

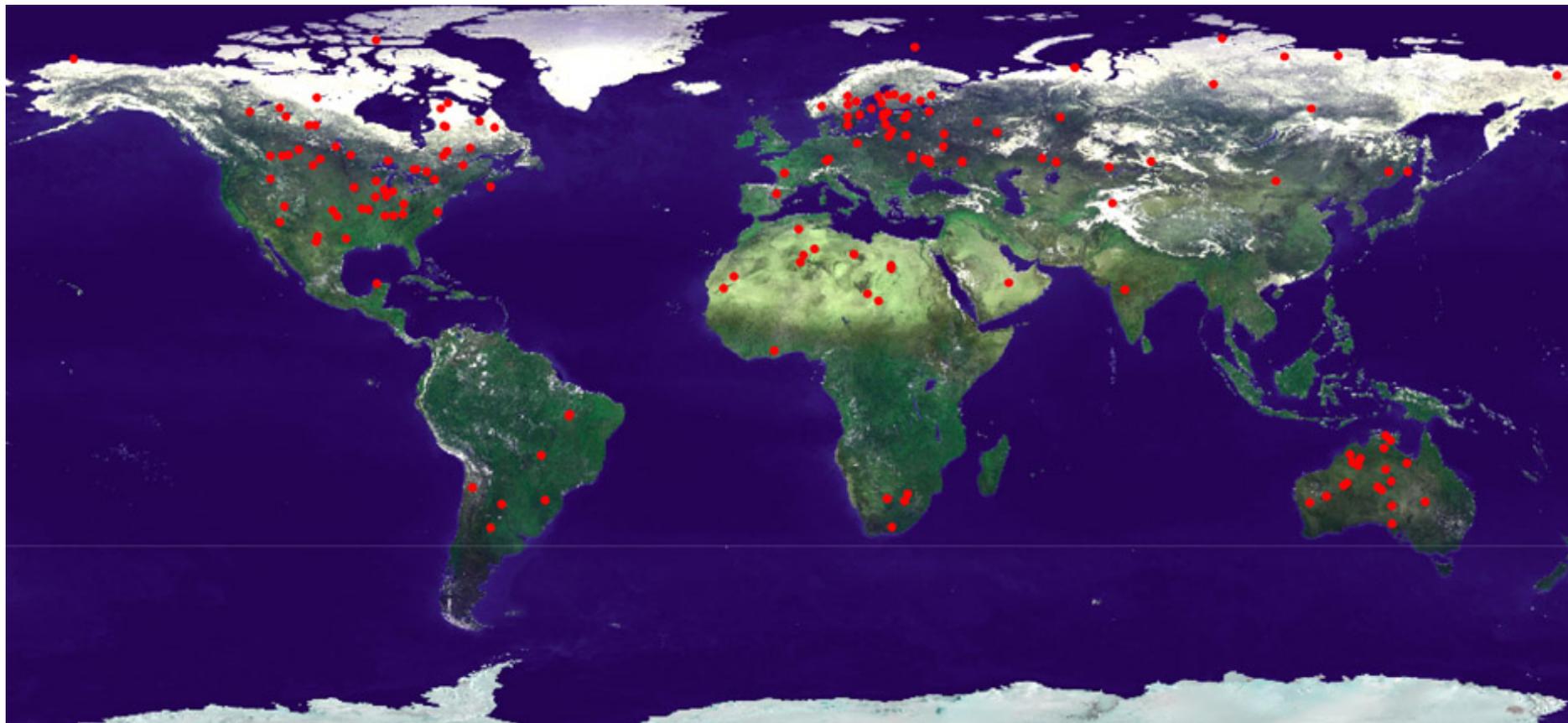
# Impactos de corpos celestes no passado e no presente

