



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

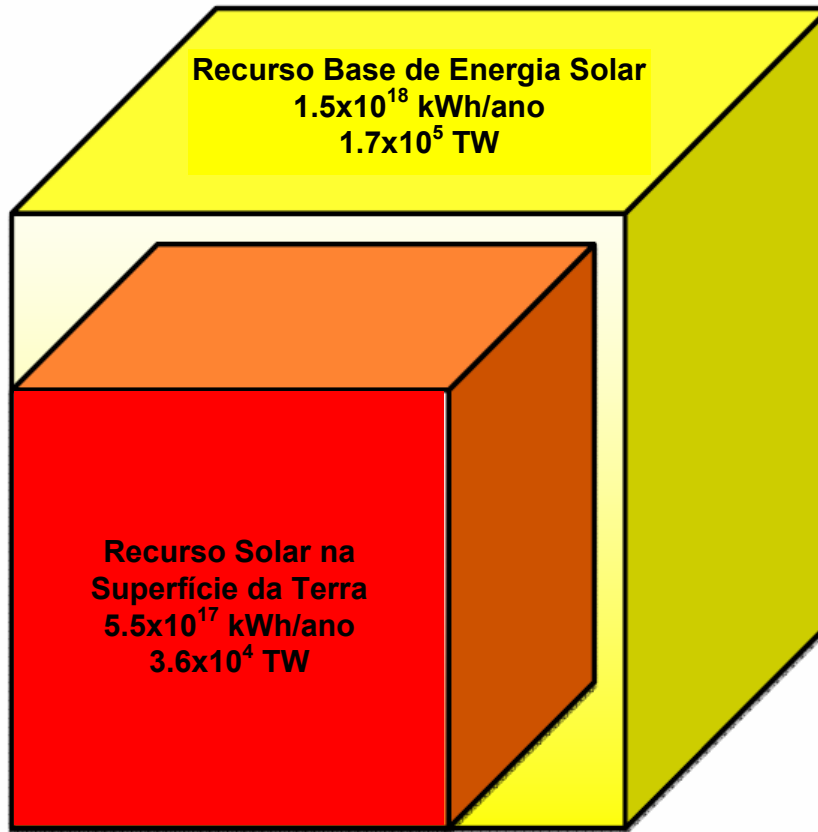


Protótipos: Conversão Fotovoltaica de Energia Solar

Susana Viana

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia
Estrada do Paço do Lumiar, 1649 -038 Lisboa, PORTUGAL
susana.viana@lneg.pt

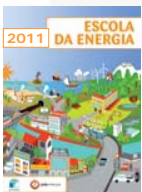
O Recurso Solar



Recurso Base de Energia Eólica
 6×10^{14} kWh/ano
72 TW



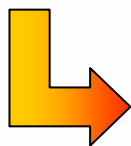
Utilização Humana de Energia
(de meados até ao final do século)
 4×10^{14} kWh/ano
50 TW



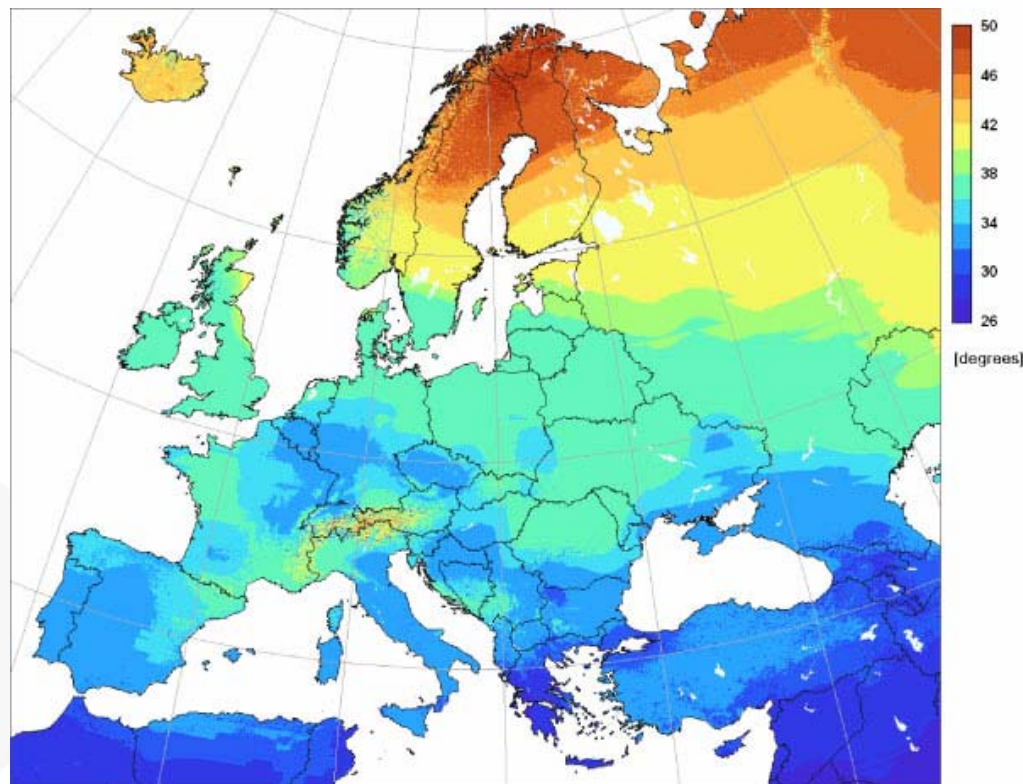
Posicionamento da Estrutura Fotovoltaica

Sistemas fotovoltaicos fixos

Sistema fixo ligado à rede – Ângulo óptimo de inclinação para maximização da Energia Anual. Tipicamente é igual à latitude menos 5° .



