





**PALMAS SOLAR**

# I Seminário Internacional Palmas Solar

Prof. Rafael Amaral Shayani  
[shayani@unb.br](mailto:shayani@unb.br)

Junho 2015



# Vida Útil do Sol

- Energia do Sol → Reação de fusão nuclear.
- A cada segundo  $6 \times 10^{11}$  kg de  $H_2$  são convertidos em He, com uma perda de massa de aproximadamente  $4 \times 10^3$  kg.
- A massa total do Sol é de  $2 \times 10^{30}$  kg.
- Exercício: Calcule a vida útil do Sol.

# Vida Útil do Sol

- Massa do Sol:  $m = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Massa perdida por segundo:  $p = 4 \times 10^3 \text{ kg/s}$
- Tempo para consumir toda a massa do Sol:  
 $t = m/p = 5 \times 10^{26} \text{ s} = 1 \times 10^{19} \text{ anos}$

Conclusão → superior a 10 bilhões de anos

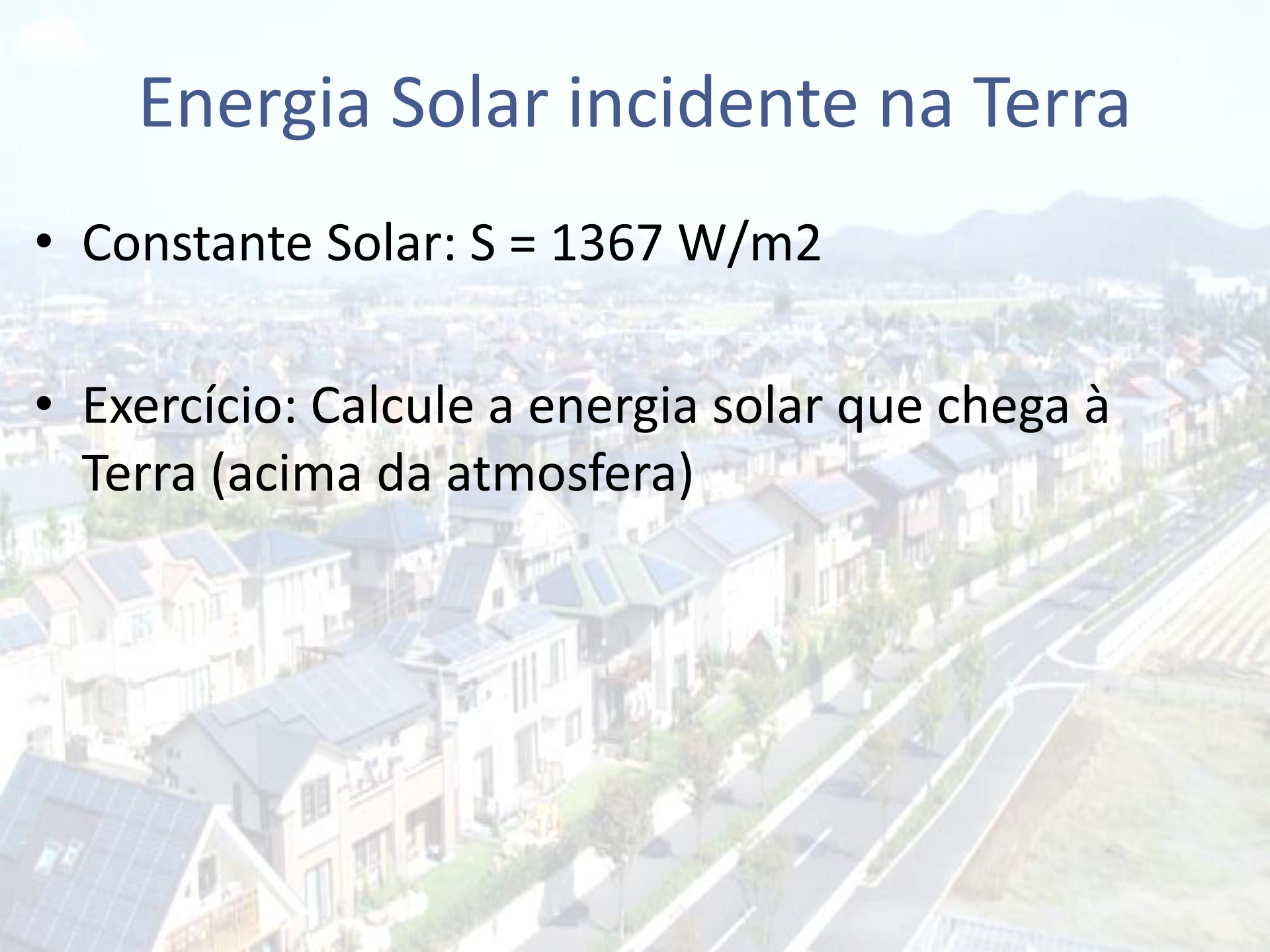
# Energia emitida pelo Sol

- A energia do Sol é transformada, através da relação de Einstein  $E=mc^2$ , em  $4 \times 10^{20}$  J. Esta energia é emitida principalmente como radiação eletromagnética entre a ultravioleta e infravermelha, com comprimento de onda variando de 0,2 à 3  $\mu\text{m}$ .
- 1 kWh = 3 600 000 J



# Energia Solar incidente na Terra

- Constante Solar:  $S = 1367 \text{ W/m}^2$
- Exercício: Calcule a energia solar que chega à Terra (acima da atmosfera)



# Energia Solar incidente na Terra

- Cálculo da área da Terra:
- Diâmetro da Terra:  $d = 12\,756,2 \text{ km}$
- Área da superfície da Terra:  $A = 510\,000\,000 \text{ km}^2$   
( $A = 4 \pi r^2$ )  $\rightarrow$  apenas metade é iluminada
- Energia diária incidente na Terra durante 12 horas de Sol:  $E_{\text{diária}} = 4,2 \times 10^{15} \text{ kWh/dia}$
- Energia anual incidente na Terra:  $E_{\text{anual}} = 1,5 \times 10^{18} \text{ kWh/ano}$

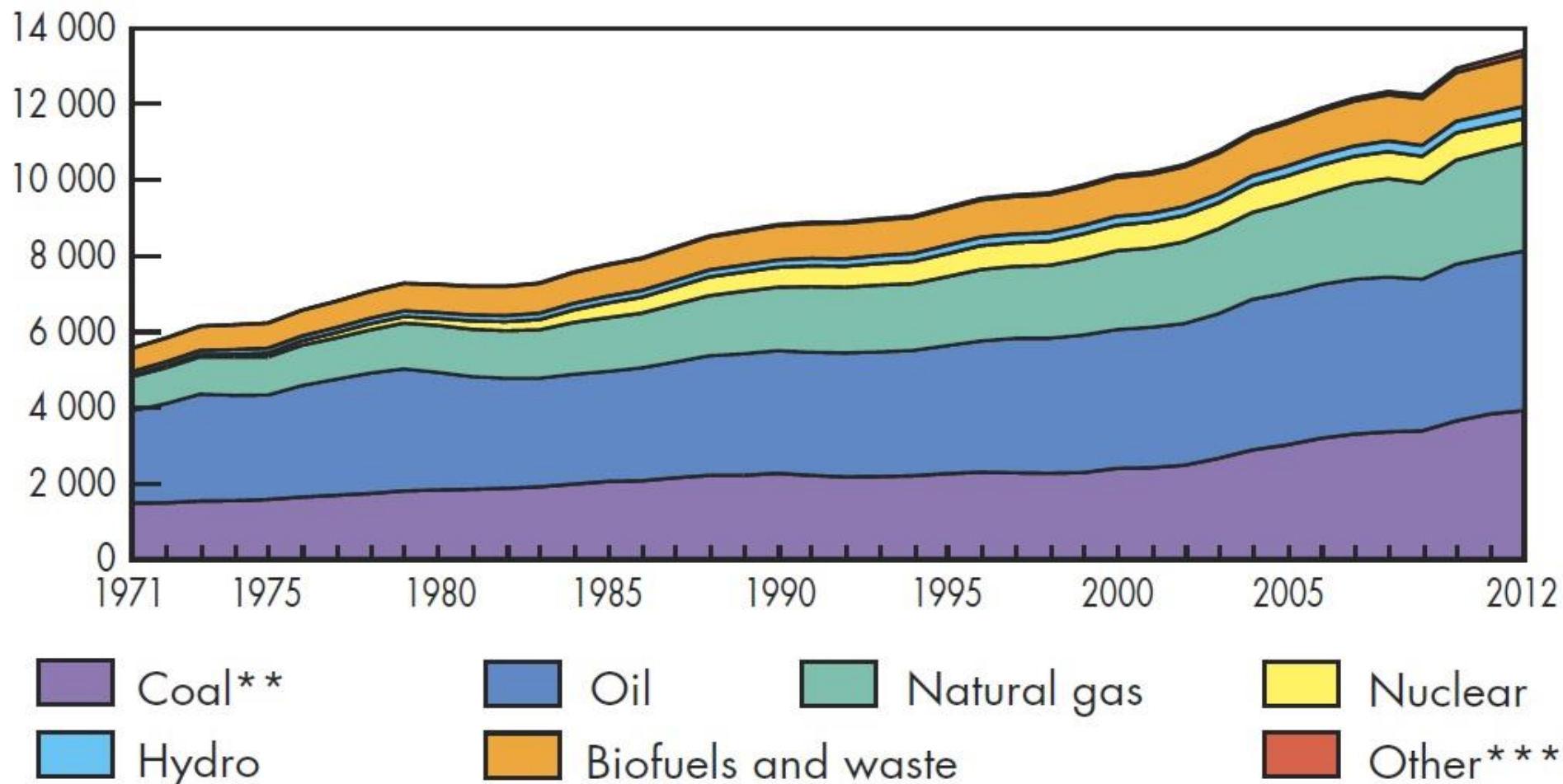
# Quanta energia é anualmente consumida pela Humanidade?

- Faça a consulta à Agência Internacional de Energia
- <http://www.iea.org>
- Documento “Key World Energy Statistics”



# Evolução da energia primária mundial por tipo de combustível

World\* total primary energy supply from 1971 to 2012  
by fuel (Mtoe)



# Quanta energia é anualmente consumida pela Humanidade?

- Consumo = 12 000 Mtep/ano
- 1 Mtep = 11 630 GWh
- Consumo =  $1,4 \times 10^{14}$  kWh/ano
- Quantas vezes a energia solar incidente na Terra é superior ao consumo?



# Quanta energia é anualmente consumida pela Humanidade?

- Consumo = 12 000 Mtep/ano
- 1 Mtep = 11 630 GWh
- Consumo =  $1,4 \times 10^{14}$  kWh/ano
- Quantas vezes a energia solar incidente na Terra é superior ao consumo?
- 10 000 vezes superior

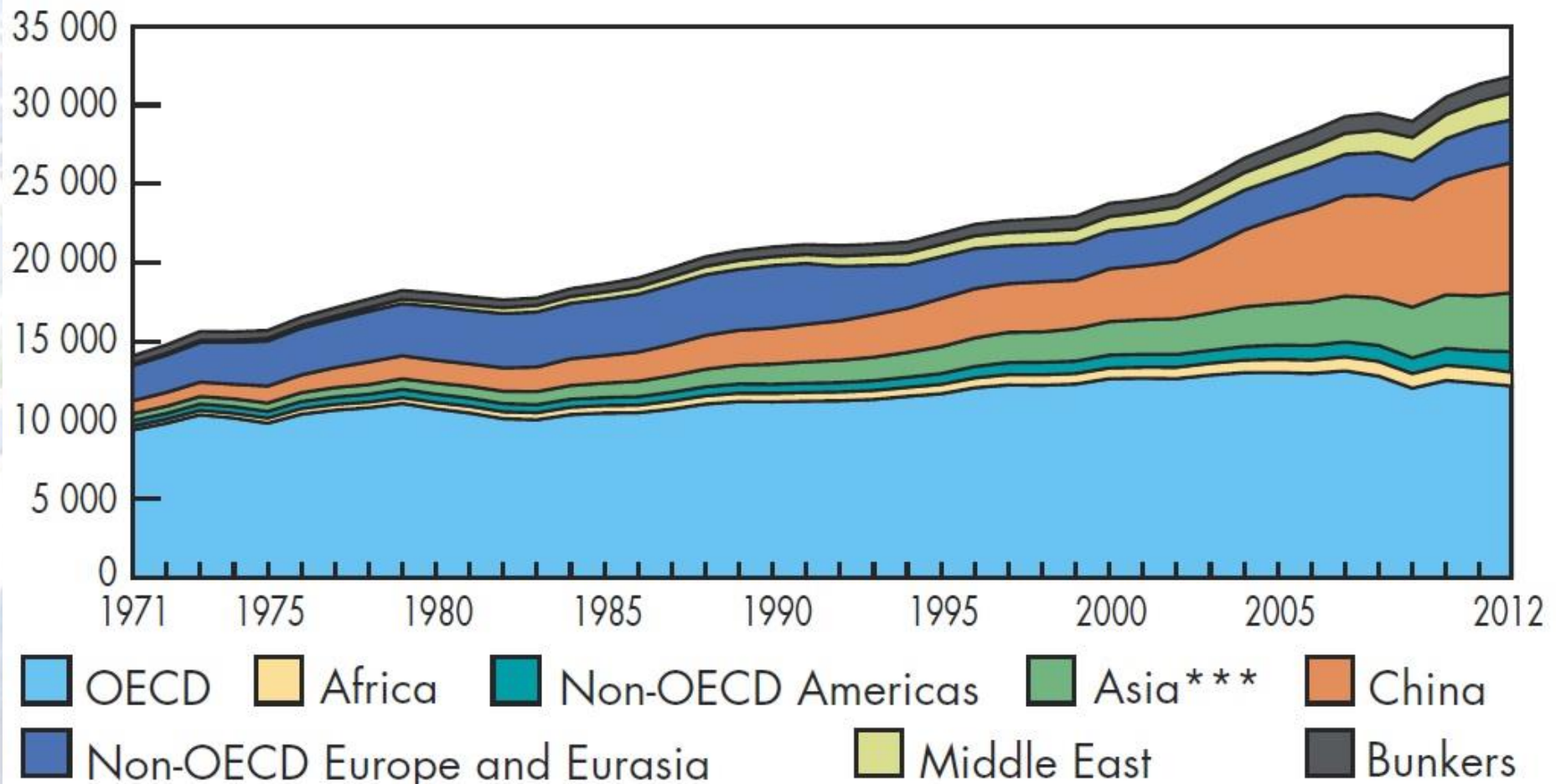
# Por que investir em fontes renováveis de energia?

- Crescimento econômico da China.
- É um modelo para os países em desenvolvimento?



# CO<sub>2</sub> Emissions by Region

World\* CO<sub>2</sub> emissions\*\* from 1971 to 2012  
by region (Mt of CO<sub>2</sub>)



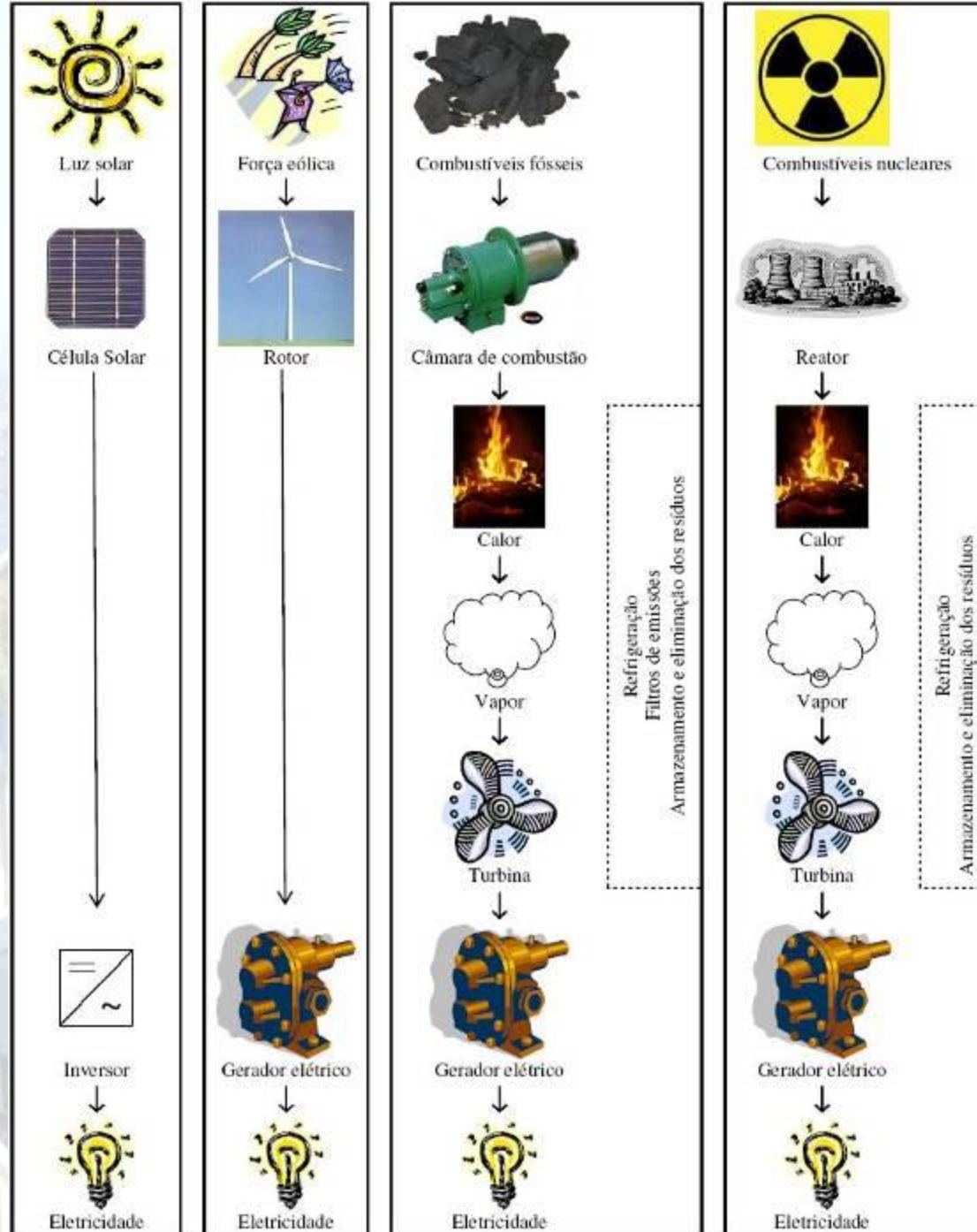


An aerial photograph of a suburban neighborhood. In the foreground and middle ground, numerous houses are visible, many of which have dark blue solar panels installed on their roofs. The houses are arranged in rows along a paved road. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene suggests a community embracing renewable energy.

