

# SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

---

## EFICIÊNCIA



Miguel Centeno Brito

# SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

---

## EFICIÊNCIA



Miguel Centeno Brito

# Tópicos

- ❑ Conceito eficiência energética
- ❑ Negawatt
- ❑ Demand response
- ❑ nZEB – Zero Energy Buildings
- ❑ Paradoxo de Jevons
- ❑ Intensidade energética

# Conceito

**eficiência energética** é a redução da quantidade de energia necessária para um produto ou serviço. É diferente de **conservação de energia** que é a redução do consumo de energia por se usar menos o serviço.

Exemplos:

- ❑ *Poupar combustível por ter um **motor** mais eficiente é **eficiência** energética*
- ❑ *Poupar combustível por **usar menos** o carro é **conservação** de energia*
- ❑ *Poupar energia para aquecimento porque uso uma **bomba de calor** é **eficiência** energética*
- ❑ *Poupar energia para aquecimento porque **sobrevivo** a uma temperatura mais baixa é **conservação** de energia.*

# Conceito

**Eficiência energética** é a redução da quantidade de energia necessária para um produto ou serviço.

Aumentar a eficiência energética de um processo ou serviço pode ter custos muito reduzidos e grandes proveitos económicos, ou seja, **taxas de retorno do investimento** muito favoráveis.



# Conceito

Porque é *do interesse comum* reduzir o consumo de electricidade interessa estimular a **transição** para equipamentos mais eficientes.

- ❑ Através de **regulamentação** (e.g. obrigar todas os edifícios a cumprir um determinado regulamento térmico ou proibindo lâmpadas incandescentes)
- ❑ Através de **penalizações** (e.g. taxando os produtos/serviços ineficientes)
- ❑ Através de **valorização** comercial da eficiência energética (e.g. rotulagem de classes energéticas de electrodomésticos ou edifícios)



# Negawatt

**Negawatt** é a unidade de potência que não é consumida.

É comumente descrita como energia não consumida/poupada num determinado processo/serviço mas tem unidades físicas de **potência** e não de **energia!!!**

# Negawatt

**Negawatt** é a unidade de potência que não é consumida.

Pode-se considerar que

*o megawatt mais barato é aquele que não foi preciso produzir*

Uma solução *tradicional* é incentivos fiscais à eficiência energética. A dificuldade é como medir os negawatts de uma casa ou de uma fábrica...

Pode-se imaginar que o negawatt tem portanto valor comercial.

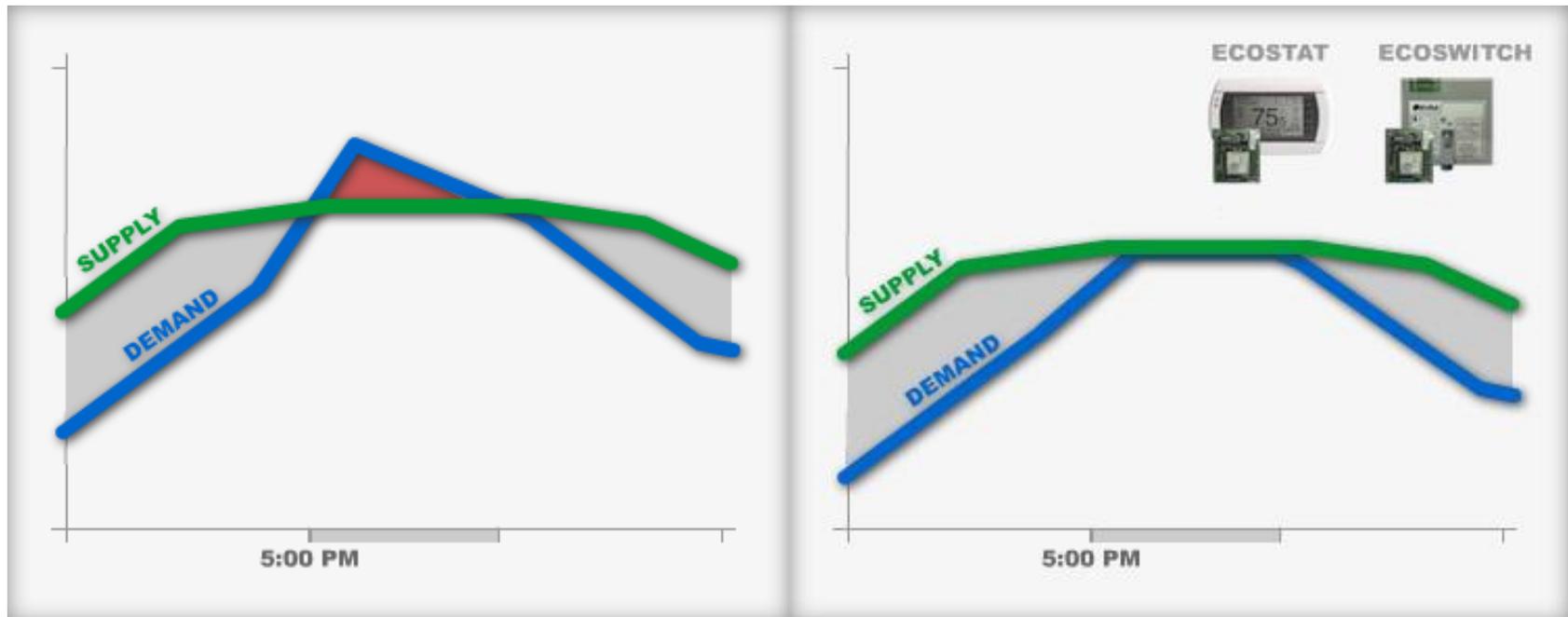
Faz sentido um mercado de negawatts, entre consumidores e/ou empresas?

# Negawatt Demand response

O mercado de negawatts já existe!!

Chama-se *demand response*.

Conserve Energy  
Generate Revenue

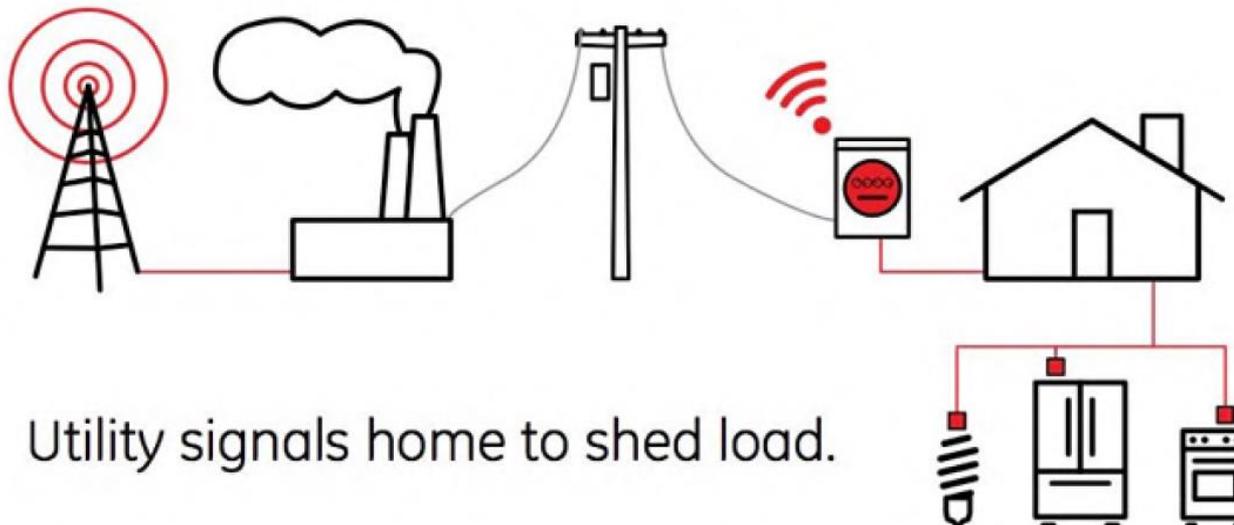


# Negawatt Demand response

O mercado de negawatts já existe!!

Chama-se *demand response*.

Conserve Energy  
Generate Revenue



Utility signals home to shed load.

# Negawatt Demand response

O mercado de negawatts já existe!!

