



# Solar fotovoltaico

## Uma medida de eficiência energética

Uma pequena (r)evolução.....

*Manuel Azevedo*



# Conteúdo

---

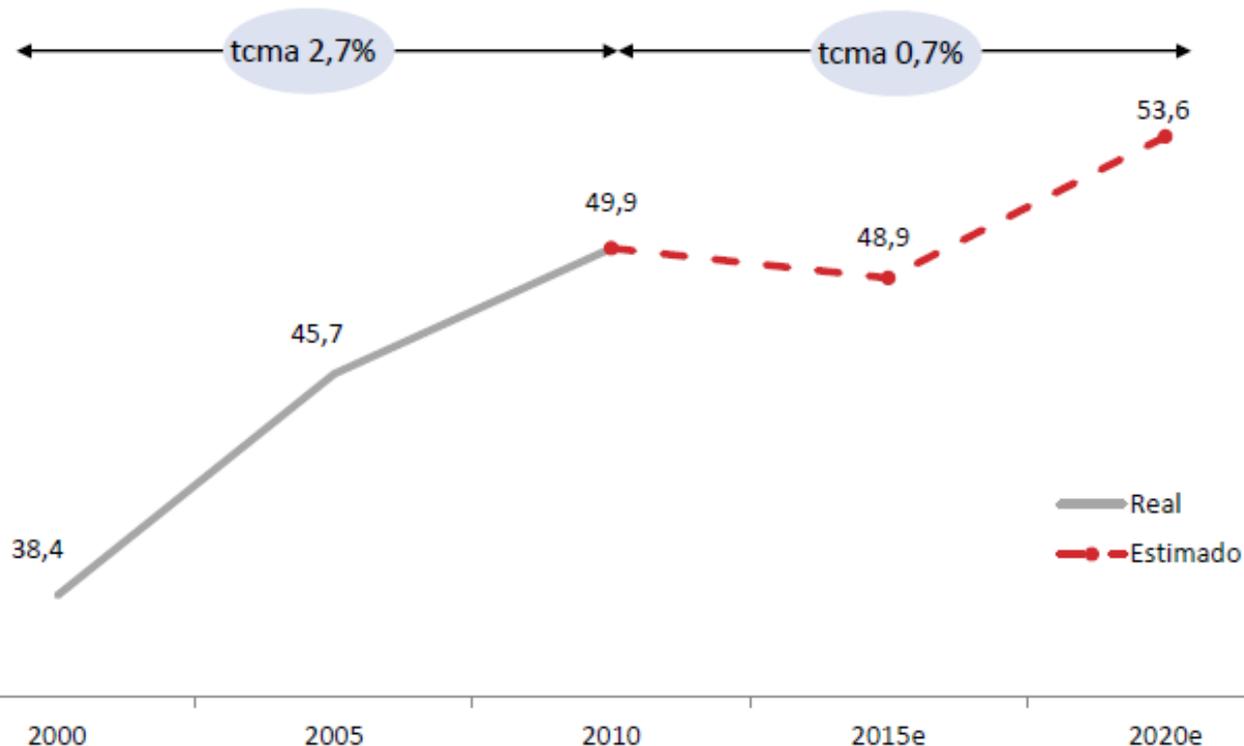
- **Situação energética em Portugal**
- **Solar fotovoltaico - “Mitos”**
- **Auto consumo**



# Situação Energética em Portugal

# Evolução do consumo da energia eléctrica

Estimativa do consumo de Eletricidade (TWh)

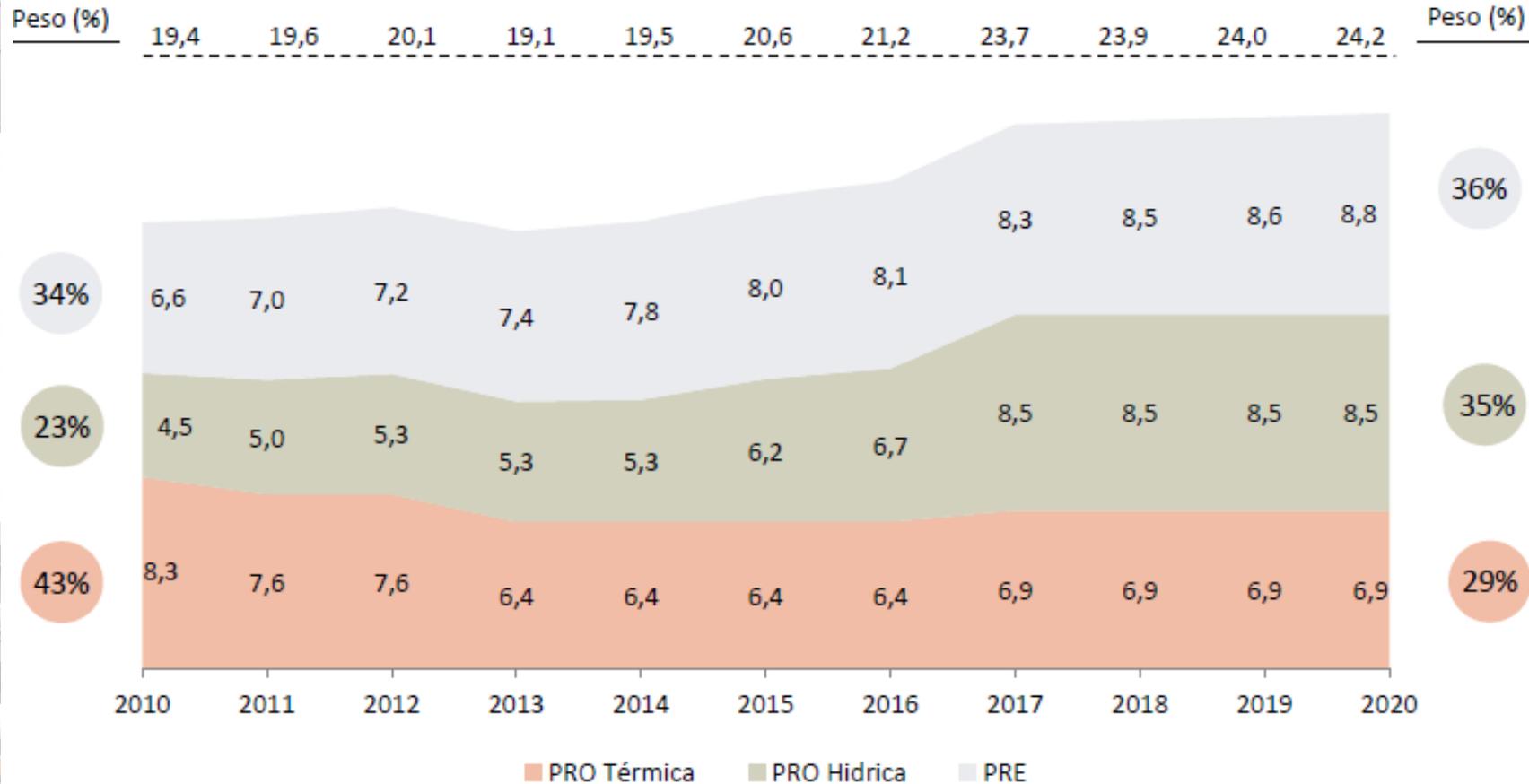


- O consumo de energia eléctrica tem vindo aumentar a uma taxa anual de 2,7%/ano.
- Prevê-se um crescimento de cerca 0,7% entre 2010 e 2020.

Fonte: DGEG (Linhas orientadoras, PNAEE e PNAER)

# Previsões 2011-2020 (linhas orientadoras PNAEE e PNAER)

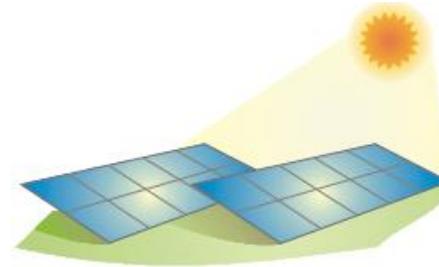
## Estimativa de evolução do parque electroprodutor (GW)



Fonte: DGE (Linhas orientadoras, PNAEE e PNAER)

# Ranking Mundial: Eólico + Solar Fotovoltaico

Potência instalada por habitante (Watt per capita) em 2012



|                     |            |
|---------------------|------------|
| 1 - Denmark         | 706        |
| 2 - Spain           | 459        |
| <b>3 - PORTUGAL</b> | <b>387</b> |
| 4 - Ireland         | 355        |
| 5 - Germany         | 355        |
| 6 - Sweden          | 297        |
| 7 - Cyprus          | 160        |
| 8 - Canada          | 153        |
| 9 - Greece          | 151        |
| 10 - USA            | 150        |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 1 - Germany       | 301 |
| 2 - Vatican City  | 267 |
| 3 - Italy         | 210 |
| 4 - Liechtenstein | 195 |
| 5 - Czech Rep.    | 185 |
| 6 - Belgium       | 183 |
| 7 - Spain         | 93  |
| 8 - Slovakia      | 87  |
| 9 - Luxembourg    | 59  |
| 10 - Greece       | 58  |

**29.700 MW**

.....

.....

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>20 - PORTUGAL</b> | <b>18</b> |
|----------------------|-----------|

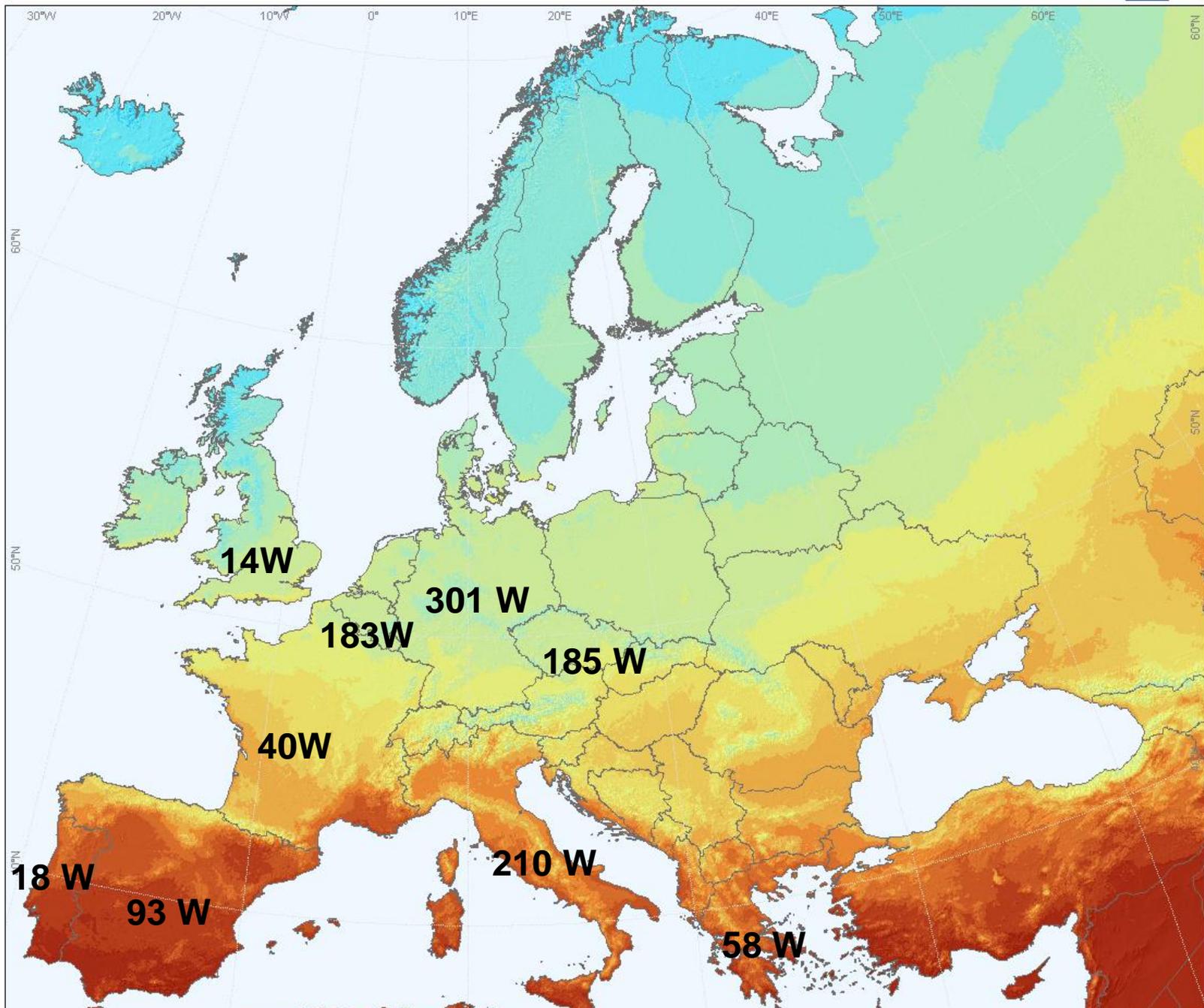
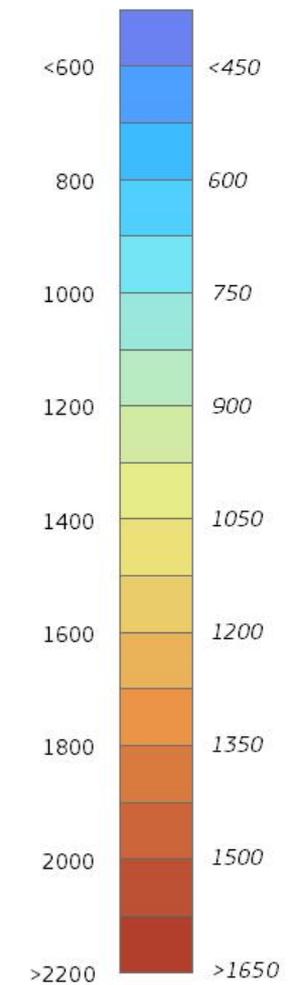
**188 MW**

