

Energia Solar Fotovoltaica

Entidade promotora :ADIV

Formador : Antonio Subida

Com o alto patrocínio de :

Conergy, Gmbh

E

Equisolar, Lda

“Todo o mundo é composto de mudança
tomando sempre novas qualidades”

(Luís Vaz de Camões)

Técnico instalador de Energias Solares

Uma carreira para uma vida baseada na aprendizagem:

- Aprendizagem de conhecimentos
 - Aprendizagem de comportamentos: acumulação de bom senso ou “experiência”
 - Percurso: de executante a coordenador de equipas
 - Para isso deve:
 - Manter espírito curioso e aberto à evolução
 - Acompanhar os ciclos de evolução tecnológica na época da revolução científico-técnica
-
-

O SOL É A NOSSA FONTE INESGOTÁVEL DE ENERGIA

- Fornece energia radiante presente sob a forma de calor luz e outras radiações do espectro electromagnético
 - Fornece conjuntamente com a Lua a energia das marés que influencia o clima
 - Forneceu toda a energia que consumimos agora sob a forma de energia química dos combustíveis fósseis
 - Fornece a energia que consumimos nos alimentos ou fornece a energia aos seres vivos que nos servem de alimento.
 - ***Foi o Sol quem nos fez e é o Sol que nos mantém vivos! (vide texto de Isaac Azimov “O sol glorioso”***
-

O RECURSO SOLAR FOTOVOLTAICO

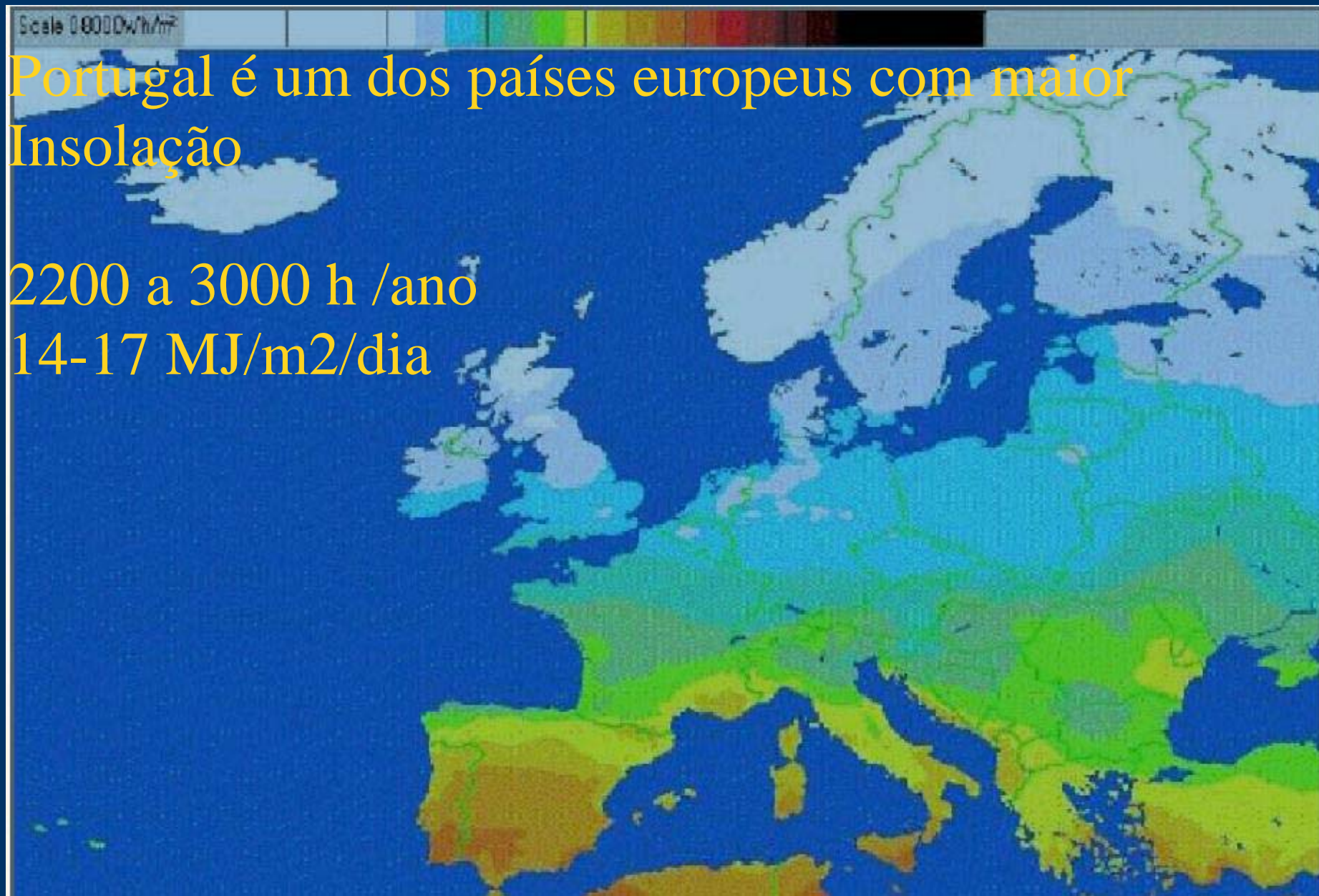
- O Sol fornece anualmente para a atmosfera terrestre $1,5 \times 10^{18}$ KWh de energia radiante.
 - Trata-se de um valor correspondente a 10.000 vezes o consumo mundial no mesmo período.
 - Além de ser responsável pela manutenção da vida a radiação solar constitui uma fonte inesgotável de energia podendo ser utilizada por intermédio de sistemas de captação e conversão em energia eléctrica.
-
-

RECURSO SOLAR em PORTUGAL

Portugal é um dos países europeus com maior
Insolação

2200 a 3000 h /ano

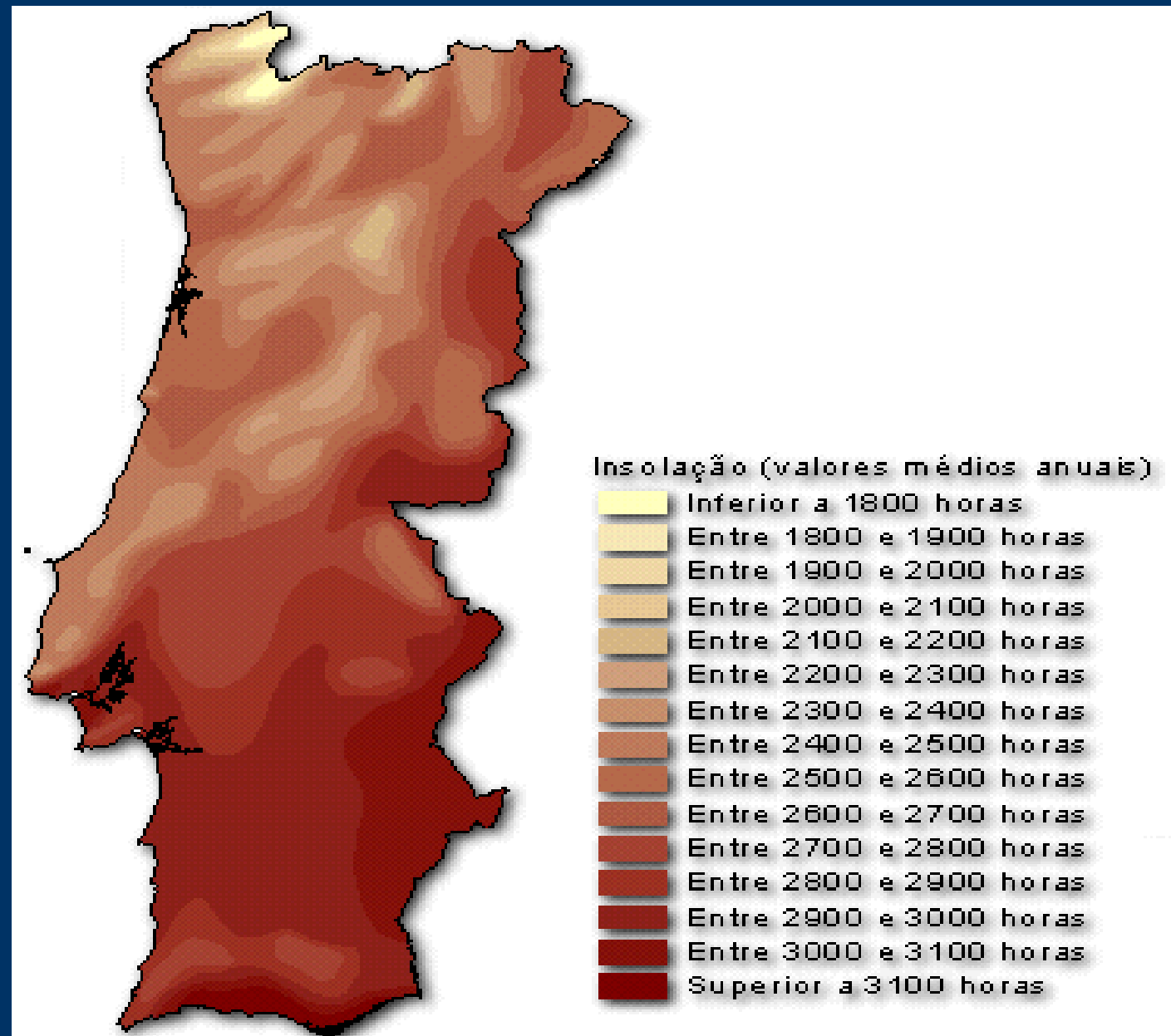
14-17 MJ/m²/dia



RECURSOS SOLARES

Portugal é um dos países europeus com maior insolação

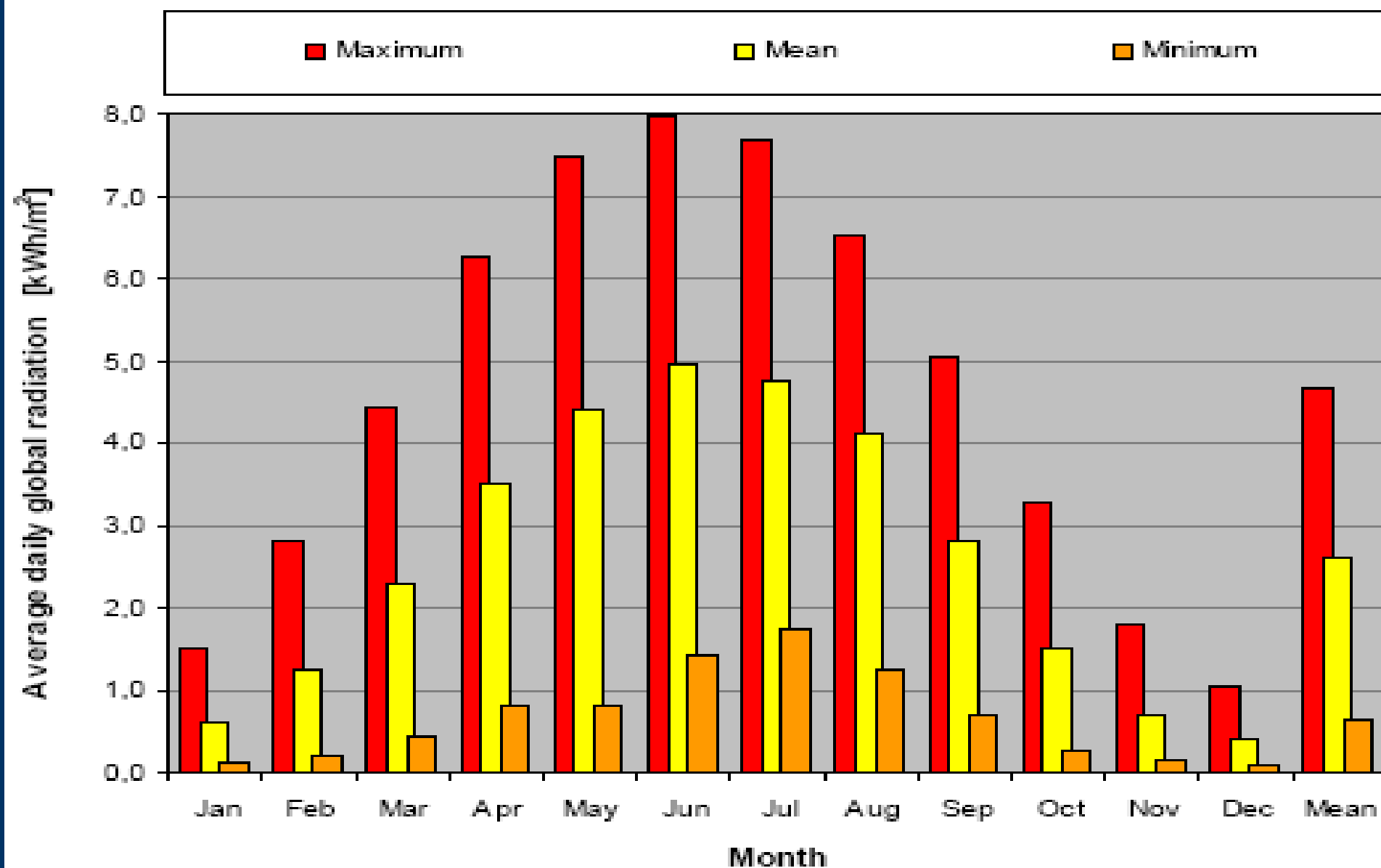
2200
a
3000 h /ano



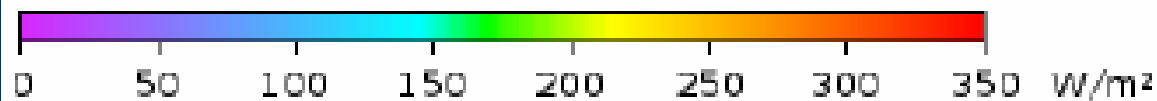
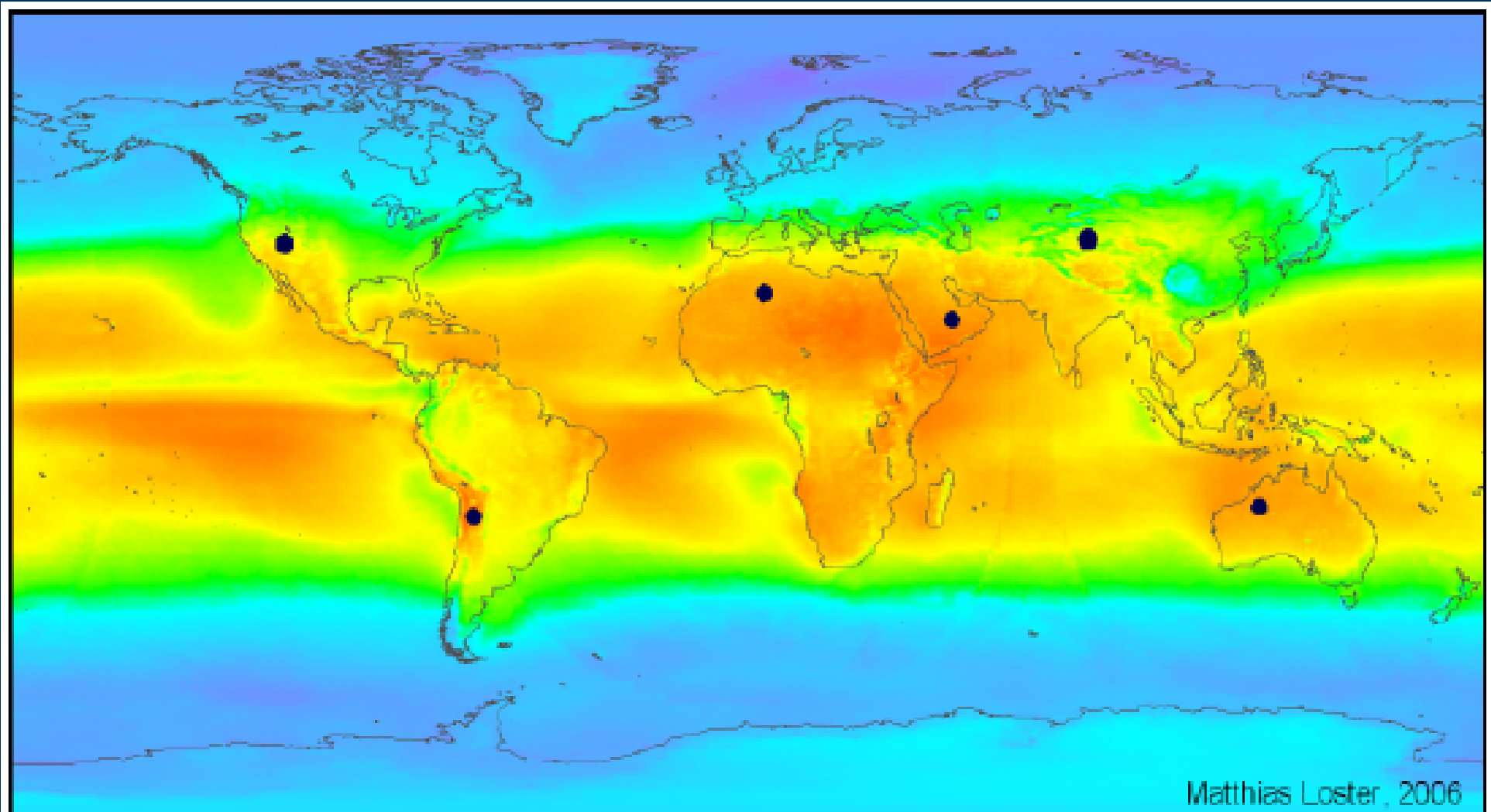
VARIAÇÃO SAZONAL DOS RECURSOS SOLARES



MEDIA GLOBAL DA RADIAÇÃO



RADIAÇÃO SOLAR MÉDIA W/m²

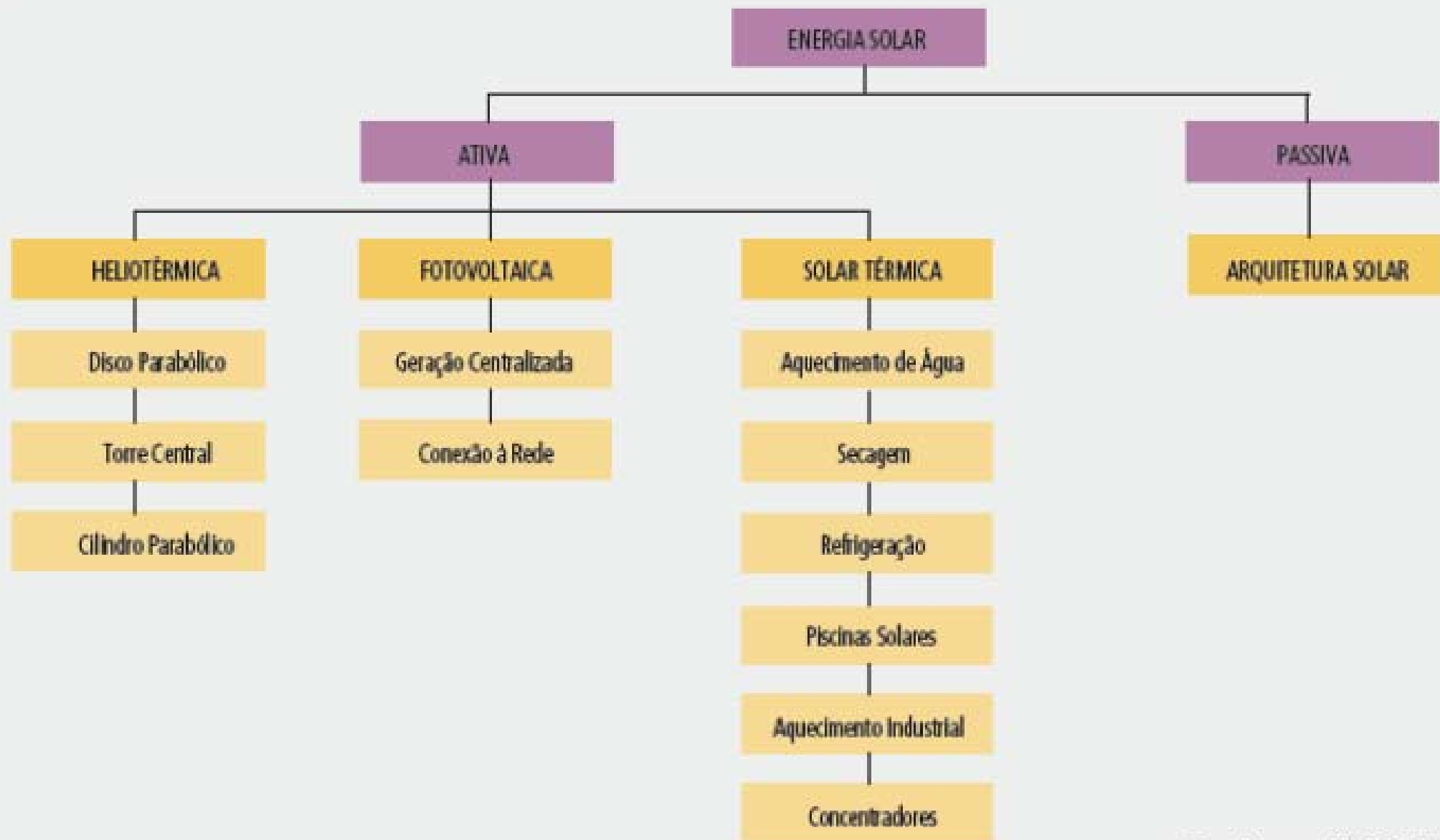


$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR

- De forma Passiva:
 - Arquitectura Solar
- De forma Activa:
 - Heliotérmica
 - Fotovoltaica
 - Solar Térmica