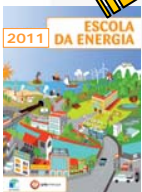
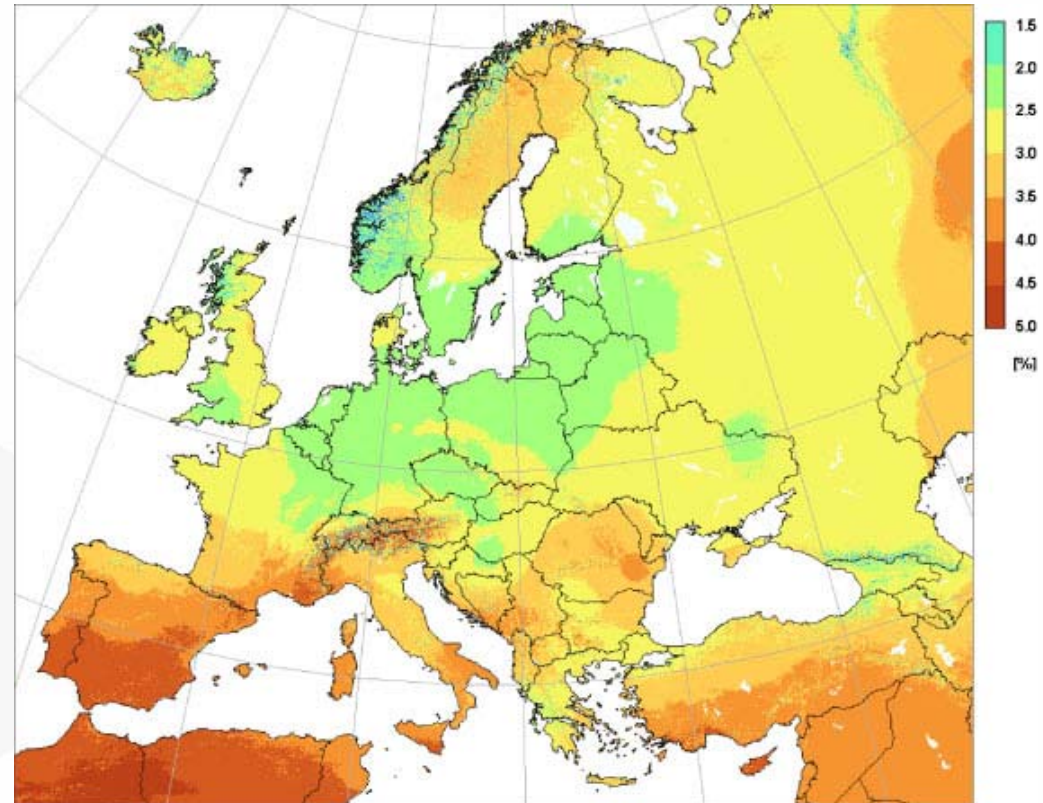
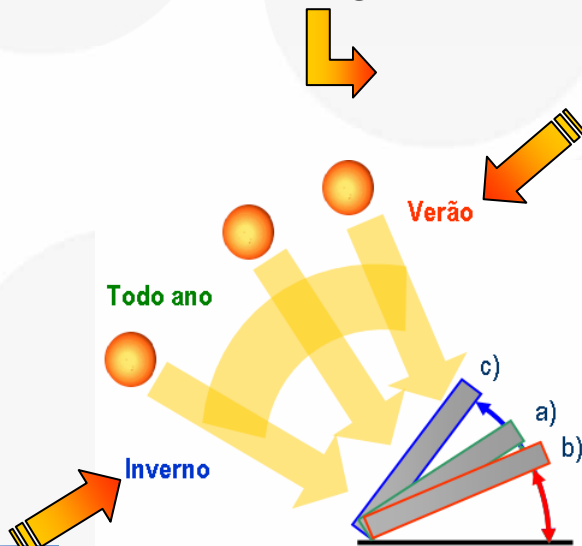
Para Portugal este ângulo situa-se entre os 32° e os 34°



Posicionamento da Estrutura Fotovoltaica

Ganho com montagem a 2 inclinações óptimas sazonais face a sistemas fixos - Verão (b) e Inverno (c)

Para Portugal e face a um sistema fixo com inclinação óptima produz-se mais 3.5 a 4.5% de energia



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

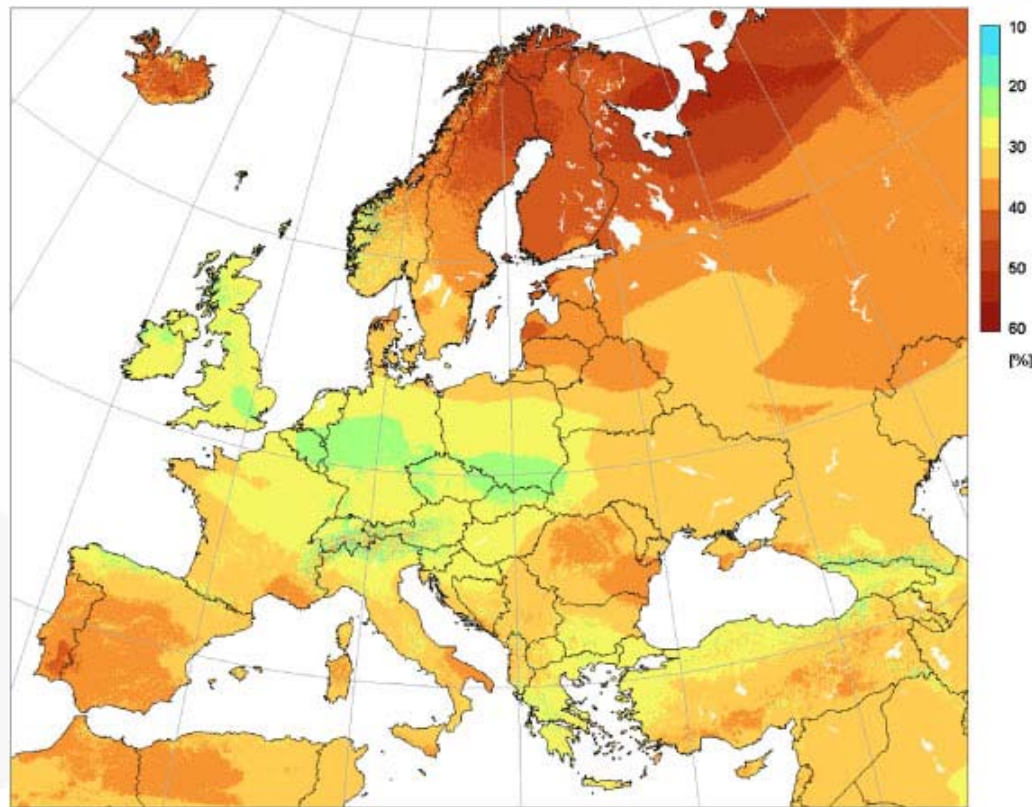
Posicionamento da Estrutura Fotovoltaica

Ganho com seguimento a 2 eixos face a sistemas fixos

Para Portugal e face a um sistema fixo com inclinação óptima produz-se mais 30 a 40 % de energia



Um sistema com seguimento a 1 eixo capta menos 5 % de energia que um sistema com seguimento a 2 eixos.



Produtividade de um sistema Fotovoltaico

Índices de referência Y_f e Y_r

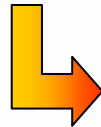
Nº de horas equivalentes à
potência nominal

$$Y_f = \frac{E_{ca}}{P_p} \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{ca} - \text{energia útil produzida} \\ P_p - \text{potência pico} \end{array} \right.$$

[(kWh/m²)/ (kW/m²)]

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \quad \Rightarrow \quad \text{Permite comparar o desempenho de sistemas PV com características diferentes}$$

Energia anual produzida por unidade de potência - sistema fixo à inclinação óptima com $PR = 0.75$

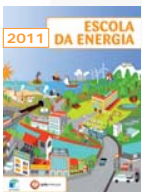
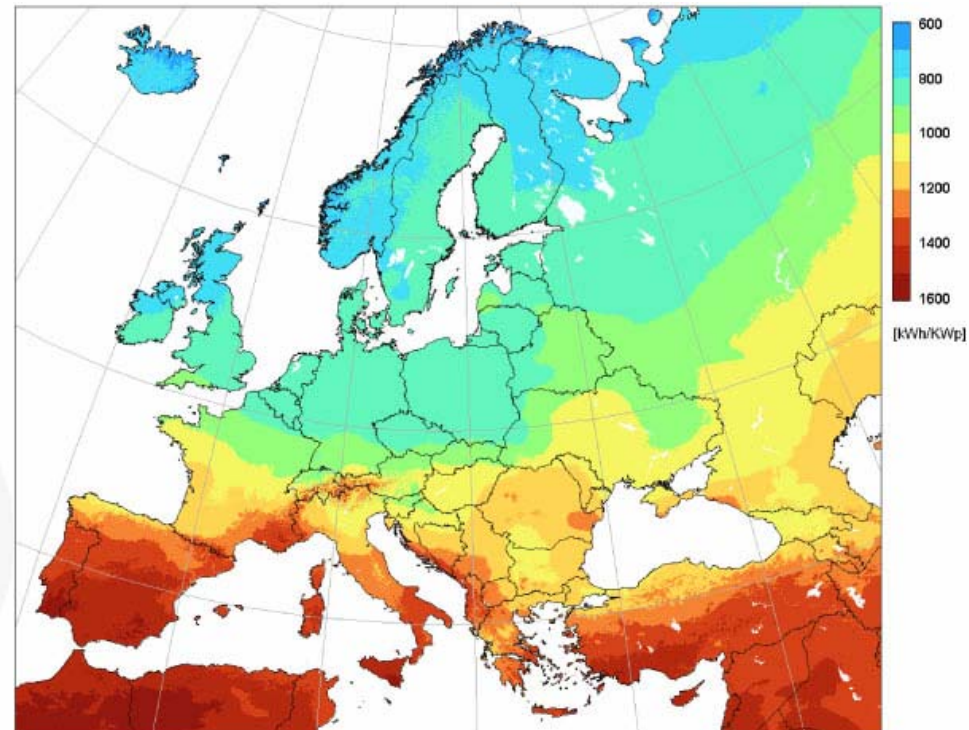