# O QUE É ENERGIA SOLAR?

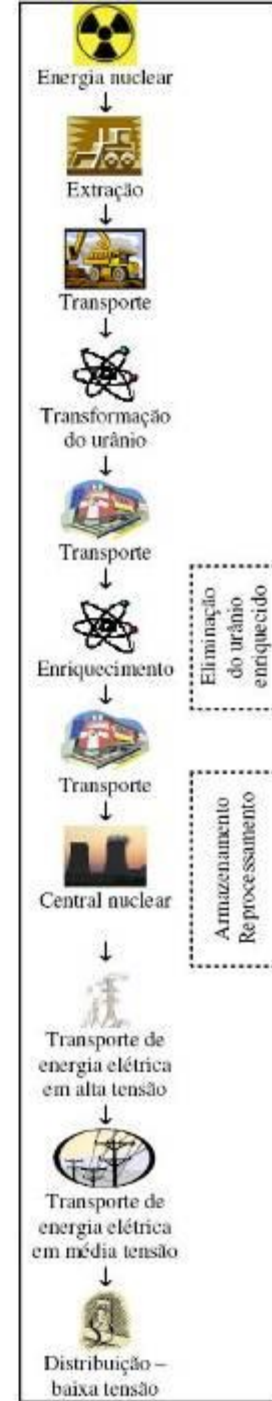
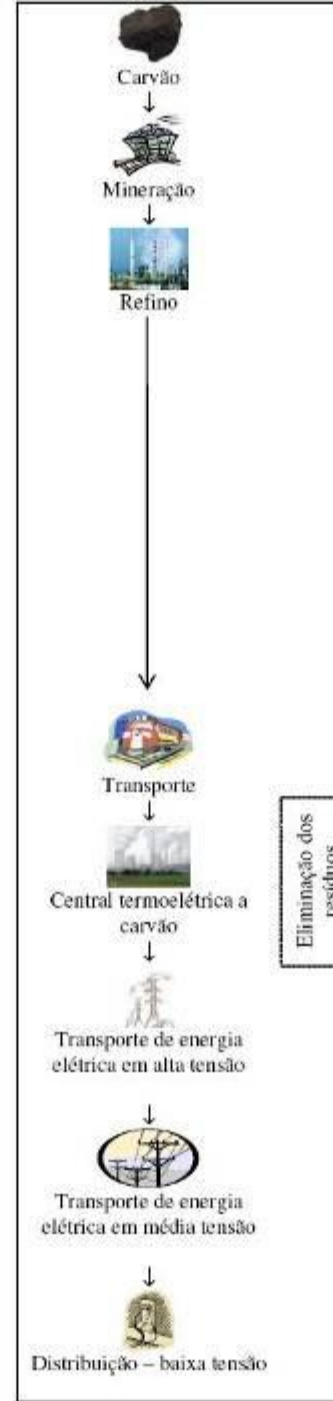
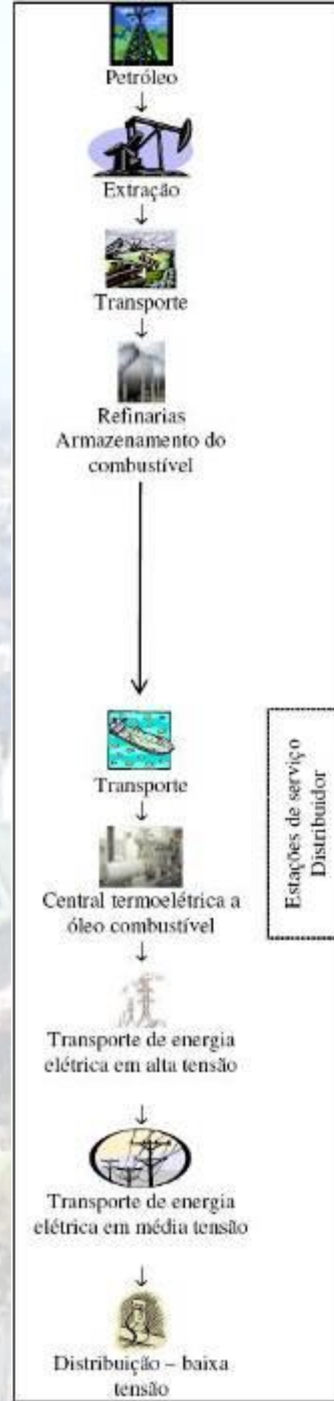
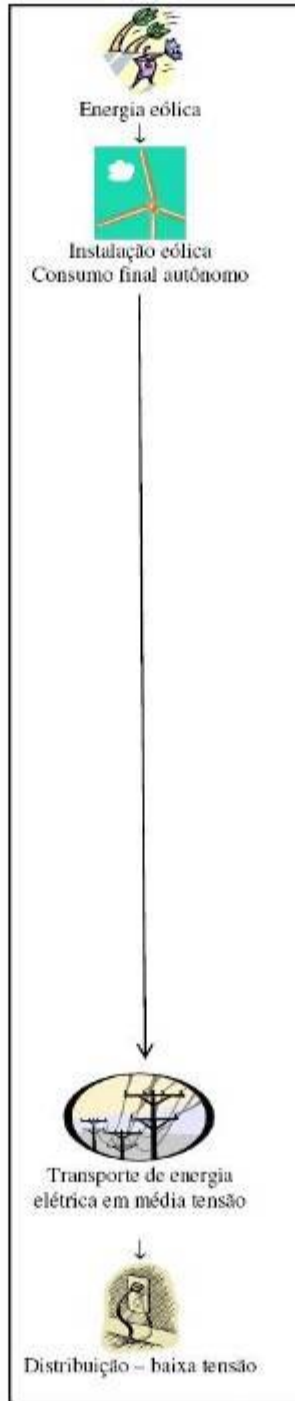
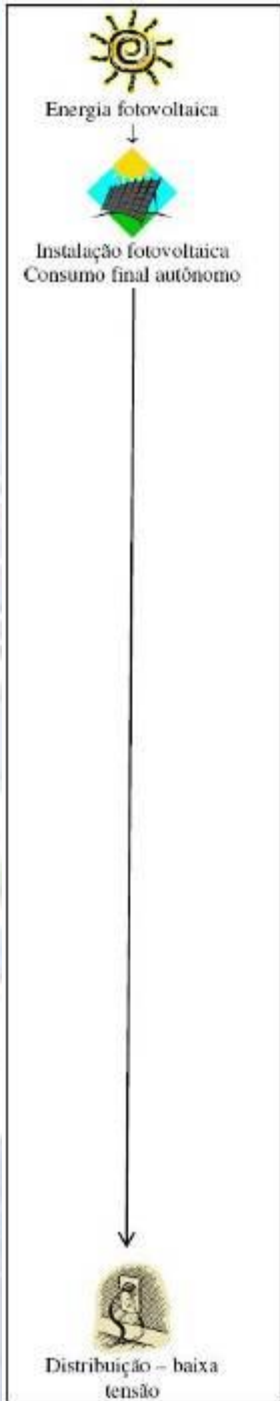
# Comparação entre Fontes para Geração de Eletricidade

- Fósseis, incluindo petróleo, carvão e gás natural;
- Nucleares; e
- Solares, incluindo:
  - Raios solares
  - Ondas
  - Ventos
  - Força Hidráulica
  - Materiais de origem vegetal (fotossíntese)



(fonte: Scheer, 2002, modificado)





(fonte: Scheer, 2002, modificado)

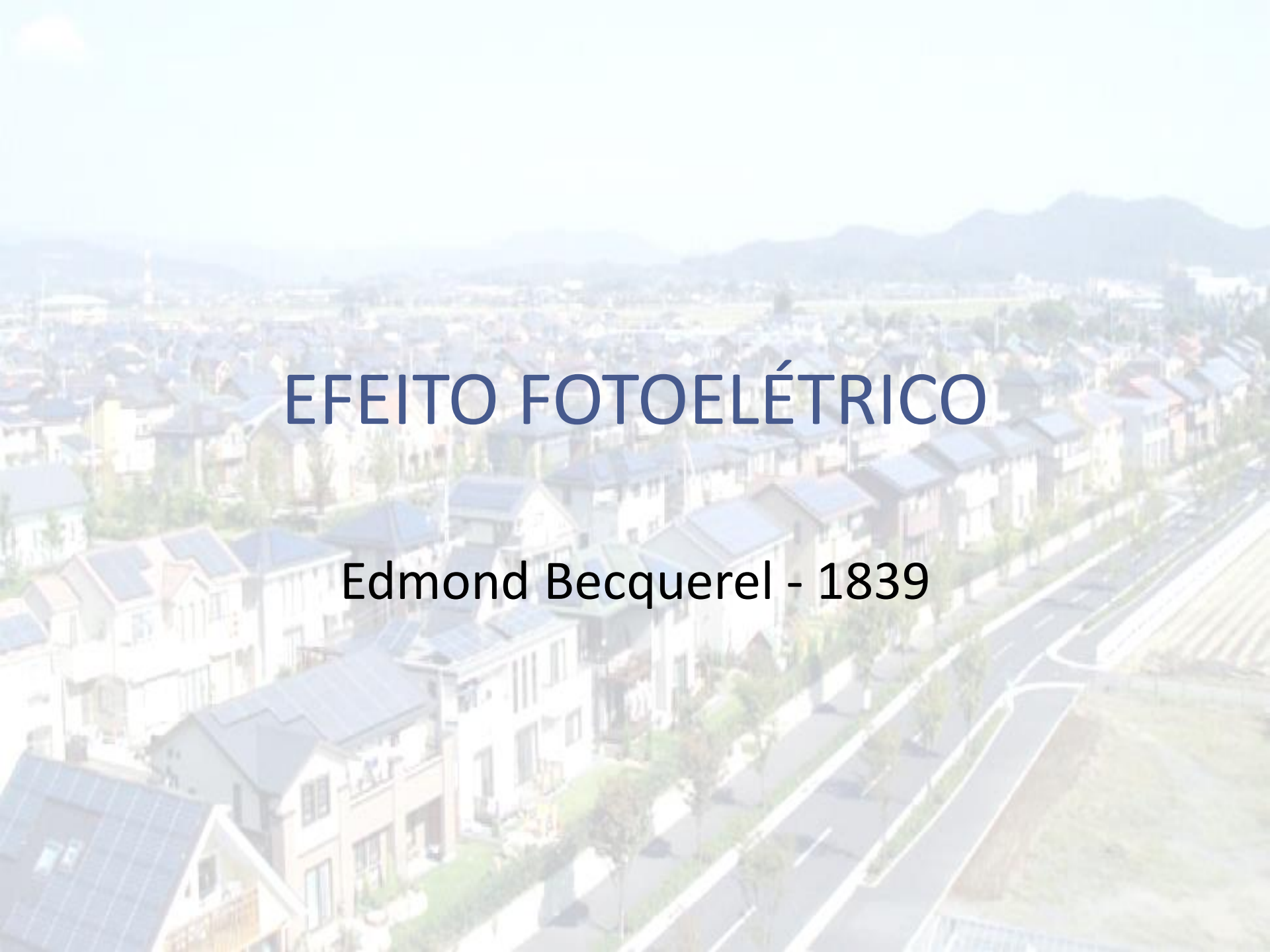
(fonte: Scheer, 2002, modificado)

An aerial photograph of a suburban neighborhood. Numerous houses are visible, many of which have dark blue solar panels installed on their roofs. The houses are arranged in rows, with a paved road and a sidewalk running alongside them. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene suggests a focus on sustainable energy in a residential context.

# FORMAS DE APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR RELACIONADAS À ELETRICIDADE



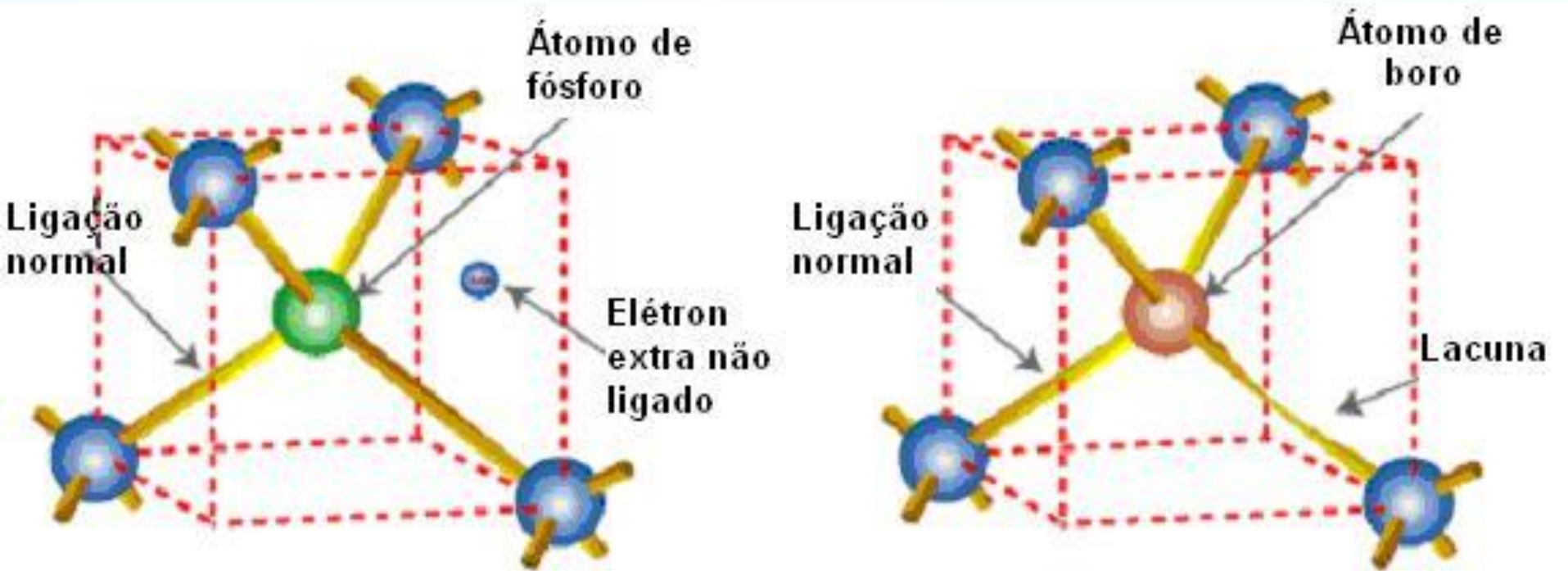


An aerial photograph of a town with many houses. Most of the houses have solar panels installed on their roofs. The town is surrounded by green fields and mountains in the background. The sky is clear and blue.

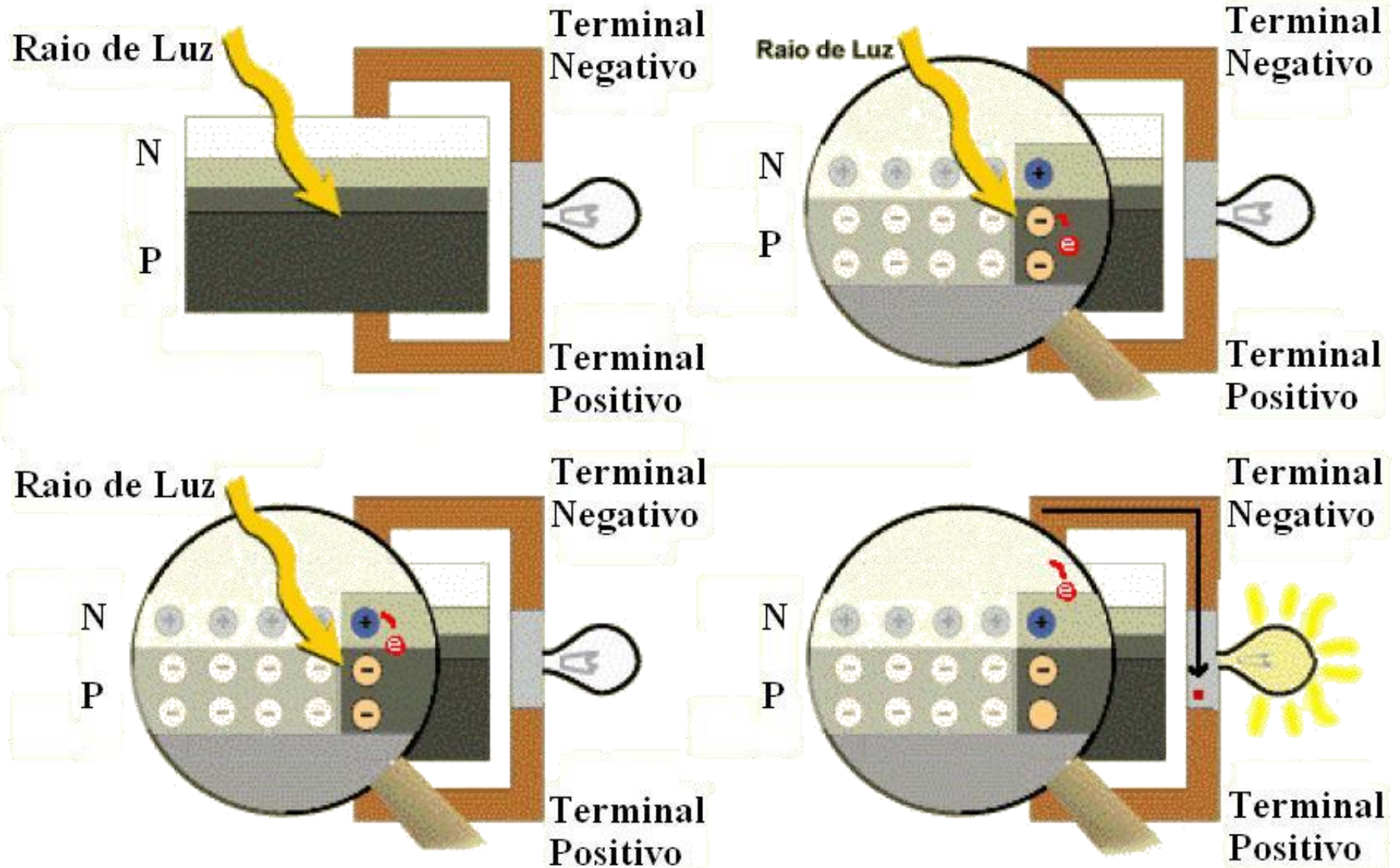
# EFEITO FOTOELÉTRICO

Edmond Becquerel - 1839

# Efeito Fotoelétrico



# Efeito Fotoelétrico





# Efeito Fotoelétrico

Energia dos fótons predominantes na radiação solar

| Cor           | Comprimento de Onda [ $\mu\text{m}$ ] | Energia [eV] |
|---------------|---------------------------------------|--------------|
| Ultravioleta  | 0,200 à 0,380                         | 3,26 à 6,20  |
| Violeta       | 0,380 à 0,440                         | 2,82 à 3,26  |
| Azul          | 0,440 à 0,490                         | 2,53 à 2,82  |
| Verde         | 0,490 à 0,565                         | 2,19 à 2,53  |
| Amarelo       | 0,565 à 0,590                         | 2,10 à 2,19  |
| Laranja       | 0,590 à 0,630                         | 1,97 à 2,10  |
| Vermelho      | 0,630 à 0,780                         | 1,59 à 1,97  |
| Infravermelho | 0,780 à 1,000                         | 1,24 à 1,59  |

Alguns materiais utilizados em células solares e sua energia de banda  
(fonte: Sze, 1981)

| Material           | Sigla | Banda de Energia [eV] à temperatura de 300K |
|--------------------|-------|---------------------------------------------|
| Silício            | Si    | 1,12                                        |
| Arsenieto de gálio | GaAs  | 1,42                                        |
| Telureto de cádmio | CdTe  | 1,56                                        |