QUADRO DE APLICAÇÕES



(Pereira et al., 2004)

Energias Solares

Novas energias ou energias verdes:

- Não há novos conceitos teóricos!
 - Há sim novas tecnologias, onde são aplicados conceitos que em alguns casos têm mais de uma centena de anos!
 - Esta evolução tecnológica deve-se à pressão económica e ambiental resultante da exploração e aplicação descontrolada das energias obtidas à custa da queima dos combustíveis fósseis.
-
-

Energias Solares são Económicas

As energias verdes:

- Têm um balanço económico de médio prazo melhor do que as dos combustíveis fósseis
 - Já têm preços compatíveis com o investimento das famílias
 - Os preços estão a cair enquanto que os dos combustíveis fósseis estão a subir.
 - Abrem novas oportunidades de negócio para as empresas e novas oportunidades de emprego para os técnicos
-
-

Capítulo I - Princípio de funcionamento da energia solar foto-voltaica

- Introdução aos conceitos básicos de:

- Energia
- Matéria
- Informação

Nesta acção de formação vamos tratar de *Energia Solar Fotovoltaica* (Energia Eléctrica obtida a partir da Luz Solar)

Constituintes Básicos do Universo

- Para o estudo da Electricidade pode considerar-se que o UNIVERSO é constituído por três entidades:
 - Energia
 - Matéria
 - Informação

Energia

- É tudo aquilo que é capaz de produzir trabalho, ou seja, o que é capaz de modificar o estado de repouso, o estado térmico ou o estado de movimento, o estado posicional, o estado físico ou o estado químico dos corpos materiais.
 - Tipos de energia:
 - Radiante
 - Térmica
 - Potencial
 - Cinética
 - Química (considerada também uma variante da energia potencial)
-
-

Energia radiante

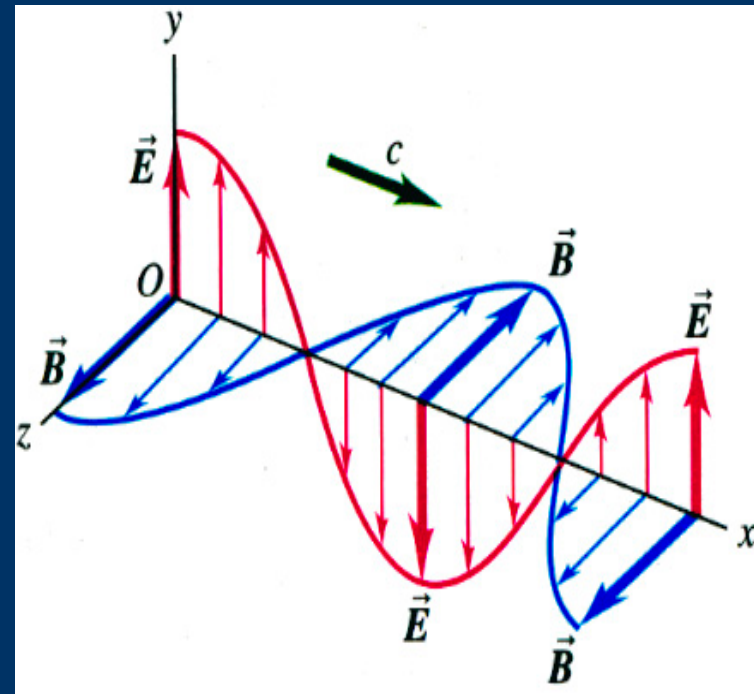
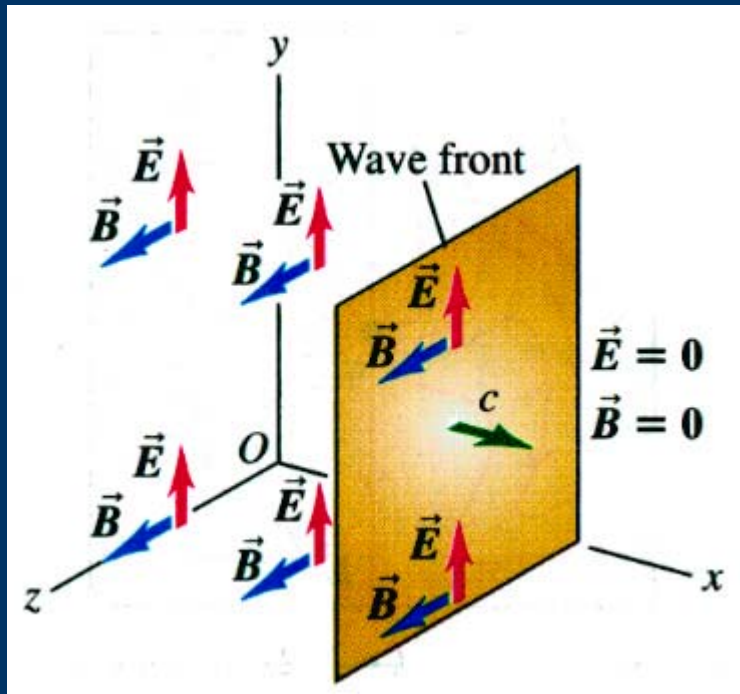
- Também designada por energia electromagnética é composta pelas ondas de rádio desde as frequências baixas VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF, SHF, até as Micro-Ondas em Geral e ainda pelos Infravermelhos (Radiação Calorífica), Luz Visível, Ultravioletas, Raios X e Raios Gama

Espectro Electromagnético

- RADIAÇÃO = Ondas Electromagnéticas
 - RADIAÇÃO = Campos Eléctricos e Magnéticos Associados
 - RADIAÇÃO = Partículas sem massa: os Fotões que viajam à velocidade da luz.
-
- A energia radiante comporta-se em simultâneo quer como ondas (vibrações do campo eléctrico e magnético) quer como partículas

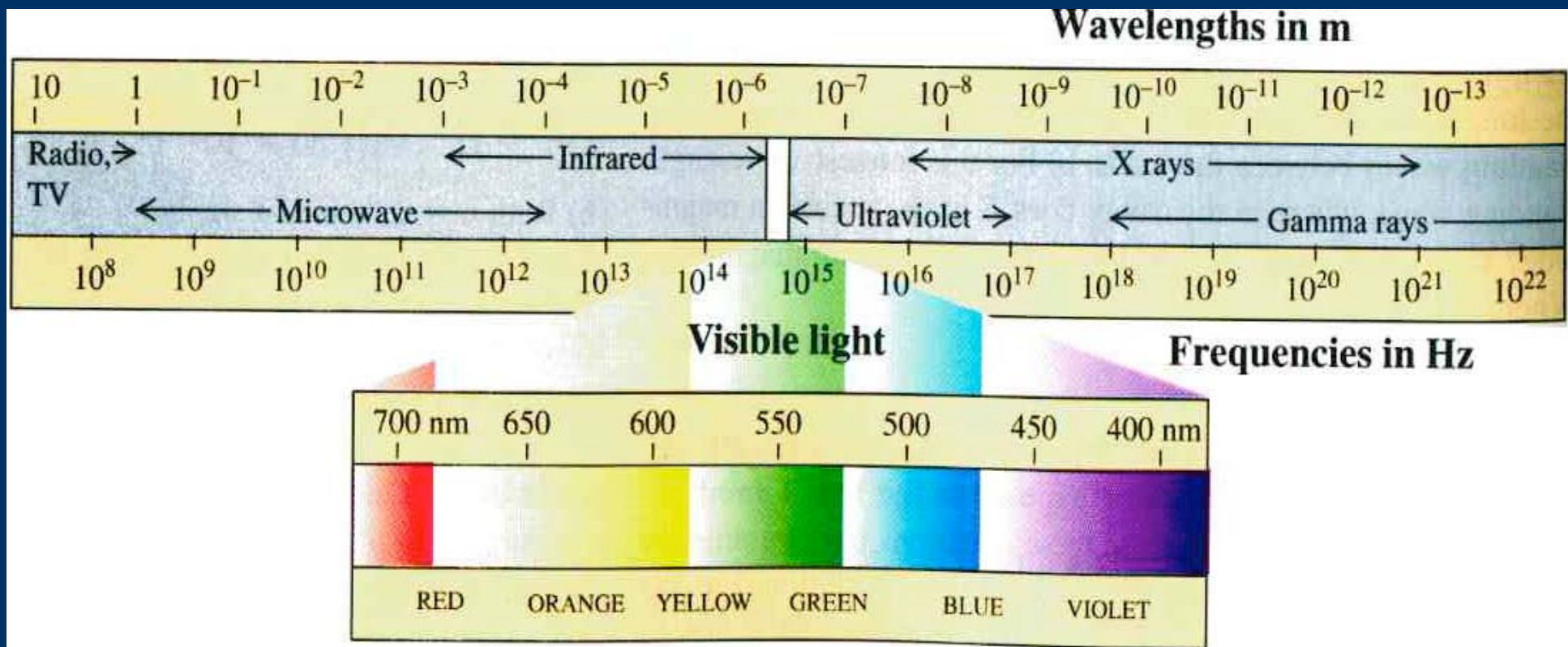
Ondas Electromagnéticas

- Oscilações dos campos eléctrico e magnético associados.



Espectro Electromagnético

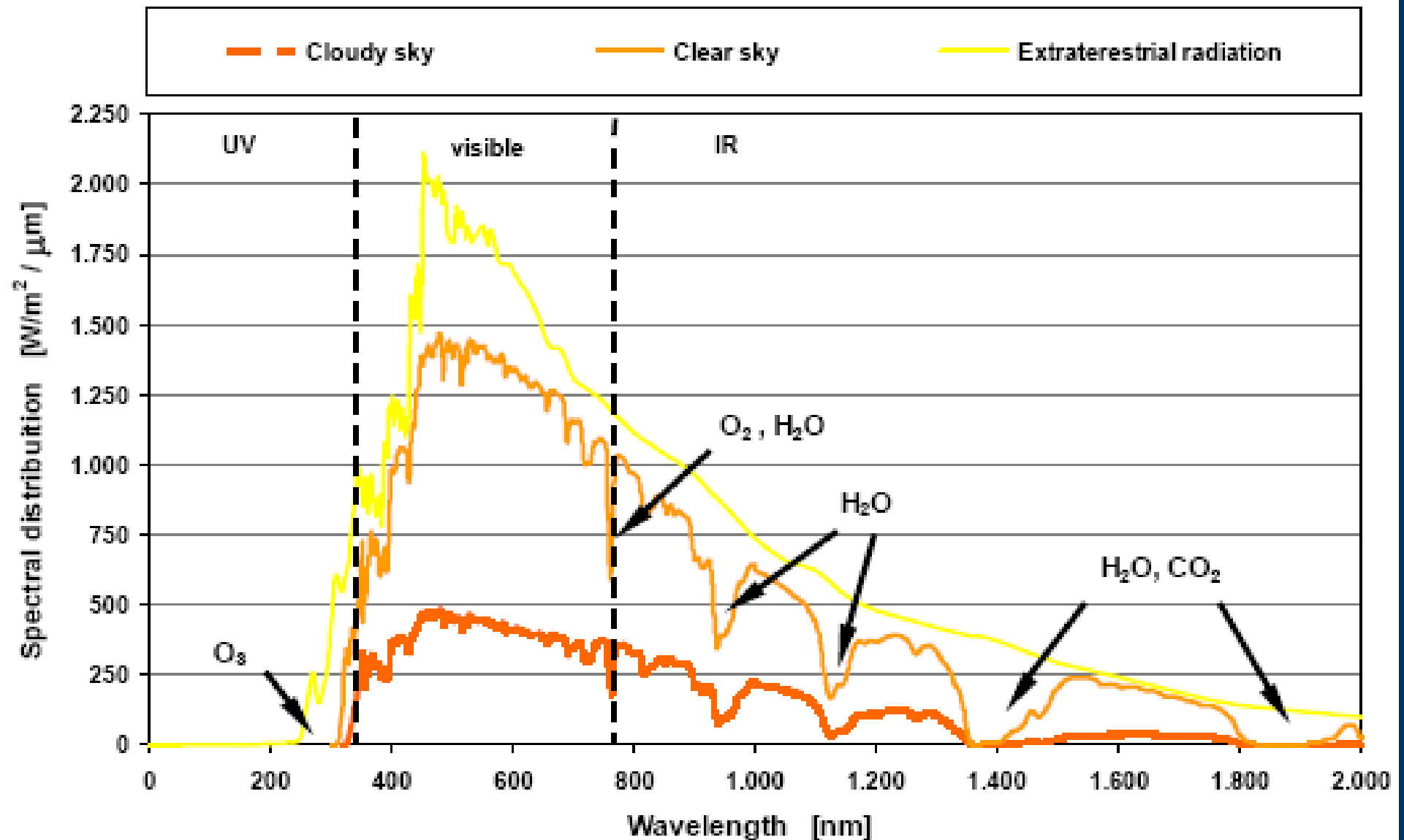
- Desde VLF até Raios Gama



Energia Térmica

- É a energia associada à temperatura dos corpos materiais
 - Que reflecte estatisticamente o movimento das partículas constituintes de uma porção de matéria gasosa, líquida ou sólida
 - Varia desde o zero absoluto 0° Kelvin (-273° Celcius) teoricamente até ao infinito
 - Esta energia só parcialmente pode ser convertida noutras formas de energia.
 - Por isso também se chama de “**energia degradada**”
-
-

ESPECTRO SOLAR



Energia Potencial

- A energia associada à posição dos corpos inseridos num campo de forças
 - Exemplos:
 - Energia Potencial Gravítica
 - Energia Potencial Magnética
 - Energia Potencial Eléctrica
 - Energia Nuclear
 - Energia Química
-
-

Energia Potencial (outros campos)

- Uma energia potencial muito usada tecnologicamente é a energia potencial associada às deformações dos corpos elásticos como as molas.

Energia Cinética

- A energia associada ao movimento dos corpos materiais
- Em física, a **energia cinética** é a quantidade de trabalho que teve que ser realizado sobre um objeto, para tirá-lo do repouso e colocá-lo a uma velocidade v .
- Para um objeto de massa m a uma velocidade v a energia cinética é calculada como:
- $E = \frac{1}{2} mv^2$

* Citação de Wikipédia

** Válido apenas para velocidades muito inferiores á velocidade da luz

Campos de forças

- A física moderna considera que os campos de força elementares actuam sempre por intermédio de partículas mediadoras que transmitem energia entre os corpos materiais sujeitos ao campo.
 - Os campos de força elementares são:
 - O campo gravítico
 - O campo electromagnético
 - O campo nuclear fraco
 - O campo nuclear forte
 - Actualmente tenta-se encontrar uma teoria que consiga unificar todos os campos
 - (Só se conseguiu unificar o campo fraco e o electromagnético . Pensa-se que as experiências em curso no CERN poderão dar a resposta em poucos anos)
-
-

Campo Eléctrico

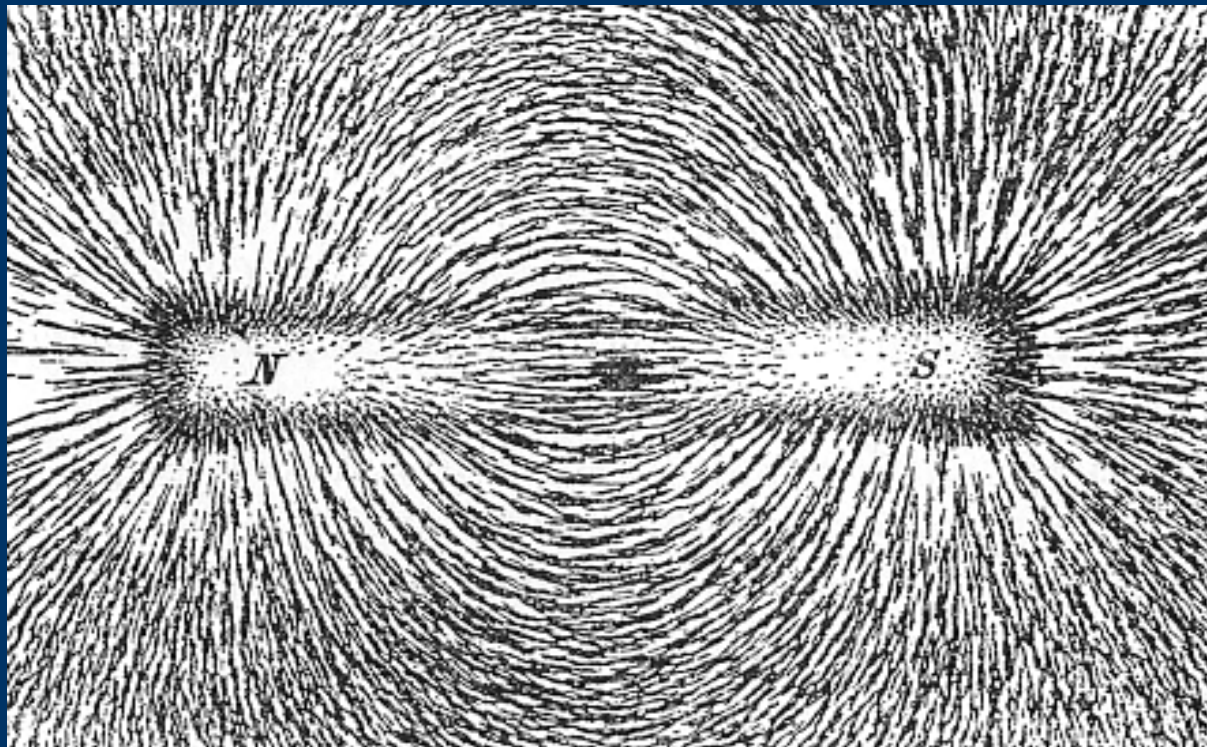
- É um campo de energia potencial com duas polaridades (positiva e negativa) *, repulsivo para o mesmo sinal, atractivo para sinais contrários, que actua tanto ao nível atómico, como ao nível macroscópico
- A força do campo eléctrico varia na razão inversa do quadrado das distâncias entre os corpos electricamente carregados
- * A título de exemplo: o campo gravítico é sempre atractivo com uma só polaridade

Campo Magnético

- A Teoria da Relatividade de Albert Einstein demonstra que o campo magnético é uma manifestação do campo eléctrico associado às partículas materiais em movimento a velocidades relativísticas ou seja à velocidade da luz ou próximas.
 - Para efeitos deste curso consideraremos os campos eléctrico e magnético como campos independentes.
 - Assim o campo magnético é um campo de energia potencial de bipolar (Norte -Sul) de pólos não dissociáveis
-
-

Linhas de força magnética

- Geodésicas de um campo magnético de um ímã



Mudanças de Forma de Energia

- ▣ A diversas formas de energia podem transformar-se umas nas outras quase sempre de forma reversível e com rendimento de 100%.
 - ▣ A energia térmica tem um comportamento particular pois que só parcialmente pode ser convertida noutras formas .
 - ▣ A conversão de energia radiante em energia eléctrica tem rendimentos baixos, menores do que 60% (actualmente típico de 9-15%) por dificuldades tecnológicas associadas aos mecanismos que fazem essa conversão.
-
-