Fonte: SolarSuperState Association

# Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Global irradiation\*  
[kWh/m<sup>2</sup>]



# Distribuição do Consumo e Produção de Electricidade



| Distribuição do consumo (%) | 2011        |
|-----------------------------|-------------|
| Grande Hídrica              | 21,1%       |
| Térmica PRO                 | 37,9%       |
| Gás Natural                 | 53,1%       |
| Carvão                      | 47,0%       |
| Fuel                        | 0,0%        |
| Saldo Importador            | 5,5%        |
| PRE Não Renovável           | 10,4%       |
| PRE Renovável               | 25,1%       |
| Eólica                      | 17,6%       |
| PCH                         | 2,0%        |
| Solar                       | 0,5%        |
| Biomassa + Biogás           | 4,5%        |
| RSU                         | 0,5%        |
| Biomassa total              | 5,0%        |
| Renovável TOTAL             | 46,2%       |
| <b>TOTAL</b>                | <b>100%</b> |

| Distribuição do consumo (%) | 27/5/12     |
|-----------------------------|-------------|
| Grande Hídrica              | 10.2%       |
| Térmica PRO                 | 35.3%       |
| Gás Natural                 | 23.5%       |
| Carvão                      | 11,8%       |
| Fuel                        | 0,0%        |
| Saldo Importador            | 18,6%       |
| PRE Não Renovável           | 10,7%       |
| PRE Renovável               | 27,6%       |
| Eólica                      | 20,5%       |
| PCH                         | 1.4%        |
| Solar                       | 0,6%        |
| Biomassa + Biogás           |             |
| RSU                         |             |
| Biomassa total              | 5,2%        |
| Renovável TOTAL             | 37.7%       |
| <b>TOTAL</b>                | <b>100%</b> |



Fonte: REN, APREN

# Distribuição do Consumo e Produção de Electricidade

## Fatura energética portuguesa em 2012

|                         | Trocas de Energia Eléctrica com o Estrangeiro (GWh) |            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|-------------------------|---|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                         | 2000  | 2001       | 2002         | 2003         | 2004         | 2005         | 2006         | 2007         | 2008         | 2009         | 2010         | 2011         | 2012         |
| Importação              | 4.698   | 3.741      | 5.329        | 5.898        | 8.612        | 9.626        | 8.624        | 9.641        | 10.744       | 7.598        | 5.814        | 6.742        | 8.297        |
| Exportação              | 3.767   | 3.502      | 3.430        | 3.104        | 2.131        | 2.802        | 3.183        | 2.153        | 1.313        | 2.822        | 3.191        | 3.929        | 402          |
| <b>Saldo Importador</b> | <b>931</b>  | <b>239</b> | <b>1.899</b> | <b>2.794</b> | <b>6.481</b> | <b>6.824</b> | <b>5.441</b> | <b>7.488</b> | <b>9.431</b> | <b>4.776</b> | <b>2.623</b> | <b>2.813</b> | <b>7.895</b> |

Fonte: DGEG 2013

|                         | Fatura (milhões de Euros) |            |            | Custo unitário (€/MWh) |      |      |
|-------------------------|---------------------------|------------|------------|------------------------|------|------|
|                         | 2010                      | 2011       | 2012       | 2010                   | 2011 | 2012 |
| Importação              | 176                       | 227        | 396        | 40,2                   | 51   | 52,2 |
| Exportação              | 69                        | 84         | 21         | 40,2                   | 51,4 | 47,7 |
| <b>Saldo Importador</b> | <b>107</b>                | <b>143</b> | <b>375</b> |                        |      |      |

Fonte: DGEG 2013, Fatura Energética Portuguesa 2012

# Portugal: Importador de energia eléctrica

---

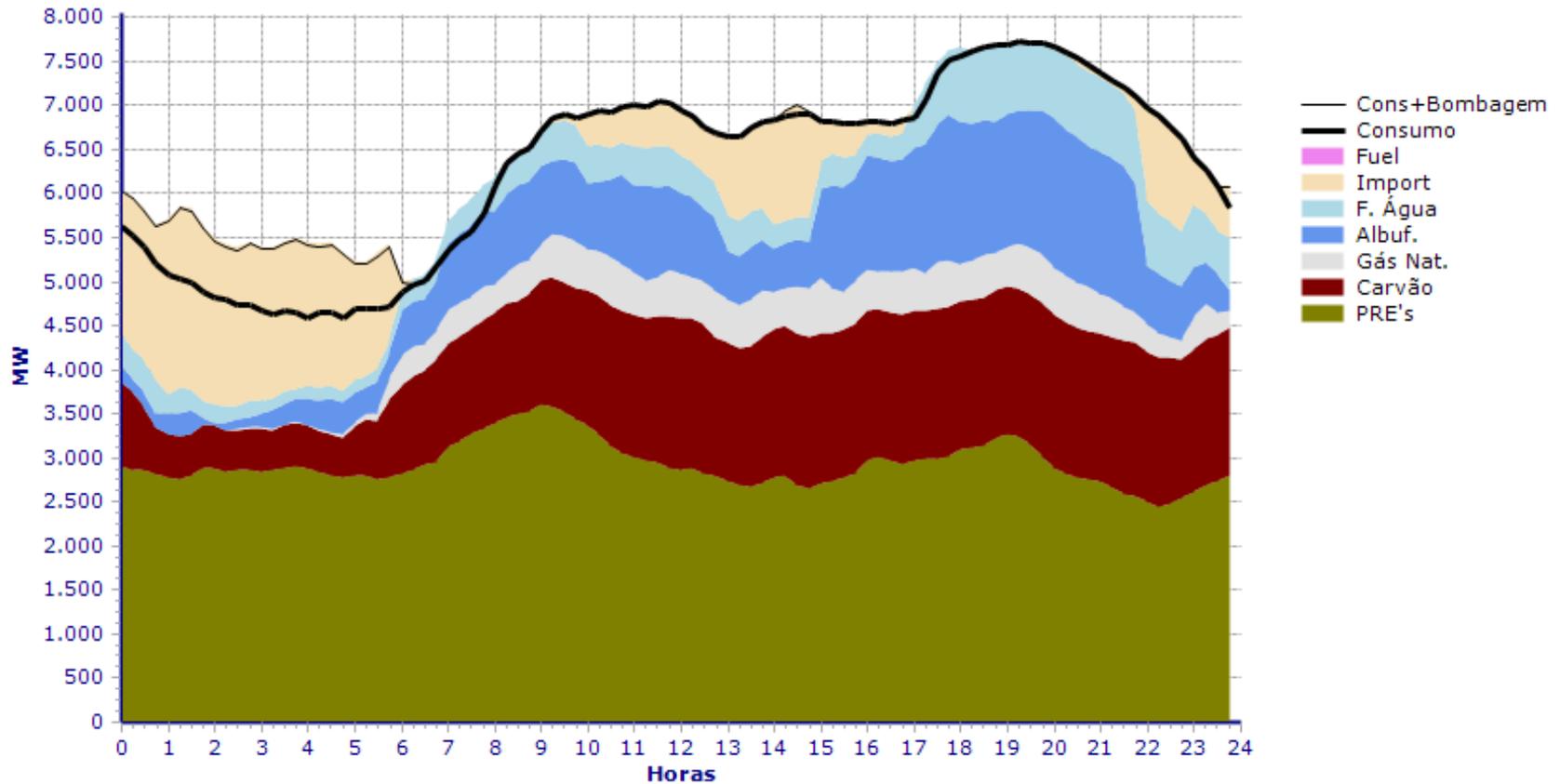


Energia eléctrica importada anualmente:  
**4.500 GWh (média dos últimos 12 anos)**

Valor importado em Euros:  
**225 milhões de euros (50€/MWh)**

# Carga e produção diária de Electricidade

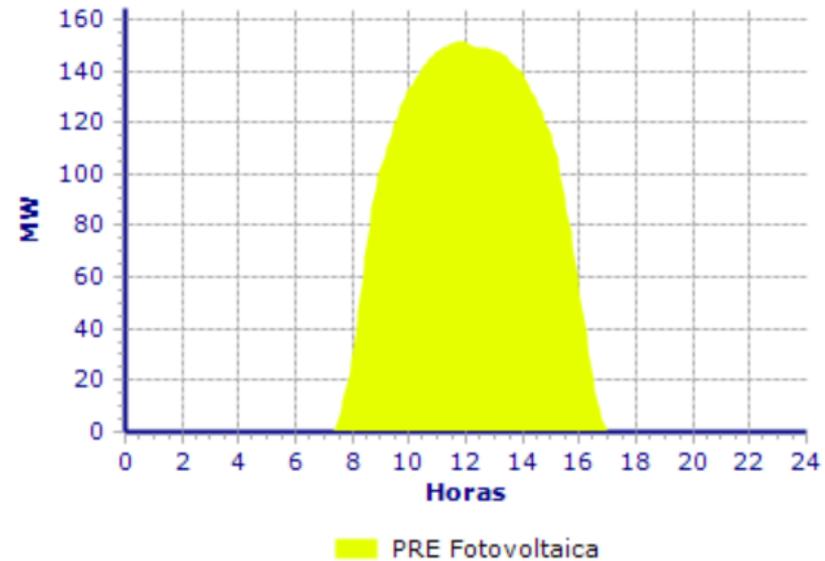
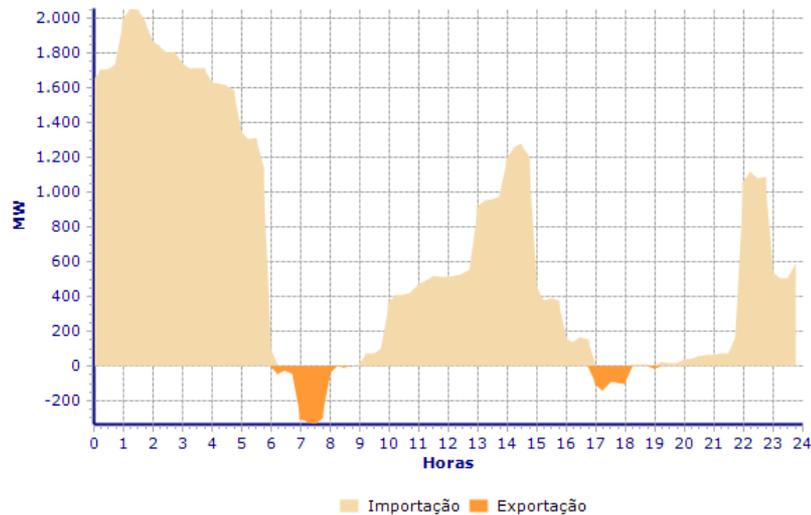
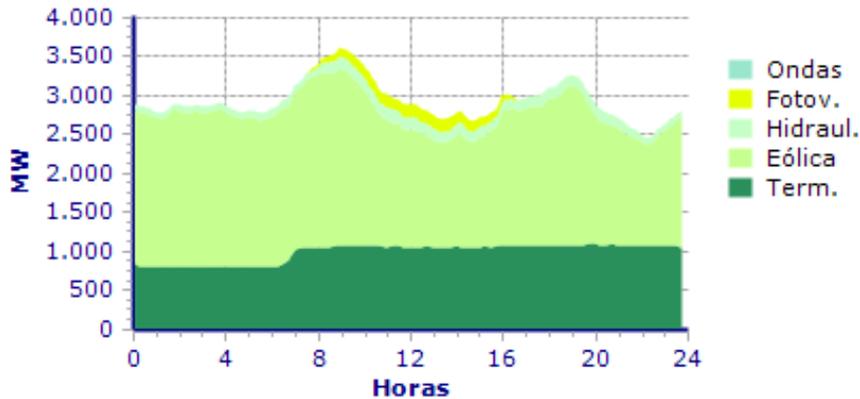
29 Novembro 2012



