



LABORATÓRIO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS - INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ENERGIA SOLAR

Roberto Zilles
zilles@iee.usp.br

Recurso solar

Dispositivo de conversão da radiação solar em eletricidade

Cenário nacional

Mercado mundial

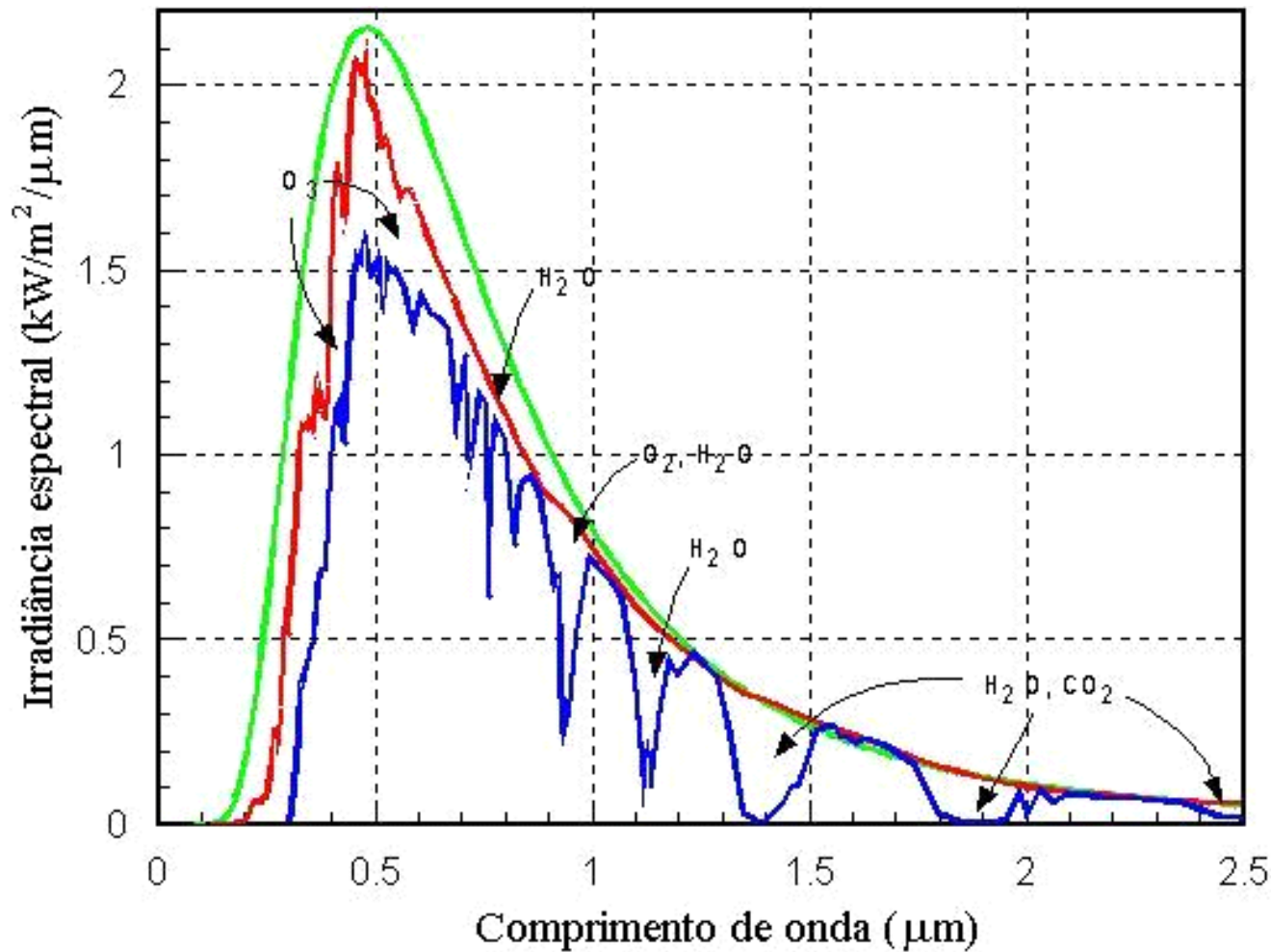
Radiação Solar – fenômeno físico de transporte de energia na forma de ondas eletromagnéticas.

Irradiância – taxa na qual a radiação solar incide em uma superfície, por unidade de área desta superfície, normalmente medida em W/m^2 .

Irradiação – irradiância solar integrada durante um intervalo de tempo especificado, normalmente horário ou diário, medida em Wh/m^2 .

Insolação – também chamada de “horas de sol”, a insolação é período de tempo durante o qual o feixe de radiação solar direto ilumina uma superfície. Pode ser obtida experimentalmente registrando-se o número de horas do dia no qual a irradiância permaneceu acima de um valor pré-definido, usualmente $120 W/m^2$.

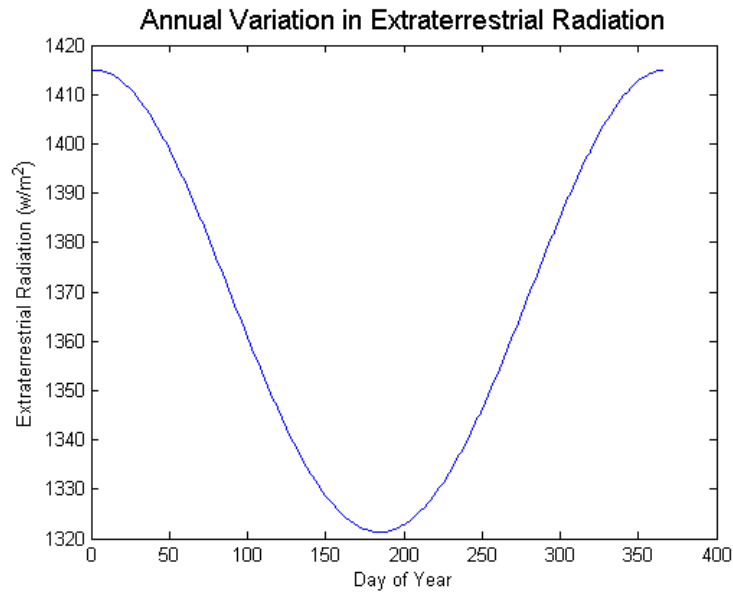
Irradiância espectral da radiação solar



Legenda:

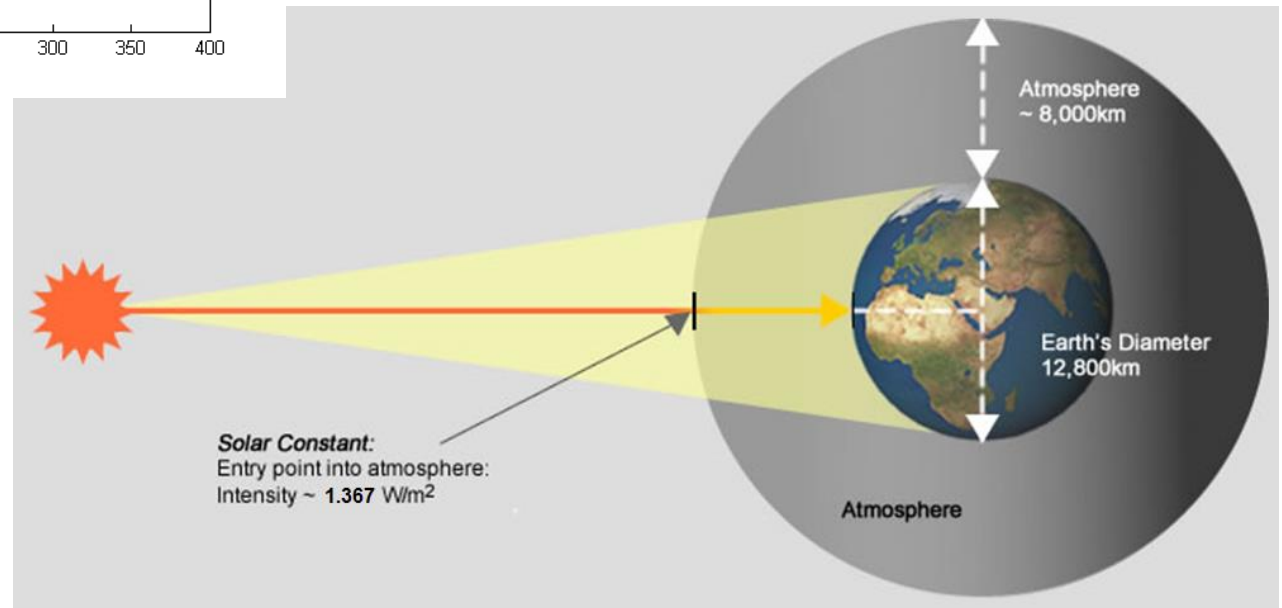
- Corpo negro (≈ 5.778 K)
- Extraterrestre
- Terrestre

Conceitos básicos

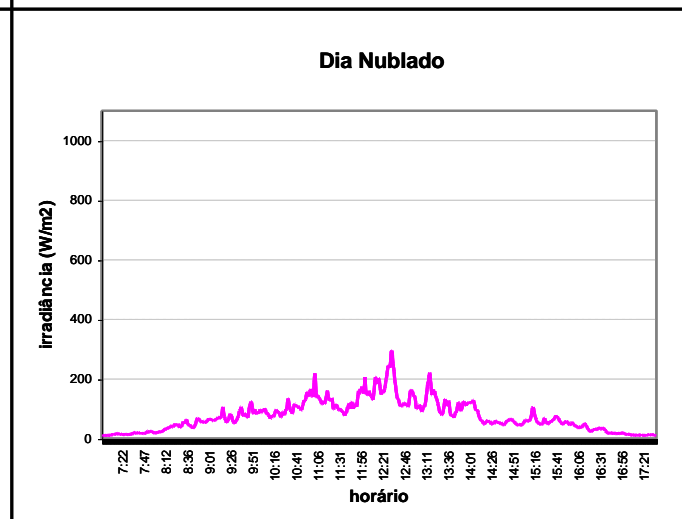
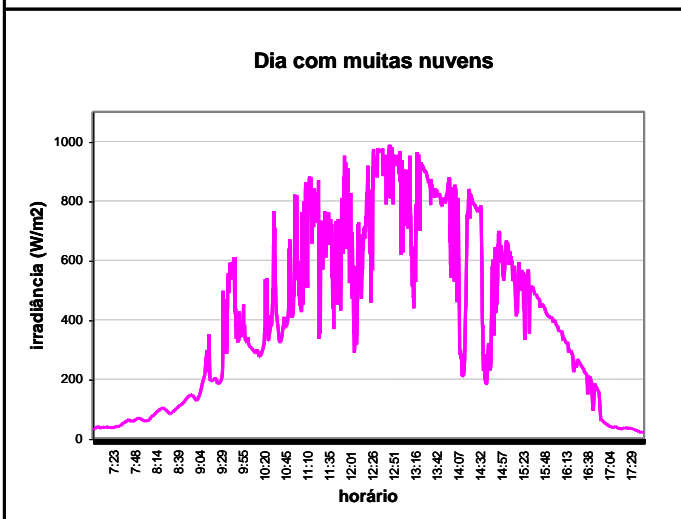
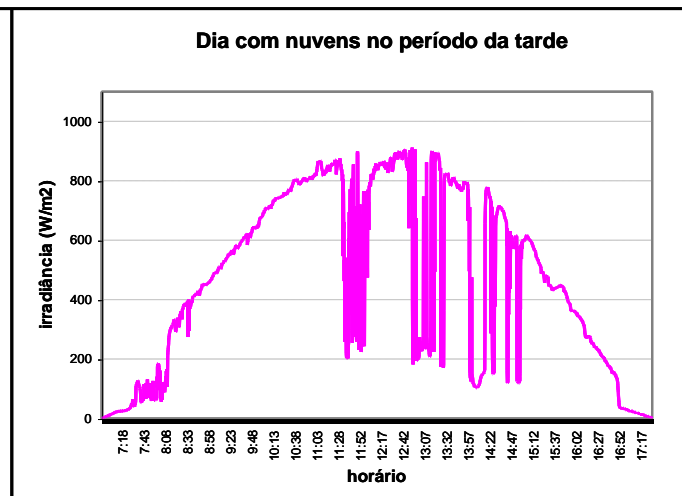
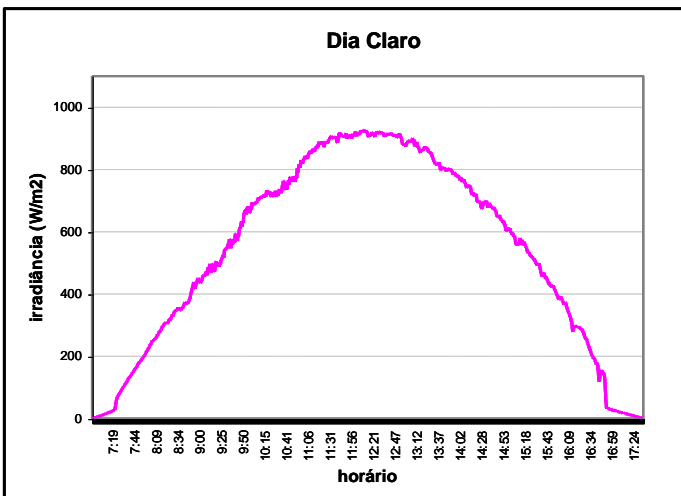


✓ Constante Solar (irradiância extraterrestre média):

$$G_{sc} = 1.367 \text{ W/m}^2$$



Perfis diários de irradiância



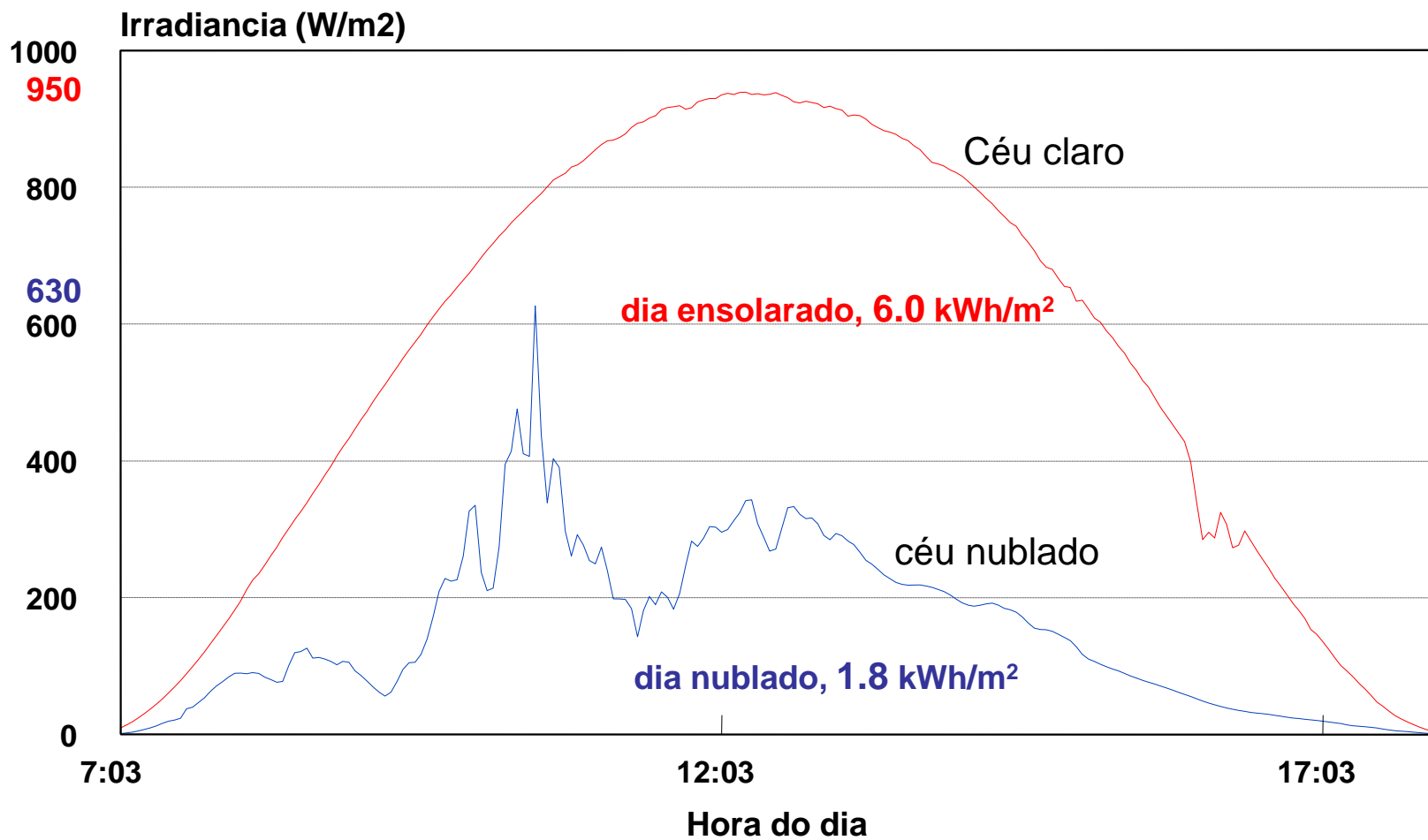


Diagrama de trajetórias do sol



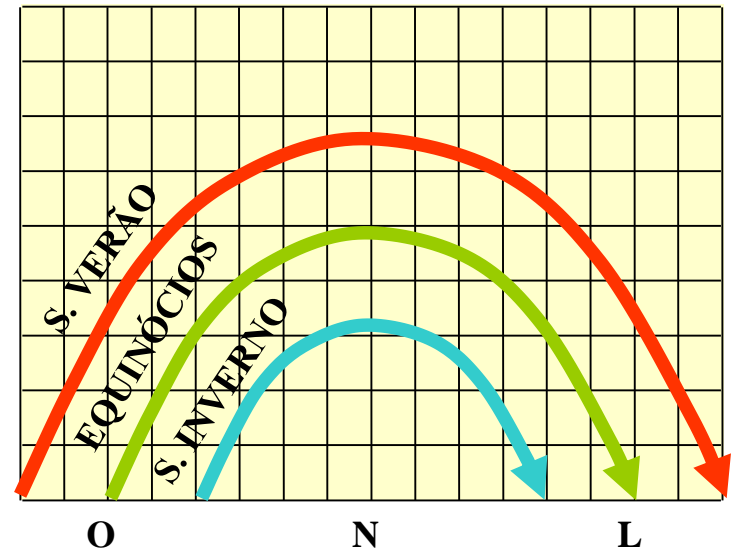
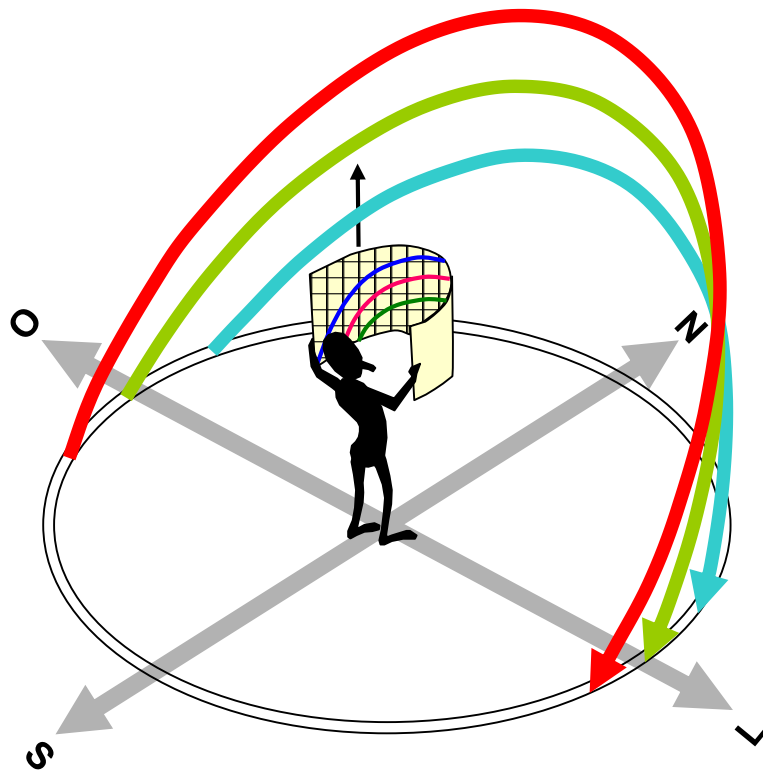
Solstício de verão (Dezembro)