# Tabela Periódica dos Elementos

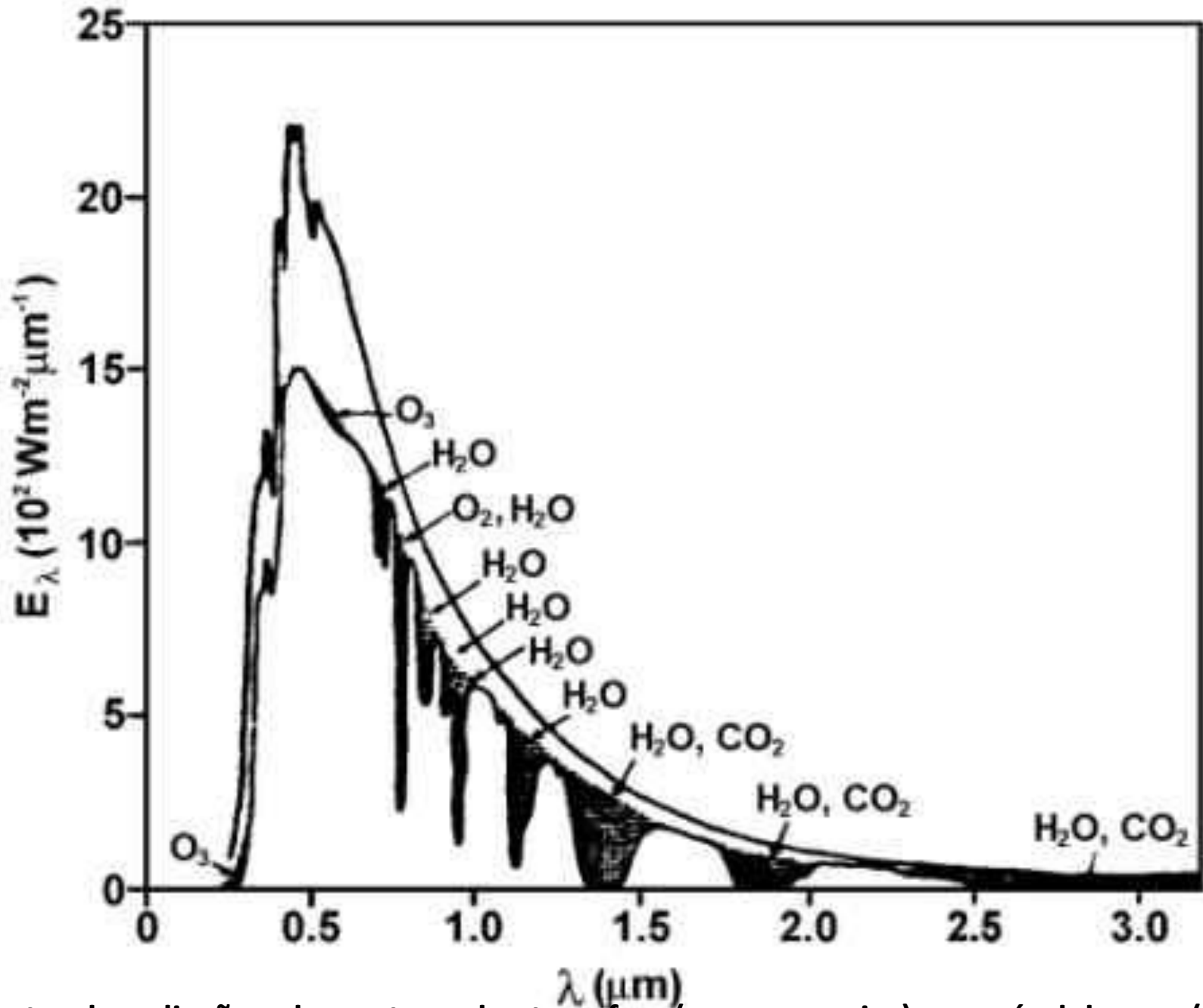
|                                 |  |                                 |  |                                   |  |                                    |  |                                 |  |                                 |  |                                   |  |                               |  |                                  |  |                                  |  |                                   |  |                                 |  |                                  |  |                                    |  |                                    |  |                                   |  |                              |  |                                 |  |
|---------------------------------|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|--|------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|--|-------------------------------|--|----------------------------------|--|----------------------------------|--|-----------------------------------|--|---------------------------------|--|----------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|--|-----------------------------------|--|------------------------------|--|---------------------------------|--|
|                                 |  |                                 |  |                                   |  |                                    |  |                                 |  |                                 |  |                                   |  |                               |  |                                  |  | 18<br>VIII A                     |  |                                   |  |                                 |  |                                  |  |                                    |  |                                    |  |                                   |  |                              |  |                                 |  |
| 1<br>IA                         |  | Novo Original                   |  |                                   |  |                                    |  |                                 |  |                                 |  |                                   |  |                               |  |                                  |  | 2                                |  |                                   |  |                                 |  |                                  |  |                                    |  |                                    |  |                                   |  |                              |  |                                 |  |
| 1<br>H<br>Hidrogênio<br>1.00794 |  | 2<br>He<br>Hélio<br>4.002602    |  |                                   |  |                                    |  |                                 |  |                                 |  |                                   |  |                               |  |                                  |  |                                  |  | 2<br>K                            |  |                                 |  |                                  |  |                                    |  |                                    |  |                                   |  |                              |  |                                 |  |
| 3<br>Li<br>Lítio<br>6.941       |  | 4<br>Be<br>Berílio<br>9.012182  |  |                                   |  |                                    |  |                                 |  |                                 |  |                                   |  |                               |  |                                  |  |                                  |  | 10<br>Ne<br>Neônio<br>20.1797     |  |                                 |  |                                  |  |                                    |  |                                    |  |                                   |  |                              |  |                                 |  |
| 11<br>Na<br>Sódio<br>22.989770  |  | 12<br>Mg<br>Magnésio<br>24.3050 |  |                                   |  |                                    |  |                                 |  |                                 |  |                                   |  |                               |  |                                  |  |                                  |  | 18<br>Ar<br>Argônio<br>39.948     |  |                                 |  |                                  |  |                                    |  |                                    |  |                                   |  |                              |  |                                 |  |
| 19<br>K<br>Potássio<br>39.0983  |  | 20<br>Ca<br>Cálcio<br>40.078    |  | 21<br>Sc<br>Escândio<br>44.955910 |  | 22<br>Ti<br>Titânio<br>47.867      |  | 23<br>V<br>Vanádio<br>50.9415   |  | 24<br>Cr<br>Cromo<br>51.9961    |  | 25<br>Mn<br>Manganês<br>54.938049 |  | 26<br>Fe<br>Ferro<br>55.8467  |  | 27<br>Co<br>Cobalto<br>58.933200 |  | 28<br>Ni<br>Níquel<br>58.6934    |  | 29<br>Cu<br>Cobre<br>63.546       |  | 30<br>Zn<br>Zinco<br>65.409     |  | 31<br>Ga<br>Gálio<br>69.723      |  | 32<br>Ge<br>Germanio<br>72.64      |  | 33<br>As<br>Arsênio<br>74.92160    |  | 34<br>Se<br>Selênio<br>78.96      |  | 35<br>Br<br>Bromo<br>79.904  |  | 36<br>Kr<br>Criptônio<br>83.798 |  |
| 37<br>Rb<br>Rubídio<br>85.4678  |  | 38<br>Sr<br>Estrôncio<br>87.62  |  | 39<br>Y<br>Ítrio<br>88.90585      |  | 40<br>Zr<br>Zircônio<br>91.224     |  | 41<br>Nb<br>Níbio<br>92.90638   |  | 42<br>Mo<br>Molibdênio<br>95.94 |  | 43<br>Tc<br>Tecnécio<br>(98)      |  | 44<br>Ru<br>Rutênio<br>101.07 |  | 45<br>Rh<br>Ródio<br>102.90550   |  | 46<br>Pd<br>Paládio<br>106.42    |  | 47<br>Ag<br>Prata<br>107.8682     |  | 48<br>Cd<br>Cádmio<br>112.411   |  | 49<br>In<br>Índio<br>114.818     |  | 50<br>Sn<br>Estanho<br>118.710     |  | 51<br>Sb<br>Antimônio<br>121.760   |  | 52<br>Te<br>Telúrio<br>127.60     |  | 53<br>I<br>Iodo<br>126.90447 |  | 54<br>Xe<br>Xenônio<br>131.293  |  |
| 55<br>Cs<br>Césio<br>132.90545  |  | 56<br>Ba<br>Bário<br>137.327    |  | 57 to 71                          |  | 72<br>Hf<br>Háfio<br>178.49        |  | 73<br>Ta<br>Tântalo<br>180.9479 |  | 74<br>W<br>Tungstênio<br>183.84 |  | 75<br>Re<br>Rênio<br>186.207      |  | 76<br>Os<br>Ósmio<br>190.23   |  | 77<br>Ir<br>Iridio<br>192.217    |  | 78<br>Pt<br>Platina<br>195.078   |  | 79<br>Au<br>Ouro<br>196.96655     |  | 80<br>Hg<br>Mercúrio<br>200.59  |  | 81<br>Tl<br>Tálio<br>204.3833    |  | 82<br>Pb<br>Chumbo<br>207.2        |  | 83<br>Bi<br>Bismuto<br>208.98038   |  | 84<br>Po<br>Polônio<br>(209)      |  | 85<br>At<br>Astató<br>(210)  |  | 86<br>Rn<br>Radônio<br>(222)    |  |
| 87<br>Fr<br>Frâncio<br>(223)    |  | 88<br>Ra<br>Rádio<br>(226)      |  | 89 to 103                         |  | 104<br>Rf<br>Rutherfordio<br>(261) |  | 105<br>Db<br>Dubnio<br>(262)    |  | 106<br>Sg<br>Seabórgio<br>(266) |  | 107<br>Bh<br>Bóhrio<br>(264)      |  | 108<br>Hs<br>Hássio<br>(269)  |  | 109<br>Mt<br>Meitnério<br>(268)  |  | 110<br>Ds<br>Darmstádio<br>(271) |  | 111<br>Rg<br>Roentgenium<br>(272) |  | 112<br>Uub<br>Ununbium<br>(285) |  | 113<br>Uut<br>Ununtrium<br>(284) |  | 114<br>Uuq<br>Ununquádmio<br>(289) |  | 115<br>Uup<br>Ununpentium<br>(288) |  | 116<br>Uuh<br>Ununhexium<br>(292) |  | 117<br>Uus<br>Ununseptium    |  | 118<br>Uuo<br>Ununoctium        |  |

Massas atômicas em parênteses são aquelas do isótopo mais estável ou comum.

Nota: Os números de subgrupo 1-18 foram adotados em 1984 pela International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada). Os nomes dos elementos 112-118 são os equivalentes latinos desses números.

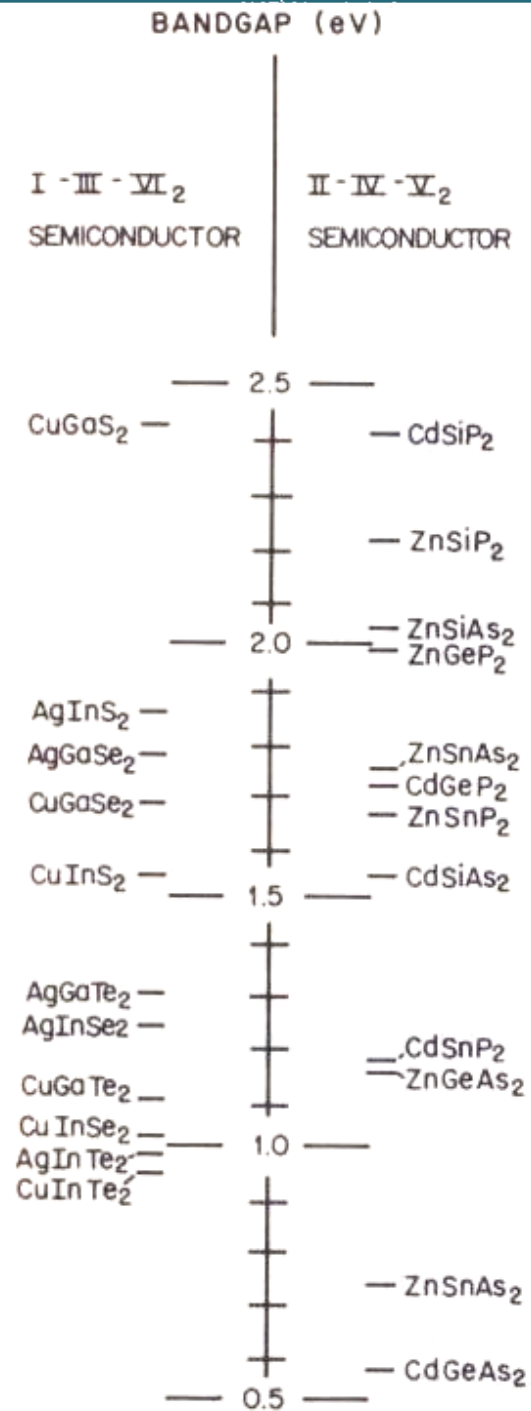
|                                  |                               |                                      |                                |                               |                               |                                |                                 |                                 |                                  |                                 |                              |                                  |                               |                                 |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 57<br>La<br>Lantânio<br>138.9055 | 58<br>Ce<br>Cério<br>140.116  | 59<br>Pr<br>Praseodímio<br>140.90765 | 60<br>Nd<br>Neodímio<br>144.24 | 61<br>Pm<br>Promécio<br>(145) | 62<br>Sm<br>Samário<br>150.36 | 63<br>Eu<br>Európio<br>151.964 | 64<br>Gd<br>Gadolínio<br>157.25 | 65<br>Tb<br>Térbio<br>158.92534 | 66<br>Dy<br>Disprósio<br>162.500 | 67<br>Ho<br>Hólmio<br>164.93032 | 68<br>Er<br>Érbio<br>167.259 | 69<br>Tm<br>Túlio<br>168.93421   | 70<br>Yb<br>Ítrio<br>173.04   | 71<br>Lu<br>Lutécio<br>174.967  |
| 89<br>Ac<br>Actínio<br>(227)     | 90<br>Th<br>Tório<br>232.0381 | 91<br>Pa<br>Protactínio<br>231.03588 | 92<br>U<br>Urânio<br>238.02891 | 93<br>Np<br>Netúnio<br>(237)  | 94<br>Pu<br>Plutônio<br>(244) | 95<br>Am<br>Americio<br>(243)  | 96<br>Cm<br>Cúrio<br>(247)      | 97<br>Bk<br>Berquélio<br>(247)  | 98<br>Cf<br>Califórnia<br>(251)  | 99<br>Es<br>Einsteinio<br>(252) | 100<br>Fm<br>Férmio<br>(257) | 101<br>Md<br>Mendelévio<br>(258) | 102<br>No<br>Nobélio<br>(259) | 103<br>Lr<br>Laurêncio<br>(262) |

Direitos autorais de design © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com). <http://www.dayah.com/periodic/>



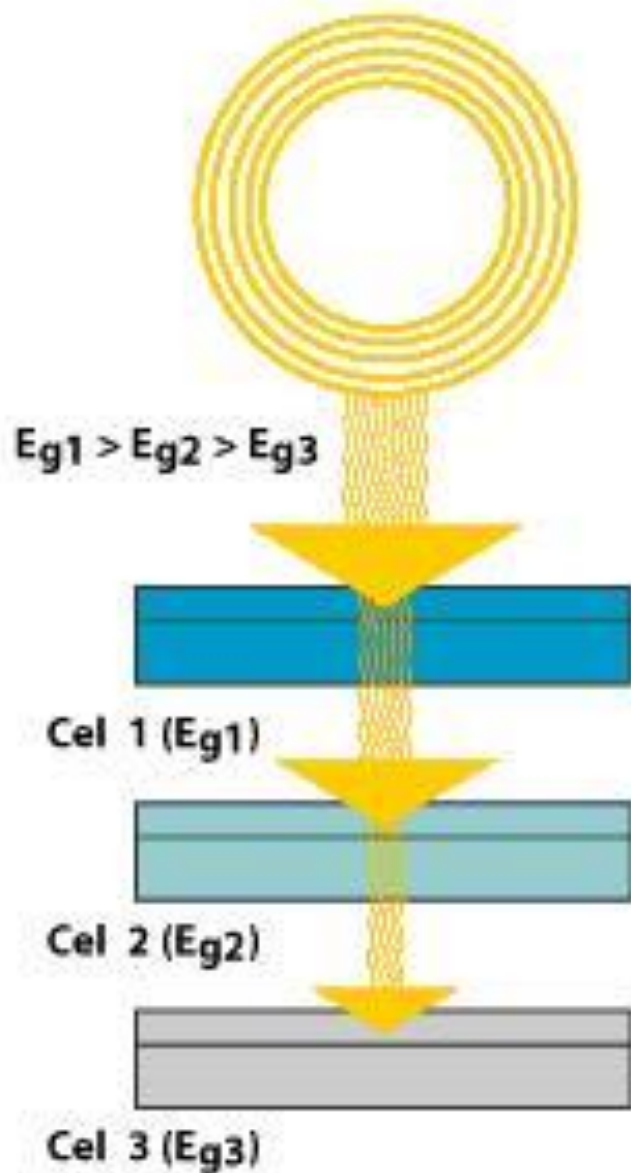
Espectro da radiação solar no topo da atmosfera (curva superior) e no nível do mar (curva inferior), para atmosfera média e sol no zênite.

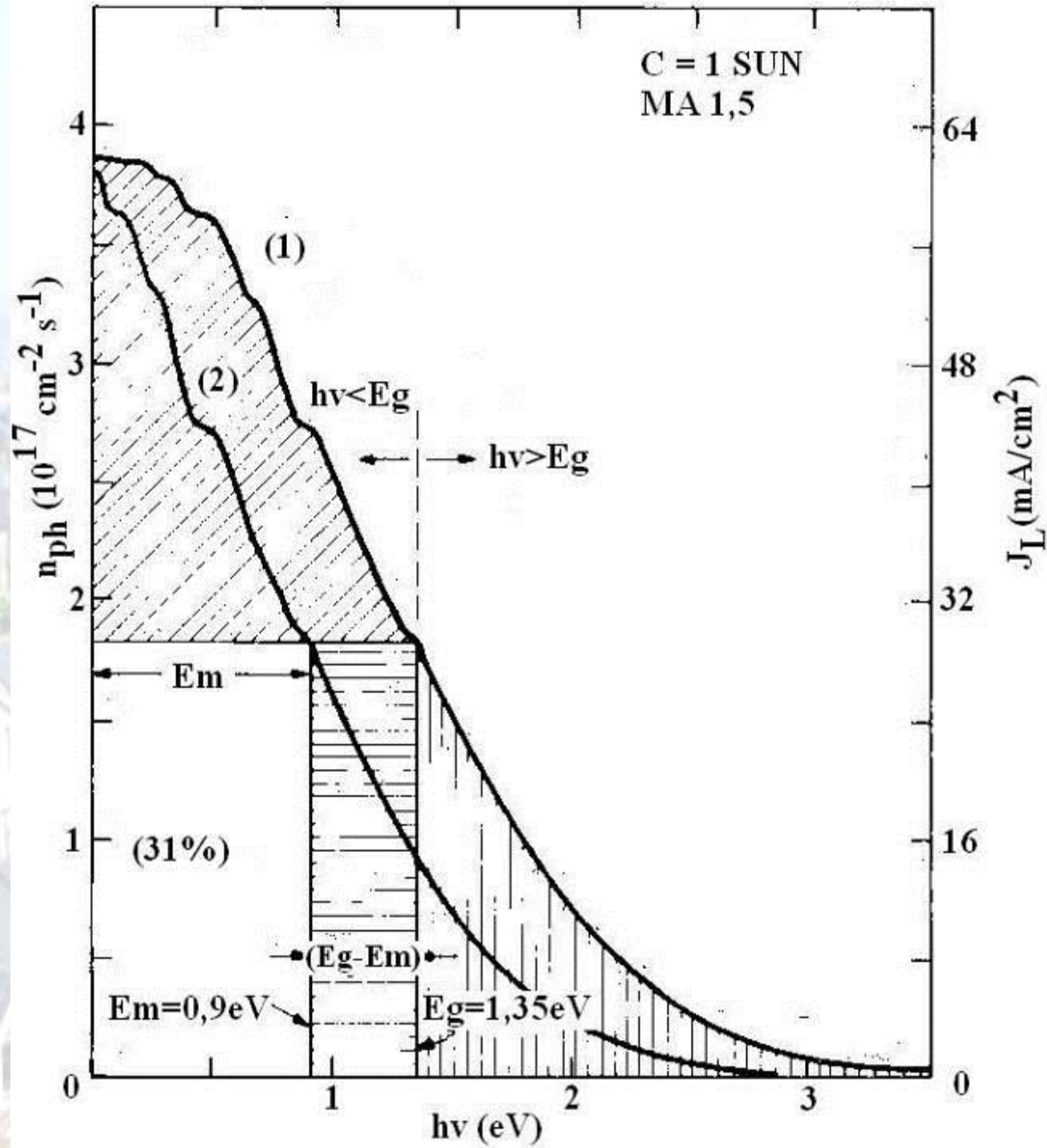




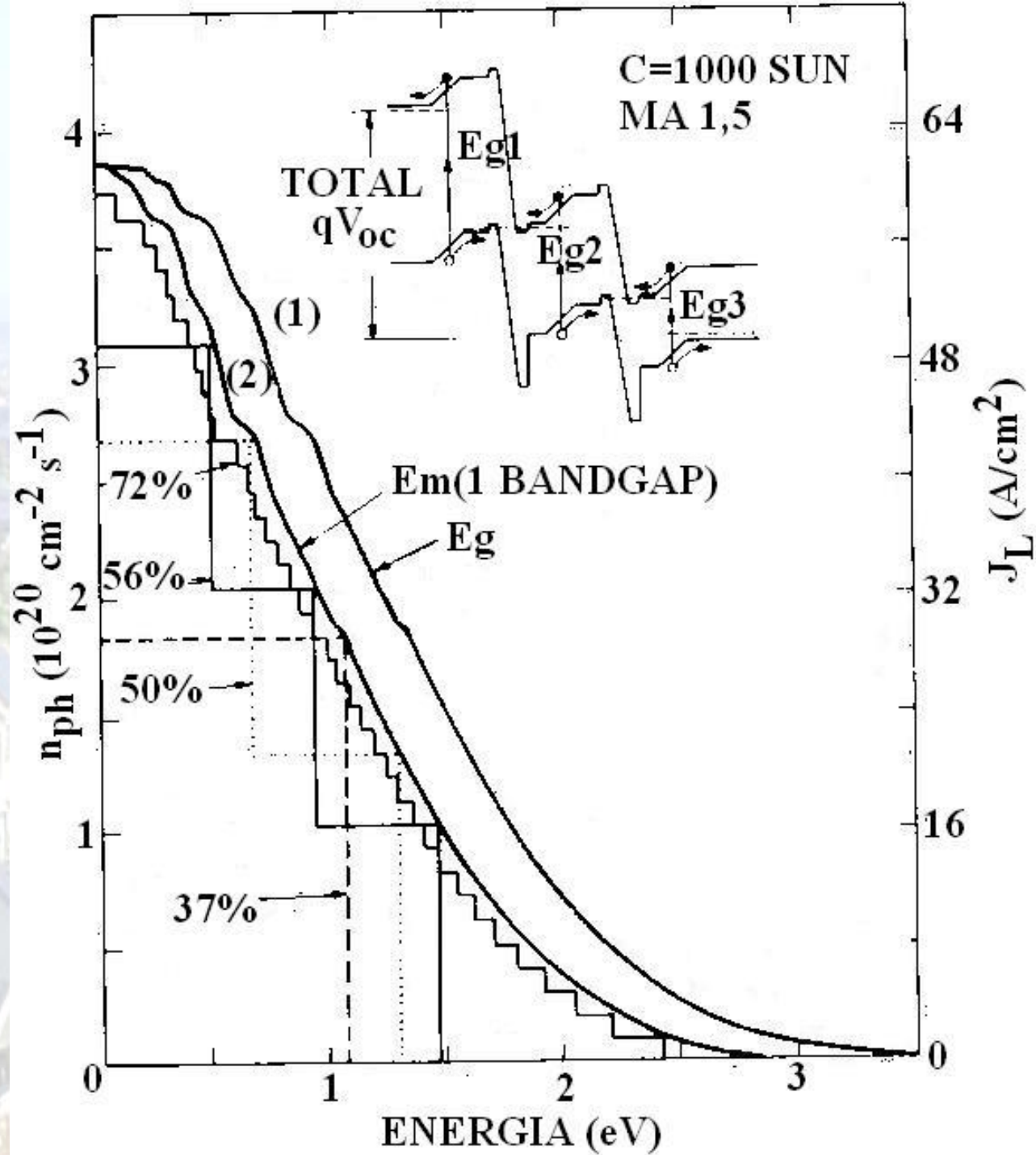
Bandas de energia de alguns semicondutores na faixa de interesse do efeito fotoelétrico

# Efeito Fotoelétrico – Células Muntijunção









An aerial photograph of a suburban neighborhood. Numerous houses are visible, many of which have dark blue solar panels installed on their roofs. The houses are arranged in rows, separated by streets and small green spaces. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene suggests a community embracing renewable energy.

# TECNOLOGIAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

# Tecnologias solares fotovoltaicas

- Silício monocristalino
- Silício policristalino
- Filme fino de silício amorfo
- Filme fino de silício cristalino
- Filme fino de Telureto de Cadmio (CdTe)
- Filme fino de Disseleneto de Cobre (Gálio) e Índio (CIGS)
- Célula fotovoltaica orgânica



# Silício monocristalino



# Silício policristalino



# Filme fino de silício amorfo

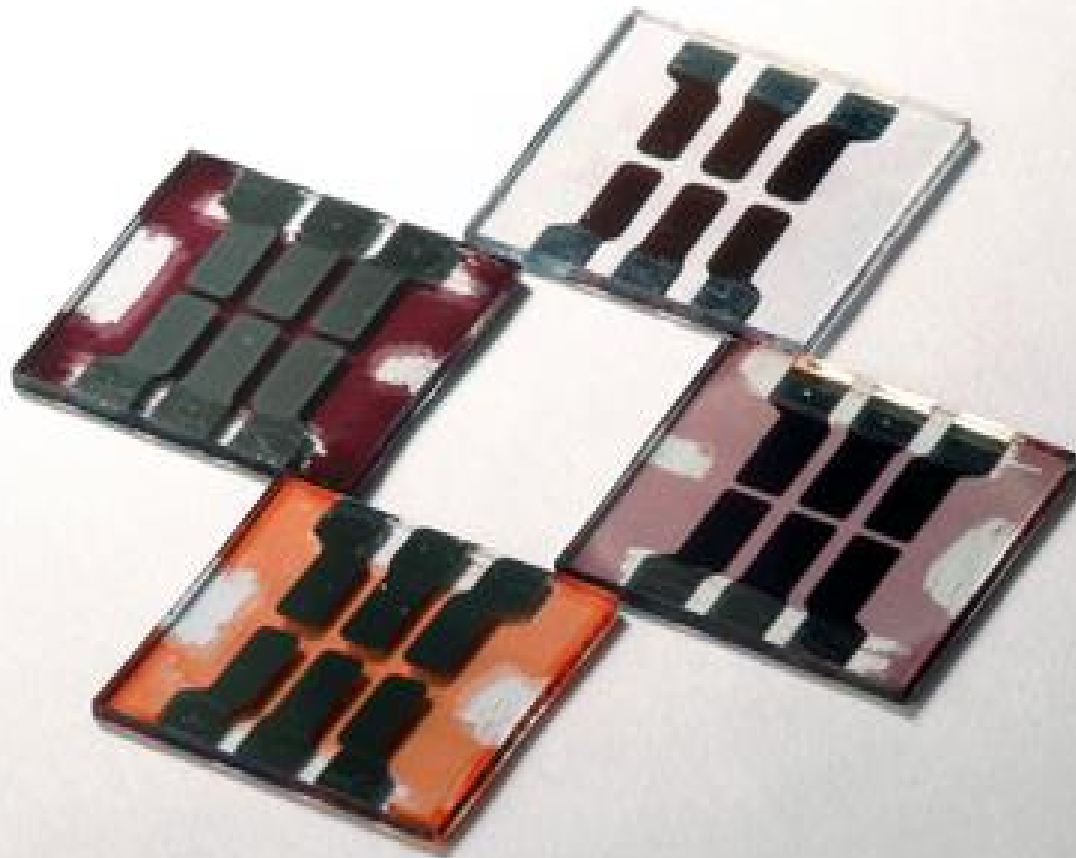




# Filme fino de Disseleneto de Cobre (Gálio) e Índio (CIGS)



# Célula fotovoltaica orgânica



# Onde está o sistema fotovoltaico?

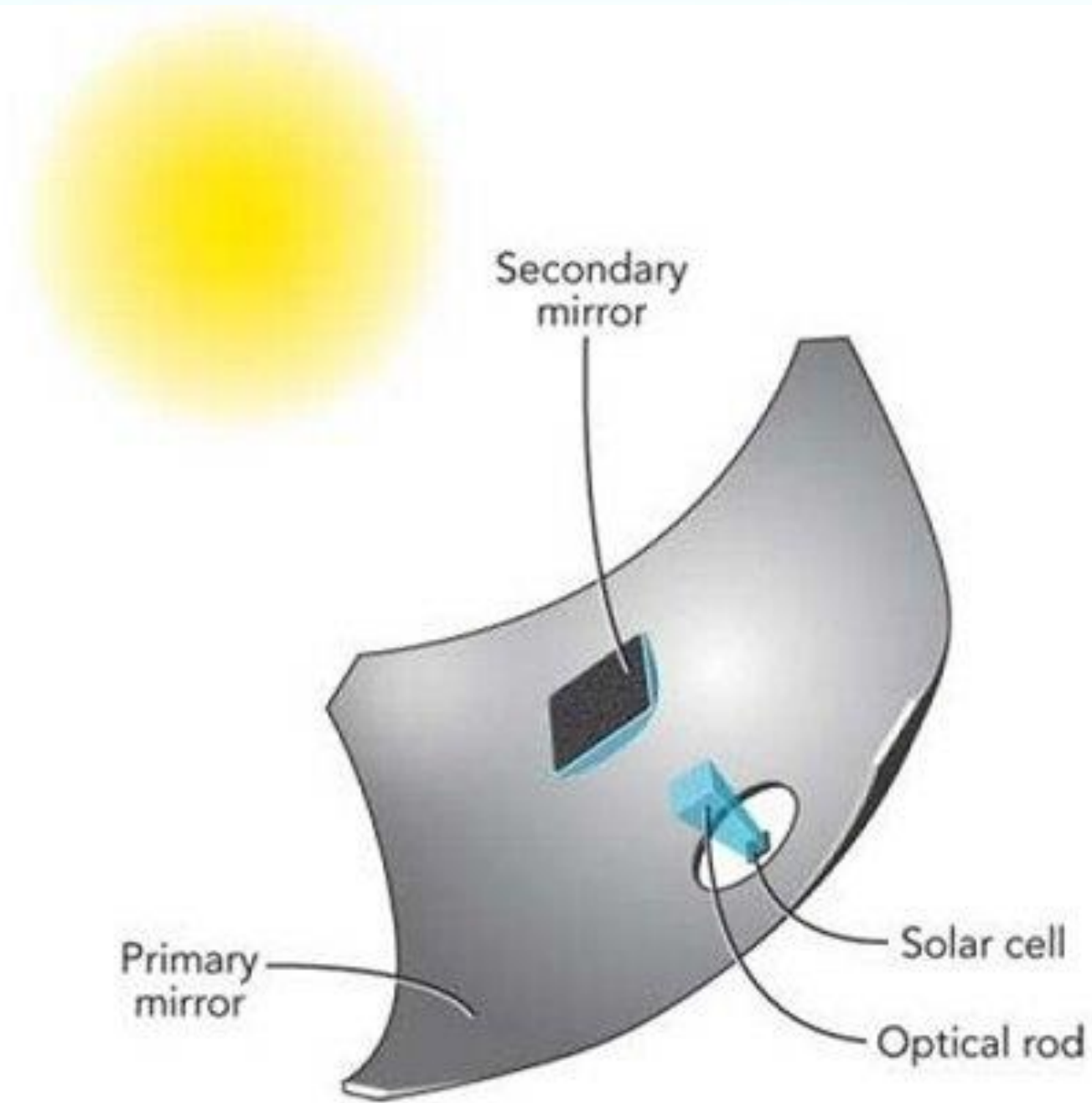




# Onde está o sistema fotovoltaico?



Somente a residência da extrema direita possui módulos fotovoltaicos de filmes finos de silício amorfo









An aerial photograph of a suburban neighborhood. Numerous houses are visible, many of which have dark solar panels installed on their roofs. The houses are mostly two-story buildings with light-colored siding. A paved road runs diagonally through the lower right portion of the image. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene suggests a focus on renewable energy in residential areas.

**PERGUNTA:  
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS  
FUNCIONAM EM LOCAIS GELADOS?**



An aerial photograph of a suburban neighborhood. Numerous houses are visible, many of which have dark blue solar panels installed on their roofs. The houses are arranged in rows, separated by streets and small green spaces. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene suggests a community embracing renewable energy.

# CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS



# Sistema isolado doméstico

- Provê eletricidade para casas e vilas que não estão conectadas ao sistema elétrico interligado.
- Tipicamente a eletricidade é utilizada para iluminação, refrigeração e outras cargas de pequena potência. Uma potência típica para esta aplicação é de 1kW.

# Sistema isolado doméstico



Sistema isolado doméstico,  
utilizado para bombeamento de  
água na África.

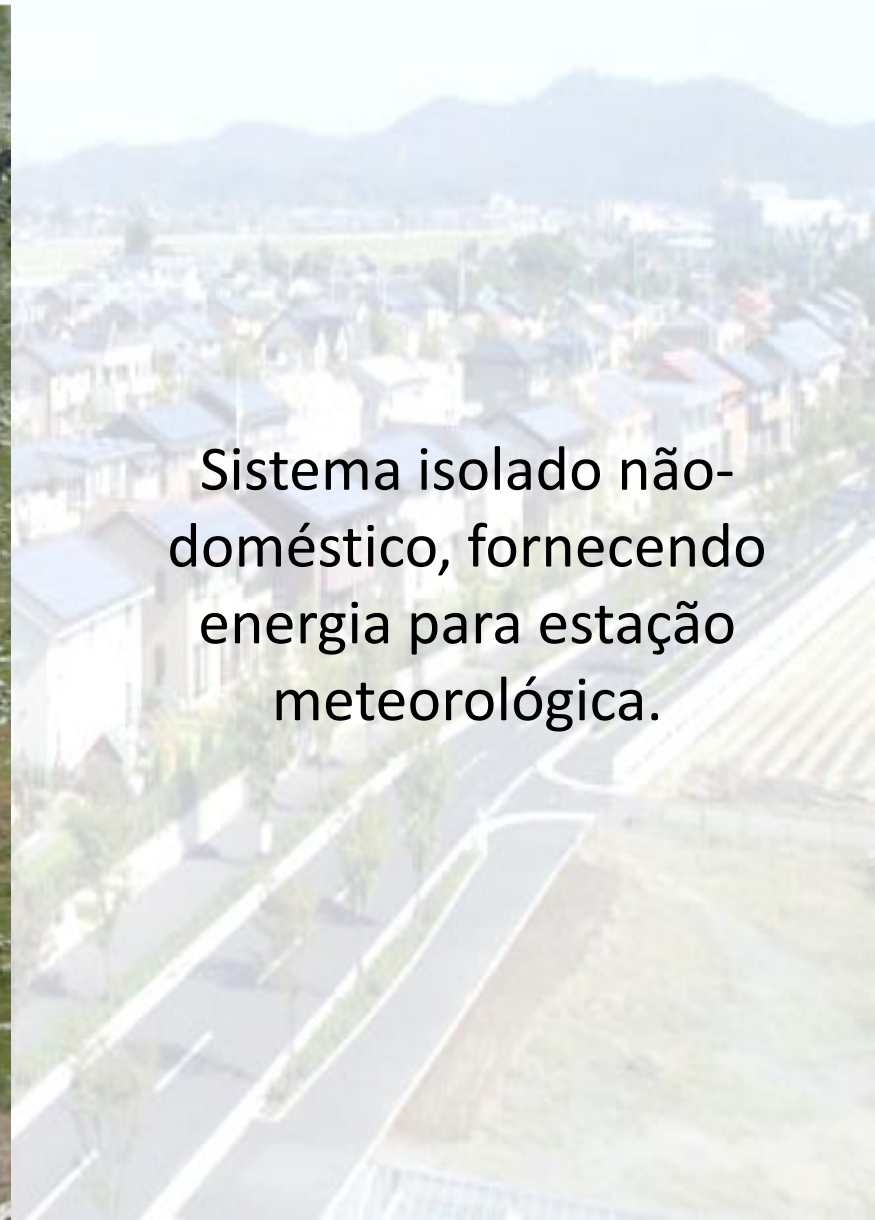


# Sistema isolado não doméstico

- Primeiro uso comercial dos sistemas fotovoltaicos terrestres.
- Fornecem energia para diversas aplicações, tais como telecomunicações, bombeamento de água, refrigerador de vacinas e sistemas de navegação.



# Sistema isolado não doméstico



Sistema isolado não-doméstico, fornecendo energia para estação meteorológica.

# Sistema conectado à rede de forma distribuída

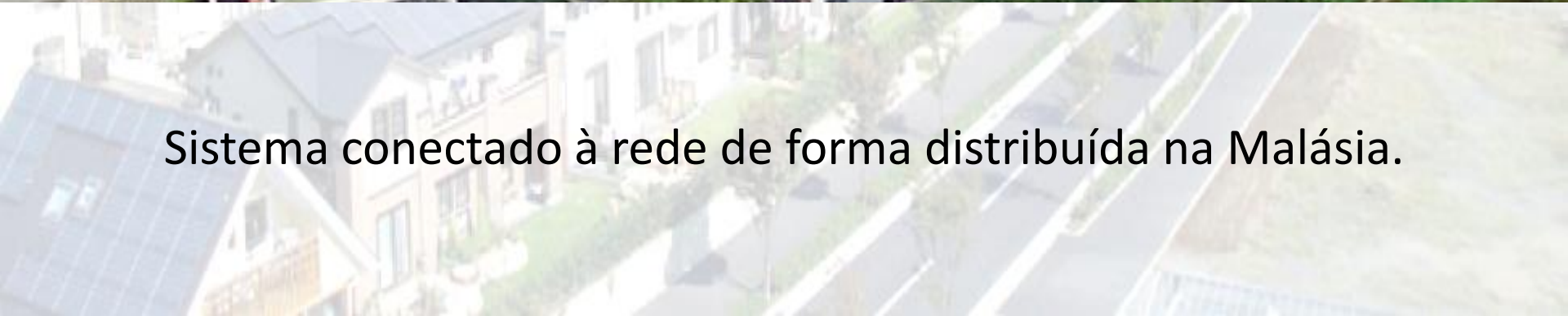
- Sistemas FV geram energia diretamente para uma unidade consumidora conectada ao sistema interligado, ou para a própria rede de distribuição.
- Normalmente são conectados após o medidor da concessionária, de forma integrada à edificação.



# Sistema conectado à rede de forma distribuída



Sistema conectado à rede de forma distribuída na Malásia.





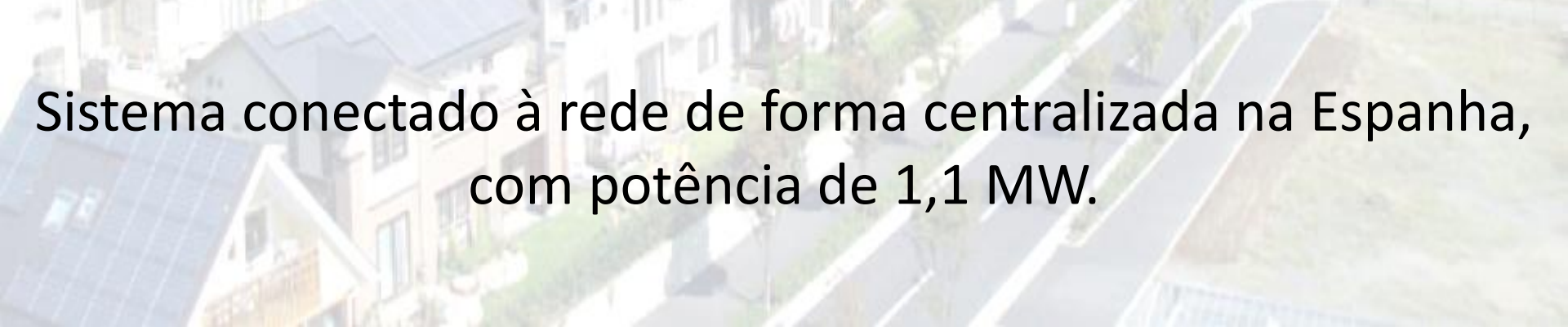
# Sistema conectado à rede de forma centralizada

- Sistema FV comporta-se como uma tradicional usina centralizada, a qual encontra-se em local de irradiância privilegiada, mas distante do centro de carga.
- Requer grandes áreas dedicadas para a instalação dos painéis fotovoltaicos.
- Os custos associados com a transmissão e distribuição da energia são os mesmos de uma grande hidrelétrica, por exemplo, inclusive com as perdas por efeito joule inerentes aos sistemas de transmissão e distribuição.

# Sistema conectado à rede de forma centralizada



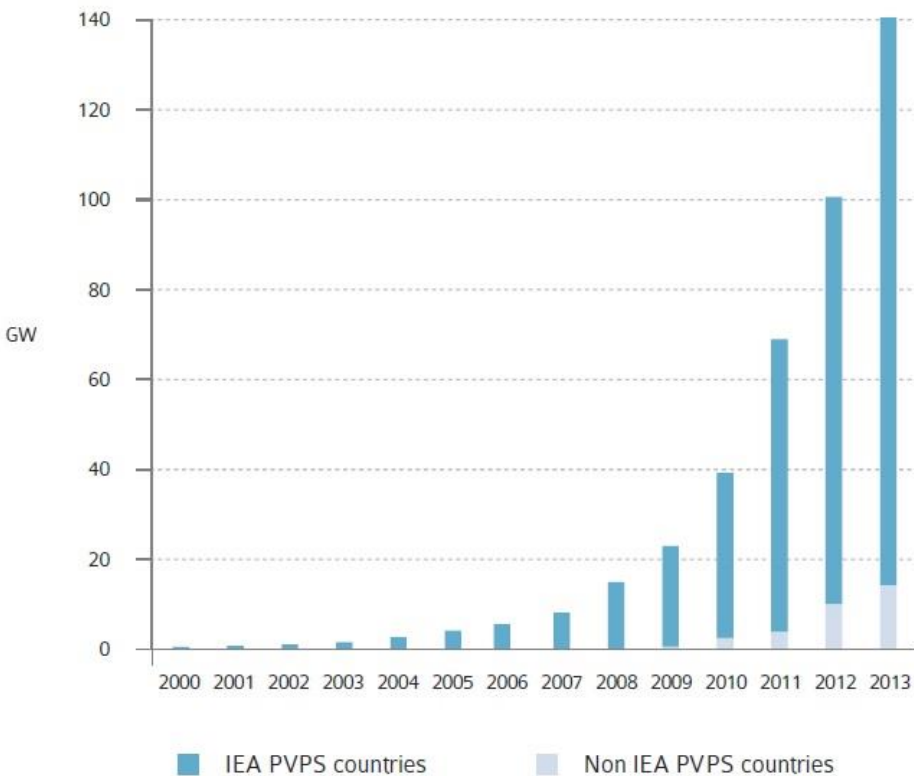
Sistema conectado à rede de forma centralizada na Espanha,  
com potência de 1,1 MW.