Chama-se *demand response*.

Conserve Energy  
Generate Revenue



# Negawatt

## Demand response

O mercado de negawatts já existe!!

Chama-se *demand response*.

Conserve Energy  
Generate Revenue



### Frigorífico

- Atrasa função *defrost*
- Ligeira subida de temperatura)



### Termostato

- Maior tolerância a variações temperatura



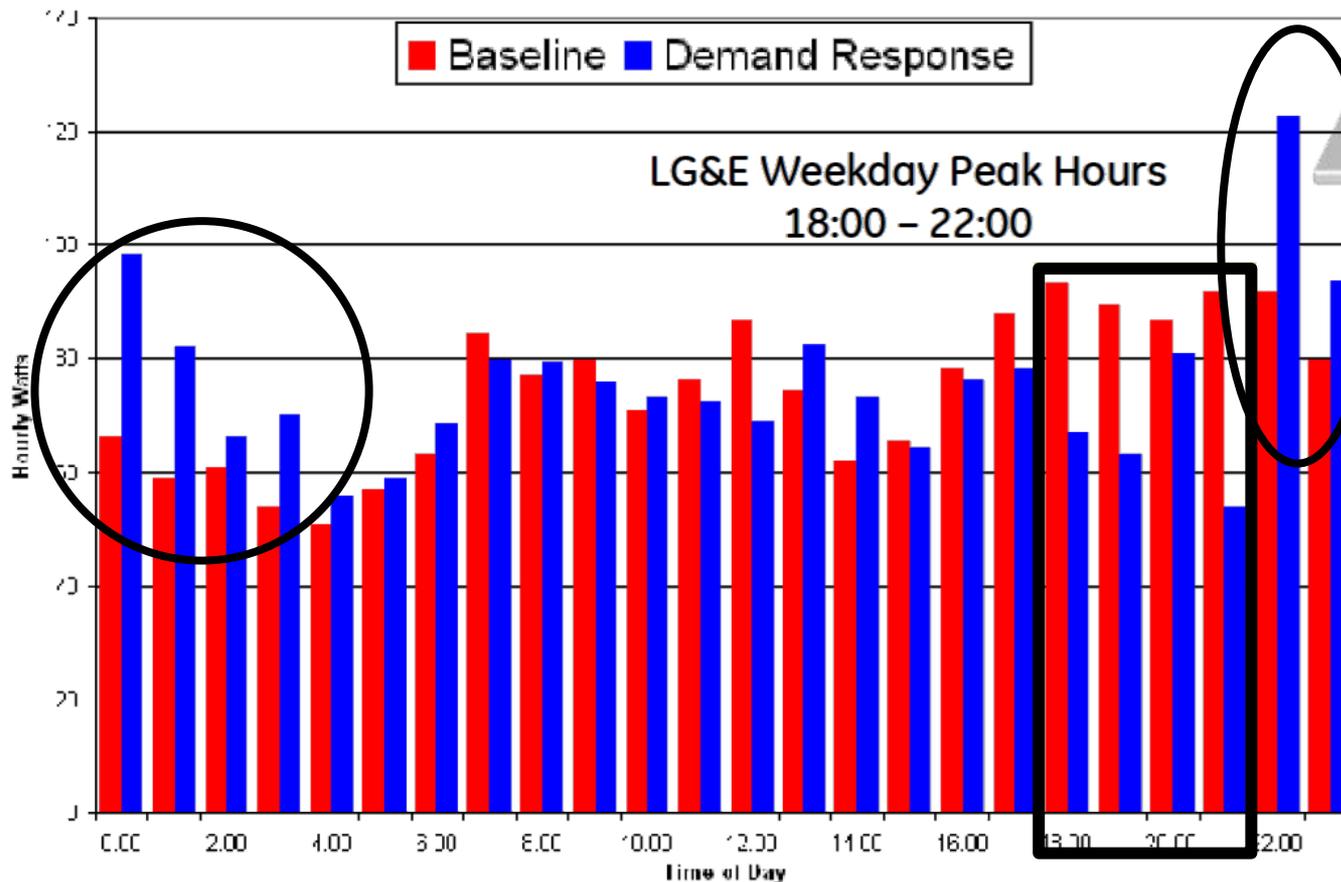
### Máquinas da louça/roupa

- Atrasa lavagem
- Altera programa de lavagem

A educação energética do consumidor é essencial

# Negawatt Demand response

Conserve Energy  
Generate Revenue



27% reduction during peak hours  
6% reduction on daily cost

# Zero Energy Buildings

Porque os edifícios consomem 1/3 da energia final.

Eficiência energética nos edifícios

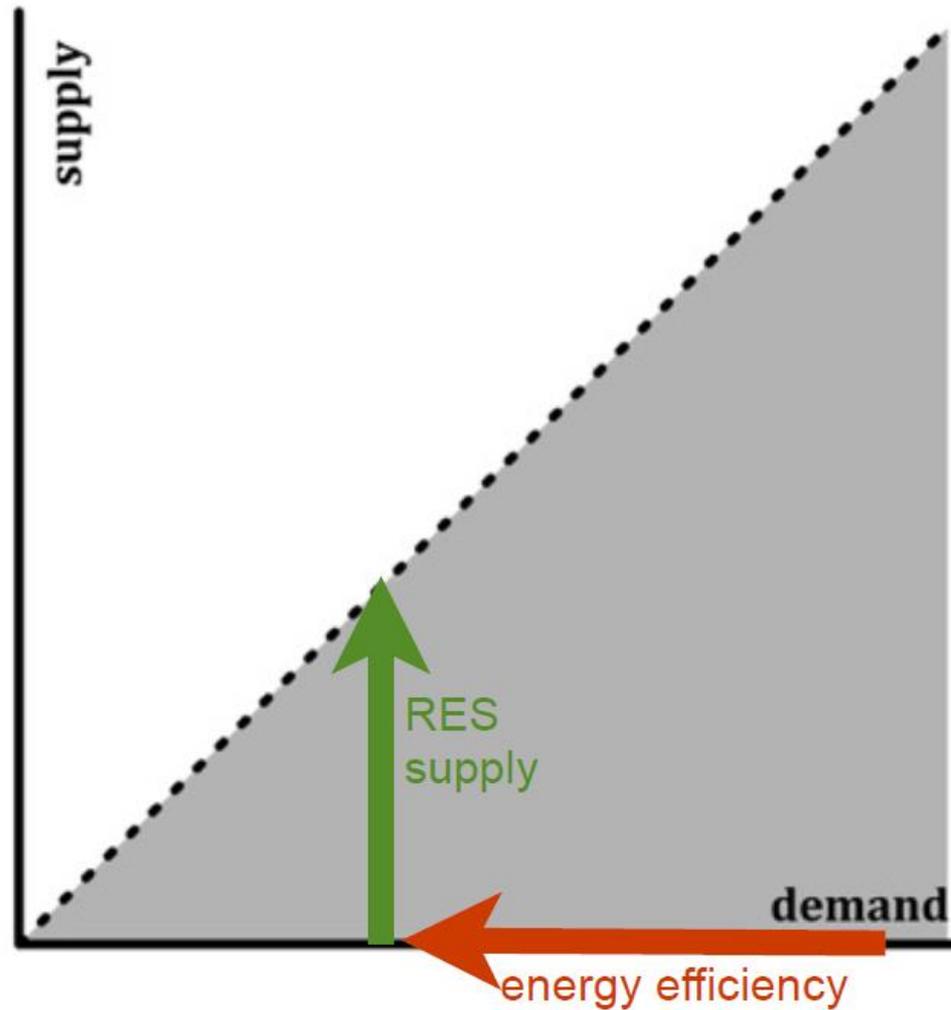
❑ **Certificação** do desempenho energético de edifícios

Incorporação do desempenho energético no valor comercial dos edifícios

❑ Conceito de **ZEB – casas com baixo consumo de energia**



# Zero Energy Buildings



# Zero Energy Buildings

## Definições

- ❑ **off-grid zero energy buidling**, não precisam de ligação à rede (podendo existir, como back up); são casas autónomas que produzem toda a energia que consomem, com armazenamento de energia para uso nocturno e no inverno
- ❑ **on-grid zero energy buidling**, são edifícios cujo saldo de produção - consumo de energia ao longo do ano é nulo, porque exportam para a rede tanta energia como aquela que importam da rede

