



Astrofísica Geral

Tema 17: Física da Via Láctea

Alexandre Zabet

Índice

Rotação, Massa e Matéria escura

Populações estelares

Formação estelar da Galáxia

Meio interestelar

Estrutura espiral

Bibliografia



Índice

Rotação, Massa e Matéria escura

Populações estelares

Formação estelar da Galáxia

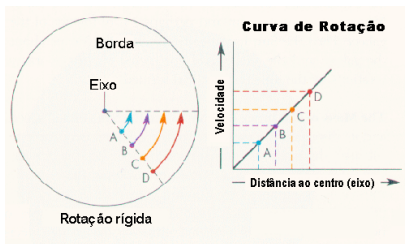
Meio interestelar

Estrutura espiral

Bibliografia

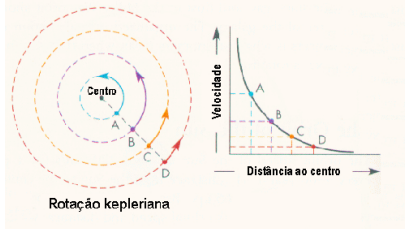


Curva de Rotação



Rotação rígida

$$v = \omega r$$



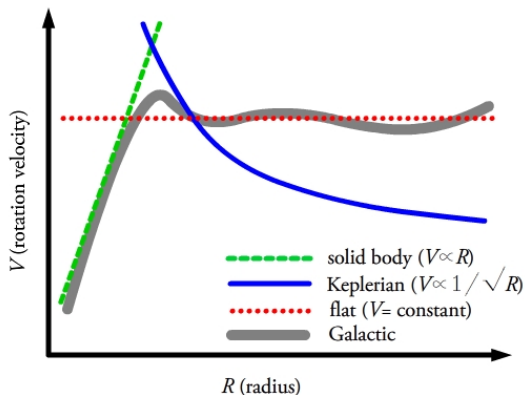
Rotação kepleriana

$$v = \sqrt{\frac{MG}{R}}$$

Curvas de rotação para um disco.



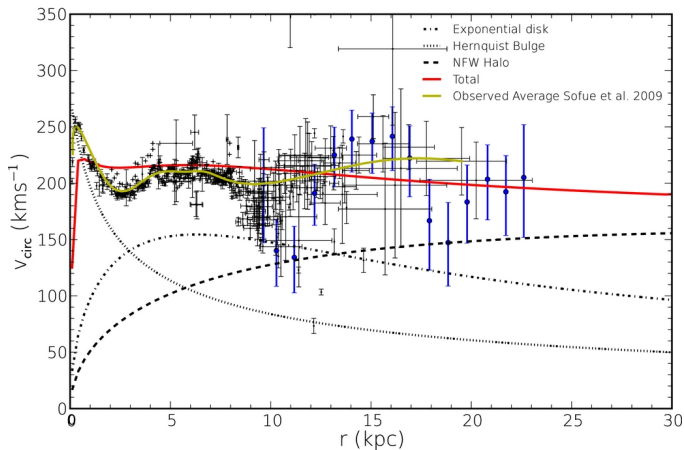
Curva de Rotação



O que observamos na Via Láctea parece-se com uma mistura dos dois.



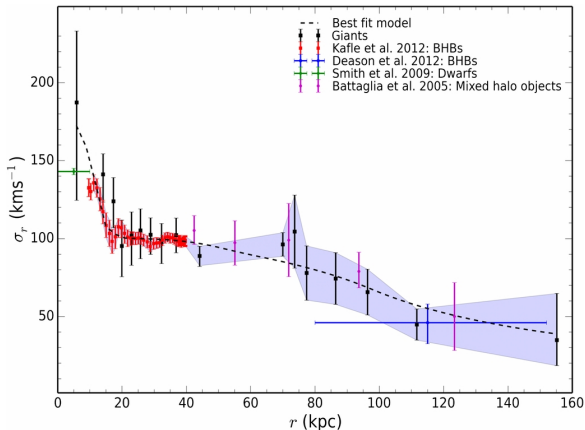
Curva de Rotação



Curva de rotação da Via láctea obtida por Prajwal et al em 2012 usando 4664 estrelas azuis do Halo. Somente adicionando uma componente de Matéria Escura (NFW), é possível explicar a curva de rotação.