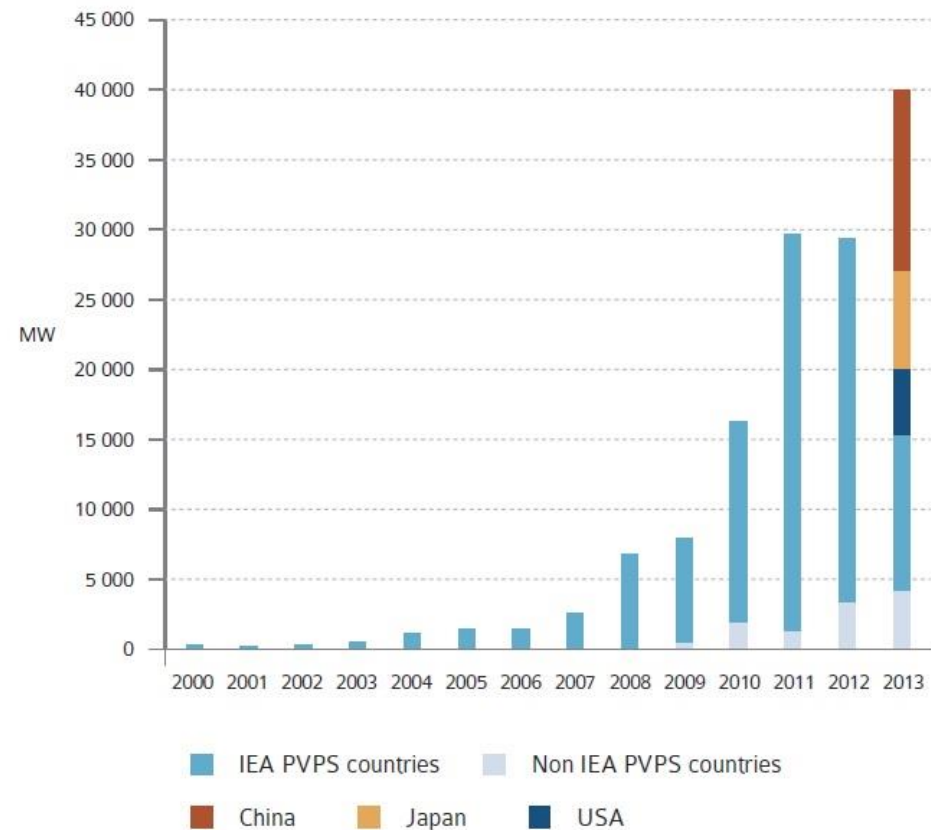


# Crescimento da Instalação de Sistemas Fotovoltaicos no Mundo

**FIGURE 1:** EVOLUTION OF PV INSTALLATIONS (GW)

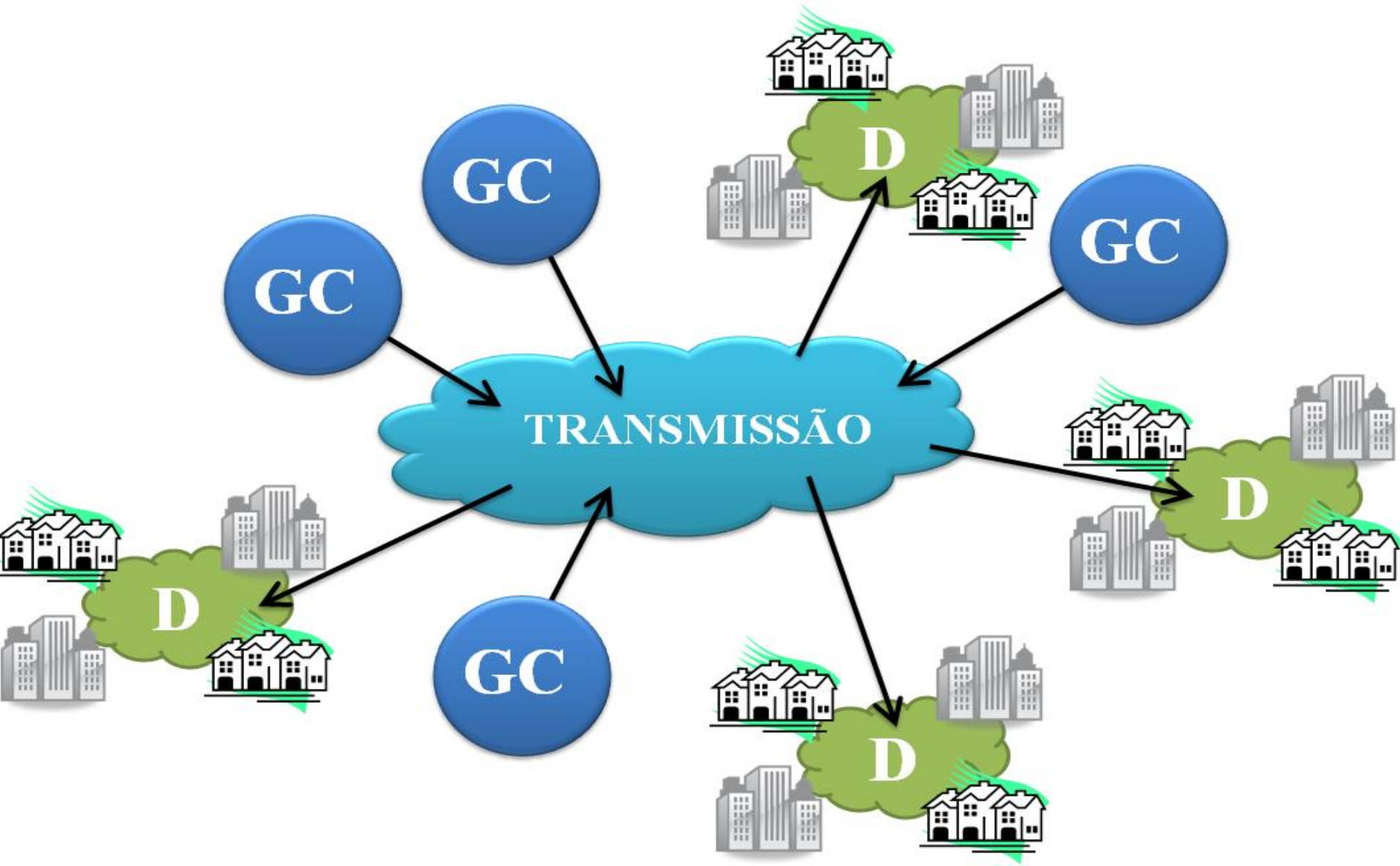


**FIGURE 2:** EVOLUTION OF ANNUAL PV INSTALLATIONS (MW)

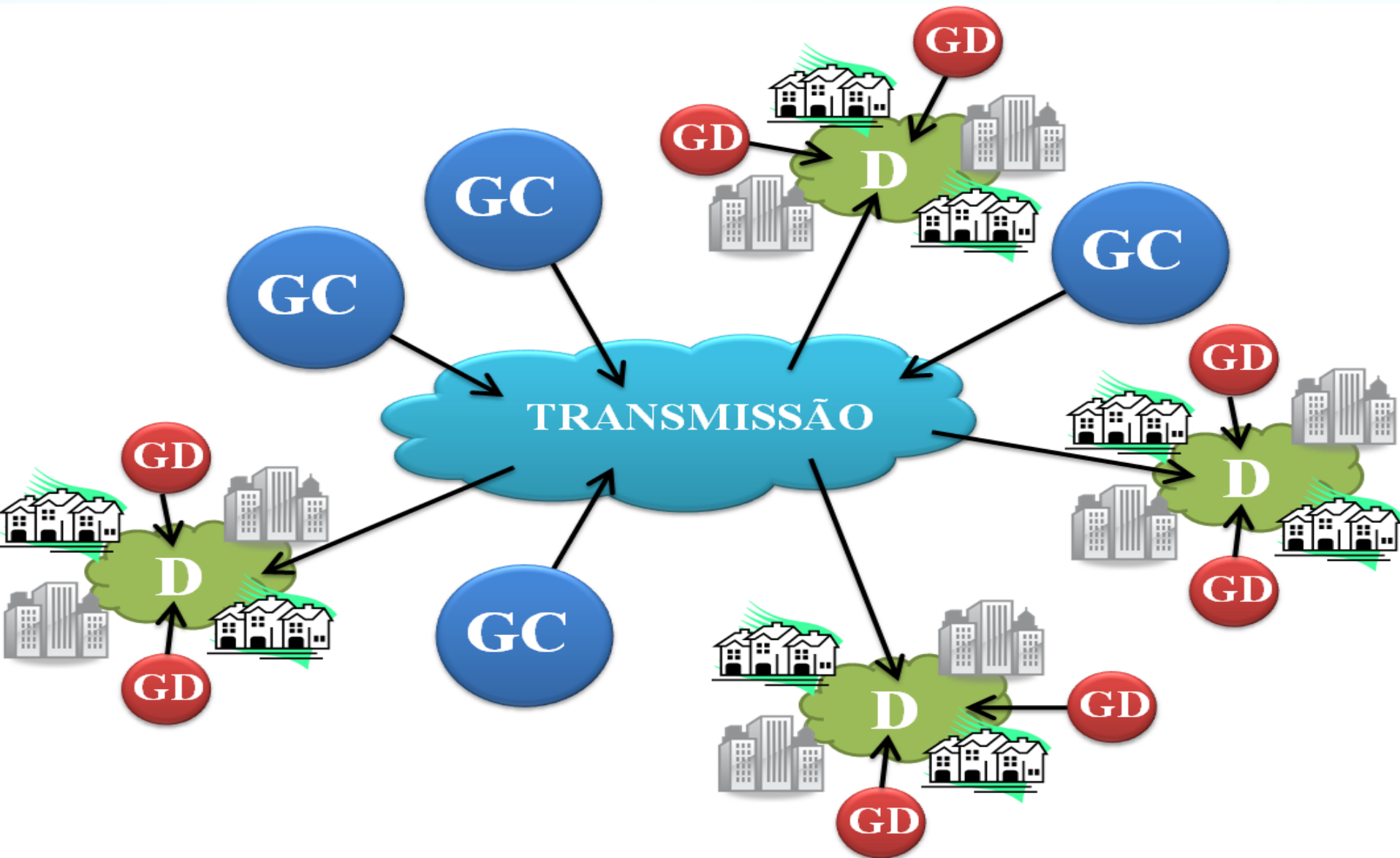




# Geração Centralizada



# Geração Centralizada e Distribuída

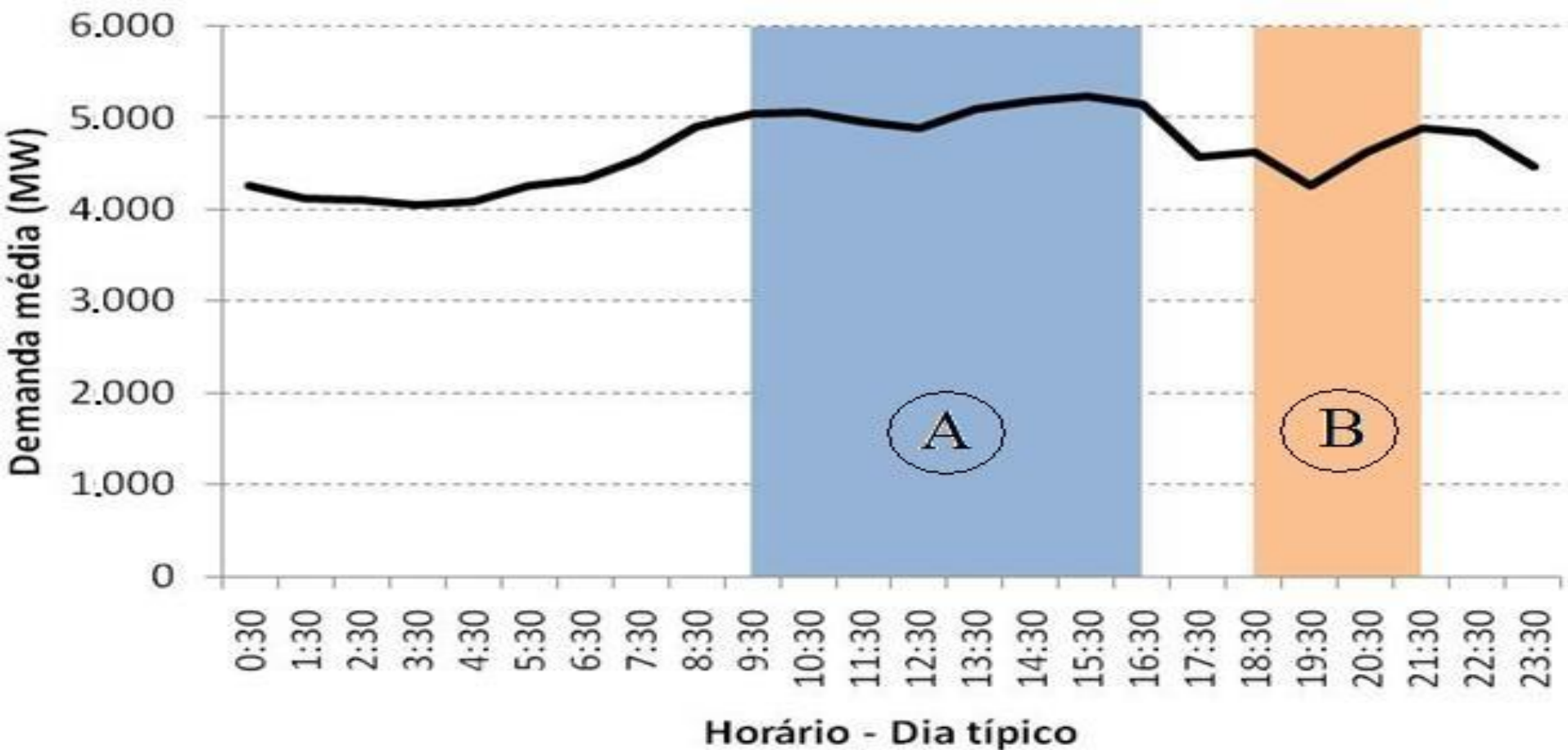


# Vantagens da GD

- Custos evitados com a transmissão e a distribuição da energia elétrica.
- Comparação de preços com a tarifa.
- Não precisa de área adicional para a instalação dos módulos fotovoltaicos, pois utiliza os telhados das casas.



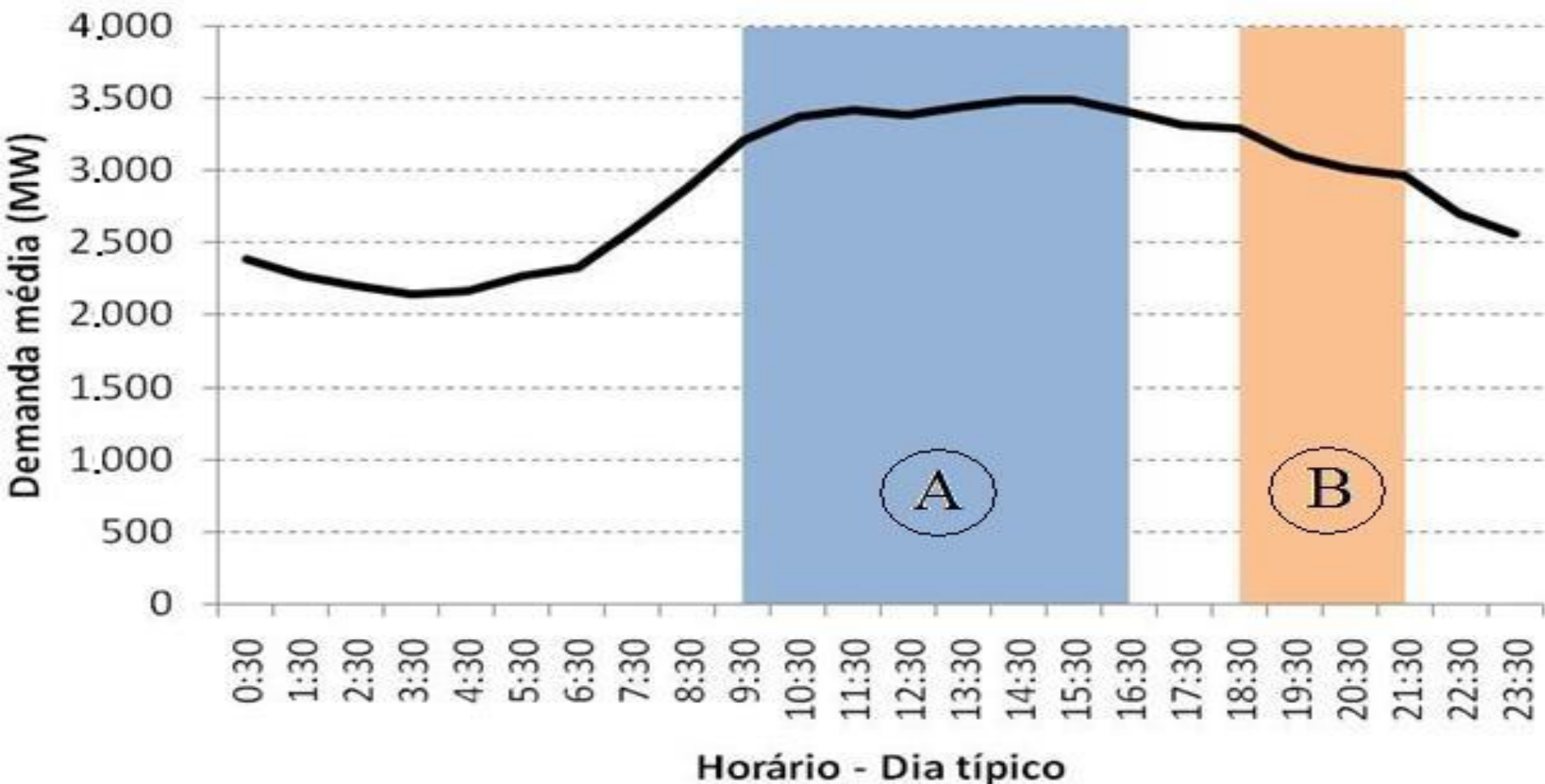
## CEMIG-D (MG)



A Período ensolarado B Horário de ponta típico — Demanda da concessionária

Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0076/2008-SRD/ANEEL. Cálculo das Tarifas de Referência – TR – para revisão das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSD – das Centrais Elétricas de Minas Gerais – CEMIG-D, de 8 de abril de 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> (modificado).

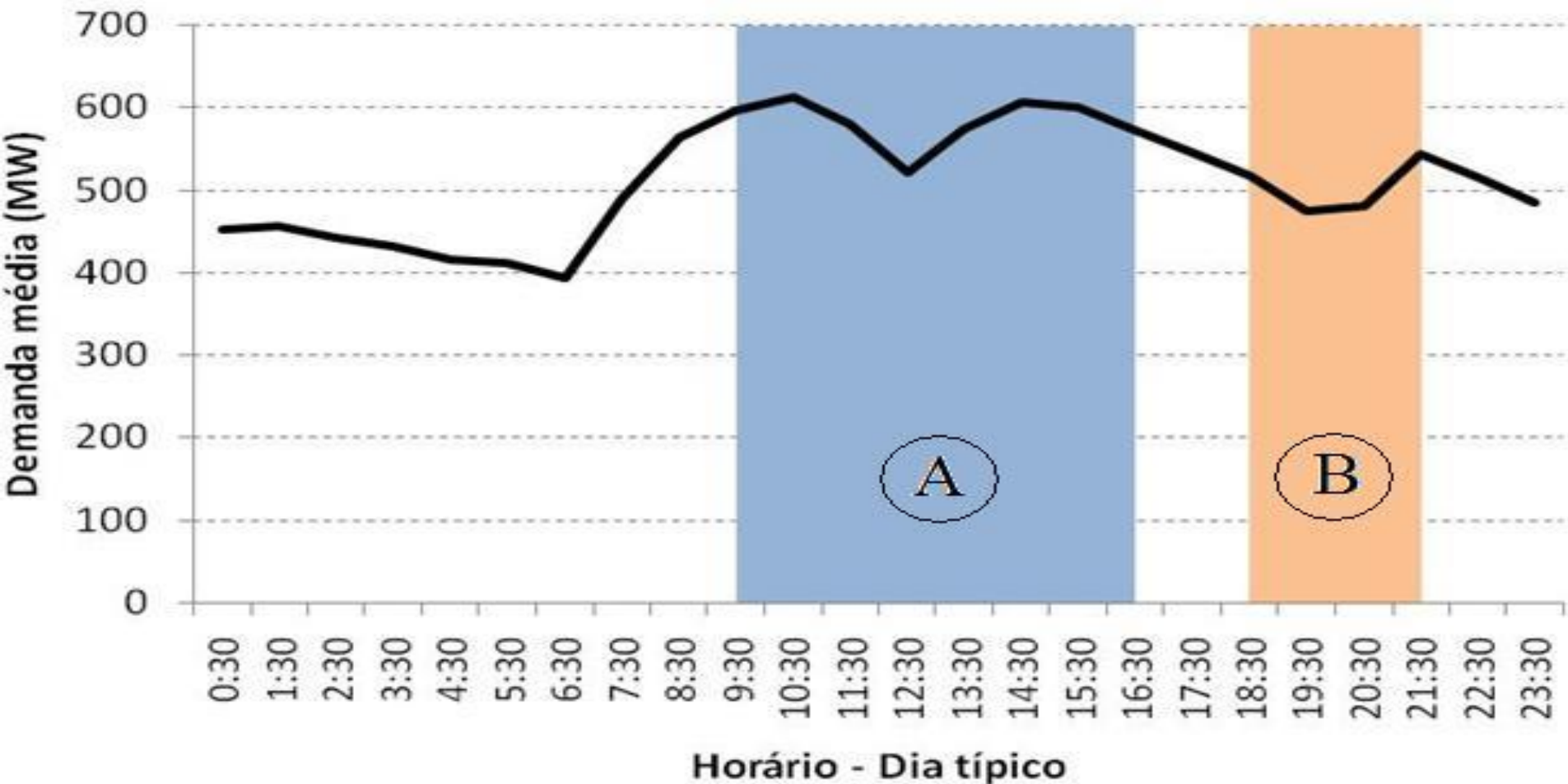
# LIGHT (RJ)



**A** Período ensolarado **B** Horário de ponta típico — Demanda da concessionária

Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0228/2008-SRD/ANEEL. Cálculo das Tarifas de Referência - TR - para revisão das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD - da Light Serviços de Eletricidade S.A. - LIGHT, de 6 de novembro de 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> (modificado).