# Zero Energy Buildings

## Definições (*continuação*)

- ❑ **Nearly zero energy buidling**, apresentam um elevado desempenho energético com consumos **muito** pequenos e em que uma fracção “**muito significativa**” do consumo de energia vem de fontes renováveis locais produzidas localmente ou em local “**próximo**” [Directiva 2010/31/EU]

### Outras limitações do conceito:

- ❑ *Análise feita para ano típico, não ao longo da vida*
- ❑ *Não considera a energia incorporada nos materiais e equipamentos do edifício*
- ❑ *Considera factores de energia primária tabelados.*

# Zero Energy Buildings

Definições (*continuação*)

- ❑ **Nearly zero energy buidling**, apresentam um elevado desempenho energético com consumos **muito** pequenos e em que uma fracção “**muito significativa**” do consumo de energia vem de fontes renováveis locais produzidas localmente ou em local “**próximo**” [Directiva 2010/31/EU]

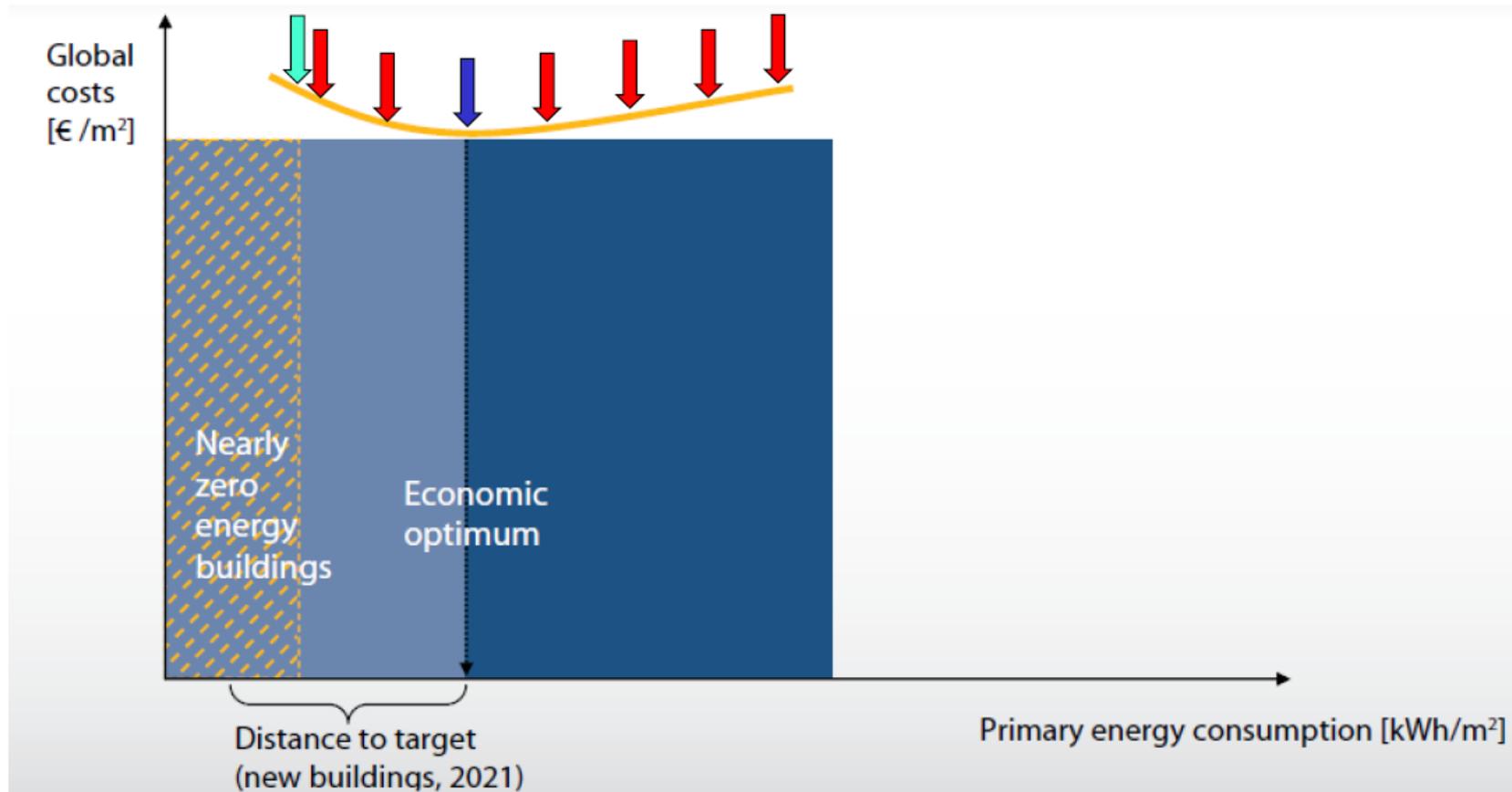
Mas o principal “desafio” desta definição: trata de igual forma a **eficiência** energética, a **conservação** de energia e a produção de energias **renováveis**

Novas definições possíveis: *net zero emissions, net zero cost,...*

Tudo depende da motivação!

# Zero Energy Buildings

## Cost optimal performance levels



# Zero Energy Buildings



U.S. DEPARTMENT OF ENERGY  
**SOLAR DECATHLON**



# Iniciativa One-watt

Os equipamentos em *standby* são consumidores **fantasma** ou **vampiros**: consomem energia sem (grande) utilidade.

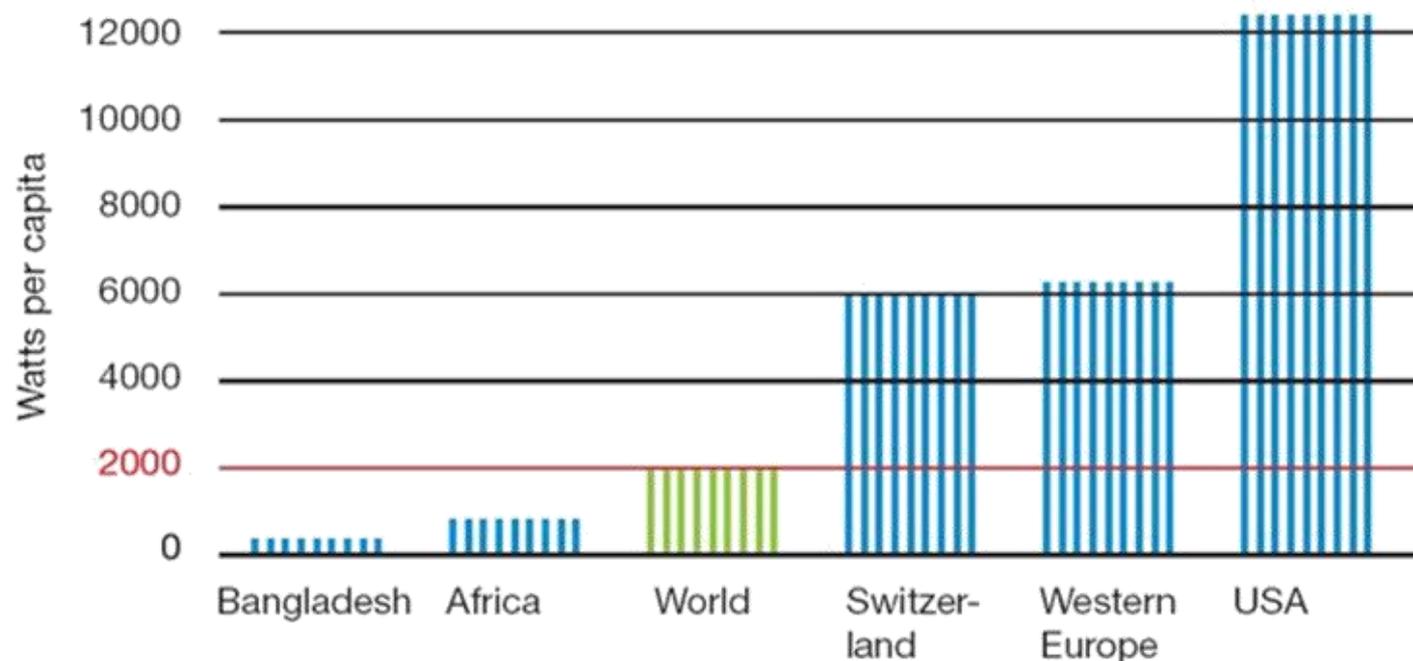
Estimativas sugerem que podem atingir 7 a 10% do consumo doméstico.



