



UNICAMP SUSTENTÁVEL 

nipe

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



José **TOMAZ** Vieira Pereira
Pesquisador Colaborador
tomaz@unipeunicamp.org.br
55 19 3521 1265

Professor Titular Aposentado
UNICAMP-FEM-Depto de Energia
tomaz@fem.unicamp.br

CIÊNCIAS TÉRMICAS

Disciplinas Básicas

Termodinâmica
Clássica
(macroscópica)

Mecânica dos
Fluidos

Transferência de
Calor



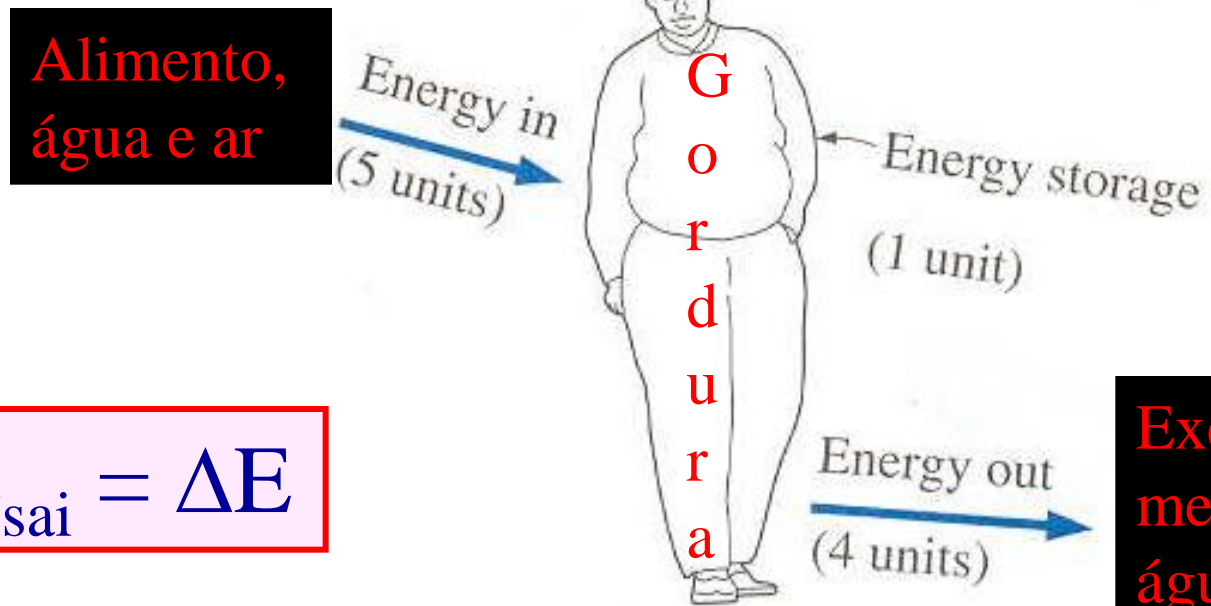
ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Análise Energética

definir o objeto de estudo

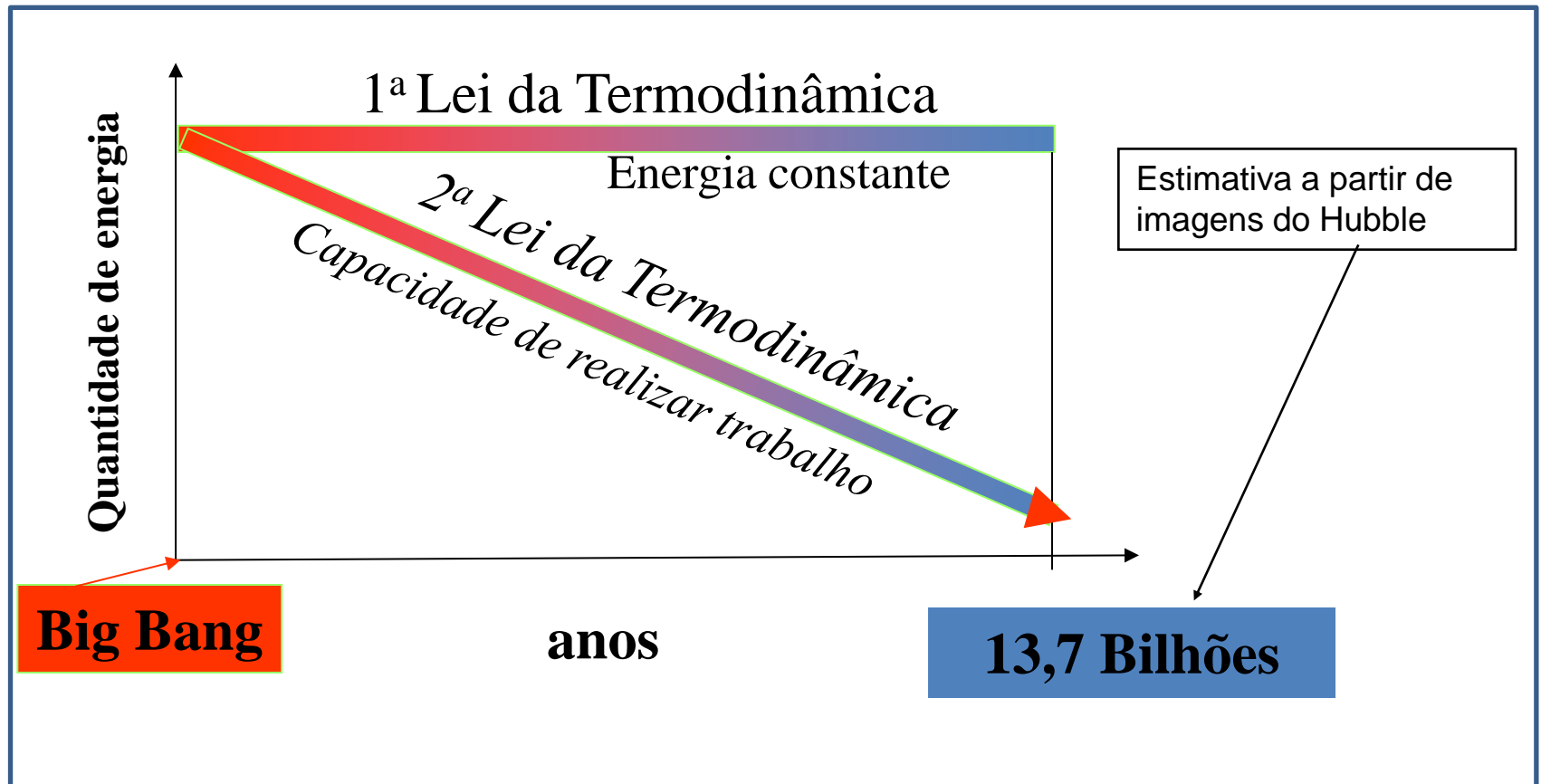
corpo humano

PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA
CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