Mudanças de Forma de Energia II

- A corrente eléctrica produz um campo magnético
 - Um campo magnético variável induz corrente eléctrica nos condutores dentro do seu raio de acção
 - Estas propriedades são amplamente aproveitadas para a conversão de energia motriz em energia eléctrica (nos geradores) ou de energia eléctrica em energia motriz (motores)
 - Estas propriedades são ainda amplamente aproveitadas para variar as características da energia eléctrica CC e CA transformadores e indutores (bobinas)
-
-

O Átomo

- As substâncias químicas naturais ou artificiais não são constituídas directamente pelas partículas elementares da matéria (quarks e leptões) mas sim por outras maiores suas derivadas:
 - Os protões com carga eléctrica positiva
 - Os neutrões sem carga eléctrica
 - Os electrões com carga eléctrica negativa
 - Os protões e os neutrões contêm a maior parte da massa e estão agrupados juntos num espaço chamado núcleo que por isso tem carga positiva
 - À volta dos quais se agrupa a nuvem dos electrões organizada em níveis.
-
-

Substâncias Elementares

- No universo a partir das partículas básicas formam-se átomos de núcleos constituídos por vários prótons e neutrões: estáveis ou seja com vida longa e instáveis ou com tempos de decaimento curtos.
- De forma artificial podemos ainda criar átomos com vidas muito curtas e que não existem na Natureza

Tabelas periódica dos Elementos

- É uma tabela onde se organizam os elementos pelas suas propriedades físico-químicas
- Existem muitas versões sendo fácil procura-las na internet por meio de um motor de busca

Tabela periódica 2

- Para o estudo da electricidade interessam principalmente:
 - a categoria dos “METAIS” por serem as matérias primas usadas no condutores
 - a categoria dos “SEMI-METAIS” ou semi-condutores , por alguns dos seus elementos serem a matérias primas para o fabrico de componentes electrónicos do estado sólido como as células fotovoltaicas.
 - Os elementos do grupo III e do Grupo V
-
-

Sistema Internacional (SI) de medidas

Unidades Básicas

<i>Grandeza</i>	<i>Unidade</i>	<i>Símbolo</i>
• Comprimento	metro	m
• Massa	quilograma	kg
• Tempo	segundo	s
• Corrente eléctrica	ampére	A
• temperatura	grau kelvin	K
• Intensidade luminosa	candela	cd

Sistema Internacional (SI) 2

Unidades Derivadas

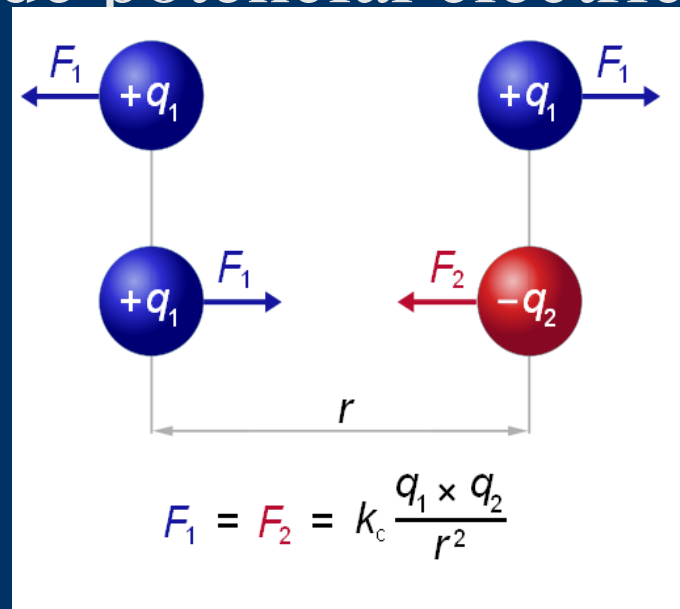
<i>Grandeza</i>	<i>Unidade (símbolo)</i>	<i>Fórmula</i>
• Frequência	hertz (Hz)	s^{-1}
• Força	newton (N)	$kg.m/s^2$
• Energia ou trabalho	joule (J)	$N.m$
• Potência	watt (W)	J/s
• Carga eléctrica	coulomb (C)	$A.s$
• Tensão- dif. de pot.	volt (V)	W/C
• Resistência	ohm (Ω)	V/A
• Condutância	siemens (S)	A/V
• Capacidade	farad (F)	C/V
• coef.auto-indução	henry (H)	$V.s/A$

Carga Eléctrica

- Carga eléctrica
 - Tem polaridade
 - Existe em quantidades discretas
 - Os efeitos eléctricos fisicamente observáveis são devidos à separação ou ao movimento de cargas eléctricas
 - A Unidade no Sistema Internacional SI é o COULOMB (C)
-
-

Campo Eléctrico

- Carga eléctrica mede-se em Coulombs
- A força do campo eléctrico mede-se em Newton/Coulomb ou Volts/m
- A diferença de potencial eléctrico mede-se em Volts



Posicionamento dos electrões no Átomo

- A núvem eléctrica à volta do núcleo distribui-se em níveis de energia potencial que por aproximação comparativa se podem considerar equivalentes às orbitas dos planetas à volta do Sol
 - Os electrões nas orbitais de maior energia (mais “internas”) estão fixamente ligados ao seu núcleo
 - Os electrões na orbital externa podem ser partilhados entre vários núcleos constituindo a Banda de Valência (usada para as ligações químicas)
-
-

Posicionamento dos electrões no Átomo 2

- Em alguns materiais como os metais, os electrões de mais baixa energia distribuem-se numa banda que ocupa todo o espaço físico do corpo, sendo partilhados por todos os átomos, constituindo a Banda de Condução
 - Diz-se por isso que nos metais existem “ Electrões Livres “
 - São estes electrões livres que ao deslocarem-se por acção do campo eléctrico formam a corrente eléctrica.
-
-

A Corrente Eléctrica

- Quando dois corpos carregados com cargas eléctricas diferentes do mesmo sinal ou cargas eléctricas de sinais contrários contactam ou a diferença de potencial entre elas vence a rigidez dieléctrica (isolamento) do meio, surge uma corrente eléctrica, ou seja : um fluxo de cargas do mais carregado para o menos carregado.
 - Nos corpos sólidos o fluxo é sempre de electrões (ou da falta deles “buracos”)
 - Nos corpos líquidos e gasosos o fluxo pode ser de electrões e de cargas positivas (iões positivos)
-
-

Materiais

- Condutores. A energia necessária para passar os electrões da banda de valência para a de condução é baixa. Por isso à temperatura normal têm muitos electrões “livres” ou seja na banda de condução. Exm: os metais: cobre, ouro, prata etc.
 - Isoladores. A energia necessária para passar os electrões da banda de valência para a de condução é alta. Por isso à temperatura normal têm poucos electrões “livres” ou seja na banda de condução. Exm: Enxofre, vidro, muitas cerâmicas, plástico etc.
-
-

Semicondutores

- Materiais do grupo IV da tabela periódica, algumas ligas e alguns compostos químicos. Têm uma energia de passagem da banda de valência para a banda de condução de valor intermédio.
 - À temperatura normal e no estado puro têm poucos electrões livres podendo considerar-se quase como isoladores .
 - Acrescentando-se impurezas “dopando-se” o material com impurezas do grupo III e V pode-se obter amostras com condutividade média.
-
-

Circuito Eléctrico

- É um circuito físico material ou através do vazio por onde podem circular electrões ou iões .
 - Analogia Hidraulica :
 - A corrente eléctrica, pode-se compreender por analogia com os fluxos de fluídos (como os líquidos)
 - A corrente circula sempre em circuitos através de partes elementares que se designam por elementos dos circuitos
 - Os circuitos electricos são constituídos por materiais condutores e por materiais isoladores (que acumulam cargas)
-
-

Elementos do circuito electrico

- Partes activas:
 - Geradores
 - Partes passivas:
 - Resistências
 - Condensadores
 - Indutâncias
-
-

Grandezas num circuito eléctrico

- Diferença de Potencial ou Tensão (na gíria “voltagem”) mede-se em Volt
 - Corrente mede-se em Ampere
 - Potência fornecida ou consumida mede-se em Watt. A energia consumida mede-se em Wh ou KWh
 - A grandeza do elemento resistência mede-se em Ohm
 - A grandeza do elemento condensador mede-se em Farad (na prática só se usa o micro-farad)
 - O elemento indutância mede-se em Henry (na prática de electricidade usa-se o micro-henry ou o mili-henry)
-
-

O circuito mais simples

- O circuito mais simples é constituído por:
 - Um Gerador
 - Um Interruptor
 - Um consumidor
- O Gerador disponibiliza energia eléctrica que é consumida ou seja transformada noutra forma de energia, no elemento consumidor, quando o circuito é fechado ou seja, quando se permite a deslocação de electrões que formam a corrente eléctrica

Nota: considera-se que os elementos condutores desse circuito têm resistência desprezável em relação à resistência do consumidor

Lei de Ohm

- A lei que relaciona as grandezas eléctricas num circuito chama-se Lei de Ohm que nos diz que
- $V=R*I$
- Onde V é a Tensão, R a resistência do circuito e I é a corrente que circula nesse circuito
- Derivada da lei de Ohm e da definição de Diferença de Potencial podemos dizer que a Potência Eléctrica fornecida ou consumida é $P=V*I$ ou seja $P= R*I^2$ ou ainda $P=V^2/R$

Semicondutores(recapitulação)

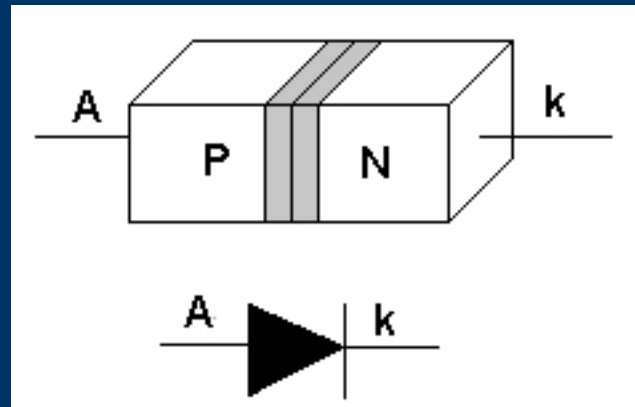
- São substâncias elementares ou compostos com 4 electrões na camada de valência, que puros e à temperatura ambiente têm quase todos os electrões na banda de valência compartilhados entre os átomos do cristal e são por isso maus condutores.
 - Quando se lhes adiciona impurezas de forma controlada, algumas das ligações de valência ficam com falta ou excesso de electrões e por isso capturam ou libertam os electrões para a banda de condução tornando condutor o cristal com propriedades eléctricas definidas pelo tipo e percentagem de átomos das impurezas.
-
-

Dopagem de Semi-condutores

- Adicionando a um cristal de semicondutor puro, de forma controlada, átomos dos grupos III (3 electrões na camada de valência) e V (cinco electrões na camada de valência) obtém-se uma liga com propriedades condutoras controladas. Devido à camada de valência do conjunto semicondutor – dopante ter mais ou menos do que os 4 electrões no semicondutor puro
 - Assim se obtêm semicondutores P (falta de electrões – lacunas) ou N (excesso de electrões)
-
-

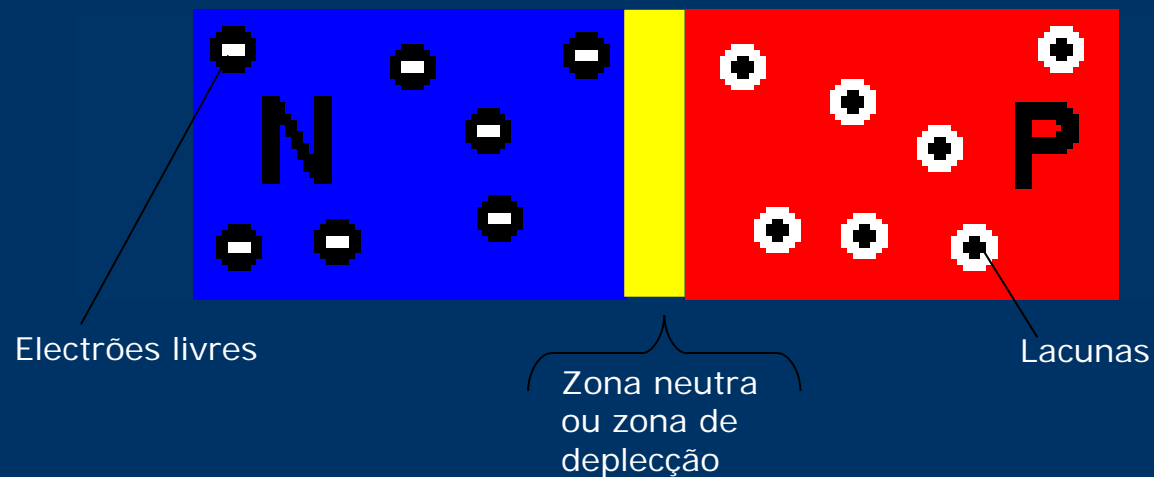
Constituição de uma Junção

- Uma junção pode ser Díodo de Junção
- Ou um gerador de CC Fotovoltaico



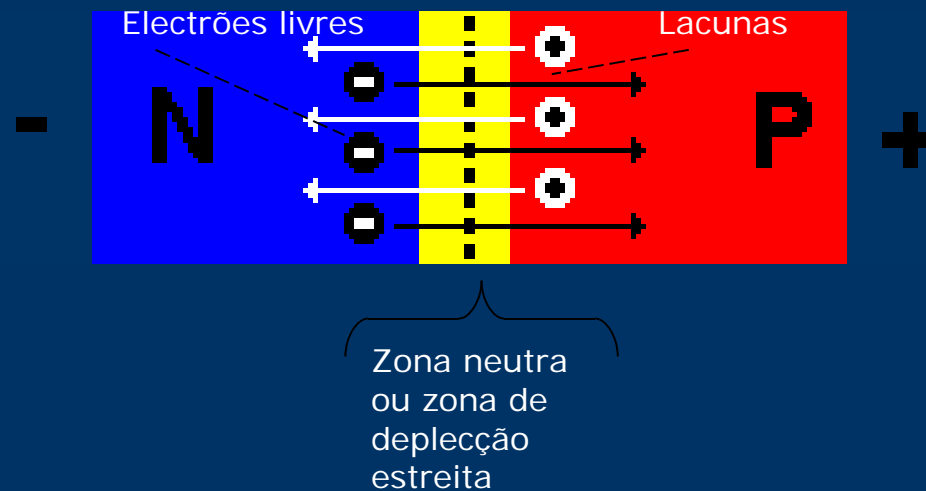
Constituição do Díodo

- Junção PN



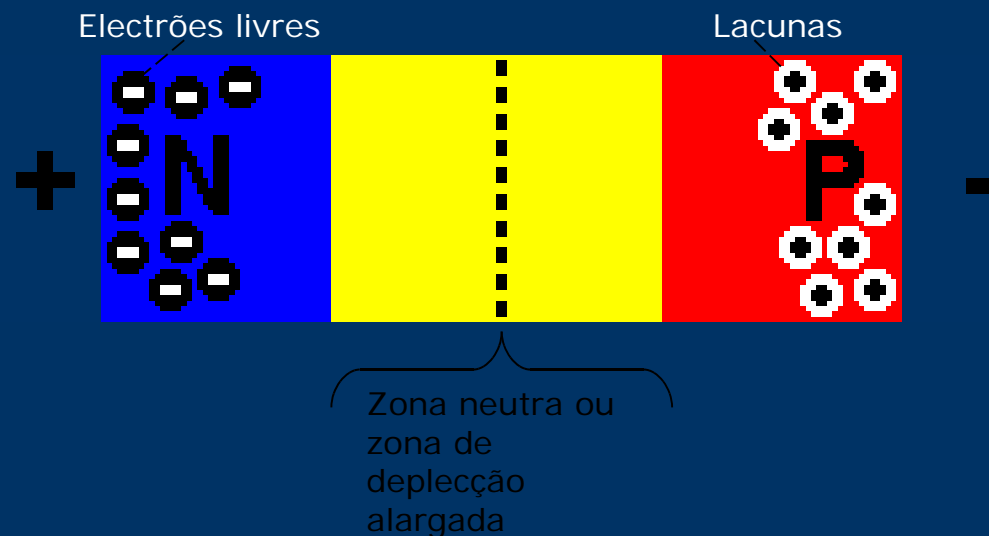
JUNÇÃO POLARIZADA DIRECTAMENTE

Quando polarizado directamente um díodo rectificador conduz porque na junção PN a zona neutra ou zona de depleção (zona sem portadores de carga eléctrica) estreita a resistência eléctrica diminui e a corrente eléctrica passa.



JUNÇÃO POLARIZADA INVERSAMENTE

Quando polarizado inversamente um díodo rectificador não conduz porque na junção PN a zona neutra ou zona de deplecção (zona sem portadores de carga eléctrica) alarga a resistência eléctrica aumenta significativamente e a corrente eléctrica não passa.



Queda de tensão interna

Quando o diodo está polarizado directamente a corrente eléctrica ao passar pela zona neutra ou zona de depleção que apresenta uma certa resistência, origina uma queda de tensão ($U=RxI$).

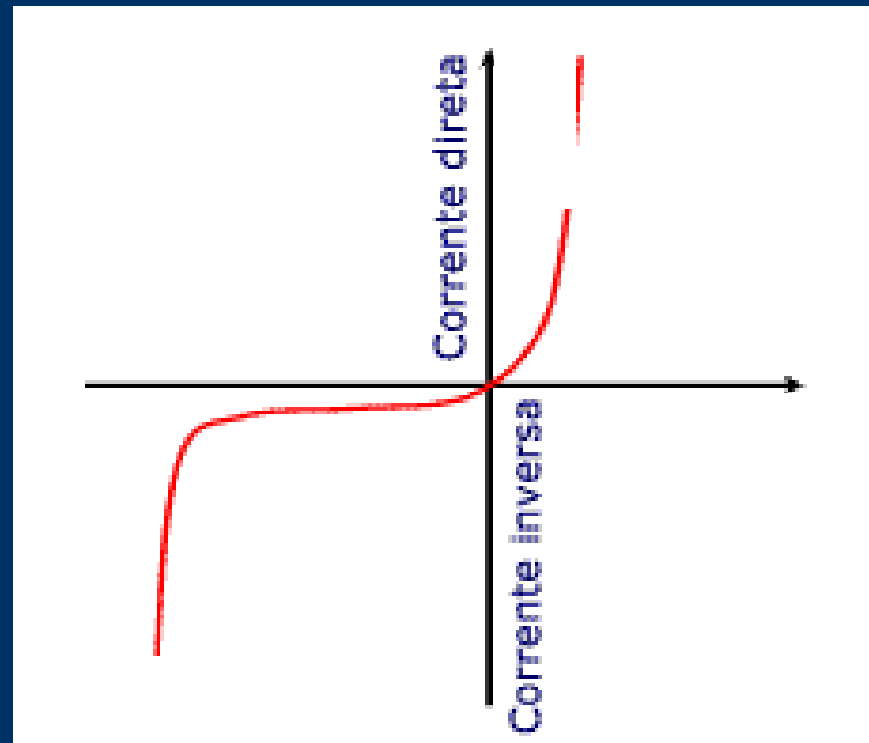
Nos **díodos de silício** essa queda de tensão interna pode variar entre 0,6Volt e 1 Volt.

Nos **díodos de germânio** essa queda de tensão interna pode variar entre 0,2Volt e 0,4Volt.