pouca energia x muitos equipamentos = muito consumo

# Sociedade 2000-watt

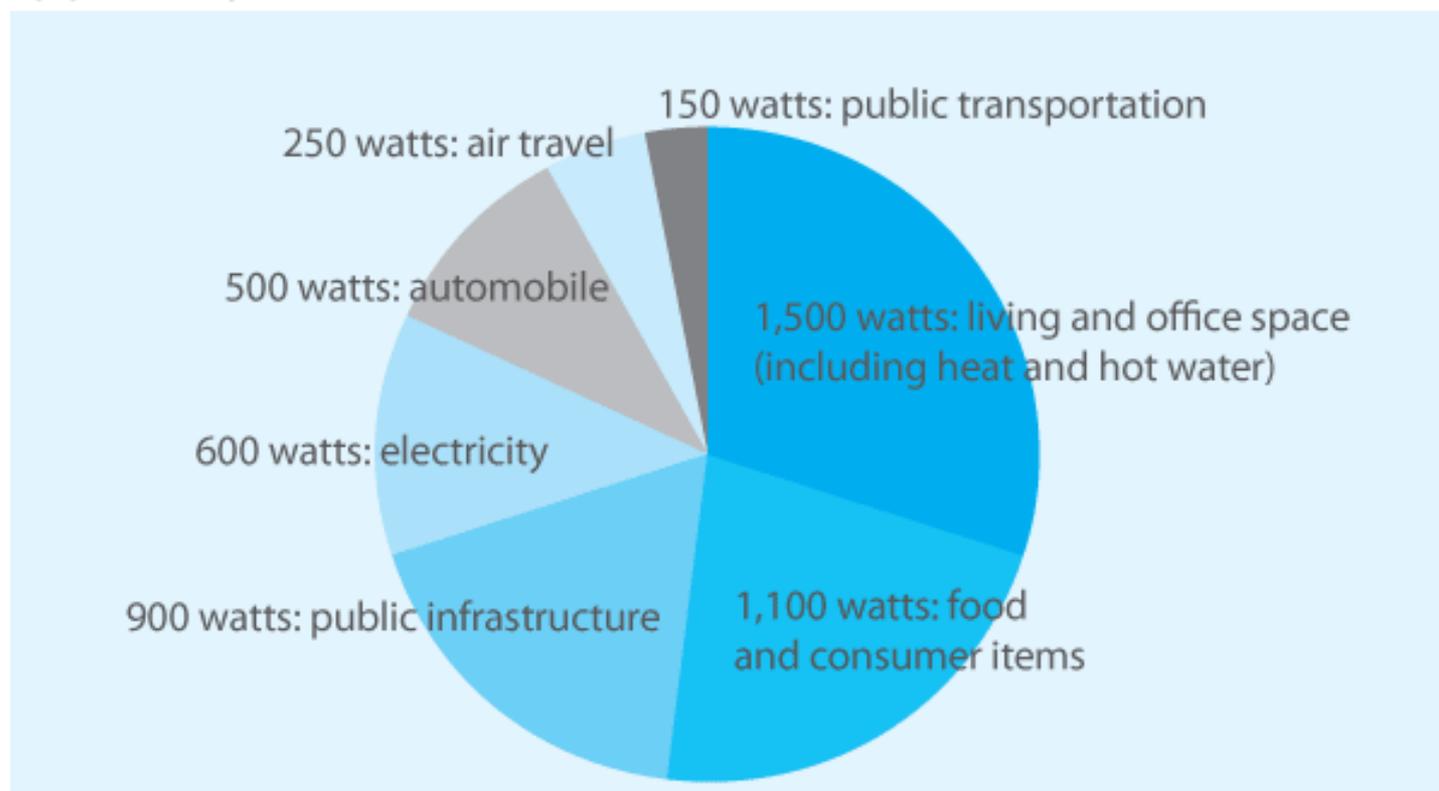
Conceito sustentabilidade energética proposto em 2000 pelo ETH (Instituto Federal Suíço de Tecnologia de Zurich).



Consumir a média global de energia per capita (17500 kWh/ano ou 2000 W)  
sem restrições na qualidade de vida (saúde, segurança, conforto)

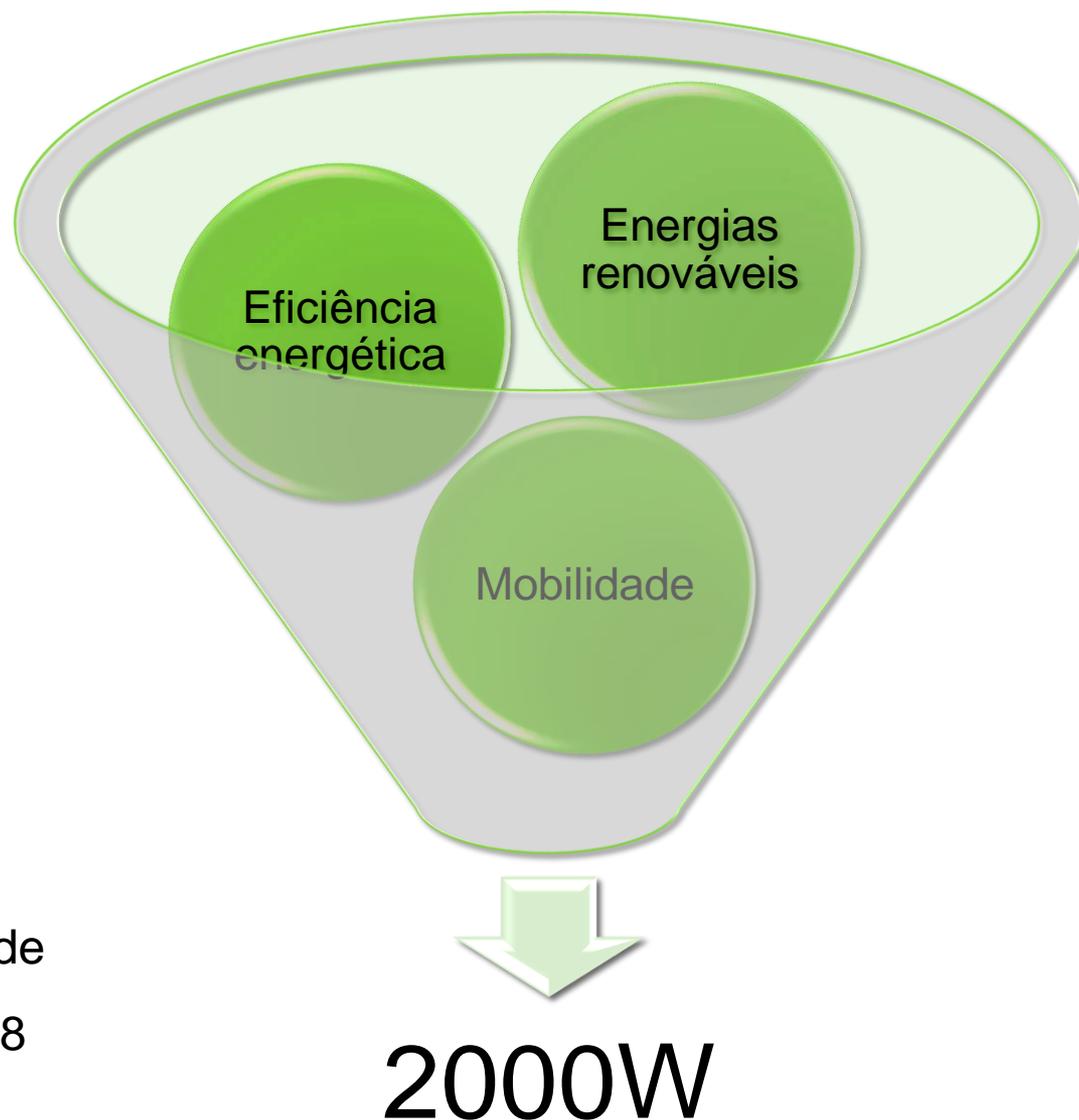
# Sociedade 2000-watt

Breakdown of total watts currently used by the average Swiss (5,000 W)



Consumir a média global de energia per capita (17500 kWh/ano ou 2000 W)  
sem restrições na qualidade de vida (saúde, segurança, conforto)

# Sociedade 2000-watt



Sociedade 2000W em 2050  
aprovado em referendo na cidade  
de Zurich em Novembro de 2008

# Paradoxo de Jevons

Observou em 1865 que o **aumento da eficiência** na utilização de um dado recurso contribui, não para a diminuição, mas para o **aumento do consumo** desse recurso.



