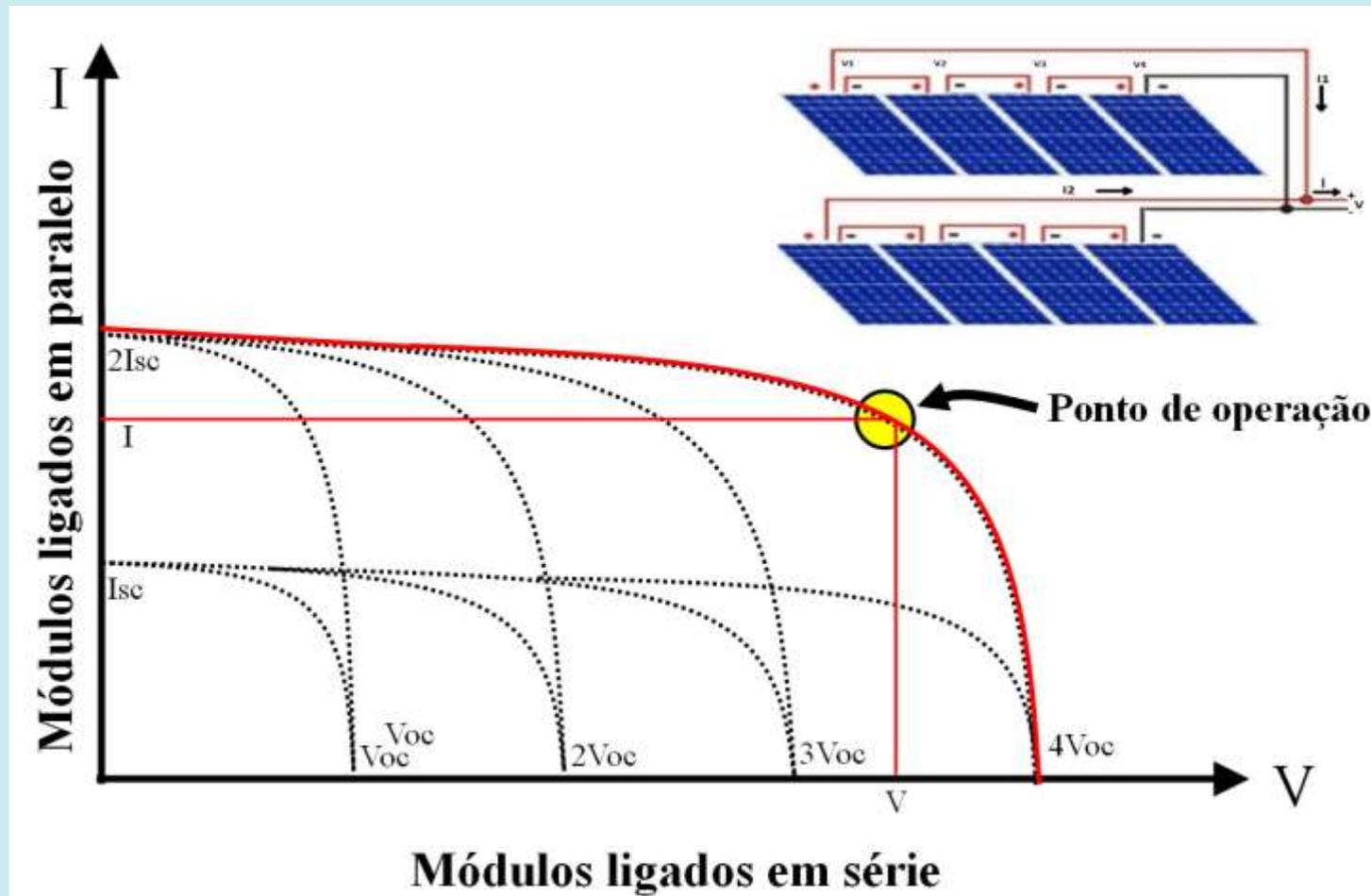
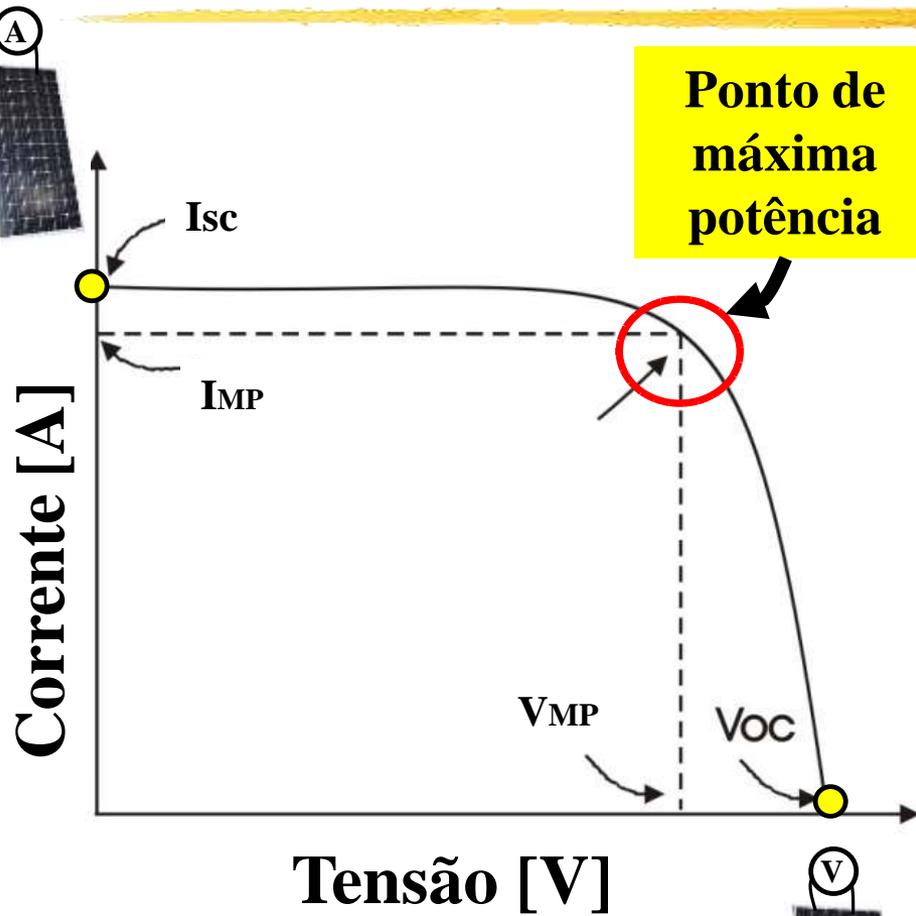


Características de módulos fotovoltaicos e tipo ligações



www.sel.eesc.usp.br/cursosolar/

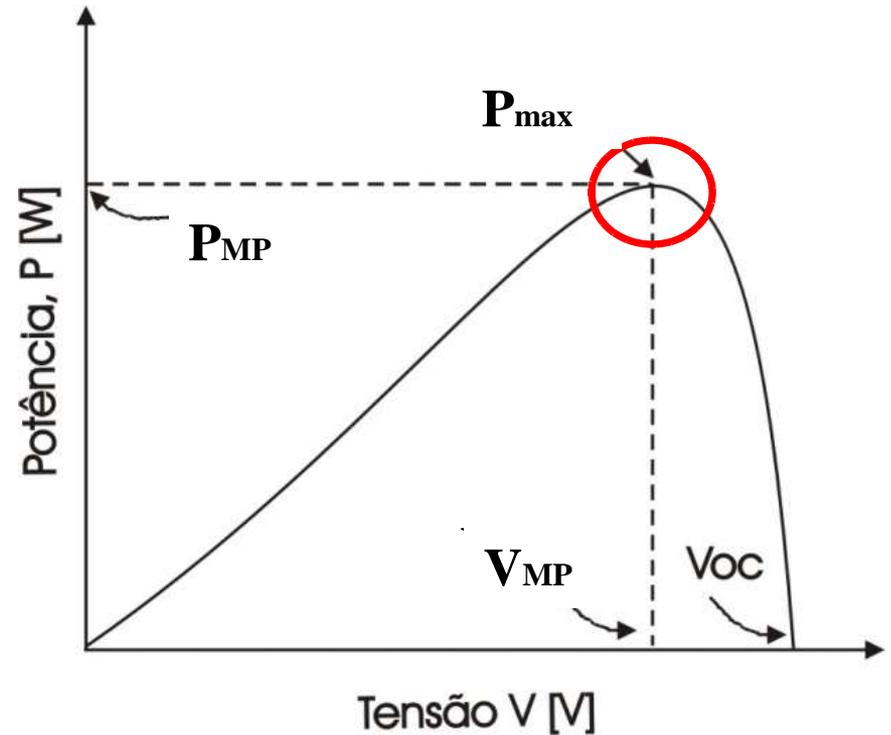
Características de módulos fotovoltaicos