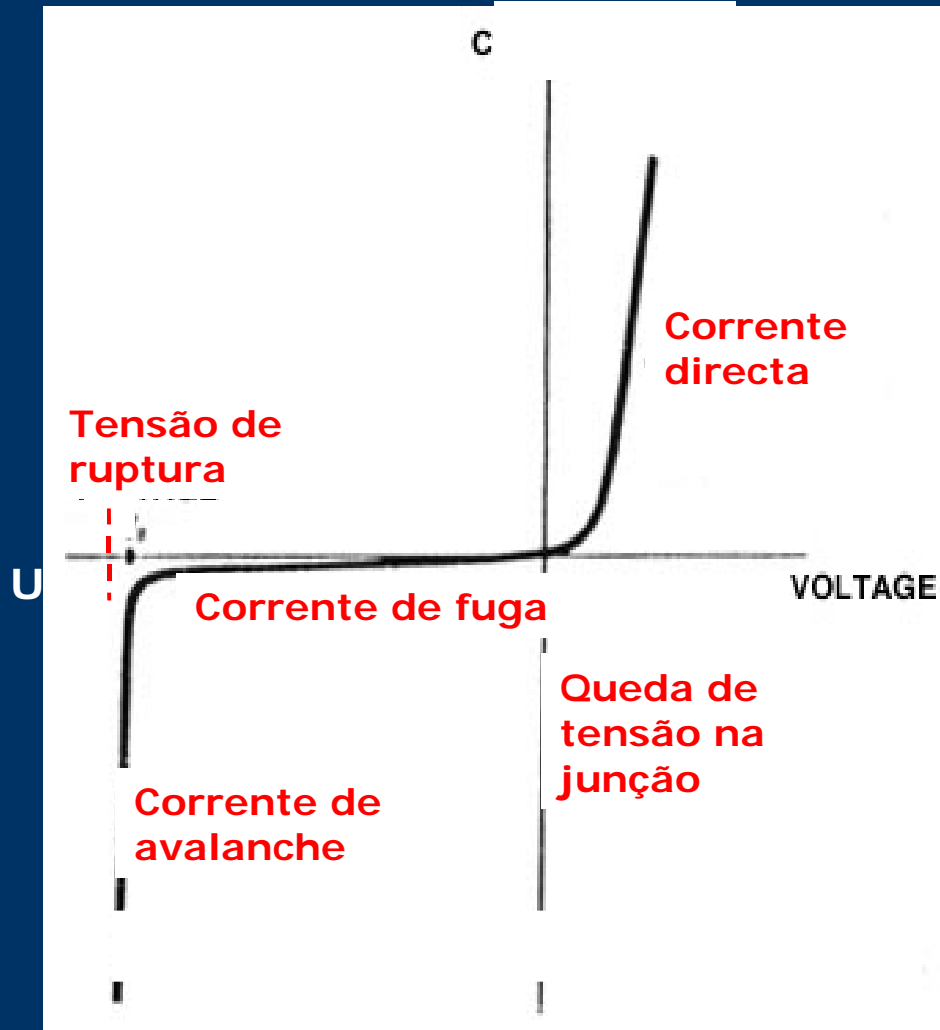
Curva Tensão Corrente no Díodo

- A zona de condução directa e a zona de condução inversa estão em escalas diferentes para melhor compreensão

1º quadrante	Tensão directa	U_F
	Corrente directa	I_F
3º quadrante	Tensão inversa	U_R
	Corrente inversa	I_R



Curva característica



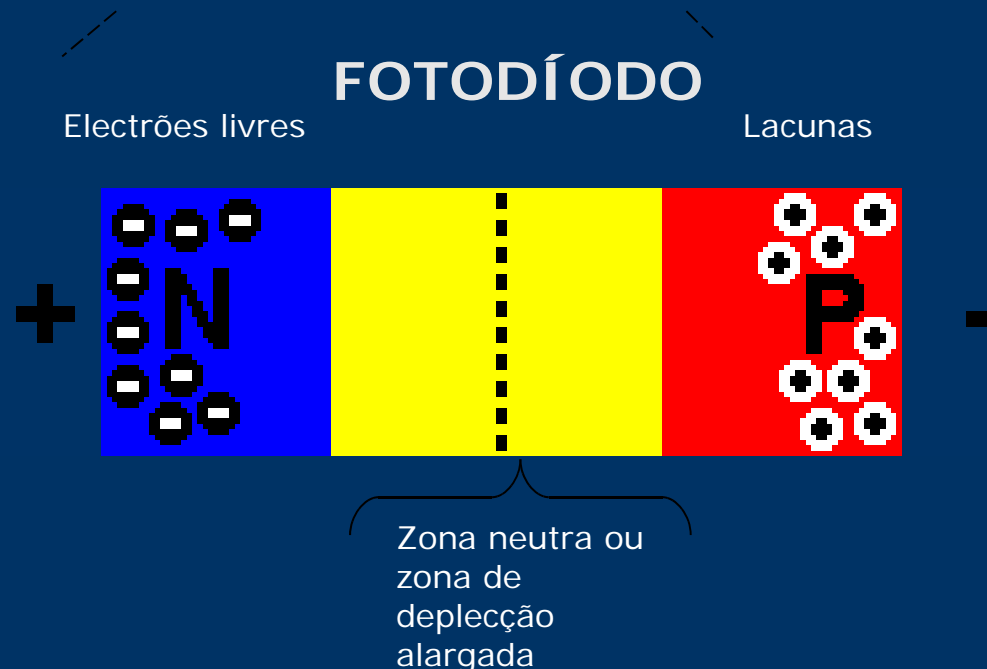
Pode-se observar na curva característica do **1º quadrante** (diodo polarizado directamente) que à medida que se aumenta a tensão directa (U_F) a corrente directa (I_F) também aumenta.

Na curva do **3º quadrante** (diodo polarizado inversamente) podemos observar que para uma dada faixa da tensão inversa (U_R) a corrente inversa (I_R) é desprezível (corrente de fuga). A tensão inversa não pode atingir a tensão de ruptura pois isso acarreta que o diodo passe a conduzir em sentido contrário (rompeu a junção PN).

Junções PN sob acção da Luz

A) Polarizada Inversamente

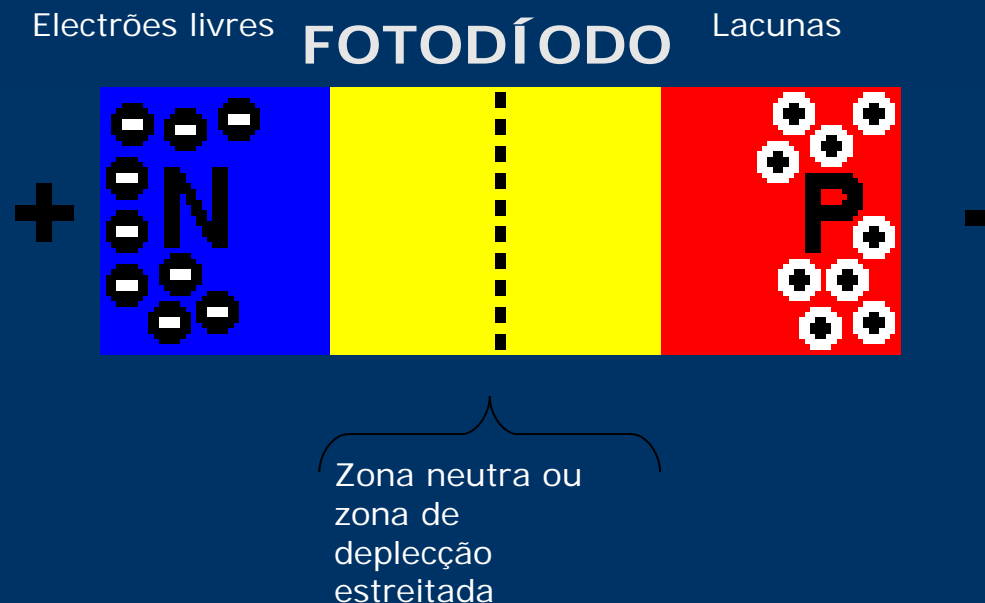
Os fotões ao chocar com os átomos na junção (zona de depleção) se tiverem energia suficiente rompem ligações covalentes criando pares electrão-lacuna que são atraídos respectivamente para o pólo positivo e negativo proporcionando uma corrente inversa de valor proporcional ao fluxo luminoso incidente.



Junções PN sob acção da Luz

B) Polarizada Directamente

Os fotões ao chocar com os átomos na junção (zona de depleção) se tiverem energia suficiente rompem ligações covalentes criando pares electrão-lacuna que são atraídos respectivamente para o pólo positivo e negativo proporcionando uma corrente directa adicional ou seja aumentando a corrente de saturação na junção através do aumento de portadores disponíveis.

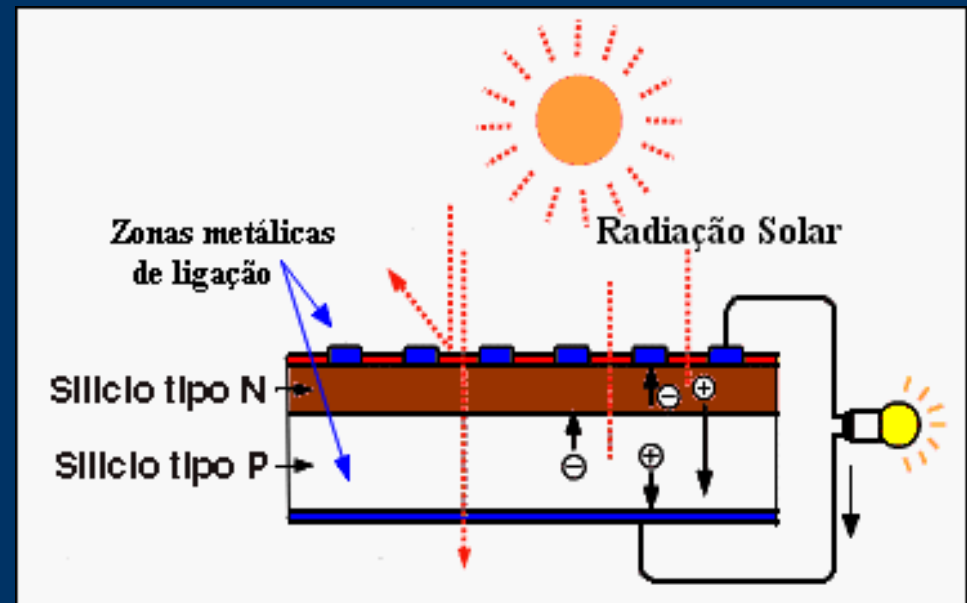
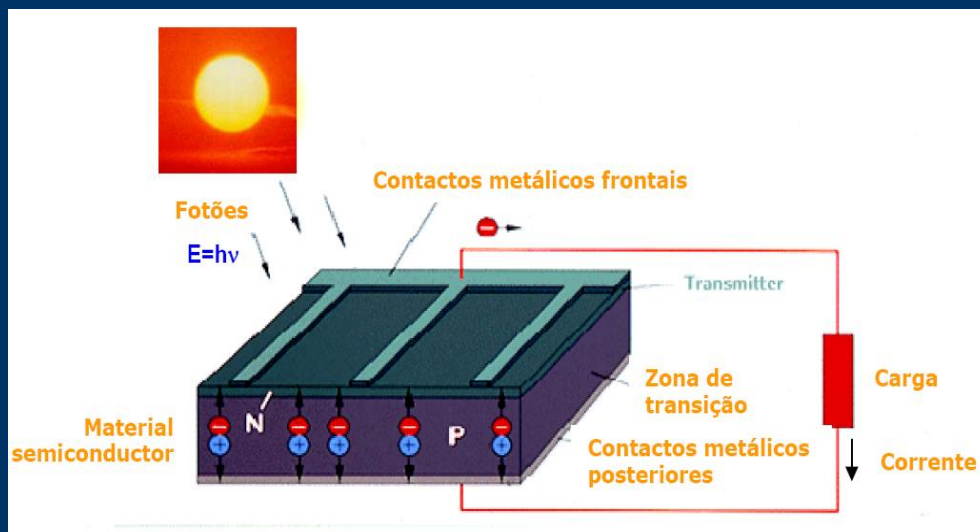


Junções PN sob acção da Luz

C) Sem Polarização Externa

CÉLULA FOTOVOLTAICA

Os fotões ao chocar com os átomos na junção (zona de depleção) se tiverem energia suficiente rompem ligações covalentes criando pares electrão-lacuna que são direccionados pelo campo existente na zona de depleção (se entretanto não se recombinarem) para os pólos P + e N – criando uma disponibilidade para de cargas para circular pelo circuito externo ou seja criando um gerador eléctrico



CÉLULA FOTOVOLTAICA de SILÍCIO

As células foto-voltaicas tradicionais de silício apresentam uma ddp (tensão ou voltagem) de 0,5V aos seus terminais quando estimuladas pela luz e debitam uma corrente dependente da sua superfície activa e do nível de iluminação incidente.

Daí que seja necessário agrupá-las em conjuntos série paralelo de modo a obter aos terminais desses conjuntos a tensão e a corrente necessárias para a sua potência nominal.

Existem 3 tecnologias maioritárias na fabricação de células de silício:

- Monocristalino
- Policristalino
- Amorfo

CÉLULA FOTOVOLTAICA de OUTROS MATERIAIS

A procura do aumento da eficiência da conversão foto voltaica
(luz-electricidade)

A procura de menores custos de produção

A procura de tecnologias de implementação mais simples para as
células foto-voltaicas

Tem levado a explorar outros materiais inorgânicos como as ligas
metálicas e compostos orgânicos

São promissoras como matérias primas de células foto-voltaicas as
ligas ou compostos seguintes:

- Arsenieto de Gálio
- Telureto de cádmio
- Disseleneto de cobre e índio
- Polímeros orgânicos condutores e semicondutores
- Nanotecnologias dos materiais supra-citados e outros
em investigação (lembrar o sucesso da vida com a
clorofila)

Tecnologia e aparência

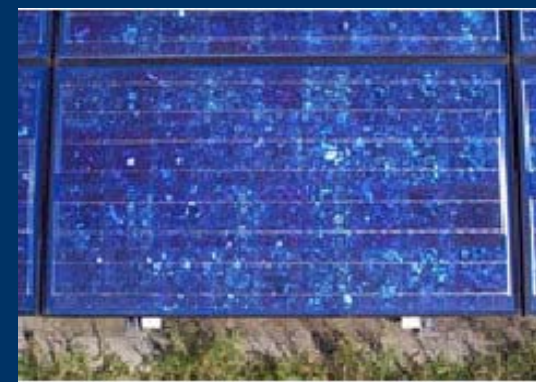
Células de silício mono-cristalino: 1ª geração

As células são obtidas por corte das barras do mono-cristal de silício, em forma de pastilhas quadradas finas (0,4-0,5 mm de espessura). São caracterizadas por um rendimento energético de conversão elevado (até 28% em laboratório e 16-18% disponível nos módulos comerciais). São as de preço mais elevado



Células de silício poli-cristalino: 2ª geração

Estas células são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão de bocados de silício puro em moldes especiais, com arrefecimento lento. Neste processo, forma-se uma estrutura poli-cristalina com superfícies de separação entre os micro-cristais. São caracterizadas por um rendimento energético de conversão médio (18% em laboratório e 11-13% disponível nos módulos comerciais). O seu preço é intermédio.



Células de silício amorfo: 3ª geração-película fina

Estas células são obtidas por meio da deposição de camadas muito finas de silício sobre superfícies de vidro, cerâmica ou metal ou mesmo materiais flexíveis. São caracterizadas por um rendimento energético de conversão baixo (13% em laboratório e 8-10% disponível nos módulos comerciais). Podem ser integrados na construção como telhas e painéis de paredes. São as mais baratas.

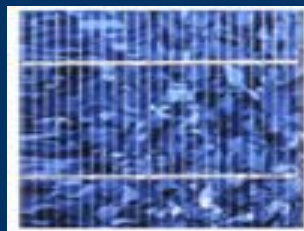
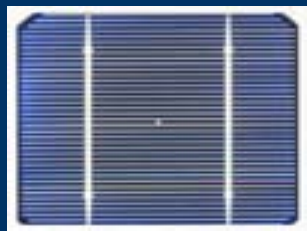


RENDIMENTO EM FUNÇÃO DA TECNOLOGIA

Rendimento da células de Silício:

- Mono-cristalino 15 – 28% (módulos industriais 16-18%)
- Poli-cristalino 11 -28 % (módulos industriais 11-13%)
- Amorfo 8 -12% (módulos industriais 8-10%)
- O rendimento depende dos materiais e da temperatura sendo que a temperaturas mais altas o rendimento diminui
- Existem em estudo e em aplicações industriais específicas células de outros materiais cujos rendimentos são promissores (experimentalmente já se superou os 40%)

RENDIMENTO POR TECNOLOGIA



Célula Monocristalina

Rendimento: 15 – 28%
12 kg Si / kWp

Célula Policristalina

rendimento: 11 – 18%
12 kg Si / kWp

Células em filme

fino (Amorfas, CIS CdTe)

rendimento: 5 – 12%
0.2kg Si / kWp

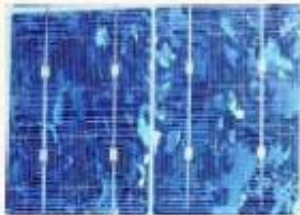
Tecnologia	Área requerida m2/KWp
Monocristalina	8
Policristalina	8,5
CIS (cobre-indio-silício)	11
CdTe	16

Quadro Resumo do Rendimento

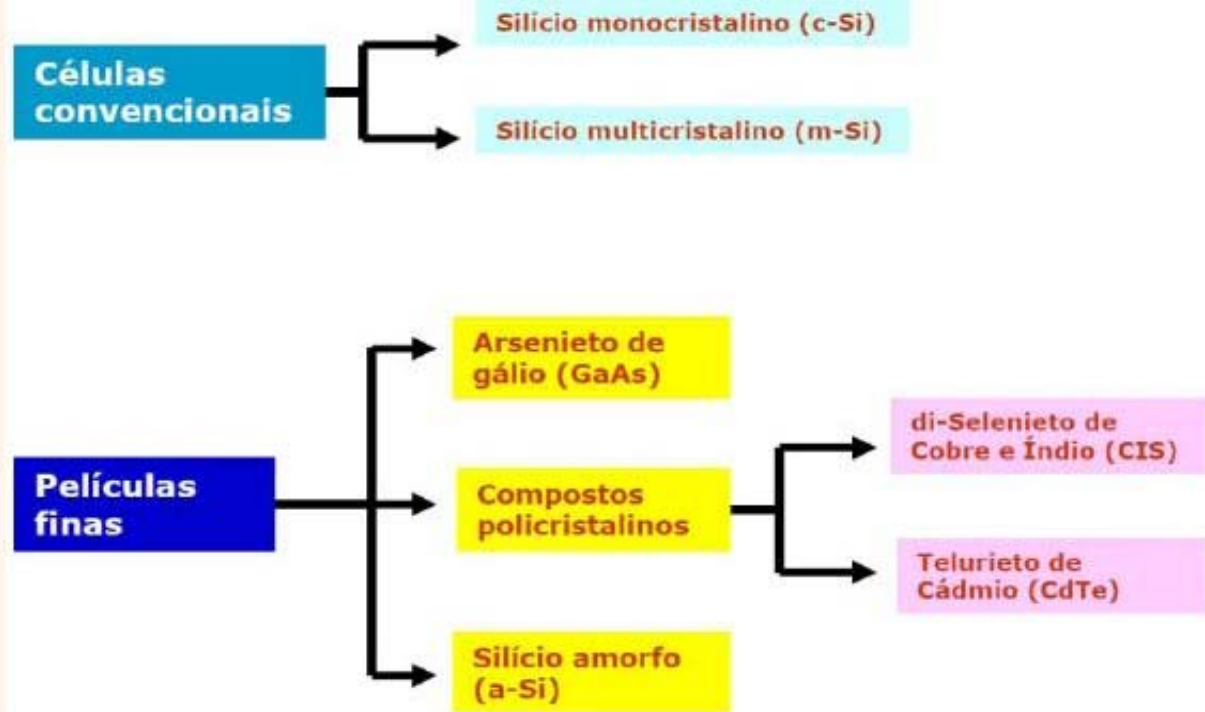
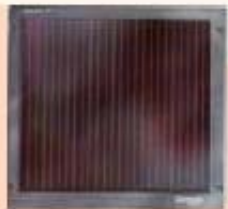
Silício Monocristalino