William Stanley Jevons

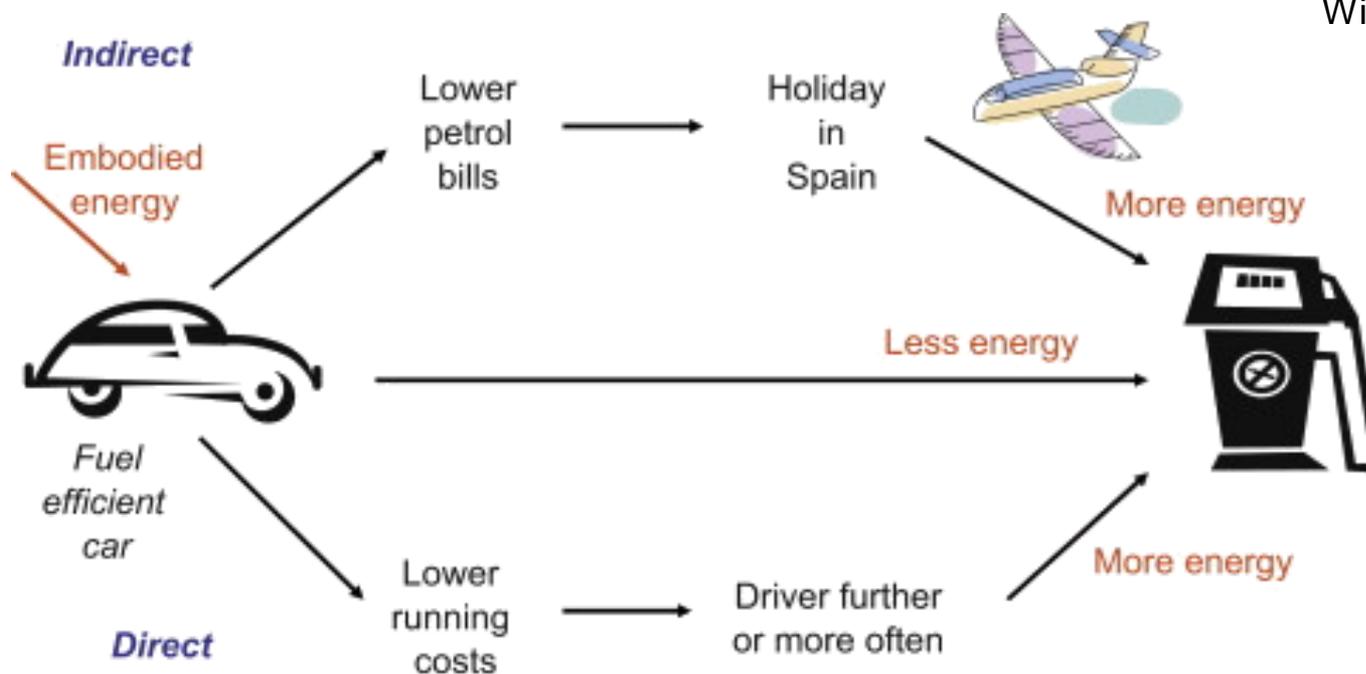
*A introdução da máquina a vapor de James Watt, mais eficiente do que a anterior, de Thomas Newcomen, reduz drasticamente o consumo de carvão para uma dada aplicação, mas aumentou muito o consumo global de carvão porque permitiu a sua utilização em muitas outras aplicações e indústrias.*

# Paradoxo de Jevons

Observou em 1865 que o **aumento da eficiência** na utilização de um dado recurso contribui, não para a diminuição, mas para o **aumento do consumo** desse recurso.



William Stanley Jevons



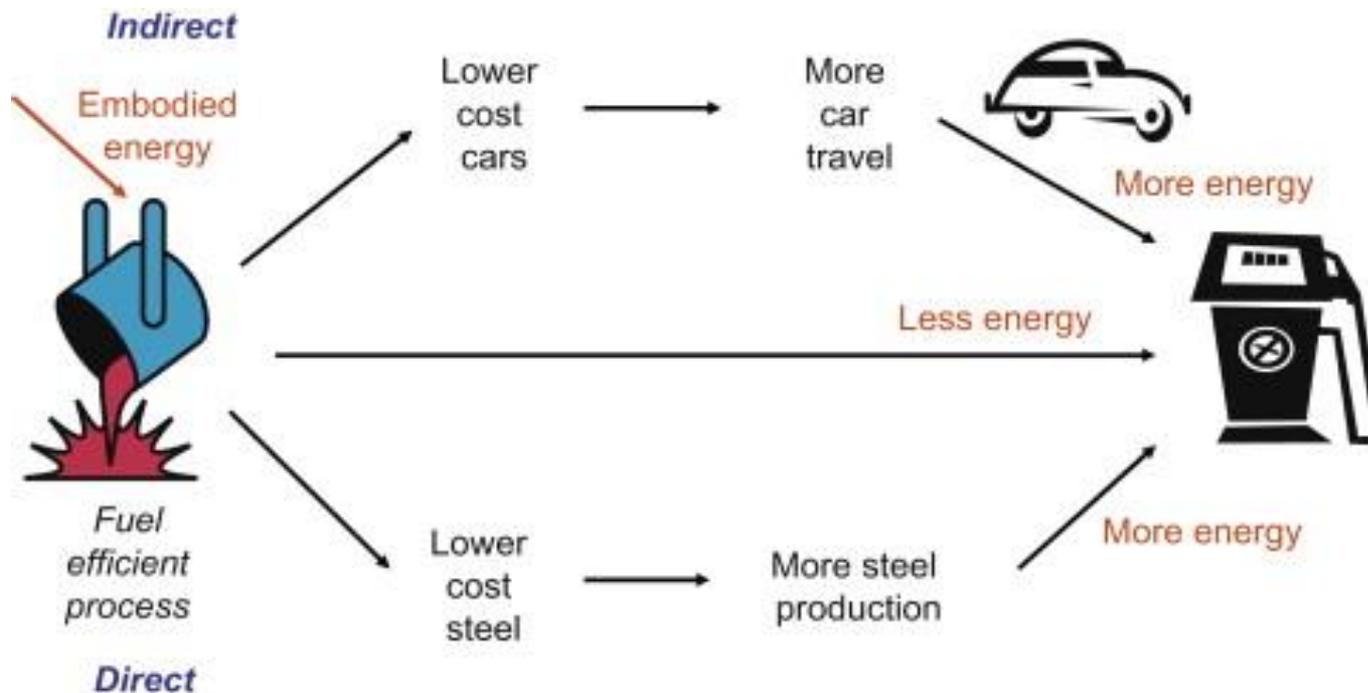
Para consumidores

# Paradoxo de Jevons

Observou em 1865 que o **aumento da eficiência** na utilização de um dado recurso contribui, não para a diminuição, mas para o **aumento do consumo** desse recurso.