# COSERN (RN)

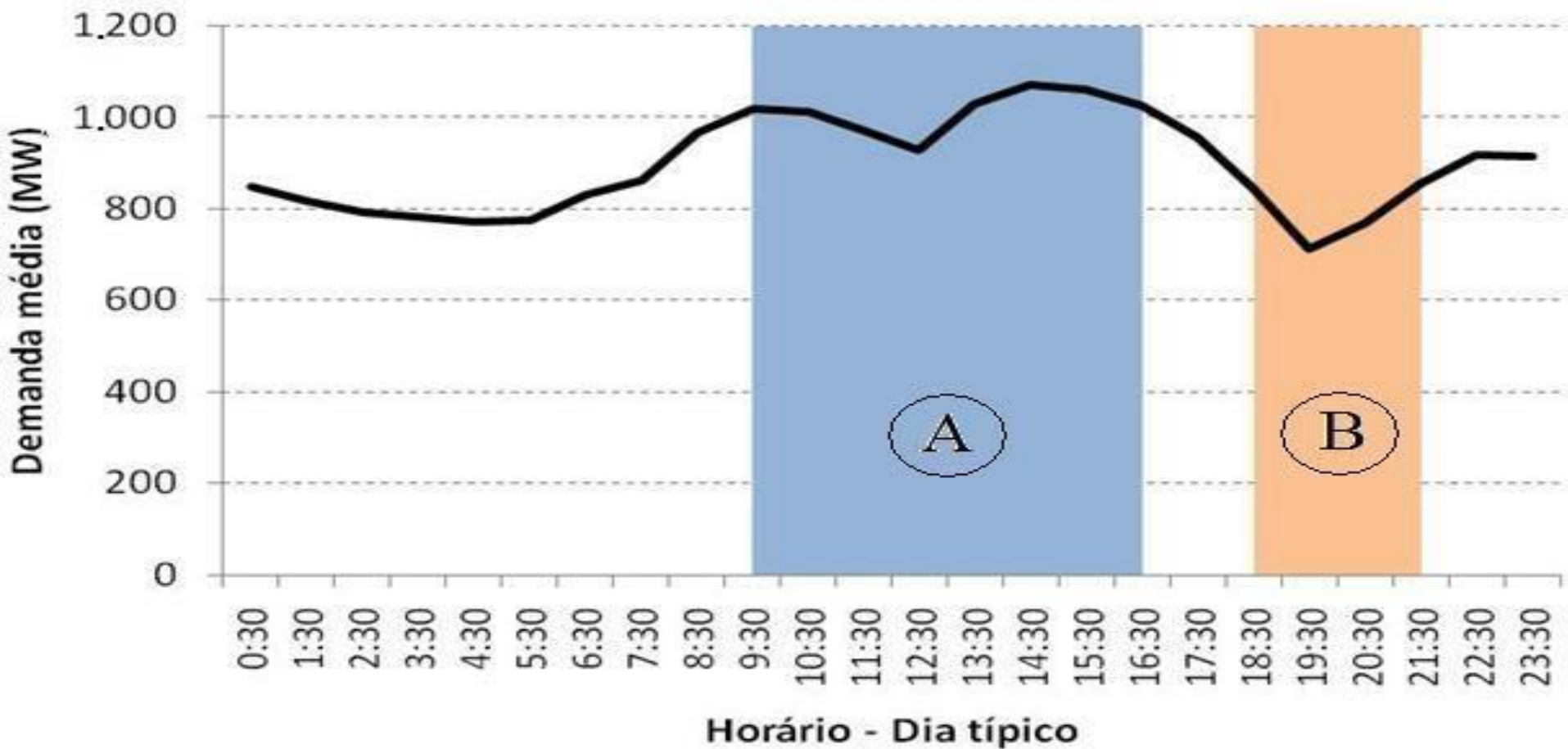


**A** Período ensolarado **B** Horário de ponta típico — Demanda da concessionária

Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0092/2008-SRD/ANEEL. Cálculo das Tarifas de Referência - TR - para revisão das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD - da Companhia Energética do Rio Grande do Norte - COSERN, de 17 de abril de 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> (modificado).

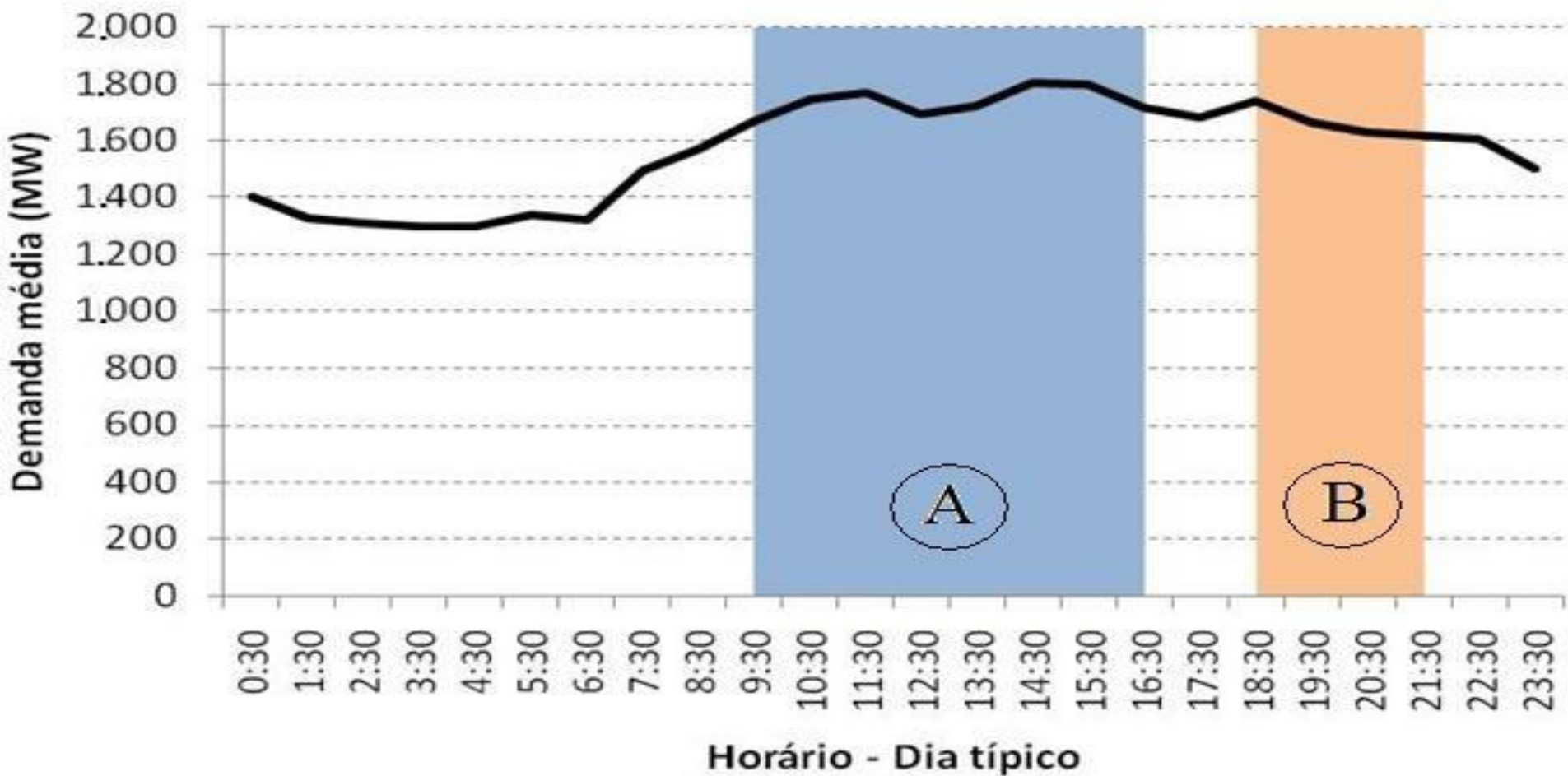


## AES-SUL (RS)



Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0100/2008-SRD/ANEEL. Cálculo das Tarifas de Referência – TR – para revisão das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSD – da AES Sul, de 25 de abril de 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> (modificado).

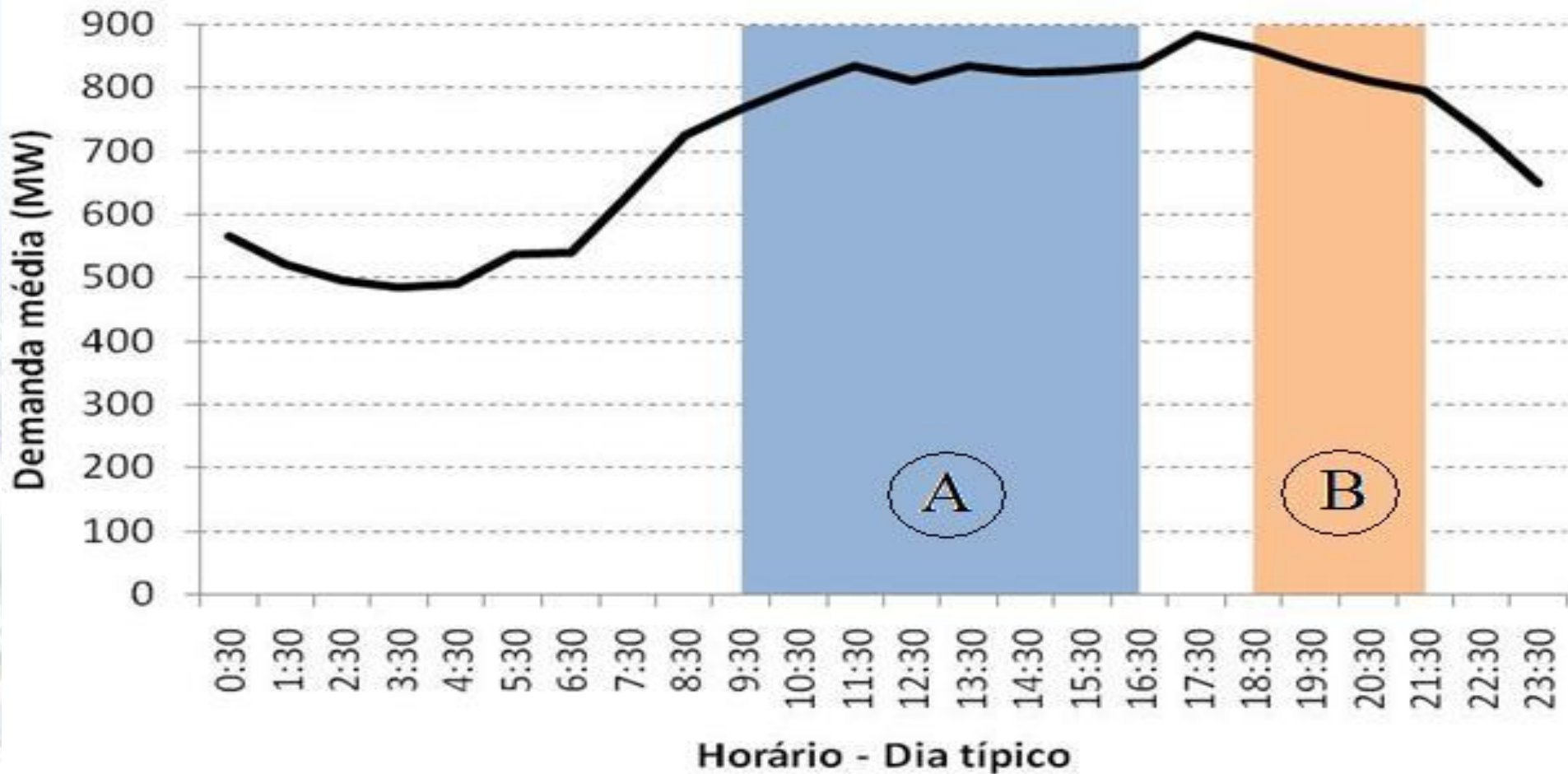
## COELBA (BA)



A Período ensolarado B Horário de ponta típico — Demanda da concessionária

Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0096/2008-SRD/ANEEL. Cálculo das Tarifas de Referência - TR - para revisão das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD - da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - COELBA, de 24 de abril de 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> (modificado).

## CEB (DF)

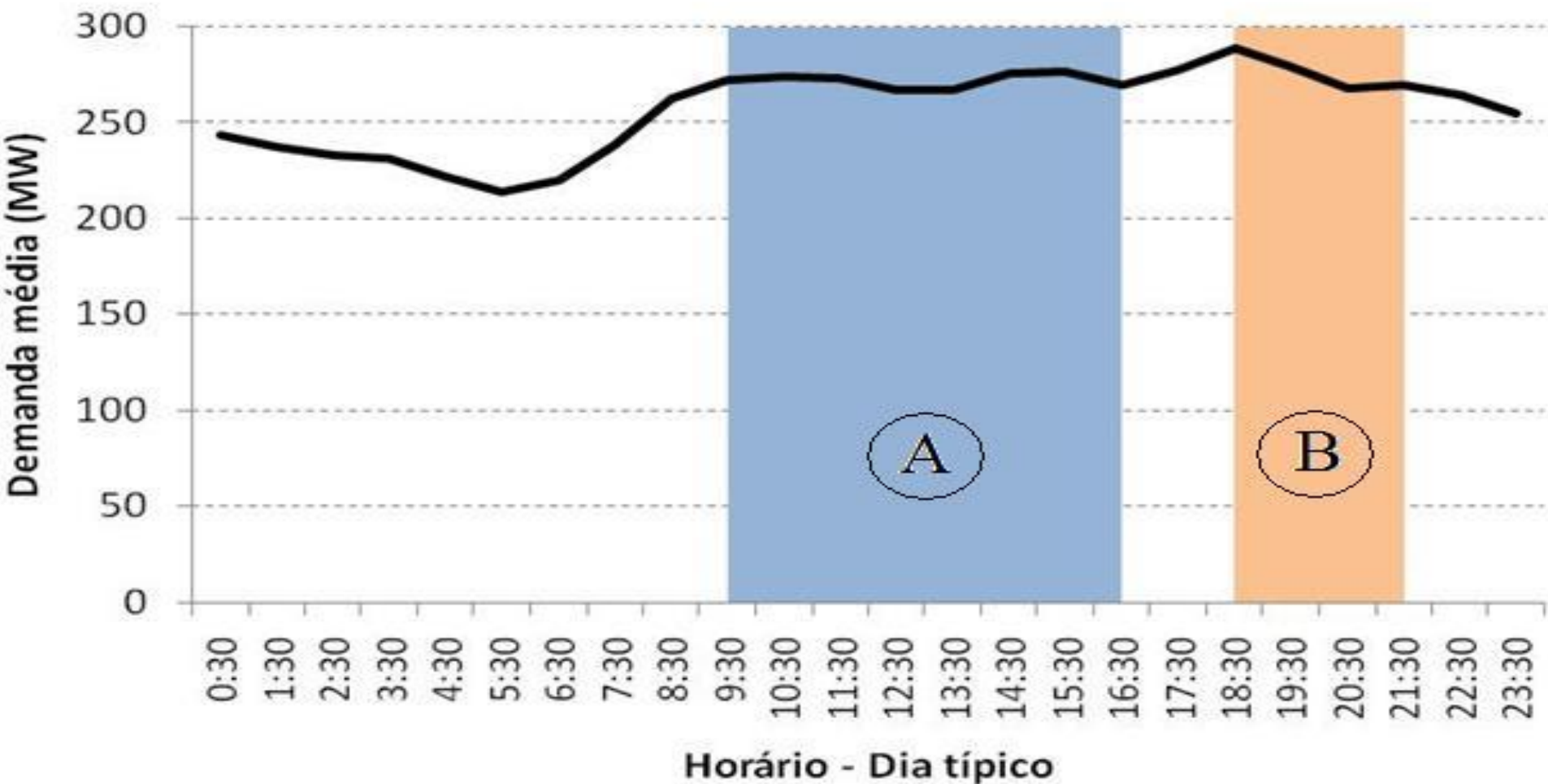


Ⓐ Período ensolarado Ⓑ Horário de ponta típico — Demanda da concessionária

Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0187/2008-SRD/ANEEL. Cálculo das Tarifas de Referência - TR - para revisão das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD - da Companhia Energética de Brasília - CEB, de 18 de setembro de 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> (modificado).



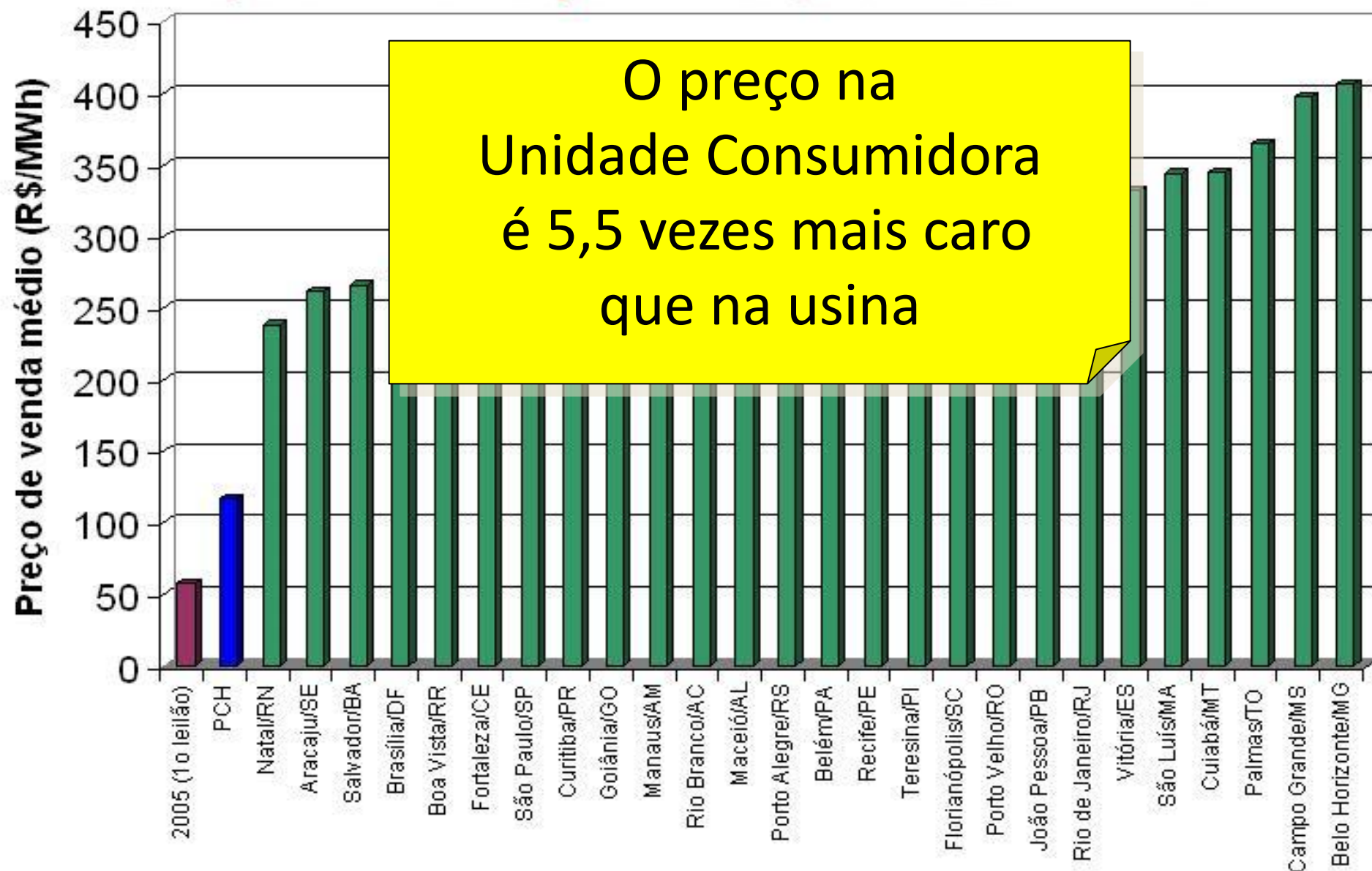
# ENERGIPE (SE)



A Período ensolarado B Horário de ponta típico — Demanda da concessionária

Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0097/2008-SRD/ANEEL. Cálculo das Tarifas de Referência - TR - para revisão das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD - da Empresa Energética de Sergipe - ENERGIPE, de 24 de abril de 2008. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> (modificado).

# Valor da Energia Cobrada das Unidades Consumidoras Residenciais em 2005, Descontados Impostos ICMS, PIS/PASEP e COFINS



Fonte: SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G.; CAMARGO, I. M. T. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. In: V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. SBPE: 2006.