Fonte: REN, APREN

# Carga e produção diária de Electricidade

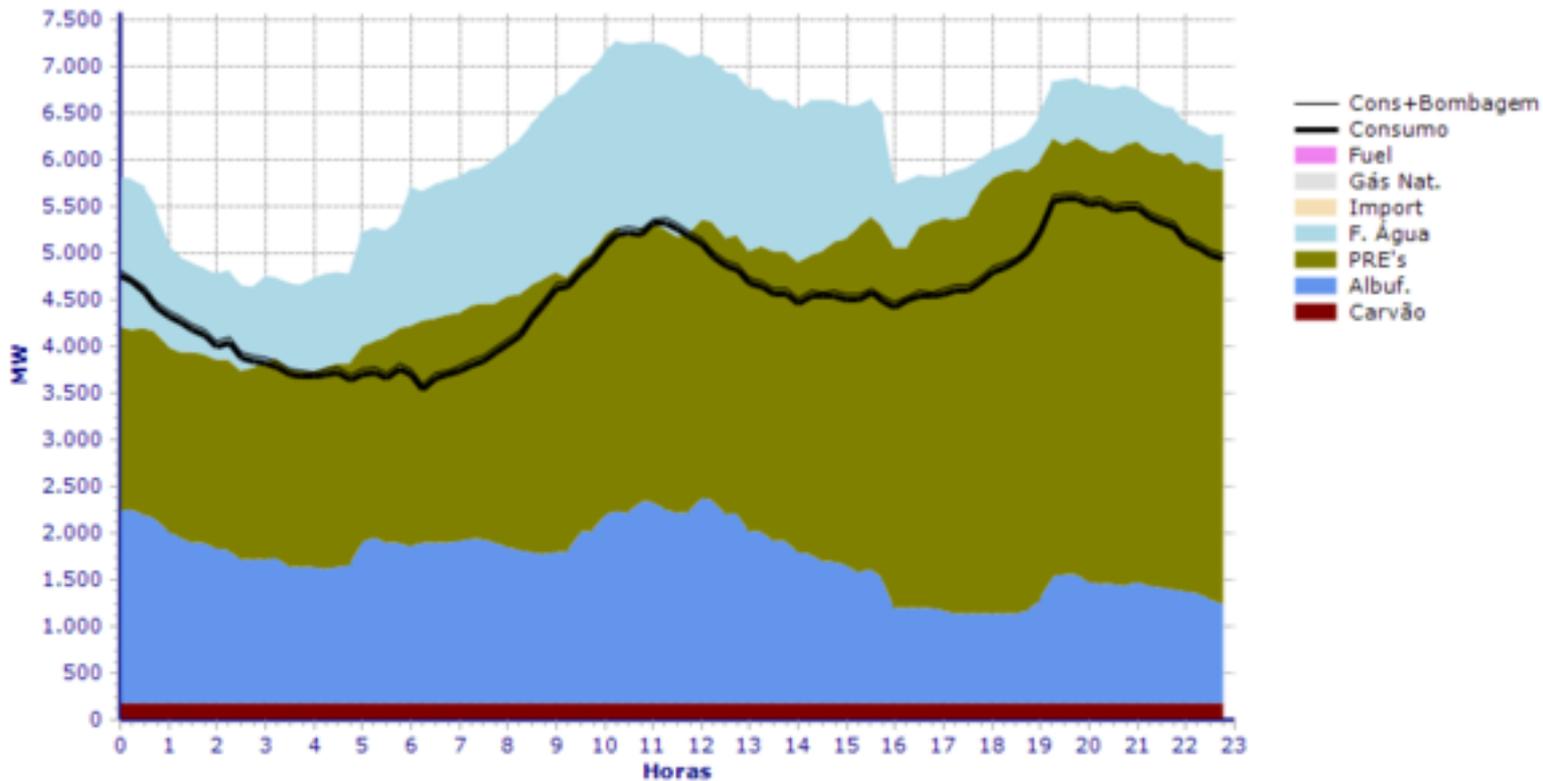
29 Novembro 2012



Fonte: REN, APREN

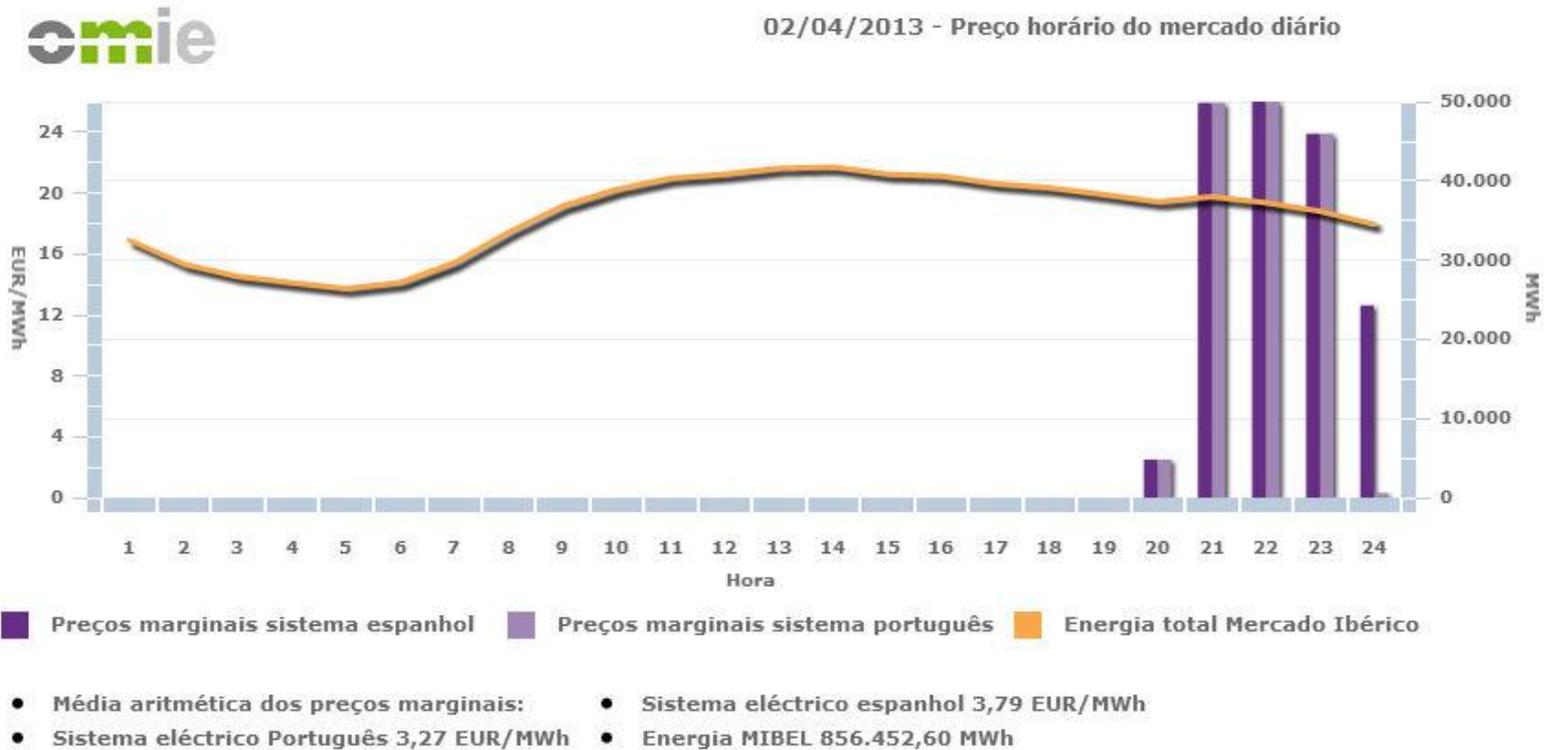
# Carga e produção diária de Electricidade

1 Abril 2013



# Influência das renováveis no mercado MIBEL

1 Abril 2013

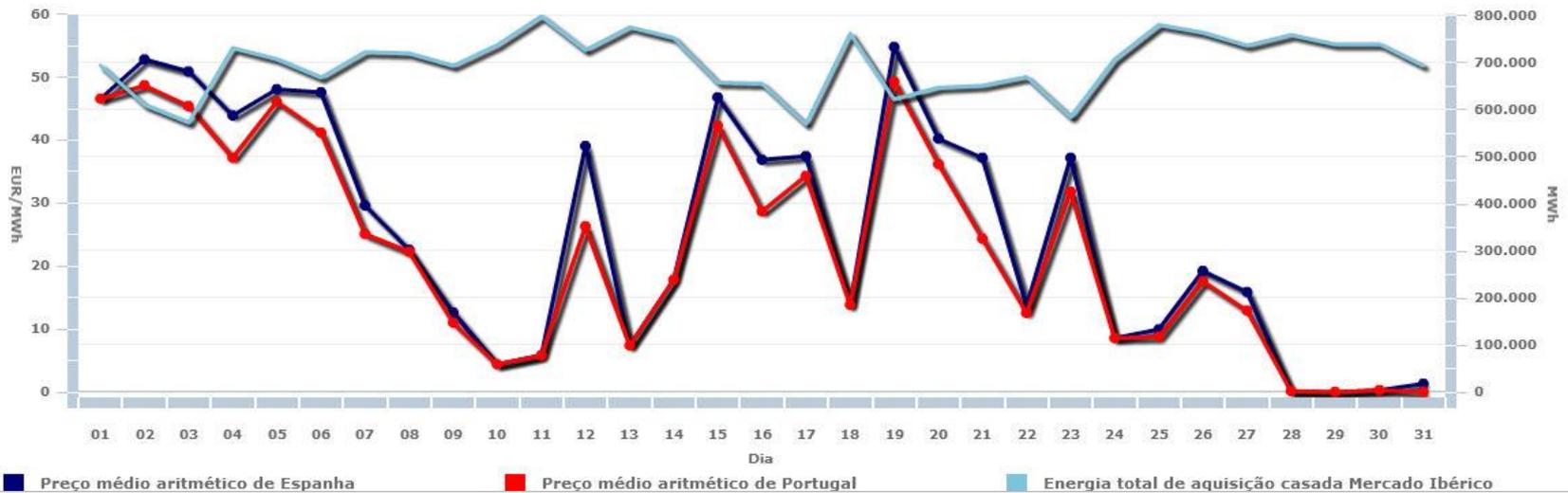


# Influência das renováveis no mercado MIBEL



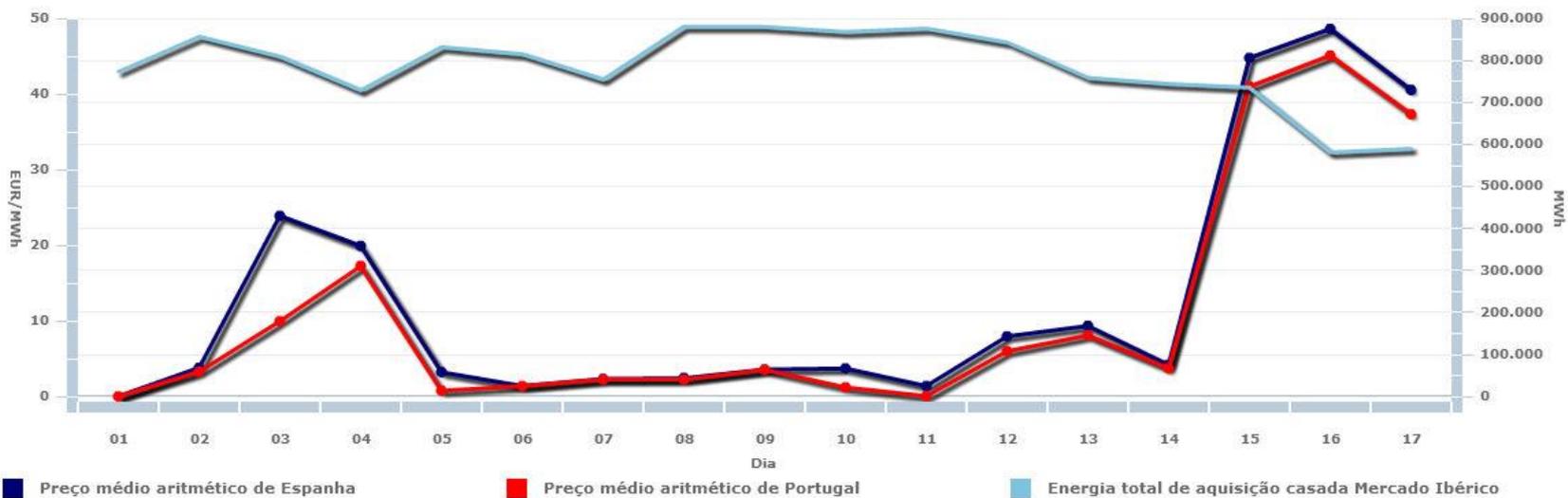
cmie

03/2013 - Mínimo, medio y máximo preço mercado diário - Sistema: Mibel



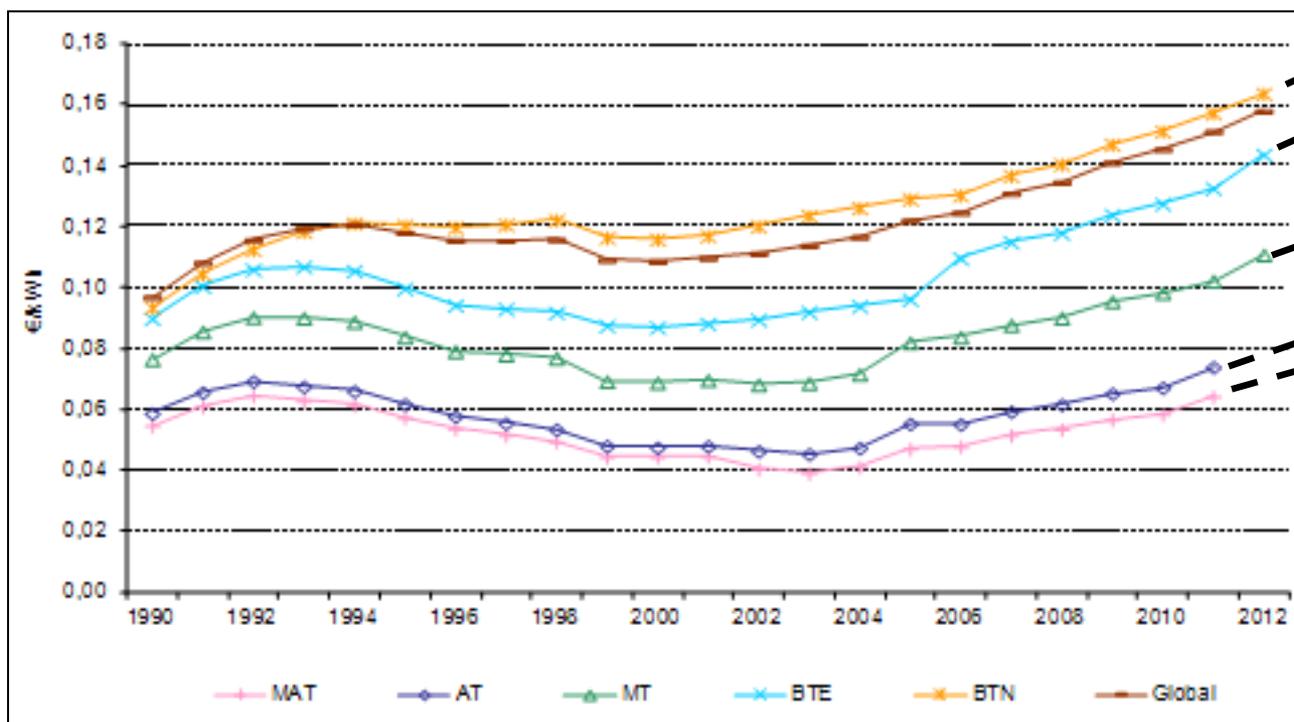
cmie

04/2013 - Mínimo, medio y máximo preço mercado diário - Sistema: Mibel



# Evolução do preço média da electricidade

O custo da energia eléctrica tem vindo a aumentar desde 2000 para todos tipos de clientes (preços correntes)