Curva de Rotação

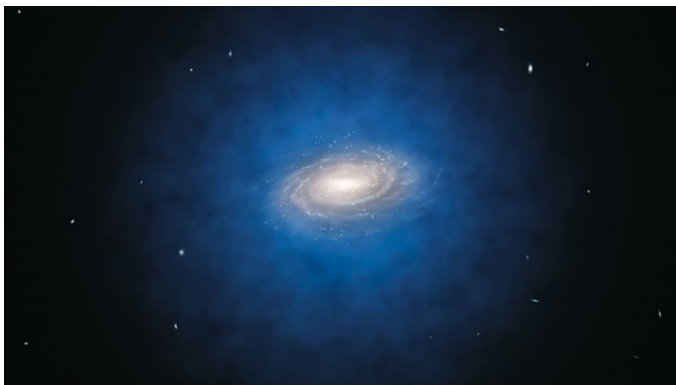


Em 2014 Prajwal ampliou o estudo de 2012, usando outras informações e obtendo dados de até 160 kpc, bem além do disco estelar, dentro do Halo de Matéria escura.

Descobriu que há duas vezes menos matéria escura do que se pensava.



Halo de matéria escura



Pela curva de rotação da galáxia, acredita-se que há um Halo de Matéria escura. As estimativas atuais indicam uma massa luminosa de $9 \times 10^{10} M_{\odot}$ e uma massa escura de até $3 \times 10^{12} M_{\odot}$. Ou seja: mais de **95%** da massa da Via láctea é de **matéria escura**.



Matéria escura na Via láctea

- ▶ Falaremos sobre a matéria escura nas aulas 23 e 24.
- ▶ Mas alguns fatos importantes que a Via láctea revela:
 - ▶ A distribuição é uniforme
 - ▶ Há um halo extenso
 - ▶ Só interage via gravidade



Fritz Zwicky (1898 - 1974), descobriu a matéria escura em 1933 estudando o movimento de galáxias no aglomerado de Coma.



Índice

Rotação, Massa e Matéria escura

Populações estelares

Formação estelar da Galáxia

Meio interestelar

Estrutura espiral

Bibliografia



Andrômeda

- ▶ Walter Baad identificou duas populações estelares em Andrômeda:
 - ▶ Estrelas azuis (O e B) no disco
 - ▶ Estrelas vermelhas no halo
- ▶ Mais tarde o mesmo foi identificado na Via Láctea
- ▶ As populações estelares diferem por três características:
 - ▶ Idade
 - ▶ Metalicidade
 - ▶ Localização



Galáxia de Andrômeda, estudada por Walter Baad na década de 30.

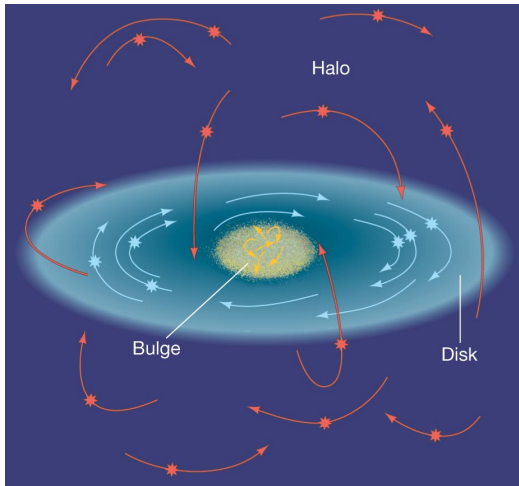


Populações da Via Láctea

	Pop I	Pop II
Idade	jovens	velhas
Metalicidade	média e alta	baixa
Localização	disco	halo e bojo
Observações	Sol; Órbitas no plano do disco; Mesmo sentido de rotação; Regiões com bastante gás	Aglomerados globulares; Regiões com pouco gás; Órbitas fora do plano do disco; Sentido de rotação aleatório



Populações da Via Láctea



Movimentos das populações estelares na Via Láctea.