*Fronius production and logistics site in Sattledt, Austria*





*Stade de Suisse, 850 kWp, Switzerland, pic courtesy BKW/FMB*

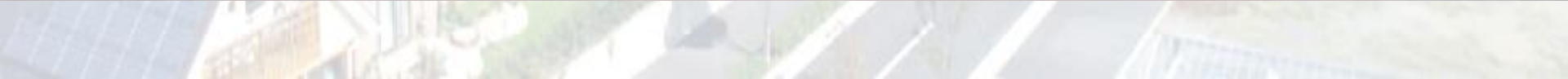
*PV system at Kawasaki Municipal Tama Hospital, Japan*





















*159 kW PV system on a rescue station, Falun, Sweden  
(Courtesy Ulf Malm, Sweden)*



*Altheim, Germany (Courtesy RTS corp., Japan)*



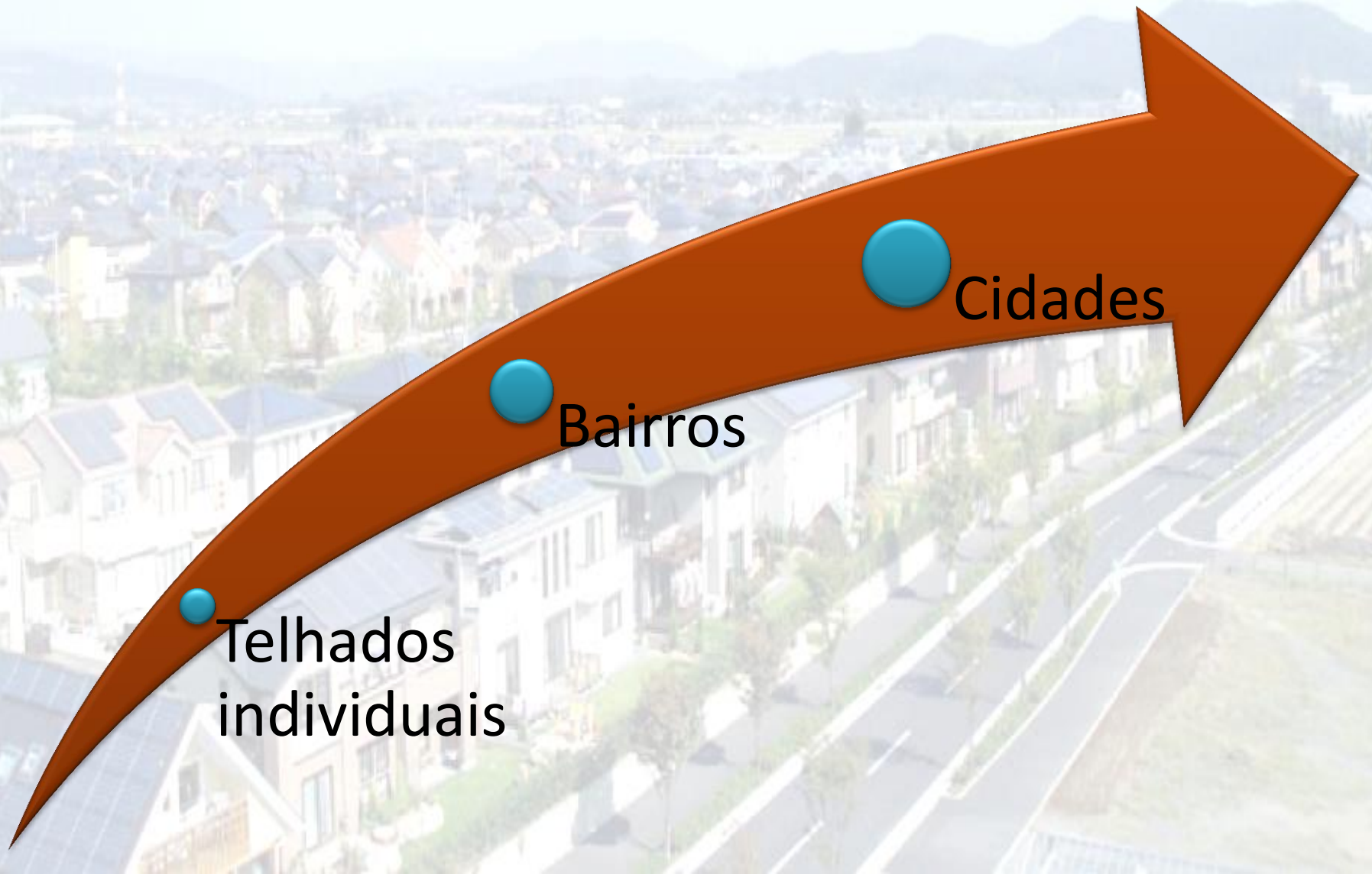




*Wooden House in Denmark (Courtesy Energimidt, DK)*

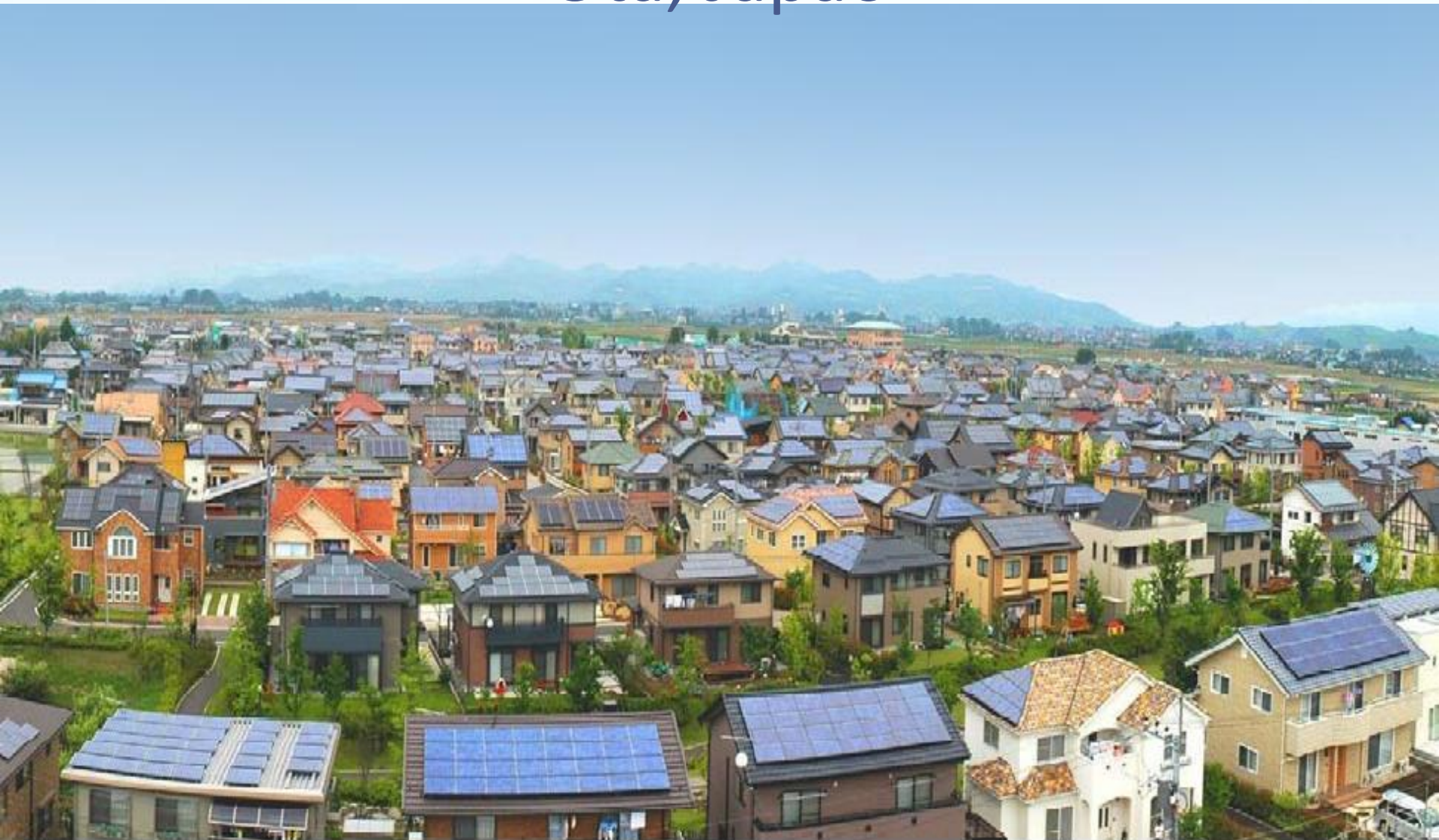


# Tendência



# Bairros Solares em Teste

## Ota, Japão



Fonte: Photovoltaics in the urban environment: lessons learnt from large-scale projects. 2009.



# Bairros Solares em Teste

## Schlierberg Solar Estate, Alemanha



Fonte: Photovoltaics in the urban environment: lessons learnt from large-scale projects. 2009.



# Bairros Solares em Teste Premier Gardens, Estados Unidos



Fonte: Photovoltaics in the urban environment: lessons learnt from large-scale projects. 2009.



# Bairros Solares em Teste “City Of The Sun”, Holanda



Fonte: Photovoltaics in the urban environment: lessons learnt from large-scale projects. 2009.

# Áreas urbanas com sistemas fotovoltaicos

- Ota (Japão)
- Vila Olímpica de Sidney (Austrália)
- Gleisdorf (Austrália)
- Grand-Lyon, La Darnaise (França)
- Freiburg, Schlierberg Solar Estate (Alemanha)
- Alessandria (Itália)
- Hal Region, 'City Of The Sun' (Holanda)
- Amsterdã, Nieuw Sloten (Holanda)
- Nieuwland (Holanda)
- Barcelona (Espanha)
- Malmö (Suécia)
- Kirklees (Reino Unido)
- Londres, Croydon (Reino Unido)
- Rancho Cordova, CA, e Premier Gardens New Home Development (Estados Unidos)

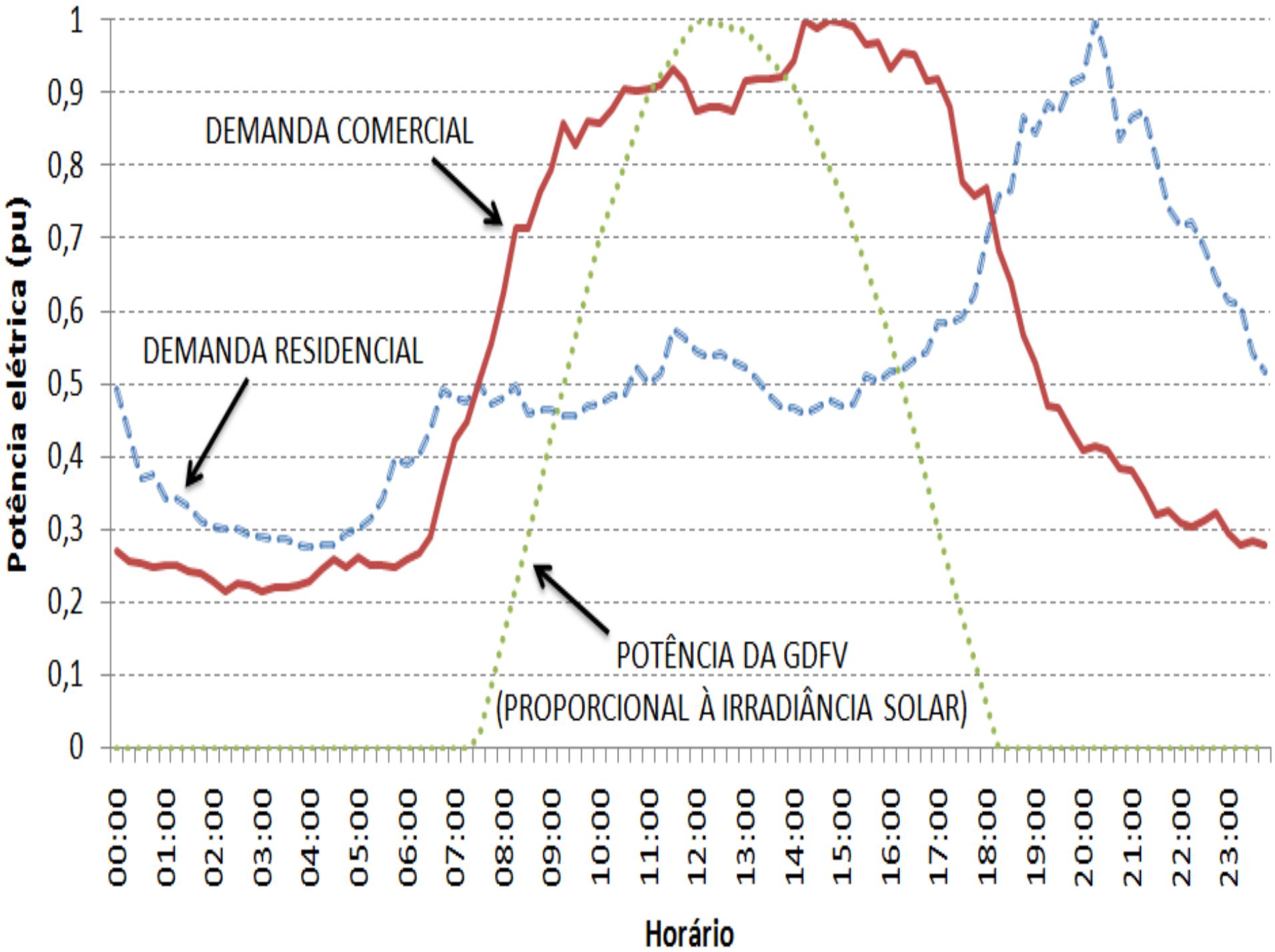


# Potencial Fotovoltaico

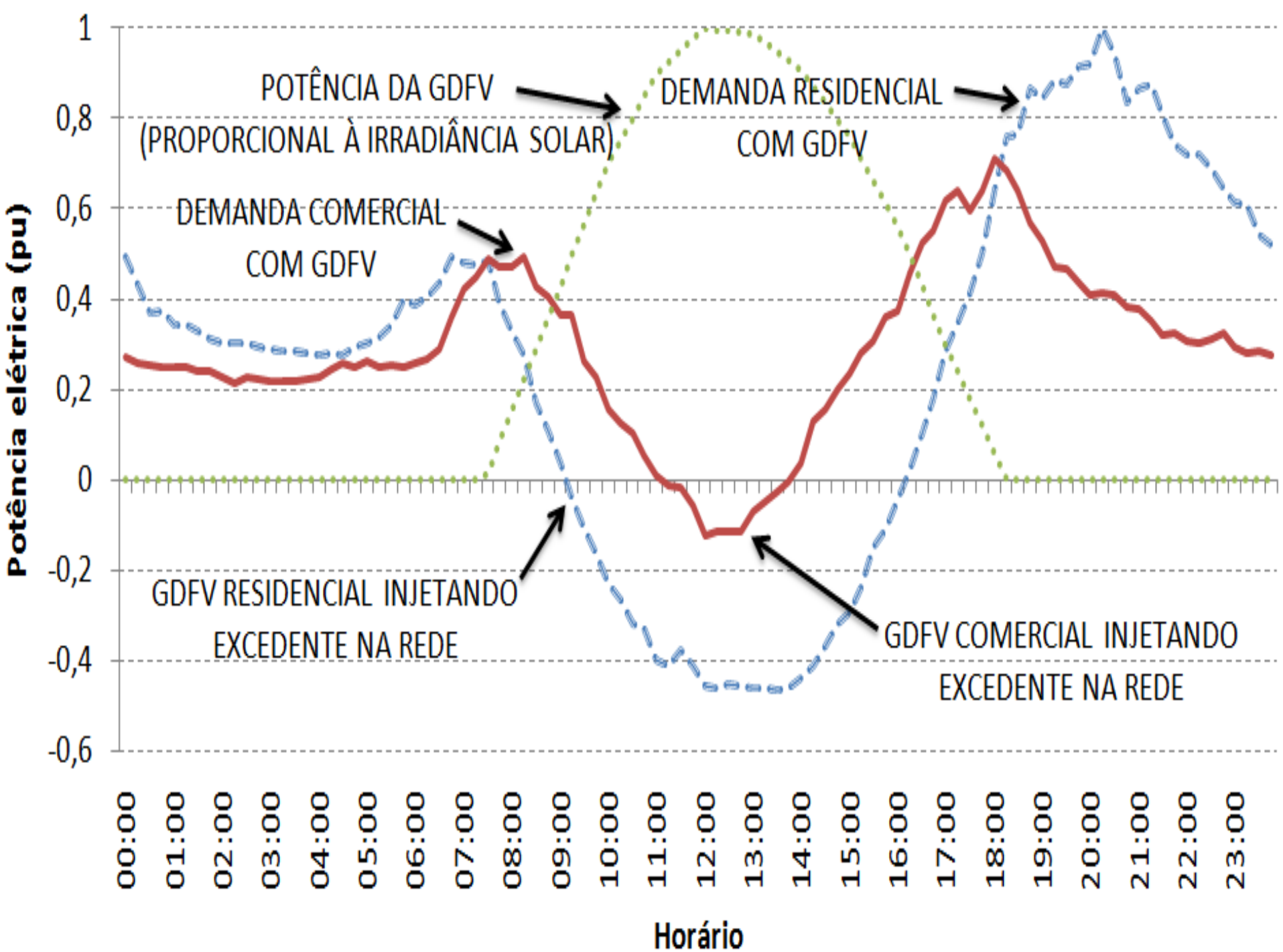
|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Área do lote de uma casa         | 300 m <sup>2</sup>    |
| Área destinada ao jardim         | 100 m <sup>2</sup>    |
| Área destinada ao estacionamento | 100 m <sup>2</sup>    |
| Área do telhado                  | 100 m <sup>2</sup>    |
| Telhado com inclinação favorável | 50 m <sup>2</sup>     |
| Irradiância nominal              | 1000 W/m <sup>2</sup> |
| Eficiência da célula solar       | 10 %                  |
| Potência por lote                | 5 kW                  |
| Irradiação média                 | 4 h                   |
| Energia diária gerada            | 20 kWh                |
| Energia mensal gerada            | 600 kWh               |

# Potencial Fotovoltaico

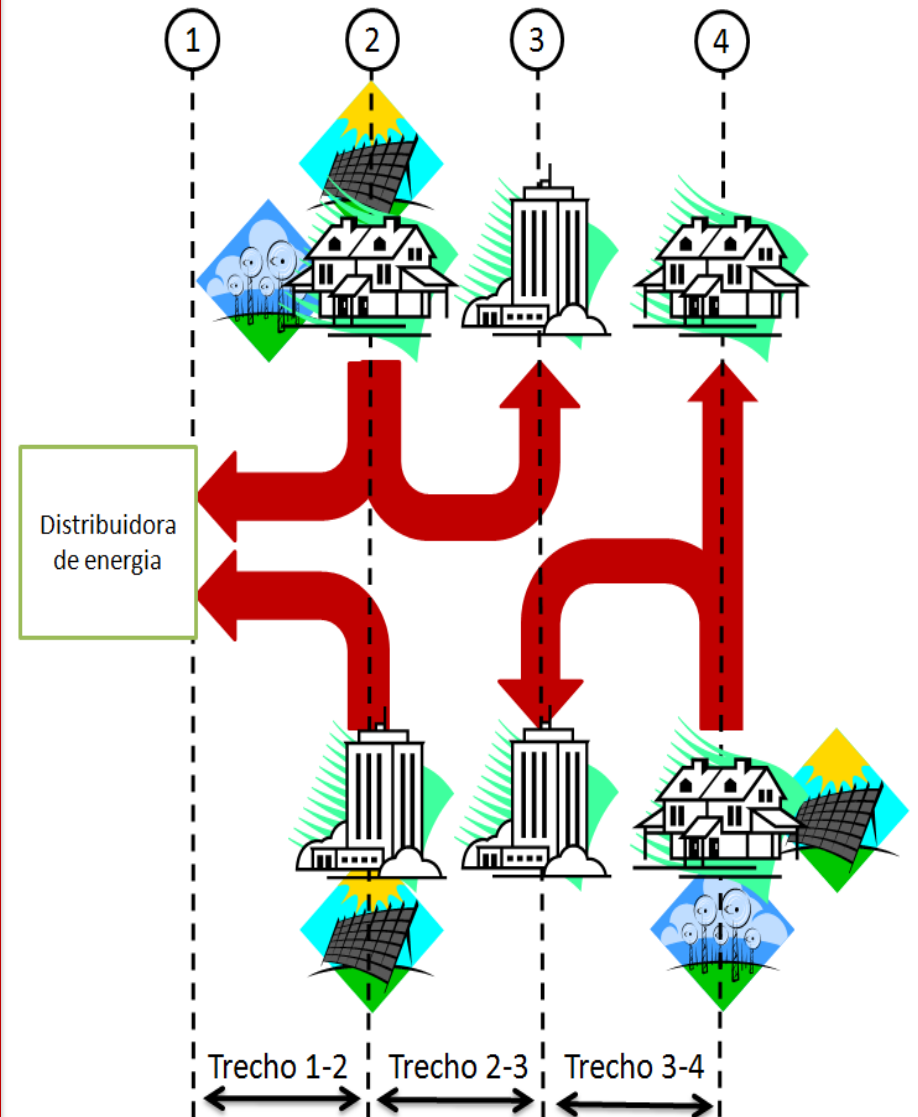
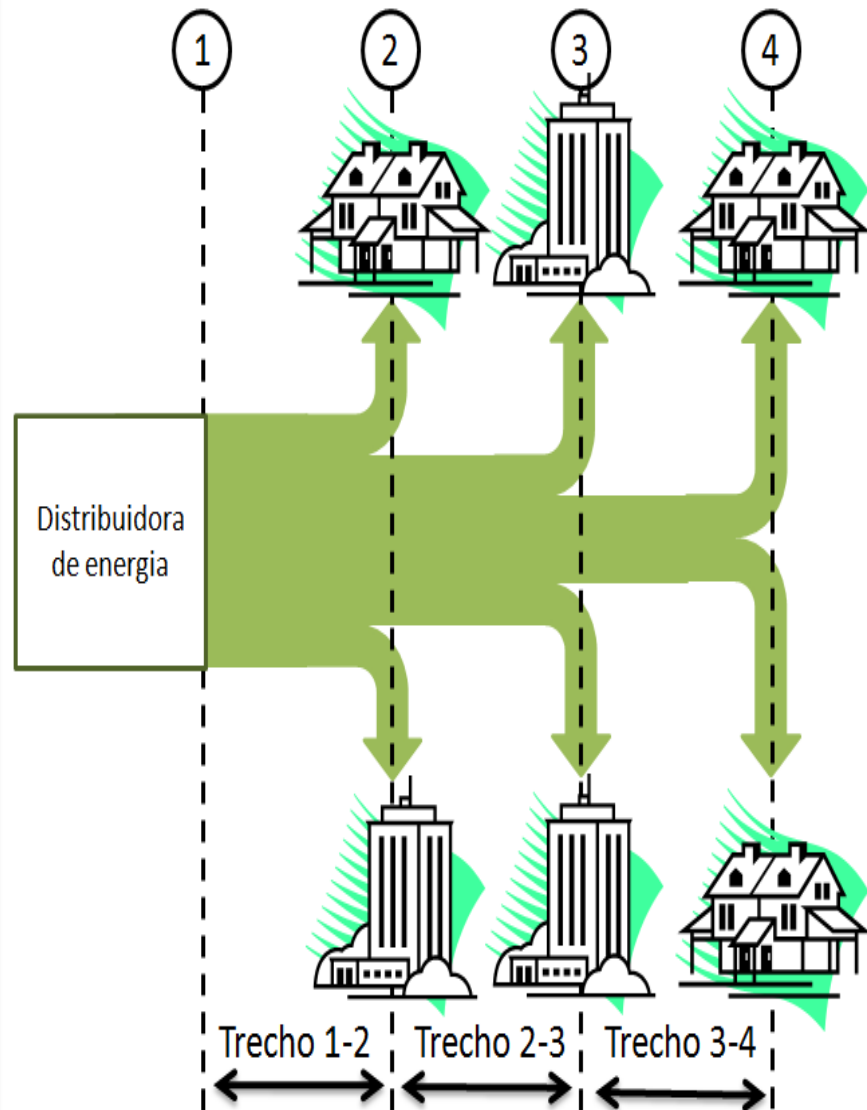
- Uma casa que gera 600 kWh por mês com geração distribuída fotovoltaica é energeticamente auto-suficiente?
- Como faz durante a noite?
- Necessita gerar mais durante o dia e **emprestar** para a concessionária de distribuição, para utilizar à noite.