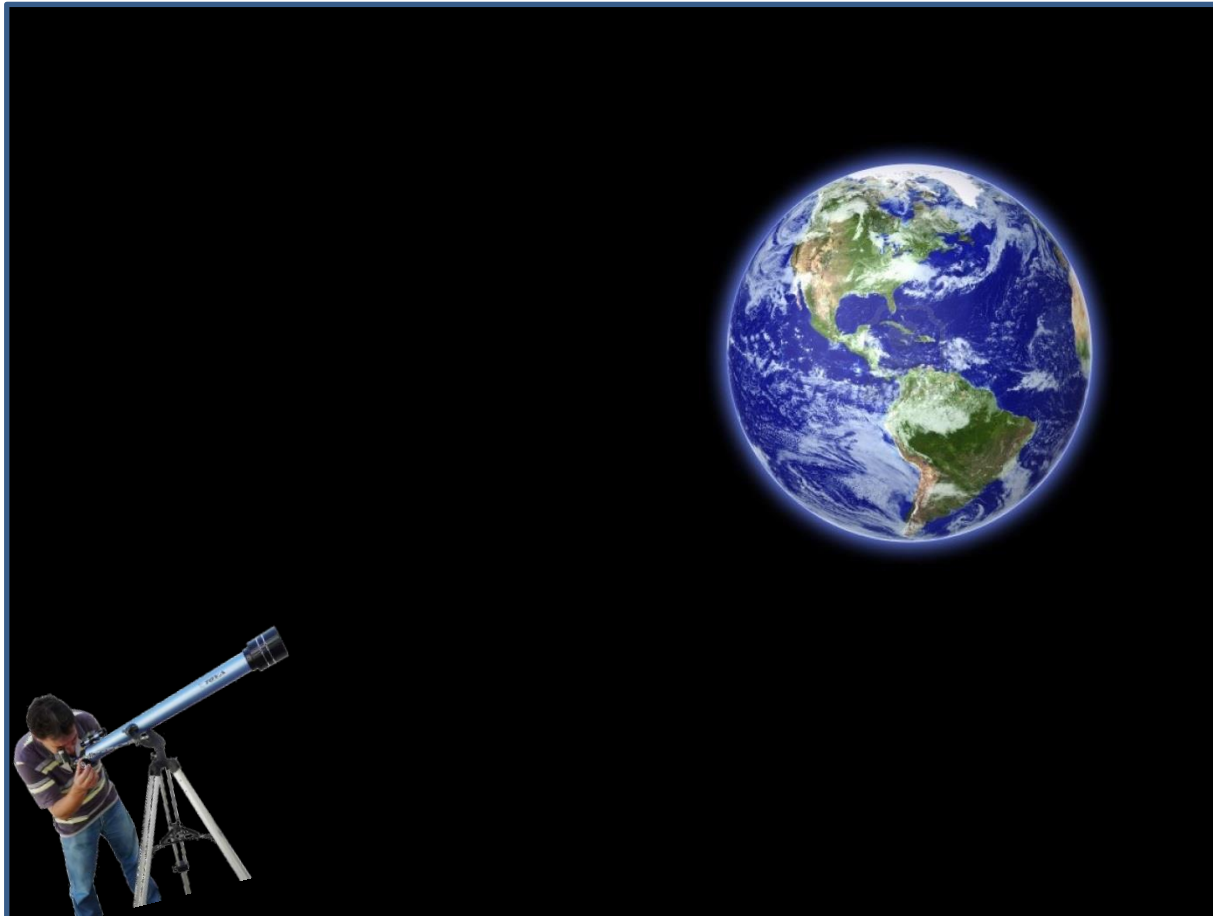


$$E_{entra} - E_{sai} = \Delta E$$

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



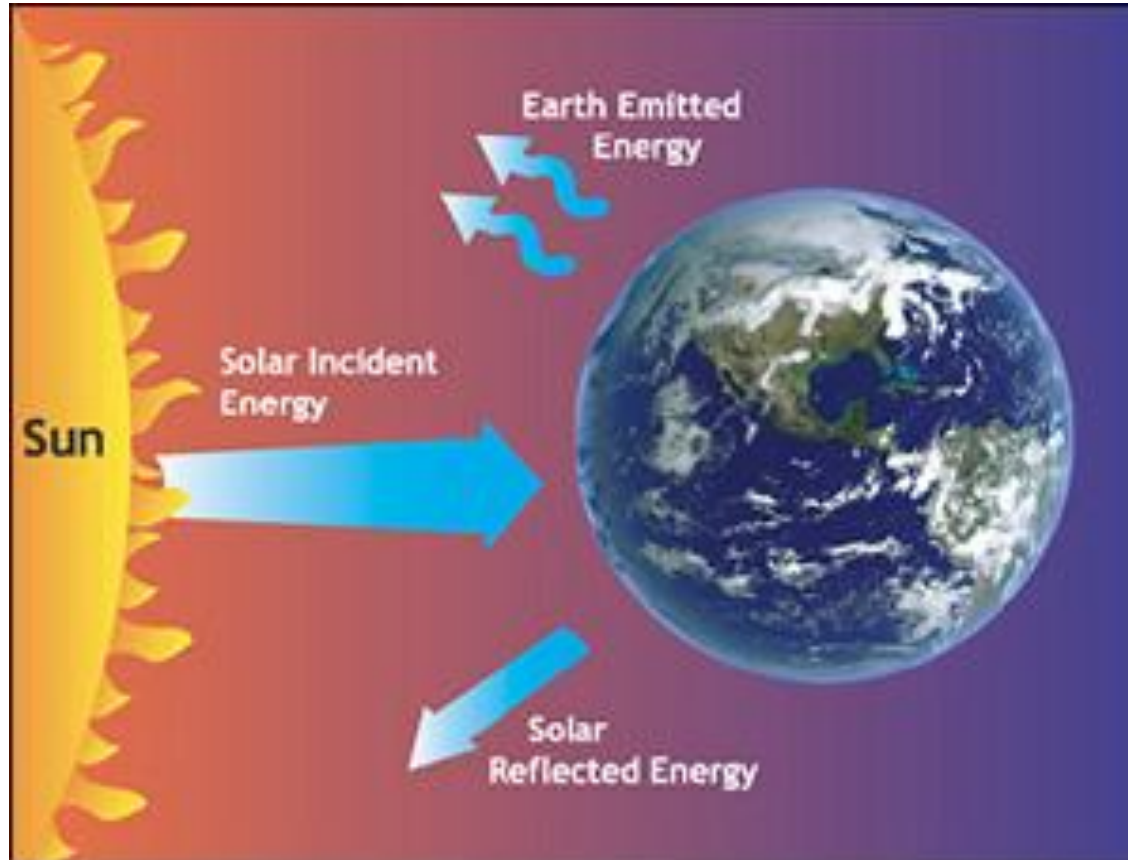
Objeto de Estudo
A TERRA COMO UM
SISTEMA TERMODINÂMICO

José **TOMAZ** Vieira Pereira
Pesquisador Colaborador
tomaz@unipeunicamp.org.br
55 19 3521 1265

Professor Titular Aposentado
UNICAMP-FEM-Depto de
Energia
tomaz@fem.unicamp.br

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

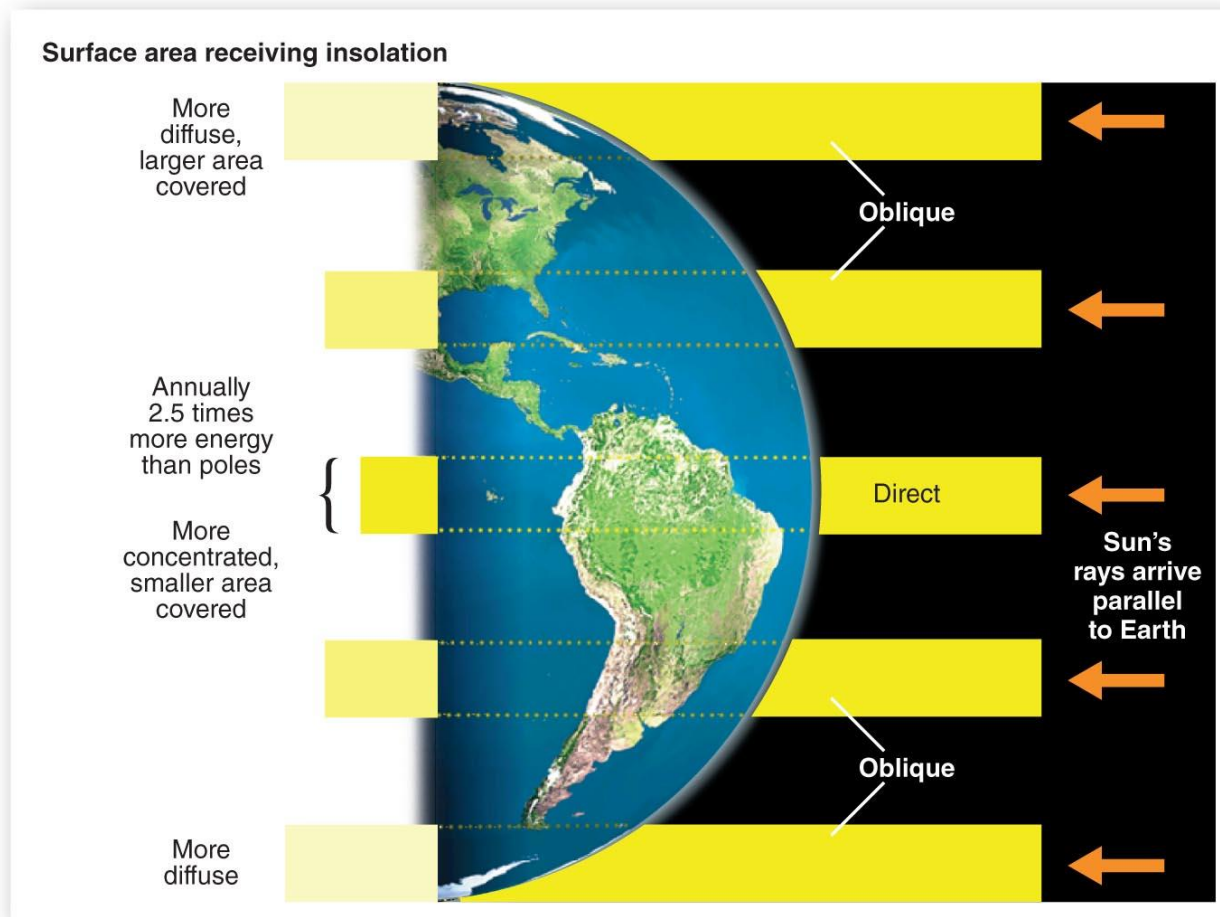
Recebe - Energia Radiante do Sol
Reflete - energia para o espaço
Emite - Energia de ondas longa para o espaço