I_{sc} : Corrente em curto circuito

V_{oc} : tensão em circuito aberto

Características de módulos fotovoltaicos

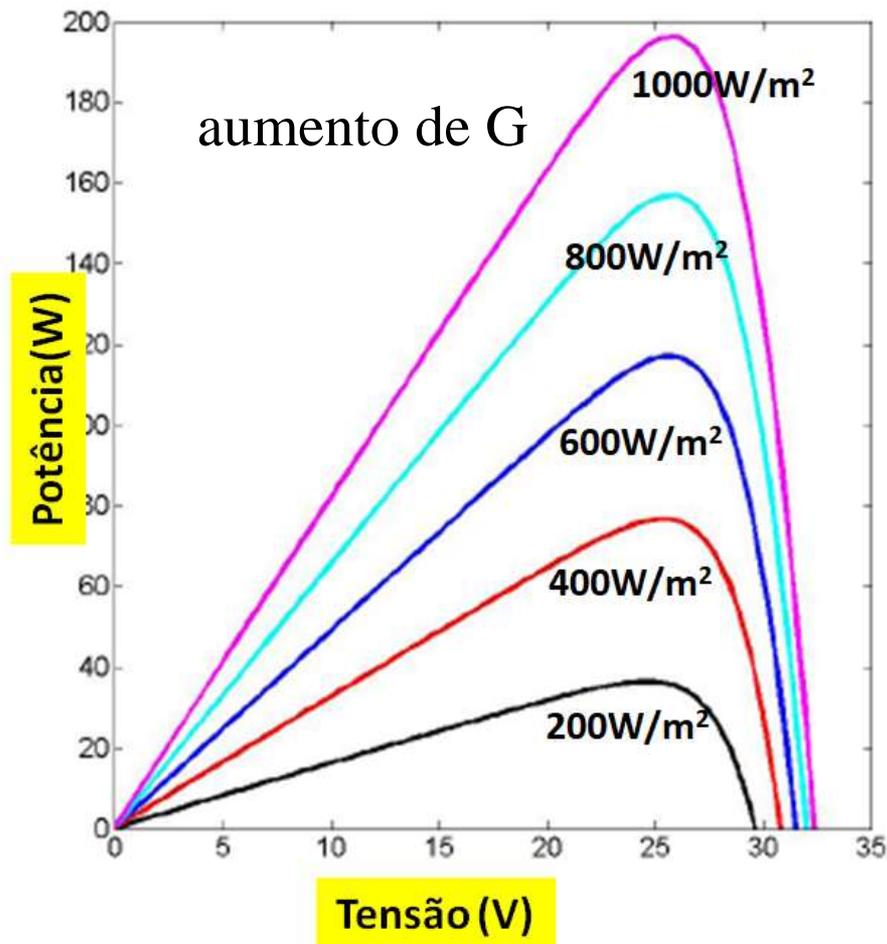
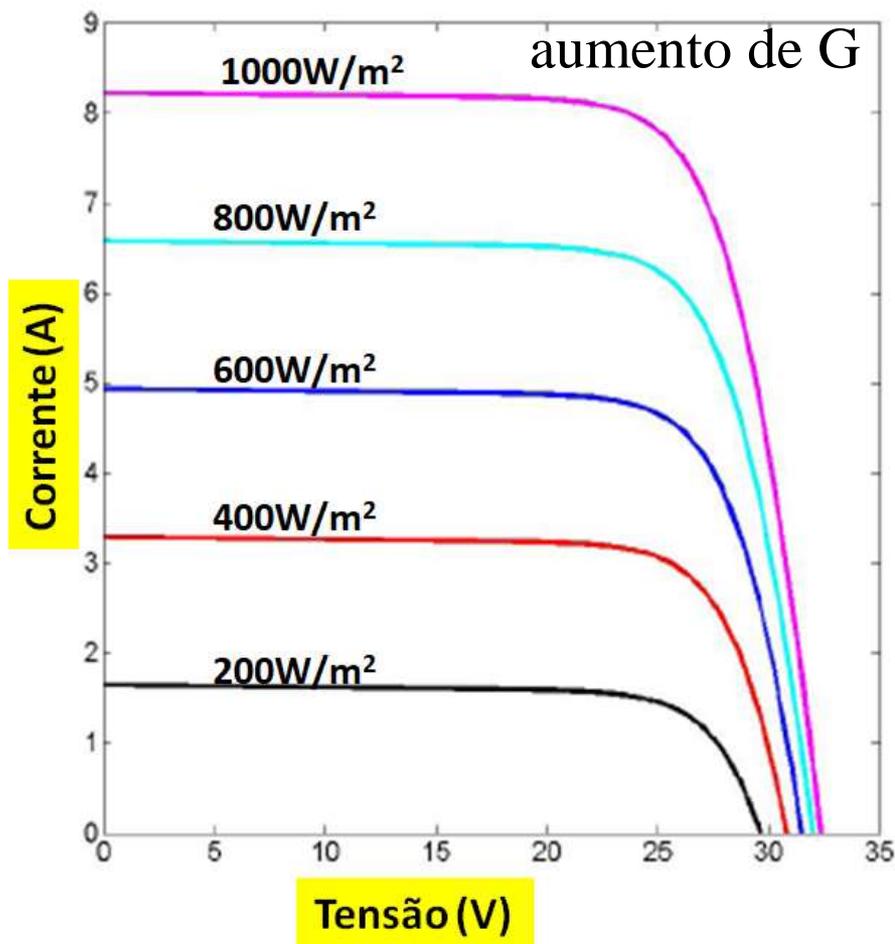


P_{MP} ou P_{max} : ponto de máxima potência

V_{MP} : tensão de máxima potência

I_{MP} : corrente de máxima potência

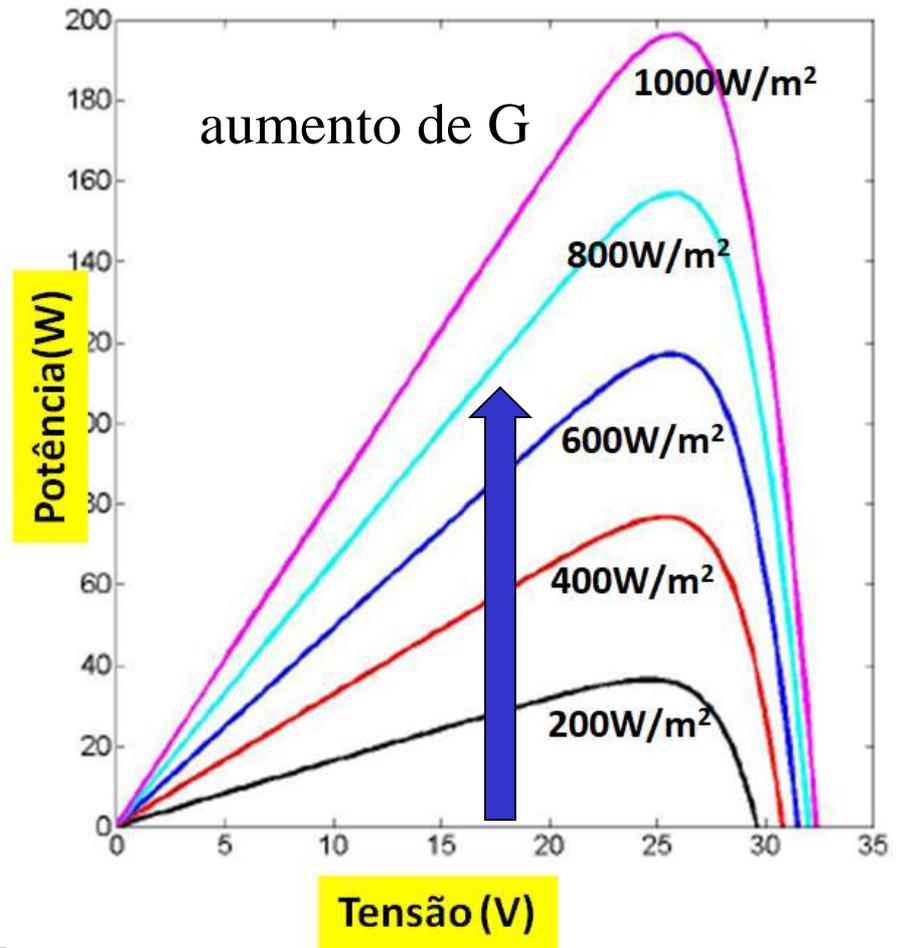
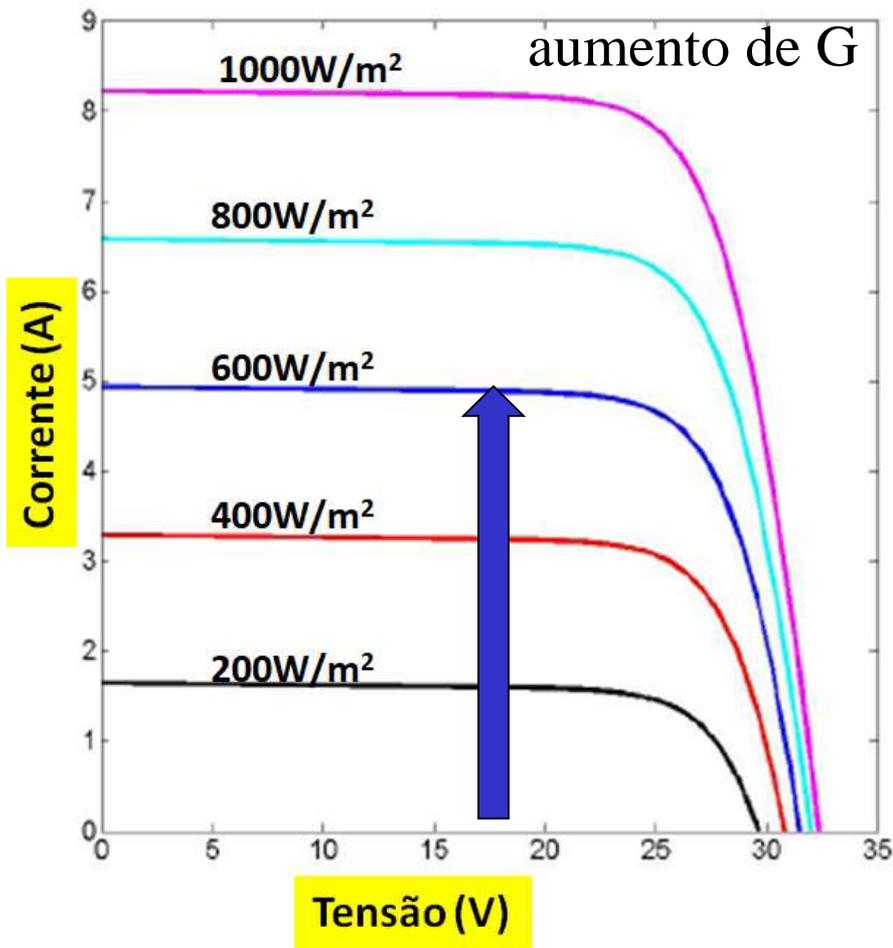
Influência da irradiância, G (W/m^2)