William Stanley Jevons



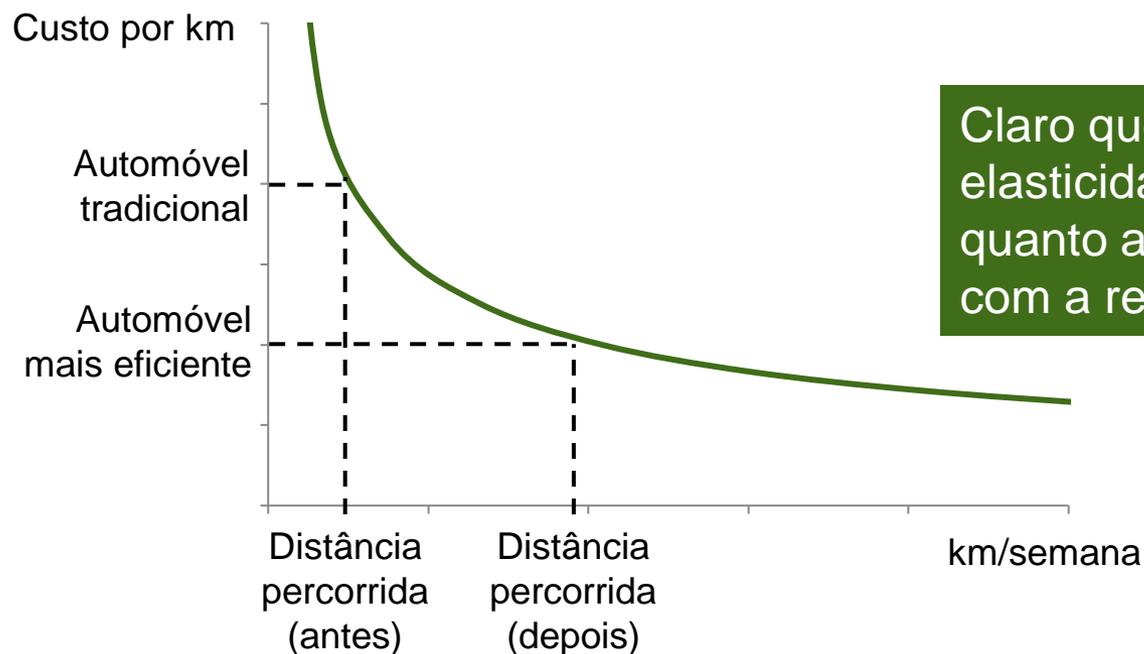
Para produtores

# Paradoxo de Jevons

Observou em 1865 que o **aumento da eficiência** na utilização de um dado recurso contribui, não para a diminuição, mas para o **aumento do consumo** desse recurso.



William Stanley Jevons



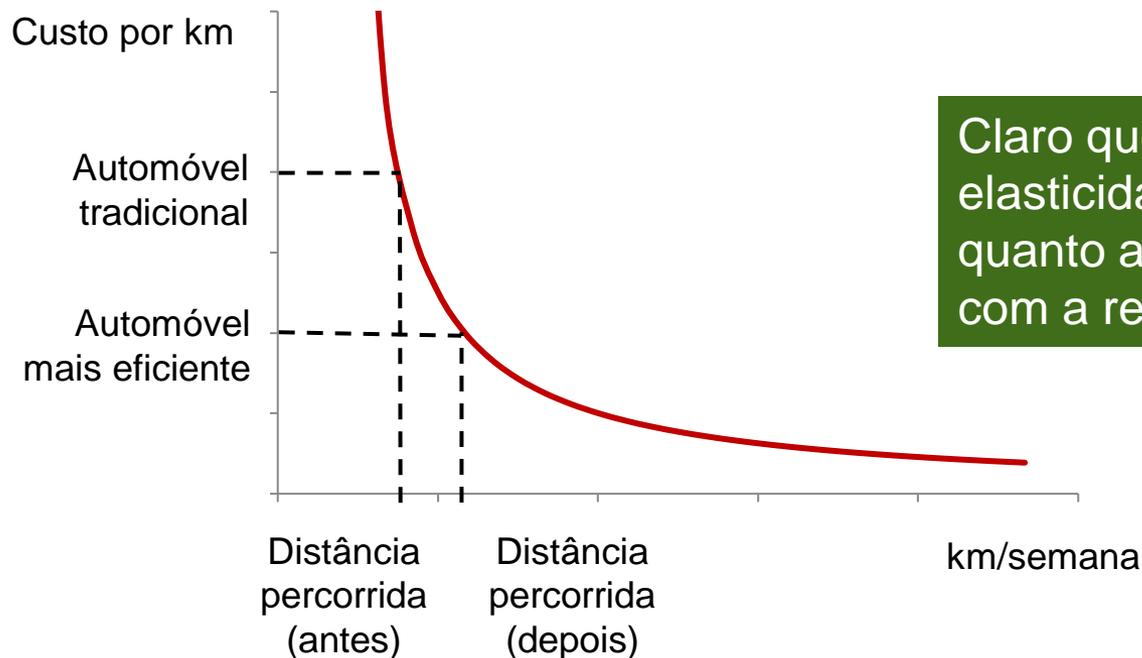
Claro que tudo depende da elasticidade da procura, i.e. quanto aumenta o consumo com a redução do custo!?

# Paradoxo de Jevons

Observou em 1865 que o **aumento da eficiência** na utilização de um dado recurso contribui, não para a diminuição, mas para o **aumento do consumo** desse recurso.



William Stanley Jevons



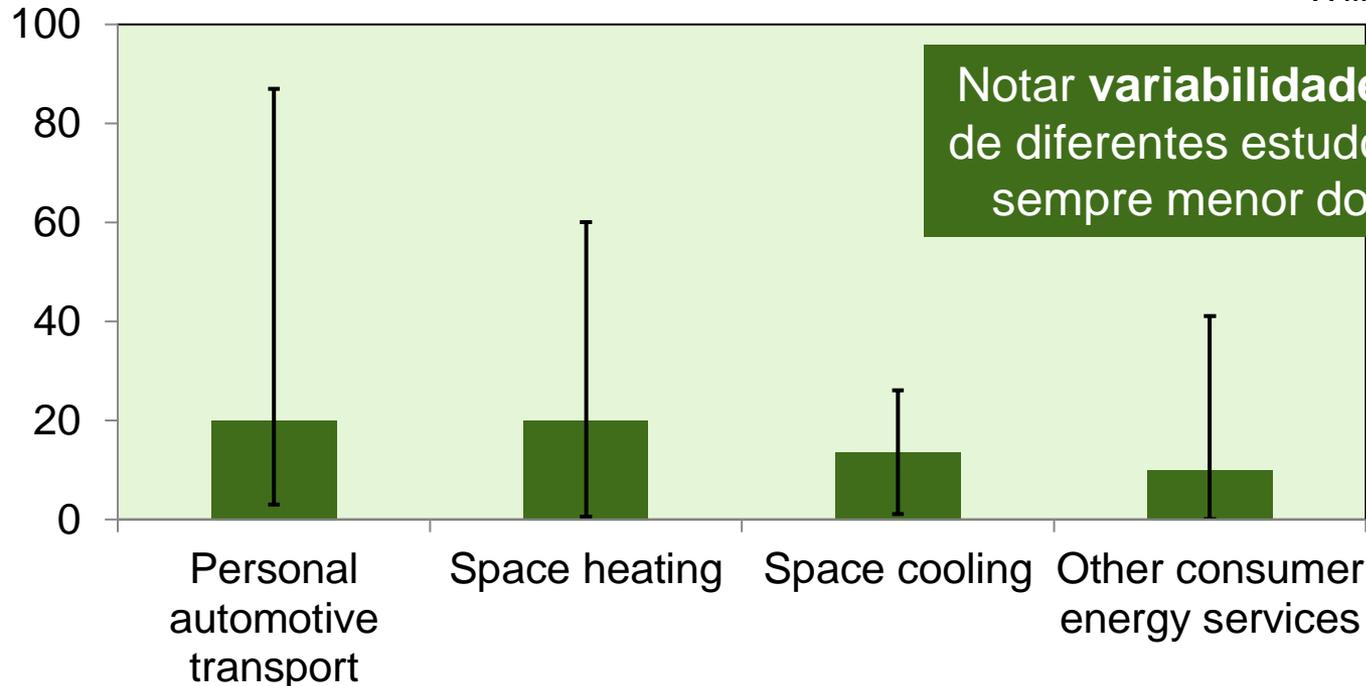
Claro que tudo depende da elasticidade da procura, i.e. quanto aumenta o consumo com a redução do custo!?

# Paradoxo de Jevons

Observou em 1865 que o **aumento da eficiência** na utilização de um dado recurso contribui, não para a diminuição mas para o **aumento do consumo** desse recurso.