Roberto D.D. Costa  
Departamento de Astronomia  
IAG/USP

# Existem impactos na Terra?

- ▶ Sim, todos os dias! Quem nunca viu uma **estrela cadente**. Quantos: 10 - 20 mil impactos por dia
- ▶ Chamam-se “estrelas cadentes” os pequenos meteoros que entram na atmosfera da Terra todos os dias e queimam na alta atmosfera.
- ▶ Um belo espetáculo resultante dessas entradas são as chamadas “chuvas de meteoros” que ocorrem sempre que a Terra, em sua órbita anual em torno do Sol, atravessa a trajetória de um cometa. Esses corpos deixam “rastros” de material particulado que entra na atmosfera:  
[https://www.youtube.com/watch?v=-\\_\\_IX144HDg](https://www.youtube.com/watch?v=-__IX144HDg)

## Existem crateras na Terra? Onde estão?



Principais crateras de impacto na Terra. Três estão no Brasil:  
Araguainha/MT, Vargeão/SC e Serra da Cangalha/MA

## Por que são raras?

Ao contrário do que ocorre na Lua por exemplo, a Terra tem intensa atividade atmosférica que, com o passar do tempo, “lixa” as crateras por ação dos ventos e da água.

A Terra possui atividade sísmica que pode “apagar” as crateras.

Os oceanos e as marés também contribuem para o desaparecimento das crateras mais antigas

## Mas não são tão raras assim...

[Lista das principais crateras de impacto na Terra](#)

É importante notar que a maioria esmagadora dos meteoros é **muito** pequena, não produzindo crateras! Eles têm tipicamente menos de um centímetro de diâmetro e queimam totalmente ao entrar na atmosfera. São conhecidos como **estrelas cadentes**.

# Qual o tamanho típico dos meteoritos e quantos caem na Terra por ano?

- ▶ Antes de tudo: meteoros ou meteoritos?
  - ▶ Meteoro: o que está no céu
  - ▶ Meteorito: o que sobrevive à passagem pela atmosfera e cai no chão
- ▶ Taxa de queda:
  - ▶ Massa total: 50 a 100 toneladas por dia
  - ▶ Tamanho típico: menos que 10 gramas → 4 a 8 milhões de objetos (10-20 mil por dia)
  - ▶ Objetos maiores (10 g a 1 kg): 3 a 7 toneladas por ano (20-80 mil objetos por ano)
- ▶ Objetos maiores:  **muito** raros

De onde eles vêm?

Do disco planetário → são objetos do sistema solar!

# Tamanho e frequência dos impactos

- ▶ Todos os dias: milhares de objetos com até um centímetro (totalizando ~100 toneladas), que queimam totalmente na alta atmosfera (**estelas cadentes**) Os maiores são os “**bólidos**”, com diâmetros da ordem dos 10-20 cm
- ▶ Uma vez por ano: um objeto do tamanho de um carro, originando um “**superbólido**” (fireball), resultando num meteorito grande
- ▶ A cada 2000 anos: um objeto com muitas dezenas de metros de diâmetro, causando **danos locais significativos**
- ▶ A cada 50-60 milhões de anos: um objeto com quilômetros de diâmetro, causando um **evento de extinção**

# Impactos recentes

- ▶ Tunguska (Sibéria)
  - ▶ Ocorreu em 30/Junho/1908
  - ▶ Energia liberada: 20-30 megatons (equivalente a uma grande bomba H, ou 1000-1500 vezes a bomba de Hiroshima)
  - ▶ diâmetro estimado do objeto: 50 a 100 metros. Foi o maior impacto registrado na história
  - ▶ O objeto se desintegrou por atrito entre 5 e 10 km acima do solo, produzindo uma exposição que derrubou 80 milhões de árvores numa área de 2200 km<sup>2</sup>
  - ▶ Existem relatos de ao menos 3 mortes ocorridas em consequência do evento