Irradiância: G (W/m^2)

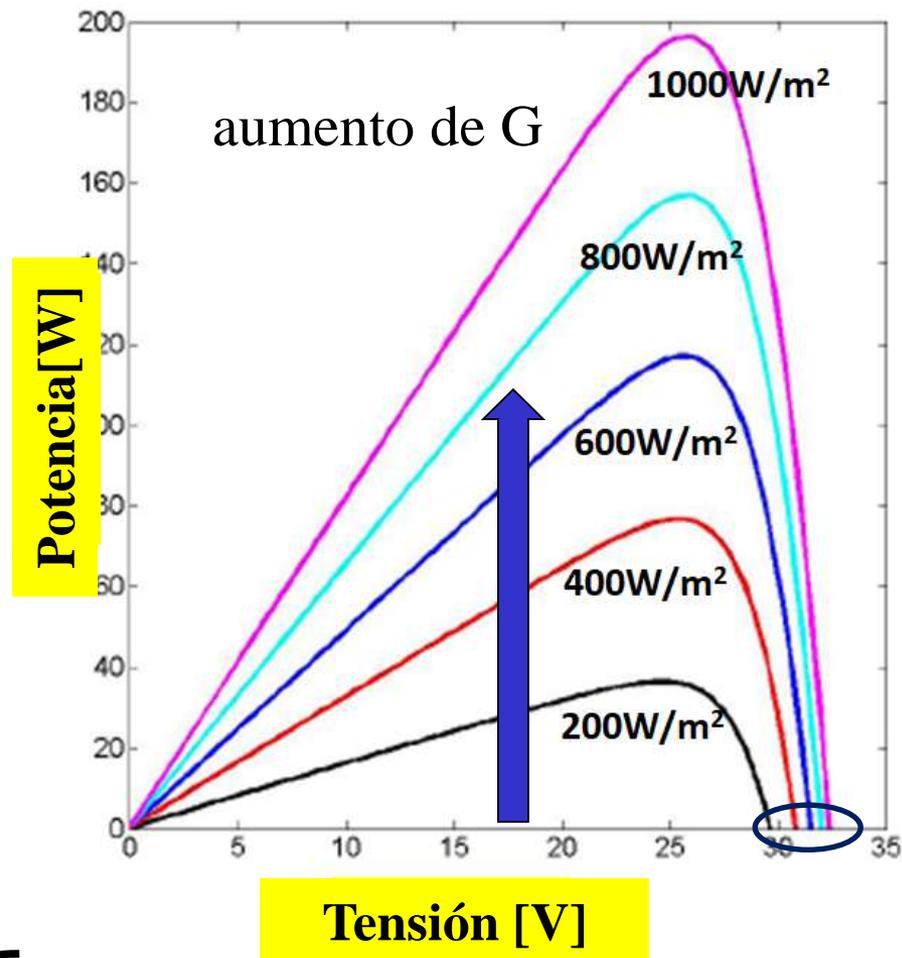
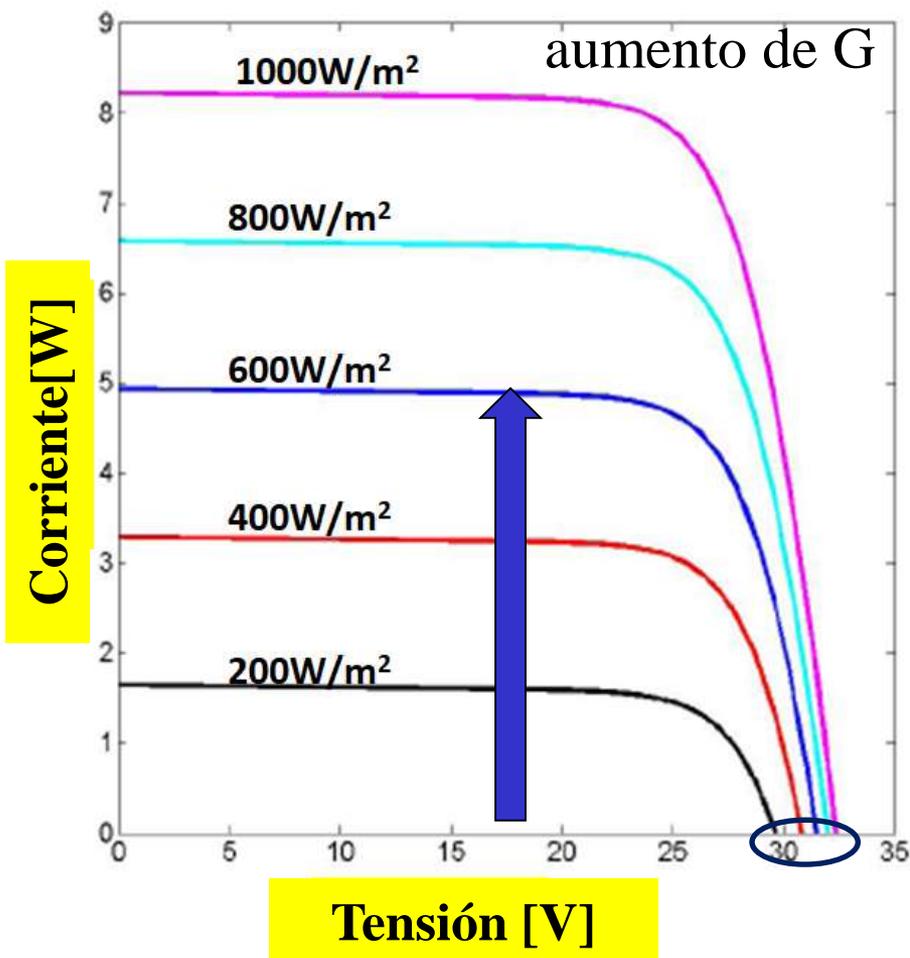


Influência da irradiância, G (W/m^2)



Irradiância: G (W/m^2) $G \uparrow \rightarrow \begin{cases} I \uparrow & \text{(aumenta fortemente)} \\ P \uparrow & \text{(aumenta fortemente)} \\ V \end{cases}$

Influência da irradiância, G (W/m^2)