Para Portugal a produção varia entre 1200 e 1600 kWh/kW

Nº de horas de Sol pico

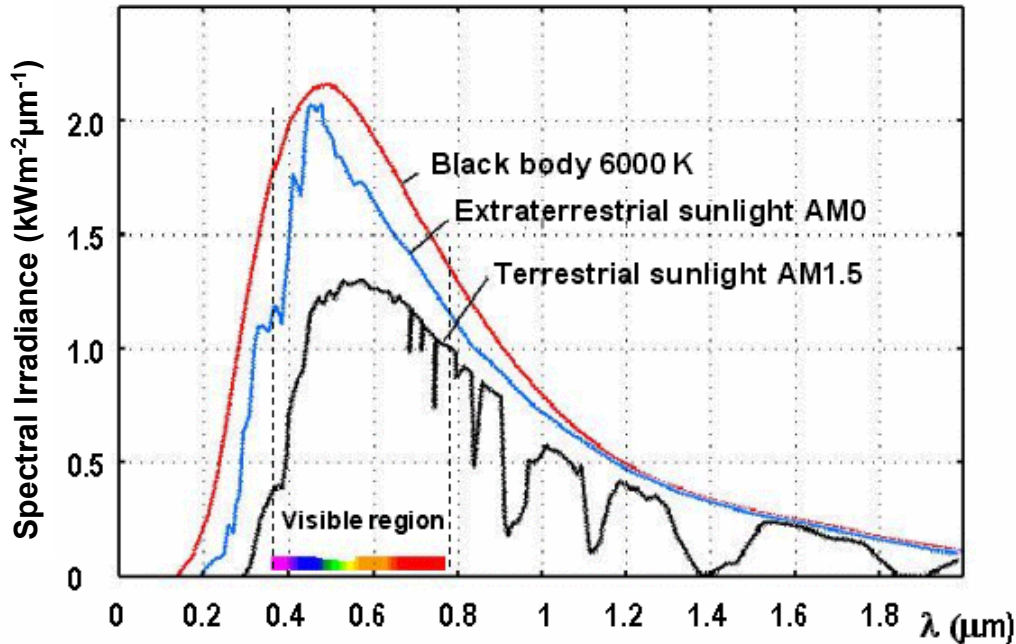
$$Y_r = \frac{H_i}{G_{ref}} \quad \left\{ \begin{array}{l} H_i - \text{irradiação solar incidente} \\ G_{ref} - \text{irradiância de referência} \end{array} \right.$$

[kWh/kW]



O Espectro da Radiação Solar

Irradiância Espectral em função do comprimento de onda



Menor comprimento de onda => Fótons mais energéticos

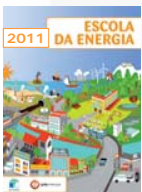
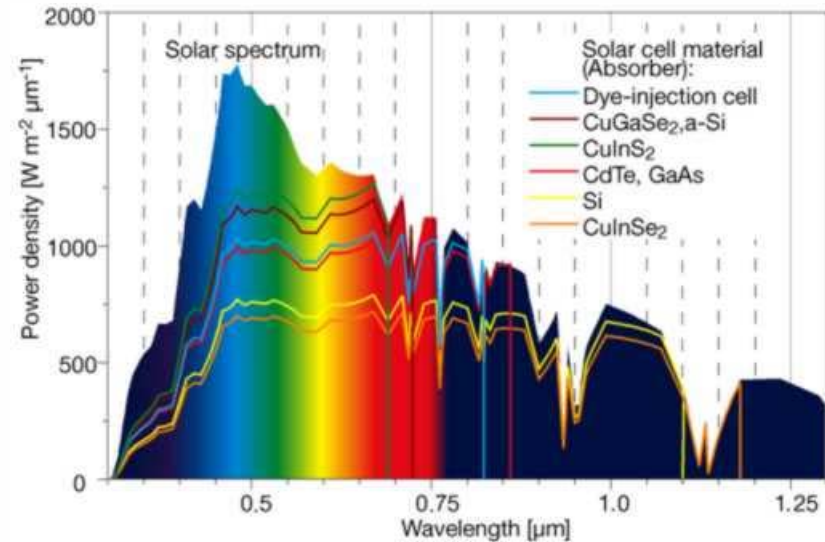
AM – *Air mass*, massa de ar atravessada pela radiação na atmosfera.

AM0 – Ausência de atenuação atmosférica.

AM1 – Percurso perpendicular à superfície terrestre.

AM1.5 – Espectro de referência para o PV.

Gamas de absorção para os diferentes materiais



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

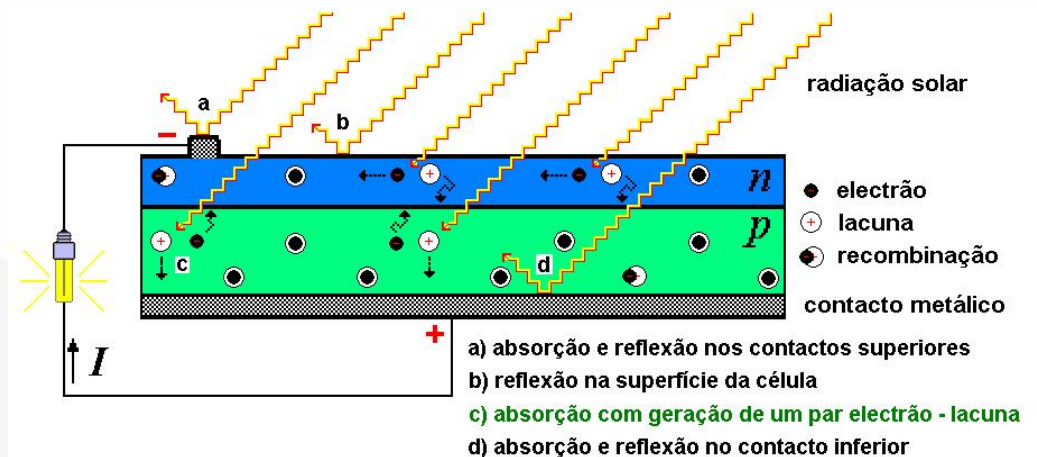
O Efeito Fotovoltaico

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão directa da radiação solar em electricidade.

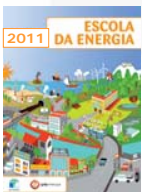
O efeito fotovoltaico é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor, produzida pela absorção da radiação solar.

