

Sumário

Prefácio	i
1 Primeiros passos na cosmologia	1
1.1 Teoria da Relatividade Geral	1
1.2 Princípio Cosmológico	3
1.3 Modelos cosmológicos	3
1.4 Últimas palavras	4
2 Universo do Estrondão Quente	7
2.1 O que é	7
2.1.1 Fase 1	8
2.1.2 Fase 2	9
2.1.3 Fase 3	9
2.2 Os pontos fracos do UEQ	9
2.2.1 O dilema da idade	9
2.2.2 Matéria e energia “escuras”	11
2.3 Considerações finais	12
3 Universo em expansão... ou não?	15
3.1 Introdução	15
3.2 Qualificando os desvios espectrais	17
3.3 Conclusão	18
4 Padre Lemaître e a expansão	19
5 Imagética da escuridão	25
5.1 Introdução	25
5.2 Imagética da escuridão	26
5.3 Problemas do MPC	31
6 Matéria escura não bariônica	33
6.1 As simetrias	33
6.2 O áxion	34
6.3 Cosmologia padrão: matéria escura não bariônica	34
6.4 Neutrinos: por que não eles?	35

6.5	Balanco de matéria-energia do universo segundo o modelo padrão	35
7	Efeito Hubble revisitado	37
7.1	Introdução	37
7.2	Desvio espectral	39
7.3	Efeito Hubble	44
7.3.1	Efeito Doppler	45
7.3.2	Expansão do espaço	46
7.3.3	Luz cansada	46
7.4	Considerações adicionais	47
8	Teste do desvio para o vermelho	49
8.1	Introdução	49
8.2	O teste do desvio para o vermelho	50
8.3	Considerações finais	54
8.3.1	Observação de 4.000 horas	54
8.3.2	Universo sem expansão	55
8.3.3	Sandage	55
9	Galileu de Palomar	57
9.1	Introdução	57
9.2	Incrementando o balé	59
9.2.1	Desvios anômalos	59
9.2.2	Desvios quantizados	62
9.3	Cosmologia Relativista Machiana	63
9.3.1	CRM e desvios anômalos	65
9.3.2	CRM e desvios quantizados	65
9.4	Considerações finais	66
10	Idade do universo	69
11	Dilema da idade	75
12	Tromba do elefante cósmico	79
13	Elefante revisitado	81
13.1	Introdução	81
13.2	O poder dos parâmetros livres	82
13.3	As anisotropias da RFM	84
13.4	Considerações finais	87
14	Inflação cósmica	89

15 Falácia da Independência	95
15.1 Introdução	95
15.2 A “descoberta” da expansão acelerada	96
15.3 A Falácia	99
15.4 Considerações finais	99
16 Grande mancada de Einstein	101
17 Um Milhão de Galáxias	105
18 Bosques estelares	111
18.1 Introdução	111
18.2 Aglomerados estelares	113
18.2.1 Aglomerados abertos	113
18.2.2 Aglomerados globulares	115
18.3 Considerações finais	116
19 Floresta encoberta	119
19.1 Introdução	119
19.2 O limite de fundo bidimensional	120
19.3 Florestas de brinquedo	122
19.4 Considerações finais	124
20 Escuridão do espaço	127
20.1 Introdução	127
20.2 A escuridão do céu noturno	130
20.3 Espaço profundo	135
20.3.1 Universo do MPC	135
20.3.2 Universo Infinito no Tempo e no Espaço	136
20.4 Considerações finais	137
Referências Bibliográficas	139

Prefácio

Este livro contém uma coletânea de textos onde apresento as minhas reflexões sobre vários aspectos da cosmologia moderna. Ele surgiu de minha experiência como professor de cosmologia relativista no curso de graduação em física do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais, durante o período de 2001 a 2010. O público alvo é, primordialmente, constituído por estudantes de física e astronomia que cursam a graduação, mas leitores em nível de pós-graduação e pesquisadores em astrofísica e cosmologia também poderão encontrar algum proveito na leitura destes Ensaios. Por outro lado, a maioria dos ensaios não exige conhecimento da matemática de graduação universitária.

Um ensaio, “A escuridão do espaço profundo”, foi escrito em colaboração com meu colega da Universidade Estadual de Maringá, PR, Prof. Marcos César Danhoni Neves. A ele, os meus sinceros agradecimentos. Agradeço também, em especial, ao Prof. Reynier Peletier do Instituto Astronômico Kapteyn, da Universidade de Groningen, Holanda, pela facilitação do uso do computador do Instituto Kapteyn, que muito me ajudou, particularmente na confecção de muitas figuras e diagramas que aparecem nos Ensaios.

A capa é a reprodução de uma imagem obtida pelo *Two Micron All Sky Survey (2MASS)*, um projeto conjunto da Universidade de Massachusetts e do Centro de Análise e Processamento de Infravermelho do Instituto de Tecnologia da Califórnia, financiado pela NASA e pela NSF (*National Science Foundation*).

Todos os Ensaios desta coleção aparecem também em minha página eletrônica pessoal no Departamento de Física (<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/>) nas seções “*Tópicos em cosmologia relativista*” e “*Textos & Notícias*”.

Domingos Soares

Belo Horizonte, MG, outubro de 2021