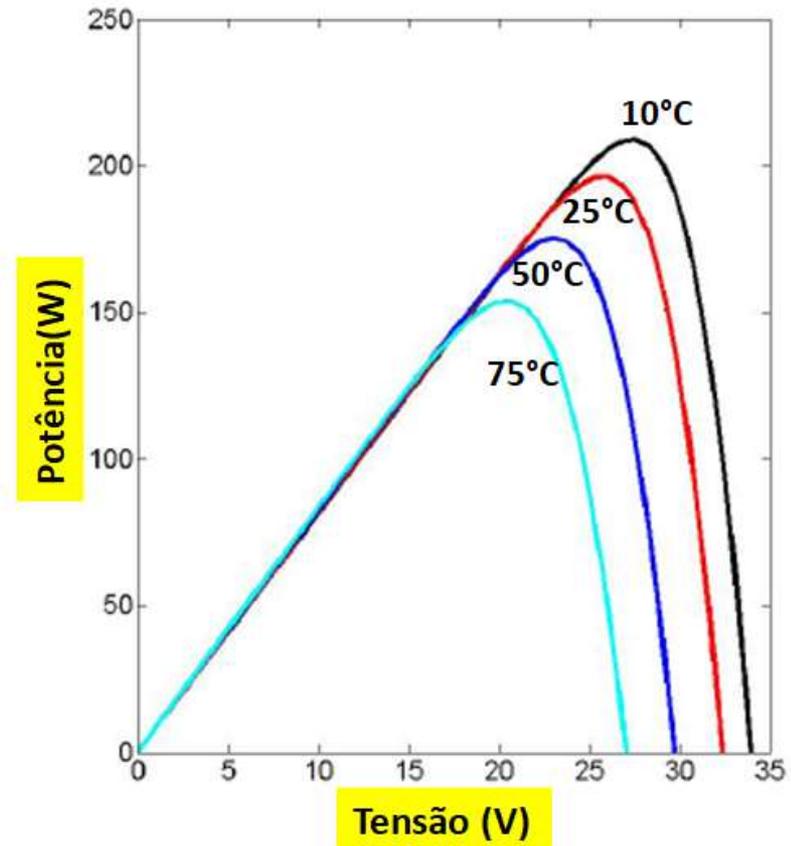
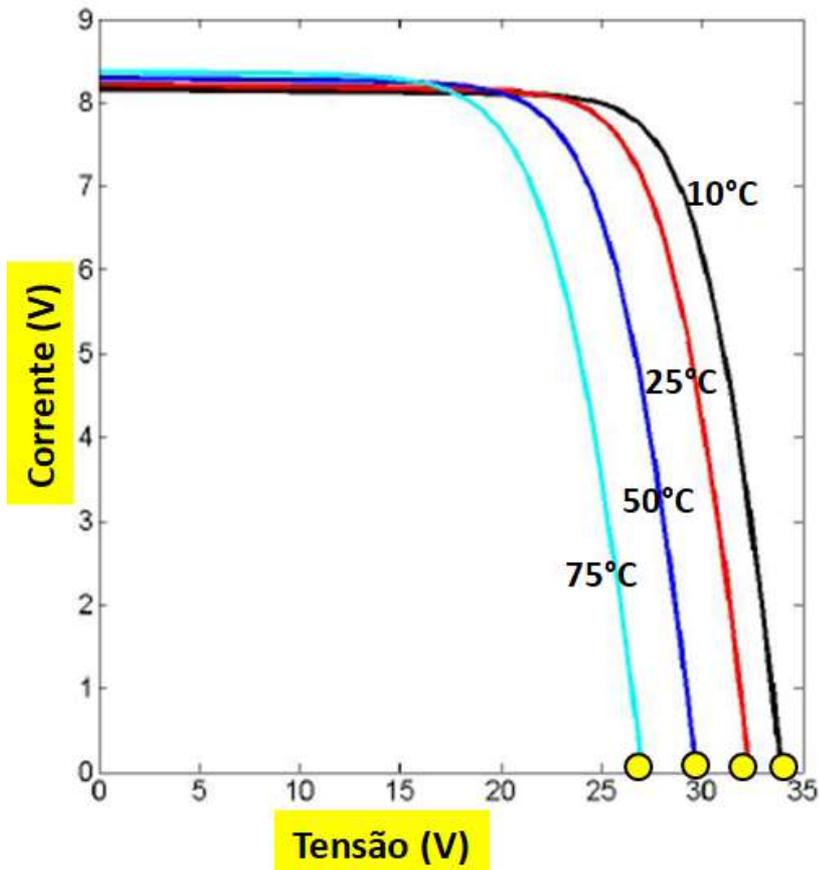
Irradiância: G (W/m^2)

$G \uparrow$

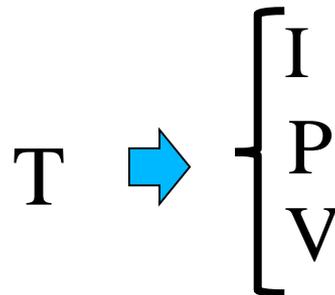


- $I \uparrow$ (aumenta fortemente)
- $P \uparrow$ (aumenta fortemente)
- $V \uparrow$ \approx (aumenta muito pouco)

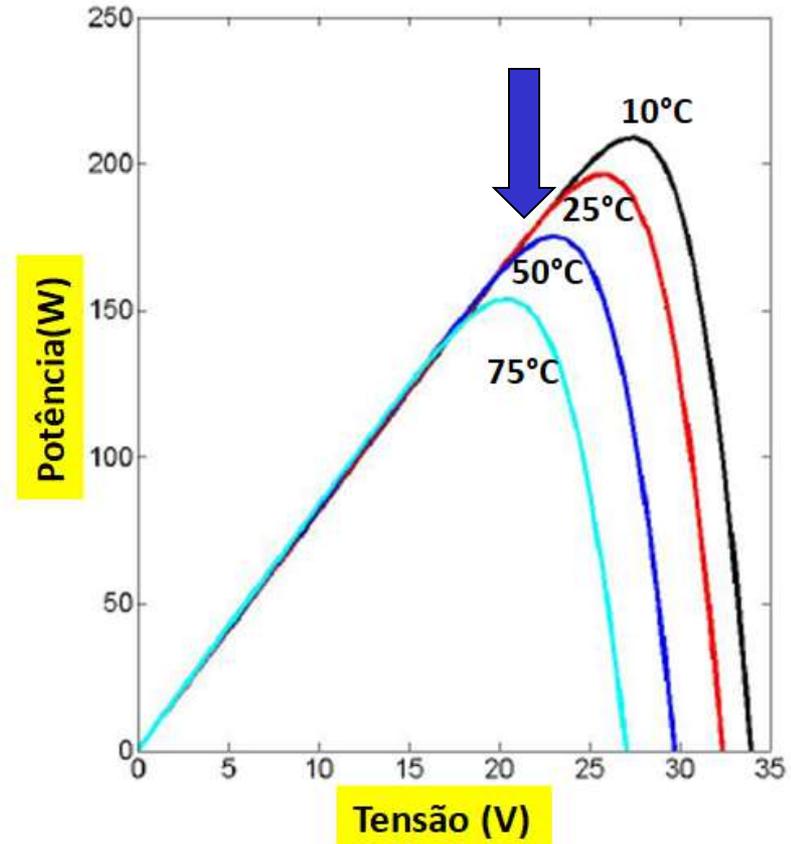
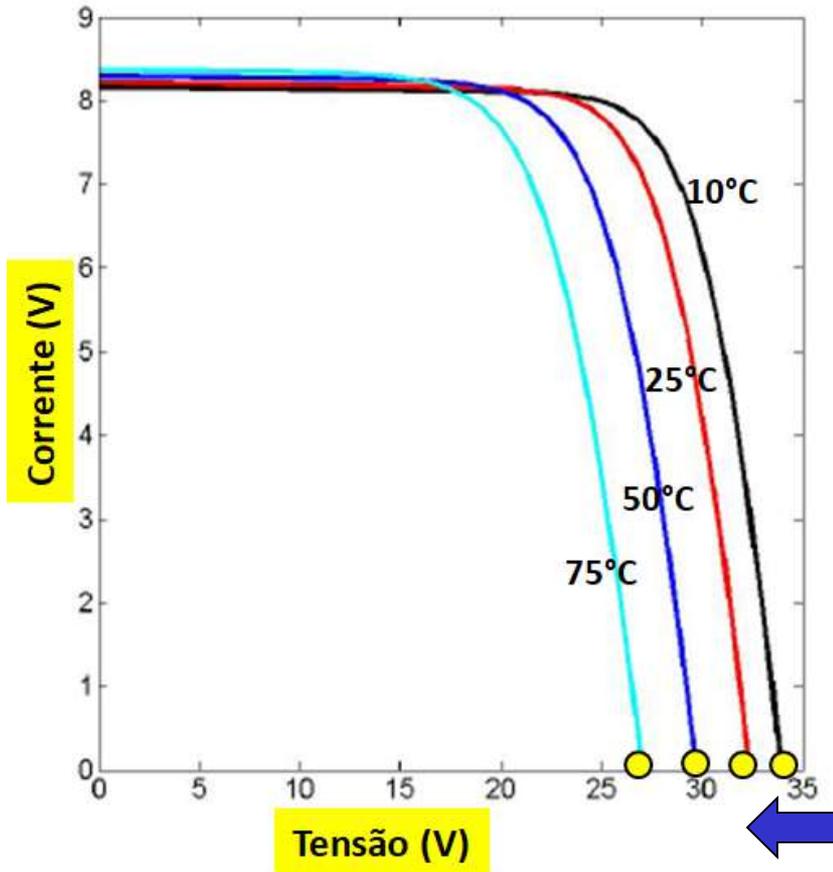
Influência da temperatura, T ($^{\circ}\text{C}$)



(Aumento da temperatura)



Influência da temperatura, T ($^{\circ}\text{C}$)



(Aumento da temperatura)

$T \uparrow \rightarrow$

$\left\{ \begin{array}{l} I \approx \text{(quase constante)} \\ P \downarrow \text{(diminui)} \\ V \downarrow \text{(diminui)} \end{array} \right.$

Características Elétricas em STC

A fim de comparação, os módulos são testados em STC (standard test condition) certificado por organismos internacionais.