Fonte: ERSE (Tarifas 2012-2014)

# Evolução das tarifas de acesso às redes

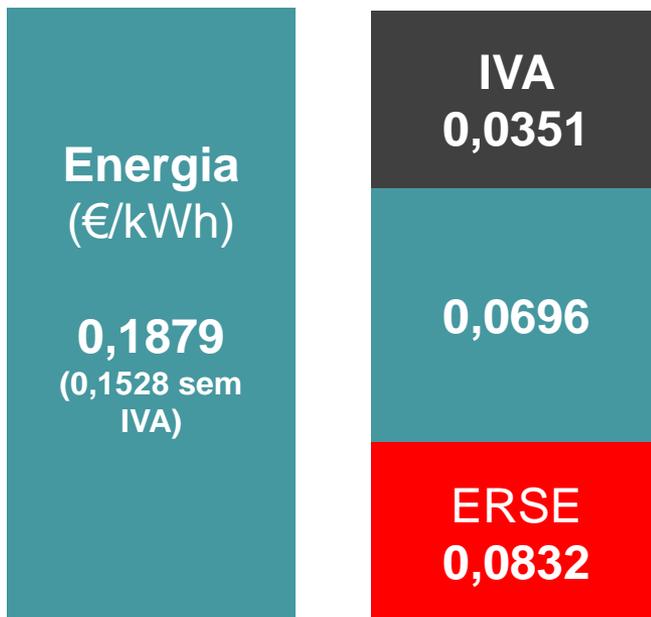
O custo de acesso às redes tem vindo a aumentar para todos tipos de clientes (preços correntes)



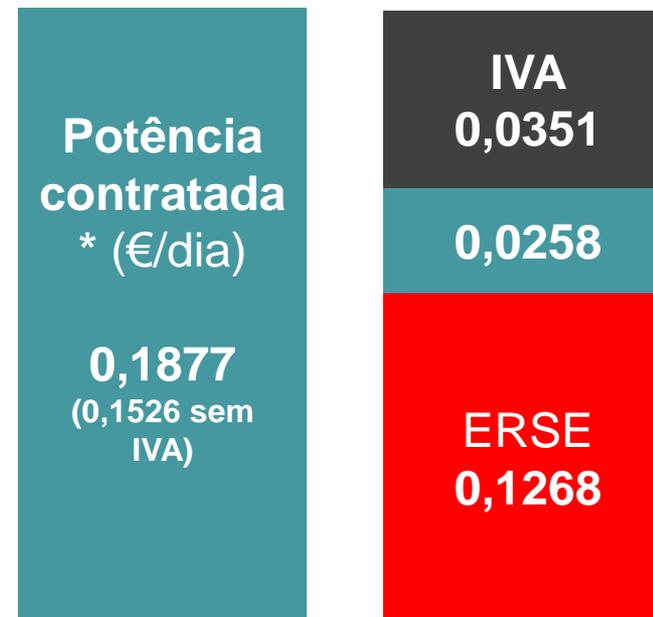
Fonte: ERSE (Tarifas 2012-2014)

# A sua factura de electricidade (doméstica)

## Componente variável



## Componente fixa



\*Escalação: 3,45 kVA, Tarifa Simples

## Na componente da “ERSE”

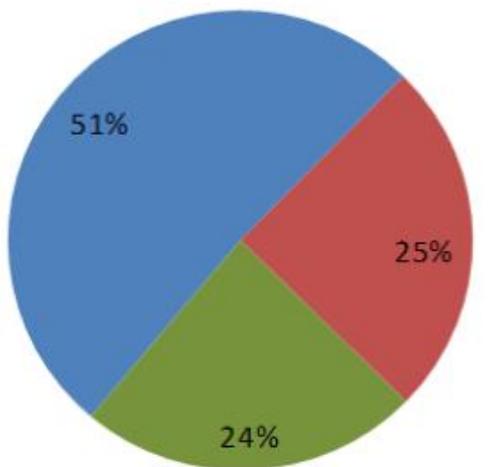
Redes<sup>1</sup> + Custos de Interesse Económico Geral (CIEG)

<sup>1</sup>custos de gestão global do sistema, uso das redes de transporte e distribuição

# A sua factura de electricidade (doméstica)

## Custos de Interesse Económico Geral (CIEG)

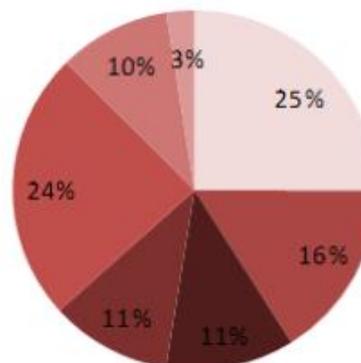
### Consumidores Domésticos



■ Energia

■ CIEGs

■ Redes



■ Rendas Pagas aos Municípios : 25%

■ Sobrecusto da Produção em Regime Especial (essencial/ energias renováveis) : 16%

■ Sobrecusto da Produção em Regime Especial (essencial/ energias não renováveis) : 11%

■ Sobrecusto das Regiões Autónomas : 11%

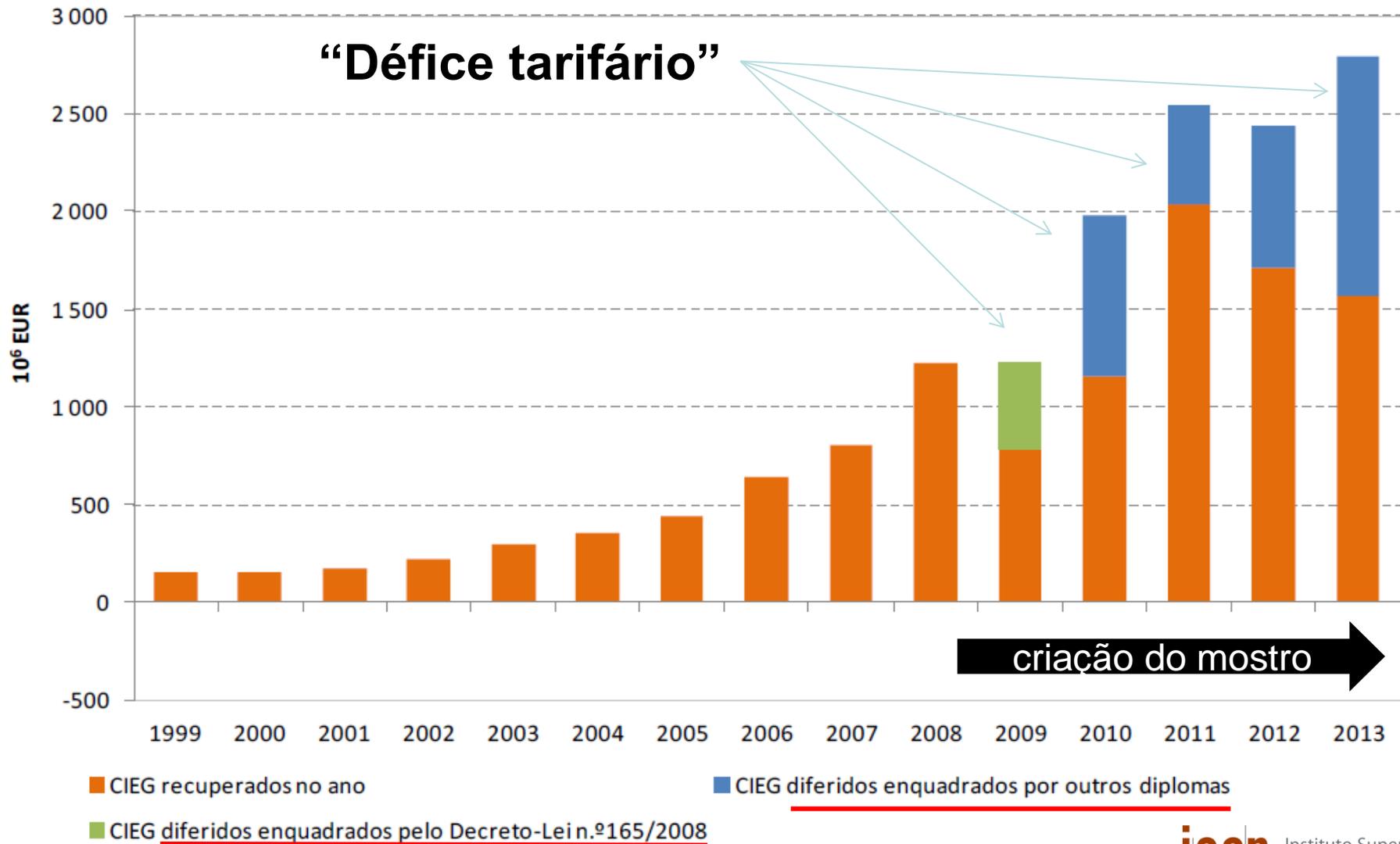
■ Sobrecusto da Produção em Regime Ordinário (centrais térmicas e hídricas) : 24%

■ Rendas de Défices de Tarifas : 10%

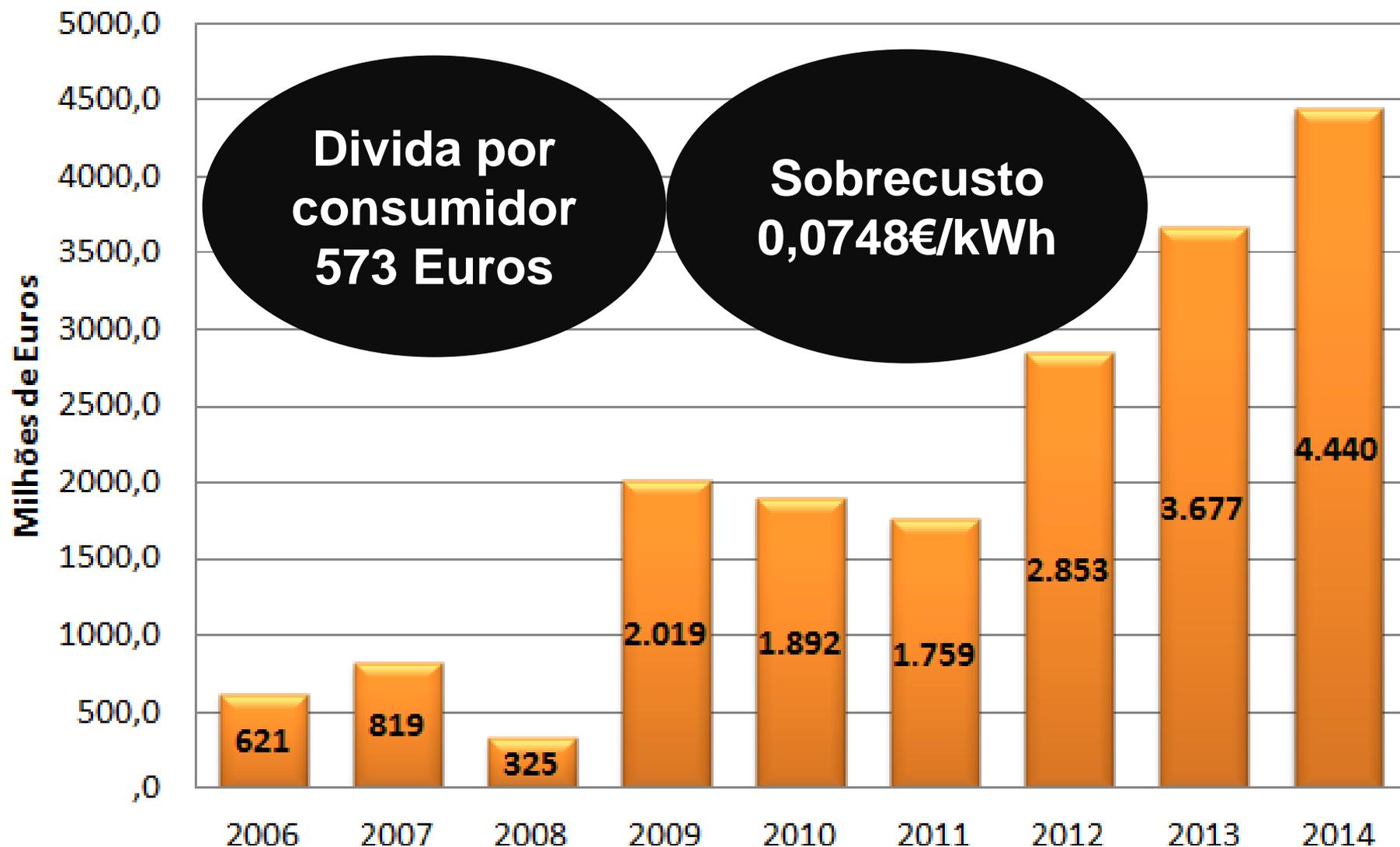
■ Outros Custos : 3%

Componente da "ERSE"

# A evolução dos CIEG's



# A evolução do défice tarifário





# Solar Fotovoltaico “Mitos”

Tecnologia pouco madura....