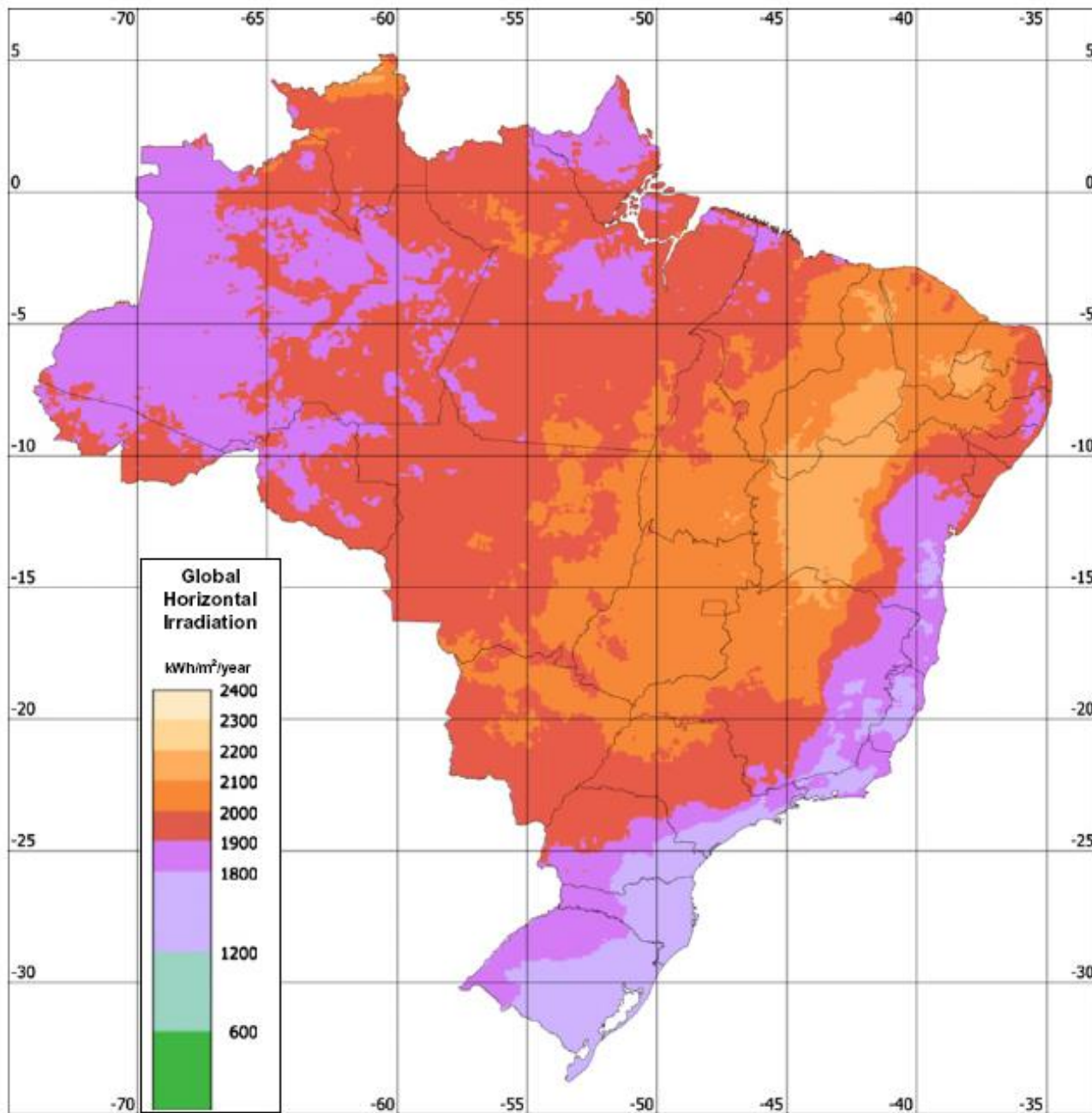


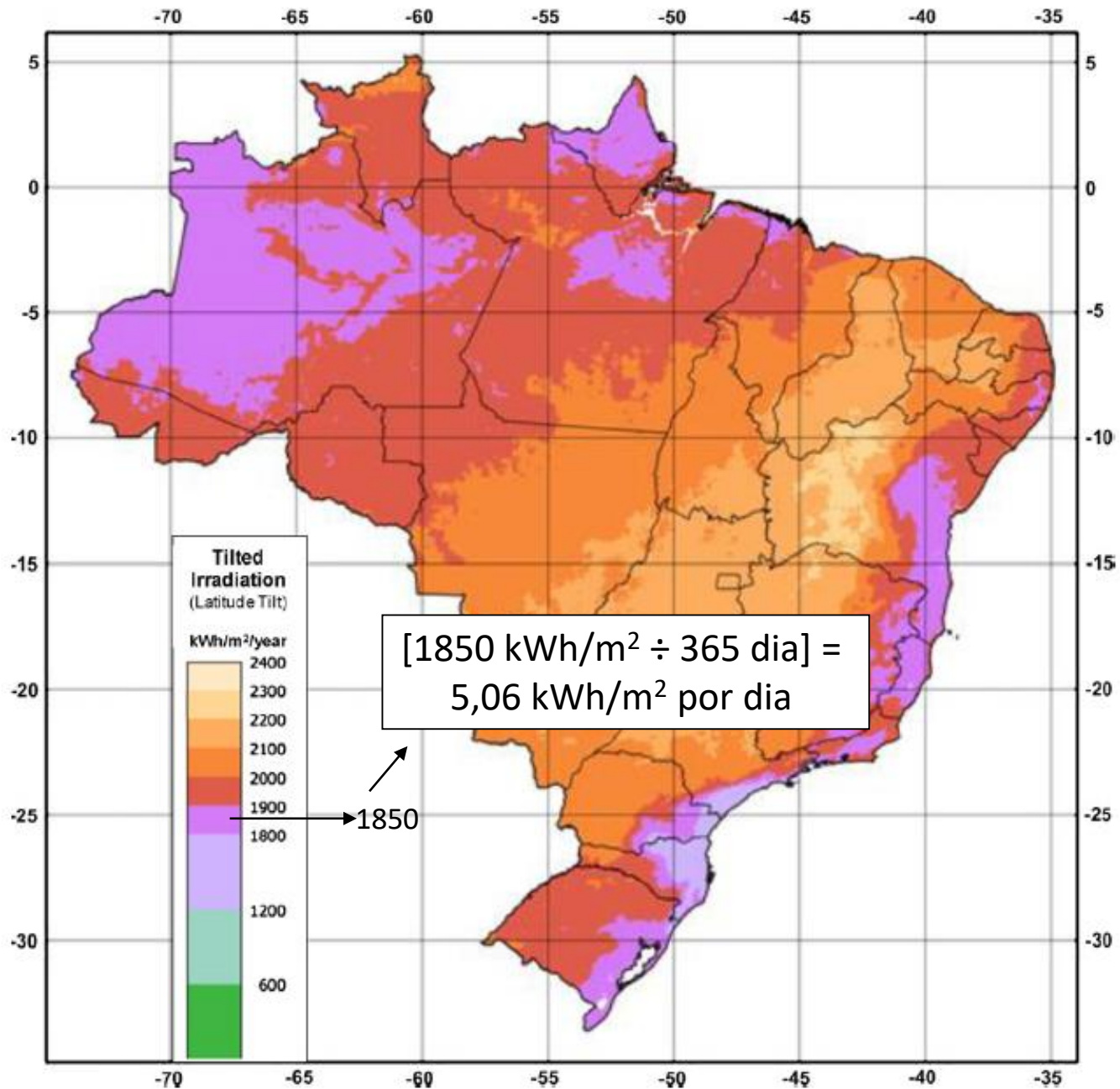
Equinócios de Primavera e Outono (Setembro/Março)



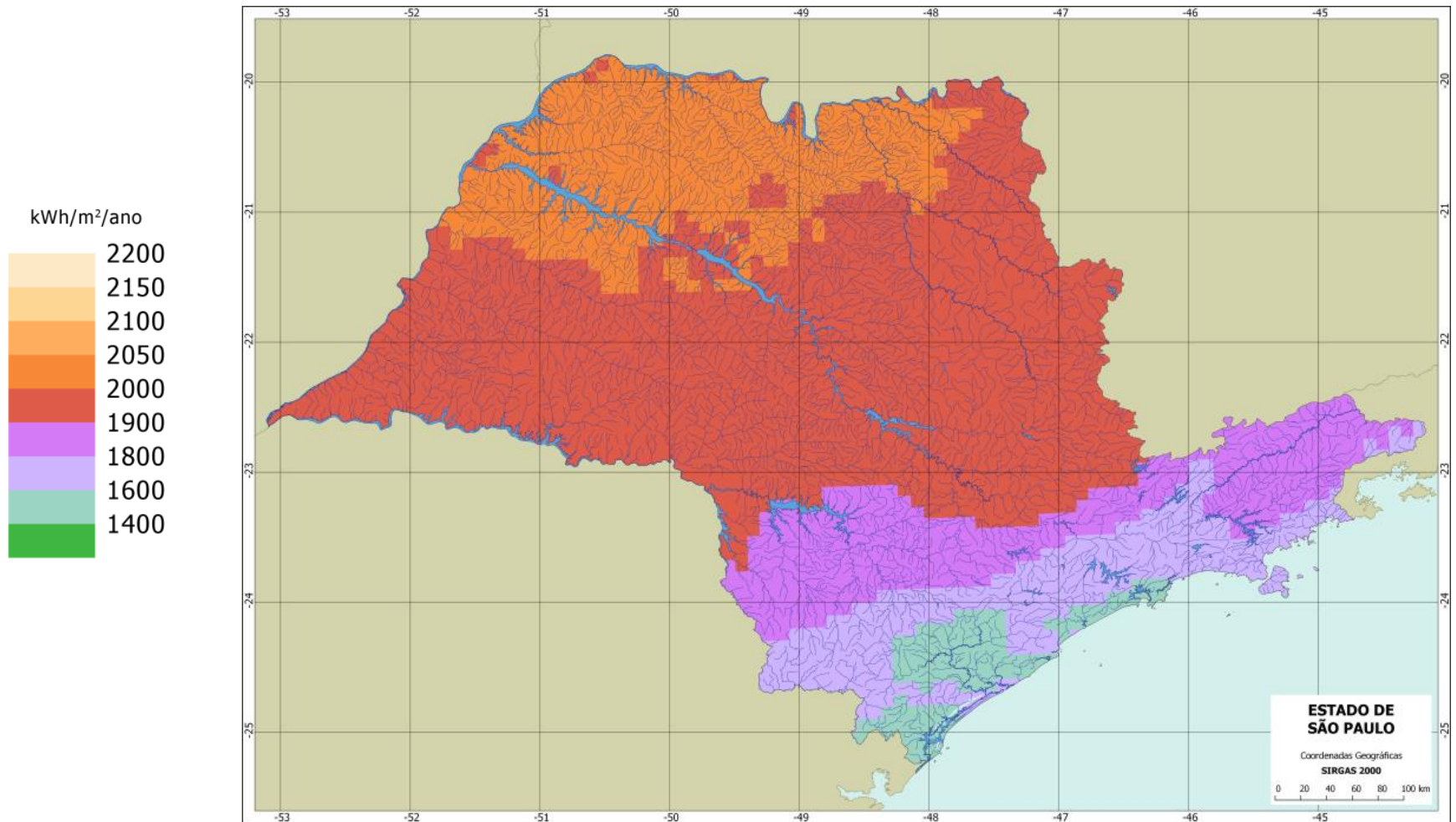
Solstício de inverno (Junho)



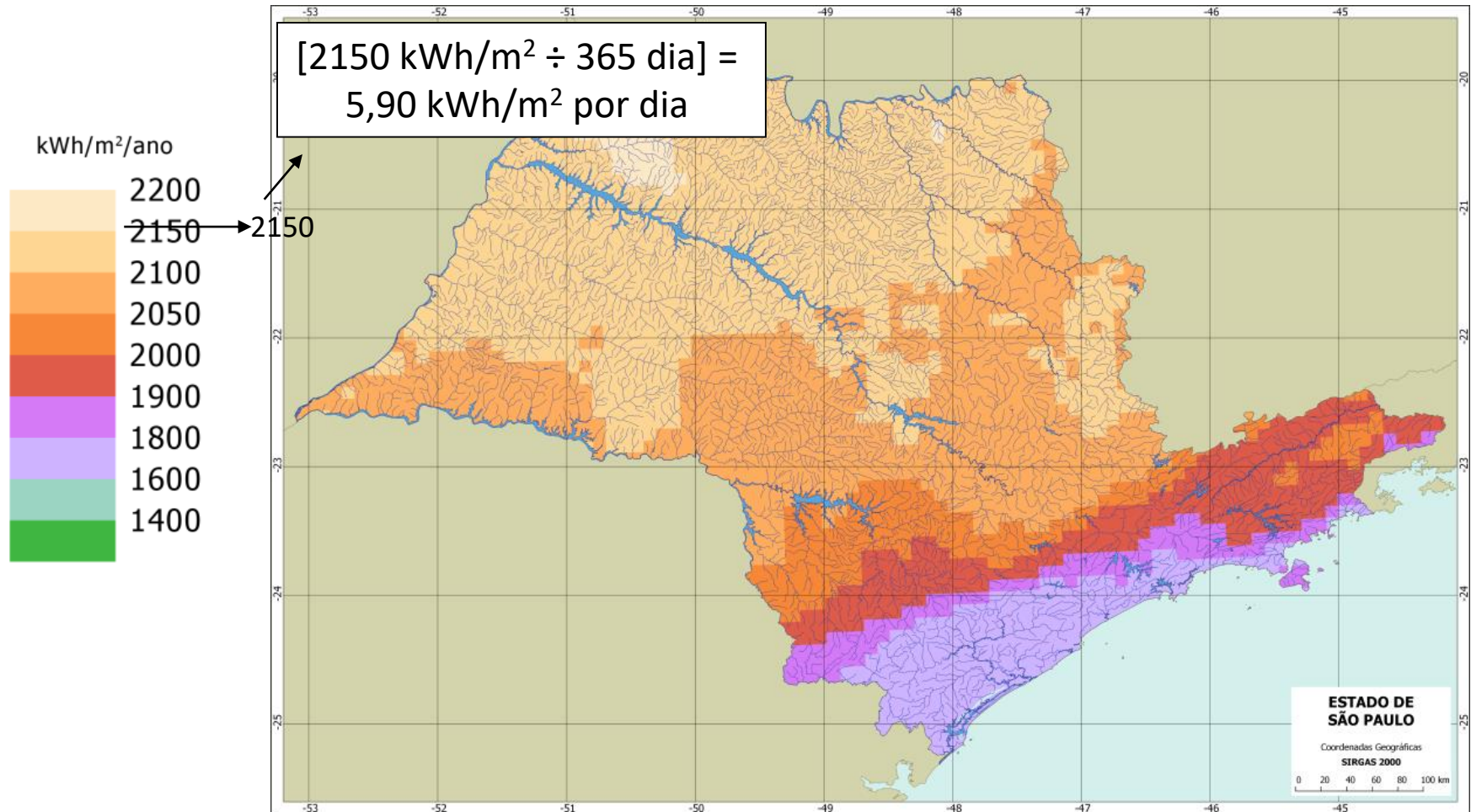




IRRADIAÇÃO GLOBAL (HORIZONTAL) – Total anual



IRRADIAÇÃO TOTAL (INCLINADA) – Total anual



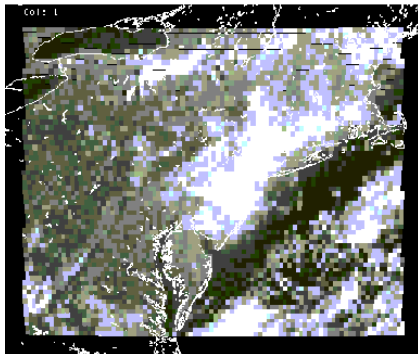
Irradiação global

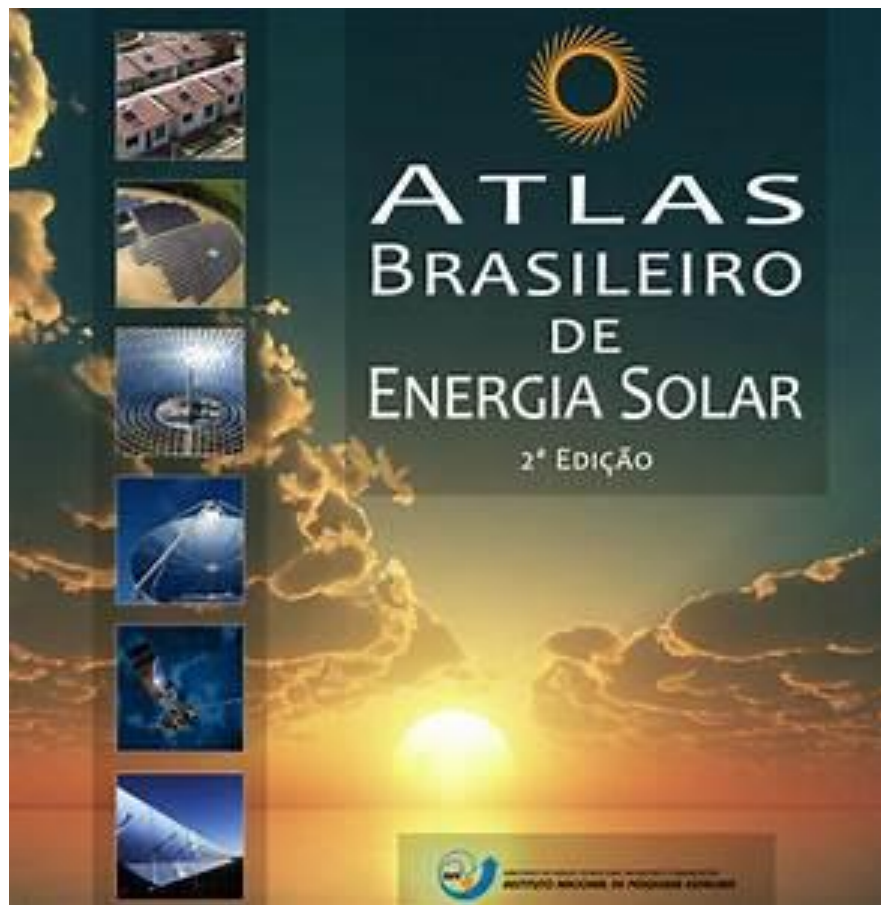
→ Medidas diretas



→ Medidas indiretas

- Horas de sol
- Satélite



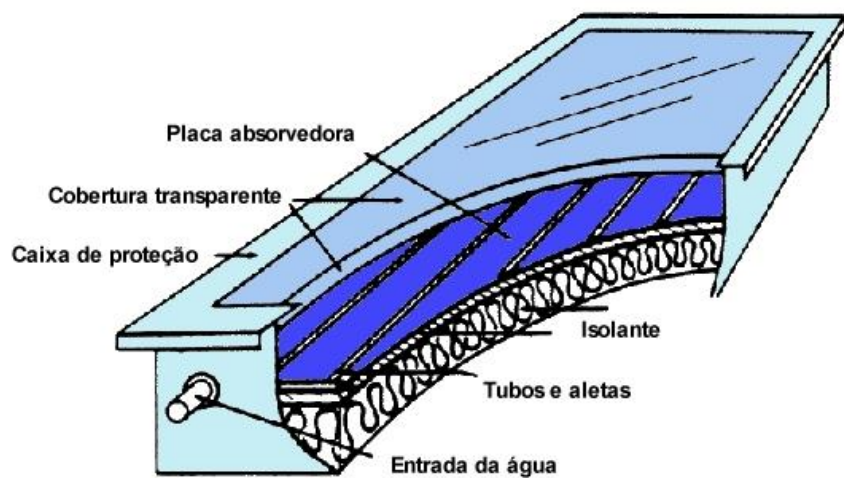


http://ftp.cptec.inpe.br/labren/pub/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf

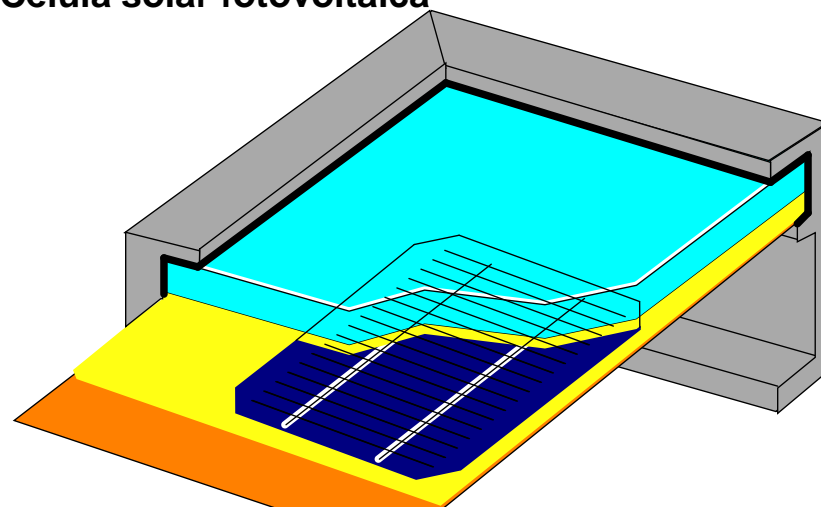
http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html

CONVERSÃO DA ENERGIA SOLAR

Coletor Solar Térmico



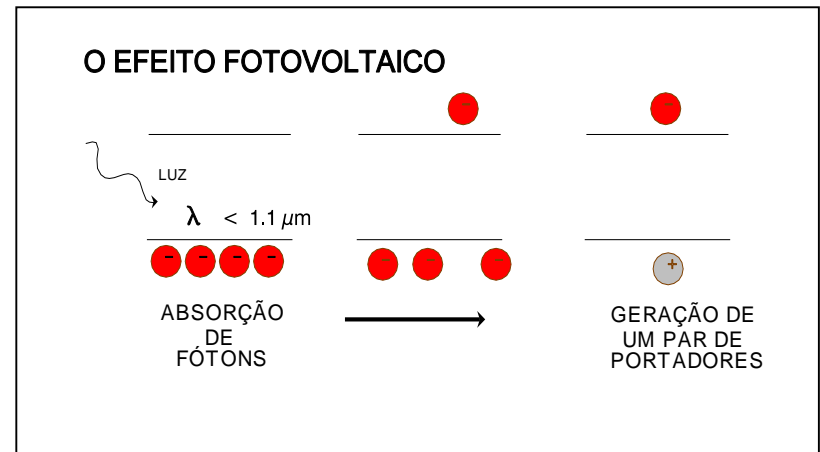
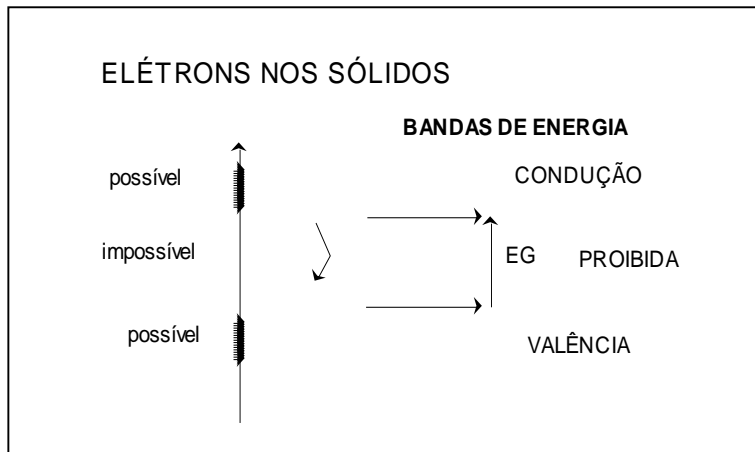
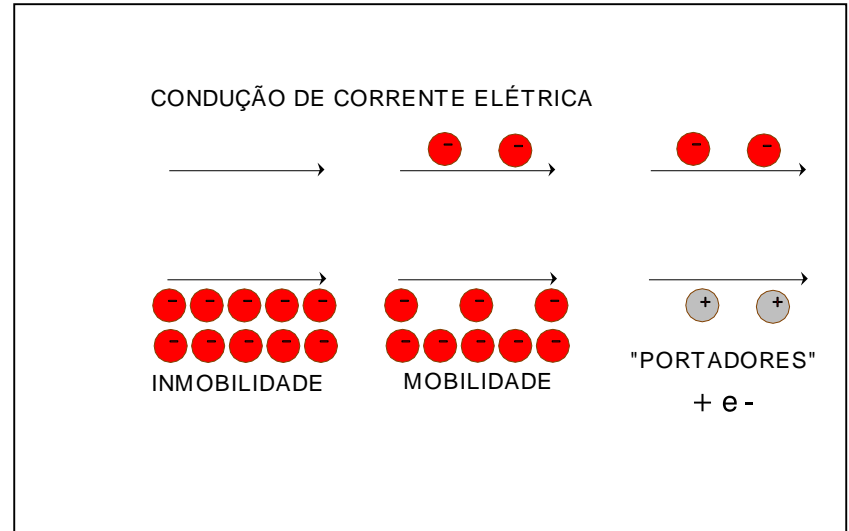
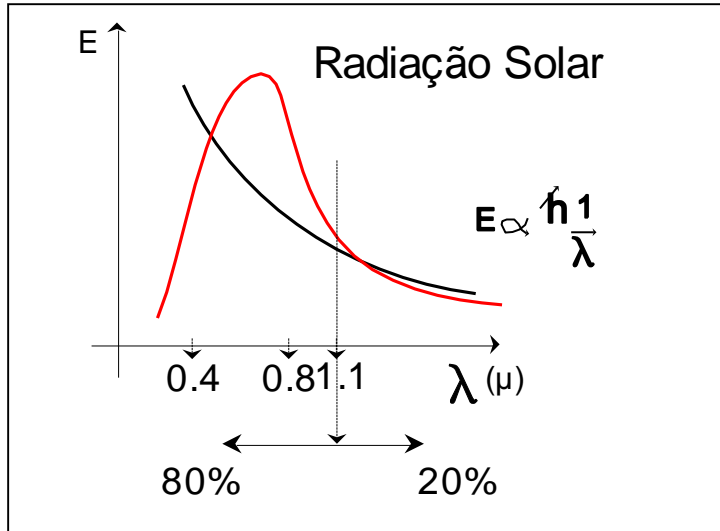
Célula solar fotovoltaica