Local do evento



Fotos da expedição russa de 1927

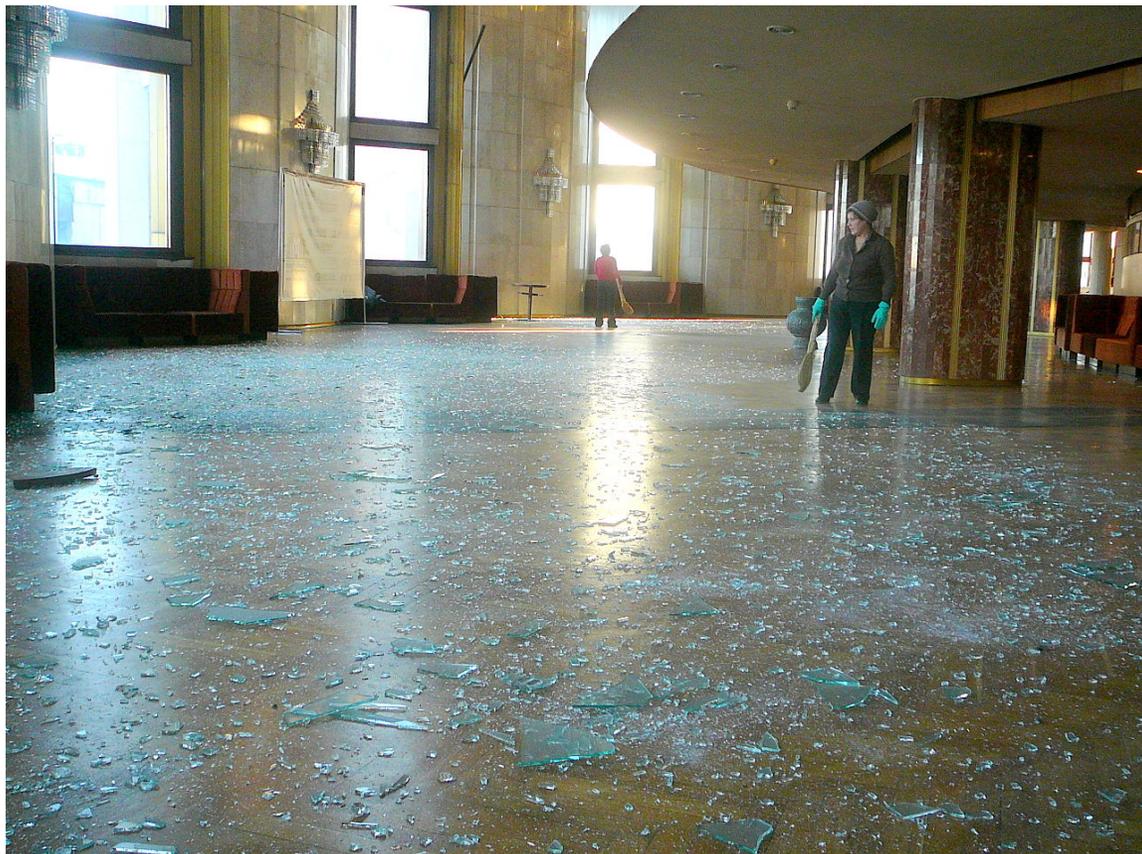


▶ Chelyabinsk, 2013

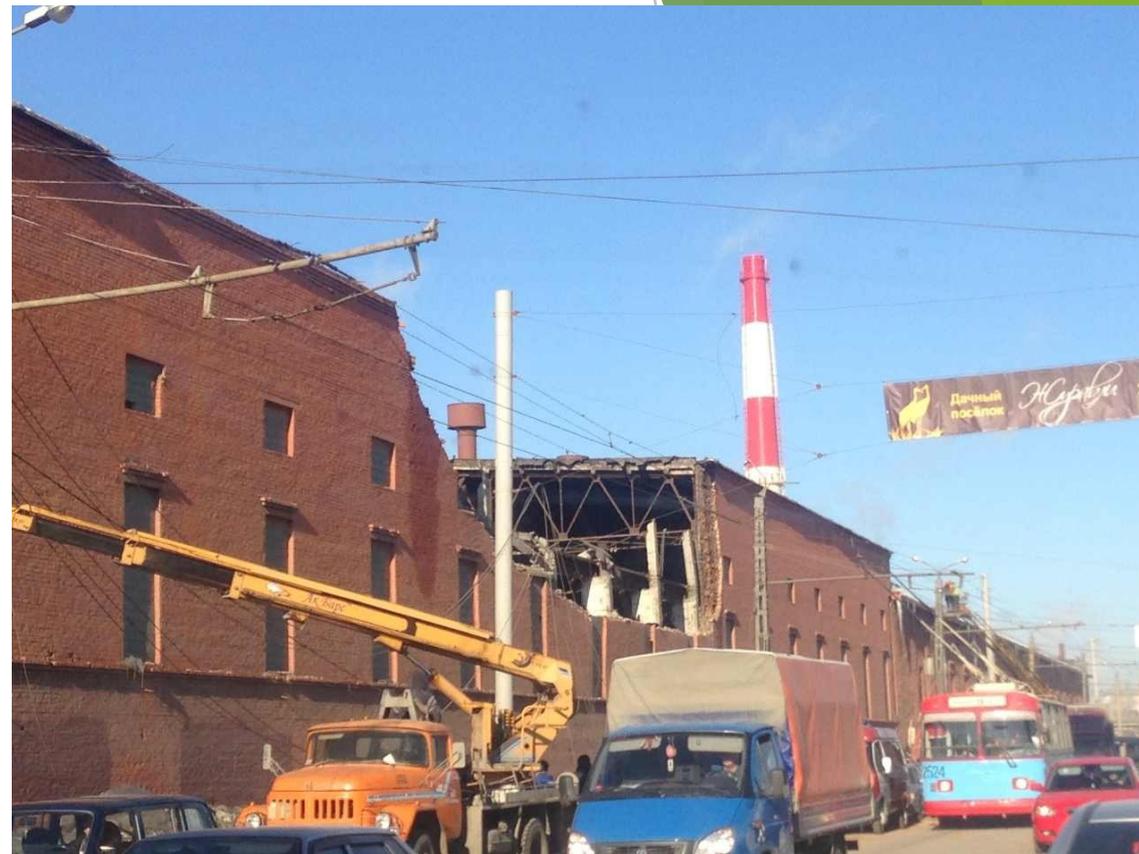
- ▶ Ocorreu em 15/Fev/2013
- ▶ Energia liberada: cerca de 500 kilotons (30 vezes a bomba de Hiroshima)
- ▶ Diâmetro estimado do objeto: 20 metros (como um prédio com 6-7 andares), com massa de 13-14 mil toneladas. Foi o maior objeto a entrar na atmosfera da Terra desde o evento de Tunguska
- ▶ O objeto se desintegrou por atrito cerca de 30 km acima do solo, produzindo uma exposição que danificou cerca de 7200 prédios em 6 cidades
- ▶ Cerca de 1500 pessoas foram feridas, a maioria por estilhaços de vidro

▶ [A queda](#)

▶ [Sequência de filmes](#)