Muito cara... investimento elevado....

# Tecnologia pouco madura .....



**75.000.000**      **150.000.000**

*World sales (iPhone, all PV panels) 2011*

Fonte: EPIA

*solar power for a better world.....*

# Evolução da tecnologia solar fotovoltaica

2,10 €/Wp



200 Wp



250 Wp



0,27 €/Wp

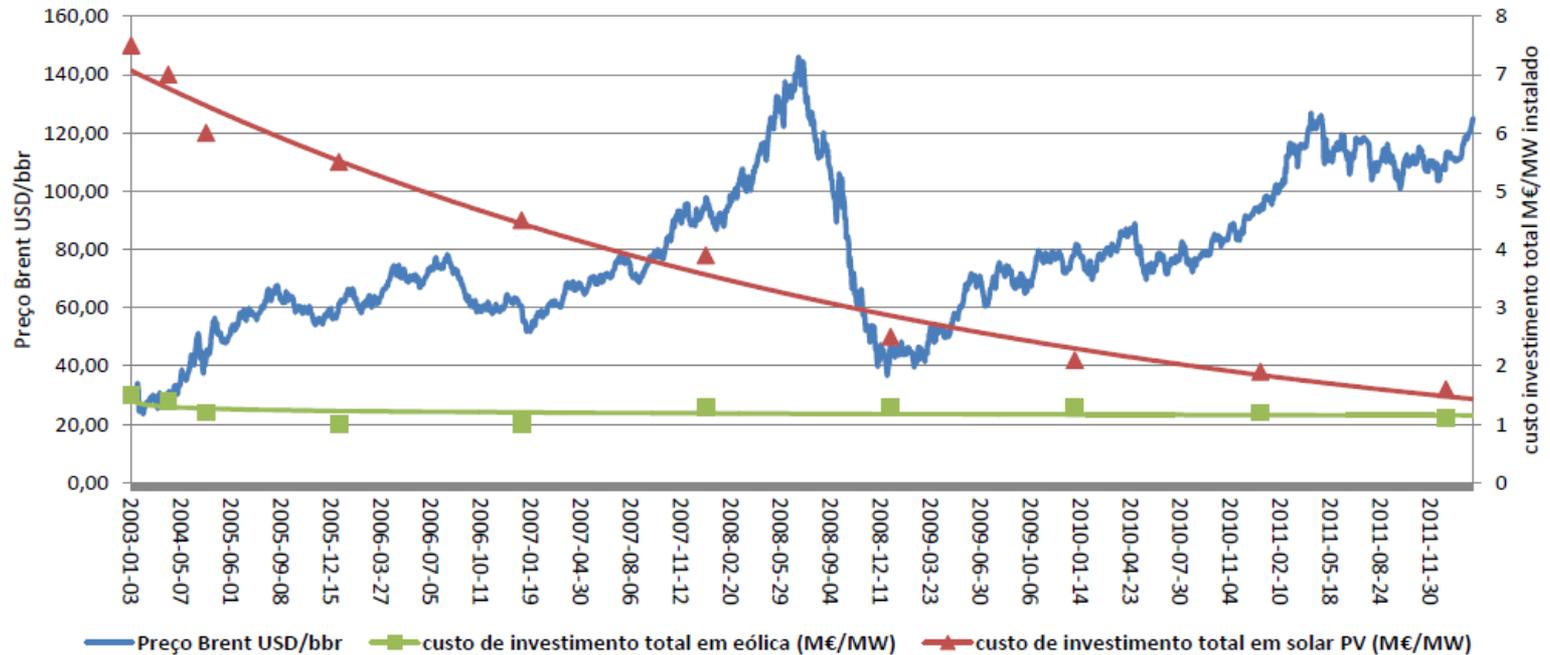


Nov 2008

Nov 2012

# Evolução dos custos de investimento do Solar Fotovoltaico (e Eólico) e do Preço dos Combustíveis

Evolução do preço do Brent e dos custos de investimento em eólica e solar PV

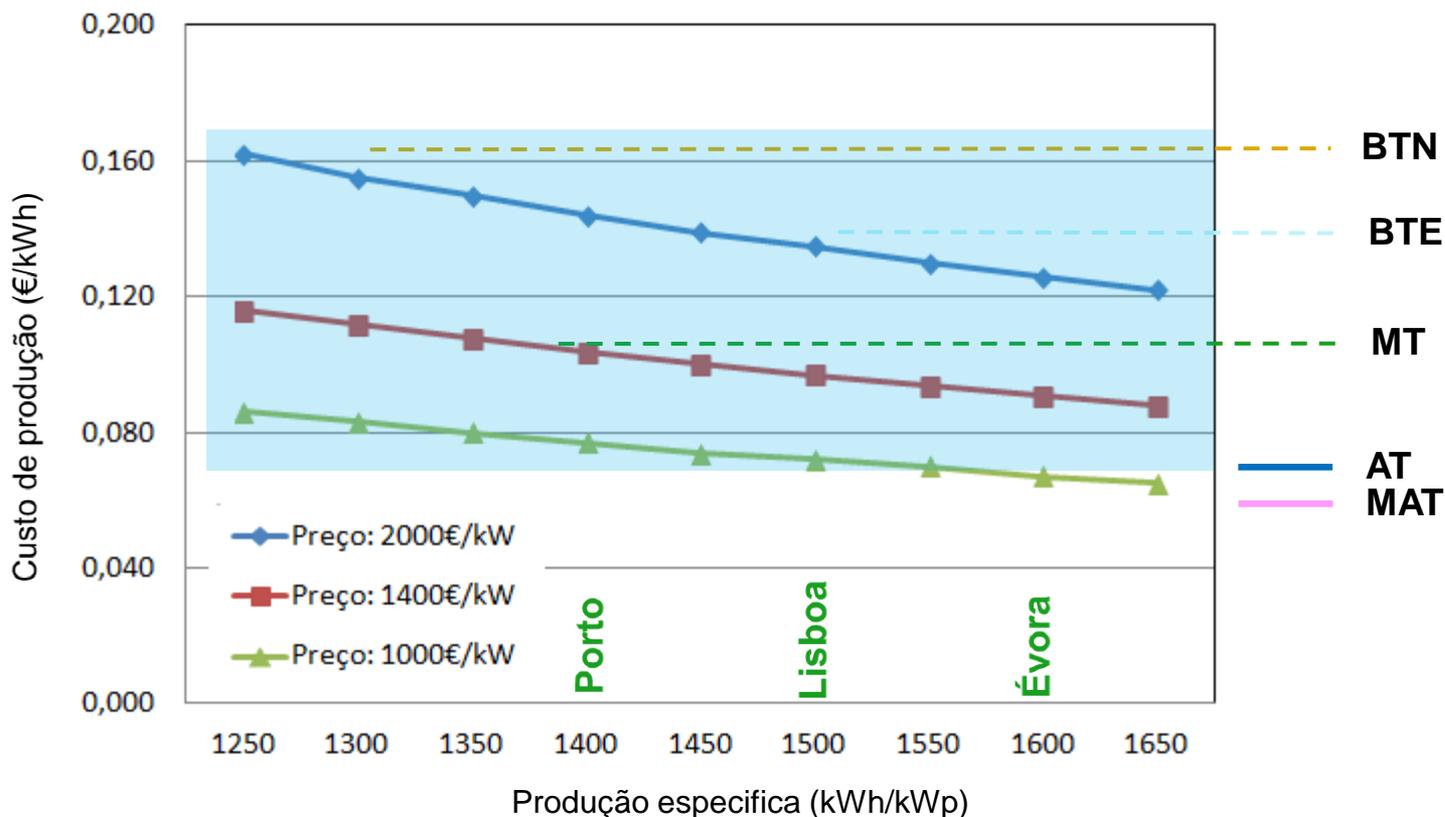


- Os custos de investimento do solar fotovoltaico têm decrescido ao longo dos últimos anos (2003 para 2011 em mais de **5 vezes**).
- O preço de petróleo é instável e demonstra uma tendência crescente.
- O custos das energias renováveis trazem **estabilidade** e são **independentes** das subidas e descidas do preço de combustíveis fósseis.

# Custo de produção da energia fotovoltaica (LCOE)

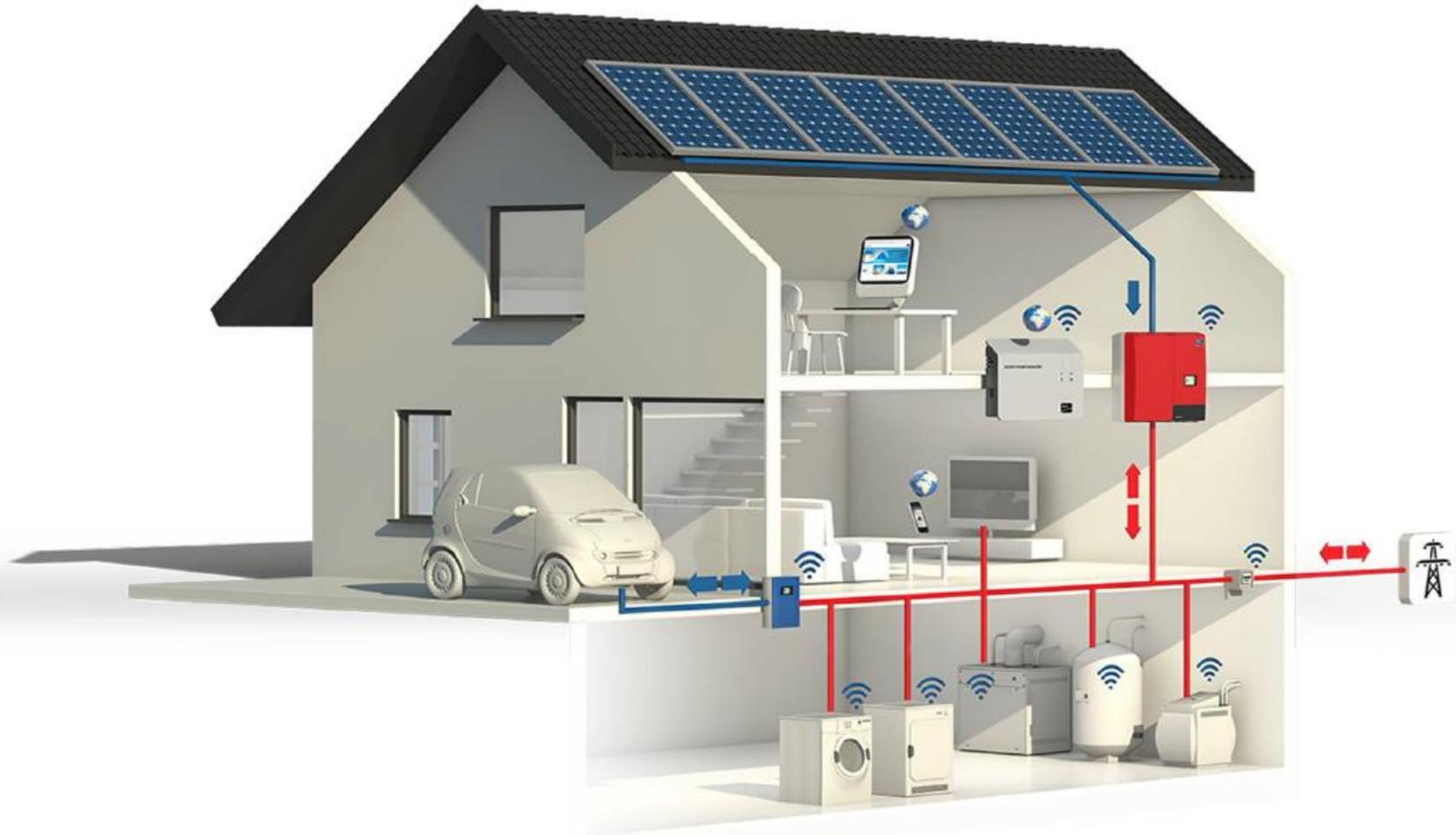
## CONSIDERAÇÕES

Tempo de vida útil: 20 anos  
Degradação da produção: 0,5%/ano  
Taxa de remuneração: 9,0%/ano