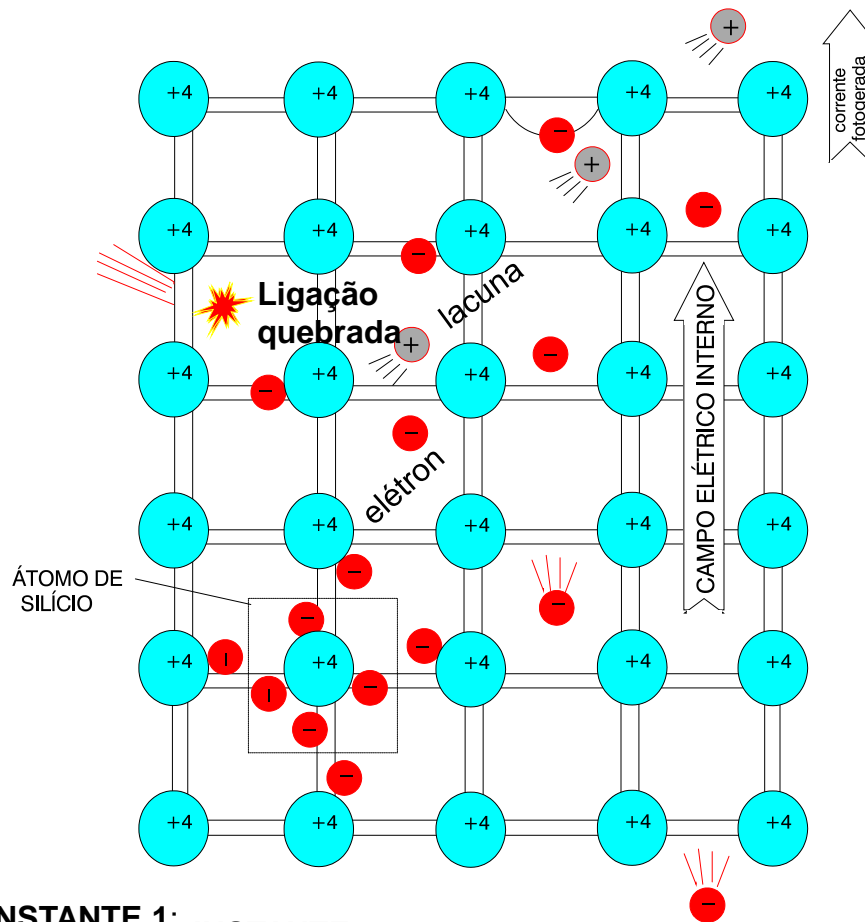
Conversão Fotovoltaica

- Conversão fotovoltaica é a conversão da energia solar diretamente em eletricidade através do efeito fotovoltaico.
- O dispositivo de conversão é chamado de **célula fotovoltaica**. Há várias tecnologias, mas dominam as células fabricadas com silício monocristalino ou com silício multicristalino.

LUZ E ENERGIA



FÍSICA DA CONVERSÃO FOTOVOLTAICA



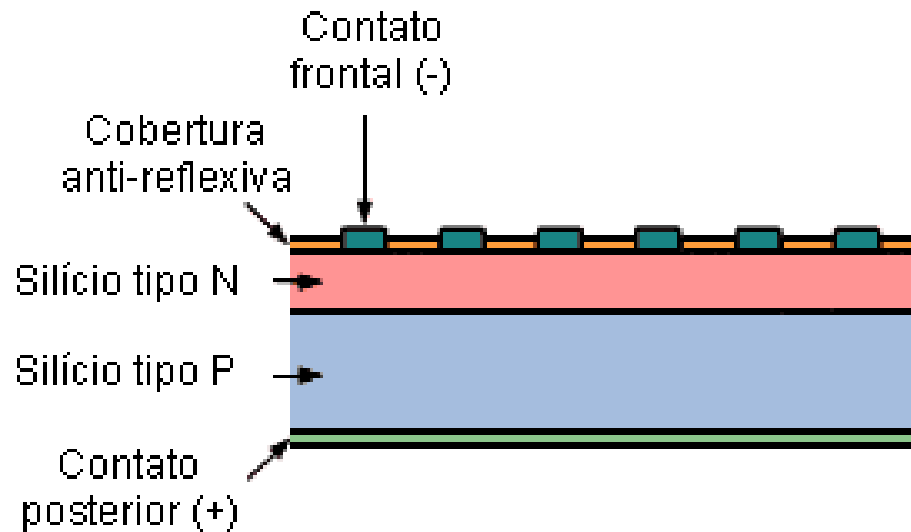
INSTANTE 1:
Absorção de um fóton

INSTANTE 2:
Geração de um par elétron-lacuna

INSTANTE 3:
Movimento da lacuna devido ao "salto" de um elétron

INSTANTE 4:
Separação de elétron e lacuna pelo campo elétrico interno, formação da corrente elétrica

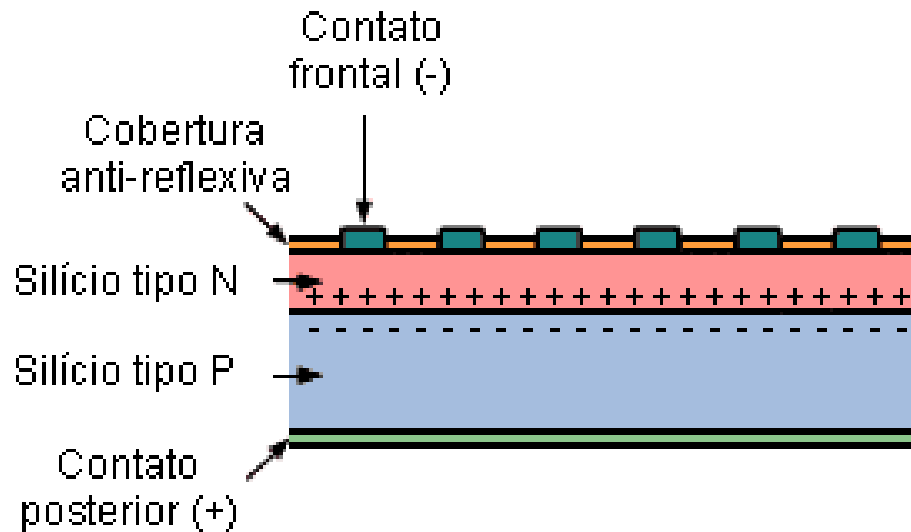
EFEITO FOTOVOLTAICO



Dopagem N → pentavalente → fósforo

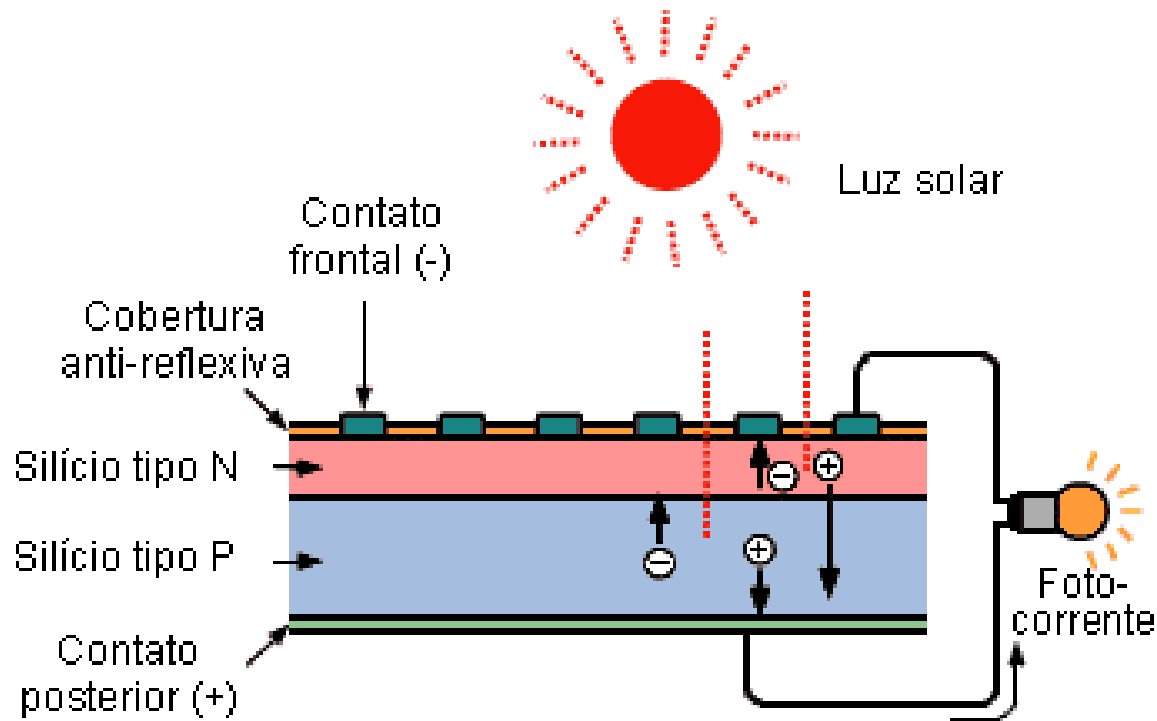
Dopagem P → trivalente → boro

EFEITO FOTOVOLTAICO



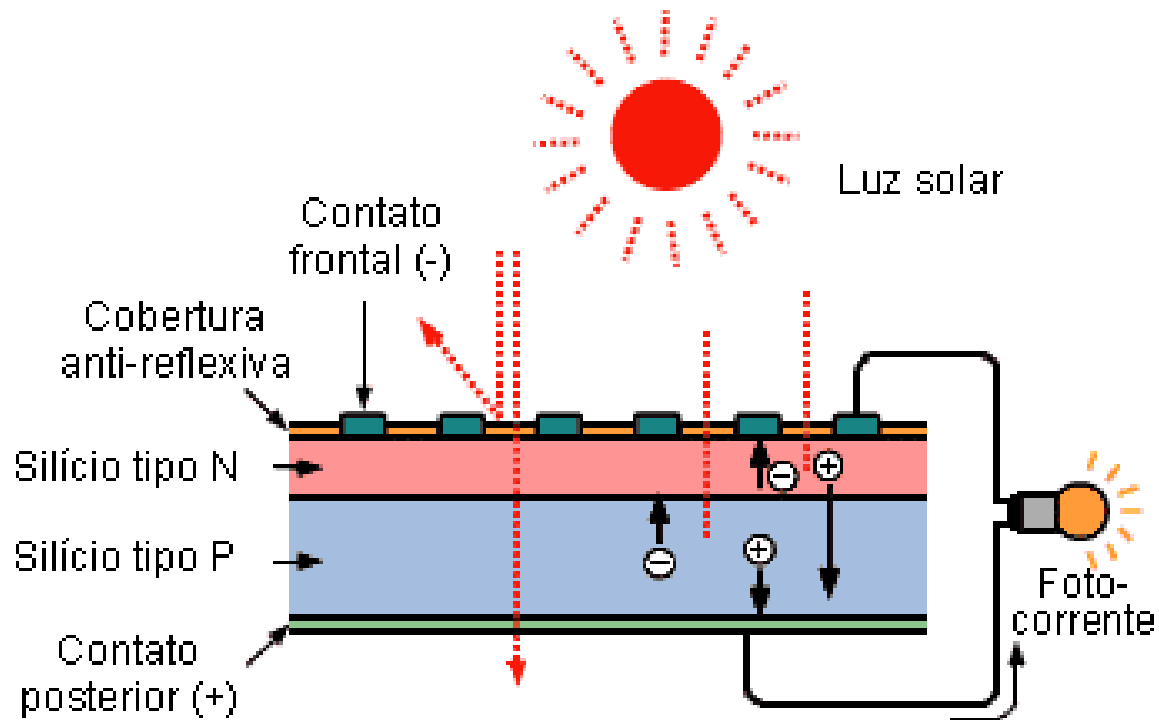
Difusão → migração de cargas → campo elétrico

EFEITO FOTOVOLTAICO



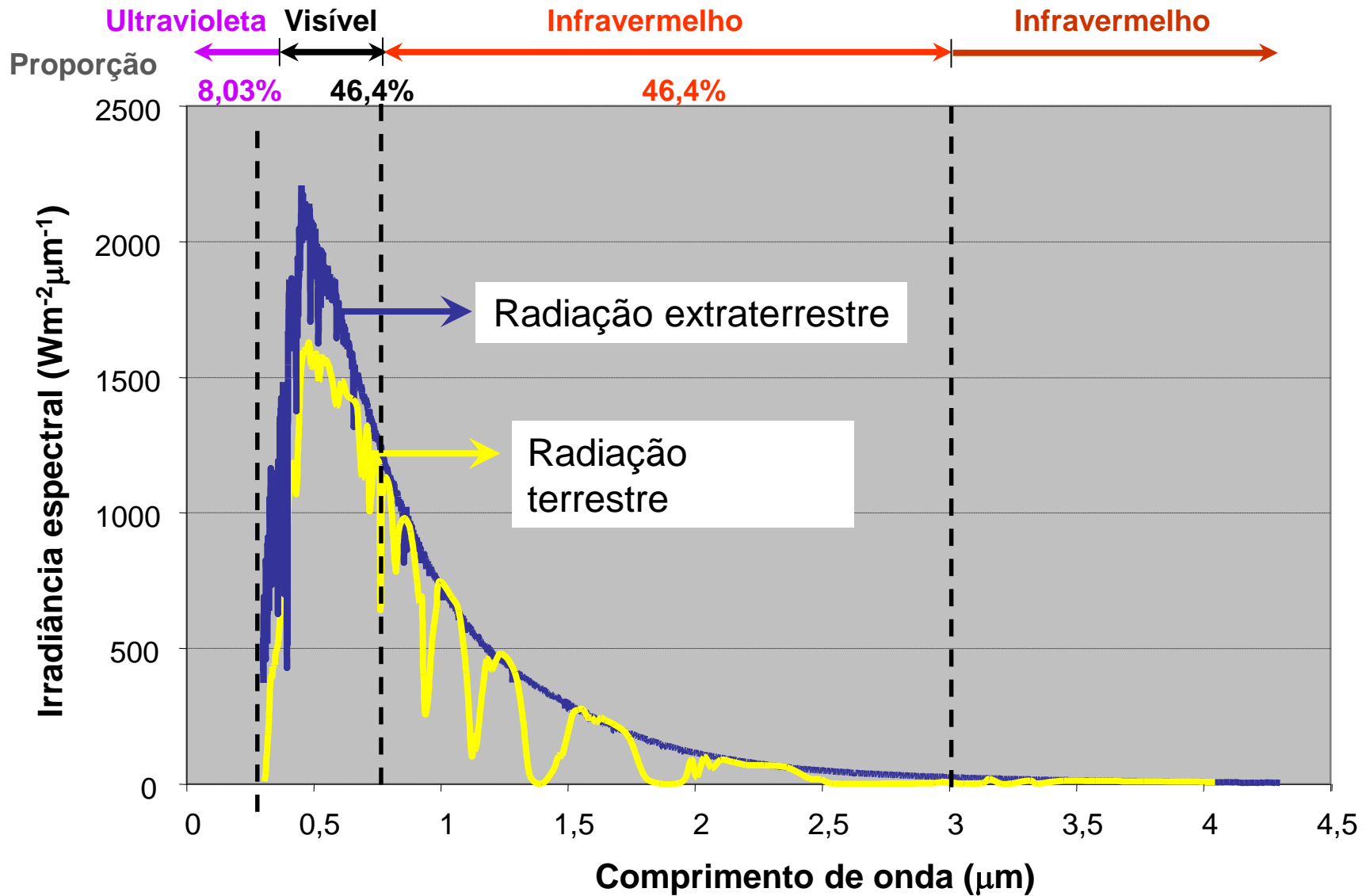
Fótons criam pares elétron-lacuna que são separados pelo campo elétrico, formando a fotocorrente

EFEITO FOTOVOLTAICO

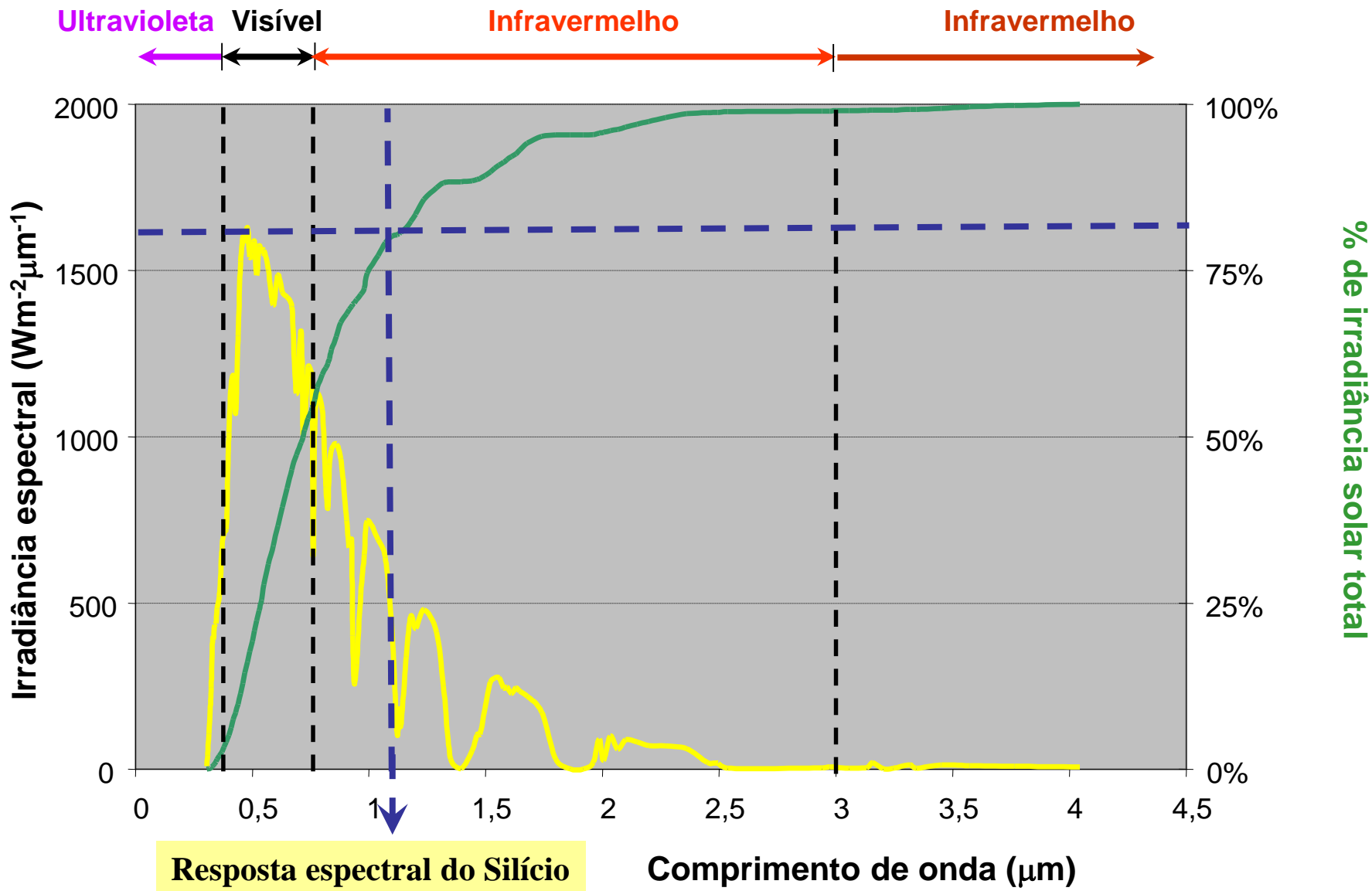


Limitações no processo de conversão:
Nem todos os fótons são aproveitados

Distribuição espectral da radiação solar



Aproveitamento da energia solar



Resposta espectral do Silício

Comprimento de onda (μm)

Tecnologias de materiais para células fotovoltaicas

- SILÍCIO MONOCRISTALINO
- SILÍCIO MULTICRISTALINO
- Amorphous silicon
- Nanocrystalline silicon
- Cadmium telluride CdTe (também CdTe/CdS)
- Copper-Indium Selenide CIS
- Copper indium gallium selenide CIGS
- Gallium arsenide
- Dye-sensitized solar cells (DSSC)
- Organic/polymer solar cells

MÓDULOS FV

➤ Silício Monocristalino

Electrical Properties (STC*)

	300 W
MPP voltage (V _{mpp})	32.0
MPP current (I _{mpp})	9.42
Open circuit voltage (V _{oc})	39.5
Short circuit current (I _{sc})	10.0
Module efficiency (%)	18.3
Operating temperature (°C)	-40 ~ +90
Maximum system voltage (V)	600(UL), 1000(IEC)
Maximum series fuse rating (A)	15
Power tolerance (%)	0 ~ +3

* STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM 1.5

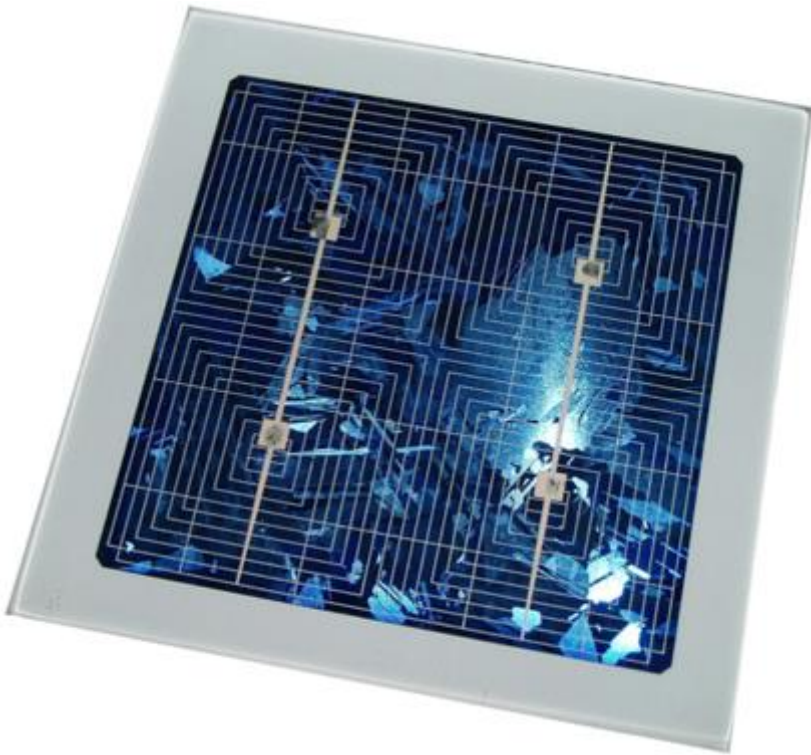
* The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.

