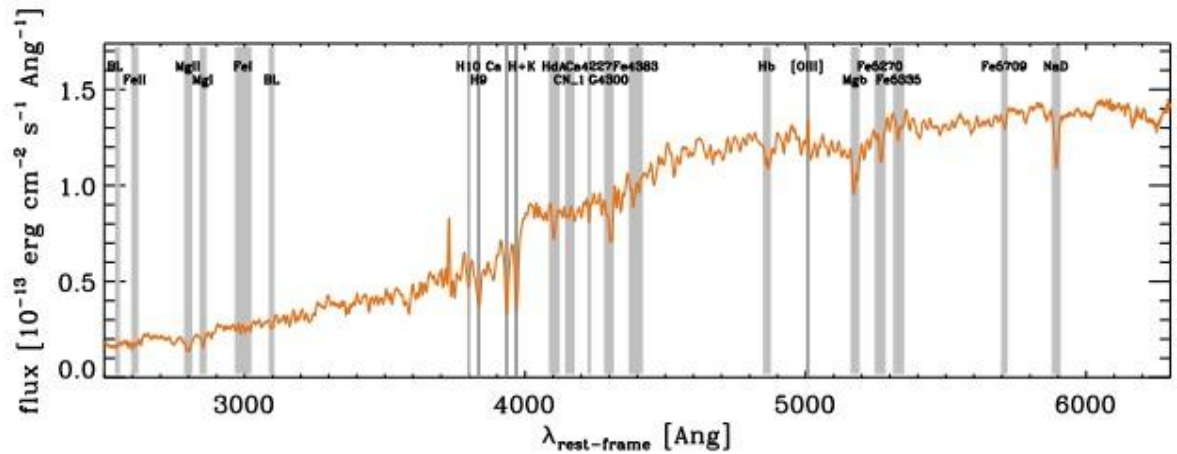
Na figura acima são também mostradas as previsões de dois modelos cosmológicos envolvendo diferentes características (parâmetro w_0 relacionado à equação de estado) da energia escura, a componente desconhecida do Universo que é responsável pela sua expansão acelerada. Análises deste tipo ilustram como a caracterização dessas oscilações (escala e amplitude) pode ser obtida e utilizada para avaliar modelos cosmológicos e a natureza de forças desconhecidas.

Usando essa escala acústica, como uma régua calibrada, o projeto BOSS determinará a distância diâmetro angular (medida na distribuição de galáxias projetada no céu) com uma precisão de 1%, em *redshifts* $z=0.3$ a $z=0.6$, usando a distribuição de galáxias vermelhas luminosas. A distância diâmetro angular também será medida em maiores *redshifts* através da distribuição de linhas de absorção nos espectros de quasares situados em $z \approx 2.5$. Estas absorções são causadas por regiões externas de galáxias entre os quasares e a Terra. Isto permitirá uma medida da distância diâmetro angular com precisão de 1,5%. Com medidas de distância diâmetro angular em diferentes *redshifts*, o BOSS também medirá a taxa da expansão cósmica (a chamada constante de Hubble) com precisão de 1 a 2%. Estas medidas proverão testes importantes para as teorias sobre a energia escura e a origem da aceleração cósmica.

As principais características observacionais do BOSS são mostradas na tabela abaixo.

BOSS (resumo de características observacionais)
Observações em noites sem Lua
Primavera (hem. Sul) de 2009 – Outono (hem. Sul) de 2014
Espectrógrafo de 1.000 fibras, resolução $R \approx 2000$
Intervalo de comprimentos de onda 360 nm – 1000 nm
Área de céu = 10.000 graus quadrados
<i>Redshifts</i> para 1,5 milhões de galáxias luminosas até $z=0.7$
Espectros da floresta de Lyman- α para 160.000 quasares a <i>redshifts</i> $2.2 < z < 3$

Em adição aos vínculos para modelos cosmológicos, o BOSS produzirá uma amostra proeminente de galáxias e quasares, ideal para investigar a formação e evolução de galáxias no Universo. Como exemplo, é mostrado abaixo um espectro acumulado de galáxia vermelha luminosa dos dados iniciais do BOSS, mostrando o nível de detalhamento espectral que se pode esperar destas galáxias em *redshifts* intermediários. Estudando-se as várias linhas em absorção neste espectro (rotuladas e mostradas em cinza) pode-se estimar a idade e a metalicidade do gás formando estrelas nessas galáxias - que é o causador das absorções observadas - contribuindo para a compreensão de como e quando as galáxias se formam. A quantidade e qualidade dos dados do BOSS ampliarão significativamente os avanços nesta área da ciência.



Um espectro acumulado proveniente dos dados iniciais do BOSS. Ilustração: cortesia de Daniel Thomas

Uma descrição detalhada do projeto BOSS pode ser encontrada na seção 3 do documento em <http://www.sdss3.org/collaboration/description.pdf>

O Brasil participa do Sloan Digital Sky Survey-III (www.sdss3.org) através do Brazilian Participation Group (BPG), que reúne atualmente pesquisadores, pós-doutores e alunos do Observatório Nacional (ON), Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Observatório do Valongo/UFRJ e Departamento de Astronomia/UFRGS, sob coordenação do primeiro. O Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIeA, www.linea.gov.br), envolvendo o ON, o CBPF e o LNCC, está distribuindo a partir de janeiro de 2011 os dados públicos do SDSS para a comunidade científica.

Texto traduzido e adaptado de documentos da colaboração SDSS-III por Paulo Pellegrini, membro do BPG