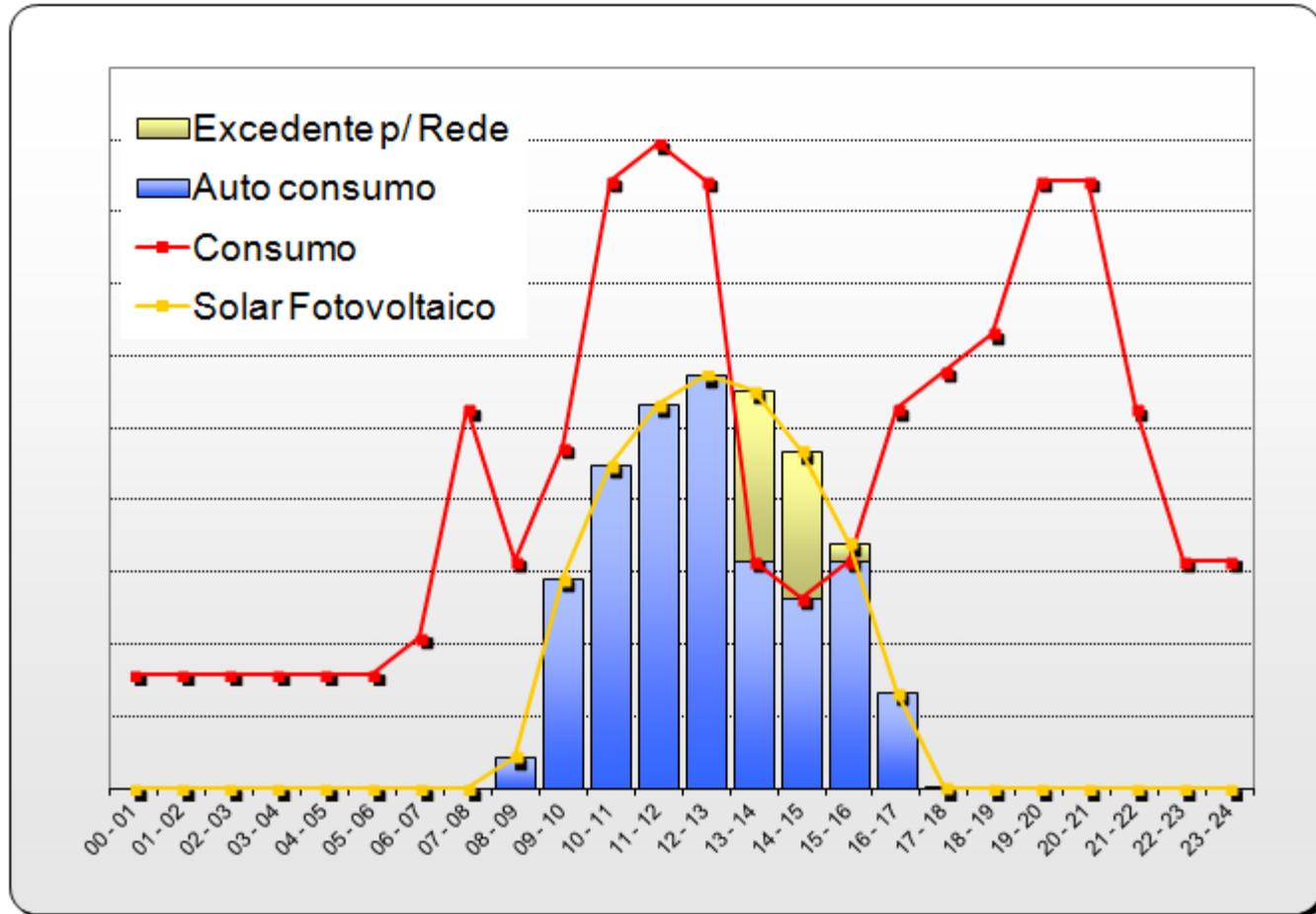
Paridade de rede para clientes BTN, BTE e MT

# Auto consumo

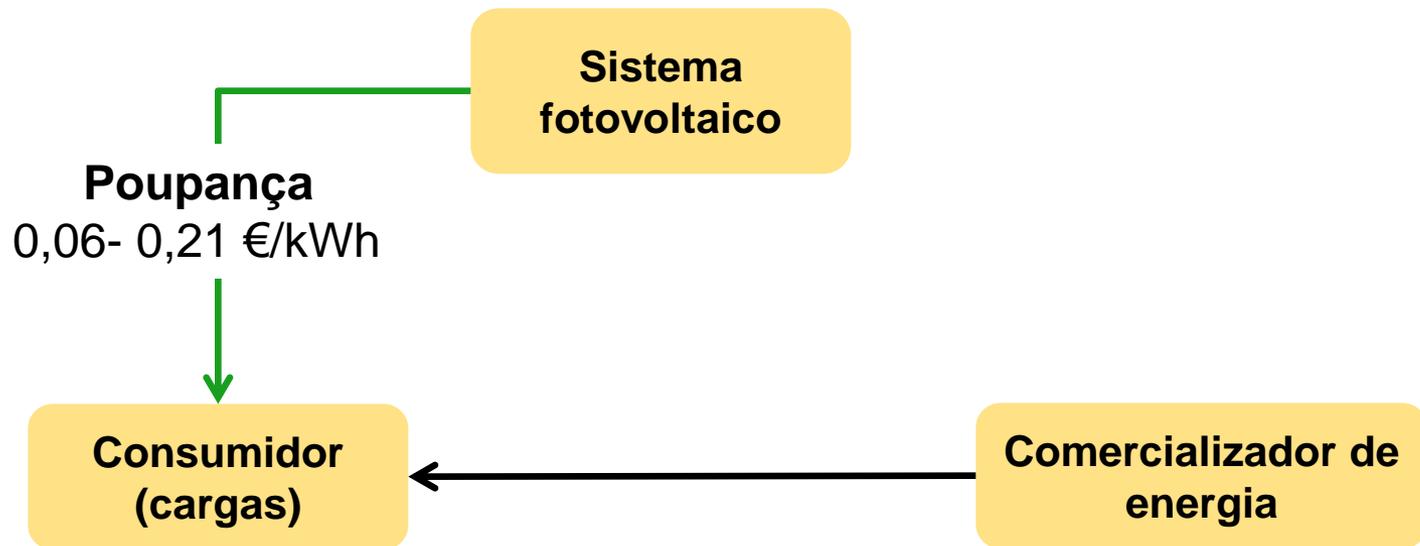


*solar power for a better world.....*

# Implementação de “novos” conceitos de produção descentralizada (nano, micro e mini escala)

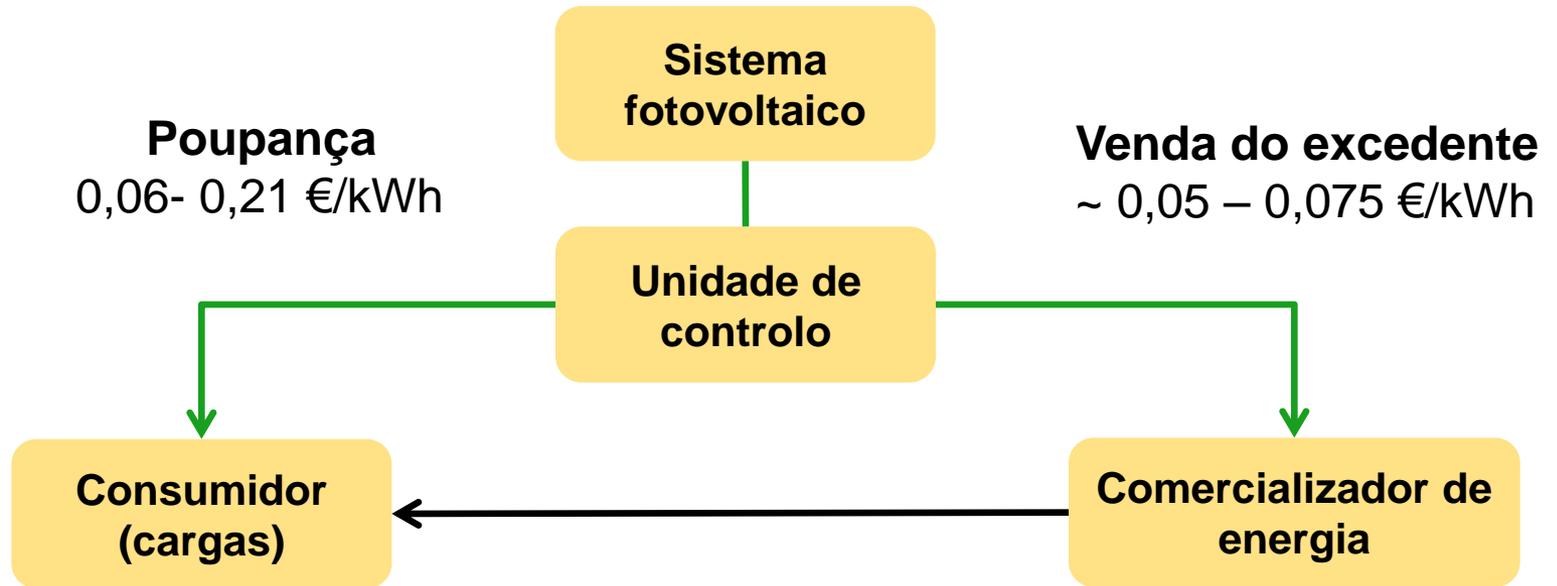


# Conceito “Autoconsumo”



- Energia produzida é consumida “instantaneamente” (a ~100%) no local de consumo.
- Não é injectada “nenhuma” energia na rede.

# Conceito “Net Metering”

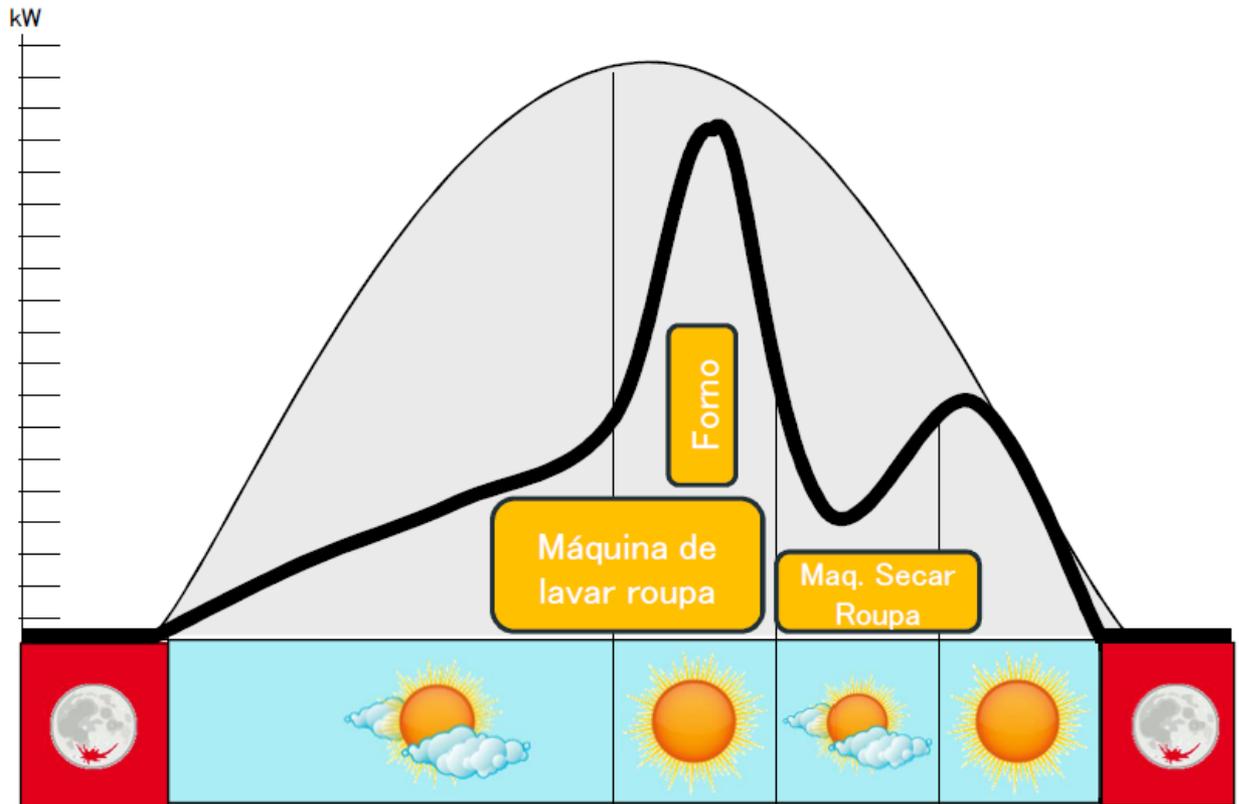


- O produtor/consumidor consome o máximo (X%) da energia solar produzida pela central fotovoltaica.
- Uma parte da energia poderá ser temporariamente armazenada.
- A remanescente energia (100%-X%) é injetada (vendida) na rede.