[www.nasa.gov/300 x 228Search by image](http://www.nasa.gov/300x228Search%20by%20image)

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

www.geogriphy.net/1410x1088SearchbyimageSunandEarthRadiationSpectrums

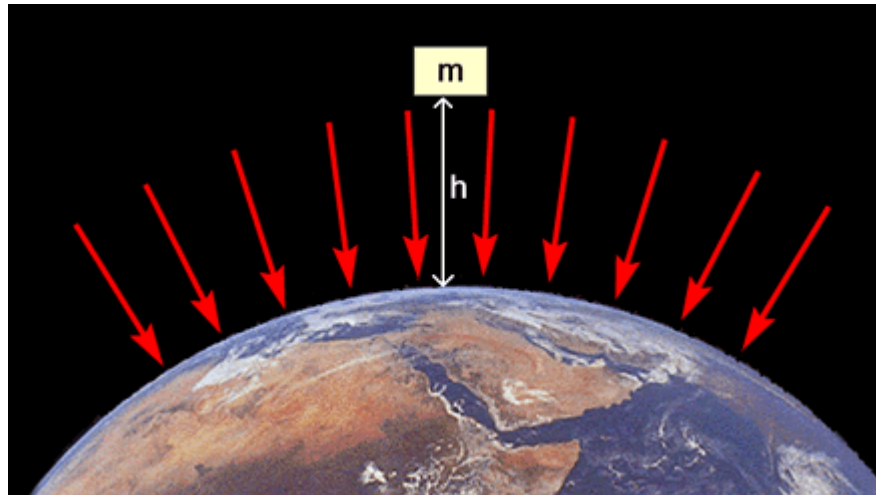


© 2013 Pearson Education, Inc.

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

<http://scienceblogs.com/startswithabang/2010/03/10/the-physics-of-an-inclined-tre/>