A radiação solar incidente no material semiconductor da célula gera pares electrão-lacuna em ambos os lados da junção $p-n$, que se movem por acção do campo eléctrico da junção em sentidos contrários.

A célula é a unidade fundamental dum sistema fotovoltaico



As lacunas no material do tipo p movem-se para a base da célula, enquanto que os electrões no material do tipo n se movem para a superfície superior. A corrente gerada no interior do semiconductor é recolhida através de uma rede de contactos metálicos colocados no topo e base da célula, fechando o circuito.



Dopagem do Silício – Junção $p-n$

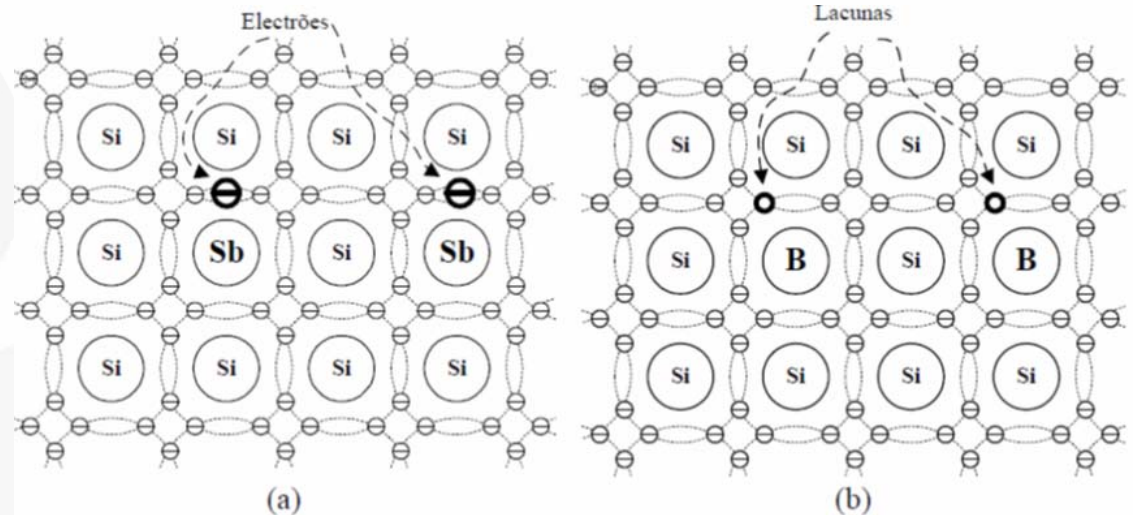
Introduzindo os elementos certos, do grupo IIIA, por ex: boro (B) para uma dopagem positiva e do grupo VA, por ex: antimónio (Sb) para uma dopagem negativa, é possível criar uma diferença de potencial (junção $p-n$) que irá permitir gerar corrente eléctrica.

Tabela periódica abreviada (A)

I	II	III	IV	V	VI
		B	C	N	O
		Al	Si	P	S
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se
Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te

3 electrões de valência

5 electrões de valência

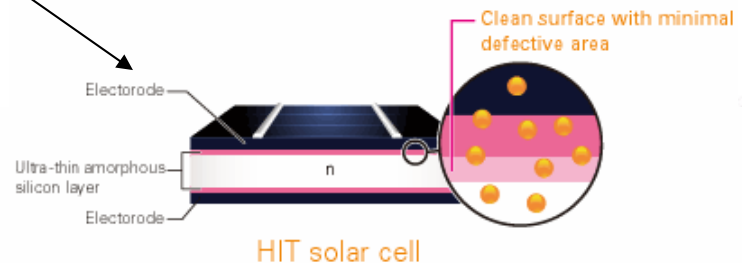
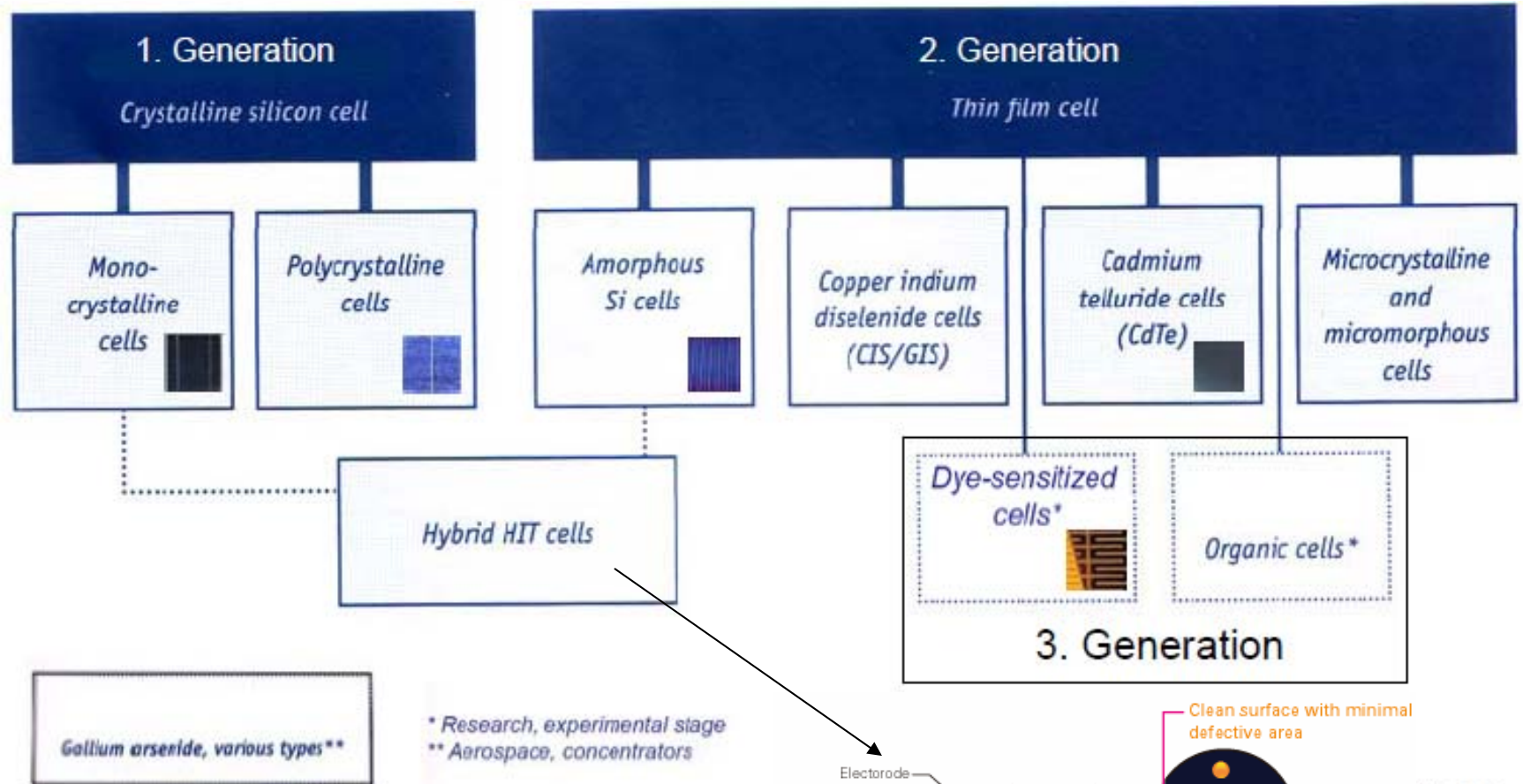


Rede cristalina do silício: (a) dopado por um elemento do grupo VA; (b) dopado por um elemento do grupo IIIA.