# Maximização do “Autoconsumo”

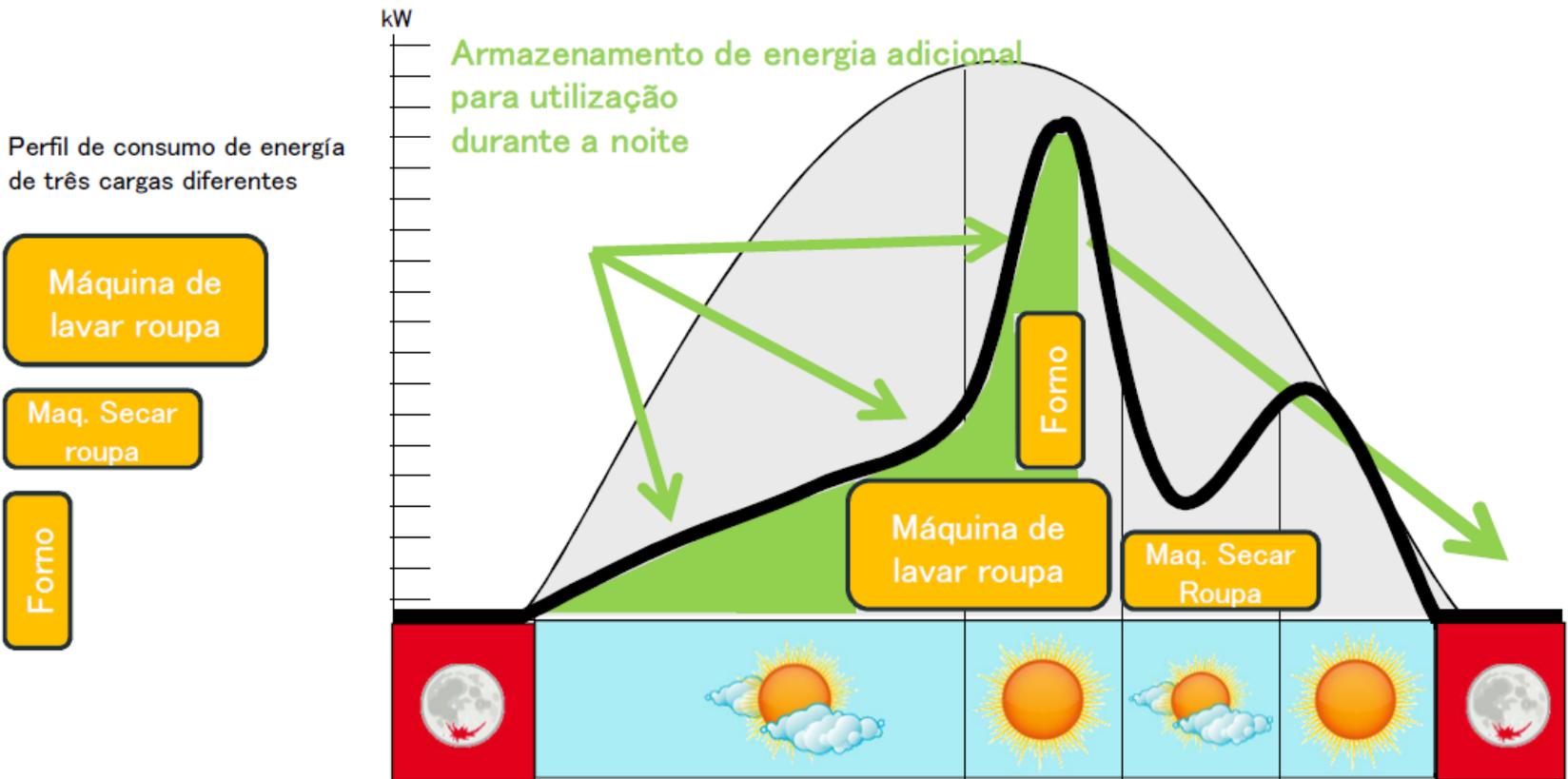
Perfil de consumo de energia de três cargas diferentes

- Máquina de lavar roupa
- Maq. Secar roupa
- Forno



- Adequação dos consumos eléctricos ao perfil de produção fotovoltaico (utilização previsão).

# Maximização do “Autoconsumo”



- Adequação dos consumos eléctricos ao perfil de produção fotovoltaico (utilização previsão) em combinação com armazenamento.

# Soluções técnicas “Auto Consumo”

Soluções comerciais para auto consumo “instantâneo” sem armazenamento temporário.



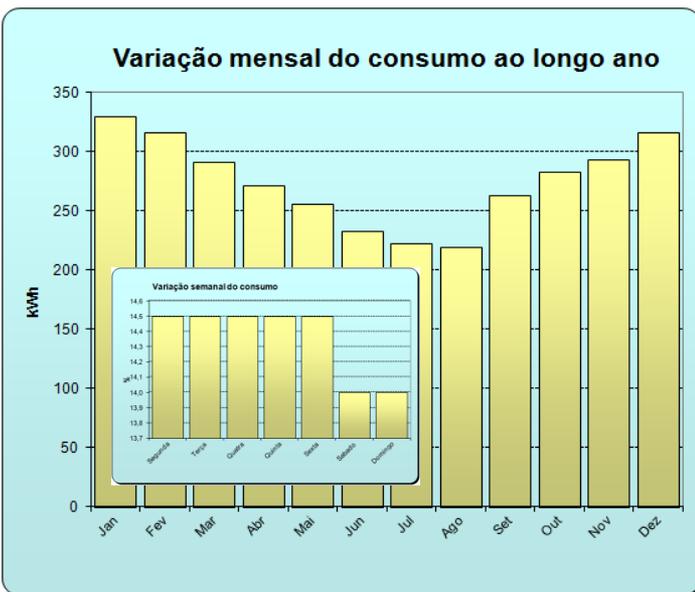
- 3 painéis fotovoltaicos de 230Wp
  - 3 microinversores Enecsys
- Preço: **1.499 € (~2,2 €/Wp)**



- 3 painéis fotovoltaicos de 230Wp
  - Inversor “Mastervolt Soladin 600”
- Preço: **1.430 € (~2 €/Wp)**  
Produção anual: 840 - 900 kWh

Fonte: Efimarket

# Caso de estudo: BTN - 3,45kVA / 3300 kWh

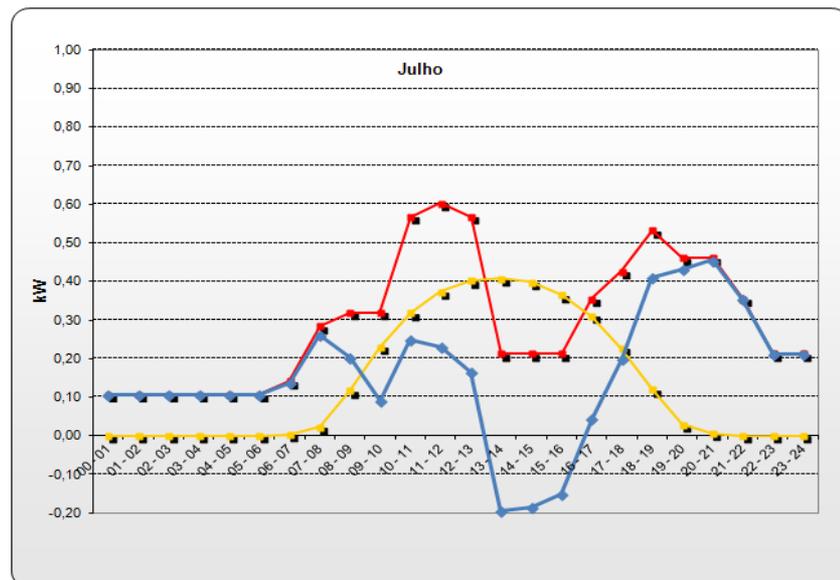
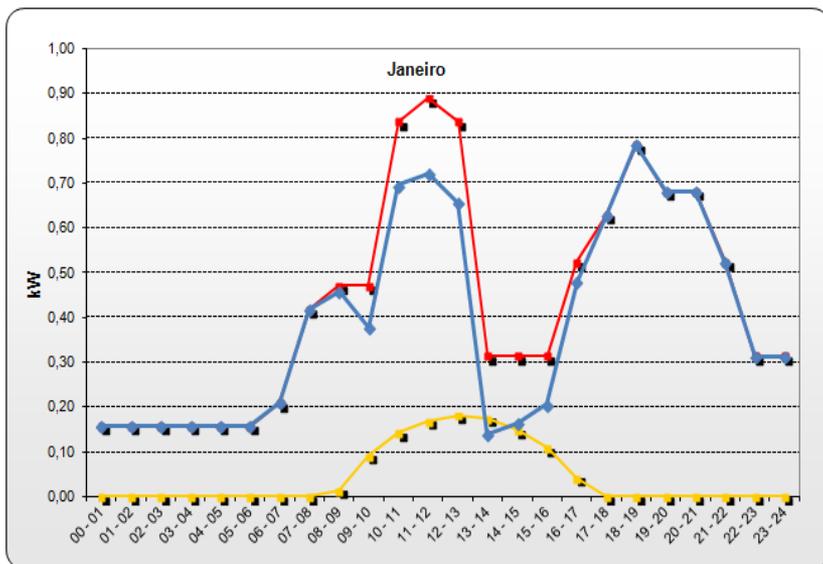


## Dados do consumidor:

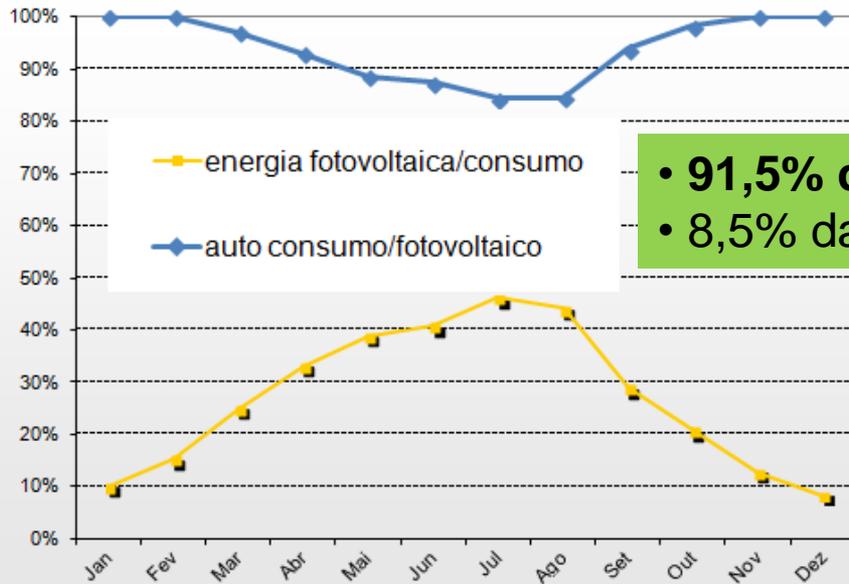
- Consumidor doméstico (Roriz, Stº Tirso)
- Comercializador, CUR: Coop Elec. Roriz
- Potência contratada: 3,45 kVA
- Consume anual: 3300 kWh
- Valor anual da factura: 714 €
- Tarifa média efectivo: 0,21 €/kWh (c//IVA)

## Dados do sistema de auto consumo:

- KIT c/ 3 painéis 230Wp + inversor Soladin 600W.
- Valor do investimento: 1.430€ (2€/Wp)



# Caso de estudo: BTN - 3,45kVA / 3300 kWh



- **91,5%** da energia produzida é consumida.
- **8,5%** da energia excedente.

## Situação actual

- Valor anual da factura: 714 €
- Tarifário simples
- Custo médio efectivo: 0,21 €/kWh

## Análise económica financeira:

- 8,5% da energia excedente é vendida à rede a valor de ~0,14€/kWh (s/IVA)

- Valor anual da factura: **545 €** (tarifa efectiva: 0,16€/kWh)
- Valor da poupança anual: 169 € (23%)
- Tempo de amortização: 8 anos

# Caso de estudo: BTN - 3,45kVA / 3300 kWh

Potência contratada: 3,45 kVA

Tarifário Simples

| Potência injectada (kVA) | Energia Fotovoltaica (kWh) | Fotovoltaico /Consumo (%) | Auto consumo (%) | Energia excedente (%) | Tarifa efectiva (€/kWh) | Poupança anual (%) |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| 0,36                     | 500                        | 15                        | 100              | 0                     | 0,1820                  | 15                 |
| 0,71                     | 1.000                      | 30                        | 88               | 12                    | 0,1571                  | 26                 |
| 1,43                     | 2.000                      | 61                        | 68               | 32                    | 0,1104                  | 47                 |
| 2,14                     | 3.000                      | 91                        | 51               | 49                    | 0,0665                  | 66                 |