ENERGIA GRAVITACIONAL

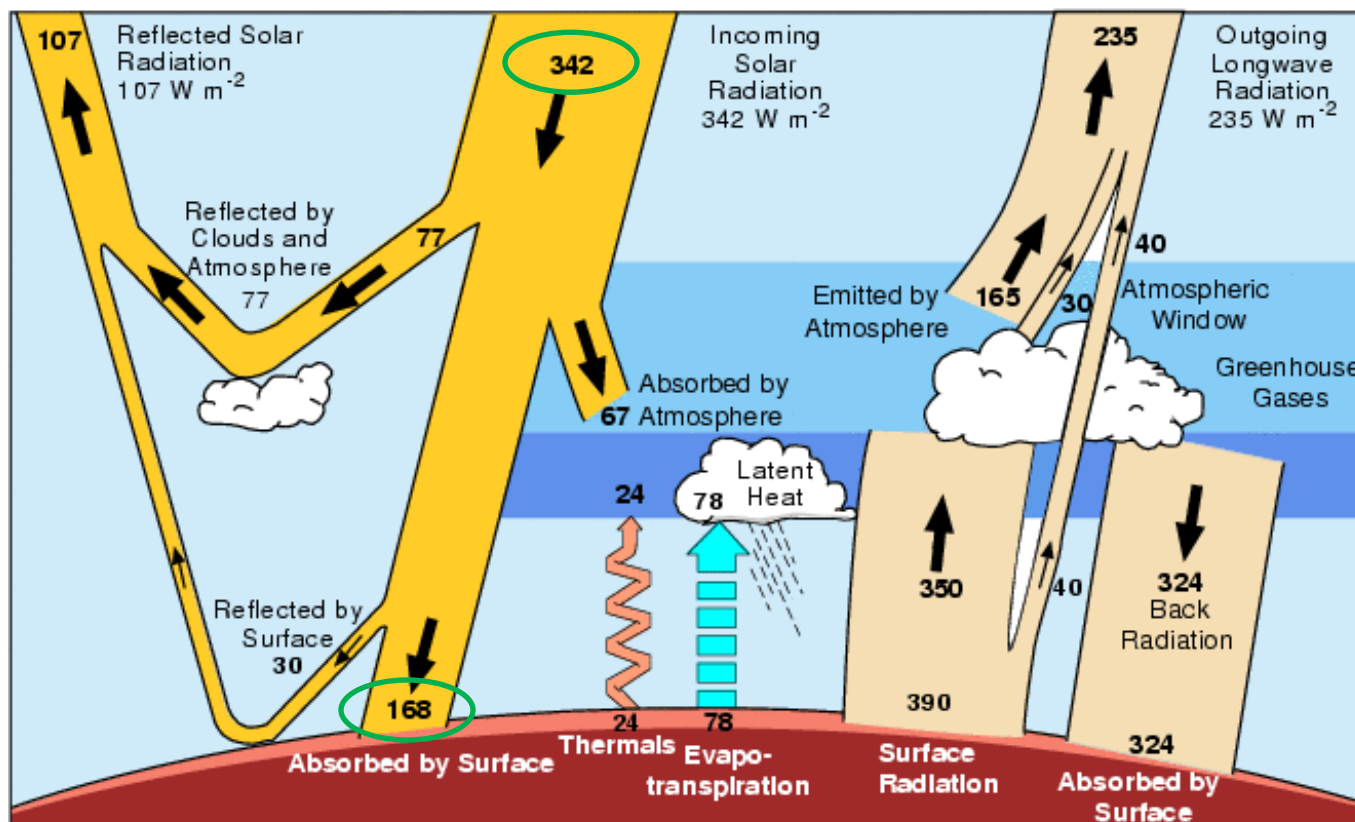




UNICAMP

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Global Heat Flows



<http://www.bluenc.com/science-friday-climate-change-part-1>

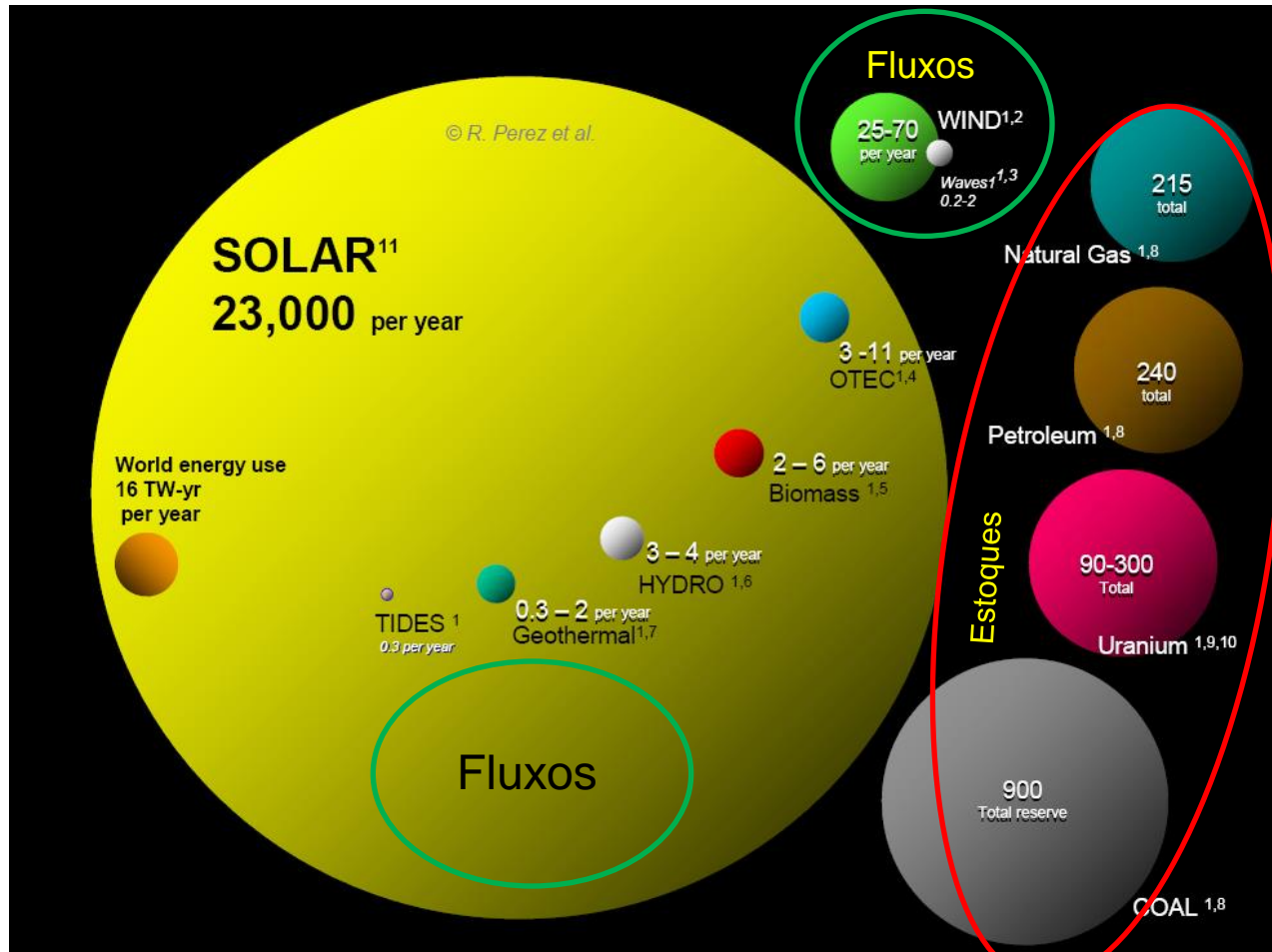
Kiehl and Trenberth 1997

FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

Contribuição de cada fonte	kWh/ano	%	Base Solar
Solar	2,21E+17	99,82%	1
Geotérmica	1,87E+14	0,08%	1185
Marés	1,44E+13	0,01%	15312
Total	2,22E+17	100,00%	0,9982
Consumo Mundial em 2008	1,32E+14	0,06%	1678

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

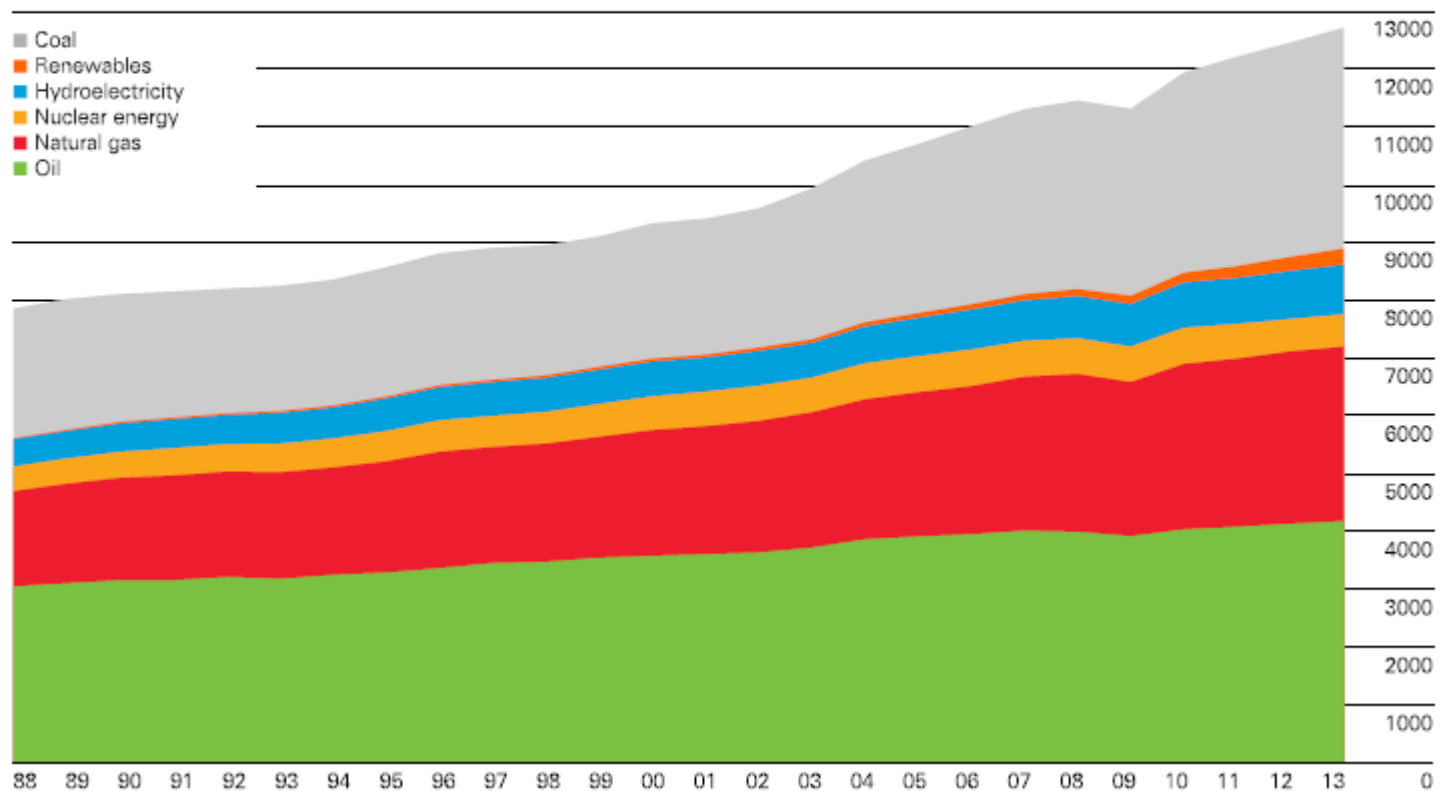
Fluxos e Estoques de Energia



http://www.iea-shc.org/publications/downloads/shc_annual_report_2008.pdf

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Primary energy world consumption
Million tonnes oil equivalent



ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

SISTEMA ENERGÉTICO

- Rendimento dos CONVERSORES:
 - Homem: cerca de 20%.
 - Cavalo: cerca de 10%.
 - Boi < 10%.
 - Térmicos < 40%
 - Hidráulicos/Eólicos < 100%
- O escravagismo representou um sistema de alta racionalidade energética.