Em STC:

Irradiância solar: $G = 1000\text{W/m}^2$

Temperatura da célula: 25°C

Massa de Ar: AM1.5

Características Elétricas no NOCT

NOCT: Normal Operation Cell Temperature

Em temperatura ambiente de 20°C a célula vai ficar em média a 45°C

Em NOCT:

Irradiância solar: $G = 800 \text{ W/m}^2$

Temperatura da célula: 45°C

Velocidade do vento: 1,5m/s

Em alguns módulos aparece com o nome **NMOT** (nominal module operation temperature)

Quais dados usar nos projetos fotovoltaicos (STC ou NOCT)?

Resp: Para projetos fotovoltaicos usa-se os dados do módulo em STC

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	435	440	445	450	455
Binning Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	40.5	40.7	40.8	41.0	41.2
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	10.74	10.82	10.90	10.98	11.06
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	49.0	49.2	49.4	49.6	49.8
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.31	11.39	11.46	11.53	11.61
Module Efficiency η_m (%)	19.9	20.1	20.4	20.6	20.8

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.

*Measuring tolerance: ±3%.

Em STC
G=1000W/m²
T=25°C

$P_{max} = 450 \text{ Wp}$

$V_{mp} = 41 \text{ V}$

$I_{mp} = 10,98 \text{ A}$

$V_{oc} = 49,6 \text{ V}$

$I_{sc} = 11,53 \text{ A}$

Coeficiente de temperatura Voc: $\alpha = - 0.26\% / ^\circ\text{C}$

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C ($\pm 3^\circ\text{C}$)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	- 0.36%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	- 0.26%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.04%/°C

Calcule Voc para $T_{min} = 5^{\circ}\text{C}$ (inverno), módulo TalmaxM450W

STC
 $G=1000\text{W}/\text{m}^2$
 $T_{STC}=25^{\circ}\text{C}$

$P_{max} = 450 \text{ Wp}$
 $V_{mp} = 41,0 \text{ V}$
 $I_{mp} = 10,98 \text{ A}$
 $V_{oc} = 49,6 \text{ V}$
 $I_{sc} = 11,53 \text{ A}$

Coeficiente de temperatura Voc:
 $\alpha = -0.26\% / ^{\circ}\text{C}$
ou
 $\alpha = -0.0026 / ^{\circ}\text{C}$