Nominal Power ¹² (P _{nom})	335 W	345 W
Power Tolerance	+5/-0%	+5/-0%
Avg. Panel Efficiency ¹³	21.1%	21.5%
Rated Voltage (V _{mpp})	57.3 V	57.3 V
Rated Current (I _{mpp})	5.85 A	6.02 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	67.9 V	68.2 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	6.23 A	6.39 A
Maximum System Voltage	600 V UL ; 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	20 A	
Power Temp Coef. (P _{mpp})	-0.30% / °C	
Voltage Temp Coef. (V _{oc})	-167.4 mV / °C	
Current Temp Coef. (I _{sc})	3.5 mA / °C	

Power output	P _{max}	W	270	265	260	255	250
Power output tolerances	ΔP _{max}	W	-0/+5				
Module efficiency	η _m	%	16.5	16.2	15.9	15.6	15.3
Voltage at P _{max}	V _{mpp}	V	31.1	31.0	30.8	30.6	30.5
Current at P _{max}	I _{mpp}	A	8.68	8.55	8.46	8.33	8.20
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	39.0	39.0	38.6	38.2	38.1
Short-circuit current	I _{sc}	A	9.06	8.93	8.91	8.85	8.71

MÓDULOS FV

➤ Silício Policristalino



Power output	P_{max}	W	260	255	250	245	240
Power output tolerances	ΔP_{max}	%	-0 / +3				
Module efficiency	η_m	%	15.9	15.6	15.3	15.0	14.7
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	30.3	30.0	29.8	29.6	29.3
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	8.59	8.49	8.39	8.28	8.18
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	37.7	37.7	37.6	37.5	37.5
Short-circuit current	I_{sc}	A	9.09	9.01	8.92	8.83	8.75

MÓDULOS FV

➤ Silício Amorfo



ÁREA DE 1,43 m² -> 9% de eficiência

Designation	Pmpp [W]	Vmpp [V]	Ipp [A]	Voc [V]	Isc [A]	Voc initial [V]	Isc initial [A]
μm-Si plus 130	130	70	1.88	89	2.19	90	2.27
μm-Si plus 125	125	69	1.86	88	2.15	89	2.23
μm-Si plus 120	120	67	1.84	88	2.11	89	2.18
μm-Si plus 115	115	65	1.81	88	2.03	89	2.13
μm-Si plus 110	110	64	1.76	87	1.98	88	2.08
μm-Si plus 105	105	63	1.72	86	1.92	87	2.04

Reduction in module efficiency with decrease in irradiation level from 1000 W/m² to 200 W/m² (at 25 °C):
-0.60% (absolute); Measurement tolerance Pmpp ±5%

SISTEMAS ISOLADOS



SIGFI 13, Projeto LSF-IEE, Mimirauá, AM



Bombeamento, Projeto LSF-IEE, ITESP, Presidente Bernardes, SP
Bomba e condicionamento de potência de fabricação nacional



Sistemas individuais – Resolução ANEEL 83/2004



Minirredes em sistemas isolados



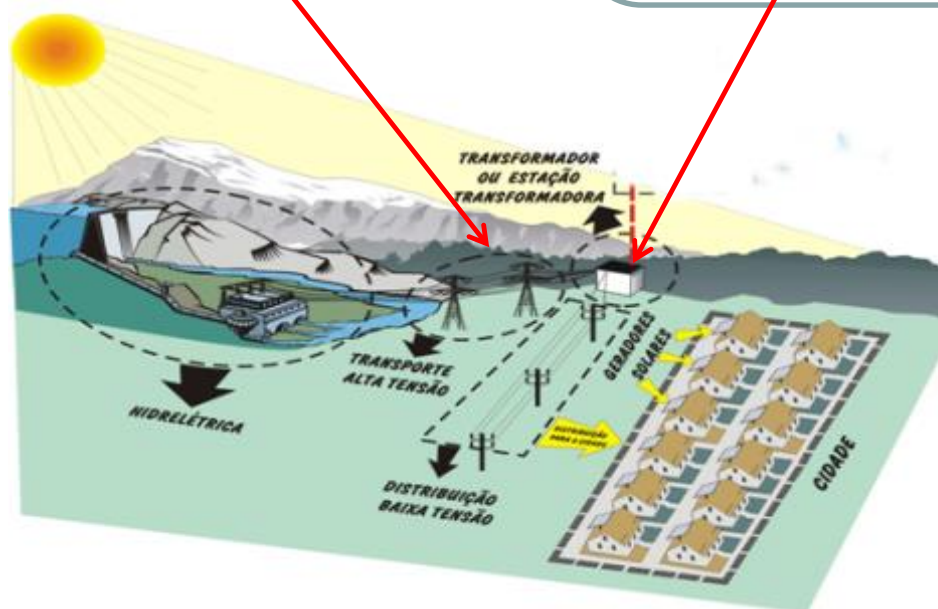
RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 493, DE 5 DE JUNHO DE 2012.

Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI.

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



X

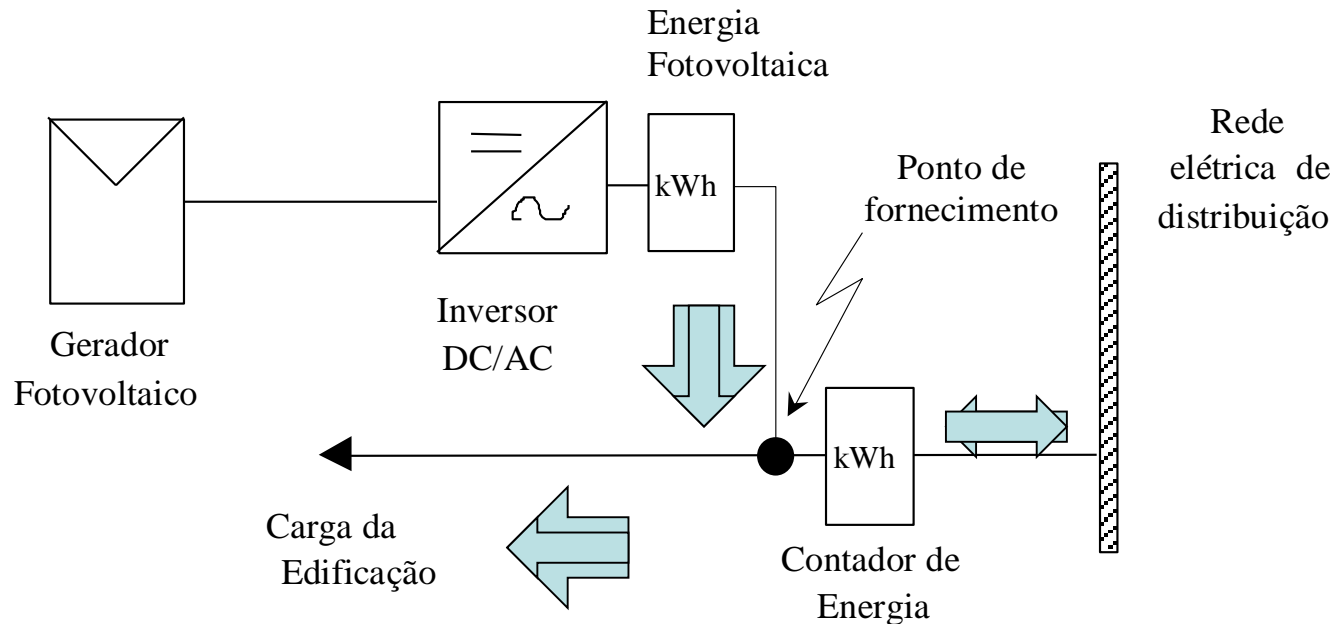


RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 (Nº 687/2015)

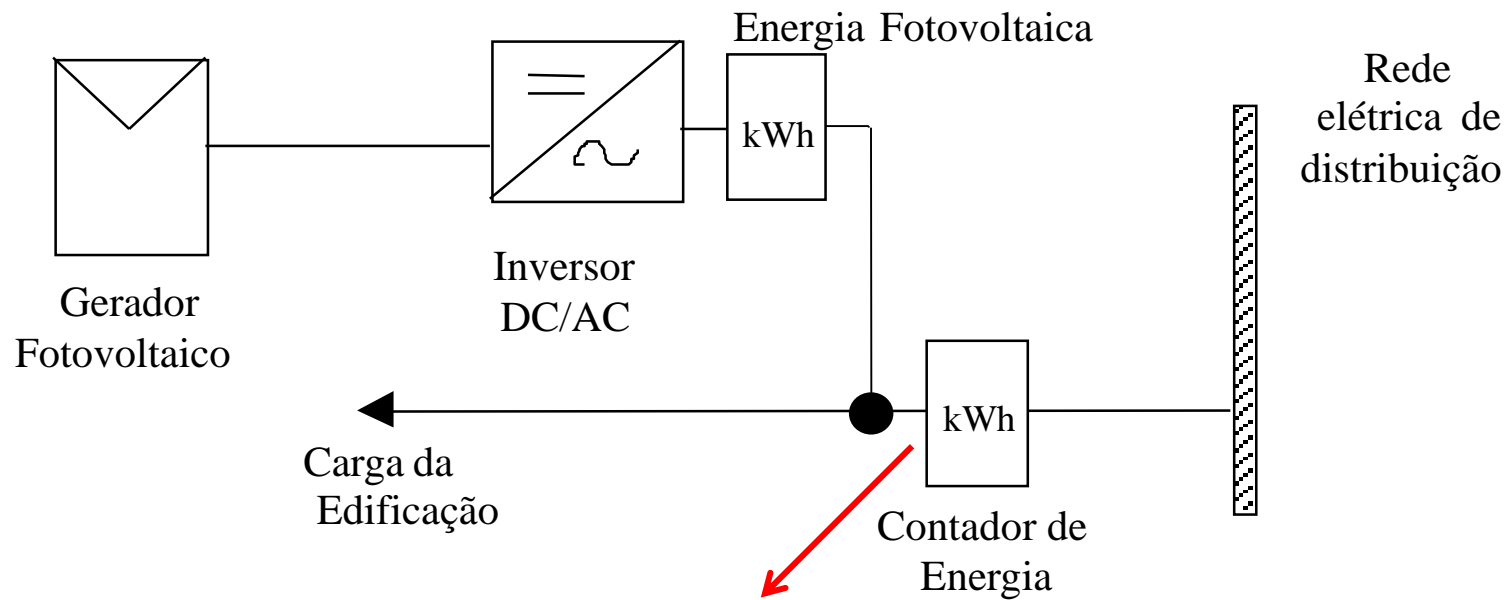
Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

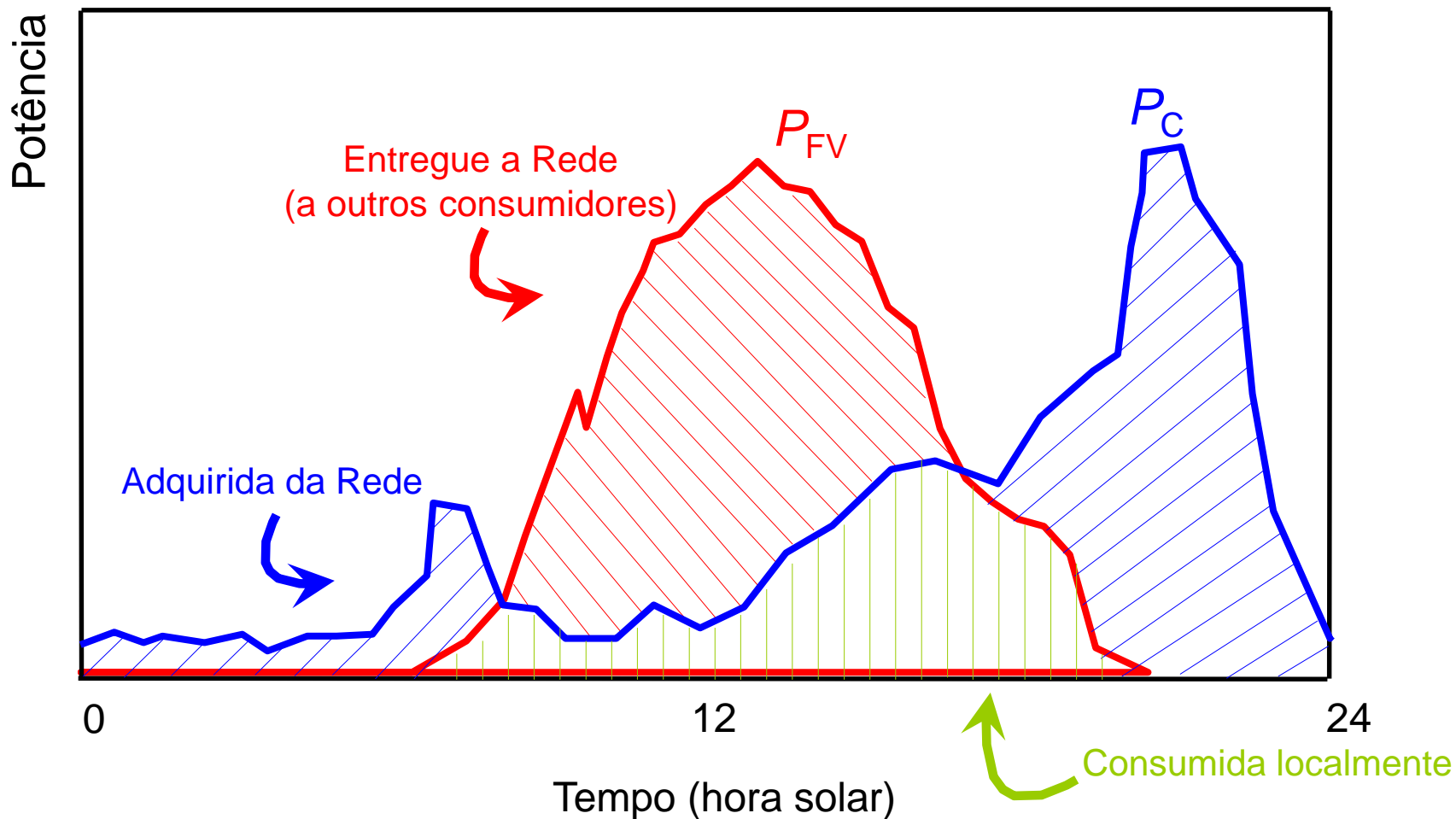
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM EDIFICAÇÕES

São unidades de geração que, além de consumidoras de energia, passam a produzir parte da energia necessária, podendo, em algumas situações verter o excedente à rede de distribuição de eletricidade.



INTERAÇÃO COM A REDE ELÉTRICA





RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 [Resolução Normativa nº 687/2015](#)

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

Exemplos de casas com sistemas fotovoltaicos instalados



Telhas





Megawatt Solar: 1,1 MWp instalado sobre a cobertura do Edifício Sede da Eletrosul e de estacionamentos, instalado na cidade de Florianópolis, SC (UFSC;2014).



Usina FV Fernando de Noronha I, 400 kWp (CELPE)

Usina solar fotovoltaica da USP



540 kWp, IEE-USP

Usina solar fotovoltaica da USP

Sistema Central, 156 kWp



Usina solar fotovoltaica da USP

Sistema BAPV, 156 kWp (Telhado do IEB, Biblioteca Brasileira)



Usina solar fotovoltaica da USP

Sistema BIPV, 150 kWp (estacionamento do IEE-USP)



Usina solar fotovoltaica da USP

Sistema BIPV, 150 kWp (estacionamento do IEE-USP)



O PRÉDIO DA ADMINISTRAÇÃO DO IEE-USP

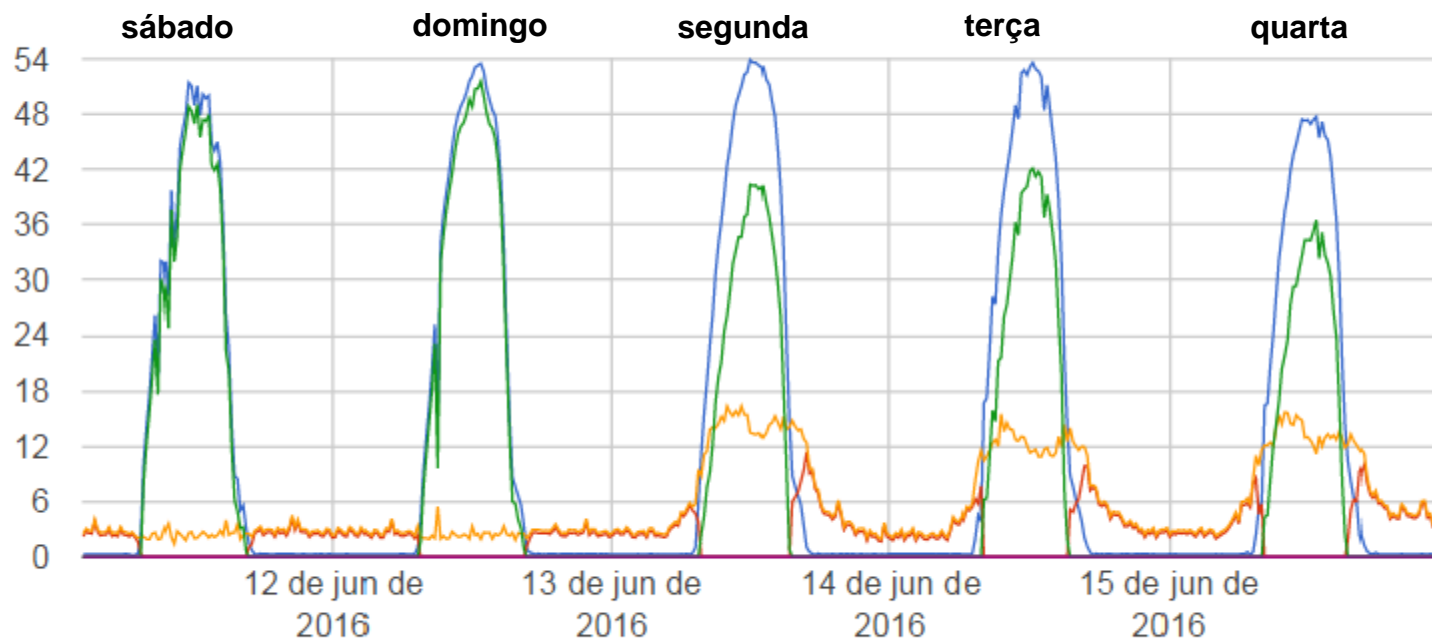


12 kWp



78 kWp

Potência instantânea



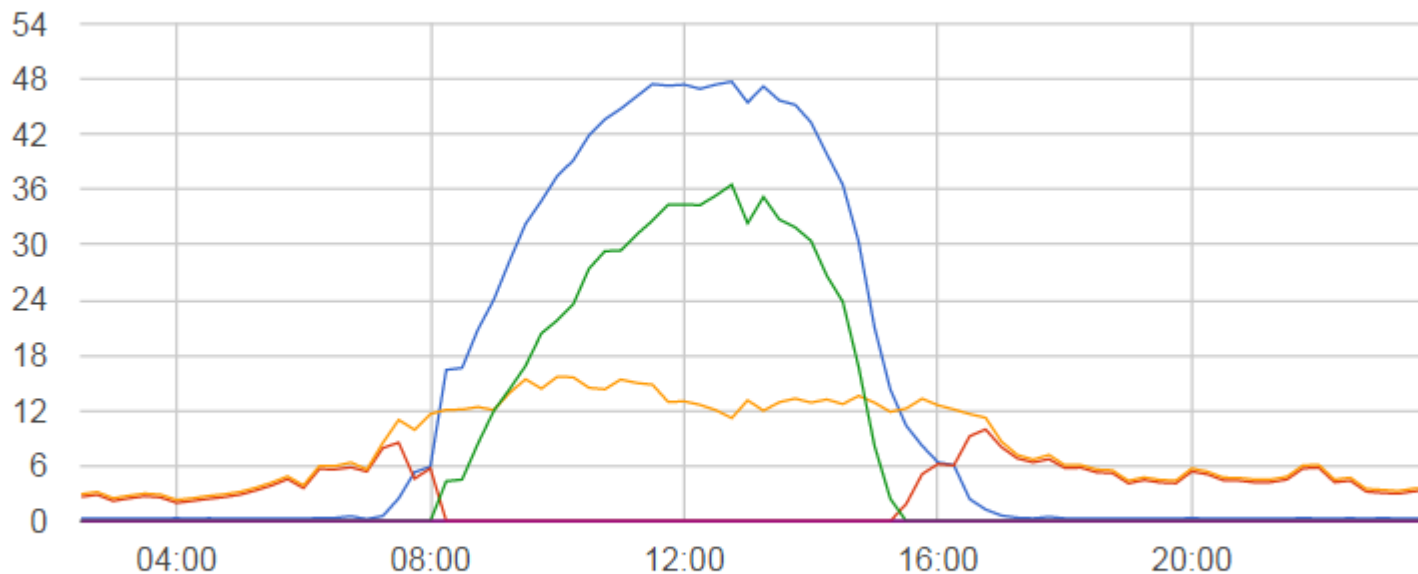
Da data:

até a data:

- Geracao Fotovoltaica [kW]
- Potencia demandada da rede [kW]
- Demanda total [kW]
- Potencia injetada na rede [kW]