Diagrama idade – metalicidade

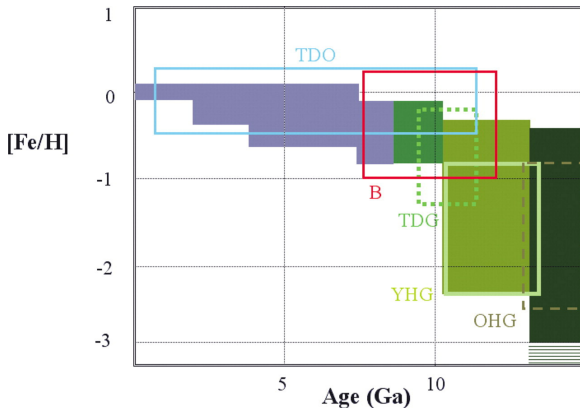


Diagrama idade – metalicidade da Galáxia por Freeman & Bland-Hawthorn, 2002.

TDO: Aglomerados abertos do disco fino; TDG: aglomerados do disco espesso; B:

Bojo; YHG: aglomerados jovens do halo; OHG: aglomerados velhos do halo.



Índice

Rotação, Massa e Matéria escura

Populações estelares

Formação estelar da Galáxia

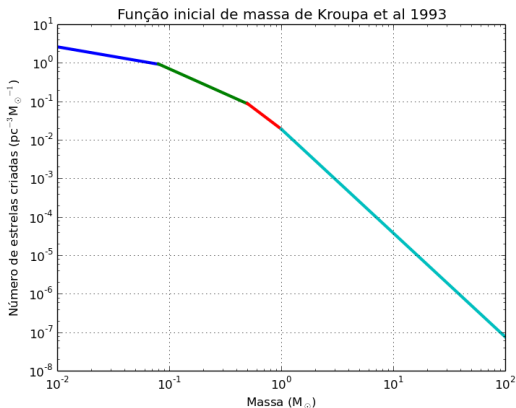
Meio interestelar

Estrutura espiral

Bibliografia



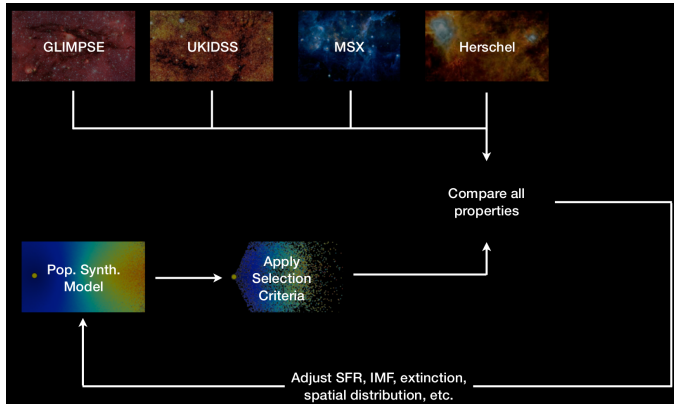
Função Inicial de Massa



A função inicial de massa descreve qual o número de estrelas formadas com uma determinada massa em uma região do espaço. A relação de Kroupa et al, 1993, é muito usada.