Tecnologias Fotovoltaicas

Diagrama das Tecnologias existentes

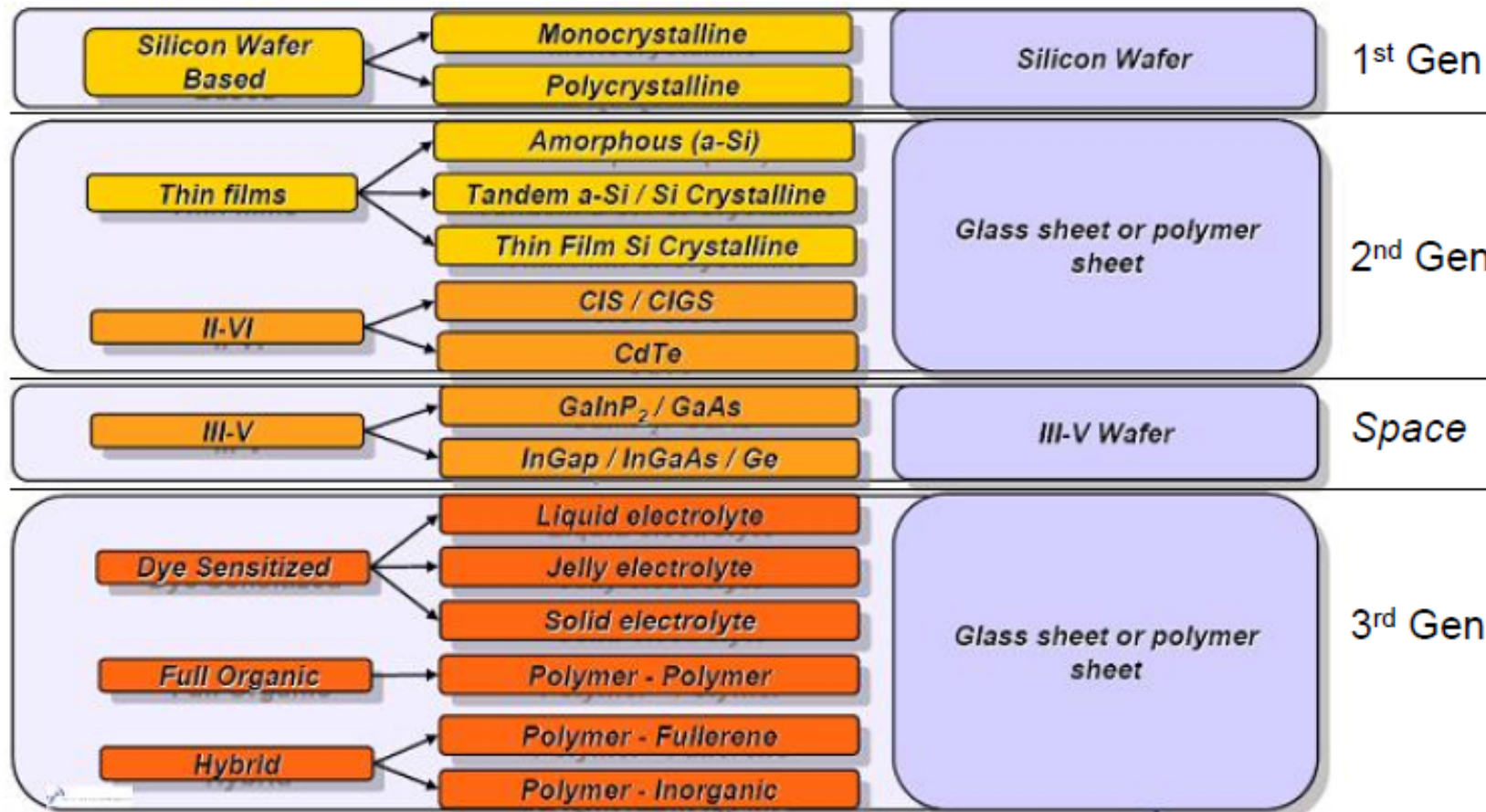


HIT - Heterojunction with intrinsic Thin-layer

Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Tecnologias Fotovoltaicas

Descrição dos materiais utilizados nas diferentes tecnologias



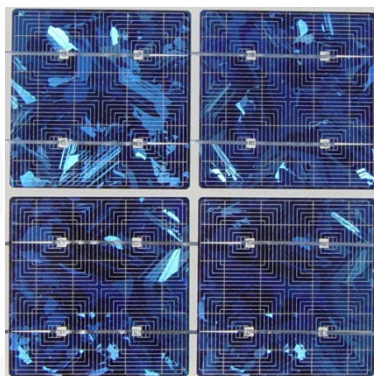
Tecnologias Fotovoltaicas

Tecnologias à base do silício

O silício é o material semiconductor mais utilizado no fabrico de células fotovoltaicas. No mercado existem módulos de silício utilizando três diferentes tecnologias, o silício monocristalino, o silício multicristalino e o silício amorfo (a-Si).



silício monocristalino

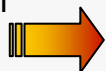


silício multicristalino



silício amorfo

Rendimentos das melhores células PV em laboratório vs módulos PV do mercado



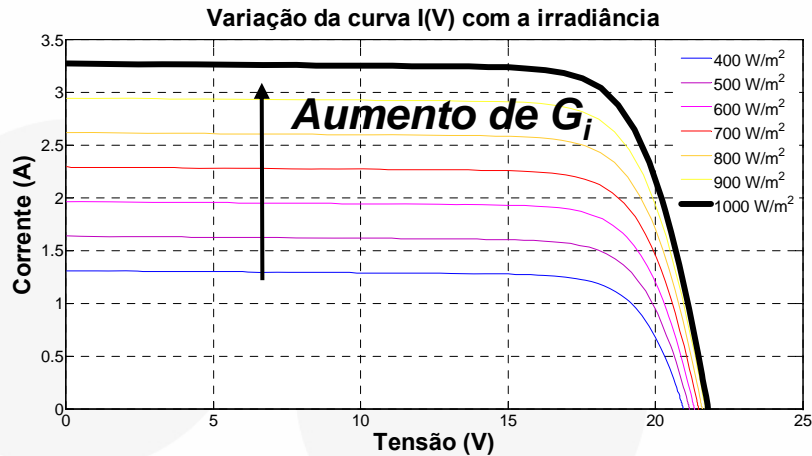
Tecnologia	Células / Módulos
silício monocristalino	24.7% / 17%
silício multicristalino	19.8% / 14%
silício amorfo	12.7% / 6%



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Curva Característica de um módulo PV

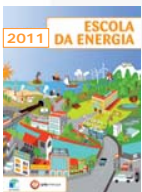
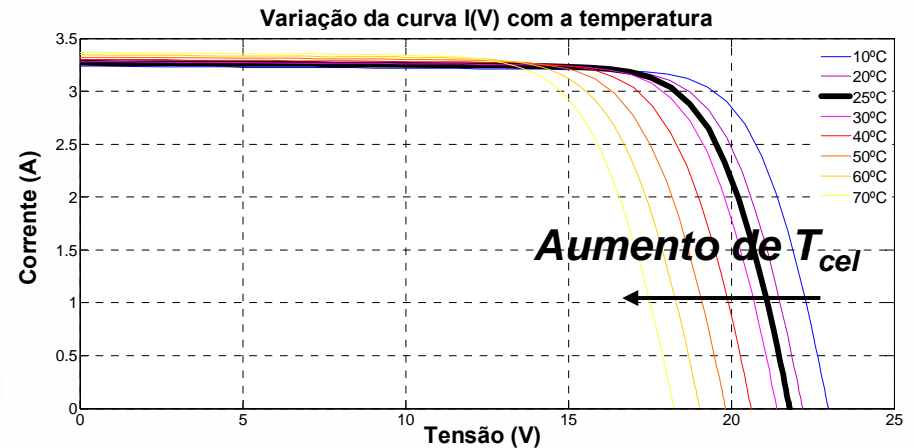
Variação com a Temperatura e a Irradiância - Módulo de 12 V e 53 W



— Condições de Referência:

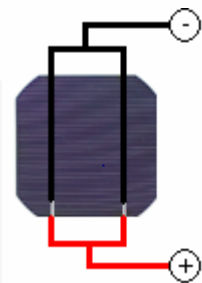
Irradiância: 1000 W/m², Espectro AM1.5
Temperatura das células: 25 °C

- A corrente de curto-circuito, I_{SC} , do módulo aumenta com a irradiância, G_i .
- A tensão de circuito aberto, V_{OC} , do módulo diminui com a temperatura das células, T_{cel} .