Saguão do teatro municipal



Fábrica de telhas de zinco

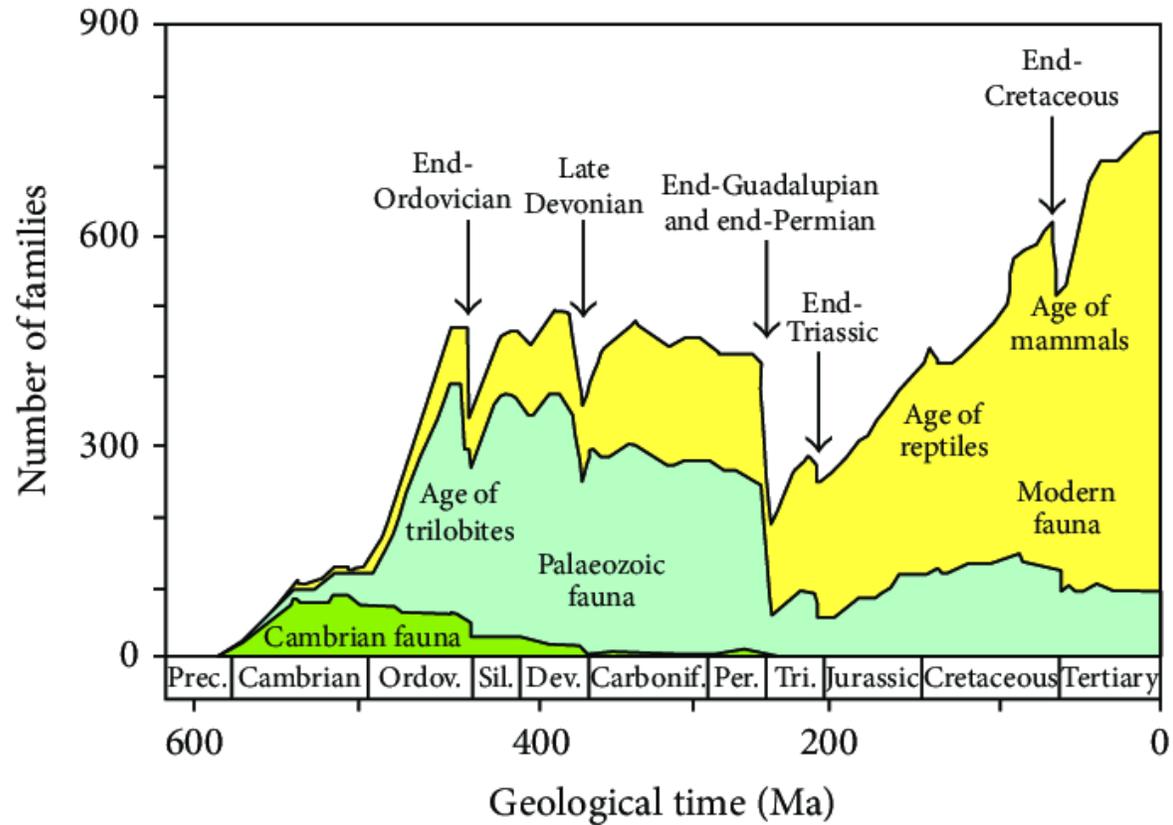
## Fragmento do meteorito de Chelyabinsk



Efeito do deslocamento de ar



# Grandes eventos de extinção



Porcentagem de famílias animais extintas:  
final O: 12%, final D:14 %, final P: 52%, final T: 12%, final C: 11%

# Todos os eventos de extinção são associados a impactos? NÃO!

- O último evento de extinção, o do Cretáceo-Paleogeno ocorrido ha 65,5 milhões de anos, deu-se com certeza em decorrência de um impacto. A evidência é a cratera de Chicxulub no sul do México
- Outros eventos são associados a eventos como erupções de supervulcões
- Existe a hipótese de que o maior evento de extinção de todos, o do Permiano-Triássico ocorrido ha 252 milhões de anos, tenha sido decorrência de um impacto. A cratera Wilkes na Antártica seria a evidência. Essa hipótese ainda não está comprovada