Taxa de formação estelar

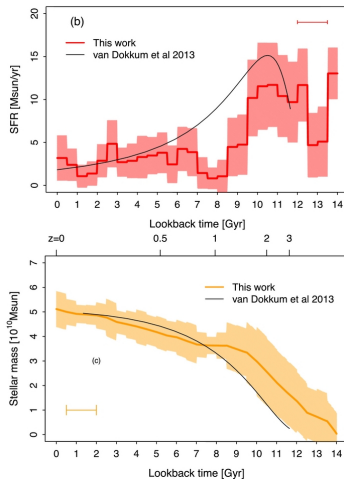


É possível medir a taxa de formação estelar da Via Láctea estudando a quantidade e distribuição de estrelas jovens. Para isso é necessário relacionar dados de várias faixas espectrais com modelos teóricos e a Função Inicial de Massa da Galáxia. Robitaille & Whitney fizeram isso em 2010 e encontram um valor 0.68 a $1.45 \text{ M}_{\odot}\text{yr}^{-1}$.



História de formação estelar

- ▶ Alta taxa e formação entre 13 e 9 Gyr atrás
- ▶ Formação do disco neste período
- ▶ Menor formação nos períodos seguintes
- ▶ Taxa baixa curiosa há 8 Gyr



História de Formação Estelar da Via láctea segundo Snaith et al, 2013.



Índice

Rotação, Massa e Matéria escura

Populações estelares

Formação estelar da Galáxia

Meio interestelar

Estrutura espiral

Bibliografia



Meio interestelar

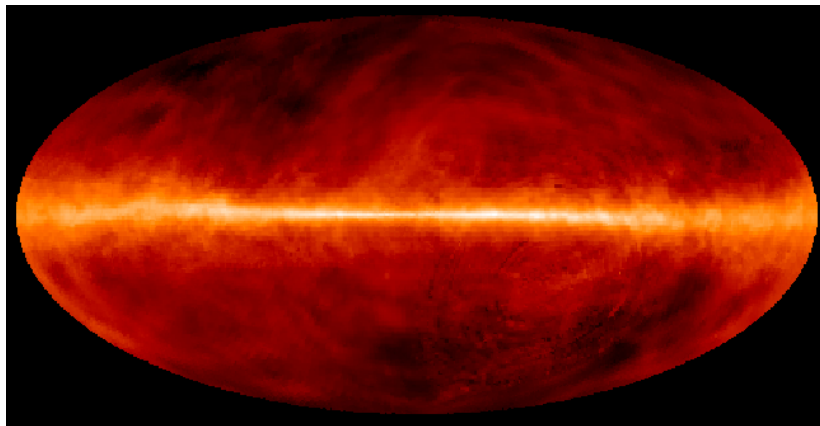
- ▶ Maior parte do volume da Galáxia
- ▶ Basicamente poeira e gás
 - ▶ Gás neutro
 - ▶ Regiões HII
 - ▶ Nebulosas diversas
 - ▶ Nuvens moleculares
 - ▶ Poeira
 - ▶ longo etc ...



Região de formação estelar NGC 3603:
estrelas, poeira e gás.



Linha de 21 cm do HI



Mapa da Via Láctea na linha de 21 cm do HI, mostra a distribuição de gás hidrogênio neutro. Ele está mais concentrado no plano da Galáxia.