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

CADEIA DE CONVERSORES

DEVE PREENCHER TRES REQUISITOS

QUALIDADE

atendimento a necessidades específicas

LUGAR

transporte

TEMPO

alimentação contínua



UNICAMP SUSTENTÁVEL 

nipe

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

SISTEMA ENERGÉTICO

INTER-RELACIONAMENTO COM TRÊS SISTEMAS

- **ECOLÓGICO**
- **SOCIAL**
- **ECONÔMICO**

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

" Sustentabilidade é viver atendendo às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. "



Gro Harlem Brundtland

World Commission on Environment and Development (WCED, 1983), World Health Organization (1988), The Elders (2007)

BUSCA POR SUSTENTABILIDADE Internet

29/04/2015	"sustentabilidade"	"o que é sustentabilidade"	"sustainability"	"what sustainability is"
Páginas Web	19.300.000	64.600	117.000.000	43.100
Vídeos	416.000	5.220	14.500.000	495
Livros	93.500	136	4.570.000	5.760
Notícias	111.000	62	28.200.000	240

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



Progressive Loss of Energy in Food Chain



UNICAMP

UNICAMP SUSTENTÁVEL 

nipe

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Aumento sistemático da concentração na natureza

- **de substâncias extraídas da crosta terrestre**
- **de substâncias produzidas pela sociedade**

**Enfraquecimento sistemático da diversidade biológica
e
dos ciclos de sustentação dos processos naturais**

**Submissão de pessoas a condições que
sistematicamente minem a capacidade de
atendimento das suas necessidades fundamentais**

Fonte: Caderno 4 do IBGC (Instituto Brasileiro de Governança Corporativa)

O que NÃO É Sustentabilidade



UNICAMP SUSTENTÁVEL 

nipe

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA PELA ESPÉCIE HUMANA

UM POUCO DE HISTÓRIA



LINHAS ENERGÉTICAS PRIMITIVAS

O próprio corpo -Única fonte de energia mecânica
Uso do sílex (pedra lascada)- aumento de eficiência no uso da energia.

O FOGO – primeira fonte externa de energia

Animais – Cavalo, boi e outros mamíferos.

SISTEMA SOCIAL

REVOLUÇÃO NEOLÍTICA

- Mudança fundamental:
 - Noção de tempo. Plantar e esperar a colheita no final do ciclo agrícola.
 - A noção de tempo ainda é um problema central para a espécie humana.
 - Temos uma imensa dificuldade de pensar e agir no longo prazo.

DOMÍNIO DAS FONTES DE ENERGIA

Centralização do Poder

Poder Feudal - Ascensão dos moinhos d'água Idade Média - séc. XI a XIII

Capitalismo - Manufatura que torna possível a máquina a vapor.

O que está em jogo:

o domínio das fontes de energia

o “livre” acesso às fontes de energia

a apropriação dos excedentes



**SISTEMA ECONÔMICO
IMPÉRIO ROMANO**

Chave do poder romano
Rede de circulação e transporte.
Exploração de escravos em escala jamais
igualada
Início da era cristã
3 milhões de escravos.
4 milhões de homens livres

O escravagismo foi responsável pelo desestímulo ao desenvolvimento de máquinas acionadas por outras fontes que não o homem.

Evolução de três grandes fontes - séc. XI e XV

- **Água** - rodas d'água
 - Rendimentos 20% a 70%
 - Substituiu o trabalho de 10 a 20 homens
 - Reforçou a estrutura social de poder
- **Vento** – Moinhos de Vento – mais equidade
- **Lenha** – Alimentação das forjas

Essa dinâmica implicava em:

- Mais ferro
- Rodas d'água mais sólidas e de maior capacidade
- Maior produção de metal,
- Maior quantidade de energia térmica, (mais lenha)
- Mais transporte e portanto
- Mais animais (cuja alimentação exigia áreas equivalentes às das florestas associadas às forjas).

Transporte.

- Grande limitação do sistema energético medieval
 - Vinho de Borgonha (1415) composição de custos: Vinho 28%,
Taxas Diversas 11%, Transporte 61%.

SISTEMA ENERGÉTICO
CHINÊS

- Reprodução humana endógena, sem precisar de escravos.
- Integração trabalho energético e trabalho agrícola.
- Grande produtividade alimentar:
 - Conversores cereais de alto rendimento calórico;
 - Complementação por conversores animais e motores artificiais (moinhos, em particular).
 - Homem como principal forma de energia mecânica.

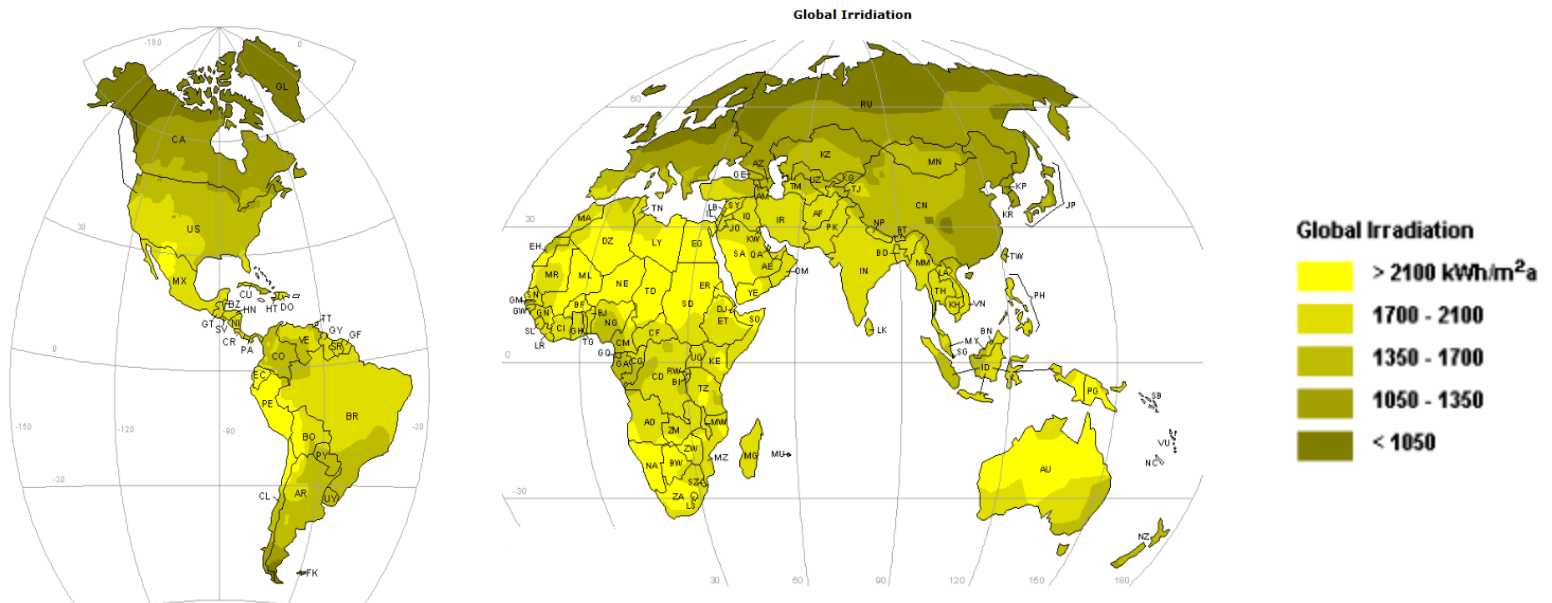
ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

SISTEMA ENERGÉTICO CHINÊS

- Elevados rendimentos na agricultura:
 - 20 a 30 t/ha.
 - Europa Medieval 3 a 4 t/ha.
- Extraordinária inventividade energética, particularmente na hidráulica.
- Canais, reservatórios, diques.
 - Eclusas (séc I A.C.)
 - Canal Han Kon (séc. V a.C.) mais antigo do mundo.
 - Grande canal - 1794 Km de extensão.
 - início 605
 - Conclusão 1327