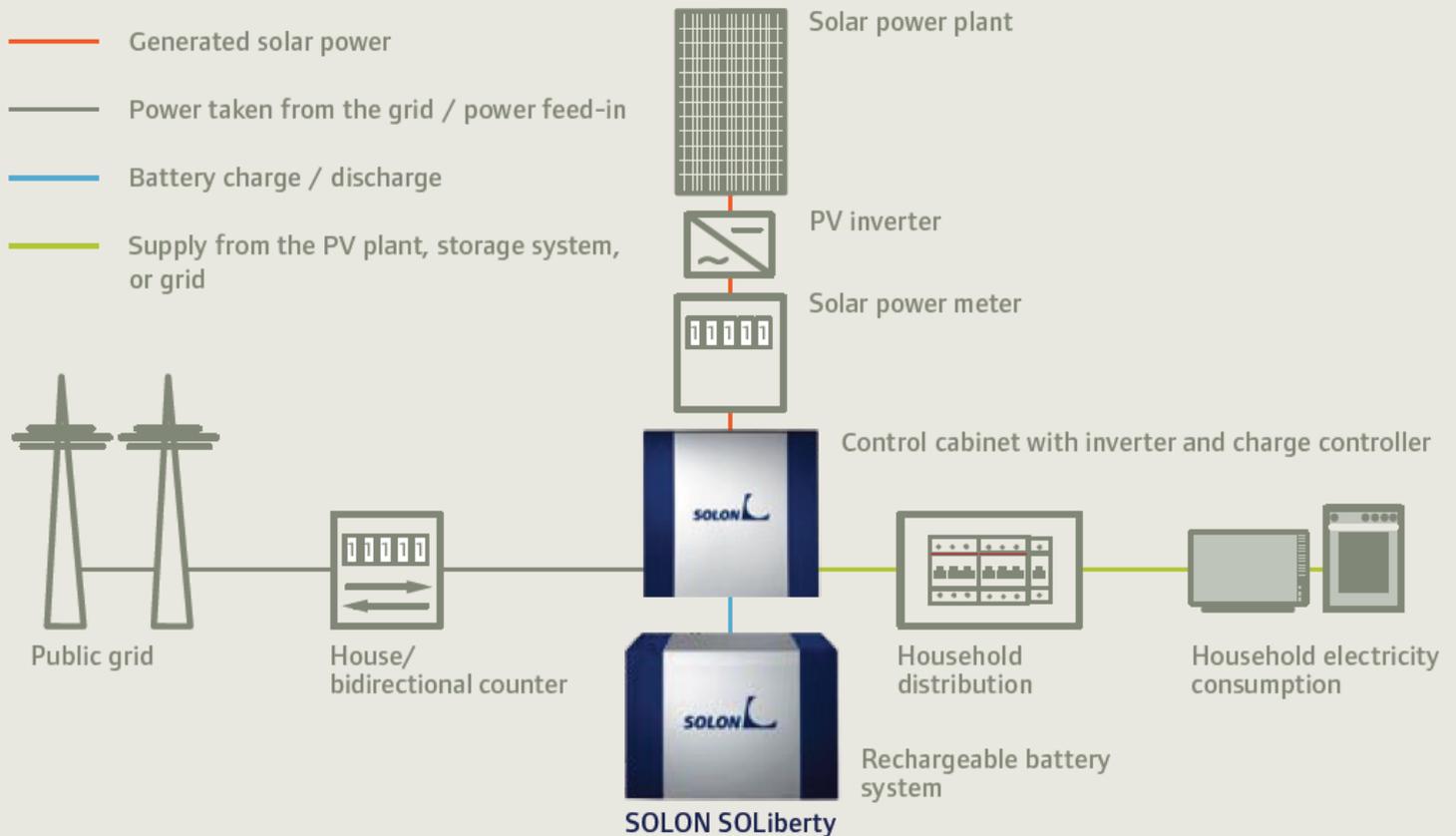
| INVESTIMENTO                |                |                             |                |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| 2,0 €/Wp<br>(1.430€ p/600W) |                | 1,5 €/Wp<br>(1.100€ p/600W) |                |
| TIR (%)                     | payback (anos) | TIR (%)                     | payback (anos) |
| 6,01                        | 8              | 13,13                       | 6              |
| 2,12                        | 9,4            | 9,37                        | 7              |
| <0                          | 10,5           | 6,58                        | 7,9            |
| <0                          | 11,1           | 5,09                        | 8,4            |

- A utilização de sistemas fotovoltaicos (“micro/nano geração”) em regime de auto consumo permite uma forte redução da factura energética.
- A não ligação à RESP permite reduzir os custos de instalação.
- Uma gestão das cargas diárias permite aumentar a poupança.
- A combinação de “auto consumo” + “tarifas bi/tri-horárias” permite aumentar ainda mais a poupança.

# Soluções técnicas “Net Metering”

Soluções comerciais para auto consumo e venda do excedente à rede com armazenamento temporário.

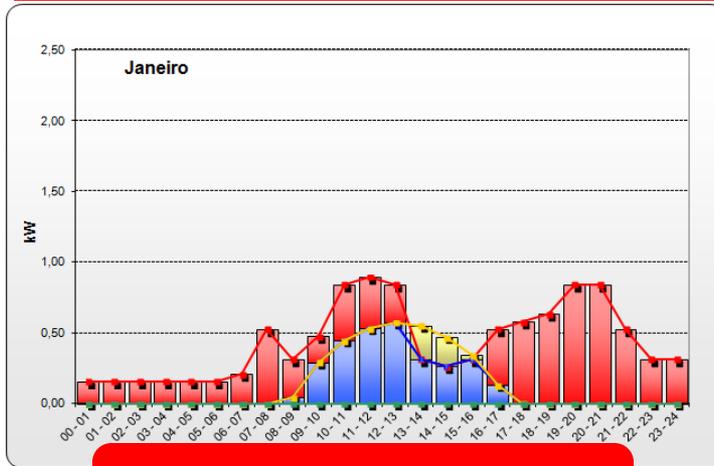
SOLON SOLiberty – Operating Diagram



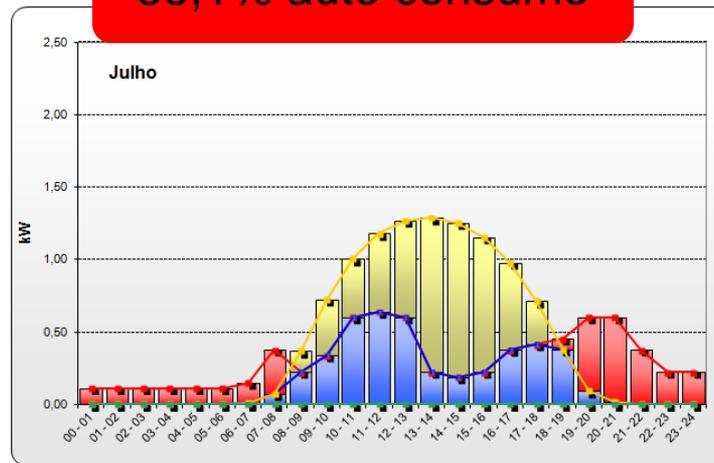
# “venda à rede” versus “armazenamento”

BTN: potência contratada: 3,45 kVA; Consumo anual: 3.300 kWh  
Sistema fotovoltaico: 1,75kVA/1,9kWp; Produção anual: 2.650 kWh

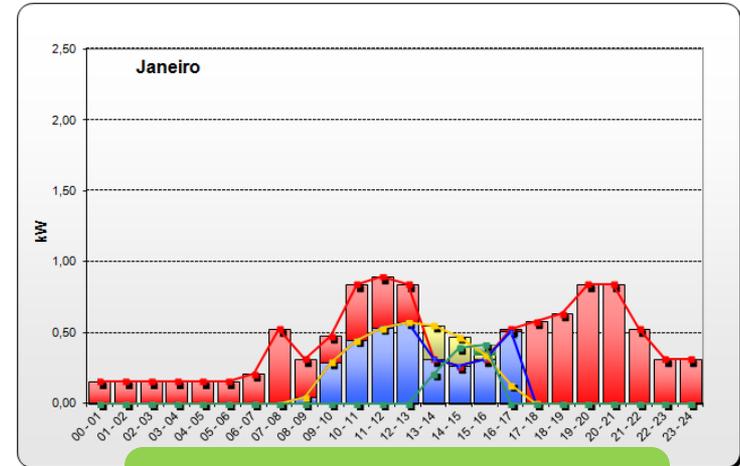
**Sem armazenamento**



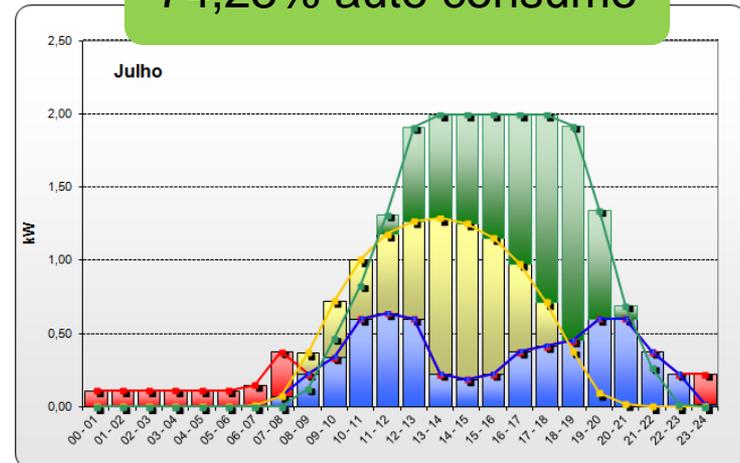
**55,1% auto consumo**



**Com armazenamento: 2,0 kWh**



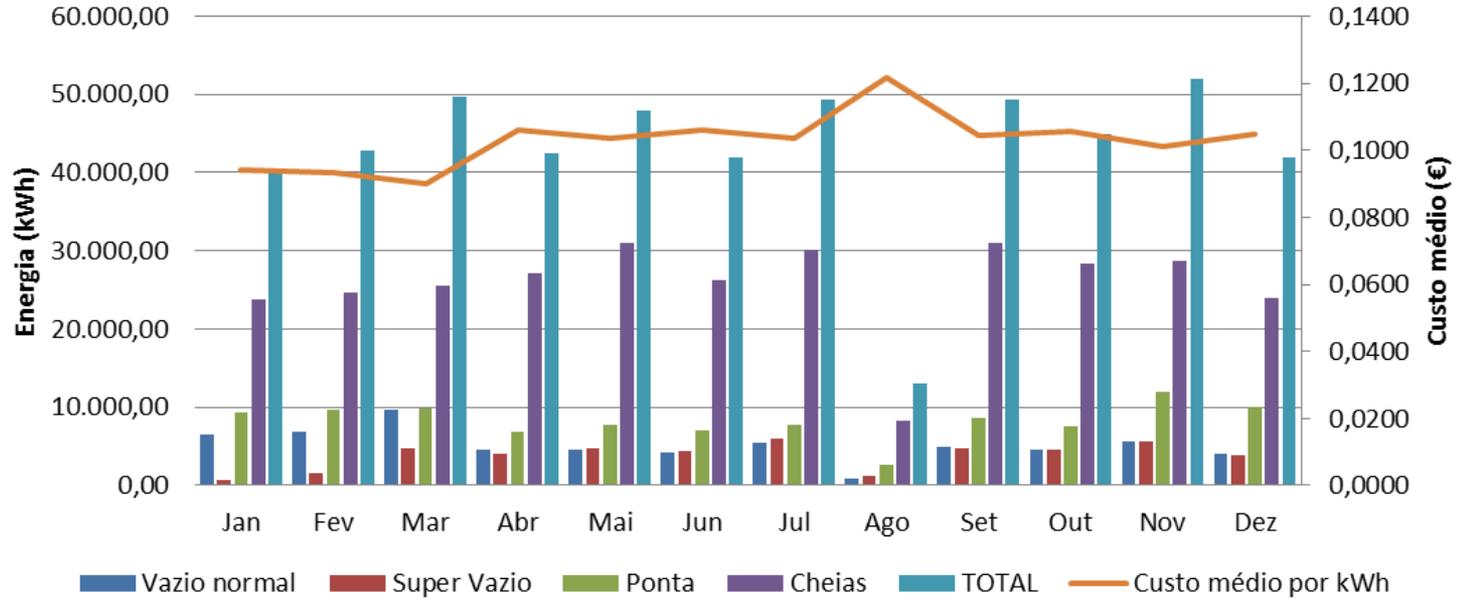
**74,25% auto consumo**



# Caso de estudo: MT 180 kVA/ 515 MWh



## Consumo energia ativa vs preço médio kWh



## Diagrama de Carga Geral



# Caso de estudo: MT 180 kVA/ 515 MWh



## Dados do consumidor:

- Consumidor industrial (Braga)
- Comercializador: Endesa Portugal
- Potência contratada: 180 kVA
- Consume anual: 515,88 MWh
- Valor anual da factura: 52.400 €
- Tarifa média efectivo: 0,1016 €/kWh

## Dados da central fotovoltaica:

- Potência injectada/instalada: 90 kVA /103,5 kWp
- Produção anual estimada: 144 MWh
- Valor do investimento: 119.000 € (1,15€/Wp)
- LCOE: 0,070€/Wp (7% rent.)

## Análise económica financeira:

- 86,25% da energia é auto consumida (poupança: 0,082€/kWh)
- 13,75% da energia excedente é vendida à rede (0,07€/kWh)
- Valor anual da factura: **40.560 €** (tarifa efectiva: 0,16€/kWh)
- Valor da poupança anual: 11.840 € (21,5%)
- Tempo de amortização: 10 anos

# Efeitos do auto consumo no sistema eléctrico

---



# Efeitos do auto consumo no sistema eléctrico

- Consumidores em BTN: **5.435.530**



|                          | 2,5%    | 5,0%    | 10,0%   | 15,0%   | 30,0%     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Número de consumidores   | 135.888 | 271.777 | 543.553 | 815.330 | 1.630.659 |
| Potência total (MW)      | 94      | 188     | 375     | 563     | 1.125     |
| Investimento (milhões €) | 194     | 389     | 777     | 1.166   | 2.332     |
| IVA (23%) (milhões €)    | 45      | 89      | 179     | 268     | 536       |

Para o dia **29.11.2012**

Consumo de energia eléctrica: 151,3 GWh  
Contribuição do Eólico: 42,6 GWh (28% do consumo)  
Saldo Importador: 15,7 GWh (10% do consumo)  
Contribuição do fotovoltaico: 1,0 GWh (0,4% consumo)

**Instalação de 30% dos consumidores BTN com 3 painéis**

Contribuição do fotovoltaico: 7,2 GWh (4,7% do consumo)



**FIM**