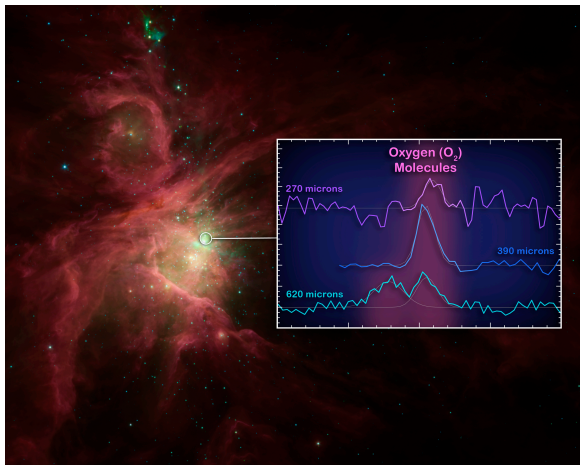
Nebulosas fotoionizadas

	Regiões H II	Nebulosas planetárias
Tipo espectral	O, B	O, W
Temperatura efetiva	30.000 - 50.000 K	30.000 - 300.000 K
População	I jovem	I velha - II
Temperatura eletrônica	10^4 K	10^4 K
Densidade eletrônica	$10 - 10^2 \text{ cm}^{-3}$	$10^2 - 10^4 \text{ cm}^{-3}$
Massa total	$10^2 - 10^4 M_{\odot}$	$0,01 - 1 M_{\odot}$
Dimensão típica	10 pc	$\lesssim 0,5$ pc
Estado do H	H^+	H^+
Estado do He	He^+	$\text{He}^+, \text{He}^{++}$
Elementos pesados	ionizados	ionizados
Velocidade típica	10 km/s (térmica)	25 km/s (expansão)

As nebulosas ionizadas por fontes de luz são constituintes importantes do meio interestelar. Esta tabela resume alguns dados.



Nebulosas fotoionizadas



As nebulosas ionizadas têm emissão de vários elementos químicos, que podem ser estudadas em detalhe para a compreensão da física. Exemplo da nebulosa de Órion.



Poeira interestelar

- ▶ Muito importante
- ▶ Avermelhamento
- ▶ Polarização
- ▶ Emissão infravermelho

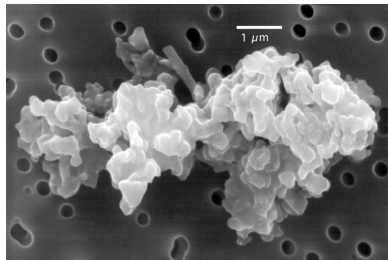


Imagem de um condrito, tipo comum de poeira interestelar.

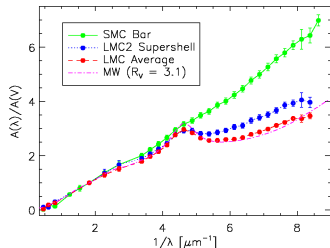


Extinção interestelar

$$m_\lambda - M_\lambda = 5 \log(d) - 5 + A_\lambda$$

$$R_V = \frac{A_V}{A_B - A_V} \approx cte$$

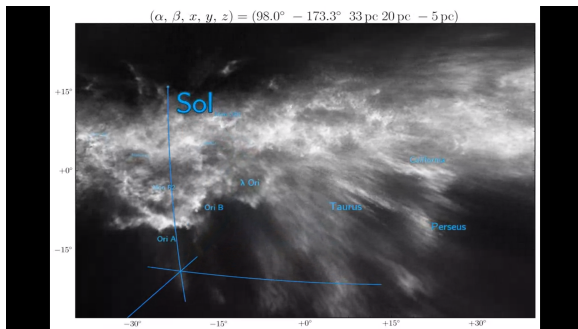
- ▶ A_x : extinção em x
- ▶ R_V : razão relacionada com o tamanho da poeira. Tipicamente 3.1 para a Via láctea, podendo variar bastante com a linha de visada.



Curvas de extinção interestelar causada por poeira na Via láctea e nas nuvens de magalhães.



Extinção interestelar



<http://argonaut.skymaps.info>

Passeio 3D pelo mapa de extinção por poeira na Via láctea. Green et al, ApJ, 2015.