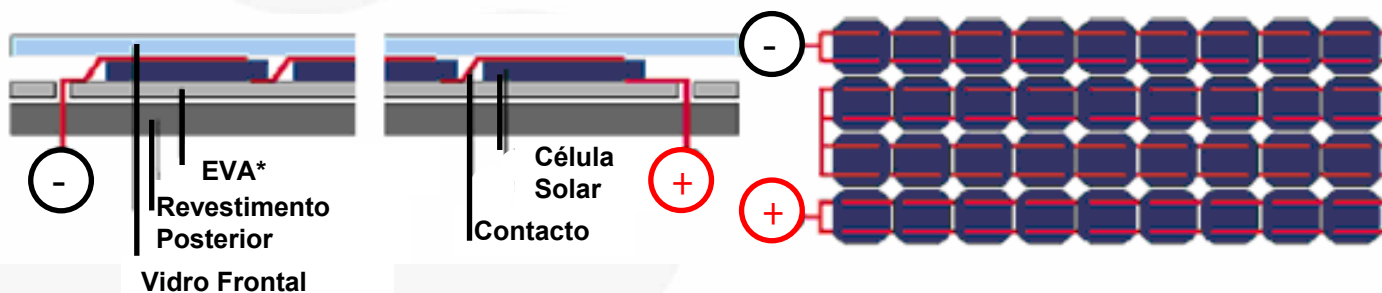
Da Célula de Silício Cristalino ao Módulo

Célula Fotovoltaica



- Os contactos frontais da célula são ligados ao terminal negativo. (-)
- O contacto posterior da célula é ligado ao terminal positivo. (+)
- No módulo fotovoltaico as células são ligadas em série para que se somem as suas tensões.

Módulo Fotovoltaico



Ligação das células no módulo

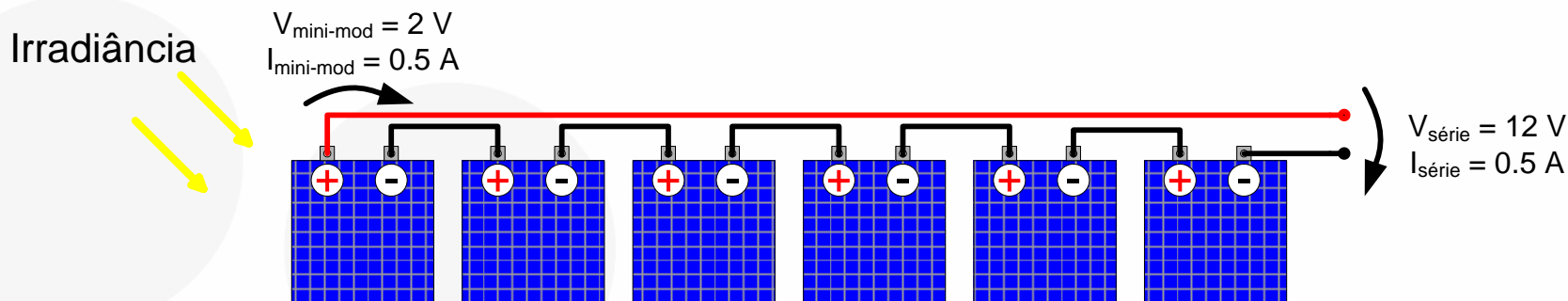
*Acetato de Vinil Etileno; Serve para encapsular e impermeabilizar as células do módulo.

Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Ligações em Série e Paralelo

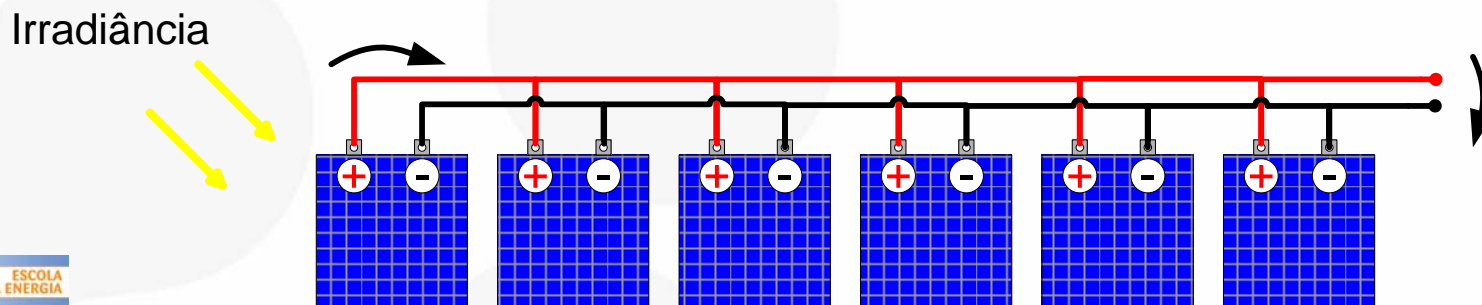
Ligações em série:

- A tensão total é a soma das tensões individuais dos mini-módulos e a corrente total é igual à corrente de apenas um mini-módulo;



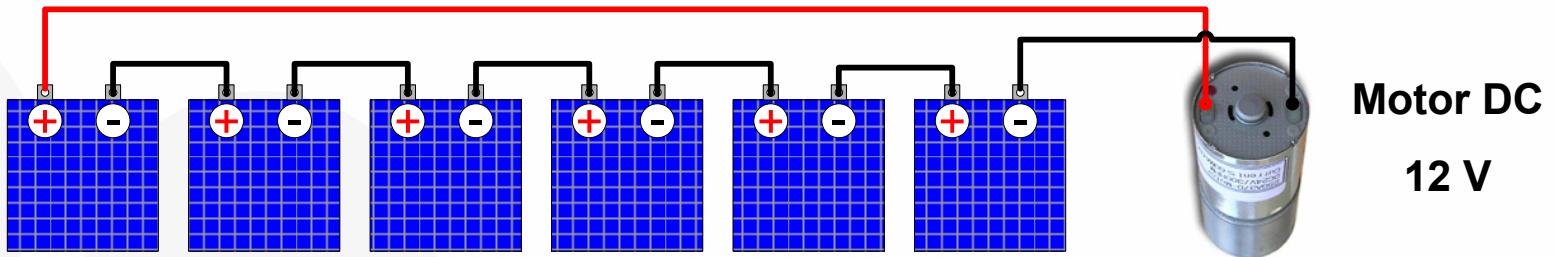
Ligações em paralelo:

- A tensão total é igual à tensão de apenas um mini-módulo e a corrente total é igual à soma das correntes individuais dos mini-módulos;

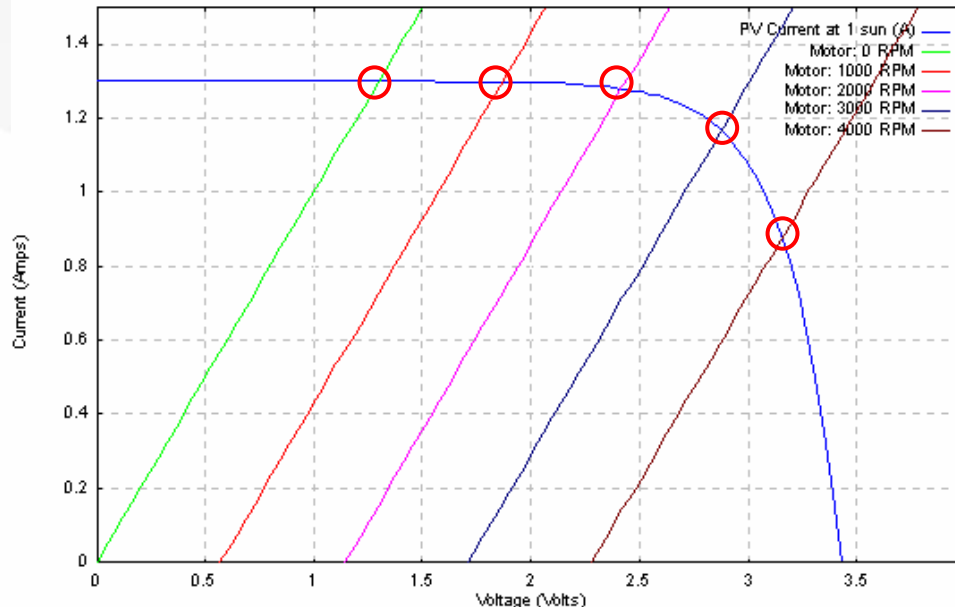


Alimentação de um Motor

Se os mini-módulos fotovoltaicos alimentarem um motor, o seu ponto de funcionamento vai estar na intersecção da curva característica do conjunto de mini-módulos com a curva característica do motor.



Solar Sprint PV Panel and Motor Characteristics



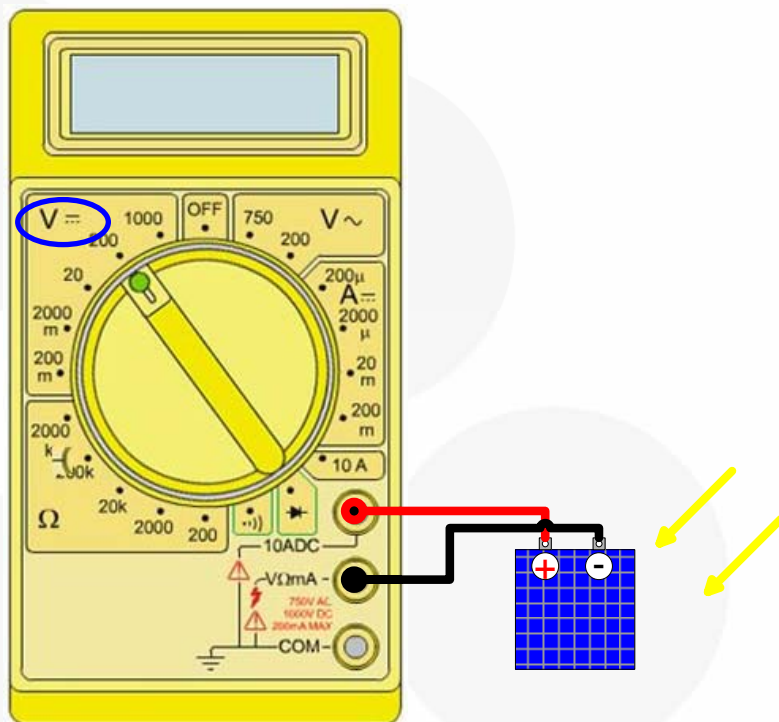
Pontos de funcionamento de um motor DC alimentado por um conjunto de mini-módulos