Silício Policristalino



Silício Amorfo



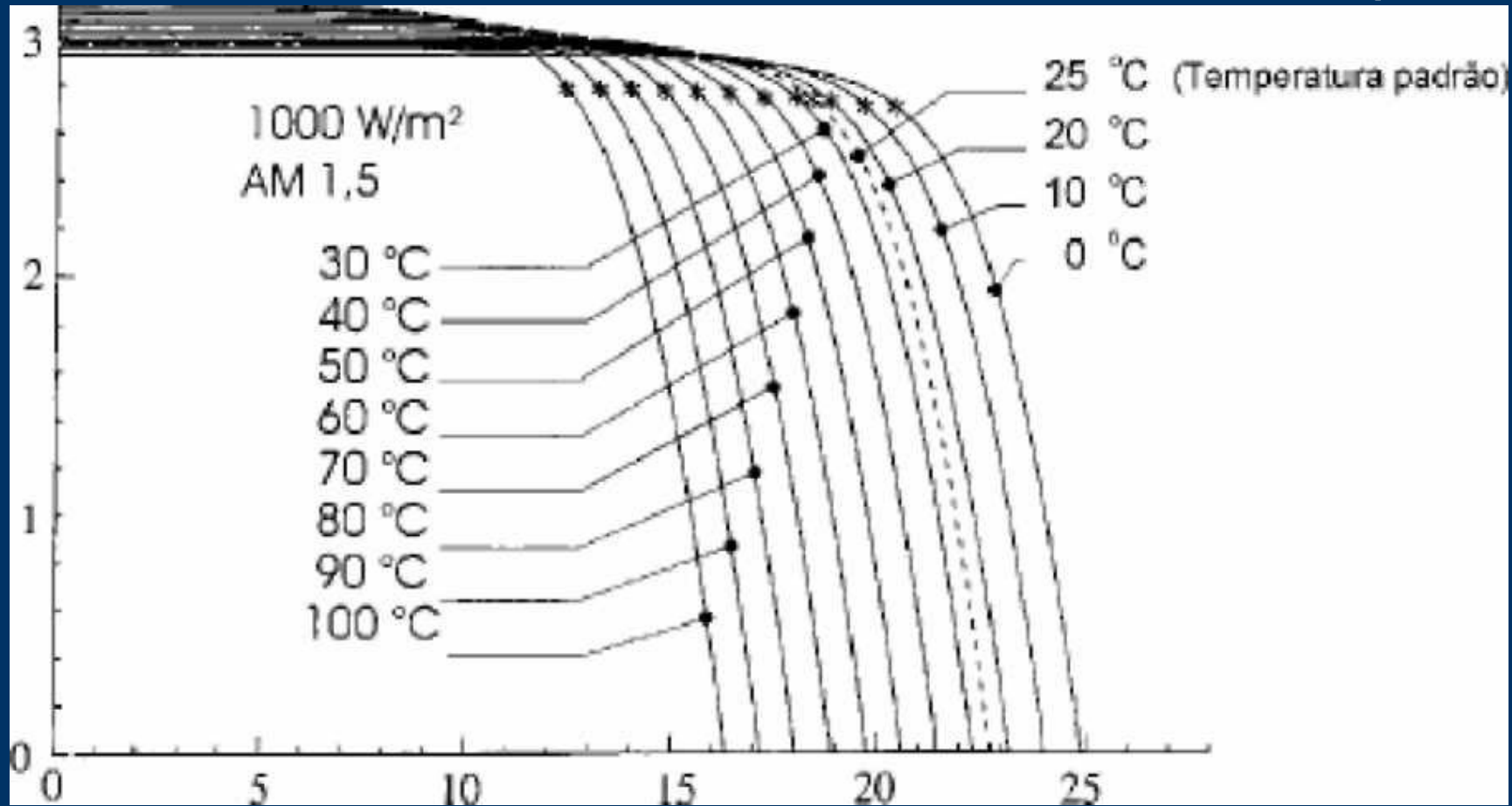
Tecnologia	max (célula) (Laboratório)	max (módulo)	típ. (Indústria)
Silício monocristalino	24,7 %	22,7	12 a 16 %
Silício multicristalino	19,8 %	15,3	11 a 14 %
Silício amorfo	12,7 %	-	5 a 8 %
Selenieto de Cobre e Índio	18,2 %	12,1	-
Telurieto de Cádmio	16,0 %	10,5	-

RENDIMENTO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

O rendimento depende dos materiais e da temperatura sendo que a temperaturas mais altas o rendimento diminui

A

V



FACTORES QUE INFLUENCIAM O RENDIMENTO

Reflexão

Uma grande parte da radiação que atinge o painel fotovoltaico é reflectida, pela camada de vidro colocada na parte superior do painel e pelos eléctrodos frontais.

Desadaptação espectral

Para radiações com comprimentos onda $\lambda > 1100\text{nm}$ não haverá lugar à produção de pares electrões-lacunas, porque a energia de um fotão é inferior à energia necessária para o electrão saltar da valência para a de condução.

Recombinação dos pares electrões-lacunas

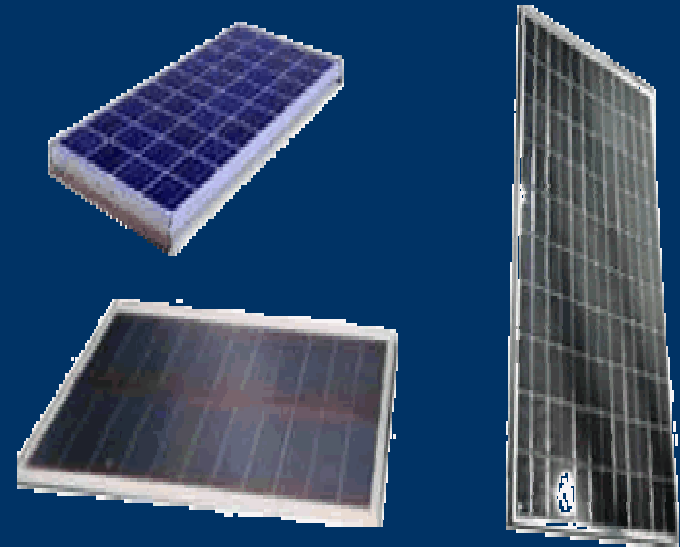
Após geração de um electrão livre, este pode não contribuir para corrente porque antes de sair da junção se recombina com uma lacuna.

Aumento de temperatura

O aumento da temperatura da célula faz com que o rendimento do módulo diminuía, assim baixando os pontos de operação para potência máxima gerada

Capítulo II—Módulos Foto-voltaicos

O módulo ou painel solar - o primeiro componente de um sistema eléctrico de energia solar - é uma associação de células foto-voltaicas em geral de silício, que geram electricidade a partir da luz solar e a disponibilizam com características de tensão e corrente adequadas aos consumidores. Uma única célula solar produz apenas cerca de 0,5 Volt.



Nos módulos ou painéis comerciais produzidos industrialmente, as células foto-voltaicas são conectadas em série e em paralelo de forma que na sua saída a energia eléctrica tenha as característica de tensão e corrente necessários para a sua aplicação. Os valores típicos na indústria dos painéis solares: 12V, 24V e 48 V por painel com potências desde 10 a 280 W.

Características dos Módulos Foto-voltaicos

Características Funcionais dos Módulos Solares Fotovoltaicos :

- Têm a energia solar como fonte de energia, substituindo os combustíveis e não libertando CO₂
 - Geram energia mesmo em dias nublados;
 - São leves compactos e de construção reforçada e duradoura;
 - São de simples instalação;
 - Têm fácil manuseio e transporte.
 - É fácil construir vários sistemas conforme a necessidade.
 - Têm uma longa vida útil . Usualmente têm garantia de 25 anos com 80% do rendimento inicial.
 - São compatíveis com qualquer tipo de baterias;
 - Têm funcionamento silencioso;
 - Têm funcionamento simples e confiável;
 - Têm manutenção muito baixa;
 - Não possuem partes móveis que podem se desgastar;
 - Não produzem contaminação ambiental: usam materiais integralmente recicláveis
-
-

Características dos Módulos Foto-voltaicos

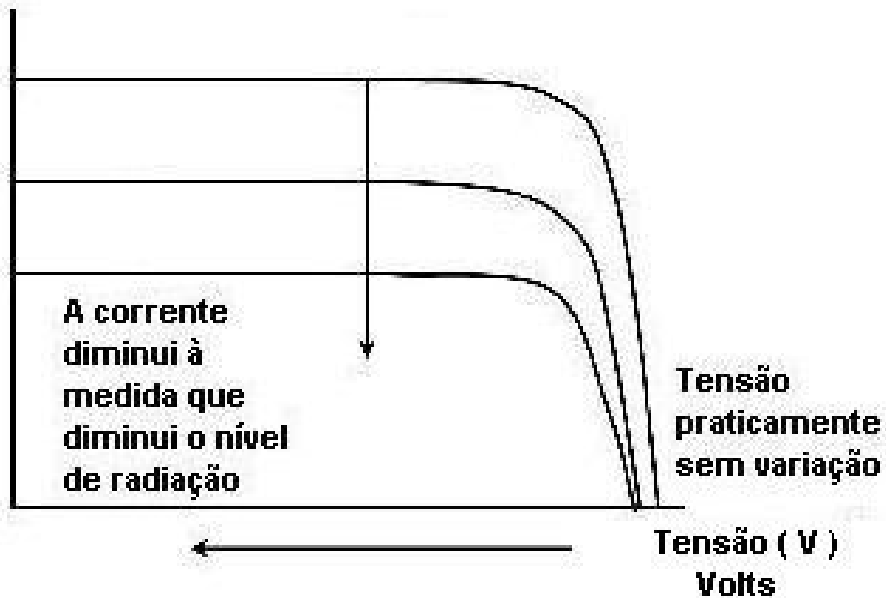
Características Eléctricas dos Módulos Fotovoltaicos:

- Geralmente a potência dos módulos é dada pela potência de pico, ou seja a potência máxima fornecida em condições óptimas de temperatura e radiação solar incidente.
- Tão necessárias quanto este parâmetro, existem outras características eléctricas que melhor caracterizam a funcionalidade do módulo. As principais características dos módulos são as seguintes:
- Tensão em Circuito Aberto (VOC)
- Corrente de Curto Circuito (ISC)
- Potência Máxima (PM)
- Tensão Eléctrica à Potência Máxima (VMP)
- Corrente à Potência Máxima (IMP)

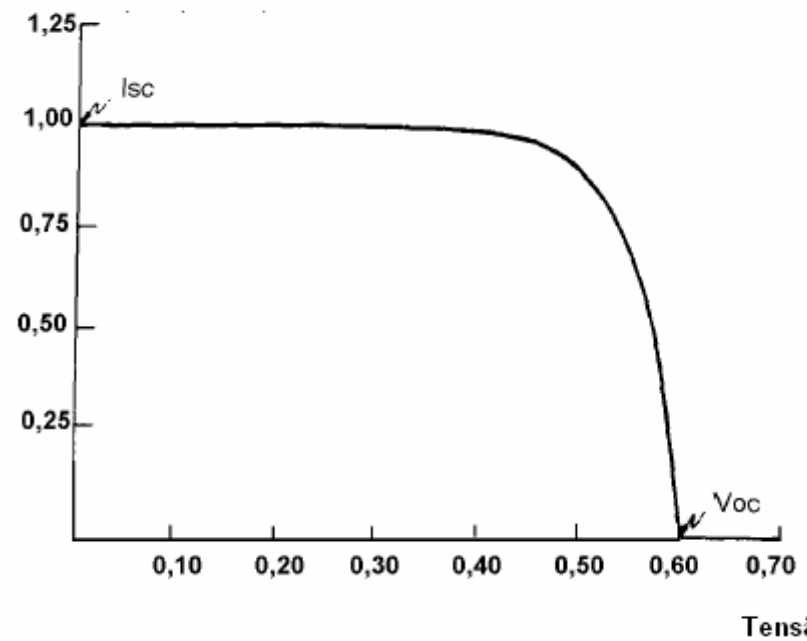
A condição padrão para se obter as curvas característica dos módulos é definida pela radiação de 1000 W/m², radiação recebida na superfície da Terra em dia claro ao meio-dia, e temperatura de 25° C na célula (a eficiência da célula é reduzida com o aumento da temperatura.)

Curvas Características

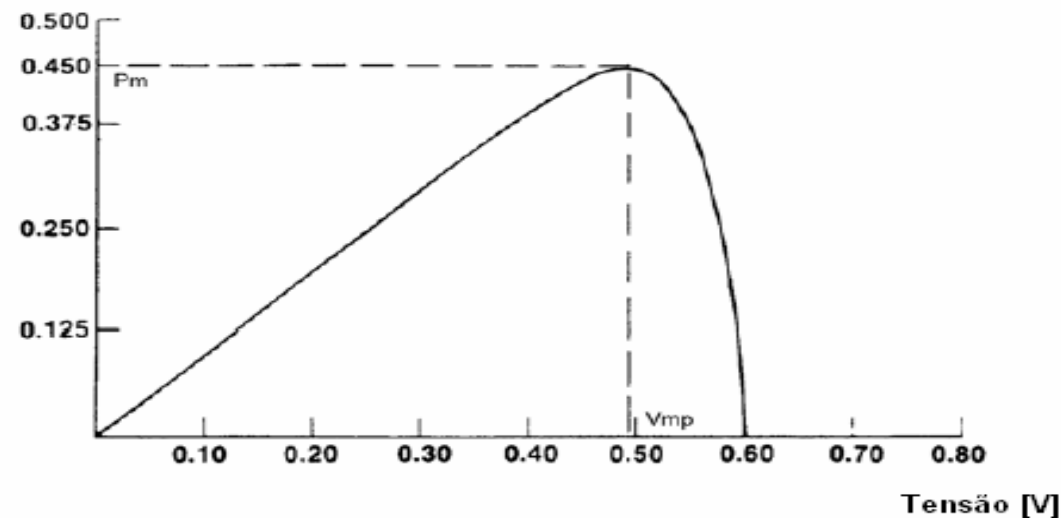
Corrente (I)
Amperes



Corrente [A]



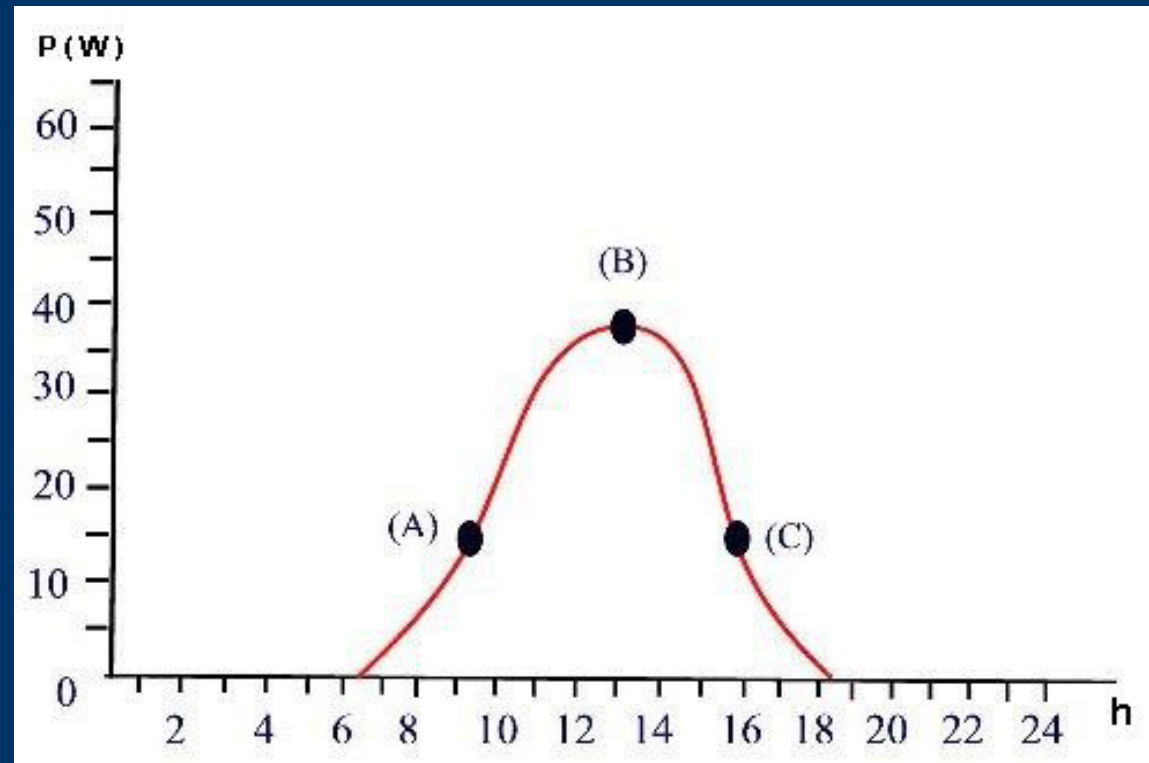
Potência [w]



Potência Máxima de Saída

A curva de potência máxima de um módulo em função da hora do dia tem a forma indicada neste diagrama de carga:

A quantidade de energia que o módulo é capaz de entregar durante o dia é representada pela área compreendida sob a curva da acima e mede-se em Watts hora/dia.



Observa-se que não é possível falar de um valor constante de energia entregue pelo módulo em Watts hora uma vez que varia conforme a hora do dia. Será necessário então trabalhar com os valores da quantidade de energia diária entregue. (Watts hora/dia).

Interacção Módulo-Carga

- A curva I-V corrigida para as condições ambientais reinantes, é só uma parte da informação necessária para saber qual será a característica de saída de um módulo.
- Outra informação imprescindível é a característica operativa da carga a conectar.
- É o tipo de carga que determina o ponto de funcionamento na curva I-V.

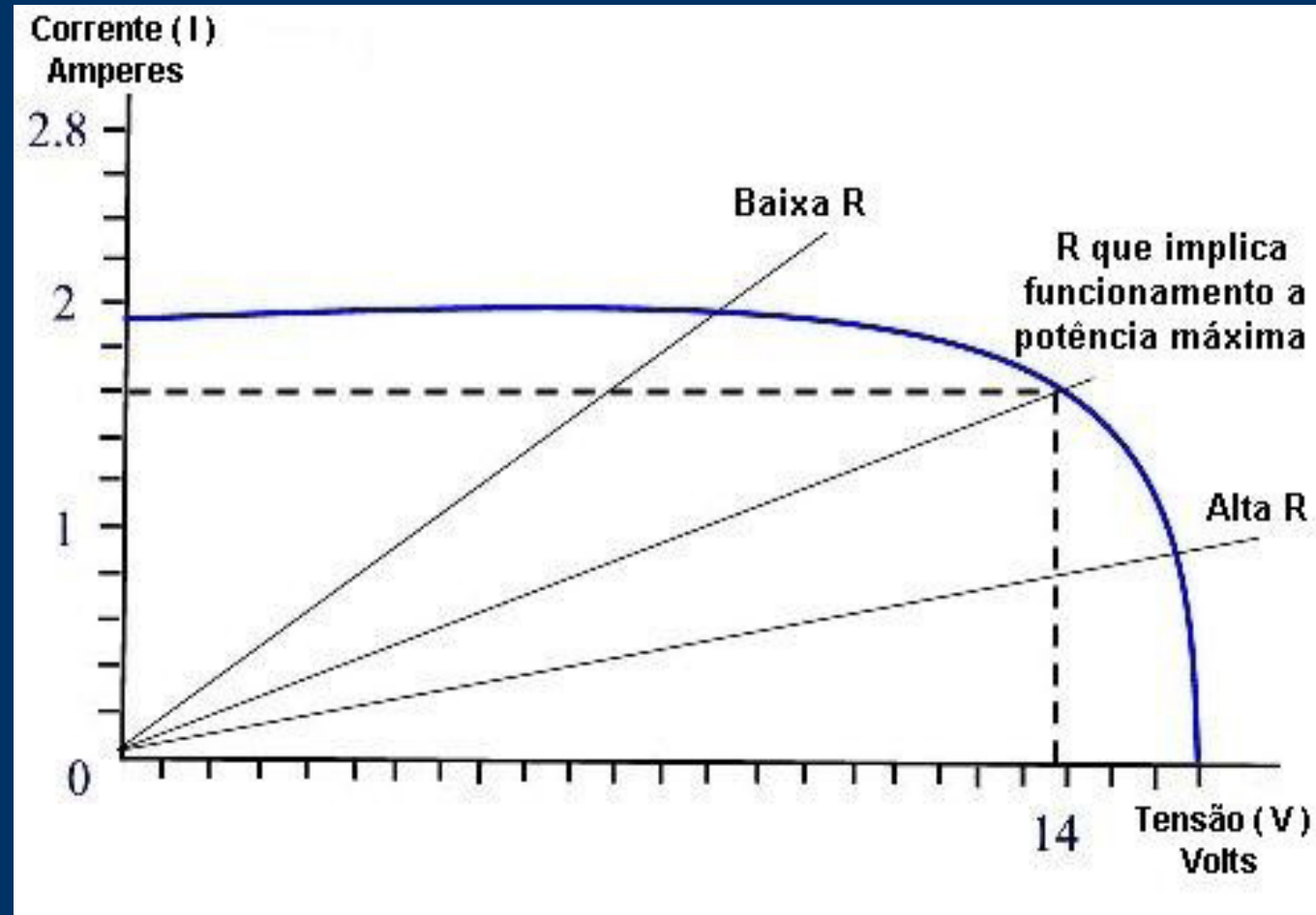
É pois necessário verificar o comportamento dos módulos foto-voltaicos conjuntamente com as cargas mais comuns:

- Carga resistiva
 - Baterias
 - Motores
 - Inversores
-
-

Carga Resistiva Pura

**Interacção com
uma carga
resistiva**

**No exemplo mais
simples, ligam-se
os terminais de
um módulo aos
de uma lâmpada
incandescente
(que se comporta
como uma
resistência
eléctrica pura)**

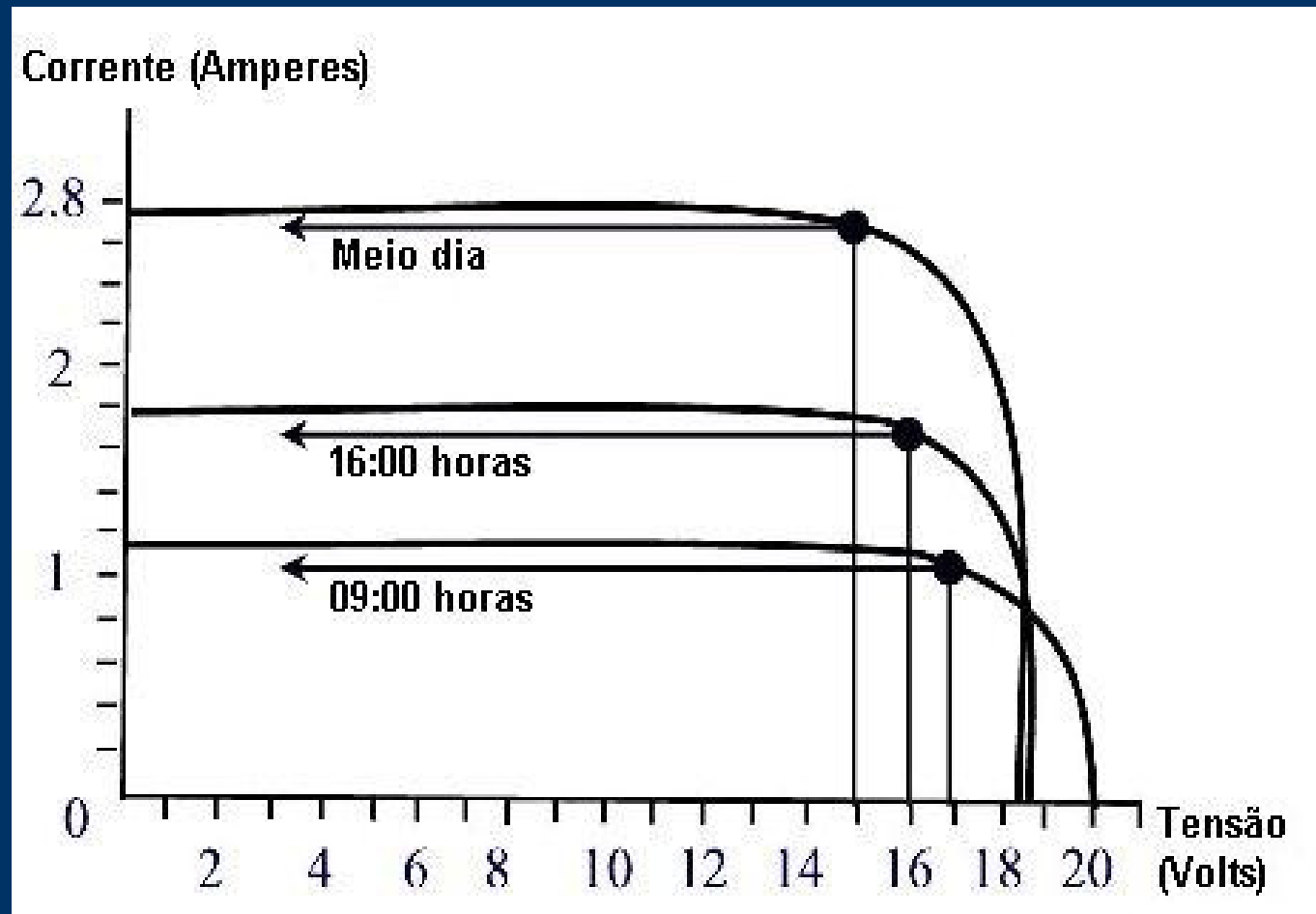


O ponto de operação do módulo será o da intersecção da sua curva característica com uma recta que representa graficamente a expressão $I = V / R$, sendo R a resistência da carga a conectar.

Bateria

Uma bateria tem uma tensão que depende do seu estado de carga, antiguidade, temperatura, regime de carga e descarga, etc. Esta tensão é imposta a todos os elementos que a ela estão ligados, incluindo o módulo fotovoltaico.

bateria.

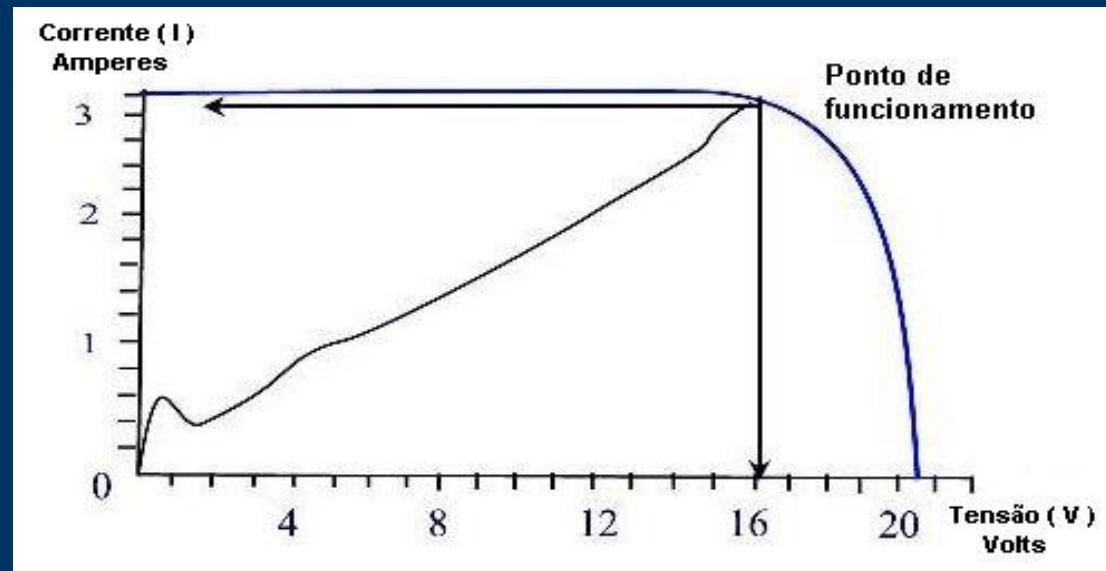


É incorrecto pensar que um módulo com uma tensão máxima de saída de 20 volts elevará uma bateria de 12 volts para 20 volts e a danificará. É a bateria que determina o ponto de funcionamento do módulo. A bateria varia sua amplitude de tensão entre 12 e 14 volts. Dado que a saída do módulo fotovoltaico é influenciada pelas variações de radiação e de temperatura ao longo do dia, isto se traduzirá numa corrente variável entrando na bateria

Motor

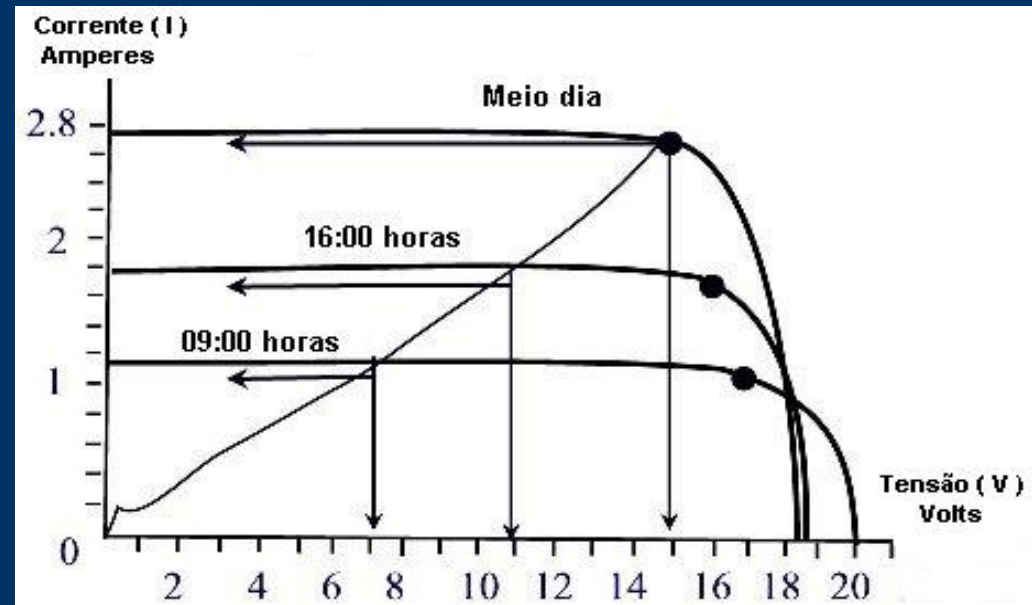
Um motor de corrente contínua tem também uma curva I-V.

A intersecção da mesma com a curva I-V do módulo determina o ponto de funcionamento.



Quando se liga um motor directamente ao sistema fotovoltaico, sem bateria nem controlos intermediários, diminuem os componentes envolvidos e portanto aumenta a fiabilidade.

Mas, como mostra a figura, não se aproveitará a energia gerada nas primeiras horas da manhã e ao entardecer.



Aplicações dos Módulos Foto-voltaicos I

- Iluminação Pública com lâmpadas de descarga ou LED's AP;
 - Iluminação residencial - (utiliza lâmpadas fluorescentes compactas PLSE de 5 a 18 Watt. 9 Watt equivalente a lâmpada de 60 watts incandescentes) super económica - de longa vida - gasta 0,75 ampére/hora, ou mais recentemente LEDS de alta intensidade ainda mais económicos com consumos entre 3 e 15 W e com uma capacidade luminosa correspondente das lâmpadas anteriores de 25 a 250 W;
 - Bombeamento de água;
 - Cerca Elétrica;
 - Recepção de TV/Antena Parabólica;
 - Comunicação em geral e rádio comunicação;
 - Telefonia celular e rural;
 - Sinalização em geral;
 - Carregador de baterias: Automóveis, camiões e máquinas agrícolas ;
 - Embarcações em geral.
-
-

Aplicações dos Módulos Foto-voltaicos

//

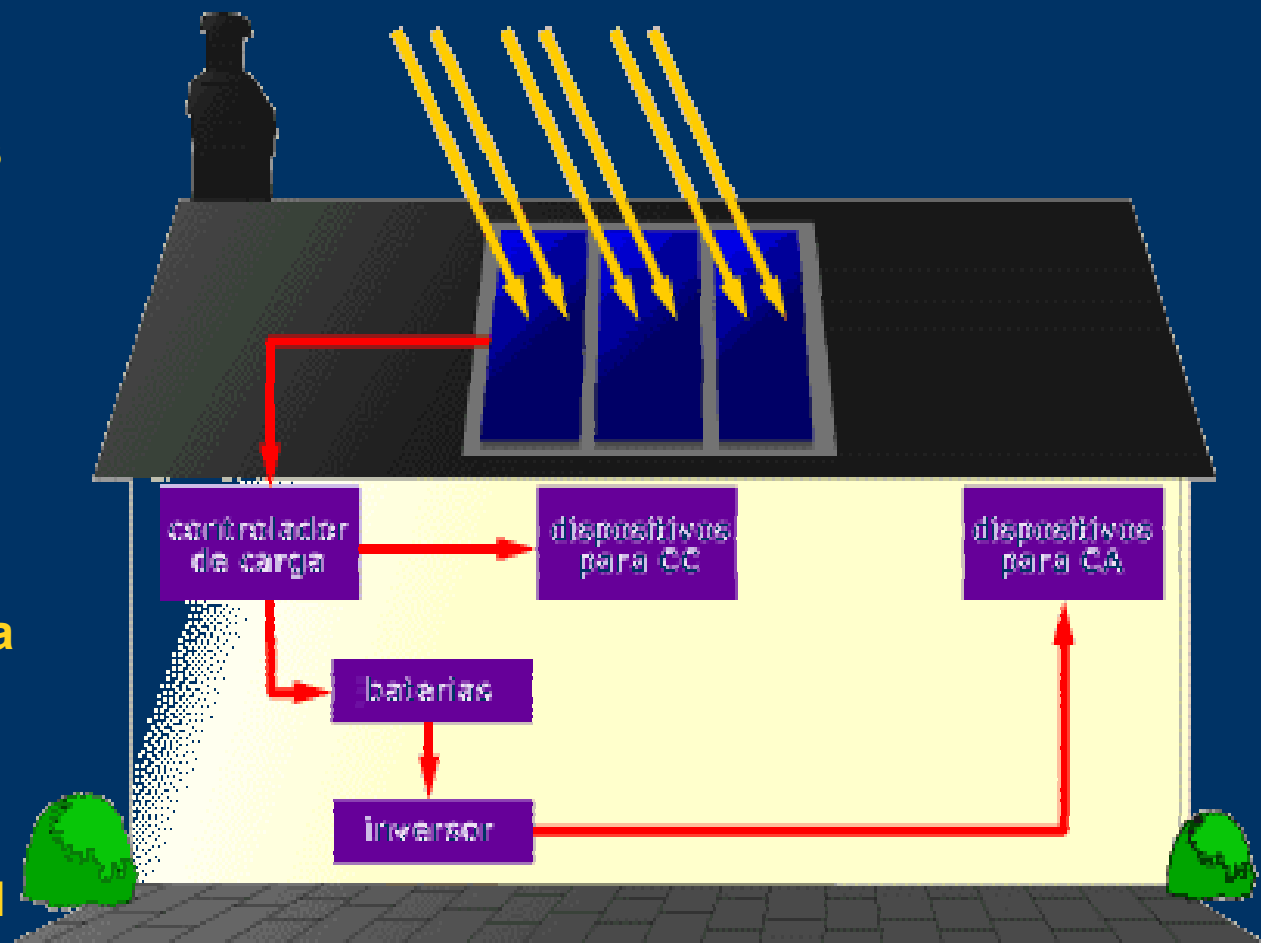
**Electrificação de residências;
Micro-produção;
Subestações energéticas em zonas de província;
Iluminação pública autónoma;
Telecomunicações e Tele-sinalização;
Fornecimento de água potável e irrigação;
Refrigeração medicinal;
Protecção catódica contra corrosão em tubagens.
Cercas eléctricas**

Pequenos Sistemas Foto-Voltaicos

- Um sistema solar fotovoltaico é um conjunto de equipamentos geradores, conversores, armazenadores e consumidores, ligados entre si, formando um circuito eléctrico que permite disponibilizar a energia eléctrica fotovoltaica para os equipamentos consumidores de forma estabilizada e padronizada.
 - O sistema solar fotovoltaico é silencioso não sendo necessário socorrer-se motores. O “combustível solar” nunca se acaba e, ainda, tem a vantagem do sol ser gratuito;
 - Outra grande vantagem da energia solar, é a possibilidade de se ampliar à medida que se necessita de mais energia, sendo necessário para isso apenas a conexão de mais painéis solares.
 - Com os equipamentos disponíveis comercialmente pode ser usado para alimentar todo o tipos de consumidores.
-
-

Sistemas residenciais Isolados

Os sistemas autônomos precisam de acumular energia, para compensar as diferenças existentes no tempo entre a produção de energia e a sua procura. As baterias recarregáveis são os acumuladores de energia. A utilização de acumuladores obriga à utilização de um regulador de carga adequado que faça a gestão do processo de carga e descarga, por forma a proteger e garantir uma elevada fiabilidade e um maior tempo de vida útil dos acumuladores.



©2000 New Staff Works

Um sistema autónomo típico tem os seguintes componentes:

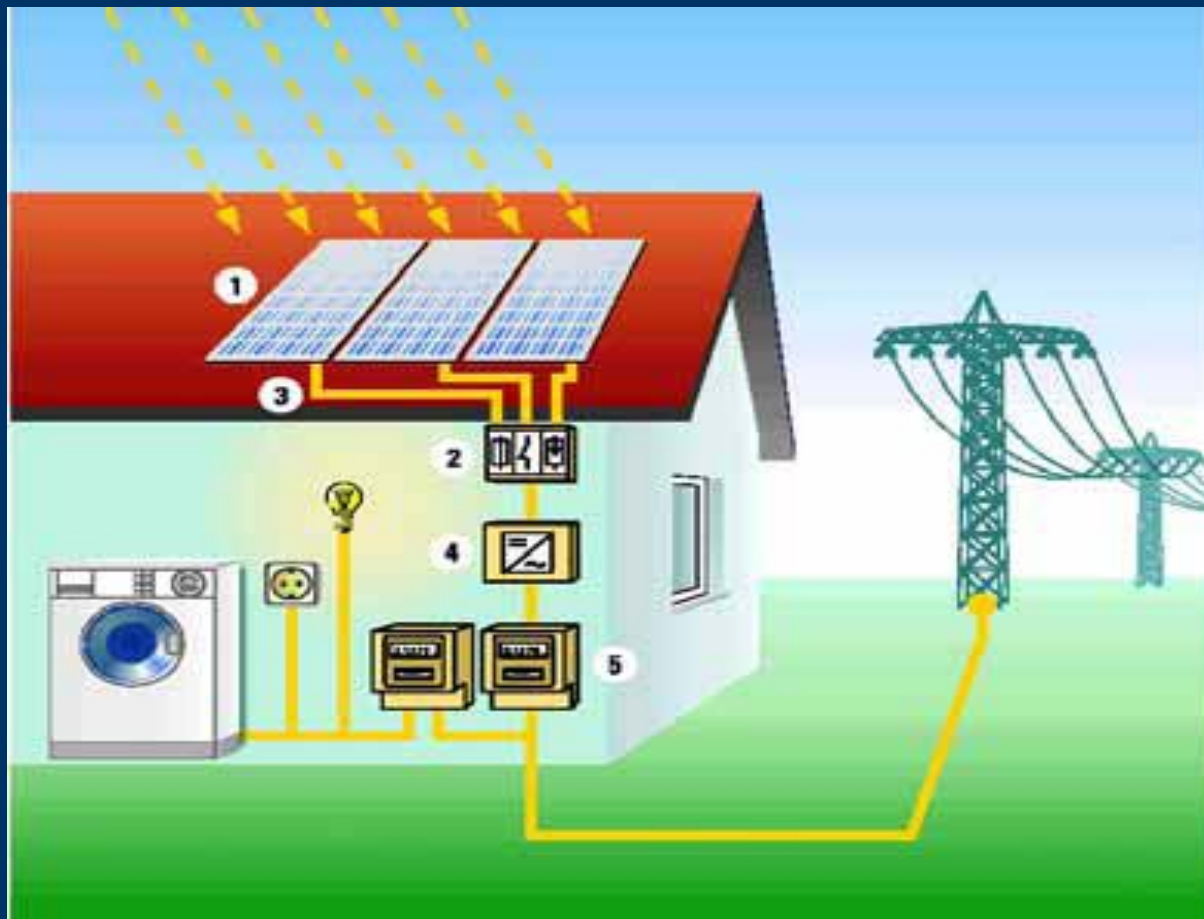
1. Gerador fotovoltaico (um ou vários módulos fotovoltaicos, dispostos em conjuntos série- paralelo)
2. Regulador de carga e descarga
3. Bateria de acumuladores
4. Inversor

Sistemas residenciais ligados à RESP

Em Portugal os governos recentes (2002 a 2009) têm criado incentivos ao investimento em sistemas ligados à rede pública tanto familiares como industriais.