Índice

Rotação, Massa e Matéria escura

Populações estelares

Formação estelar da Galáxia

Meio interestelar

Estrutura espiral

Bibliografia



Braços espirais

- ▶ Três modelos para explicar
 - ▶ Rotação diferencial
 - ▶ Ondas de densidade
 - ▶ Interação com outras galáxias

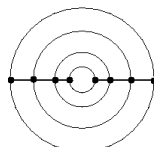


Galáxia NGC 908

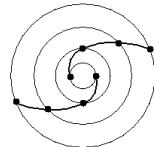


Rotação diferencial

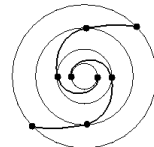
- ▶ Modelo mais simples
- ▶ Acontece em toda rotação com velocidade angular diferencial
- ▶ Os braços se desfazem e refazem continuamente



start



50 million years

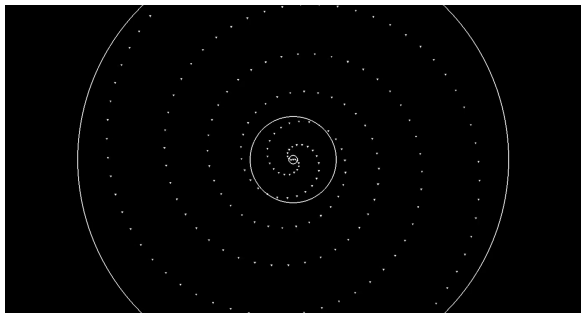


100 million years

Formação de braços espirais.



Rotação diferencial

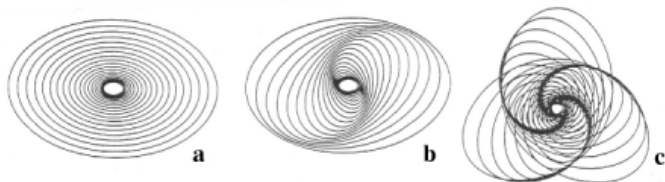


Video com ilustração da formação dos braços por rotação diferencial



Ondas de densidade

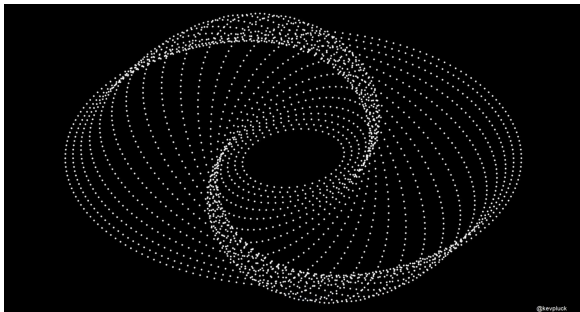
- ▶ Modelo mais sofisticado
- ▶ Regiões de densidade mais alta se movimentando
- ▶ Alinhamento de órbitas



Formação de braços espirais no modelo de ondas de densidade.



Ondas de densidade



<https://www.youtube.com/watch?v=IMReQ6hVw5s>

Ilustração de como os braços espirais se formam por ondas de densidade.



Ondas de densidade



<https://www.youtube.com/watch?v=5sGKuoBnTn0>

Simulação numérica da formação de braços espirais.

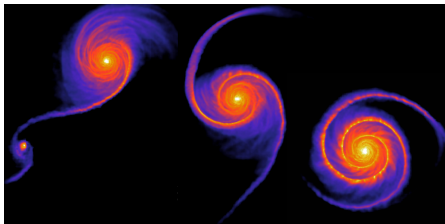


Interações com outras galáxias

Interações gravitacionais podem originar braços espirais



Os braços espirais na Galáxia do Redemoinho são tão fantásticos porque são gerados pela interação com sua vizinha. Sistema M 51.



Simulação da interação entre duas galáxias e a formação de braços espirais.



Índice

Rotação, Massa e Matéria escura

Populações estelares

Formação estelar da Galáxia

Meio interestelar

Estrutura espiral

Bibliografia



Fontes para estudo

- ▶ O céu que nos envolve, capítulo 8
- ▶ Fascínio do Universo, capítulo 5
- ▶ Curso de Astronomia II do Prof. Steiner, aula 1.
- ▶ Seção “Via Láctea” em <http://astro.if.ufrgs.br/>



REALIZAÇÃO