1 $\Delta T = T_{min} - T_{STC} = 5 - 25 = -20^{\circ}\text{C}$

2 $V'_{oc} = V_{oc} + V_{oc} \cdot \Delta T \cdot \alpha$

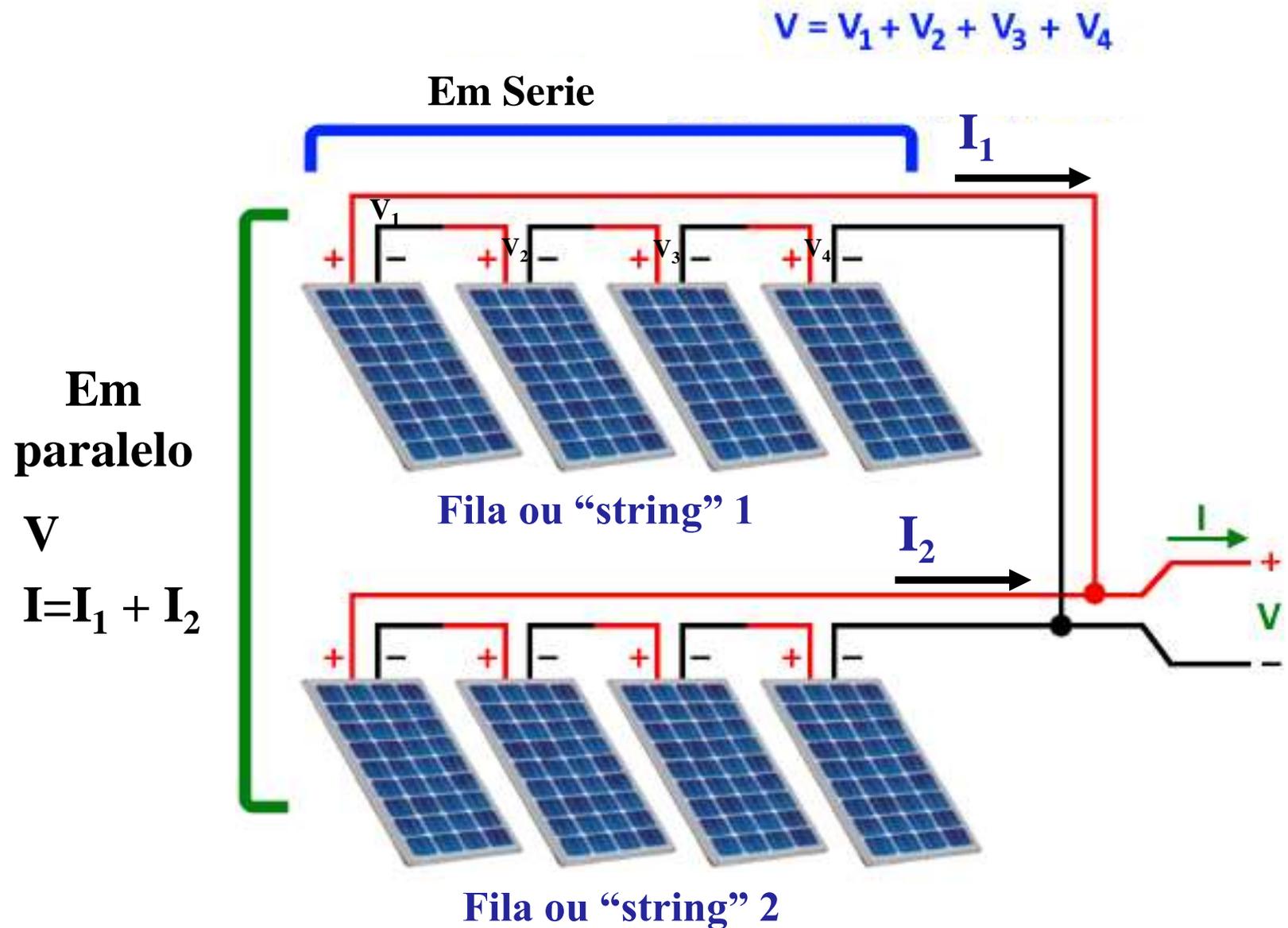
4 $V'_{oc} = 49,6 + 2,58$

3 $V'_{oc} = 49,6 + 49,6 \cdot (-20) \cdot (-0,0026)$

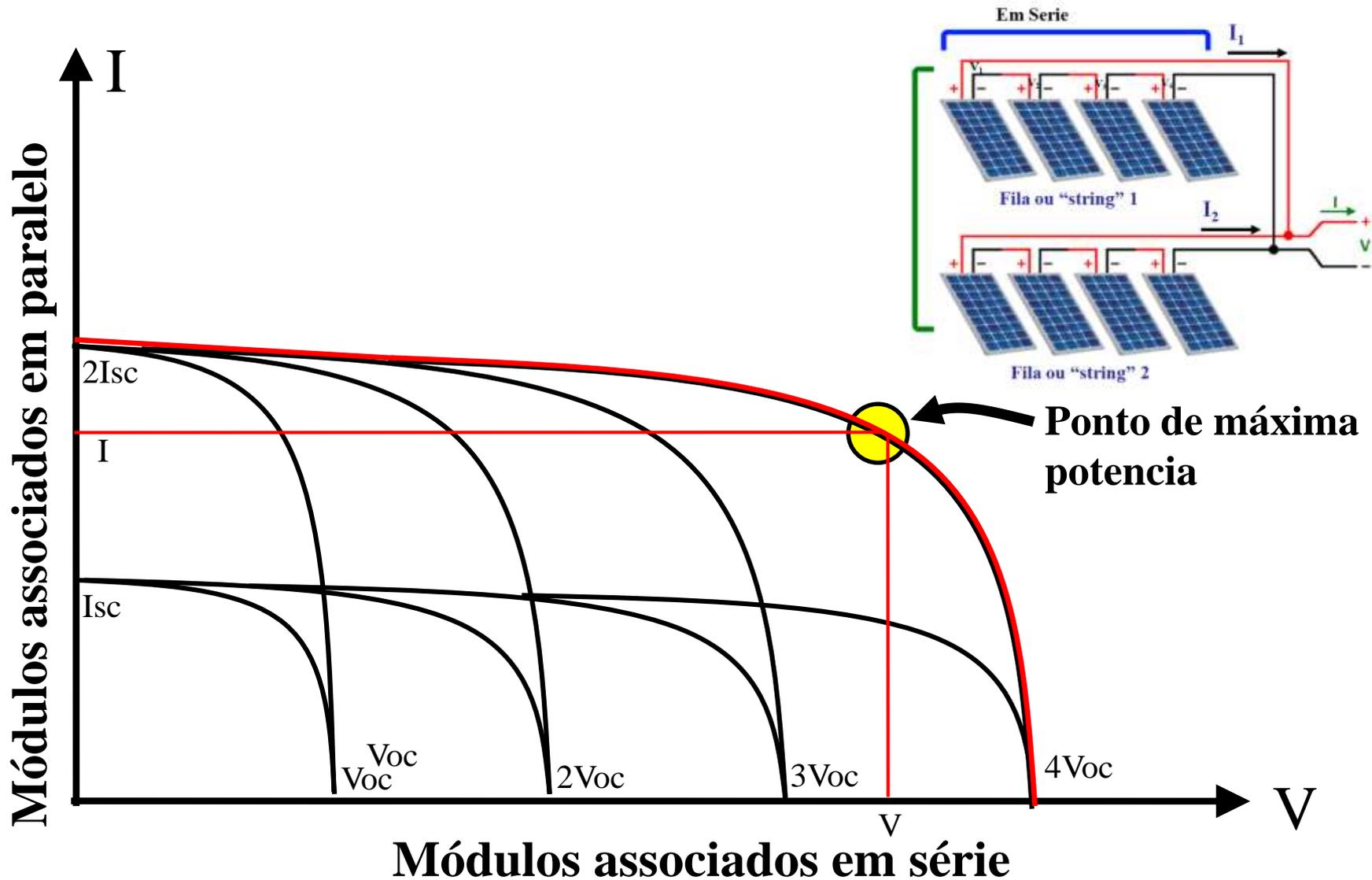
5 $V'_{oc} = 52,18\text{V}$

Aproximadamente 3 V por módulo

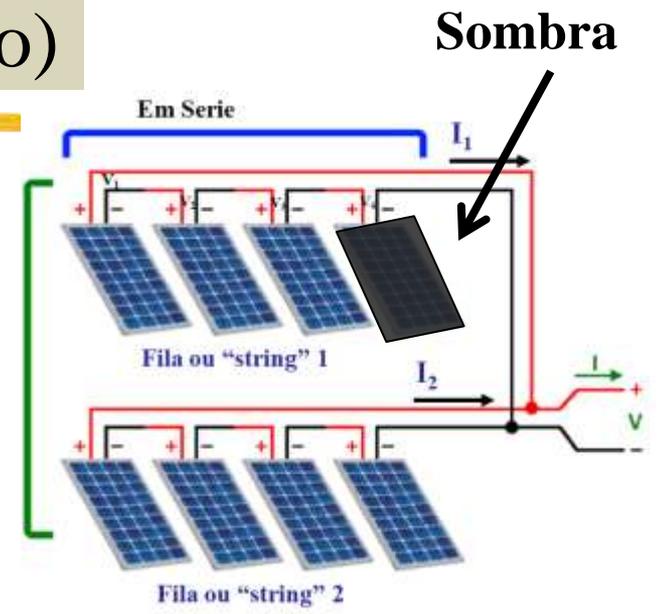
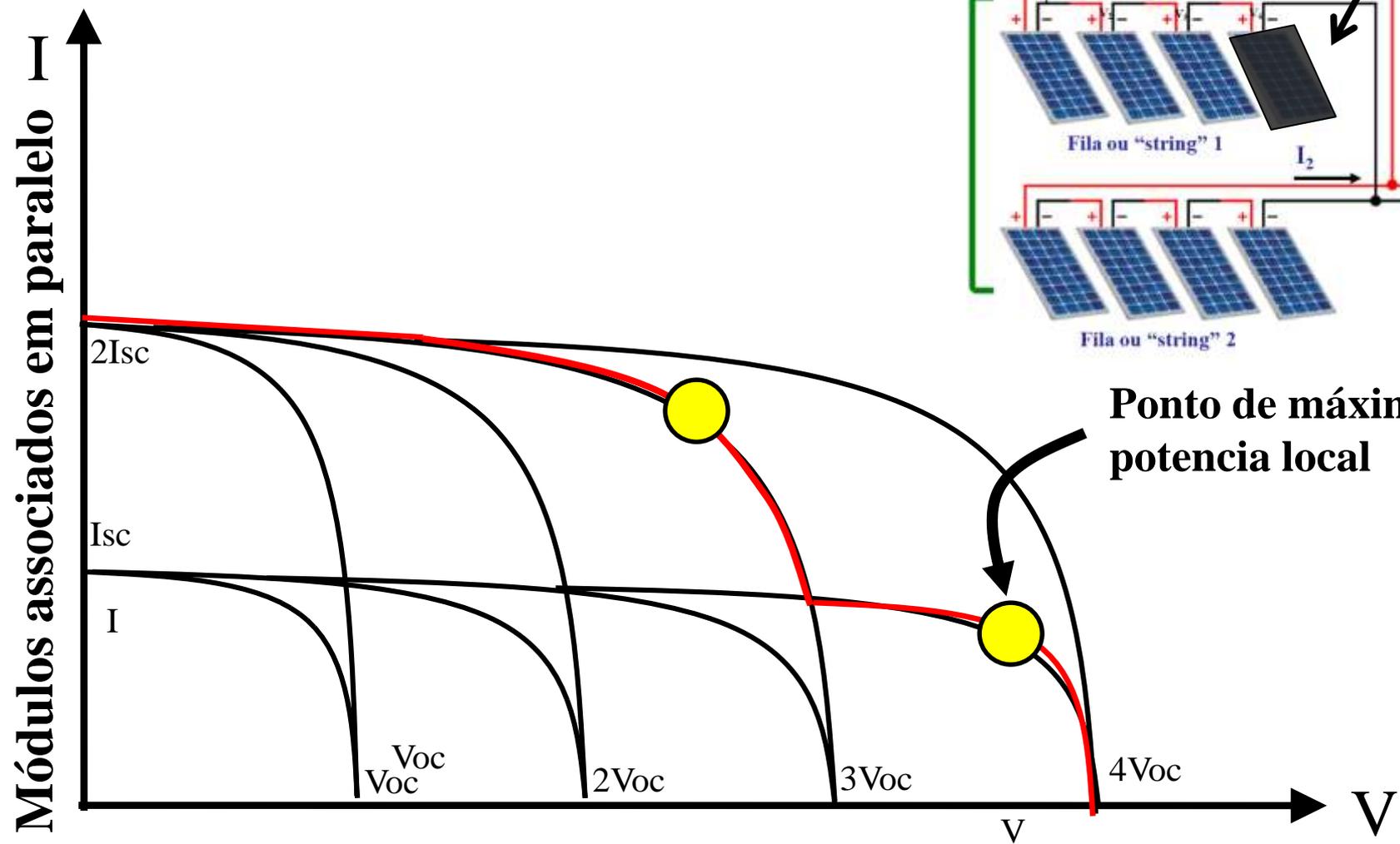
Associação dos módulos fotovoltaicos



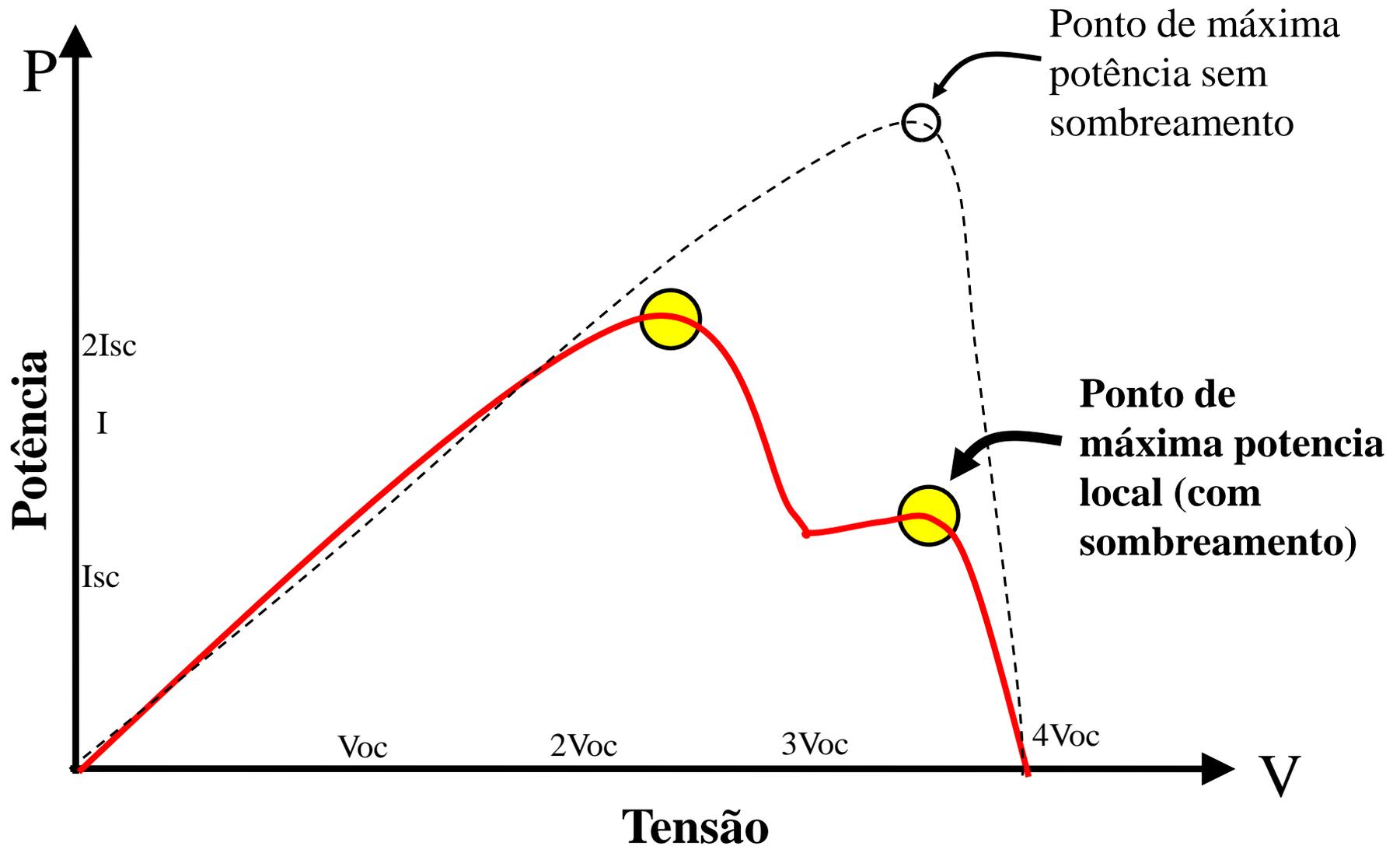
Curva I x V para as associações série e paralelo