William Stanley Jevons



# Paradoxo de Jevons

Observou em 1865 que o **aumento da eficiência** na utilização de um dado recurso contribui, não para a diminuição mas para o **aumento do consumo** desse recurso.



William Stanley Jevons

Importante salientar, ainda

- ❑ O aumento da eficiência promove a **melhoria da qualidade de vida**
- ❑ Aplica-se apenas a **umentos tecnológicos de eficiência**, outros factores (e.g. impostos, penalizações, políticas de incentivo, etc) não provocam o mesmo efeito

# Paradoxo de Jevons

## Paradoxo de Downs–Thomson

Porque com o **aumento de capacidade de estradas** (e.g. mais faixas, um novo túnel, etc.) , os transportes públicos se tornam menos frequentes, mais caros,... a prazo, pode **umentar** e não reduzir a os problemas de trânsito...

## Postulado de Lewis–Mogridge

O trânsito aumenta sempre de forma a ocupar a área disponível nas ruas e estradas. (devido a DT ou outros efeitos como *procura induzida* – criação de novas rotas)

*O aumento da velocidade média numa cidade com uma nova acessibilidade pode durar apenas algumas semanas*

# Intensidade energética

## Qual a eficiência energética de uma sociedade?

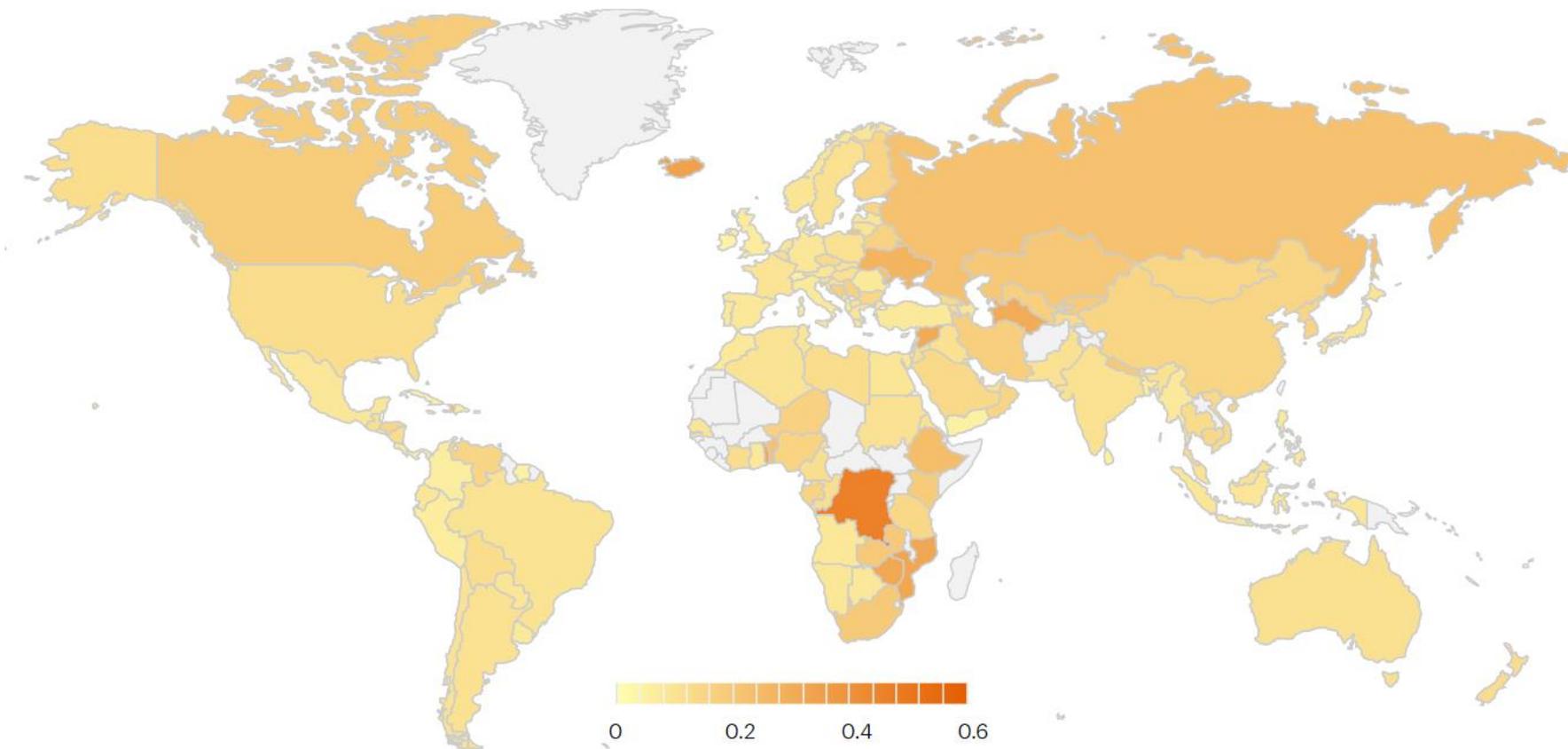
É uma pergunta mal definida, porque é preciso agregar processos/serviços demasiado diferentes...

Mas podemos reformular a pergunta, medindo quanta energia preciso para o funcionamento da economia: a **Intensidade energética mede a ineficiência energética de uma economia.**

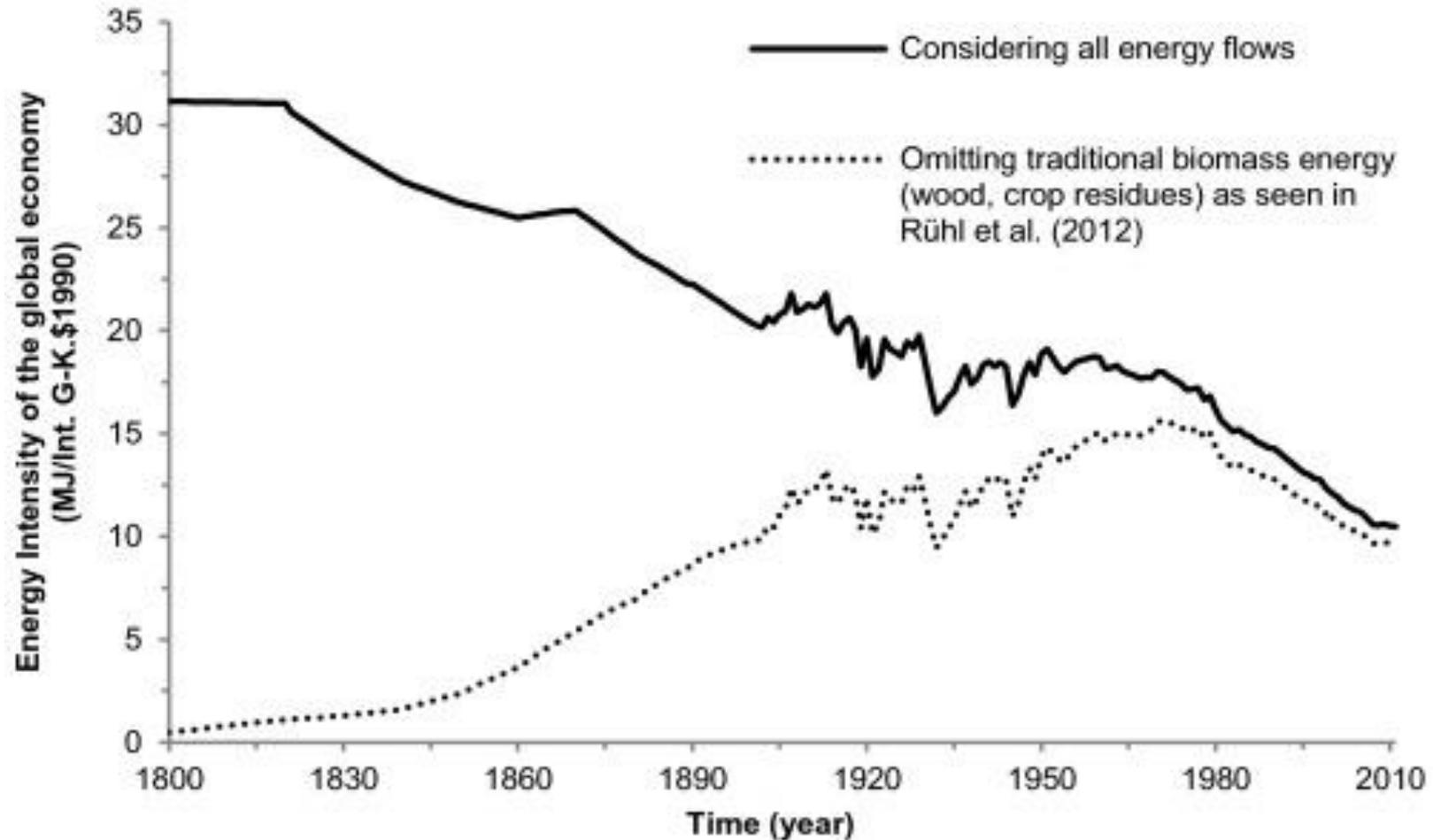
É definido como unidade de energia necessária por unidade de riqueza criada (unidade típica: MJ/€).