# Fluxo de Potência



# Redução de Custos dos Sistemas Fotovoltaicos

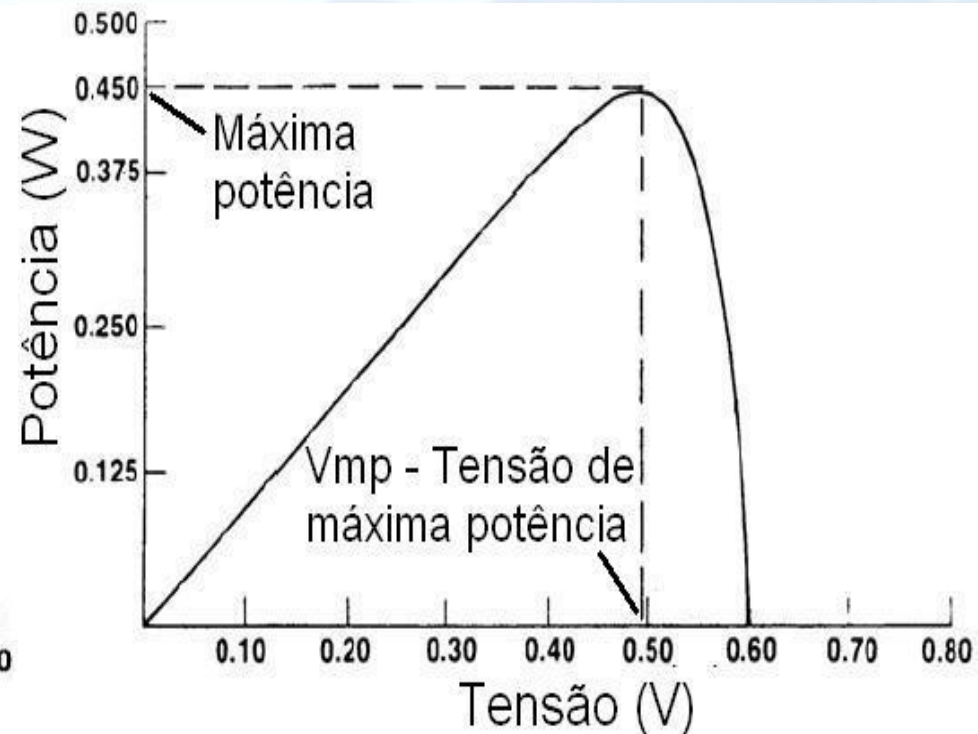
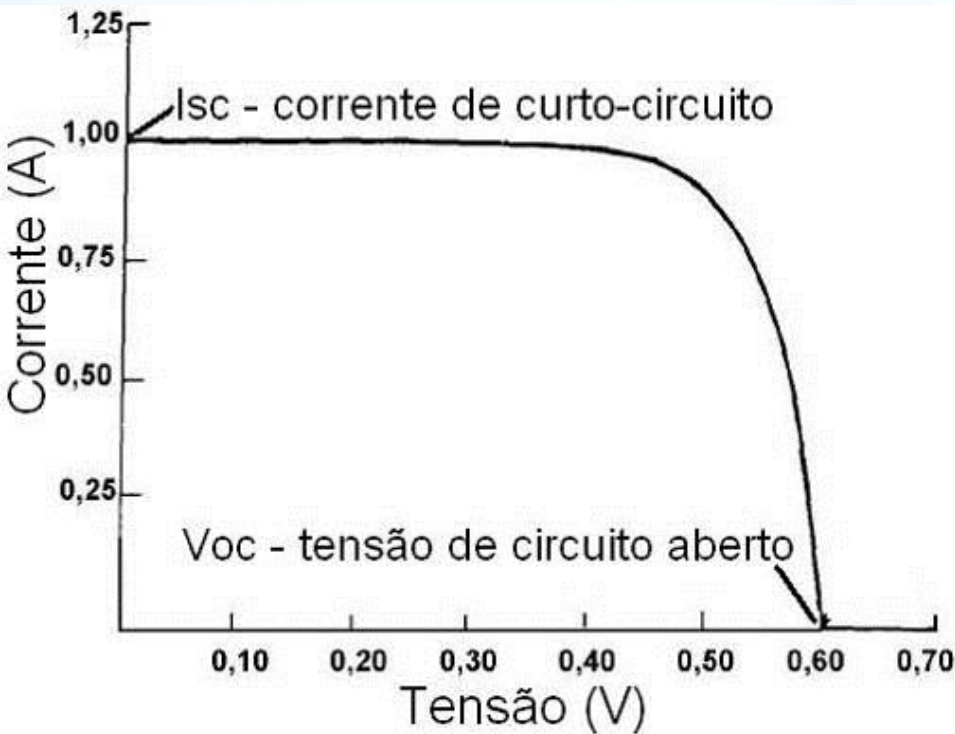




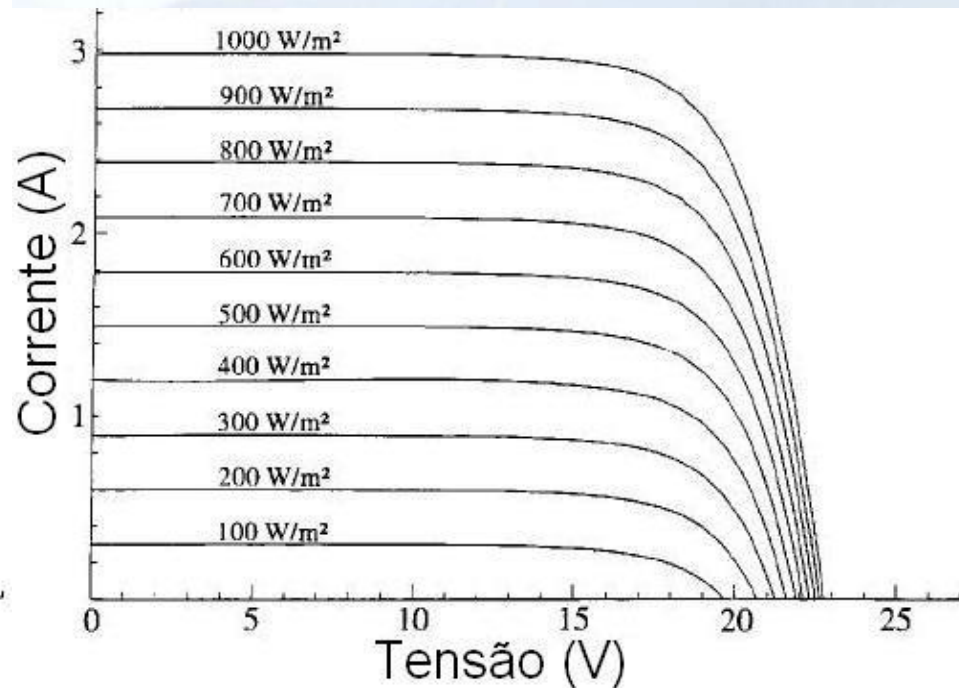
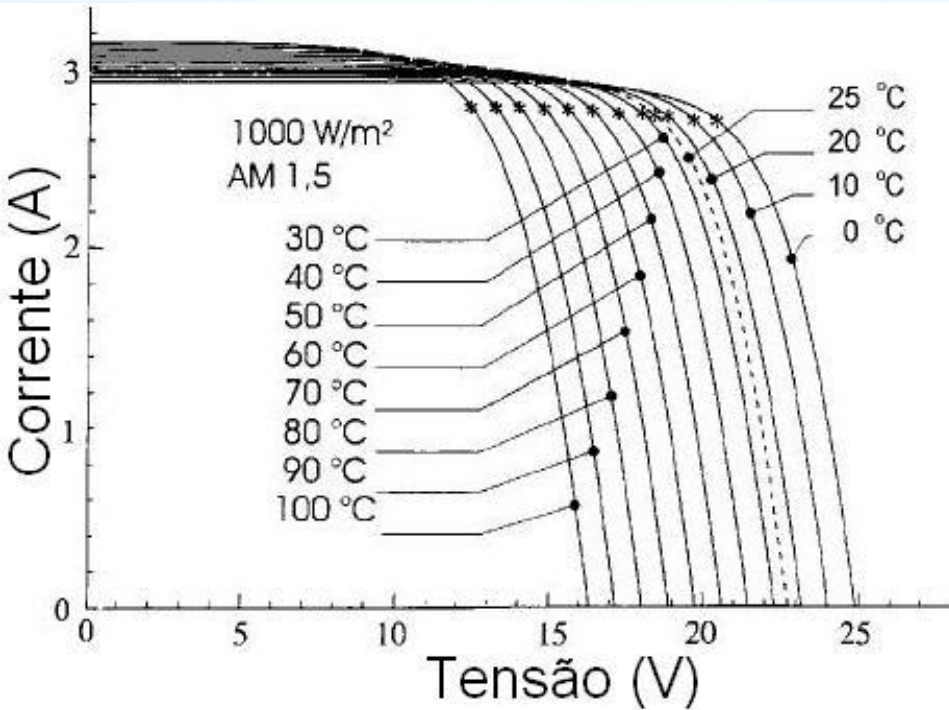
An aerial photograph of a suburban residential area. In the foreground, a row of modern, two-story houses with dark blue roofs and light-colored facades is visible. A paved road with white lane markings runs alongside the houses. To the right of the road, there is a grassy area and a small, rectangular, light-colored structure. In the background, a dense residential area extends towards a range of mountains under a clear sky.

# CURVAS CARACTERÍSTICAS

# Curvas características



# Curvas características





An aerial photograph of a suburban neighborhood. In the foreground and middle ground, numerous houses are visible, many of which have solar panels installed on their roofs. The houses are mostly two-story buildings with light-colored siding and dark roofs. A paved road runs diagonally through the lower right portion of the image. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene suggests a focus on sustainable energy in residential areas.

# QUAL O POTENCIAL SOLAR BRASILEIRO?

# SWERA - Data for Solar and Wind Renewable Energy

<http://swera.unep.net>



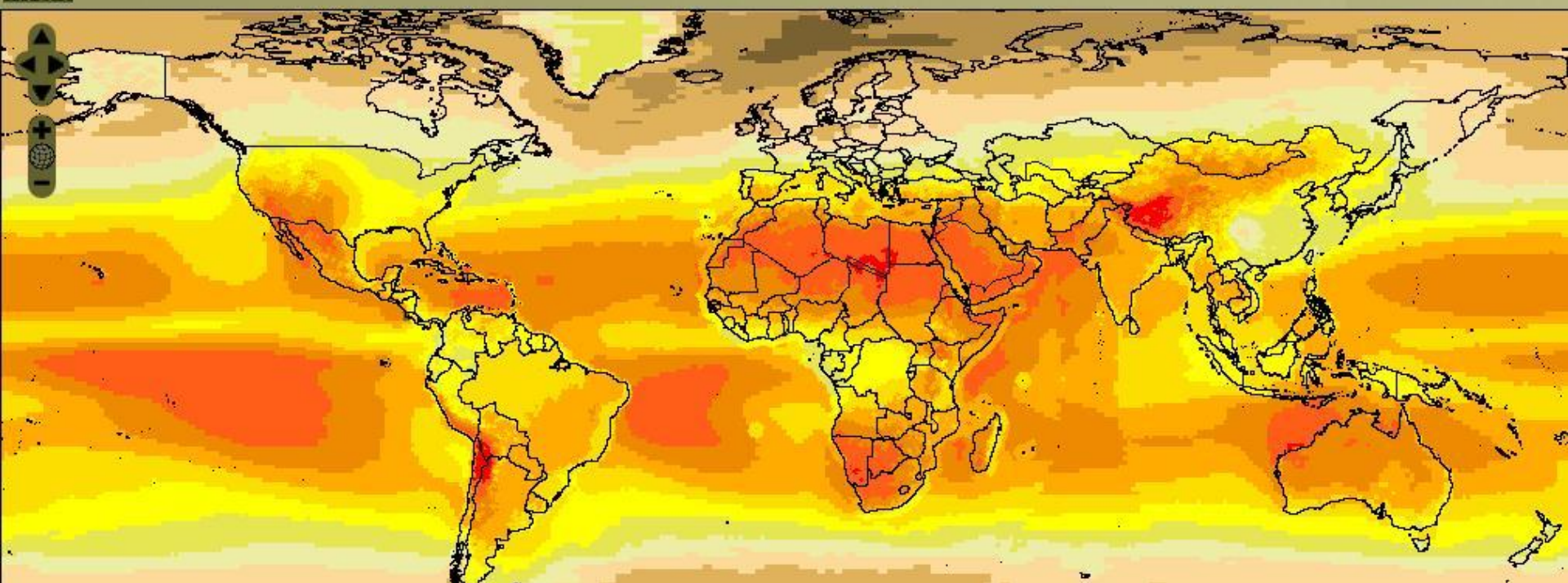
SWERA Renewable energy Resource EXplorer (RREX)







## SWERA Renewable energy Resource EXplorer (RREX)



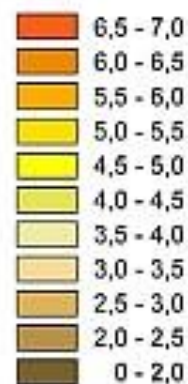


# BRAZIL

## TILTED SOLAR RADIATION

ANNUAL  
MEAN

kWh/m<sup>2</sup>/day



An aerial photograph of a suburban neighborhood. The houses are mostly two-story, with light-colored siding and dark roofs. Some roofs have solar panels. A paved road with a white line runs diagonally through the middle of the image. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The text 'SUGESTÃO DE LEITURA COMPLEMENTAR' is overlaid in the center in a dark blue, serif font.

# SUGESTÃO DE LEITURA COMPLEMENTAR

# Sugestão de Sites para Informação Complementar

- CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica – <http://www.cresesb.cepel.br>
- IEA Photovoltaic Power Systems Programme - <http://www.iea-pvps.org>
- National Renewable Energy Laboratory (NREL) - <http://www.nrel.gov>
- The International Solar Energy Society (ISES) - <http://www.ises.org>



**Yolanda Vieira de Abreu  
Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira  
Sinclair Mallet-Guy Guerra**  
(Organizadores)



**ENERGIA,  
ECONOMIA,  
ROTAS TECNOLÓGICAS.**  
TEXTOS SELECIONADOS

**Yolanda Vieira de Abreu  
Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira  
Sinclair Mallet-Guy Guerra**  
(Organizadores)

**ENERGIA  
SOCIEDADE  
E  
MEIO AMBIENTE**

**Brasil/2010**

E-books disponíveis em [eumed.net](http://eumed.net)



cgée

Série Documentos Técnicos

02-10



## Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

[www.cgée.org.br](http://www.cgée.org.br)

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY



# TRENDS 2014

## IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS



Survey Report of Selected IEA Countries between  
1992 and 2013

PHOTOVOLTAIC  
POWER SYSTEMS  
PROGRAMME

Report IEA-PVPS T1-25:2014

PVPS

[www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)





**ISES**  
International  
Solar Energy  
Society

O futuro das fontes renováveis  
de energia para os países em  
desenvolvimento

# White Paper

Texto original: Dieter Holm, D.Arch  
no âmbito de contrato com a ISES

Tradução para o português: ISES do BRASIL

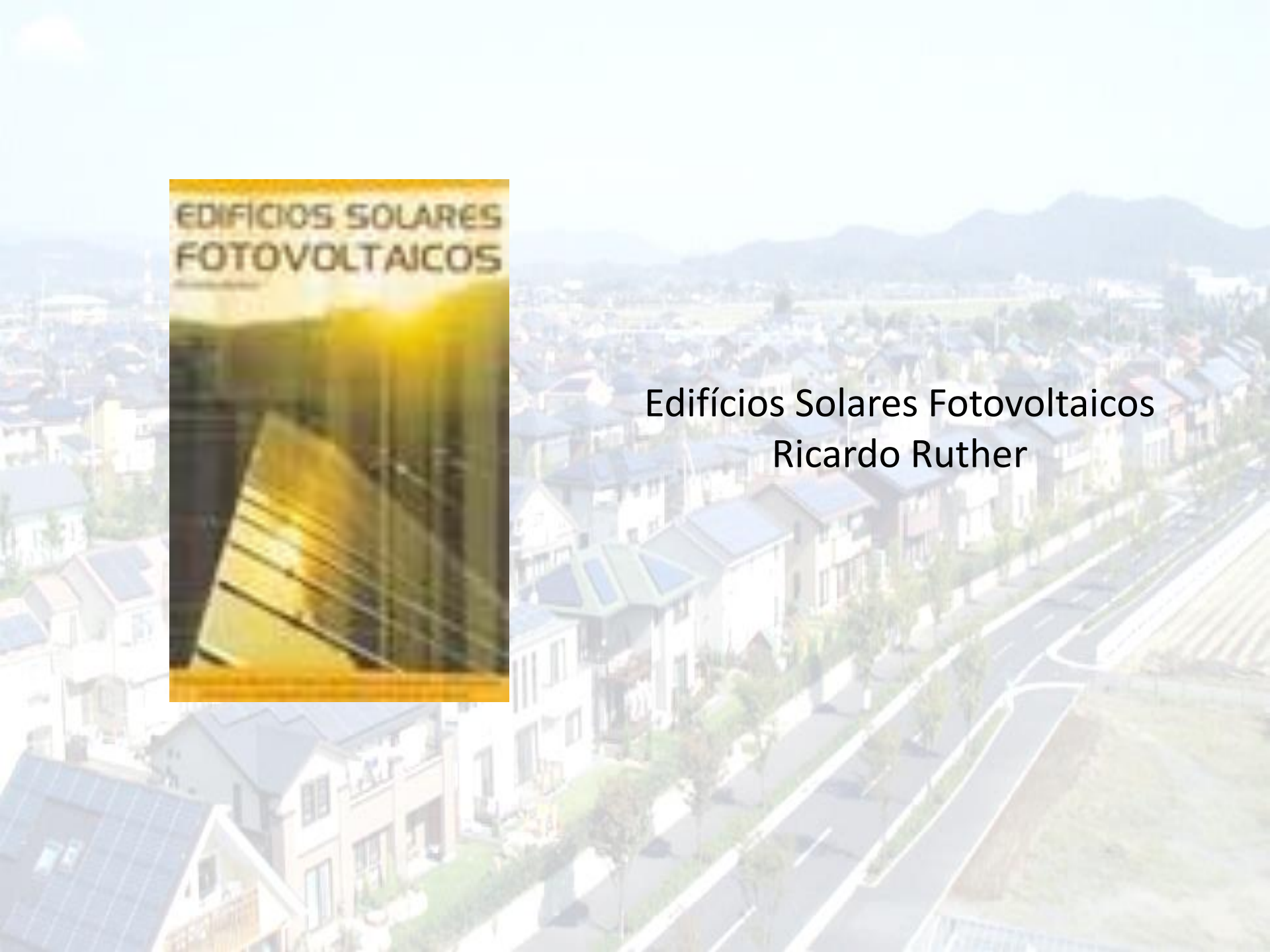
<http://whitepaper.ises.org>

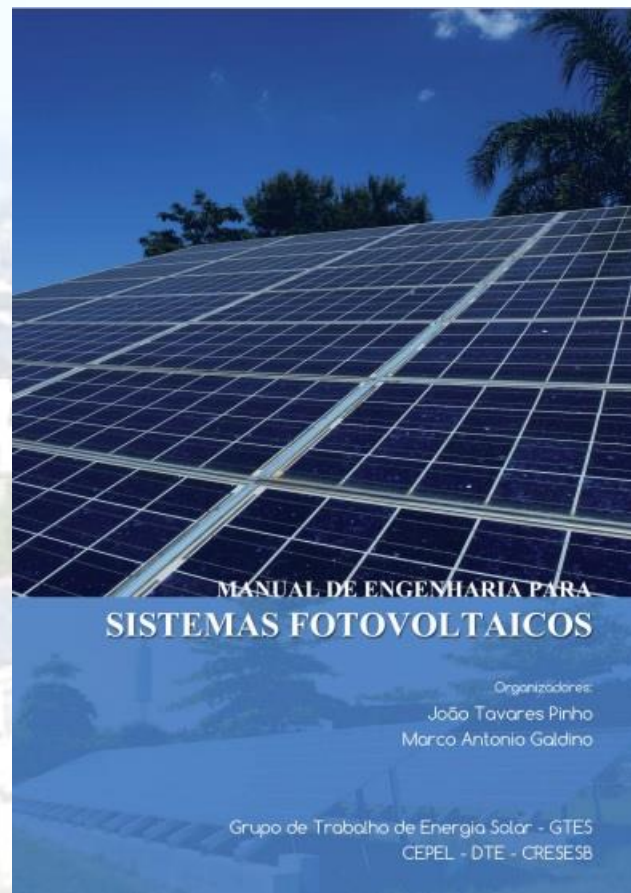
[www.ises.org](http://www.ises.org)



## Edifícios Solares Fotovoltaicos

Ricardo Ruther





# Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos

**CRESESB CEPEL**





OBRIGADO!

[shayani@unb.br](mailto:shayani@unb.br)