



**ASTROFÍSICA**  
*Para Todos*



**NÍVEL**  
**LEMAÎTRE**

**Astrofísica Geral**

**Tema 29: Busca por vida  
inteligente**

Alexandre Zabet

# Índice

Equação de Drake

Paradoxo de Fermi

Sinais de vida inteligente

Projetos SETI e METI

E se houver contato?

Bibliografia



# Índice

Equação de Drake

Paradoxo de Fermi

Sinais de vida inteligente

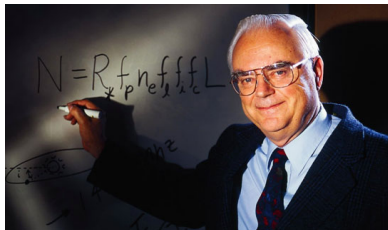
Projetos SETI e METI

E se houver contato?

Bibliografia



# Qual a chance de existir vida ET inteligente?










Frank Drake (1930 –) é um dos pioneiros na busca por sinais de vida extraterrestre inteligente.

- ▶ Equação de Drake
- ▶ Estruturação do Arecibo
- ▶ Envio de mensagem com o Arecibo
- ▶ Projeto da placa na Pioneer com Sagan e outros
- ▶ Projeto SETI



# Equação de Drake

$$N = R_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

	Variável	Estimativa
	$R_*$ Taxa de formação de estrelas na Galáxia (ou ~ Número de Estrelas / Idade da Galáxia).	Otimista: 7 Meio: 3 Pessimista: 0.2
	$f_p$ Fração de estrelas que têm planetas em órbita	Otimista: 0.8 Meio: 0.5 Pessimista: 0.3
	$n_e$ Número médio de planetas com condições para vida neste sistema. (Não esqueça dos satélites!)	Otimista: 2 Meio: 1 Pessimista: 0.1
	$f_l$ Fração dos planetas com potencial para vida que desenvolvem vida.	Otimista: 1 Meio: 0.1 Pessimista: 0.01
	$f_i$ Fração de planetas que desenvolvem vida inteligente.	Otimista: 0.025 Meio: 0.01 Pessimista: 0.001
	$f_c$ Fração de civilizações com capacidade para comunicar-se.	Otimista: 0.01 Meio: 0.005 Pessimista: 0.001
	$L$ Tempo esperado de existência COMUNICANTE de tal civilização.	Otimista: 200 mil a Meio: 100 mil a Pessimista: 10 mil a
	$N$ Número de Civilizações	Otimista: 560 Meio: 0.75 Pessimista: $6 \times 10^{-7}$



# Índice

Equação de Drake

Paradoxo de Fermi

Sinais de vida inteligente

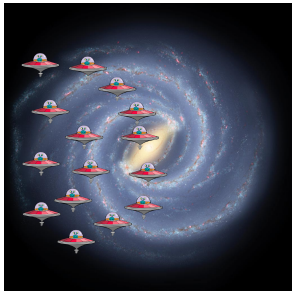
Projetos SETI e METI

E se houver contato?

Bibliografia



# Colonizando a Galáxia



- ▶ Na aula 16 vimos que a distância média entre as estrelas da Via Láctea é de 5 anos luz
- ▶ Se uma civilização tiver naves que viajam a 1% da velocidade da luz, levará 500 anos para ir de uma estrela a outra.
- ▶ Se ficar lá por mais 500 anos para se preparar para ir para outra estrela, levará 1000 anos para ir de uma estrela para outra
- ▶ Ou seja, cruzará a Galáxia a 0.5% da velocidade da luz
- ▶ A Galáxia tem 100 mil anos luz de diâmetro
- ▶ Portanto, poderá colonizar toda a Galáxia em até 20 milhões de anos
- ▶ Simulações numéricas sugerem números como esse e que todas as estrelas com planetas seriam visitadas.



# Paradoxo de Fermi



- ▶ O Sol tem  $\sim 5$  Ga
- ▶ A vida inteligente levou  $\sim 5$  Ga para surgir na Terra
- ▶ A Galáxia tem  $\sim 15$  Ga
- ▶ Há muitas estrelas que já poderiam ter vida inteligente há  $\sim 10$  Ga
- ▶ É possível colonizar a Galáxia em menos de 100 milhões de anos
- ▶ Onde estão os ETs?





# Soluções para o Paradoxo de Fermi



- ▶ Surgiram poucas civilizações inteligentes
- ▶ Não duram milhões de anos.
  - ▶ A vida inteligente se autodestrói
- ▶ Comunicação é difícil:
  - ▶ Tamanho do universo
  - ▶ Faixa de frequência
  - ▶ Energia
- ▶ É muito caro explorar a Galáxia
- ▶ Não procuramos por tempo suficiente
- ▶ Eles não querem ser vistos (hipótese do zoológico)!
  - ▶ 1ª diretriz da Frota Estelar em Star Trek: não interferir em civilizações mais atrasadas. (Como tratamos os índios?)