# Intensidade energética

Energy intensity measured in terms of primary energy and GDP, 2017

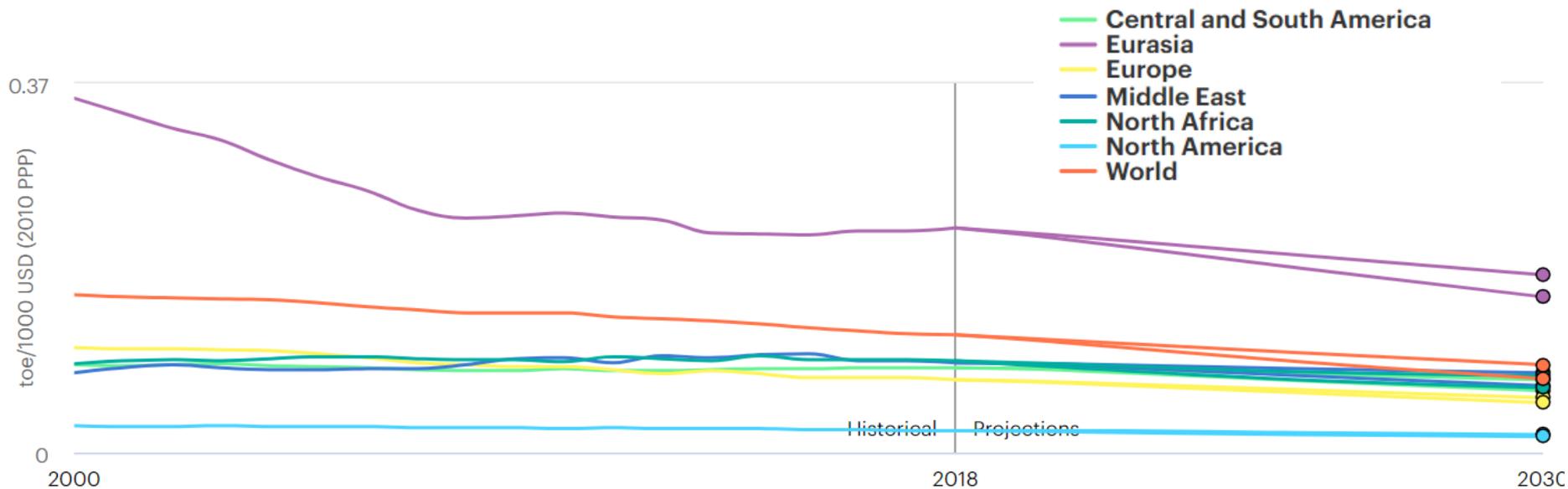


# Intensidade energética



# Intensidade energética

Energy intensity measured in terms of primary energy and GDP, 2000-2030



# Intensidade energética

É uma medida muito simplificadora...

## **Algumas limitações:**

- Não considera efeitos ambientais

*Exemplos:*

*um inverno mais frio aumenta procura (não-produtiva) de calor*

*um mau ano de chuva, barragens vazias obriga à queimar mais carvão*

# Intensidade energética

É uma medida muito simplificadora...

## Algumas limitações:

- ❑ Não considera efeitos ambientais

*Exemplos:*

*um inverno mais frio aumenta procura (não-produtiva) de calor*

*um mau ano de chuva, barragens vazias obriga à queimar mais carvão*

- ❑ Não considera efeitos sociais

*Exemplo:*

*envelhecimento da população aumenta procura (não produtiva) de conforto térmico*

# Intensidade energética

É uma medida muito simplificadora...

## Algumas limitações:

- Não considera efeitos ambientais
- Não considera efeitos sociais
  
- Não considera alterações estruturais na economia

*Como não contabiliza energia incorporada nos produtos, e usualmente análise limitada a uma região/país, o “outsourcing” industrial aparece como aumento de eficiência energética.*

# Intensidade energética

Redução intensidade energética em Portugal é estatisticamente justificada por:

1. Reestruturação da **economia** (= importação produtos industriais)
2. Conversão geração electricidade fuel óleo para **gás natural** (é positivo!)
3. Quebra no consumo (**crise** económica)
4. **Eficiência** energética nos processos e serviços

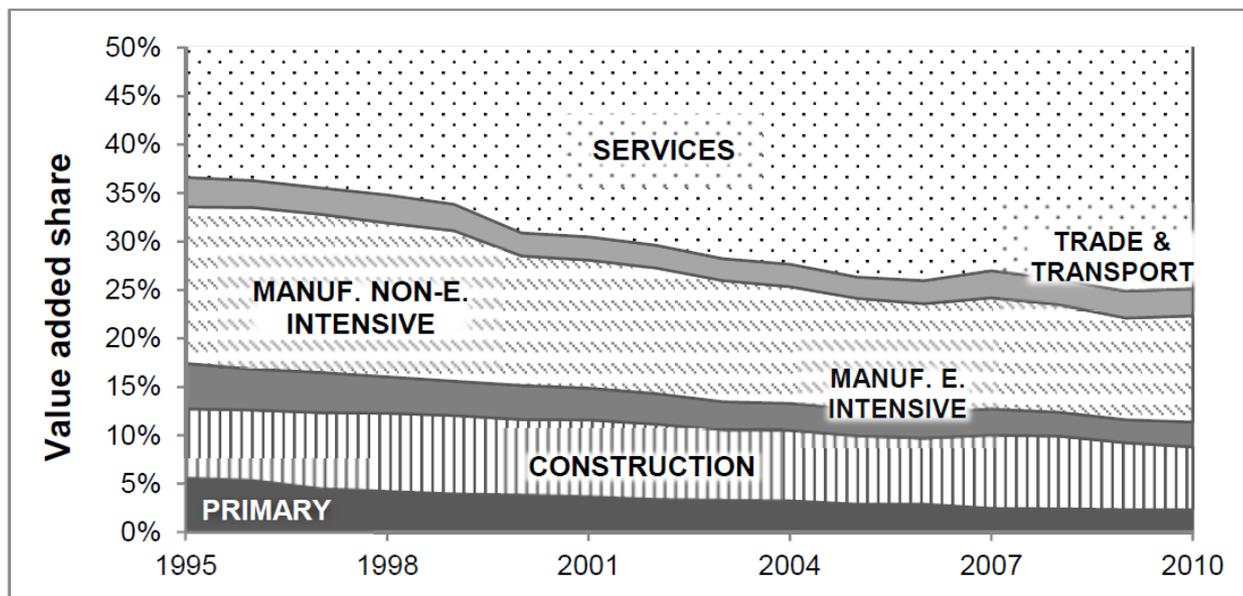


Figure 7-3 Value added share by industry: Portugal 1995-2010.

## Bibliografia esencial

- ❑ Marcel Hanggi, On the way to the 2000-watt society Zurich's path to sustainable energy use  
<http://www.stadt-zuerich.ch/2000watt>
- ❑ William Stanley Jevons, *The Coal Question; An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines* [1865] <http://oll.libertyfund.org/titles/317>
- ❑ Steve Sorrell, *Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency*, Energy Policy, 37, 4, April 2009, 1456-1469