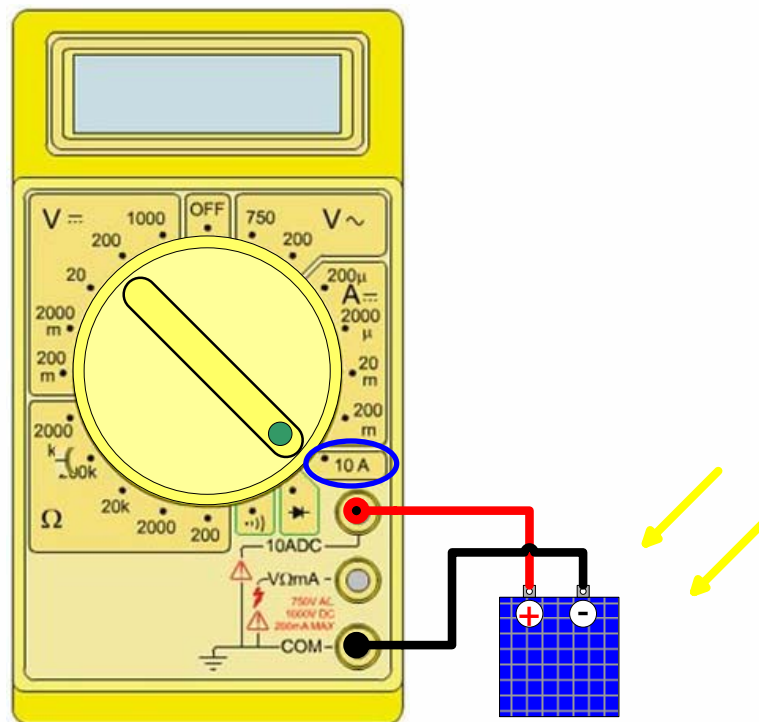
Medição da Tensão e Corrente

Medição com um multímetro

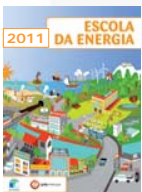
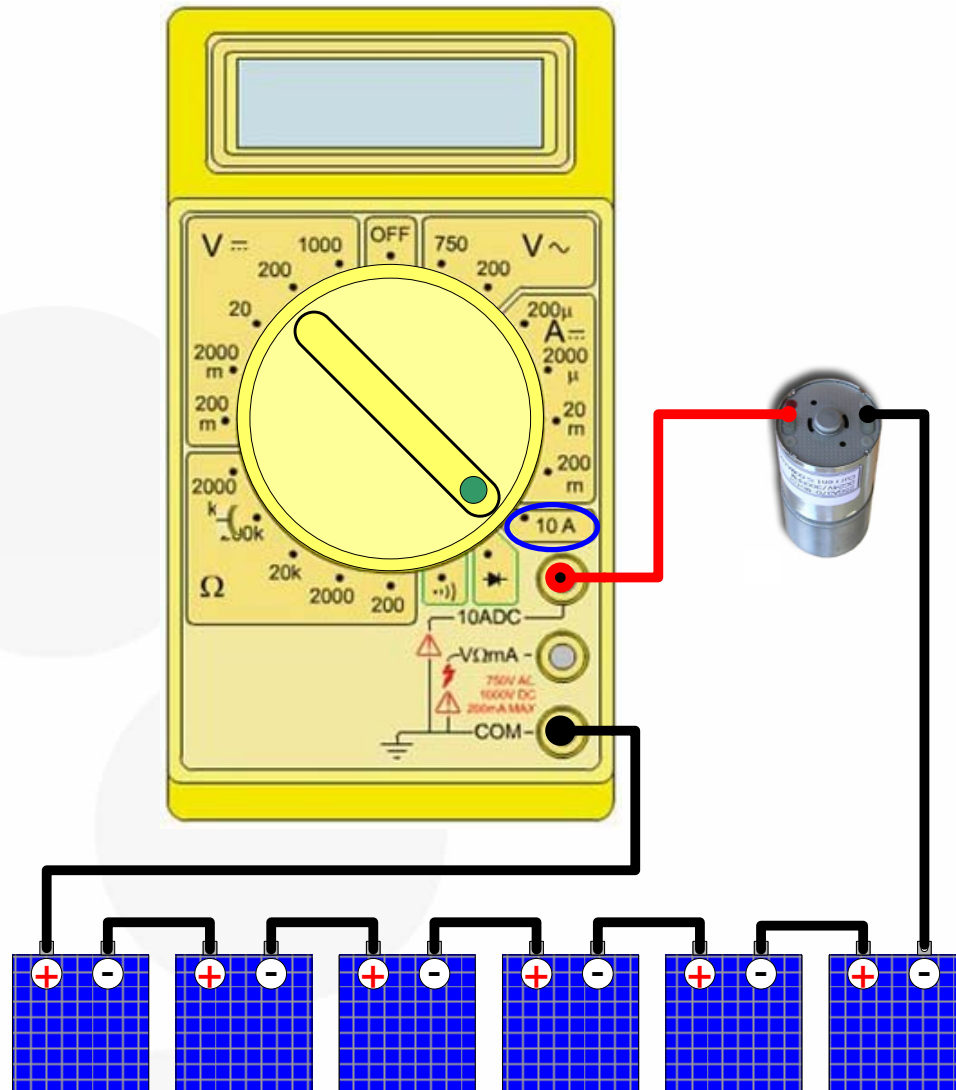
Tensão do mini-módulo



Corrente do mini-módulo



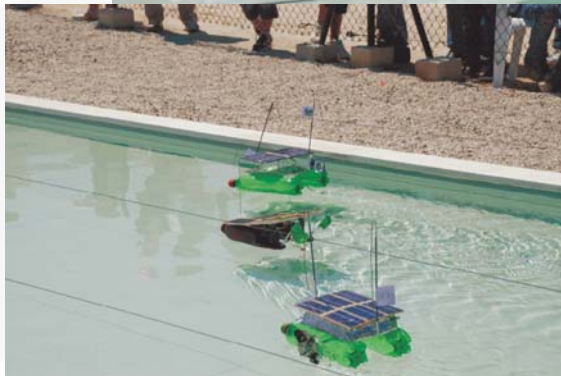
Medição da Corrente do motor DC



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Protótipos Fotovoltaicos

Barquinhos Fotovoltaicos



Fonte: IPSB Frei Gil



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Protótipos Fotovoltaicos

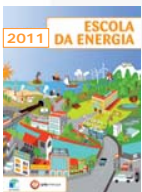
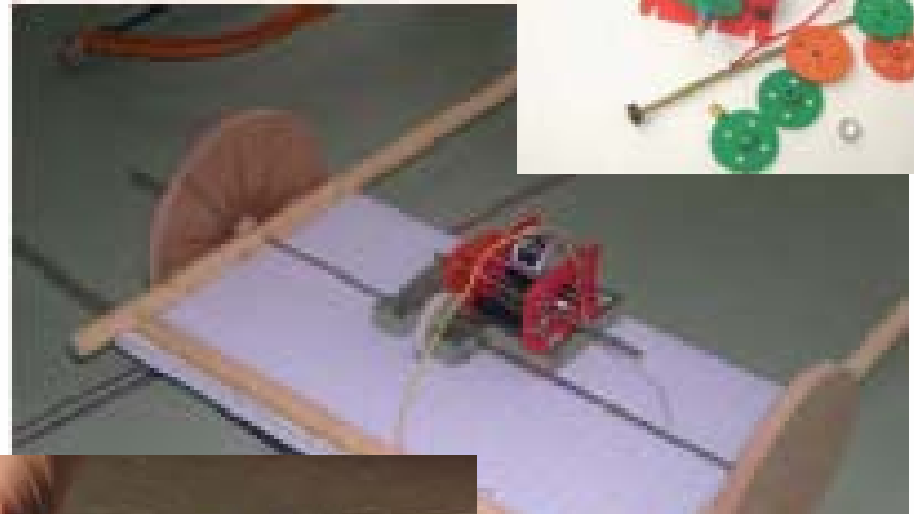
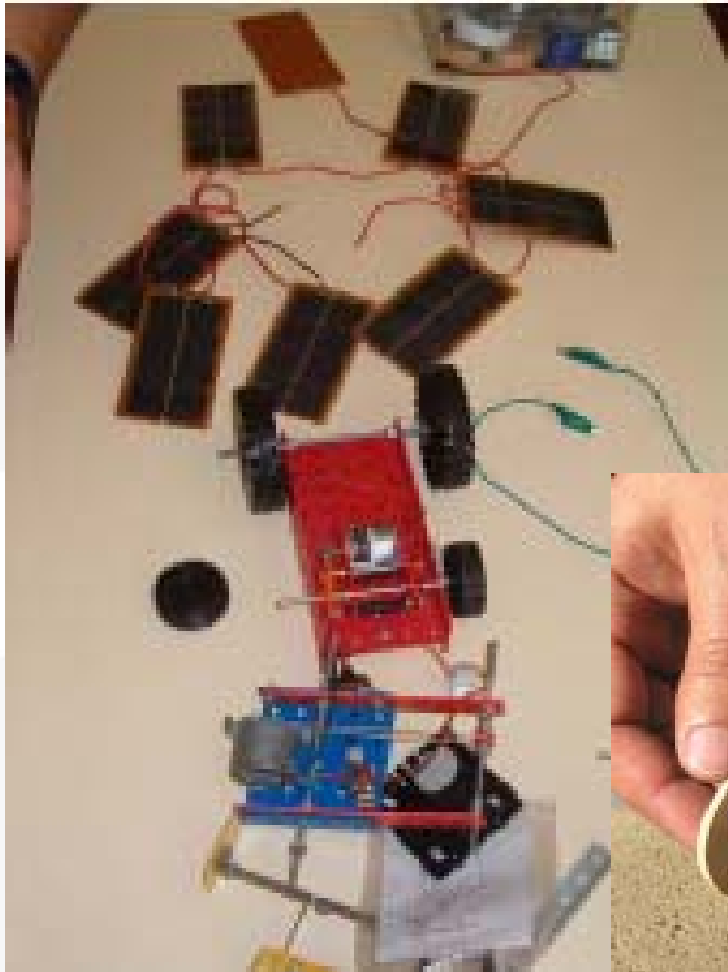
Carrinhos Fotovoltaicos



Fontes: Concurso Solar
Padre Himalaya, IPSB
Frei Gil e outros

Protótipos Fotovoltaicos

Construção dos Carrinhos Fotovoltaicos



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Muito obrigada!



www.lneg.pt

RE.NEW.ABLE.
A INSPIRAR PORTUGAL

meid
Ministério da Economia,
da Inovação e do Desenvolvimento