# Índice

Equação de Drake

Paradoxo de Fermi

Sinais de vida inteligente

Projetos SETI e METI

E se houver contato?

Bibliografia



# Quais sinais?



Como detectar vida inteligente?

1. Atmosferas planetárias com poluição
2. Engenharia planetária e estelar
3. Comunicação
4. Controle do espaço-tempo
5. Artefatos alienígenas aqui (UFO)



# Atmosferas planetárias



A poluição do ar por elementos químicos industrializados poderia ser facilmente detectada. Em especial: óxidos de enxofre ou nitrogênio, elementos a base de Cloro e partículas diversas (fuligem, etc).



# Engenharia planetária e estelar

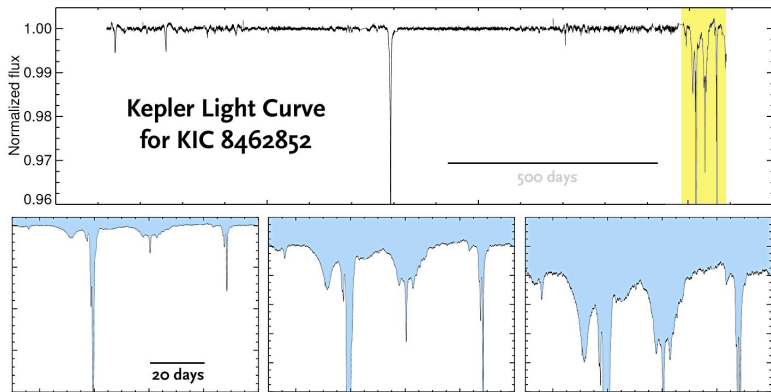


Esfera de Dyson em Star Trek.

- ▶ Obtenção de energia
  - ▶ Esfera de Dyson
  - ▶ Colonização de outros planetas
  - ▶ Estrelas artificiais
- ▶ Obtenção de recursos minerais
  - ▶ Minerar planetas, luas, asteroides, etc.
  - ▶ Fluxo de naves
- ▶ Comunicação
  - ▶ Extensa rede de comunicação
  - ▶ Satélites, ondas eletromagnéticas



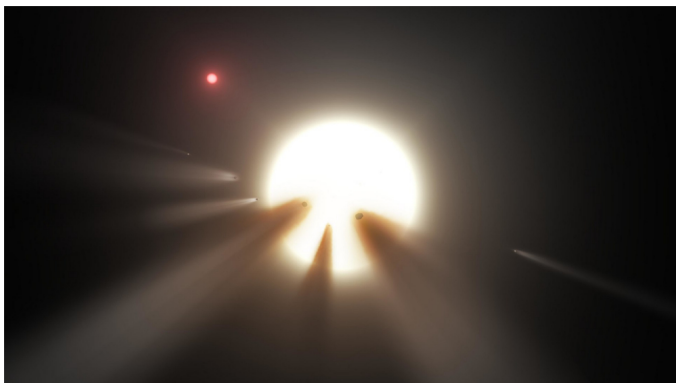
## O curioso caso de KIC 8462852



KIC 8462852 é uma estrela do tipo F a 1280 ly de nós. Dados do telescópio espacial Kepler identificaram uma variação nunca vista na luminosidade de uma estrela desse tipo. A curva de luz acima mostra dados 2009 a 2013. KIC 8462852 tem variações inesperadas de brilho até hoje!



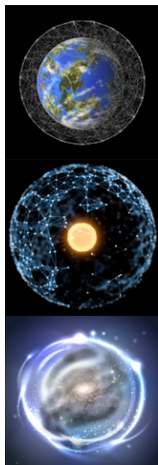
## O curioso caso de KIC 8462852



Ainda não há uma boa explicação para o fenômeno de KIC 8462852. Pode ser uma Esfera de Dyson, mas os astrofísicos preferem testar hipóteses mais simples: disco de poeira irregular, cinturão de asteroides, etc.



# Escalas tecnológicas



Estágios de

Kardashev (1964).

- ▶ Kardashev: consumo de energia:

- Tipo I: Energia solar na Terra ( $5 \times 10^{18} \text{W}$ )

- Tipo II: Energia do Sol ( $4 \times 10^{26} \text{W}$ )

- Tipo III: Energia da Galáxia ( $4 \times 10^{37} \text{W}$ )

- ▶ John Barrow: nanotecnologia para manipular

- Tipo I<sup>-</sup>: Objetos do próprio tamanho

- Tipo II<sup>-</sup>: Genes

- Tipo III<sup>-</sup>: Moléculas, criar materiais

- Tipo IV<sup>-</sup>: Átomos. Vida artificial

- Tipo V<sup>-</sup>: Núcleos atômicos e nucleons

- Tipo VI<sup>-</sup>: Partículas fundamentais (quarks, gluons, etc)