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Radiação Solar Global
kWh/m².ano



<http://www.oksolar.com/abctech/solar-radiation.htm>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

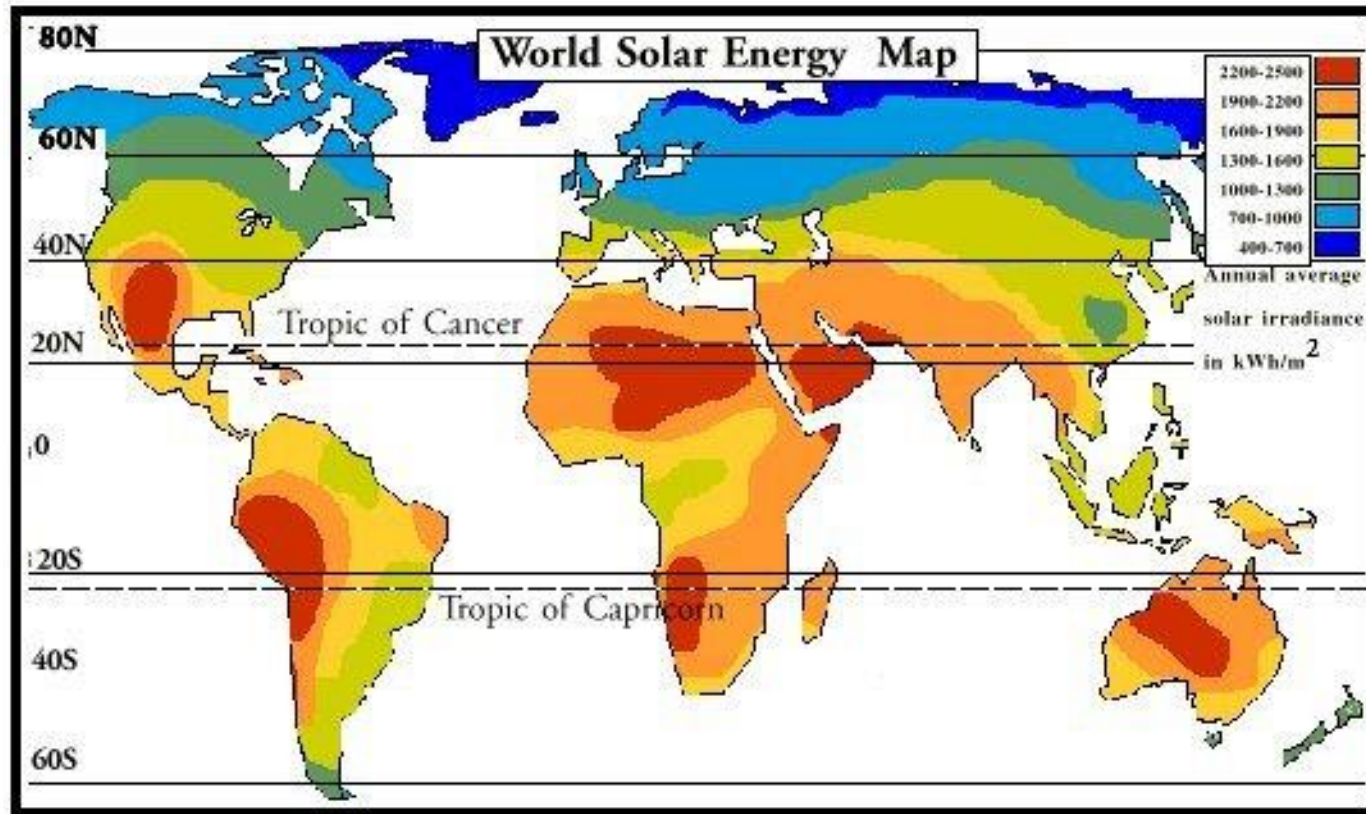
Sistemas típicos de utilização de energia solar térmica



Solar Thermal Energy Power Plant in the Mojave Desert

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Radiação Solar Direta
kWh/m².ano



The World Solar Energy Map showing the global solar resource available to PV applications

<http://www.rise.org.au/info/Applic/Solarpump/index.html>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

**Sistemas Fotovoltaicos
Grande porte**





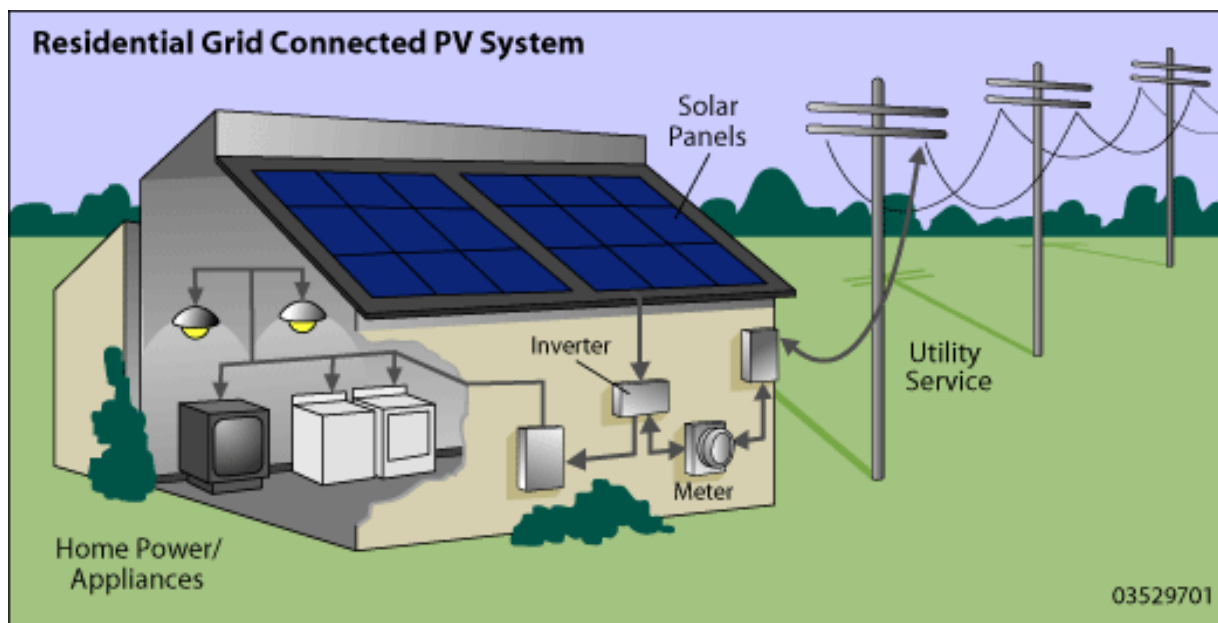
UNICAMP

UNICAMP SUSTENTÁVEL

nipe

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Sistemas Fotovoltaicos
Pequeno porte



Residential grid-connected PV system

PV systems power more than 1.5 million homes around the globe.

www.energyeducation.tx.gov/.../f.html



UNICAMP SUSTENTÁVEL 



ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

MUITO OBRIGADO



BIBLIOGRAFIA

In the Servitude of the Power - Energy and Civilization through the Ages -Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Deléage and Daniel Emery ZED BOOKS- 1991

Uma História da Energia – Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Deléage and Daniel Emery Tradução de Sergio Brito - UnB Editora – 1993

Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies - Jared Diamond - W.W.Norton & Co.- 1997 **(Existe em português – Armas, Germes e Aço)**

Valuing the Earth - Economics, Ecology, Ethics - Herman E. Daly and Kenneth N. Townsend - The MIT Press – 1993

Fundamentals of Engineering Thermodynamics - Michael J. Moran & Howard N. Shapiro - John Wiley & Sons – 1992

Environmental Accounting - Emergy and Environmental Decision Making - Howard T. Odum - John Wiley & Sons – 1996

LEITURAS RECOMENDADAS

Uma Breve História de Quase Tudo – Bill Brysson
Armas, Germes e Aço – Jared Diamond
Colapso – Jared Diamond
A Terceira Revolução Industrial – Jeremy Rifkin
A estrutura das revoluções científicas – Thomas Kuhn
O Olho do Espírito – Ken Wilber