Potência instantânea

quarta



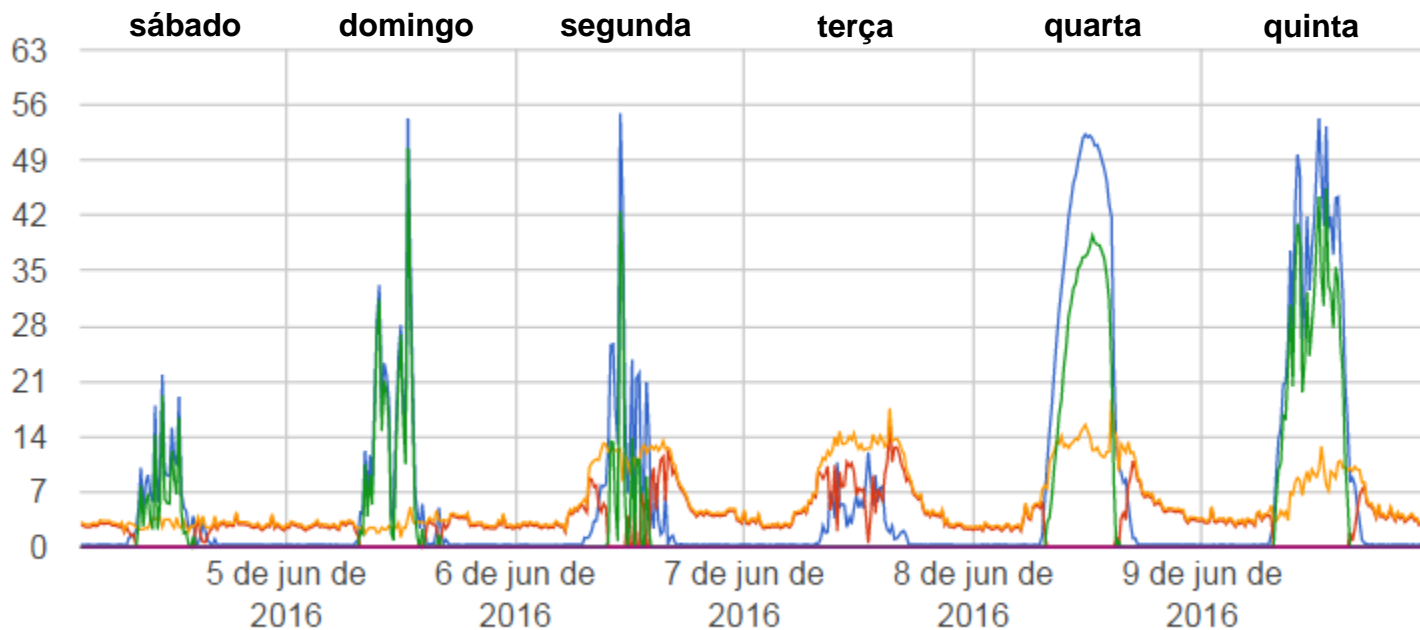
Da data: 15-06-2016 02:16:43

até a data: 15-06-2016 23:50:43

Atualiza

- Geracao Fotovoltaica [kW]
- Potencia demandada da rede [kW]
- Demanda total [kW]
- Potencia injetada na rede [kW]

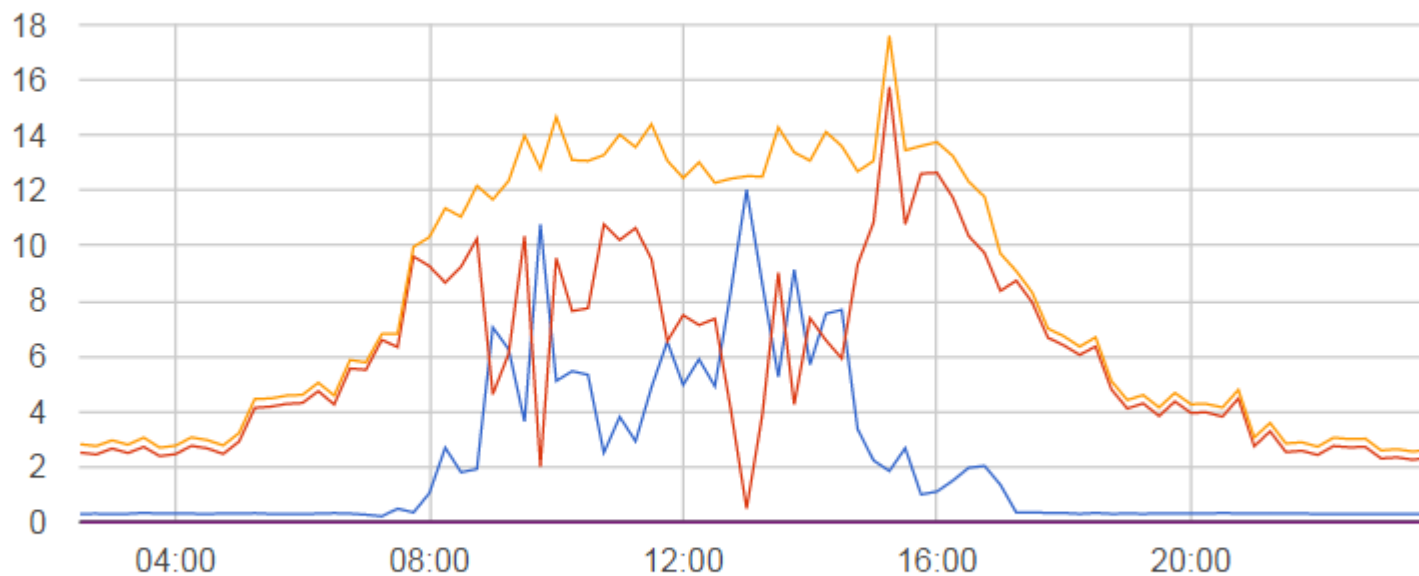
Potência instantânea



Da data:

até a data:

Potência instantânea



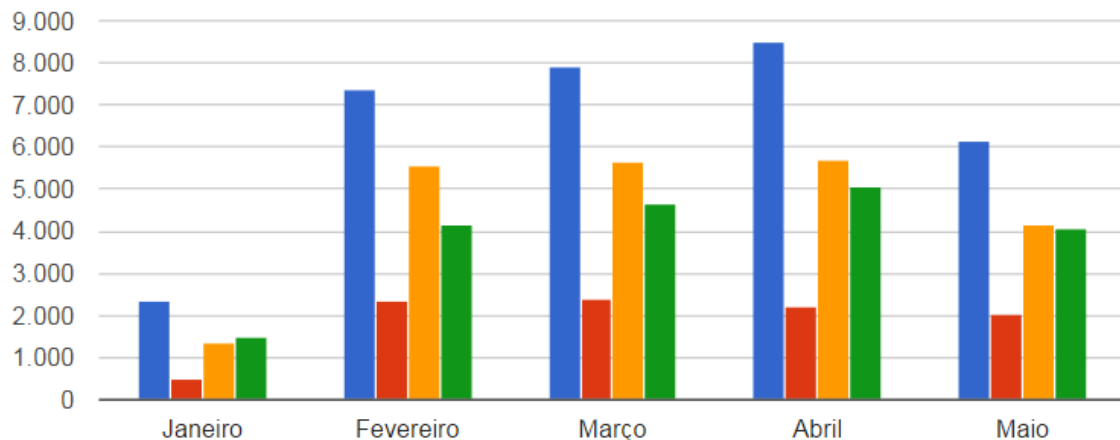
Da data: 07-06-2016 02:16:43

até a data: 07-06-2016 23:50:43

Atualiza

- Geracao Fotovoltaica [kW]
- Potencia demandada da rede [kW]
- Demanda total [kW]
- Potencia injetada na rede [kW]

Energia mensal



Fator de autoconsumo

$$\xi = \frac{E_{pv,load}}{E_{load}}$$

FV as cargas

Da data: 17-06-2015



até a data: 16-06-2016



Atualiza

- Energia Produzida - Mensal [kWh]
- Energia Absorvida - Mensal [kWh]
- Energia Consumida - Mensal [kWh]
- Energia Fornecida - Mensal [kWh]

Aprox. 5.700 kWh/mês (1.000 m²)

190 Wh/dia.m² → 8 W/m²

Mês	Produção (kWh)	Rede (kWh)	Consumo (kWh)	ξ (%)
Fevereiro	7.388	2.346	5.566	44
Março	7.921	2.390	5.671	41
Abril	8.525	2.238	5.682	40
Mai	6.172	2.040	4.147	34
Soma	30.006	9.014	21.066	40

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Planilha de dados: [SIGSD](#)

AGENTE **REGIÃO** **MODALIDADE DE GERAÇÃO**
MUNICÍPIO **FONTE DE GERAÇÃO** **CLASSE DE CONSUMO**

Qtd de GDs **483.209** **Municípios com GD** **5.303**
UCs Rec Créditos **613.857** **Pot Instalada (kW)** **5.747.575,09**
ANO CONEXÃO **GRUPO DE TENSÃO**
ESTADOS **TIPO DE GERAÇÃO**
PERÍODO DE CONEXÃO
FAIXA DE POTÊNCIA (kW)

AGENTES			
AGENTE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
AME	1.917	2.337	29.421,88
CASTRO DIS	12	14	4.651,96
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

REGIÃO			
REGIAO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Centro Oeste	67.536	86.107	981.100,00
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

MUNICÍPIOS			
MUNICUF	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
-	1	1	20,00
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

ESTADOS			
UF2	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
-	1	1	20,00
Total	483.209	613.857	5.747.575,09



LEGENDA POR TIPO	
UFV	482.807
UTE	308
EOL	69
CGH	25

FONTE DE GERAÇÃO			
COMBUSTÍVEL	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Bagaço de Cana de Açúcar	12	14	4.651,96
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

ANO DA CONEXÃO			
ANO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
2021	94.819	120.430	941.951,87
2020	207.322	259.615	2.588.959,97
Total	483.209	613.857	5.747.575,09



MODALIDADE DE GERAÇÃO			
MODALIDADE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Autoconsumo remoto	67.736	195.157	1.110.238,00
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

TIPO DE GERAÇÃO			
TIPO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
CGH	25	593	17.936,50
EOL	69	132	14.930,70
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

CLASSE DE CONSUMO			
CLASSE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Comercial	74.625	119.883	2.123,47
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

GRUPO DE TENSÃO			
GRUPO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
A1	197	230	13.958,95
Total	483.209	613.857	5.747.575,09

RELAÇÃO SELECIONADOS							
AGENTE	COD GD	MUNICUF	IAO	TIPO	CLASSE	COMBUSTÍVEL	GRUPO
AME	GD.AM.000.003.054	Manaus - AM	Norte	UFV	Residencial	Radiação solar	B1
Total							

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Planilha de dados: [SISGD](#)

Qtd de GDs 482.807	Municípios com GD 5.302	PERÍODO DE CONEXÃO 13/12/2008 18/05/2021
UCs Rec Créditos 608.076	Pot Instalada (kW) 5.617.991,37	FAIXA DE POTÊNCIA (kW) 0,00 5.000,00
ANO CONEXÃO Todos	GRUPO DE TENSÃO Todos	TIPO DE GERAÇÃO UFV
ESTADOS Todos		

AGENTE Todos	REGIÃO Todos	MODALIDADE DE GERAÇÃO Todos
MUNICÍPIO Todos	FONTE DE GERAÇÃO Todos	CLASSE DE CONSUMO Todos

AGENTES			
AGENTE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
AME	1.917	2.337	29.421,88
CASTRO DIS	13	14	262,12
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

REGIÃO			
REGIAO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Centro Oeste	67.476	85.987	956,1
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

MUNICÍPIOS			
MUNICUF	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
-	1	1	20,00
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

ESTADOS			
UF2	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
-	1	1	20,00
AM	706	806	9.581,00
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

FONTE DE GERAÇÃO			
COMBUSTÍVEL	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Radiação solar	482.807	608.076	5.617.991,37
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

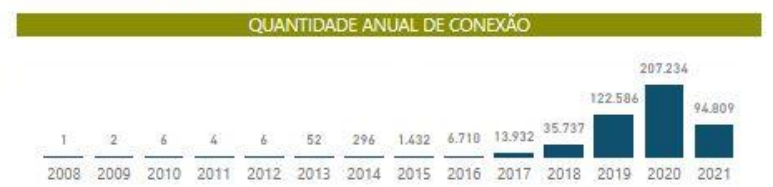
ANO DA CONEXÃO			
ANO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
2021	94.809	120.420	941.246,83
2020	207.234	259.063	2.554.995,89
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

MODALIDADE DE GERAÇÃO			
MODALIDADE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Autoconsumo remoto	67.669	190.062	1.069.251,1
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

TIPO DE GERAÇÃO			
TIPO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
UFV	482.807	608.076	5.617.991,37
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

CLASSE DE CONSUMO			
CLASSE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Comercial	74.556	115.053	2.065,67
Total	482.807	608.076	5.617.991,37

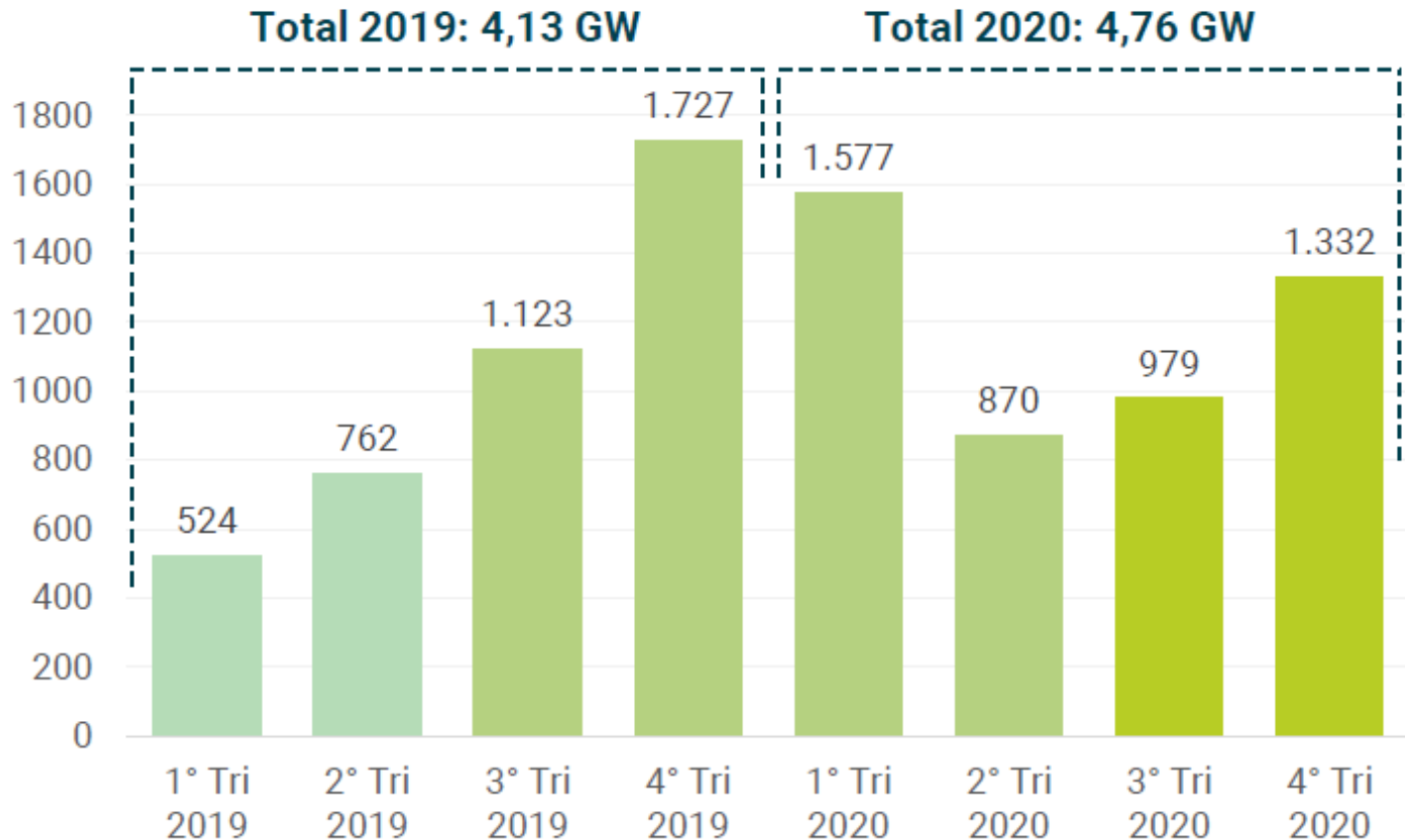
GRUPO DE TENSÃO			
GRUPO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
A1	195	216	11.820,95
Total	482.807	608.076	5.617.991,37



RELAÇÃO SELECIONADOS							
AGENTE	COD GD	MUNICUF	REGIAO	TIPO	CLASSE	COMBUSTÍVEL	GRUPO
AME	GD.AM.000.003.054	Manaus - AM	Norte	UFV	Residencial	Radiação solar	B1
Total							

Módulos fotovoltaicos – Volume importado [MWp]

Geração Distribuída e Geração Centralizada

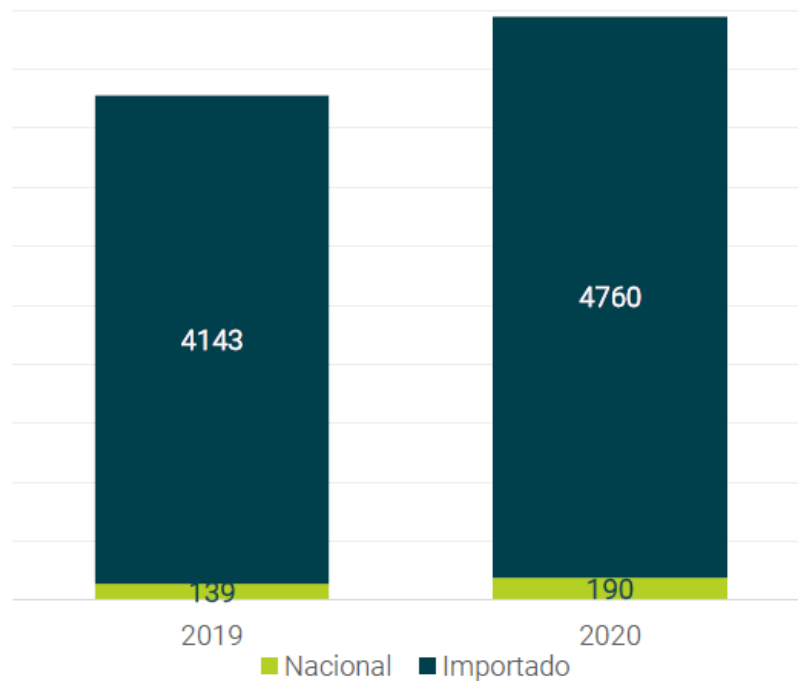


Fonte: Receita Federal, 2021 e Greener

Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Módulos fotovoltaicos – Volume importado x nacional [MWp]

Geração Distribuída e Geração Centralizada



Módulos nacionais representaram **3,8%** do mercado no ano de 2020. No ano todo de 2019 este número foi 3%.

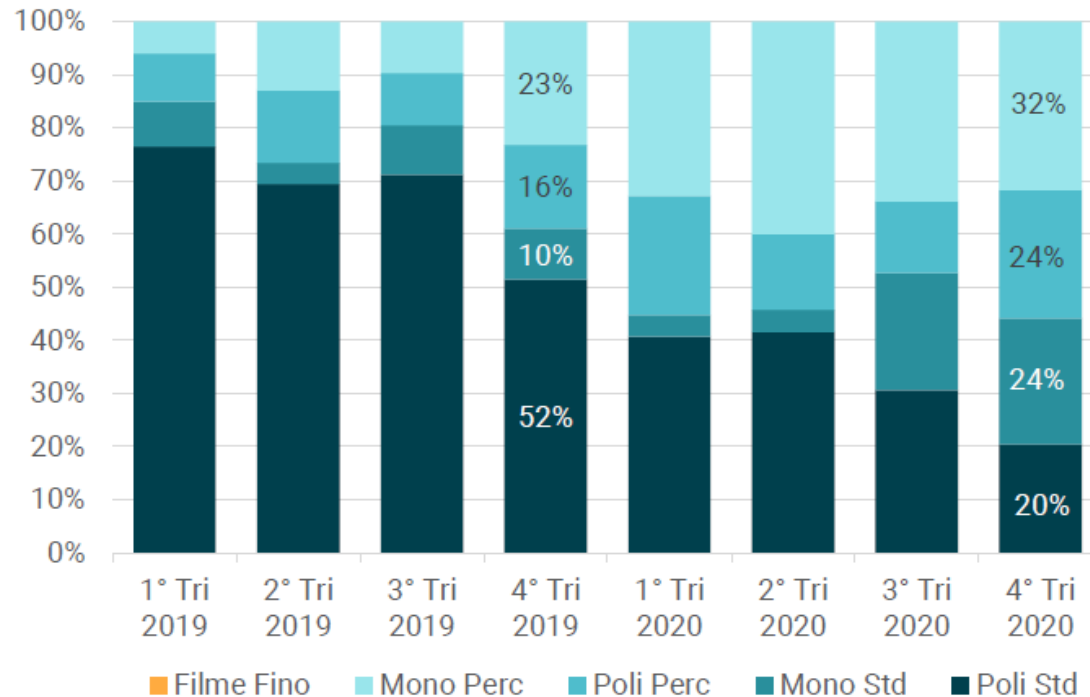
Fonte: Receita Federal, 2021, Greener e coleta com fabricantes nacionais

Greener

Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Módulos fotovoltaicos – Tecnologias

Geração Distribuída e Geração Centralizada



Pela primeira vez em um trimestre, os módulos de tecnologia policristalina standard se tornaram minoritários. Módulos Mono-Perc tiveram bom desempenho em todo o ano e, as tecnologias Perc contabilizaram mais da metade da potência importada no último trimestre.