Um sistema fotovoltaico com ligação à rede é composto, normalmente, pelos seguintes componentes:

1. Gerador fotovoltaico (vários módulos fotovoltaicos dispostos em série e em paralelo formando fileiras ou “strings”, com estruturas de suporte e de montagem)
2. Caixa de junção (equipada com dispositivos de protecção e interruptor de corte principal DC)
3. Cabos AC-DC
4. Inversor
5. Mecanismo de protecção e aparelho de medida da energia injectada na rede



CAPÍTULO III

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DE UMA INSTALAÇÃO

- Os componentes típicos de uma instalação são:
 - Os painéis fotovoltaicos
 - Os equipamentos electrónicos (controlador de carga e inversor)
 - Os aparelhos de comando
 - Os aparelhos de protecção
 - Os aparelhos de medida
 - Os aparelhos de monitorização
-
-

Controlador de carga

O controlador de carga otimiza o uso da Energia Fotovoltaica

As baterias duram muito mais se não forem sobrecarregadas ou descarregadas profundamente. Uma vez que as baterias estejam totalmente carregadas, o controlador não deixa que a corrente dos módulos PV continuem fluindo para elas. Também, uma vez que as baterias tenham sido descarregadas até certo nível, controladas pela medição de voltagem, a maioria dos controladores de carga não permitirão que mais corrente seja drenada das baterias até que elas tenham sido recarregadas. Alguns controladores têm ainda funções de protecção contra sobre cargas e sobre intensidades (curto circuitos)



Inversor CC - CA

O inversor converte a CC da Energia Fotovoltaica em CA 220V

A sua finalidade é transformar corrente contínua dos painéis para corrente alternada sinusoidal de 220 volts / 50 Hz. O seu uso consome +/- 2 a 5% da energia.

O inversor pode alimentar aparelhos e equipamentos tais como: Antena parabólica, TV, Vídeo, Fogão, Frigorífico, Microcomputadores, Impressoras, Monitores, Centrais Telefônicas, Aparelhos de Som etc.

O inversor é ainda o equipamento que nos sistema de Micro-Produção (Microgeração) injecta na rede pública a energia eléctrica produzida pelos painéis.



Dimensionar o Banco de Baterias

Regra de estimativa

Recomenda-se que a capacidade do banco de baterias seja de 150 ampéres, por painel.

Nota: O cálculo exacto da capacidade deverá ter em conta os factores de consumo e regimes de descarga admissível

Exemplo:

Para 2 painéis de 24 V recomenda-se o uso de 4 baterias de 12 Volt, 150 Ampére cada uma. Colocando-se 2 baterias de 150 Ampére em paralelo, teremos então, 300 Ampére.

Inversor CC - CA

Escolha de um inversor

A escolha do inversor depende fundamentalmente de :

- O sistema ser autonomo

(Neste caso o inversor pode funcionar sem carga e não necessita de se sincronizar)

- O sistema ser para injeção na rede (Microgeração). (Neste caso o inversor necessita do sinal da rede para se sincronizar e determinar o seu ponto de funcionamento)

- **Em qualquer dos casos a sua potência deve ser escolhida em função da potência máxima de CA que é necessário produzir**



Interruptores de DC e AC

- Uma vez que as tensões produzidas por fileira de painéis podem ascender a centenas de Volt (típico 200 a 700V) para executar trabalhos de manutenção ou durante a instalação é necessário seccionar o circuito dos painéis.
 - É igualmente necessário seccionar o circuito das baterias onde em geral passam grandes correntes
 - Também é necessário seccionar o circuito de CA 220V
 - **Cortar e seccionar é a função dos interruptores que devem possuir tensões e corrente de corte nominais adequadas**
-
-

Protecção contra correntes de defeito

- O circuito de CC normalmente é flutuante em relação à terra. Em alguns casos raros pode ter-se o ponto médio das séries das fileiras ligado á terra. Por esta razão normalmente as passagens de defeito à terra não são protegidas em CC.
- Em AC em geral é recomendável e em certos casos obrigatório (quando os inversores não têm isolamento galvânico da rede, ou seja sem transformador), intercalar no ramal de saída um dispositivo sensível à corrente de defeito:
 - interruptor ou disjuntor diferencial de sensibilidade média 300mA ou alta 30mA

BATERIA

- É o elemento destinado a acumular a energia elétrica gerada pelo painel tornando-a disponível sempre que necessário.



- Embora sejam usados muitos tipos diferentes de baterias, a única característica que todas elas devem ter em comum é serem:
- **Baterias de ciclo profundo, ou estacionárias.**

BATERIA II

- Ao contrário das baterias de carro, que são baterias de ciclo-baixo, as baterias de ciclo profundo podem descarregar mais a energia armazenada com uma vida mais longa.
- No arranque do carro, as baterias descarregam uma grande corrente num período muito curto e, imediatamente, recarregam quando o motor trabalha.
- As baterias “Solares” geralmente tem de descarregar uma corrente menor por um período maior (como durante a noite toda), e são carregadas durante o dia.



As baterias de ciclo-profundo mais usadas são as baterias de chumbo: seladas e ventiladas; as baterias de níquel-cádmio e mais recentemente as baterias de íões de lítio. As baterias de níquel-cádmio e íões de lítio são mais caras, mas duram mais e podem ser descarregadas mais por completo sem causar danos. Mesmo as baterias de chumbo de ciclo profundo não podem ser descarregadas 100% sem reduzir seriamente o tempo de vida. Geralmente, os sistemas “Solares” são projectados para descarregar as baterias de chumbo não mais de 40 ou 50%.

BATERIA III

Quanto maior for o tempo de descarga, maior será a quantidade de energia que a bateria fornece.

Pode-se fazer uma classificação das baterias com base na sua capacidade de armazenagem de energia (medida em Ah à tensão nominal) e no seu ciclo de vida (número de vezes em que a bateria pode ser descarregada e carregada a fundo antes que se esgote sua vida útil).



A capacidade de armazenagem de energia de uma bateria depende da velocidade de descarga. A capacidade nominal que a caracteriza corresponde a um tempo de descarga de 10 horas.

Um tempo de descarga típico em sistemas fotovoltaicos é 100 hs. Por exemplo, uma bateria que possua uma capacidade de 80 Ah em 10 hs (capacidade nominal) terá 100 Ah de capacidade em 100 hs.

BATERIA IV

Parametros característicos

- Materiais constituintes
- Tensão nominal: Volt
- Capacidade nominal: Ampere h
- Resistência interna : Ohm
- Auto-descarga : % /mês
- Tempo nominal de carga: h
- Tempo nominal de descarga: h
- Ciclos de vida útil: c
- Tipo de manutenção: Com ou Sem
- Gama de temperatura de funcionamento °C



Bateria de Chumbo Ventilada ***(chumbo-ácido)***

- **Materiais:**
 - Chumbo-antimonio,
 - Chumbo-selenio
 - Chumbo-cálcio
- **Tensão nominal por elemnto 2V (1,75-2,5V)**
- **2500 ciclos de vida para profundidade de descarga é de 20 %**
- **1200 ciclos de vida para profundidade de descarga é de 50 %**
- **3% auto-descarga mensal**

As baterias de Chumbo-Selénio e Chumbo-Cálcio têm baixa resistência interna e quase não produzem gases

Bateria de Chumbo Seladas

(sem manutenção; chumbo-ácido)

- Não exigem manutenção com acrescentos de água
- Não desenvolvem gases
- Só admitem descargas pouco profundas durante sua vida útil.

TIPOS

- **Gelificadas**

Estas baterias incorporam um electrólito do tipo gel com consistência que pode variar desde um estado muito denso ao de consistência similar a uma geleia. Não derramam, podem montar-se em quase todas as posições e não admitem descargas profundas.

- **Electrólito absorvido**

O electrólito encontra-se absorvido numa fibra de vidro microporoso ou num entrançado de fibra polimérica. Tal como as anteriores não derramam, montam-se em qualquer posição e admitem descargas moderadas.

Bateria de Níquel-Cádmio

(electrólito alcalino)

CARACTERÍSTICAS

Só admitem descargas profundas de até 90% da capacidade nominal

Baixo coeficiente de autodescarga

Alto rendimento sob variações extremas de temperatura

A tensão nominal por elemento é de 1,2 Volts

Alto rendimento de absorção de carga (superior a 80%)

Custo muito elevado em comparação com as baterias ácidas

Bateria de Li-ion

(íões de lítio)

CARACTERÍSTICAS

Densidade da energia elevada: potencial para capacidades ainda mais elevadas.

Carregamento: Não é necessário o carregamento total máximo nem a descarga máxima da bateria antes de uma recarga.

Capacidade: A bateria de íons de lítio chega a ter o triplo da capacidade energética por unidade de peso em relação às baterias tradicionais

Efeito memória: Não existe o efeito memória, a bateria não "vicia".

Carga Muito Maior

Pronta para Usar: Não é preciso carga antes de usar pela primeira vez.

Menor peso: A baixa densidade do lítio, possibilita a criação de baterias com alta capacidade e bem mais leves, o que facilita o seu uso em equipamentos portáteis e em automóveis eléctricos.



Sistema de monitorização

- A WebBox permite a comunicação com os equipamentos que dispõem de registo de parâmetros como correntes, tensões, potência e energia, como por exemplo: o inversor SMA SunnyBoy
- Capacidades típicas:
- Registos Diários e Mensais
- Diagnóstico Remoto da Instalação
- Configuração Remota do Sistema
- Acesso remoto a partir de um explorador de internet, com transferência de dados agendada e a sua apresentação via Internet



CAPÍTULO IV

Cabos e Acessórios

- Cabo eléctrico :
 - De fileira – “Cabo Solar” (para interligar os módulos e estes ao cabo principal ou aos equipamentos electrónicos)
 - Principal DC
 - De ramal AC
 - Fichas
 - Caixas de derivação
 - Ligadores de “terra”
-
-

Considerações Gerais I

Para a instalação eléctrica de um sistema fotovoltaico, apenas devem ser usados cabos de cobre e que cumpram os requisitos para esta aplicação.”**Cabos Solares**” **Flexíveis com duas três ou mais camadas de isolamento e protecção**

- Os cabos solares têm longa duração e características eléctricas e mecânicas perfeitamente adaptadas às instalações foto-voltaicas. São garantidos para trabalho até 1000 V (em muitas pequenas instalações a tensão por fileira pode atingir mais de 600 V CC.)
 - Têm elevada resistência aos ultra-violetas, ao clima e às acções mecânicas, sendo apropriados para um largo espectro de temperaturas (entre **-55 °C** e **125 °C**).
-

Considerações Gerais II

- Designam-se por “cabos de módulo” ou “cabos de fileira”, os condutores que estabelecem a ligação eléctrica entre os módulos individuais de um gerador solar e a caixa de junção do gerador ou do regulador de tensão se o sistema usa baterias.
 - Estes cabos são aplicados no exterior, sem protecção ou apenas em caminhos de cabos tipo esteira (em geral não protegida).
 - Pode ser usado em locais secos ou húmidos (resistente a água não estando imerso). Também pode ser instalado directamente na terra, devidamente protegido contra acções mecânicas.
-
-

Considerações Gerais III

Para garantir protecção contra a ocorrência de falhas de terra, bem como de curto-circuitos, os condutores positivos e negativos não podem ser colocados lado a lado no mesmo cabo.

A versão standard do cabo de duplo isolamento VV usada nas instalações eléctricas comuns apenas permite temperaturas máximas de **60 °C**. Nas aplicações exteriores no telhados já foram medidas temperaturas que podem exceder os **70 °C**.

Nas instalações interiores integradas nos telhados podem ser usados cabos standard.

Cabos de Fileira

Cabos eléctricos “Solares” constituição:

Condutor:

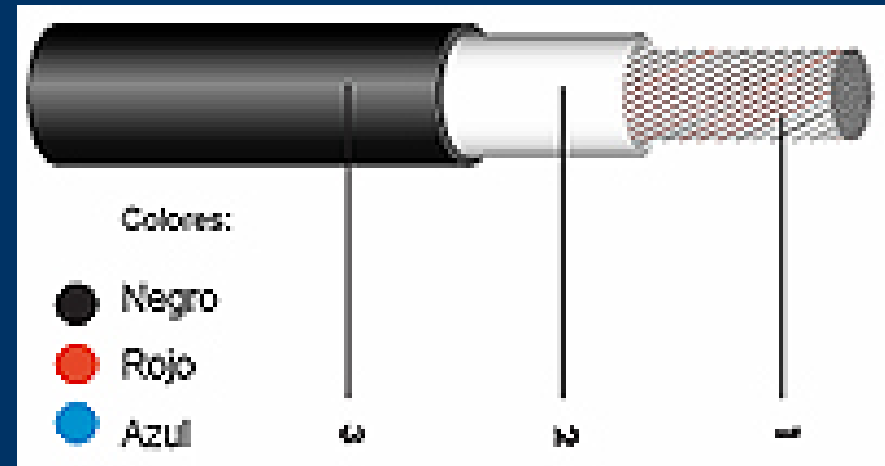
- Cobre estanhado, classe 5

Isolamento:

- Poliolefina modificada
- Reticulado sem halogéneos

Camada Exterior:

- Poliolefina modificada
- Reticulado sem halogéneos



Flexível

Resistente aos Raios Ultra Violetas

Resistente a temperaturas até 70-90 °C e ao clima

Não propagante do fogo

Alto nível de isolamento (garantido a 1000V)

Resistente a acções mecânicas (tensão torção dureza)

Conectores

Devem ser próprios para instalação exterior, estanques e resistentes à radiação e corrosão.

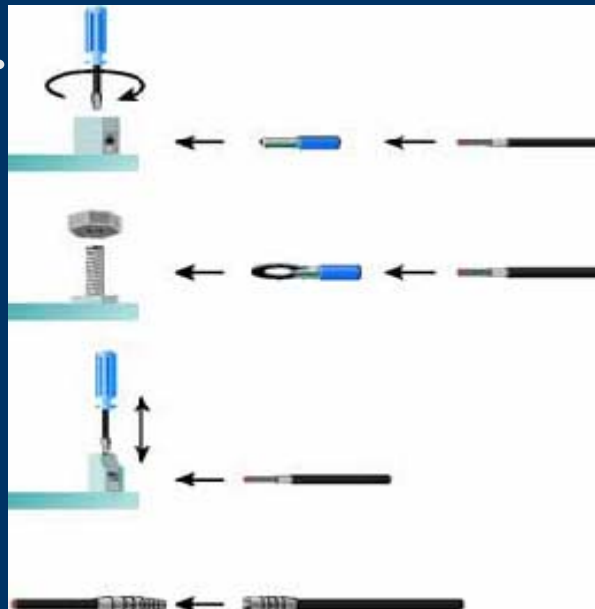
Tipos:

- **Ligadores de aperto por parafuso.** Para se ligar cabos flexíveis de fios entrançados aos ligadores de parafuso, são usadas terminais em ponta metálicas com mangas de protecção.
- **Terminais de orelha.** A ligação dos terminais de poste é efectuada com terminal com orelha, que estão presas entre a porca e o parafuso.
- **Ligadores de acoplamento por mola.** Nas caixas de junção que usam ligadores de mola, os cabos podem ser presos em segurança sem serem necessárias terminações metálicas.
- **Fichas de engate.** Por forma a simplificar a instalação, é cada vez mais comum a oferta de módulos fotovoltaicos e cabos com fichas isoladas.

Exemplos de conectores

MultiContact

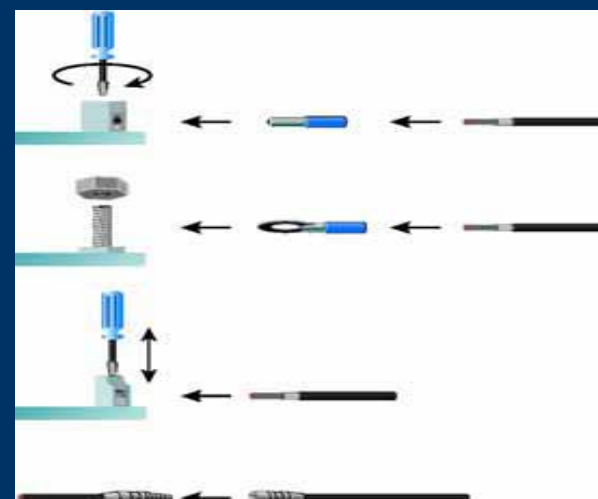
O sistema de ligação ilustrado na figura, permite inserir e retirar as fichas dos cabos usando as ferramentas de electricista adequadas.



Ligação à terra nos módulos

A ligação à terra deve entre módulos deve ser feita no alvéolo existente para esse fim com parafuso porca e anilhas recartilhadas inoxidáveis e terminais para condutor flexível de 6mm² de secção mínima.

Nunca se deve esquecer que de acordo com o regulamento o circuito de terra não pode ter interrupções, ou seja o condutor de terra deve ligar sempre nos terminais dos parafusos com condutor de terra



CAPÍTULO V - FAQs

As questões mais frequentes que se colocam ao técnico de energia solar fotovoltaica podem ser divididas nas seguintes categorias:

- Dúvidas de conhecimento base
 - Dúvidas de escolha do sistema conveniente
 - Dúvidas de compatibilidade entre equipamentos
 - Dúvidas de instalação incluindo detalhes construtivos
 - Dúvidas económicas ou de rentabilidade
 - Dúvidas relacionadas com licenciamento do sistema
 - Dúvidas sobre segurança
-
-

FAQ'S – Conhecimento Base

- Só existe efeito de geração foto-voltaica no silício?
 - O que são os módulos foto-voltaicos?
 - Quais são as principais aplicações dos sistemas foto-voltaicos?
 - Qual a diferença entre um painel de energia solar térmica e um painel de energia solar foto-voltaica?
 - Os painéis solares flexíveis têm rendimento energético aproveitável?
 - Aumentando a quantidade de baterias há também um aumento da energia do sistema?
 - Qual a autonomia, em condições de forte nebulosidade, de um sistema foto-voltaico autónomo?
-
-

FAQ'S – Escolha do Sistema Conveniente

- Quais são os componentes dos sistemas foto-voltaicos para a geração autónoma de energia?
 - Quais são os componentes dos sistemas foto-voltaicos para a ligação à rede eléctrica?
 - Quais são os componentes dos sistemas foto-voltaicos autónomos para bombeamento de água?
 - Os sistemas foto-voltaicos servem para aquecimento de água?
 - Quantos painéis solares preciso para a minha casa ?
-
-

FAQ'S – Compatibilidade entre Equipamentos

- Podem utilizar-se baterias de automóveis em sistemas foto-voltaicos autónomos?
 - Podem utilizar-se electrodomésticos comuns em sistemas foto-voltaicos autónomos?
 - Podem associar-se painéis de modelos e características diferentes.
 - Qualquer inversor pode ser utilizado com qualquer associação de painéis?
-
-

FAQ'S – Instalação

- Pode usar-se cabo electrico comum nas ligações exteriores aos paineis?
 - Que distância deve existir entre fileiras de paineis numa montagem em telhado plano?
 - É preciso algum tipo de pré-instalação na minha casa para montar painéis solares foto-voltaicos ?
 - Qual a inclinação que devo dar aos painéis?
 - Os inversores devem ficar mais próximos dos paineis ou dos consumidores e da portinhola da RESP?
 - Qual deve ser o comprimento máximo dos cabos de fileira?
 - Os inversores precisam de ficar em local ventilado? E as baterias?
-
-

FAQ'S – Economicas

- Quais os incentivos ao investimento?
 - Que incentivos existem para a utilização dos sistemas foto-voltaicos?
 - O que é a Micro-Geração?
 - Quem pode ser Micro-produtor?
 - Quantos anos duram os equipamentos solares fotovoltaicos?
 - Quais as necessidades de manutenção de um sistema solar foto-voltaico?
-
-

FAQ'S – Segurança

- Quais os impactos ambientais da utilização de módulos foto-voltaicos?
 - Há riscos de electrocussão no manuseio de instalações fotovoltaicas?
 - Qual é a gama de ventos que os sistemas fotovoltaicos suportam sem destruição
 - Como devemos acautelar-nos na responsabilidade civil se formos proprietários de um sistema solar foto-voltaico
-
-

FAQ'S Licenciamento

- Qual a potência que posso instalar?
 - Como posso obter a licença de micro-produção?
 - Se não fui contemplado com registo de micro-geração, então não posso produzir energia para vender à rede?
 - Fora do estatuto de micro-geração que potências posso instalar.
 - Quem são as entidades licenciadoras para as diversos tipos de produção fotovoltaica?
 - Onde posso consultar a legislação relativa à produção foto-voltaica?
-
-

CAPÍTULO VI – INSTRUÇÕES DE MONTAGEM

- a) Instruções gerais
 - b) Cuidados gerais
 - c) Fixação mecânica dos painéis
 - d) Cablagem
 - e) Localização dos equipamentos
 - f) Manutenção e Limpeza
 - g) Condições de garantia
-
-

INSTRUÇÕES GERAIS

Utilize sempre equipamento de protecção individual adequado ao manuseio de partes eléctricas: luvas e sapatos de protecção e em certos casos viseira de protecção!