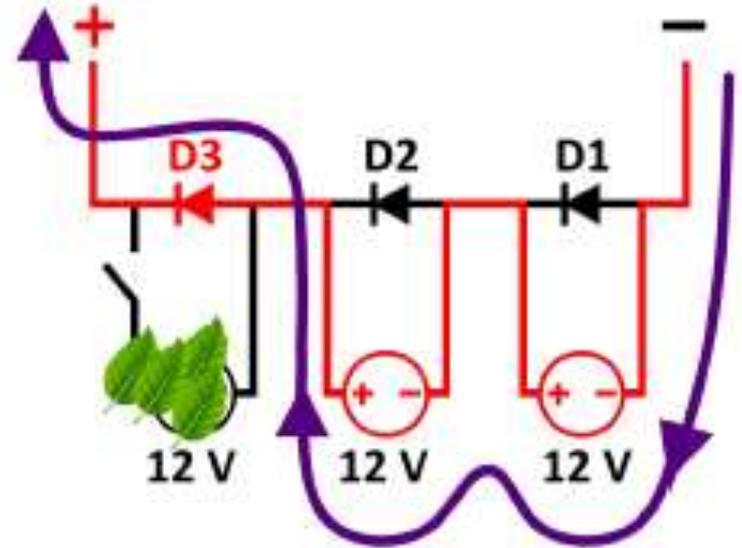
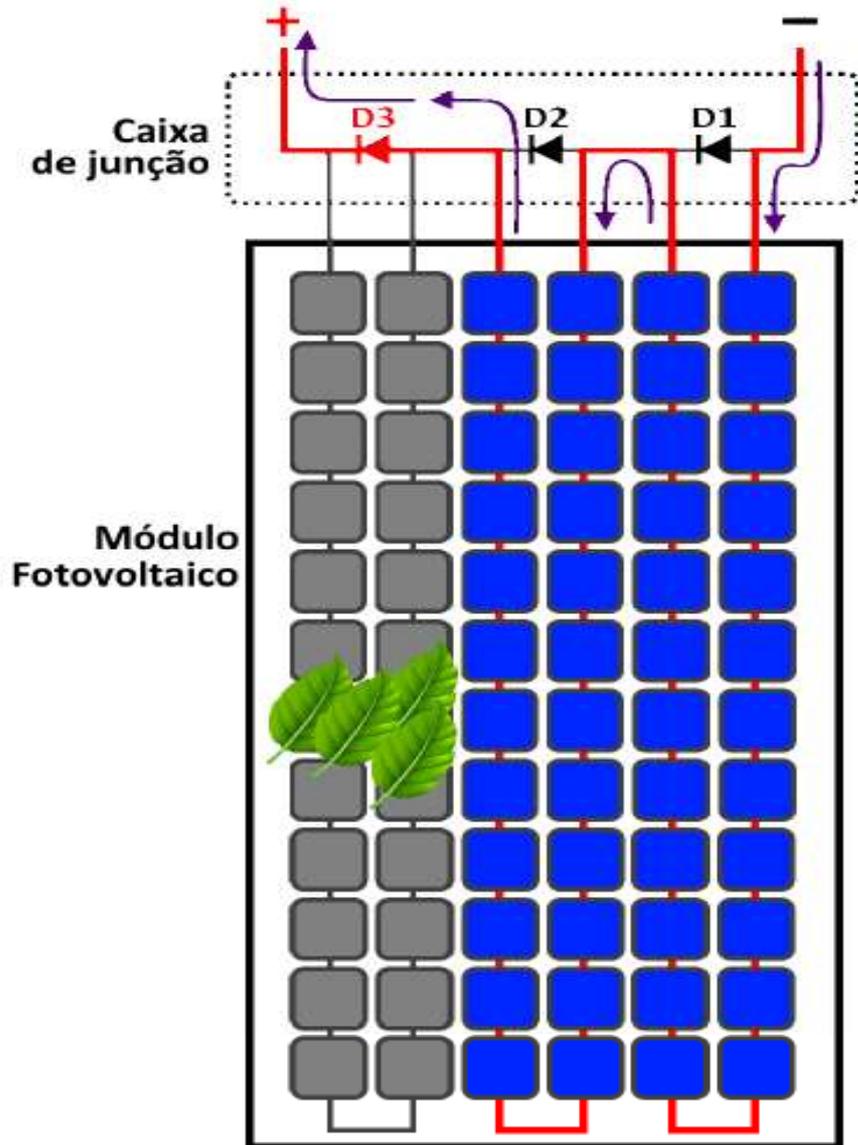
Curva I x V (efeito de sombreamento)



Curva I x V (efeito de sombreamento)

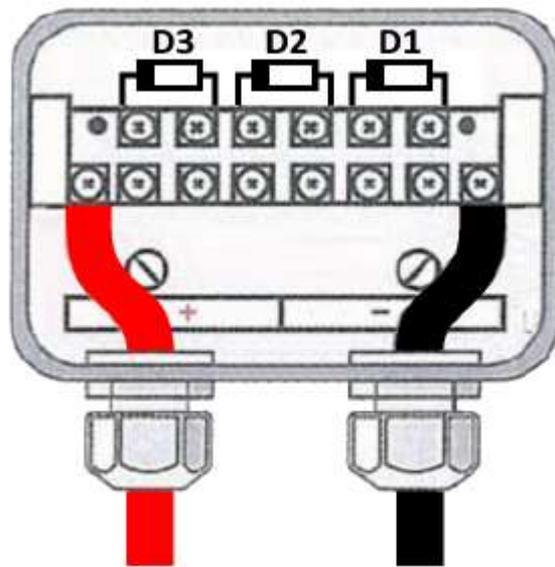


Diodo de Bypass (diodo de ponte) de módulos fotov.



Diodo de Bypass (diodo de ponte) de módulos fotov.

Os diodos de bypass estão alojados na caixa de conexão.



Um módulo de 36 células tem dois diodos e um módulo de 72 tem três diodos.

Os fabricantes só colocam diodos de bypass em potência superiores a 40W

Evalue seu conhecimento

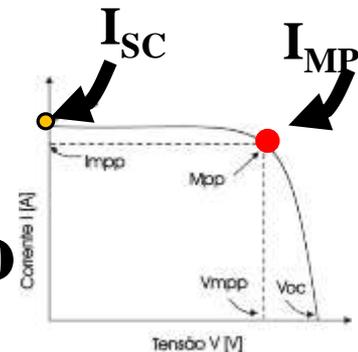
1) Perguntas Verdadeiro/Falso

Em um módulo fotovoltaico:

I) Se a temperatura diminuir, diminui a tensão?

II) Em STC significa que o módulo foi testado em $800\text{W}/\text{m}^2$ e temperatura de 25°C ?