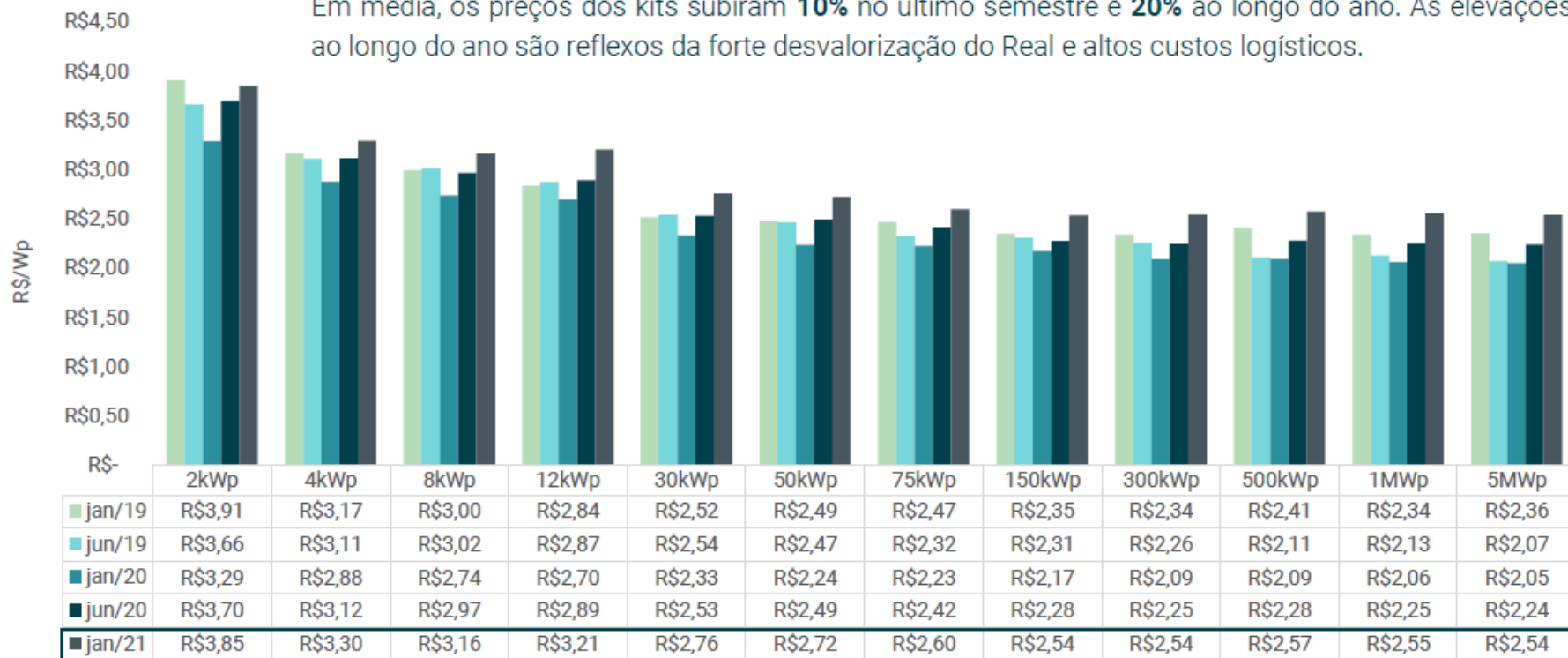
Fonte: Receita Federal, 2021 e Greener

Greener

Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Preços dos kits fotovoltaicos

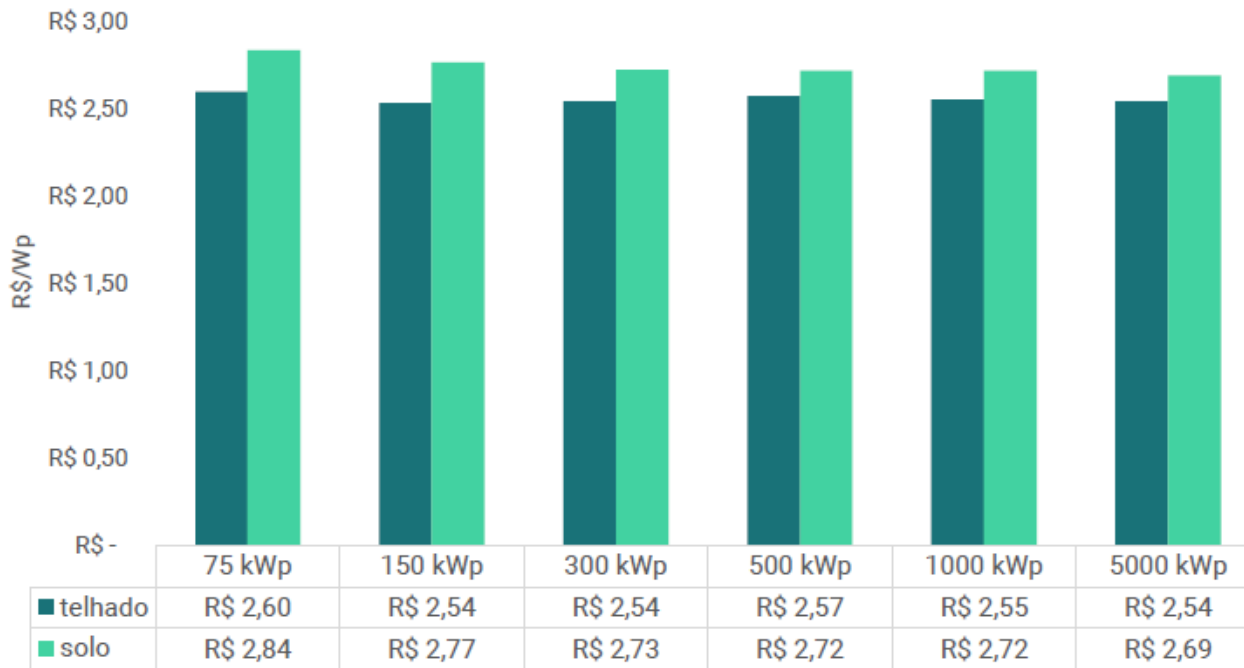
Com relação aos preços de kits praticados em julho de 2020, houve aumento em todas as categorias. Em média, os preços dos kits subiram **10%** no último semestre e **20%** ao longo do ano. As elevações ao longo do ano são reflexos da forte desvalorização do Real e altos custos logísticos.



Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Preços dos kits fotovoltaicos

Telhado e solo

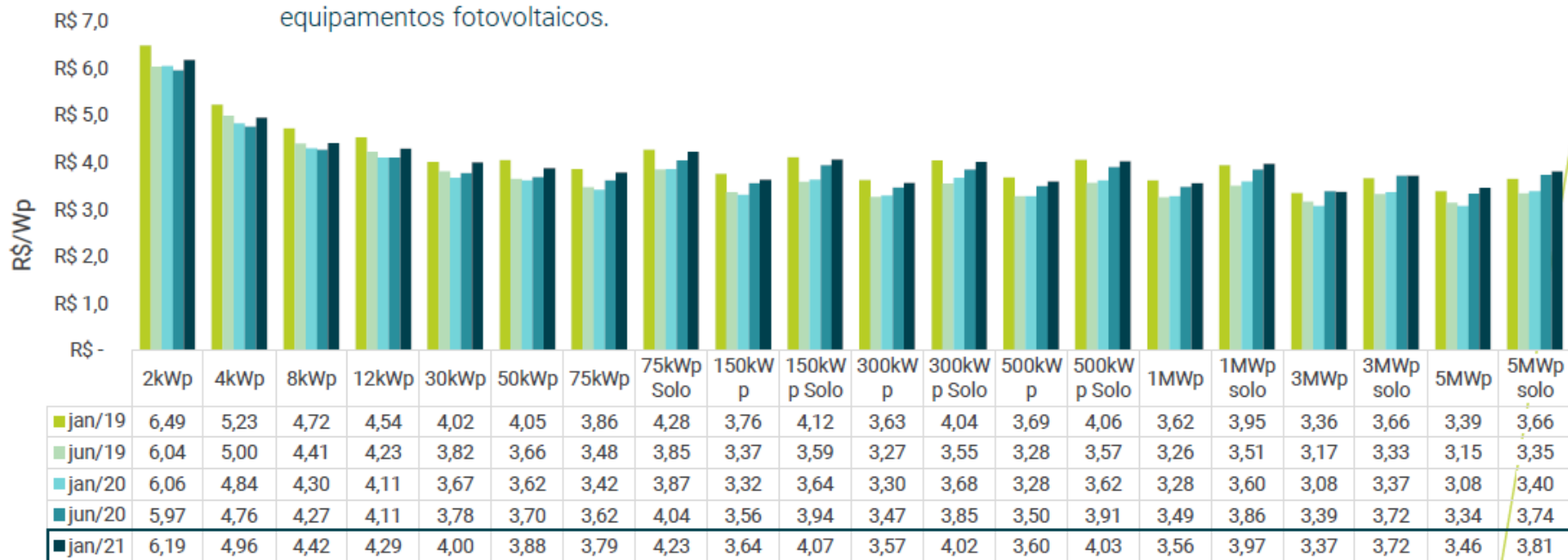


A diferença média observada entre um kit no solo e em telhado foi da ordem de 7%, em média. No meio do ano, em julho, quando essa diferença foi medida pela última vez, estava em torno de 9%.

Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Preços para o cliente final

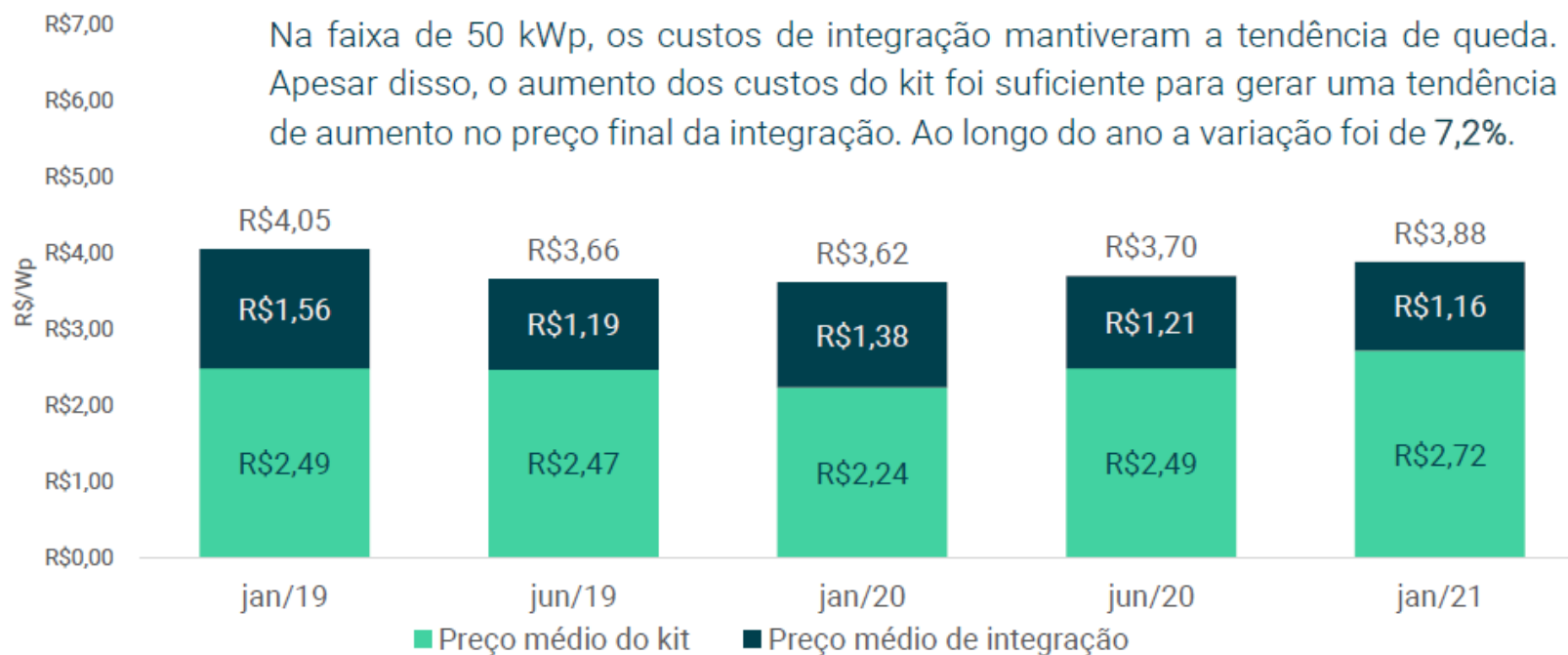
Aumento médio das instalações residenciais de 2,5% e comerciais de 8,9% ao longo de 2020, sendo sentido com maior intensidade no 1º semestre. Esse comportamento é reflexo da elevação dos custos de equipamentos fotovoltaicos.



Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Preços de sistemas fotovoltaicos

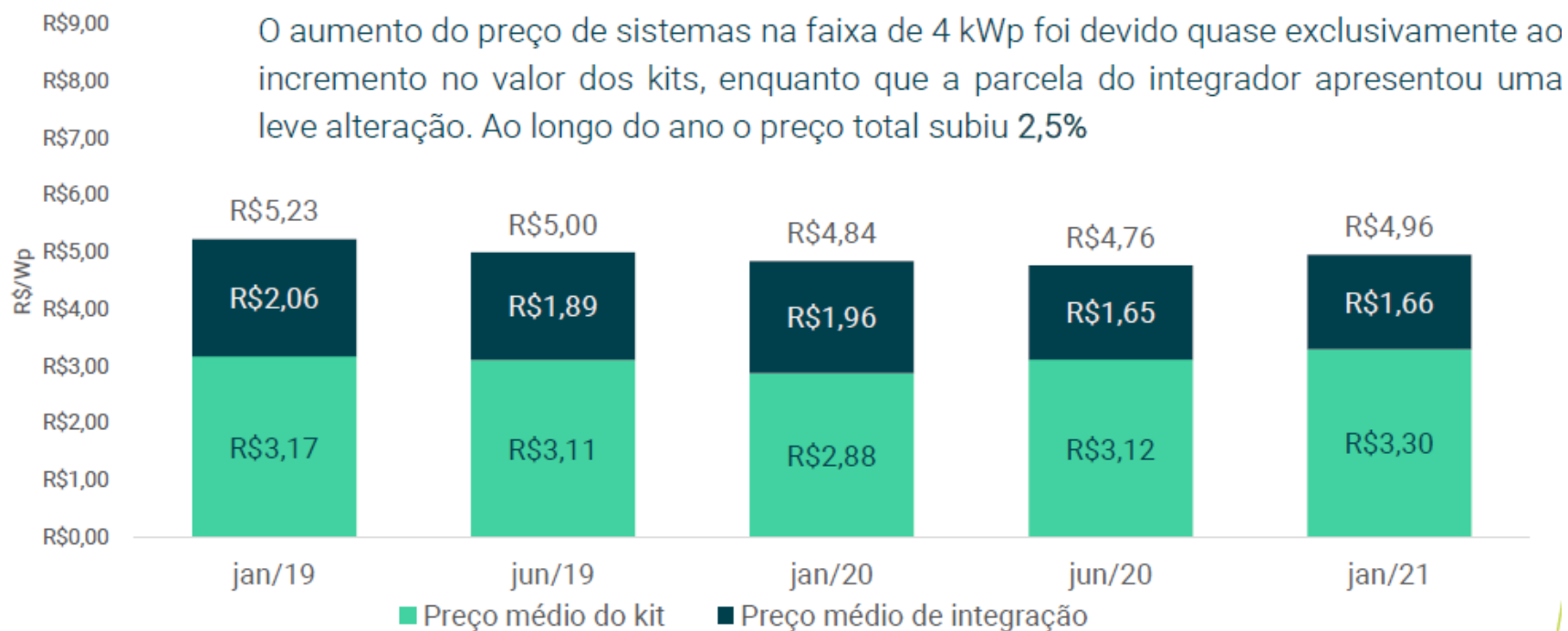
Sistema comercial (50 kWp)



Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Preços de sistemas fotovoltaicos

Sistema residencial (4 kWp)



Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Dados do Cliente/Unidade Consumidora	
Nº DA INSTALAÇÃO	Nº DO CLIENTE
CPF/CNPJ:	INSC. EST: ISENTO

Classificação da Unidade Consumidora		
Grupo B	Subgrupo B1	Classe RESIDENCIAL
Subclasse RESIDENCIAL		
Tipo de fornecimento Bifásico		Modalidade Tarifária Convencional

Dados da Conta	
VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)
14 JUN 2021	293,65
CONTA REFERENTE A MAI 2021	

Dados de Medição	
Nº do medidor	8184728
Leitura anterior 16 ABR	73.238
Leitura atual 18 MAI	73.594
Próxima leitura 17 JUN	
Fator multiplicador	1,00000
Consumo do mês (kWh)	356,0
Número de dias	32

Histórico de Faturamento		
Mês/Ano	kWh	Dias
mai/21	356	32
abr/21	263	30
mar/21	292	28
fev/21	406	32
jan/21	201	30
dez/20	161	31
nov/20	303	30
out/20	363	31
set/20	340	29
ago/20	351	32
jul/20	331	30
jun/20	405	32
mai/20	266	30

Reservado ao Fisco D103.D21A.46DCA173.B8FF.D273.6B16.C281					
Data de emissão	Nº Nota fiscal	Série	Base de cálculo	Alíquota	ICMS
18 MAI 2021	315444435	B	281,37	25%	70,33
CFOP 5258: Venda de en. elétrica a não contribuinte					

Descrição de Faturamento		Bandeira(s) Tarifária(s) aplicada(s) no mês AMARELA VERMELHA PATAMAR I					
CCI	DESCRIÇÃO	QTD kWh	TARIFA C/ICMS	BASE ICMS	ALIQ ICMS	ICMS	VALOR
0605	USO SIST. DISTR. (TUSD)	356,000	0,38065	135,51	25%	33,87	135,51
0601	ENERGIA (TE)	356,000	0,33155	118,03	25%	29,50	118,03
0698	ADICIONAL BANDEIRA AMARELA	0,000	0,00000	2,78	25%	0,69	2,78
0698	ADICIONAL BANDEIRA VERMELHA	0,000	0,00000	11,17	25%	2,79	11,17
0699	PIS/PASEP (0,89%)			2,45	25%	0,61	2,45
0699	COFINS (4,08%)			11,43	25%	2,87	11,43
0807	CIP-OSASCO - MUNICIPAL						12,28

0,71 R\$/kWh

Tarifas aplicadas (sem impostos)

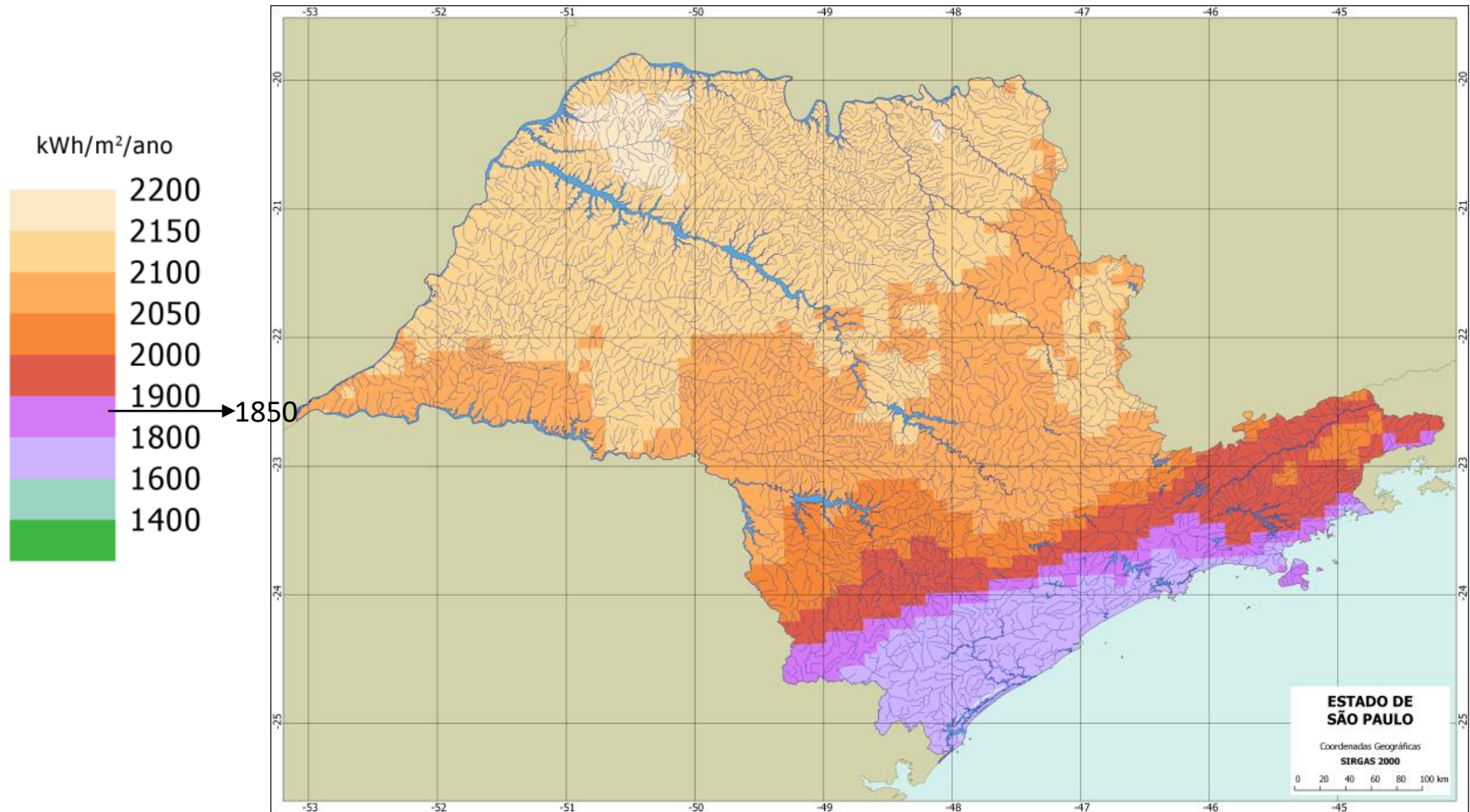
CONVENCIONAL-RESIDENCIAL

0,28551 (TUSD)

0,24868 (TE)

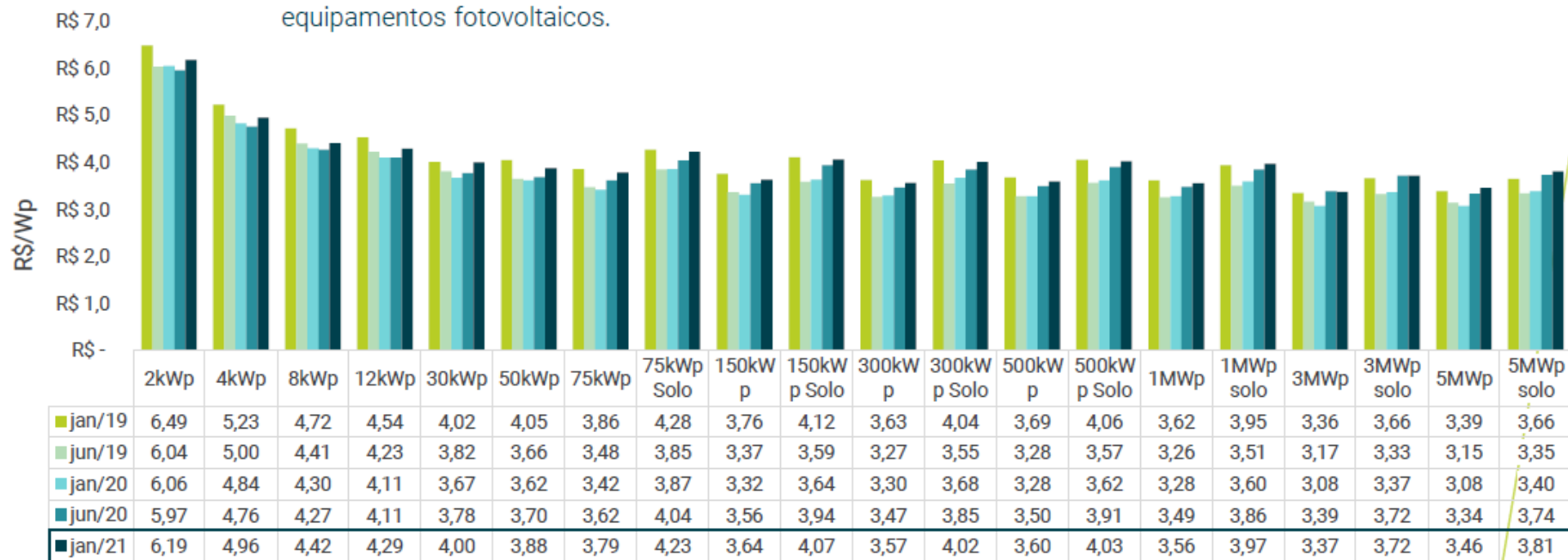
Valor dos Tributos: R\$ 80.77

IRRADIAÇÃO TOTAL (INCLINADA) – Total anual



Preços para o cliente final

Aumento médio das instalações residenciais de 2,5% e comerciais de 8,9% ao longo de 2020, sendo sentido com maior intensidade no 1º semestre. Esse comportamento é reflexo da elevação dos custos de equipamentos fotovoltaicos.



Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

Histórico de Faturamento		
Mês/Ano	kWh	Dias
mai/21	356	32
abr/21	263	30
mar/21	292	28
fev/21	406	32
jan/21	201	30
dez/20	161	31
nov/20	303	30
out/20	363	31
set/20	340	29
ago/20	351	32
jul/20	331	30
jun/20	405	32
mai/20	266	30

1850 kWh/m²

Sistema de 2 kW ~ R\$ 12.000

0,71 R\$/kWh

Σ = 3772 kWh ~ 314 kWh/mês

74%

$$E_{FV} = P_{nomG} \cdot Y_R \cdot PR$$

$$E_{FV} = 2 \text{ kW} \times 1850 \text{ h} \times 0,75 = 2775 \text{ kWh/ano} \sim 231 \text{ kWh/mês}$$

0,71 R\$/kWh

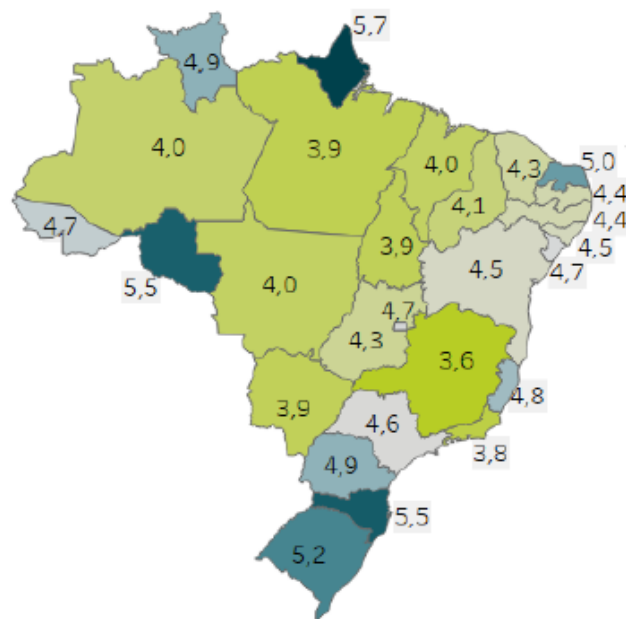
2775 kWh x 0,71 = R\$ 1.970/ano

Estimativa de payback médio por Estado

Residencial

O valor dos sistemas residenciais foi de **R\$ 4,96/Wp** (dados médios conforme pesquisa GD 2º sem. 2020 para sistemas de **4 kWp**). O cálculo leva em consideração a produtividade do local, o custo médio dos sistemas, a tarifa das concessionárias, um PR* de **75%** e índice de simultaneidade de **30%**.

Em relação à última pesquisa GD, o **tempo de payback** de um sistema fotovoltaico de porte residencial aumentou, em média, **2,3%**. Os Estados de Rondônia, Roraima e Amapá foram os mais impactados, enquanto Tocantins, Espírito Santo e Santa Catarina os menos.



*PR = Performance Ratio

Greener

Fonte: GREENER - Estudo Estratégico Geração Distribuída - Mercado Fotovoltaico, 2º. Semestre 2020

GERAÇÃO CENTRALIZADA



Matriz Elétrica Brasileira

SCG - Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração

Data de referência dos dados: 18/5/2021 13:00



Início

Matriz Elétrica Brasileira

Matriz por fase de construção

Matriz por Origem de Combustível

Matriz por Fonte e Combustível Final

Matriz Renováveis / Não Renováveis

Filtro por Fonte

CGH CGU EOL PCH **UFV** UHE UTE UTN

Filtro por Estado

AM AP BA CE ES GO MA MG MS
MT PA PB PE PI PR RJ RN RO
RS SC SP TO

Filtro por Fase

Construção não iniciada

Construção

Operação

UFV



Tipo	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	% (Pot. Outorgada)
UFV	21.795.818,16	3.294.929,21	4749	100,00%
Total	21.795.818,16	3.294.929,21	4749	100,00%

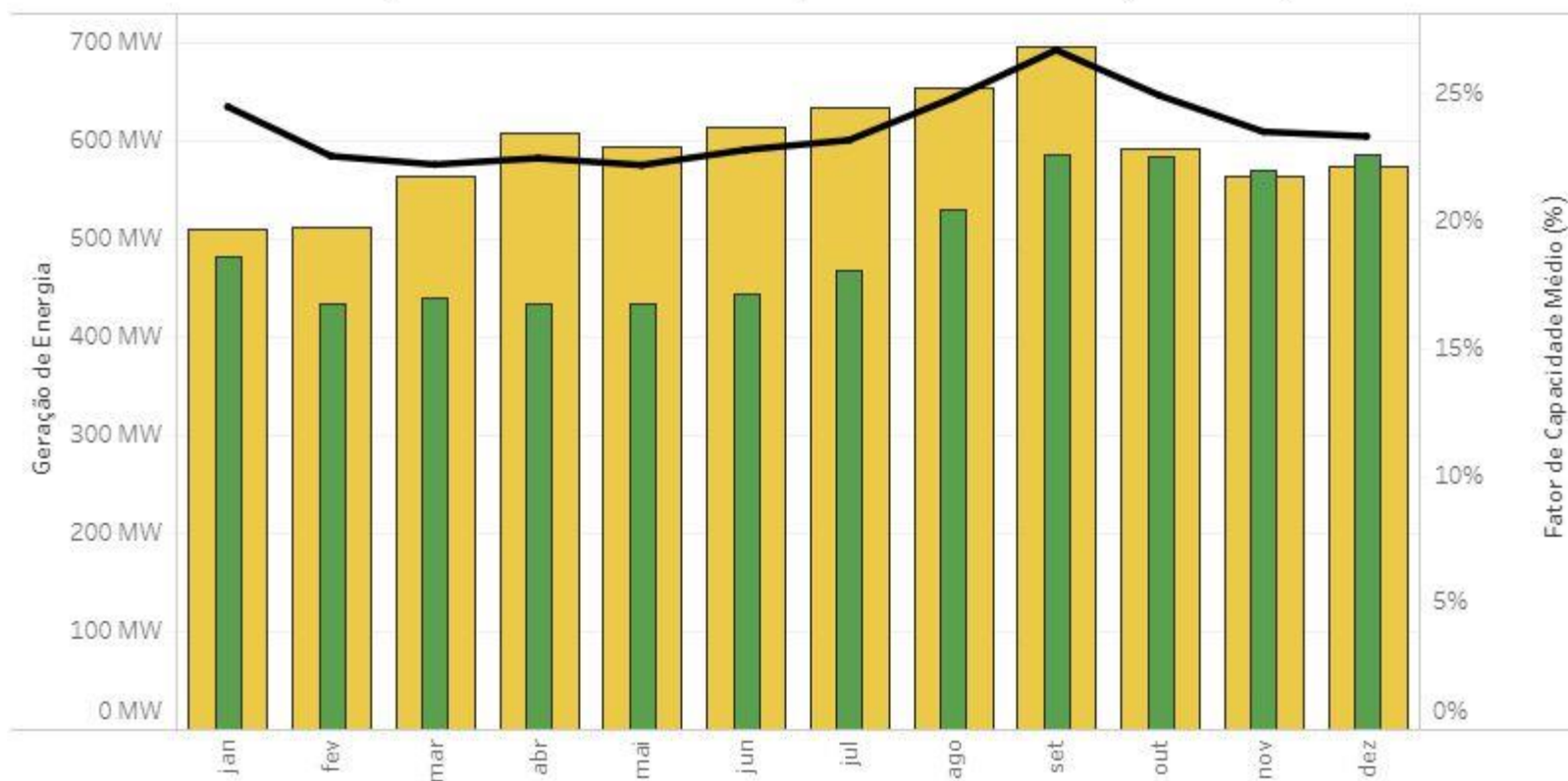


© 2021 TomTom, © 2021 Microsoft Corporation - Terms

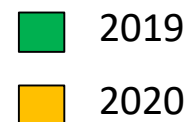
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoicjE0OGYyYjQ0YWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYctNdZHMtOjU5MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>



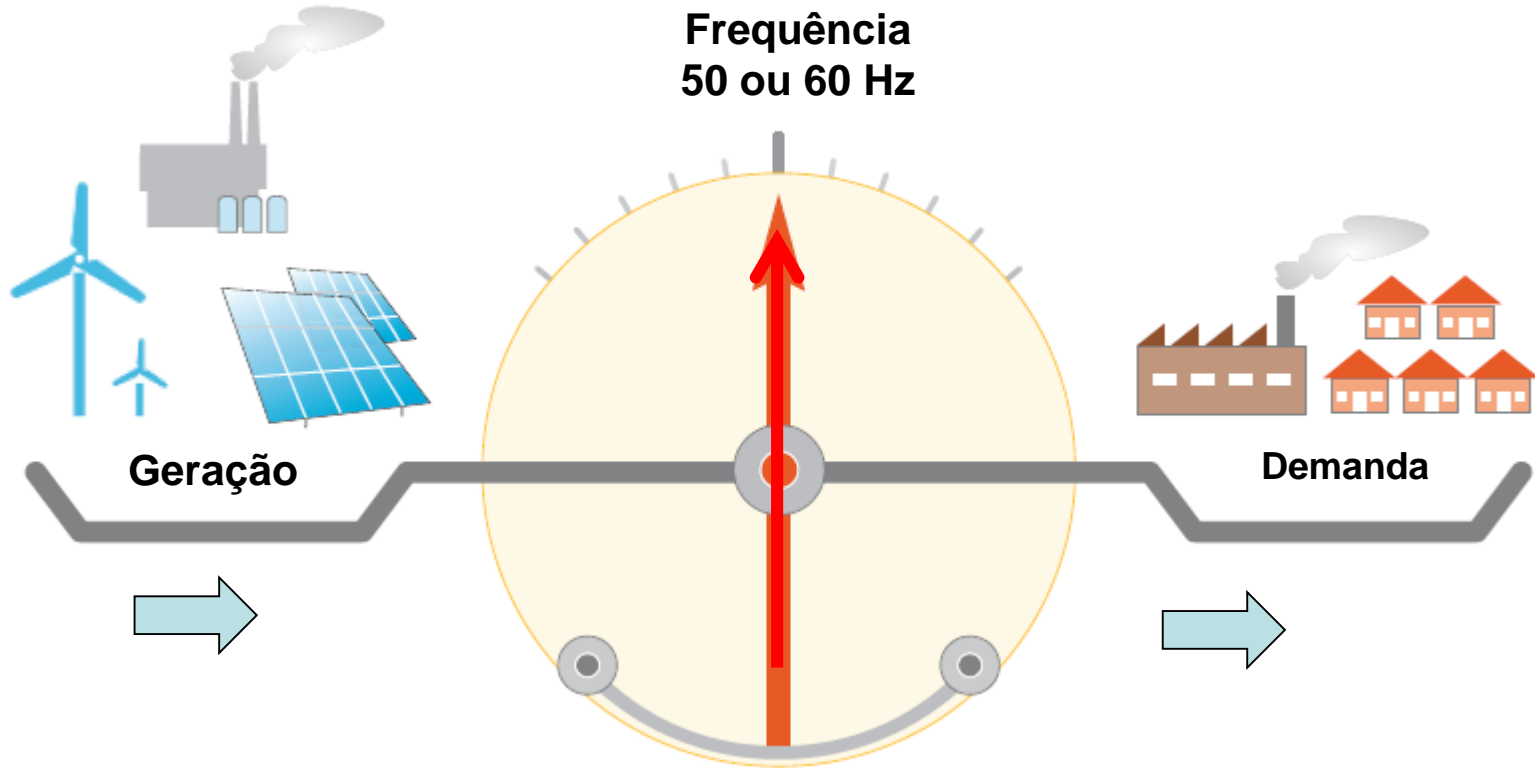
Geração Solar e Fator de Capacidade Mensal (MWmed)



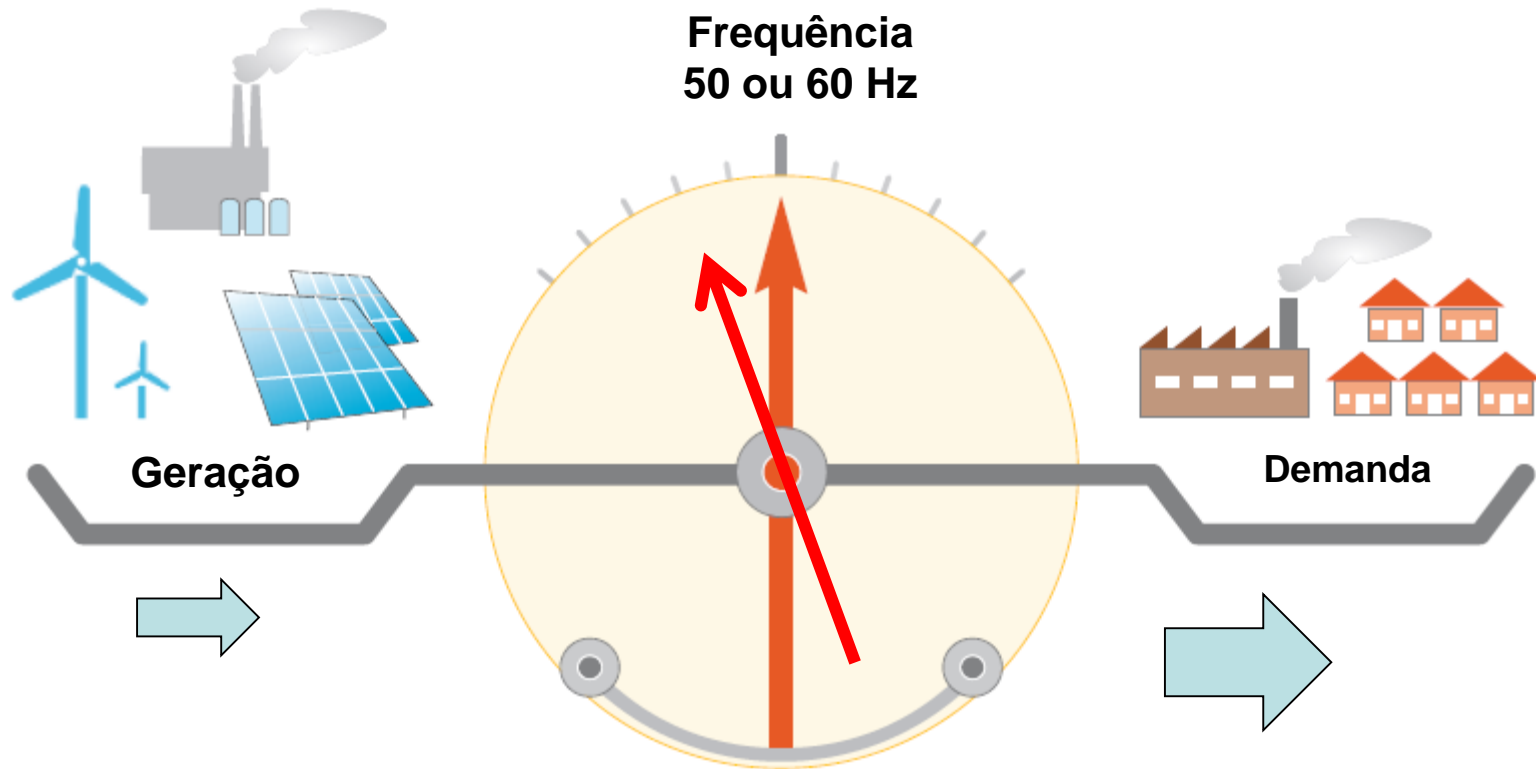
$$CF = \frac{\int_0^{8760h} P(t) dt}{P_{nom} \times 8760h}$$



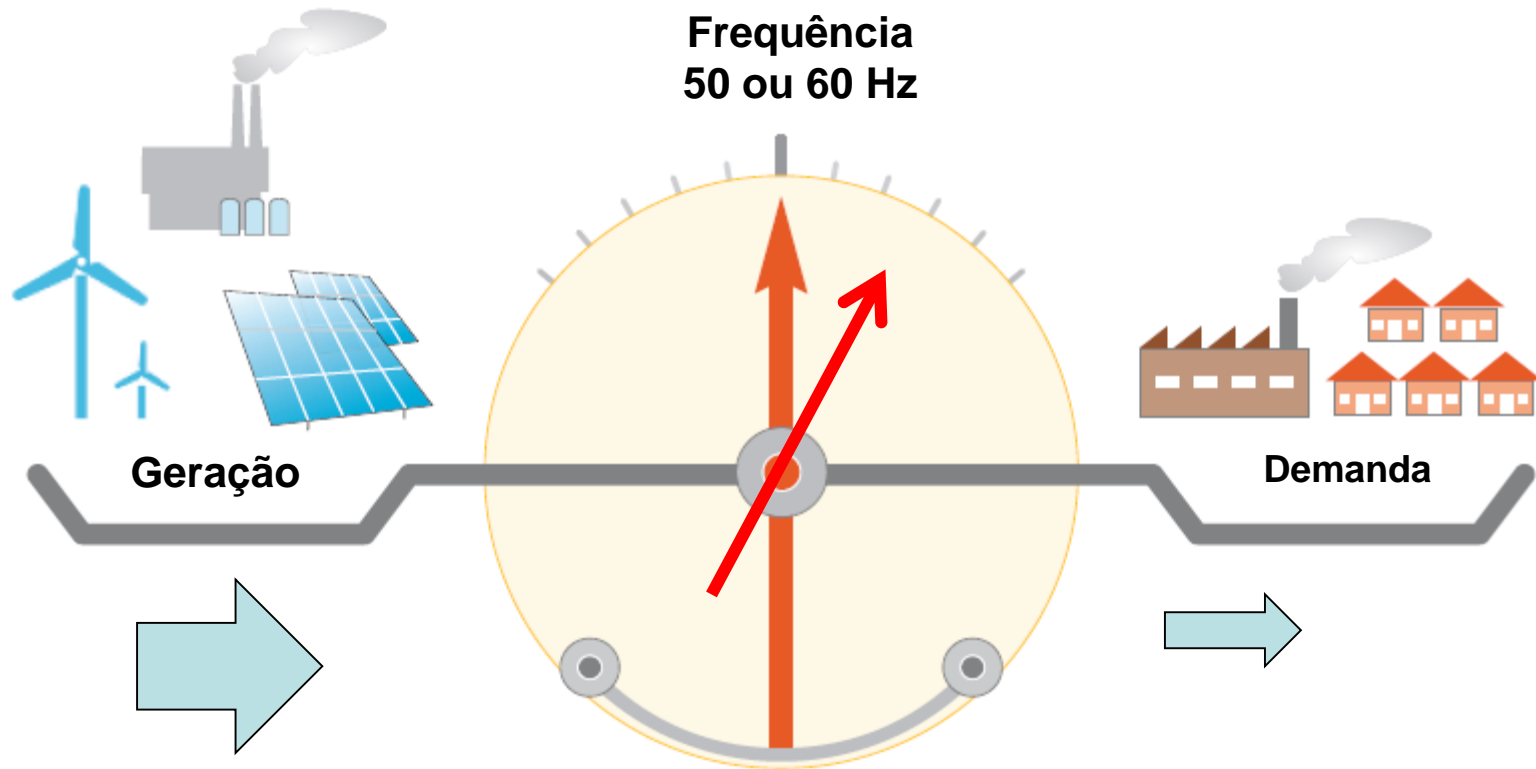
Integração de fontes Intermitentes (eólica e fotovoltaica)



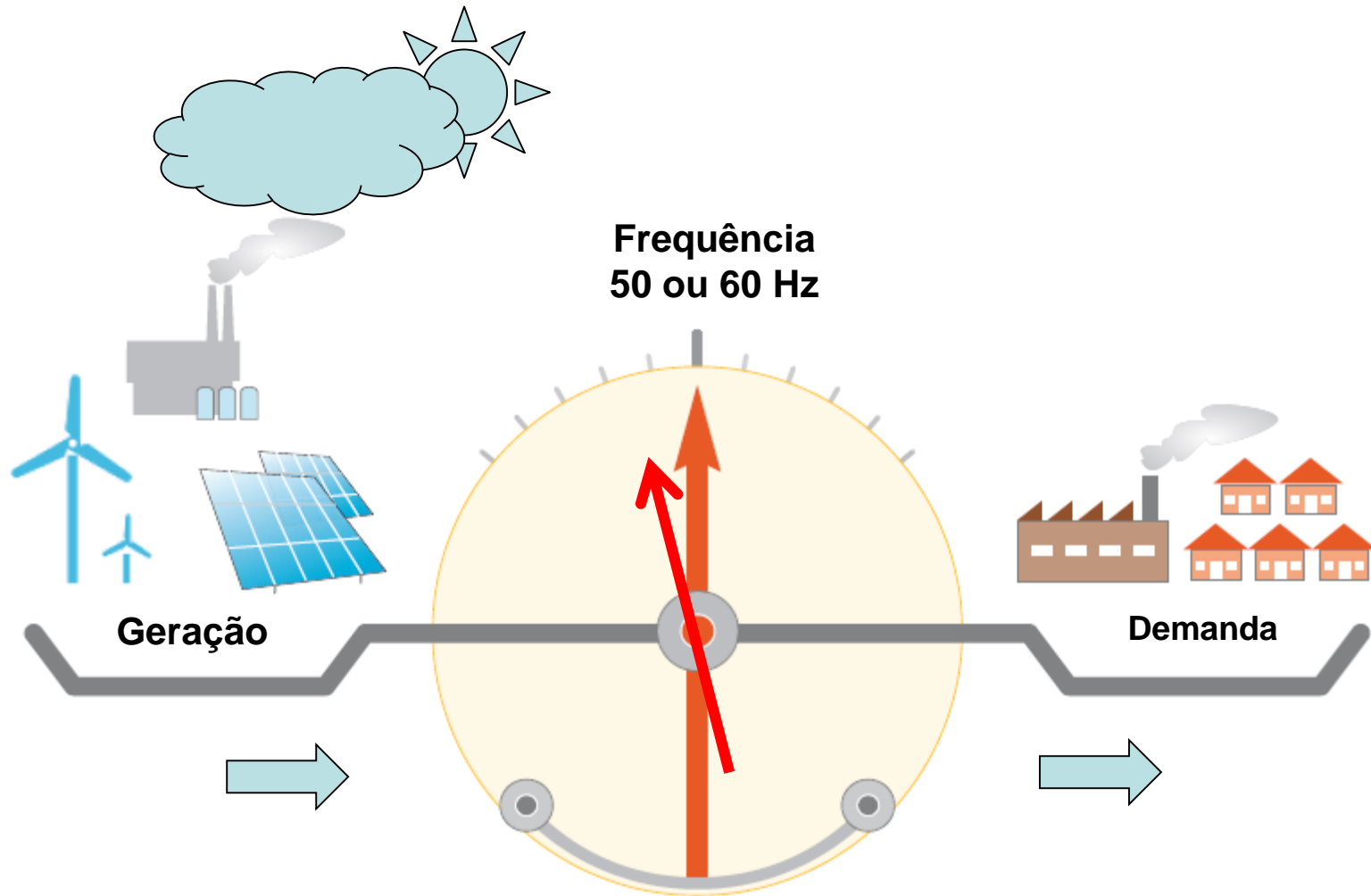
Integração de fontes Intermitentes (eólica e fotovoltaica)