- Tipo  $\Omega^-$ : Espaço-tempo





## THE $\hat{G}$ INFRARED SEARCH FOR EXTRATERRESTRIAL CIVILIZATIONS WITH LARGE ENERGY SUPPLIES. II. FRAMEWORK, STRATEGY, AND FIRST RESULT

J. T. WRIGHT<sup>1,2</sup>, R. L. GRIFFITH<sup>1,2</sup>, S. SIGURDSSON<sup>1,2</sup>, M. S. POVICH<sup>3</sup>, AND B. MULLAN<sup>4,5</sup>

### The application of the Mid-IR radio correlation to the $\hat{G}$ sample and the search for advanced extraterrestrial civilisations

M. A. Garrett<sup>1,2</sup>

Write et al (2014) encontraram 50 galáxias com excesso no IR em uma amostra de 100 mil galáxias. Sugeriram que o excesso no IR dessas galáxias poderia ser causado por civilizações Kardashev III. Garrett estudou as galáxias com mais detalhes em 2015 e descartou a possibilidade, atribuindo o excesso a poeira.



# Índice

Equação de Drake

Paradoxo de Fermi

Sinais de vida inteligente

Projetos SETI e METI

E se houver contato?

Bibliografia



# Receber e enviar notícias!



METI = Messaging Extraterrestrial Intelligence

SETI = Search for Extra-Terrestrial Intelligence



# Jill Tarter e o Projeto SETI

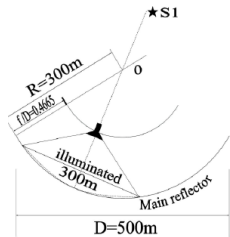


[https://www.ted.com/talks/jill\\_tarter\\_s\\_call\\_to\\_join\\_the\\_seti\\_search](https://www.ted.com/talks/jill_tarter_s_call_to_join_the_seti_search)

Jill Tarter é uma astrofísica que dedicou a vida à procura de vida inteligente no universo.



# FAST



Radio telescópio chinês, FAST

- ▶ Cabine móvel com detector
  - ▶ Ângulo até  $40^\circ$
  - ▶ Segue objeto por 4-6h
- ▶ 10x mais sensível que o Arecibo
- ▶ 4600 painéis triangulares
- ▶ Início em 2016
- ▶ Não só SETI:
  - ▶ Survey de H neutro
  - ▶ Observação de pulsares (7000 no 1º ano)
  - ▶ Moléculas interestelares
  - ▶ Timing de pulsares



# Índice

Equação de Drake

Paradoxo de Fermi

Sinais de vida inteligente

Projetos SETI e METI

E se houver contato?

Bibliografia



## E se houver contato?



O que pode acontecer com a humanidade se houver contato com ETs inteligentes?

Baum et al discutiram isso em 2011.



# Consequências benéficas



O Carteiro era um ET bonzinho no MIB.

- ▶ Mera detecção
  - Implicações filosóficas e religiosas
- ▶ ETs cooperativos
  - Discussão de Ciência/Tecnologia
  - Soluções para os nossos problemas
- ▶ ETs não-cooperativos
  - Nós os dominamos!





# Consequências neutras



Os vermes eram ETs “neutros” no MIB.

- ▶ São invisíveis para nós
  - ▶ Escondem-se propositalmente
  - ▶ Nós não os percebemos
    - ▶ Formas de vida diferentes
    - ▶ Não querem se comunicar
    - ▶ Muito distante
- ▶ Vemos mas não nos interessam
  - ▶ Desinteressantes, não são úteis
  - ▶ Incomodam-nos pouco



# Consequências más



Boris, o animal, era um ET mau no MIB.

- ▶ Dano intencional
  - ▶ ETs egoístas
    - ▶ Comem-nos
    - ▶ Escravizam-nos
    - ▶ Atacam-nos
  - ▶ ETs expansionistas
    - ▶ Colonizar a Galáxia
    - ▶ Usar os nossos recursos
    - ▶ Eliminam-nos por sermos uma ameaça para eles



# Consequências más



Boris, o animal, era um ET mau no MIB.

- ▶ Dano não intencional
  - ▶ Perigo físico
    - ▶ Transmissão de doenças
    - ▶ Espécies invasivas
    - ▶ Dano mecânico
    - ▶ Inteligência artificial não amiga
    - ▶ Sondas auto-replicas
    - ▶ Experimentos físicos
  - ▶ Perigo de informação
    - ▶ Vírus de computador
    - ▶ Efeito cultural devastador



## Consequências más



Se os ETs nos visitassem, o resultado seria o mesmo de quando Colombo chegou à América, que não foi bom para os nativos. (...) Só precisamos olhar para nós mesmos para ver como a vida inteligente deve se desenvolver em algo que não queremos encontrar. (Stephen Hawking)



# Índice

Equação de Drake

Paradoxo de Fermi

Sinais de vida inteligente

Projetos SETI e METI

E se houver contato?

Bibliografia



# Bibliografia

## Fontes para estudo

- ▶ O Universo Vivo, Chris Impey, Editora Larrouse, 2009



REALIZAÇÃO