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



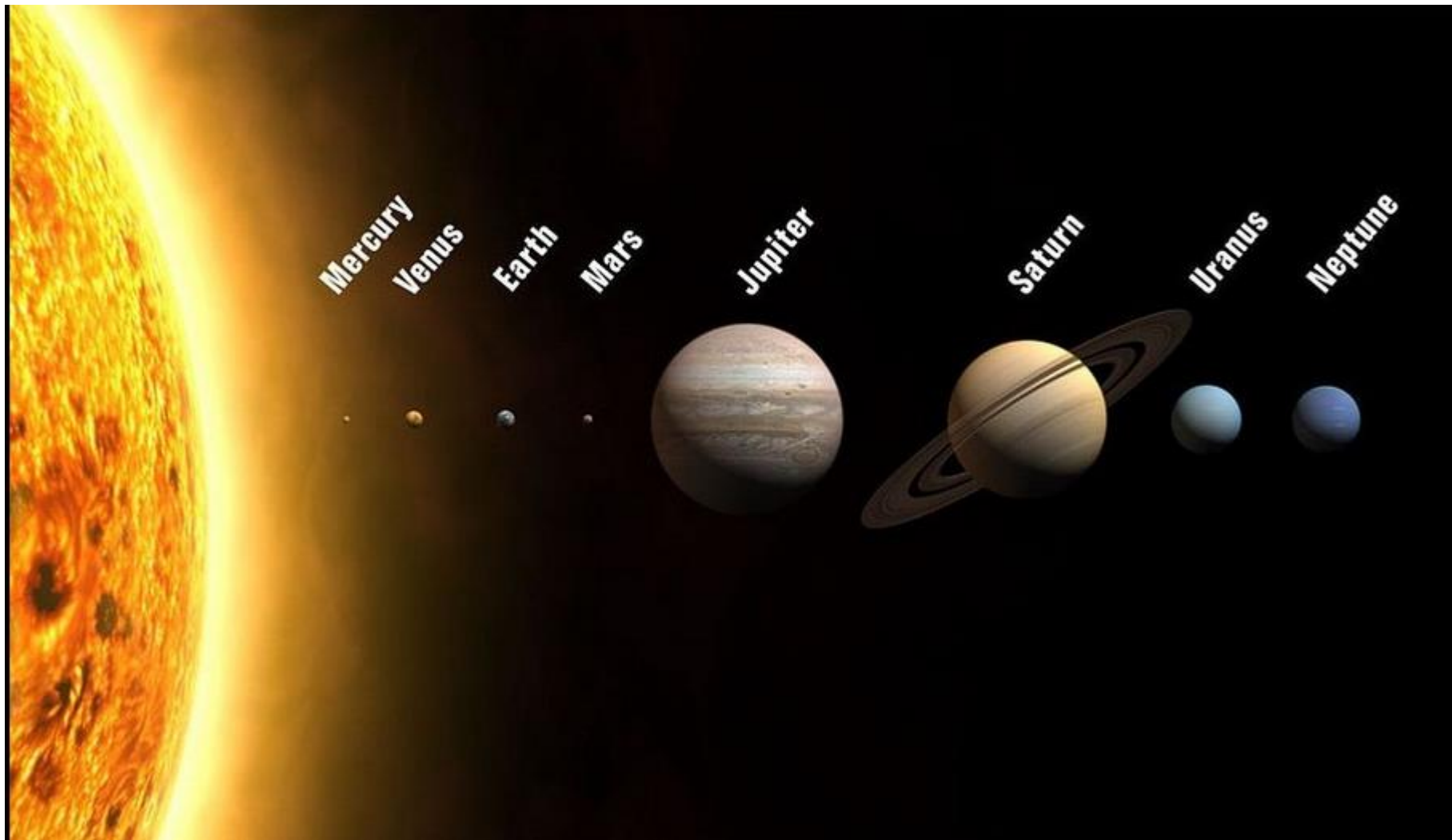
<http://nedhardy.com/2011/09/22/a-case-of-the-humans/>



UNICAMP SUSTENTÁVEL 

nipe

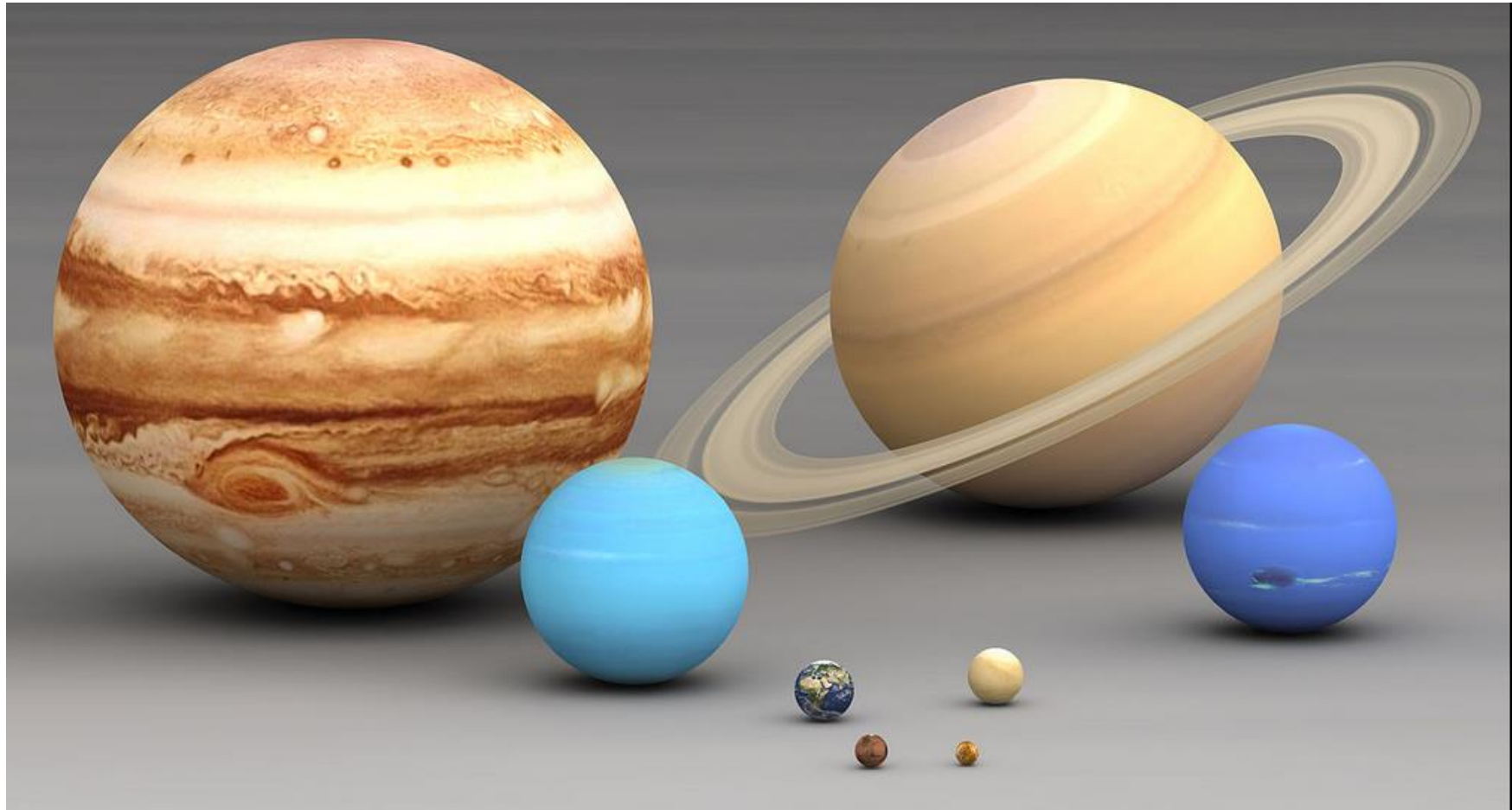
ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_System#/media/File:Planets2013.jpg