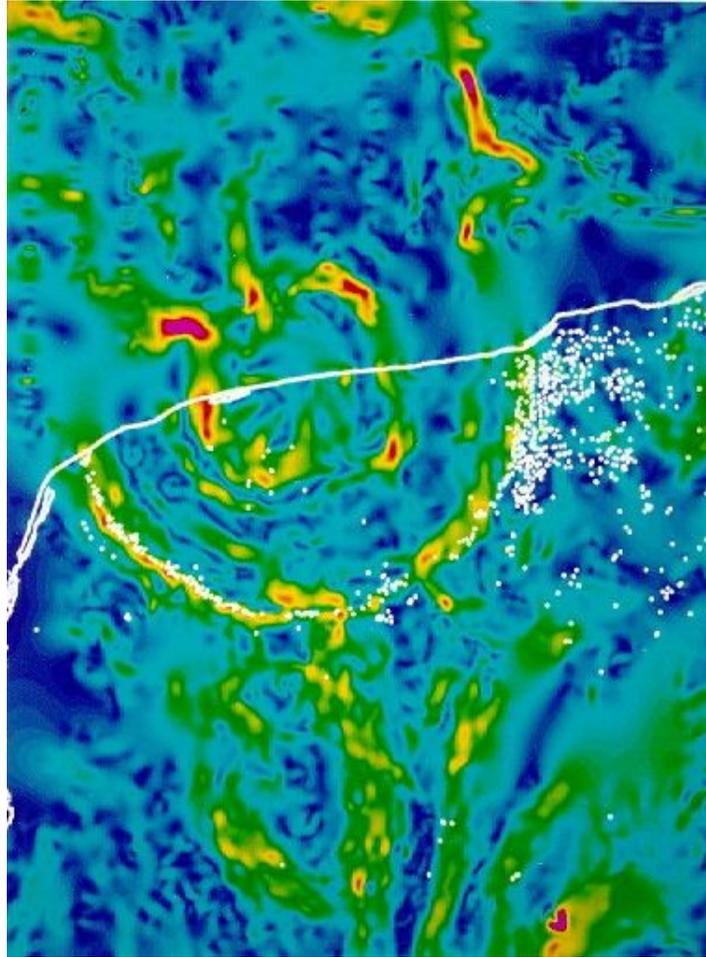
# O mais recente evento de extinção

## A extinção do Cretáceo - Paleogeno (K-Pg)

- ▶ Onde? Sul do Golfo do México
- ▶ Quando? 66 milhões de anos atrás
- ▶ Diâmetro do objeto: ~12 km
- ▶ Massa do objeto: 1-10 trilhões de toneladas ( $1-10 \times 10^{15}$  kg)
- ▶ Energia liberada: 100 Teratons (100 trilhões de toneladas de TNT)
- ▶ Cratera: 180 km de diâmetro por 1,2 km de profundidade, soterrada.



Cratera de Chicxulub



Anomalias gravimétricas usadas para mapear a cratera de Chicxulub: amarelos e vermelhos são máximos do campo gravitacional, verdes e azuis são mínimos e brancos marcam a linha dos cenotes, que são cavidades no solo com dezenas de metros de profundidade. A cratera foi descoberta no final da década de 1970 por geofísicos em busca de campos petrolíferos

# O impacto



- ▶ Os vidros naturais produzidos no impacto foram datados de  $66.038 \pm 0.049$  milhões de anos, portanto a datação é bem segura.
- ▶ Gerou um tsunami que chegou a 4.6 km de altura na zona do impacto, diminuiu nas regiões costeiras para 100-200 metros devido à baixa profundidade do golfo do México, mas penetrou mais de 100 km em terra.
- ▶ Num raio de no mínimo 5000 km do impacto, as evidências fósseis indicam que quase todas as formas de vida morreram instantaneamente
- ▶ Imediatamente após o impacto, grande quantidade de fragmentos pequenos foi ejetada e caiu novamente na Terra em horas, provocando um súbito aumento de dezenas de graus na temperatura devido ao aquecimento desses fragmentos pelo atrito na atmosfera.
- ▶ A quantidade de poeira colocada em órbita da Terra fez com que a temperatura média do planeta diminuísse em dezenas de graus por um período de vários anos, comprometendo de forma decisiva toda a cadeia alimentar.
- ▶ A quantidade de enxofre colocada em órbita pelo impacto produziu chuvas ácidas em todo o planeta por alguns anos.

# Animações de impactos

## ▶ Eventos de extinção:

- ▶ O impacto de Chicxulub: <https://www.youtube.com/watch?v=vq3nWnTkFbk>
- ▶ Tsunami gerado pelo mesmo objeto: <https://www.youtube.com/watch?v=Dcp0JhwNgmE>
- ▶ Asteroide de 10 km: <https://www.youtube.com/watch?v=bYNzl2xokZU>

## ▶ Impactos esterilizantes:

- ▶ Objeto de 500 km: <https://www.youtube.com/watch?v=bU1QPtOZQZU>
- ▶ Objeto de 3500 km (a Lua): <https://www.youtube.com/watch?v=f2d83faTfhl>

# Simuladores de impactos

Impact: Earth! <https://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEarth/>

Down2earth.eu [http://down2earth.eu/impact\\_calculator/planet.html?lang=pt-BR](http://down2earth.eu/impact_calculator/planet.html?lang=pt-BR)