III) A corrente de potência máxima pode ser maior que a corrente de curto-circuito



A sequência correcta é:

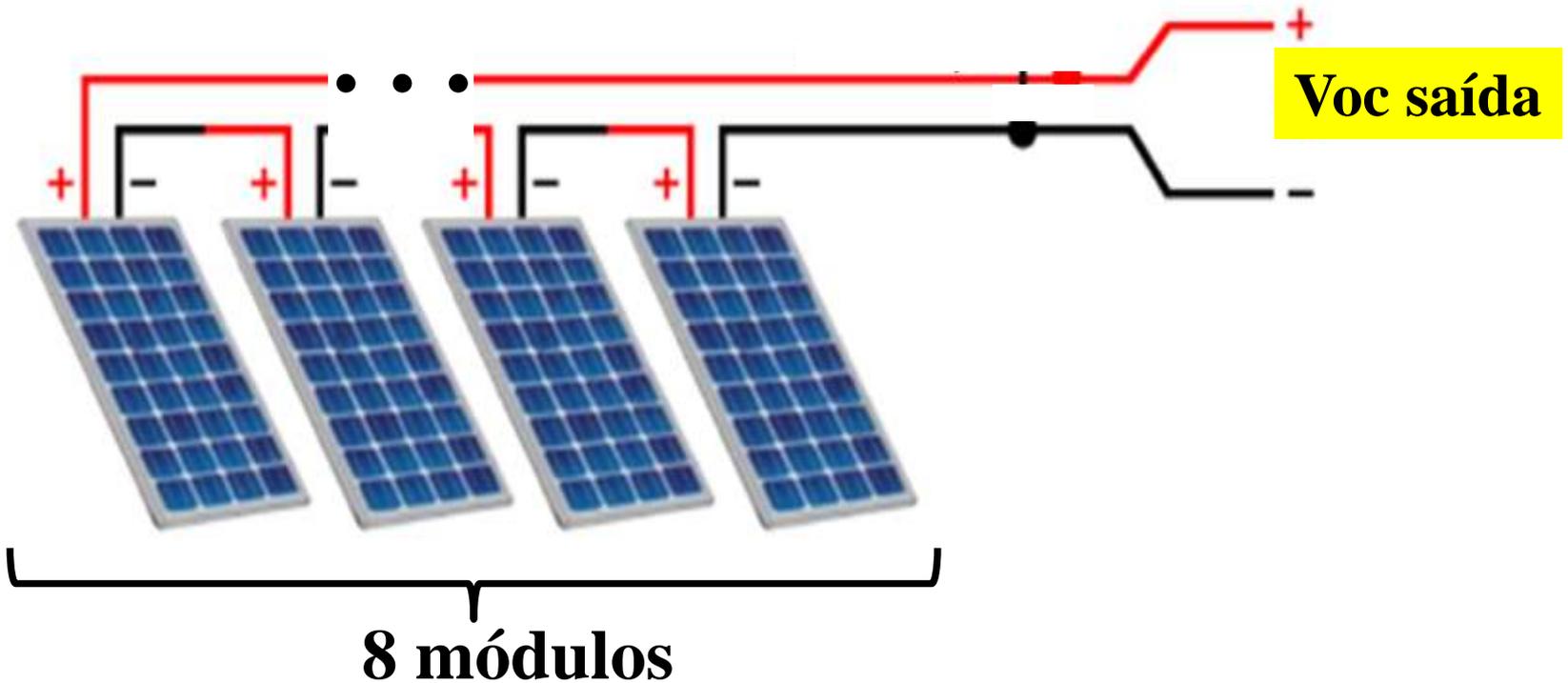
a) FFF

b) VVV

c) FVV

d) N.A

2) Oito módulos de 435W marca Trina Solar modelo TallmaxM estão em serie (ver Dados técnicos). A tensão em vazio na saída para $T_{min}=0^{\circ}C$ é (aprox):



a) 427V

b) 417V

c) 392V

d) 370V

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	435	440	445	450	455
Binning Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	40.5	40.7	40.8	41.0	41.2
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	10.74	10.82	10.90	10.98	11.06
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	49.0	49.2	49.4	49.6	49.8
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.31	11.39	11.46	11.53	11.61
Module Efficiency η_m (%)	19.9	20.1	20.4	20.6	20.8

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.

*Measuring tolerance: ±3%.

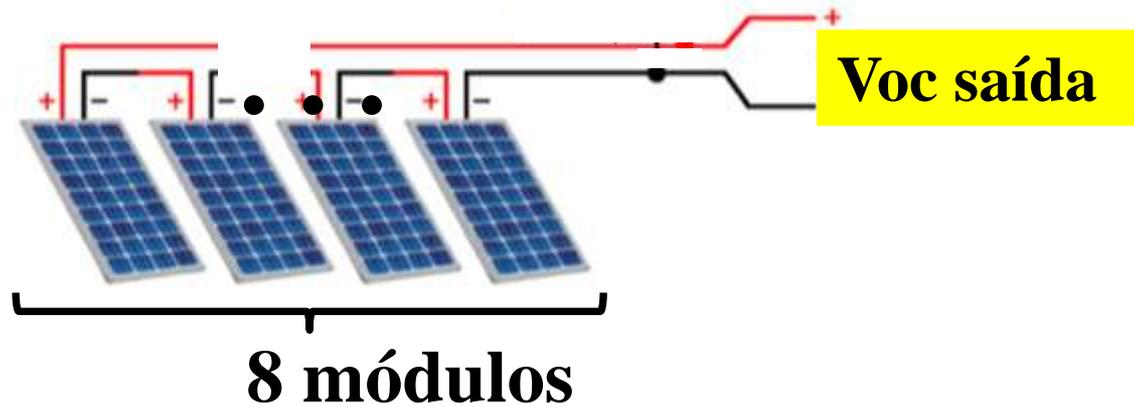
TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41 °C (±3 °C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	- 0.36%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	- 0.26%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

$$V_{oc} = 49 \text{ V}$$

Coeficiente de
tensão em vazio

$$\alpha = -0.26\% / ^\circ\text{C} = -0.0026/^\circ\text{C}$$



Para
um
módulo

① $\Delta T = T_{\min} - T_{STC} = 0 - 25 = -25^\circ\text{C}$

② $V'_{oc} = V_{oc} + V_{oc} \cdot \Delta T \cdot \alpha$

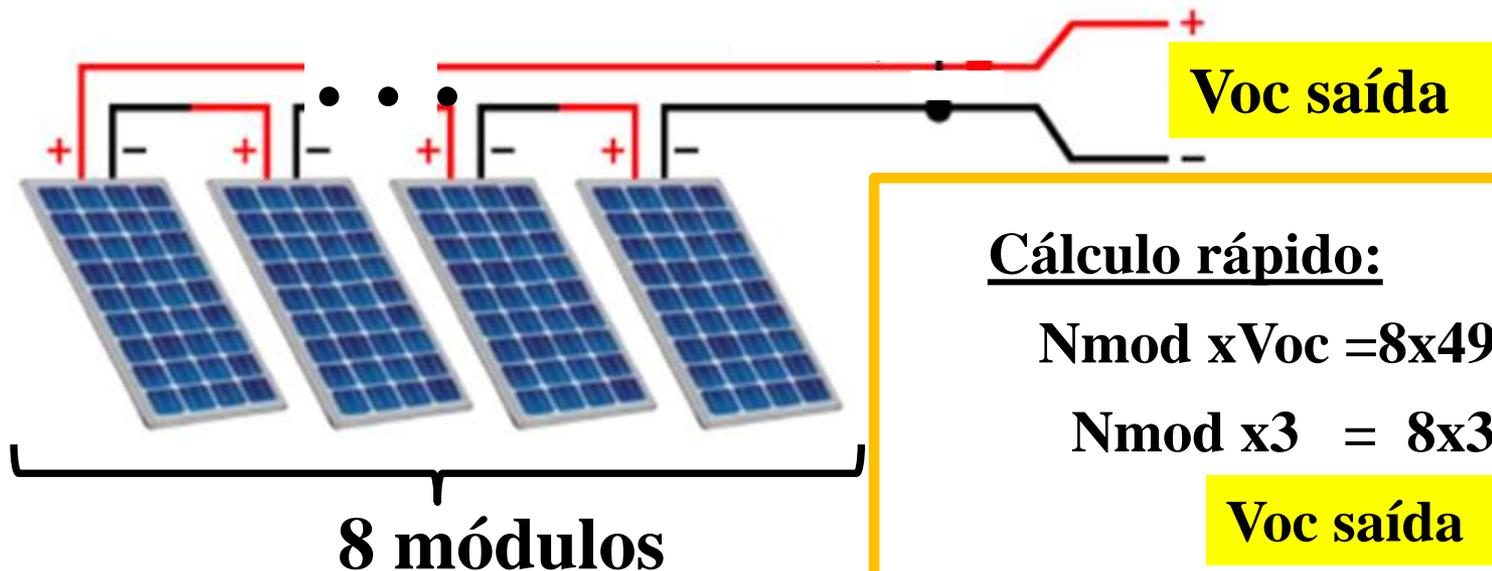
③ $V'_{oc} = 49 + 49 \cdot (-25) \cdot (-0,0026)$

④ $V'_{oc} = 52,19$

Para oito módulos:

$$Voc \text{ saída} = N_{\text{mod}} \times Voc'$$

$$Voc \text{ saída} = 8 \times 52,18 = 417,4 \text{ V}$$



Cálculo rápido:

$$N_{\text{mod}} \times Voc = 8 \times 49 = 392 \text{ V}$$

$$N_{\text{mod}} \times 3 = 8 \times 3 = 24 \text{ V}$$

$$Voc \text{ saída} = 416 \text{ V}$$

a) 427V

b) 417V

c) 392V

d) 370V