INSTRUÇÕES GERAIS

A instalação de módulos solares requer o conhecimento de electricidade e dos procedimentos para sua aplicação.

Nos termos da lei é considerada uma instalação de utilização de energia eléctrica de Baixa Tensão e só pode ser efectuada por pessoas com carteira profissional adequada : de electricista de BT e sob a supervisão de um Técnico Responsável inscrito na DGE com carteira adequada à potência da instalação.

INSTRUÇÕES GERAIS

Os módulos fotovoltaicos produzem electricidade uma vez expostos a qualquer fonte de luz.

A voltagem de um módulo simples não é considerada potencialmente perigosa, porém nas conexões em série ou em paralelo de vários módulos, a voltagem e corrente são aditivas e em instalações que requeiram potências acima de 100 Watts o contacto com partes electrificadas pode causar curto-circuito, incêndio, danos aos equipamentos ou choques letais.

INSTRUÇÕES GERAIS

Numa instalação podem dar-se prejuízos, provocados por falta de preparação do instalador ou por incumprimentos de regras técnicas ou ainda incumprimento das boas práticas aplicadas aos trabalhos com electricidade.

O utilizador e/ou instalador assumem qualquer responsabilidade, sem limitações, por prejuízos ou ferimentos que possam ocorrer provenientes da instalação do sistema.

CUIDADOS GERAIS

É recomendável que os painéis só sejam desembalados na hora de sua instalação.
Evite a queda o choque mecânico do(s) painéis assim como aplicar pesos ou pressão sobre a superfície de vidro.

CUIDADOS GERAIS

Os painéis solares geram energia em corrente contínua uma vez expostos à luz. Cubra-os com plástico preto ou o mais opaco possível e mantenha-os cobertos enquanto estiver efectuando a instalação ou manutenção.

A tensão de um só painel não é perigosa mas a tensão de uma fileira “string” pode ter de 200 a 700 Volt (letal para o ser humano);

CUIDADOS GERAIS

Utilize ferramentas com isolamento adequado para pelo menos 1000V. Trabalhe sempre com ferramentas e equipamentos secos!

Como há o risco de centelhas, não instale o sistema perto de materiais ou gases inflamáveis.

Nunca deixe o painel solar solto ou fixado de forma insegura. Se o painel bater ou cair poderá quebrar o vidro de protecção e sua utilização ficará comprometida. A quebra do vidro não permite a manutenção e o painel deverá ser substituído.

CUIDADOS GERAIS

Mantenha as baterias e os inversores desconectadas na instalação ou manutenção do sistema.

Siga as instruções e recomendações dos equipamentos que compõem o sistema à risca. Não retire as etiquetas com informações das características ou avisos dos produtos. Não pinte ou aplique qualquer adesivo nos painéis solares.

Procure as autoridades competentes para saber das recomendações ou restrições para instalação em edifícios, embarcações ou veículos auto-motores.

CUIDADOS GERAIS

Não utilize painéis solares de características diferentes conectados no mesmo sistema.

Todos os módulos conectados em série ou em paralelo devem ser iguais.

Manuseie o módulo com cuidado. Embora robusto, sua superfície de exposição é protegida por vidro. Não faça furos nas molduras;



CUIDADOS GERAIS

Não desmontar o módulo ou retirar qualquer peça instalada pelo fabricante;

Nunca deixe o módulo sem apoio ou sem estar fixado. Se o módulo cair, o vidro pode quebrar-se inutilizando-o;

Não sujeite os painéis a esforços mecânicos de torção nem coloque pesos sobre eles.



CUIDADOS GERAIS

Nas ligações em paralelo nunca inverter polaridade, ligar sempre positivo com positivo e negativo com negativo.

Nas ligações em série ligar sempre o negativo de um painel ao positivo do seguinte nunca inverter a polaridade pois além de reduzir a tensão da fileira pode danificar o painel.

Quando os módulos são ligados em série, as “voltagens” são somadas; quando ligados em paralelo, as “amperagens” são somadas; Consequentemente, um sistema constituído de vários painéis fotovoltaicos pode produzir “voltagens” ou “amperagens” muito altas.

CUIDADOS GERAIS

Em cada módulo existem terminais protegidos contra o tempo, um sendo positivo e o outro negativo. Normalmente são munidos de uma pequena extensão cerca de 1 m dotada de uma ficha estanque com conformação diferente para cada polaridade. No entanto às vezes os terminais estão dentro de uma caixa estanque. Em cada terminal há um local para fixação de dois fios, que pode aceitar secções do cabo de 2,5 a 8 mm².

CUIDADOS GERAIS

Não lubrificar o cabo com óleo mineral, com desencrustrantes como o “Penetrating da Mobil” “Bala” ou “WD5” pois danificam a cobertura do cabo. Inserir o cabo descarnado encabeçado com o respectivo terminal, no orifício que tem a espuma protectora em baixo do parafuso de conexão do terminal, apertar o parafuso utilizando uma chave de fenda.

CUIDADOS GERAIS

No caso dos painéis terem caixa de terminais, terminada a ligação basta fechar a caixa protectora que já é especialmente vedada. Se os painéis têm terminais com pontas de cabo e fichas estanques garantir que as conexões estão perfeitamente ajustadas e os cabos fixos com abraçadeiras de fivela de forma a que não fiquem soltos ao vento pois o esforço do vento sobre o cabo poderia desligar as fichas.

CUIDADOS GERAIS

Cuidado Especial – Nunca provocar curto-circuitos nem ligações de polaridade invertida nos painéis. Os curto-circuitos e a inversão de polaridade inutilizam o módulo e deixam marcas que implicam a perda total da garantia.



CUIDADOS GERAIS

Os painéis devem ser fixados em locais que tenham total exposição à luz solar durante todo o período diurno. Quando se instalam painéis em fileiras separadas há que tomar cuidado especial por causa de evitar a sombra de uma fileira na outra. Em geral a separação entre fileiras à latitude portuguesa deve ser pelo menos 1,5 m.

CUIDADOS GERAIS

A fixação deve ser feita em suportes ou perfis metálicos homologados e fortemente fixados para receber ventos e tempestades.

A área de 20 painéis fotovoltaicos com a inclinação de 40° exposta a ventos de 150 Km/h (ventos tempestuosos) sofre uma força combinada de elevação + arrasto de cerca de 5 toneladas.

CUIDADOS GERAIS

Os painéis são fornecidos com a furação adequada para sua fixação. Não faça novos furos para não enfraquecer a estrutura ou permitir a oxidação. A garantia também não cobre painéis adulterados.

CUIDADOS GERAIS

Nas instalações fixas a face de exposição dos painéis deve estar voltada para o Sul geográfico, com uma inclinação em relação à horizontal dependente da latitude da instalação. Não é recomendável inclinações abaixo de 15° para não permitir a acumulação de sujeira.

CUIDADOS GERAIS

O cálculo de inclinação é: **Inclinação dos painéis = Latitude \pm (Latitude/3)** por isso em Portugal a inclinação dos painéis deve ficar entre a latitude do lugar $+15^\circ$ e -15° , ou seja em Portugal continental a cerca de 41° em média . A precisão não é rigorosa, portanto pode ser ajustado por aproximação.

CUIDADOS GERAIS

É obrigatório a ligação à terra da estrutura metálica de suporte e dos próprios painéis, assim como de outras partes metálicas da estrutura do edifício onde está montado o sistema. Para essa ligação pode usar-se cabo de cobre de secção 35-95 mm² ou fita de aço cobreado que interligará e percintará todo o edifício tal como se faz na protecção contra descargas atmosféricas.

CUIDADOS GERAIS

Quando os painéis são montados em telhados inclinados com a inclinação a adequada à latitude ou seja sem estruturas de elevação dos painéis é recomendado deixar um espaço entre a superfície de fixação e o painel para permitir de circulação do ar. A ventilação é importante para manter baixas as temperaturas dos painéis e evitar a condensação de humidade na parte traseira dos mesmos.

CUIDADOS GERAIS

Os painéis podem ser interligados em série ou paralelo, obedecendo à Lei de Ohm, ou seja, quando interligados dois ou mais unidades em paralelo (pólo positivo com pólo positivo e negativo com negativo) a tensão não se altera, mas a corrente é somada. Quando interligados em série (une-se o pólo positivo de um painel ao pólo negativo do outro e toma-se o pólo negativo de um e o pólo positivo do outro para a saída) a tensão final é igual à de um painel multiplicada pelo número de painéis e a corrente permanece inalterada.

CUIDADOS GERAIS

Quando ligados em série, todos os painéis devem ter a mesma característica e tipo.
Quando ligados em paralelo, esta regra não é rigorosa, porém é recomendável a instalação de díodos para protecção e equalização das cargas.

CUIDADOS GERAIS

Todos os condutores multifilares devem ser encabeçados por terminais adequados aos pontos de ligação. (Terminais com olhal, ou forquilha, para parafusos, ou terminais totais rectos para ligadores ou uniões, incluindo os ligadores de encaixe rápido.)



CUIDADOS GERAIS

Durante a execução da instalação deveremos cumprir escrupulosamente as instruções dos fabricantes dos materiais e equipamentos assim como das regras técnicas. Boa prática é seguir a lista de verificações para as não conformidades comuns pesquisadas pelos inspectores da CERTIEL (manual do curso pags 61 e 62)

CABLAGENS

A cablagem deve obedecer às Normas Técnicas para instalações eléctricas exteriores.

Os cabos devem ser flexíveis com revestimento resistente a acções mecânicas e térmicas, não propagante do fogo e ainda ser resistente à radiação ultravioleta, pois não se pode esquecer que a vida útil previsível é superior a 15 anos (típico 20 anos).

De preferência os materiais constituintes do isolamento devem ser isentos de halogéneos

CABLAGENS

Utilize sempre secções de fios com diâmetros iguais ou superiores ao recomendado, evitando quedas de tensão ou perdas por aquecimento que podem provocar deterioração dos cabos e mesmo curto-circuitos e incêndios.



CABLAGENS

Para conexão com bateria é sempre recomendável o uso de controladores de carga e descarga.

Utilize terminais adequados para as conexões.

Evite emendas de fios.

Em corrente contínua um dos fios é de polaridade positiva e o outro de polaridade negativa. A inversão destes fios (excepto em ligações em série) traz sempre problemas ou danos aos equipamentos. Utilize cores diferentes (regulamentadamente vermelho + e preto -) para cada pólo e preste sempre atenção à conexão “+” ou “-” e à cor dos fios.

CABLAGENS

Os painéis acima de 10W são fornecidos com caixa de conexão estanque ou terminais cableados com fichas estanques, utilizadas para a conexão dos fios e de outros painéis. No caso existir caixa de conexão, o acesso à parte interna da caixa é feito removendo-se os dois parafusos da tampa. Internamente os painéis acima de 46W já possuem díodo de “bypass” e estão configurados para a tensão de 12; 24; 48 Volts. Não há necessidade de alterar a pré-configuração excepto em aplicações especiais. Os terminais para a conexão dos fios estão marcados com os sinais “+” e “-”.

CABLAGENS

Para conectar painéis isolados ao controlador, a uma distância não superior a 30 metros, recomenda-se cablagem com secções adequadas ao débito conforme o projecto.



MANUTENÇÃO

A parte frontal dos módulos é constituída por um vidro temperado com 3 a 3,5 mm de espessura, o que os torna resistentes até ao granizo. Além disso, admitem qualquer tipo de variação climática. Eles são auto-limpantes devido à própria inclinação que o módulo deve ter, de modo que a sujidade pode escorrer assim que ocorrer chuva.

reduzir sensivelmente a capacidade do módulo.

MANUTENÇÃO

Se o módulo ficar sujo, utilizar água e uma flanela ou esponja de nylon para limpar o vidro.

Detergentes não abrasivos ou neutros podem ser utilizados para remoção da sujidade mais persistente.. É recomendável uma inspecção a cada seis meses (ou anual) para verificar terminais, apertos e eventuais sombreamentos. Lembre-se, até mesmo a sombra projectada sobre o módulo por um fio (par) telefónico pode reduzir sensivelmente a capacidade do módulo.

GARANTIA

Os painéis solares são garantidos pelo prazo de 2 anos contra defeitos de fabricação em aplicação dentro das normas e instruções aqui constantes. A garantia se estende por 5 anos para a geração não inferior a 90% da potência discriminada no rótulo fixado no produto. Nesta garantia o produto pode ser consertado, trocado ou fornecido painéis adicionais que complementem a desfasagem de potência.

GARANTIA

Os painéis solares são garantidos pelo prazo de 2 anos contra defeitos de fabricação em aplicação dentro das normas e instruções aqui constantes.

A garantia se estende por 5 anos para a geração não inferior a 90% da potência discriminada no rótulo fixado no produto.

Nesta garantia o produto pode ser consertado, trocado ou fornecido painéis adicionais que complementem a desfasagem de potência.

GARANTIA

A garantia perde sua validade caso sejam constatados erros na instalação que tenham prejudicado o equipamento, uso ou instalação em desacordo com as recomendações aqui constantes e danos provocados por actos de vandalismo, distúrbios, guerras ou de força maior.



CAPÍTULO VII – SEGURANÇA

- Informação geral
 - Segurança no manuseamento
 - Segurança durante a instalação
 - Segurança contra incêndio
 - Segurança na instalação eléctrica
 - Segurança contra descargas atmosféricas
 - Segurança na instalação mecânica
 - Segurança na operação e manutenção
-
-

CAPÍTULO VIII – PLANEAMENTO

Legislação e normas aplicáveis ao dimensionamento e licenciamento de uma instalação fotovoltaica:

Dimensionamento eléctrico

- Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT), portaria 949-A/2006
- Norma IEC 60364-7-712

Dimensionamento mecânico

- Eurocódigo 1 (Acções em estruturas)
- Eurocódigo 3 (Projecto de estruturas de aço)
- Eurocódigo 9 (Projecto de estruturas de alumínio)

Licenciamento de Instalações de Produção Fotovoltaica

- Decreto-Lei nº 363/2007, de 2 de Novembro
- Alteração ao Decreto-Lei nº 363/2007, de 2 de Novembro

CAPÍTULO IX – PROBLEMAS FREQUENTES

Existem dois erros comuns em instalações de energia solar foto-voltaica (e mesmo eólica) devidos ao incumprimentos das regras fundamentais, que se têm de ter em conta numa instalação, que podem só por si, tornar o sistema inviável:

- Cabos condutores, comprimento e secção inadequadas
 - Excesso de consumo em relação às capacidades de produção ou armazenamento
-
-

EXEMPLO DE ANÁLISE DE ESCOLHA DO CABO

Os painéis fotovoltaicos , normalmente, produzem valores muito baixos de tensão (12 a 48V). Se um painel de 190 W produzir 24V e 7,9 A na condição de Máxima Potência, usando duas fileiras em paralelo com 11 painéis cada (tensão de fileira 264 V CC) a potência produzida nos painéis será de 4180W. Se existir uma distância entre as fileiras 2, 5m, e forem usados 150 metros de cabo DC:

CÁLCULO DA RESISTENCIA DO CABO

Supondo que pretendemos usar cabo de cobre com 2,5 mm² de secção.

Se não tivermos a resistência do cabo por Km dada pelo fabricante podemos considerar a resistividade do cobre, cujo valor é de 0,017, ou seja, 1 metro de fio de cobre com 1mm² de secção tem 0,017 ohms de resistência eléctrica.

Sendo assim, a resistência eléctrica de um material pode ser calculado por:

- $R = \rho \cdot l / s$
- s - Secção em mm²
- ρ - Resistividade em ohm*mm²/m
- l - Comprimento em metros

CABO INADEQUADO

SECÇÃO DE 2,5 mm² 150m Cabo + 150m Cabo -

Se a distância que pretendemos colocar o gerador é de 150m a resistência do cabo será $R = 0.017 \cdot 150 \cdot 2 / 2,5 = 2,04 \text{ Ohm}$.

Sendo a corrente de A, a queda de tensão no cabo é calculada pela utilização da Lei de Ohm $U = R \cdot I$ e neste caso teremos $2,04 \cdot 15,8 = 32,32 \text{ V}$ ou seja em percentagem $32,32 / 264 = 12,2\%$. As perdas em potência são $P = R \cdot I^2 = 510,6 \text{ W}$

Ou seja, a utilização de cabo condutor de cobre com 2,5 mm² de secção em 2*150 metros, produz perdas de 12,2% da energia produzida, o que não é aceitável em termos de projecto

MINIMIZAR AS PERDAS NOS CABOS

Para minimizar as perdas dos cabos existem duas opções:

- Aumentar a secção
- Aumentar a tensão de fileira



AUMENTO DA SECÇÃO DO CABO

Se verificarmos pela fórmula de cálculo da resistividade, a resistência de um condutor é inversamente proporcional à secção do cabo condutor, sendo assim, se aumentarmos a secção as perdas diminuem

Neste exemplo, aumentando a secção para 4mm² as perdas passam a 6,1% sendo ainda consideradas exageradas. Se aumentarmos mais a secção para 10mm² as perdas passam a 2,04% o que já é considerado razoável.

AUMENTO DA TENSÃO DE FILEIRA

Efeito do aumento da tensão de fileira

Se por hipótese pudéssemos colocar os 22 painéis numa única fileira teríamos metade da corrente e o dobro da tensão ou seja 528 V à máxima potência (660V em vazio).

As perdas nesse caso para cabo de 2,5mm² seriam de 6% o que ainda não é aceitável.

Se aumentássemos a secção em simultâneo para 4 mm² então as perdas desceriam para 3%



AUMENTO DA TENSÃO DE FILEIRA II

No entanto há algumas limitações tecnológicas no aumento da tensão de fileira devidas ao facto de que os inversores podem não suportar tensões como as antes descritas. Nunca poderemos esquecer que em circuito aberto os painéis de 24V debitam cerca de 30V no máximo. Sendo que raramente os inversores para esta potência suportam mais de 500V, não temos como fazer o aumento de tensão.

AUMENTO DA TENSÃO DE FILEIRA III

O método mais viável, é conseguir uma correcta localização dos componentes do sistema fotovoltaico de modo a minimizar os comprimentos dos condutores tanto do lado de CC como do lado de CA

É muito comum encontrar instalações em que não existiu cuidado em relação aos cabos e à colocação dos sistemas de carga de baterias e inversão, tornando a instalação de produção de energia pouco rentável ou mesmo inviável.

CAPITULO X-ESTUDO ECONÓMICO

O preço global de uma micro-geração é composto conforme a tabela seguinte:

	quant.	preço unit.	preço total	IVA
Módulo BP 7175 S (3,90 €/W)	20	682,50 €	13.650,00 €	12%
Inversor SB 3300 com ESS	1	2.106,66 €	2.106,66 €	12%
Caixa de protecções	1	150,00 €	150,00 €	21%
Estrutura de fixação	1	501,80 €	501,80 €	21%
Contador ACE SL7000 c/ modem GSM	1	750,00 €	750,00 €	21%
Instalação	1	1.200,00 €	1.200,00 €	21%
		Soma:	18.358,46 €	
Opção Monitorização				
Sunny WebBox (2xRS485)	1	716,40 €	716,40 €	21%

O preço da instalação inclui a mão-de-obra e o material de instalação como cabos, calhas, etc.

Não inclui o cabo que liga ao contador/ramal nem os custos de deslocação do pessoal.

CAPITULO XI-MICROGERAÇÃO

Procedimentos:

Estudo prévio eventualmente integrada no projecto eléctrico

Pré-registo

Registo provisório

Instalação (nos 120 dias seguintes)

Inspecção

Certificação e autorização de ligação à rede

Monitorização de desempenho técnico e económico

CAPITULO XII-LEGISLAÇÃO

Micro-geração



CAPITULO XIII-ANEXOS

Micro-geração