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_System#/media/File:Size_planets_comparison.jpg



The Sun compared to the planets

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE



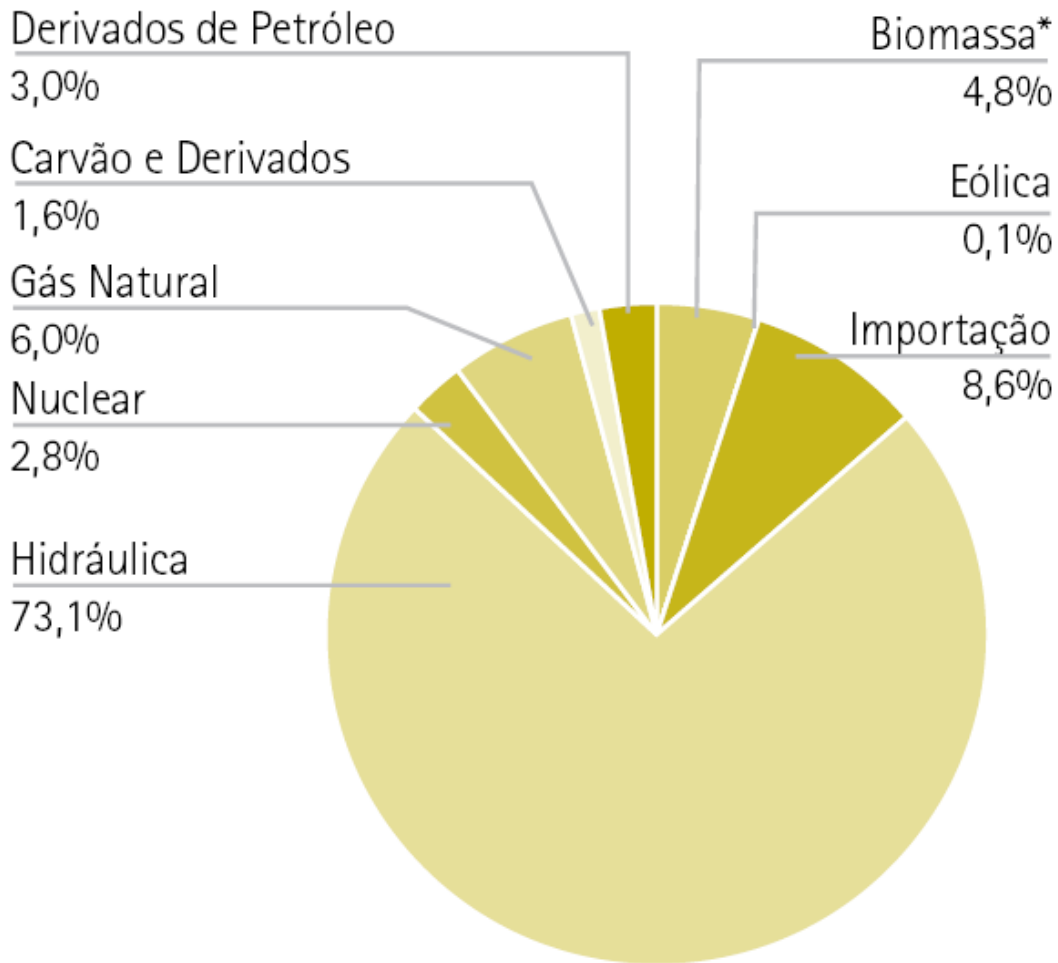
http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_System#/media/File:Size_planets_comparison.jpg



UNICAMP

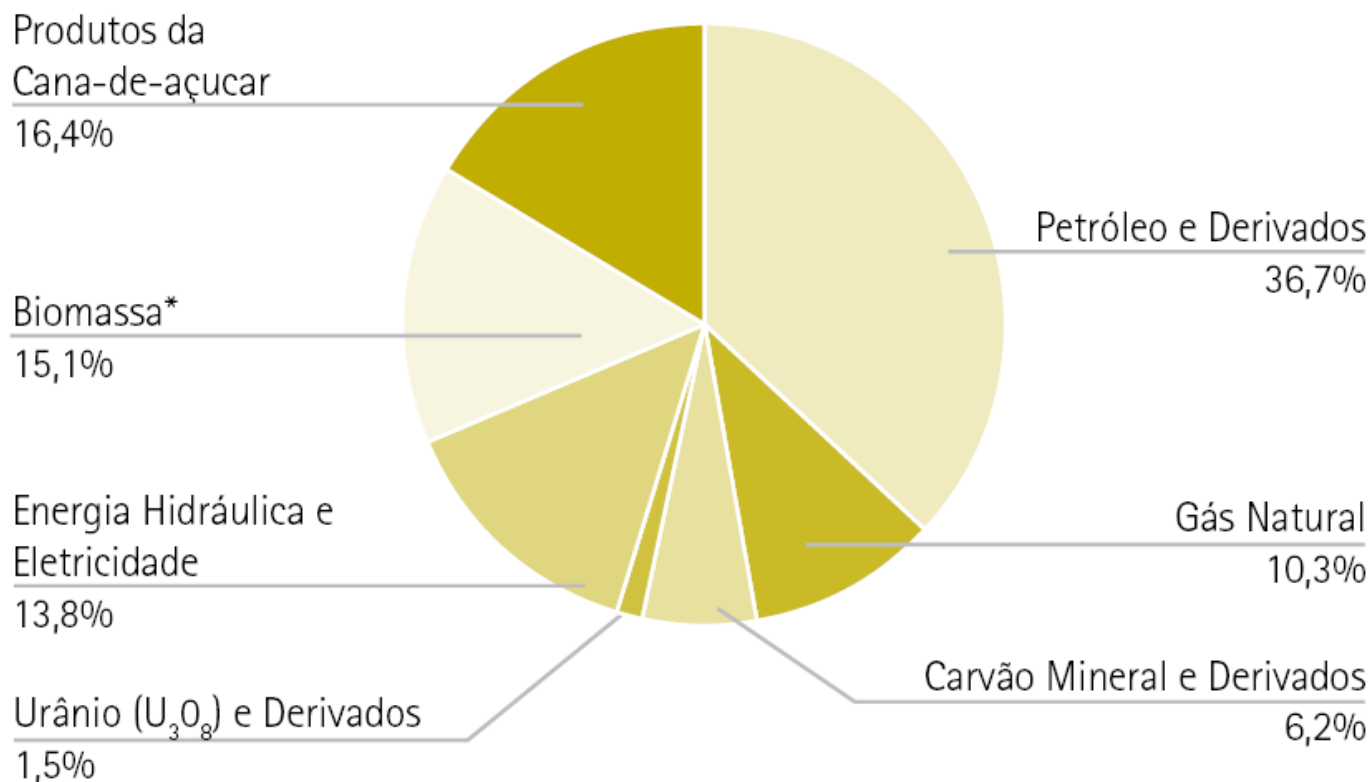
ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

BRASIL
Oferta Interna de Energia Elétrica - participação



ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

Oferta Interna de Energia por Fontes



Nota: * Inclui lenha, carvão vegetal e outras renováveis

Energia renovável é aquela que é obtida de fontes naturais capazes de se regenerar e portanto virtualmente inesgotáveis.

Exemplos:

- Energia Solar
- Energia das marés
- Energia Geotérmica.

É um estoque natural de energia geralmente existente em quantidade fixa, ou que é consumido mais rápido que a natureza pode recriá-lo.

Exemplos:

- Combustíveis fósseis
- Combustíveis nucleares



CITAÇÕES

Amilcar Herrera – Homo Sapiens Não tem Consciência de Espécie

Thomas Khun - O conceito de Paradigma.

André Alckmin – Problemas Simples e Problemas Complexos

Ken Wilbert – Nenhum indivíduo, grupo ou organização está 100% certo ou 100% errado

Gilberto Gallopin – Babarie ou Civilização.