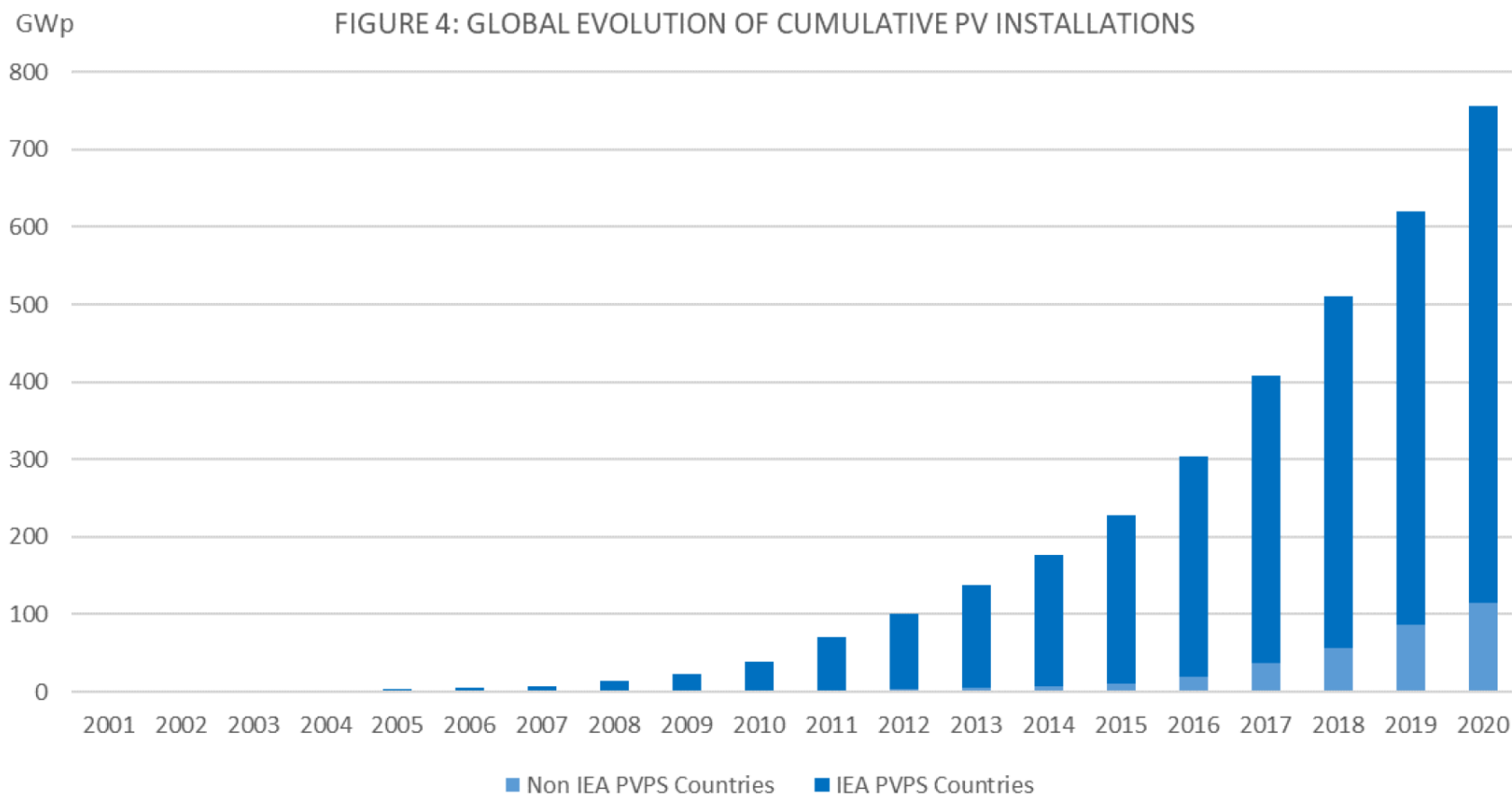
Integração de fontes Intermitentes (eólica e fotovoltaica)



Integração de fontes Intermitentes (eólica e fotovoltaica)

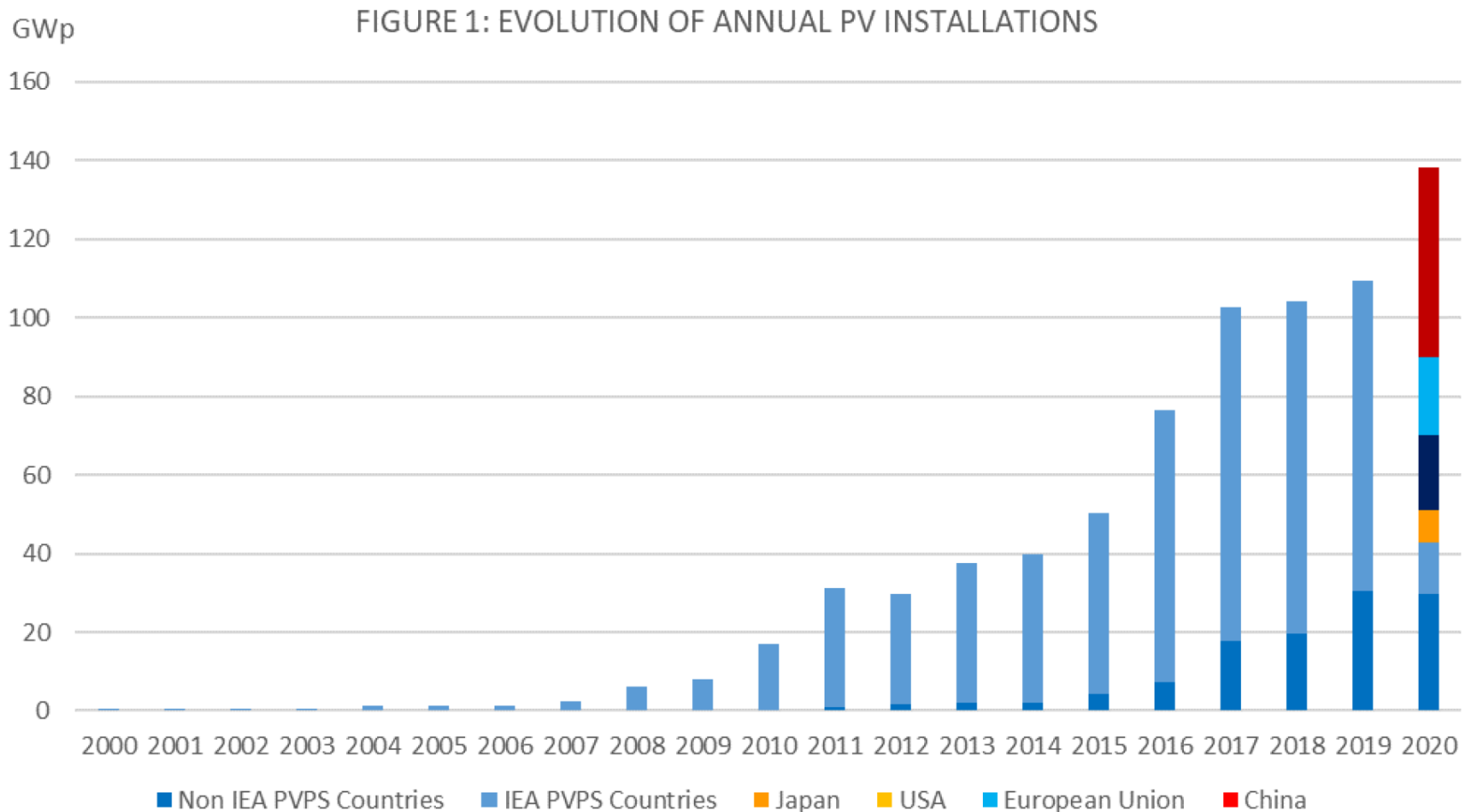






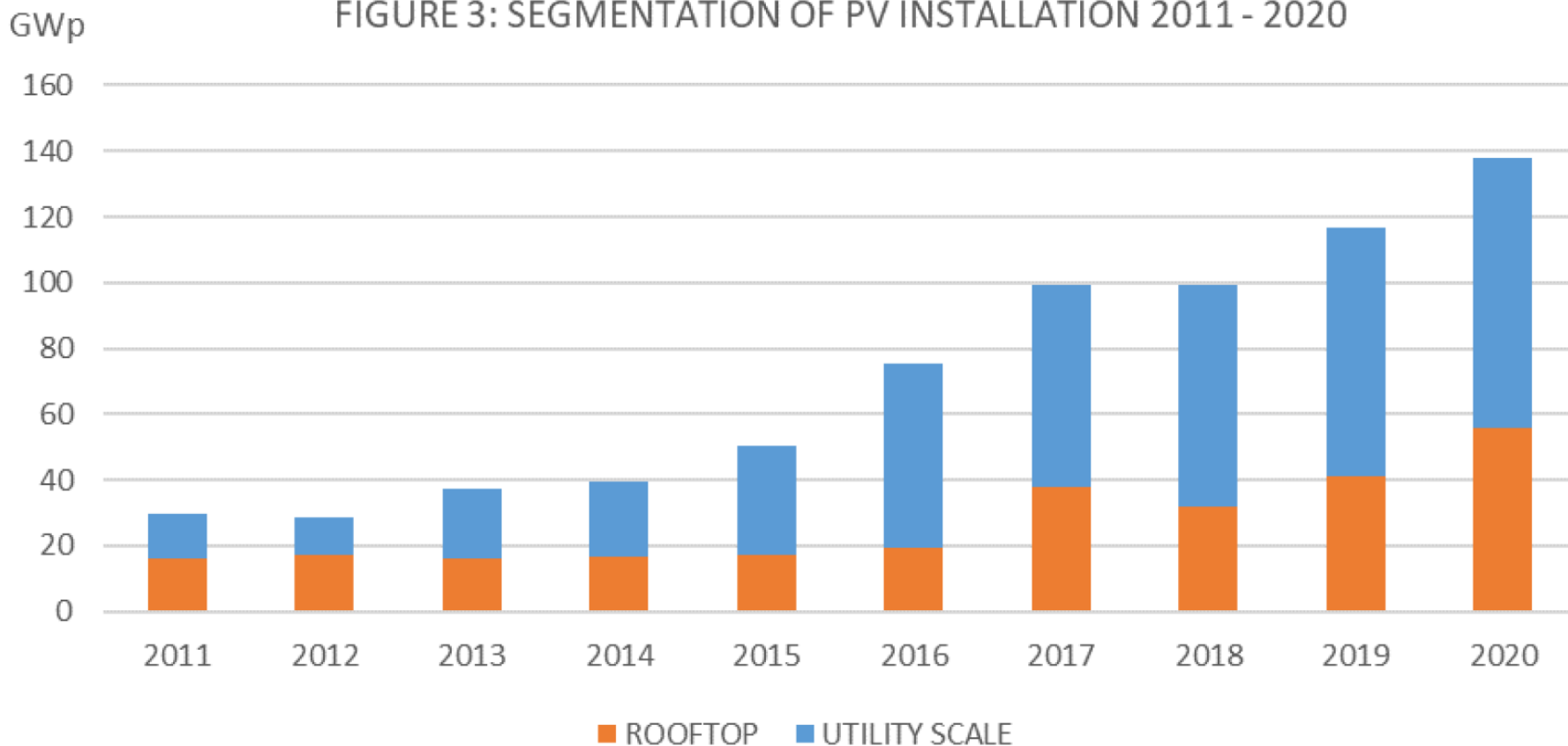
Fonte: Report IEA PVPS T1-39:2021 - *Snapshot of Global PV Markets (2021, April)*

CAPACIDADE FOTOVOLTAICA INSTALADA ANUALMENTE (GW – c.c.)



Fonte: Report IEA PVPS T1-39:2021 - *Snapshot of Global PV Markets (2021, April)*

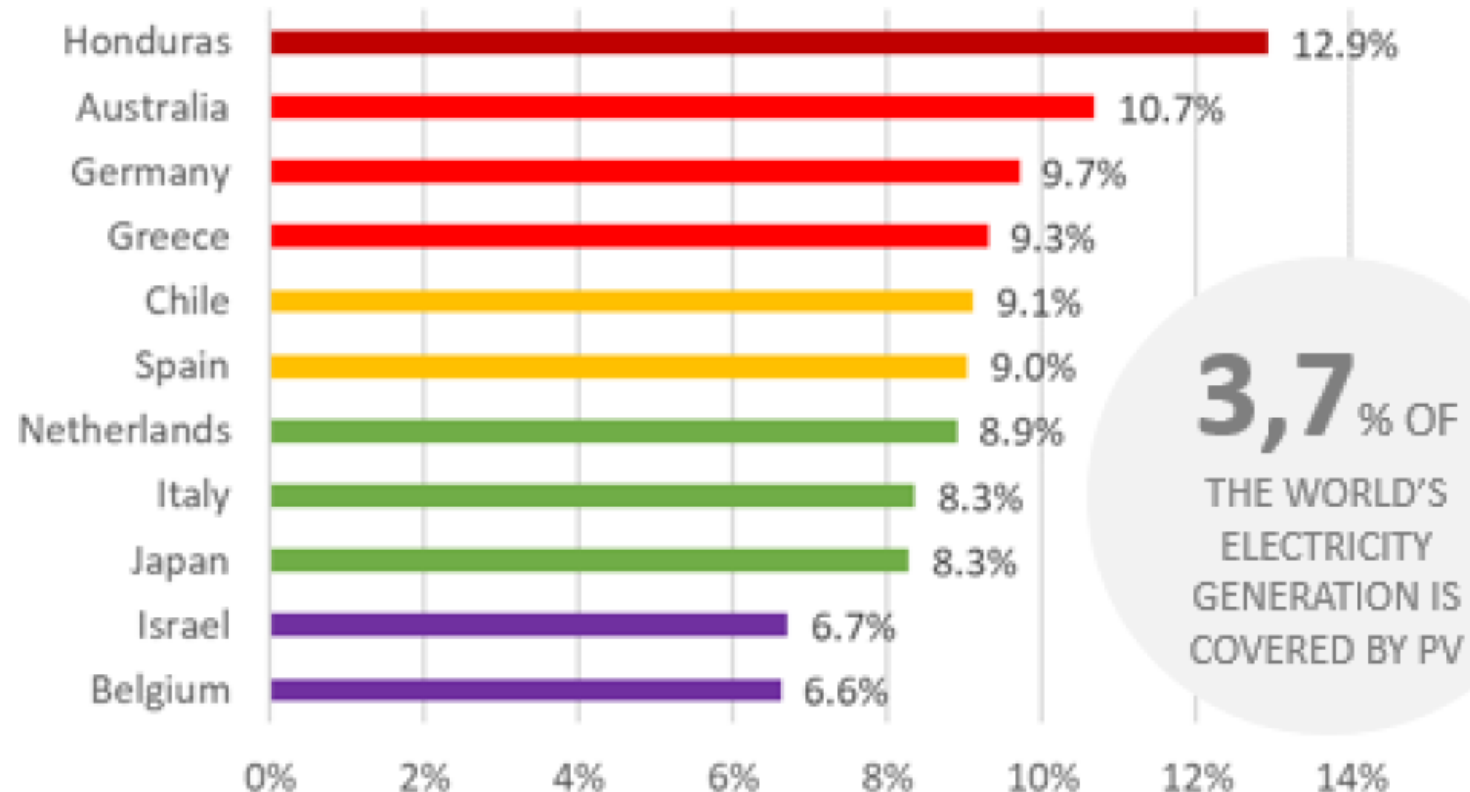
FIGURE 3: SEGMENTATION OF PV INSTALLATION 2011 - 2020



Fonte: Report IEA PVPS T1-39:2021 - *Snapshot of Global PV Markets (2021, April)*

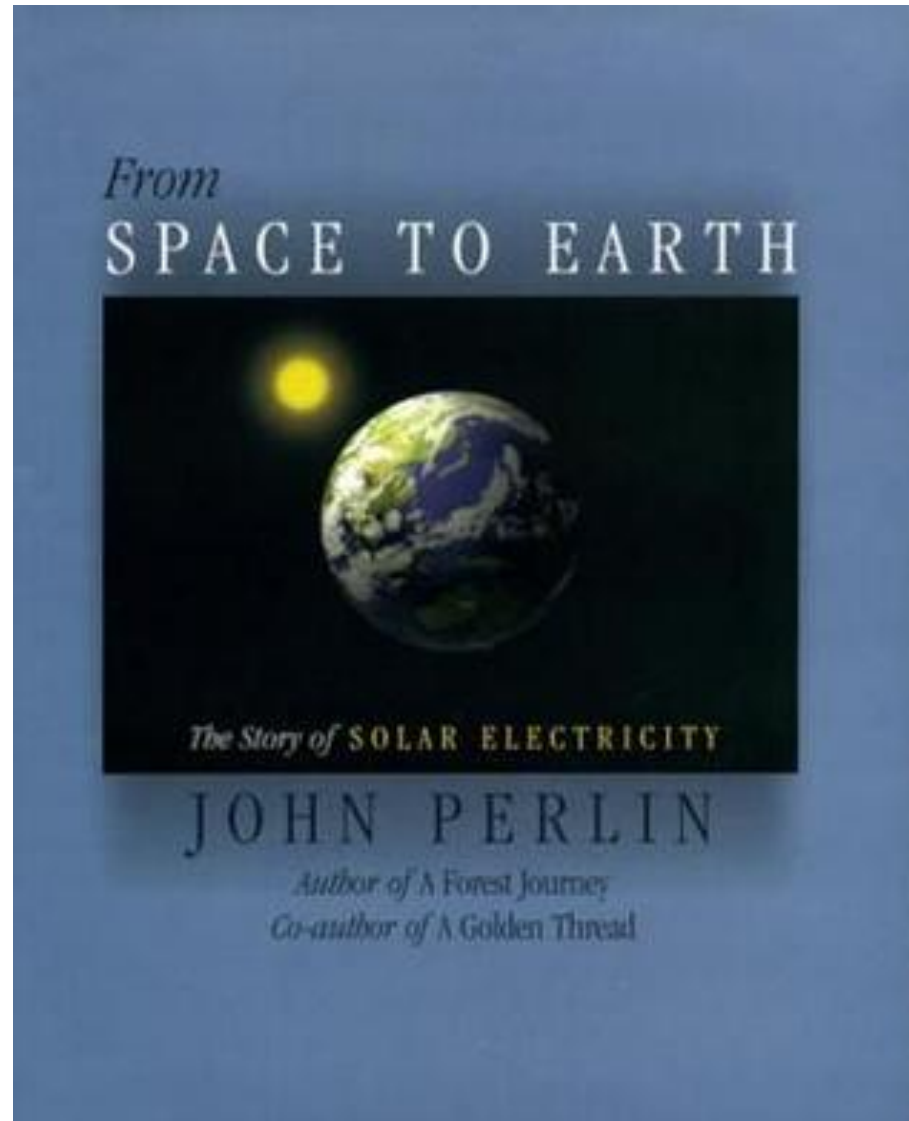
CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA DEMANDA ELÉTRICA DE ALGUNS PAÍSES, 2020

COUNTRIES WITH HIGHEST PV PENETRATION

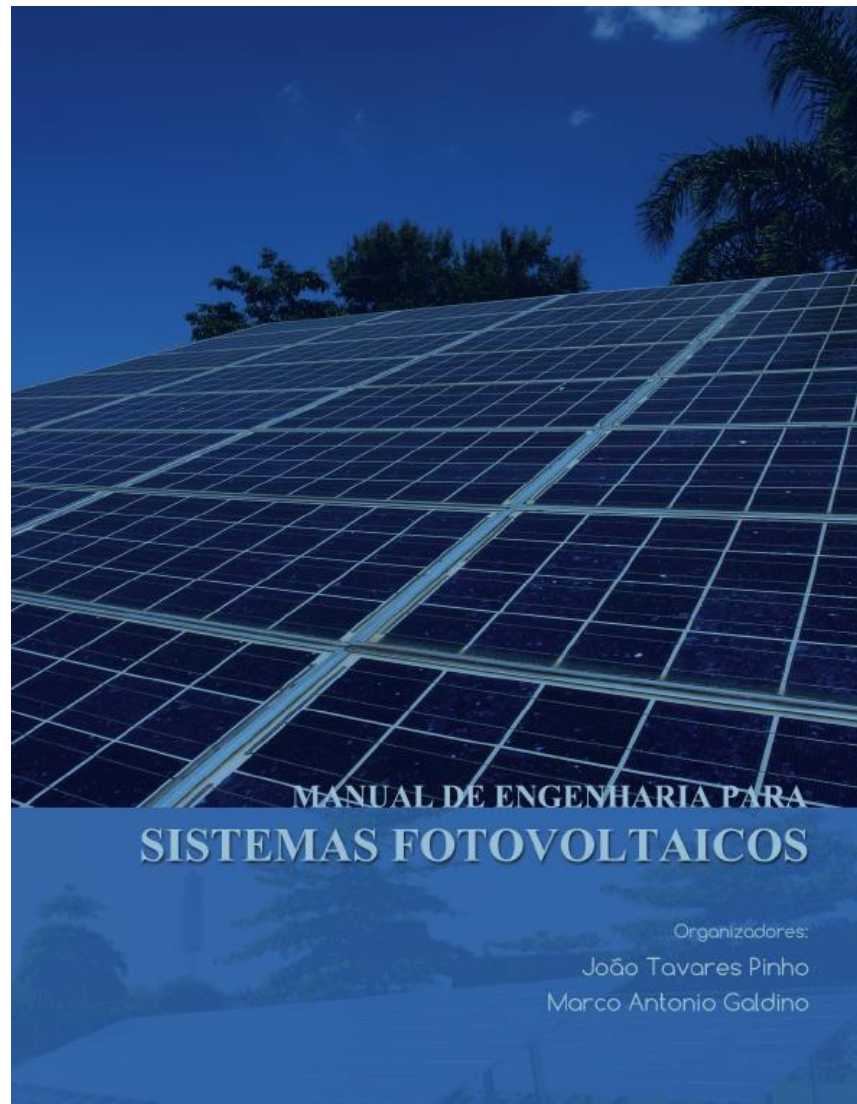


Fonte: Report IEA PVPS T1-39:2021 - Snapshot of Global PV Markets (2021, April)

https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/04/IEA_PVPS_Snapshot_2021-V3.pdf



ISBN: 0937948144.



**MANUAL DE ENGENHARIA PARA
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Organizadores:
João Tavares Pinho
Marco Antonio Galdino

[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual de Engenharia FV 2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)

COMO FAÇO PARA TER ELETRICIDADE SOLAR NA MINHA CASA

<http://www.americadosol.org/guiaFV/>