

OTIMIZAÇÃO DOS NOVOS MÓDULOS BIFACIAIS DA CANADIAN SOLAR

Fundada em 2001 no Canadá, Canadian Solar Inc., (NASDAQ:CSIQ) é uma das maiores e mais importantes empresas de energia solar do mundo. Como um dos principais fabricantes de módulos solares e projetos fotovoltaicos.



Mais de 50 GW de
módulos solares foram
enviados



Mais de 15 GW de
projetos em todo o
mundo



Capacidade de Produção:
~16 GW (módulos) e
~10 GW (células)



Clientes em mais de
160 países

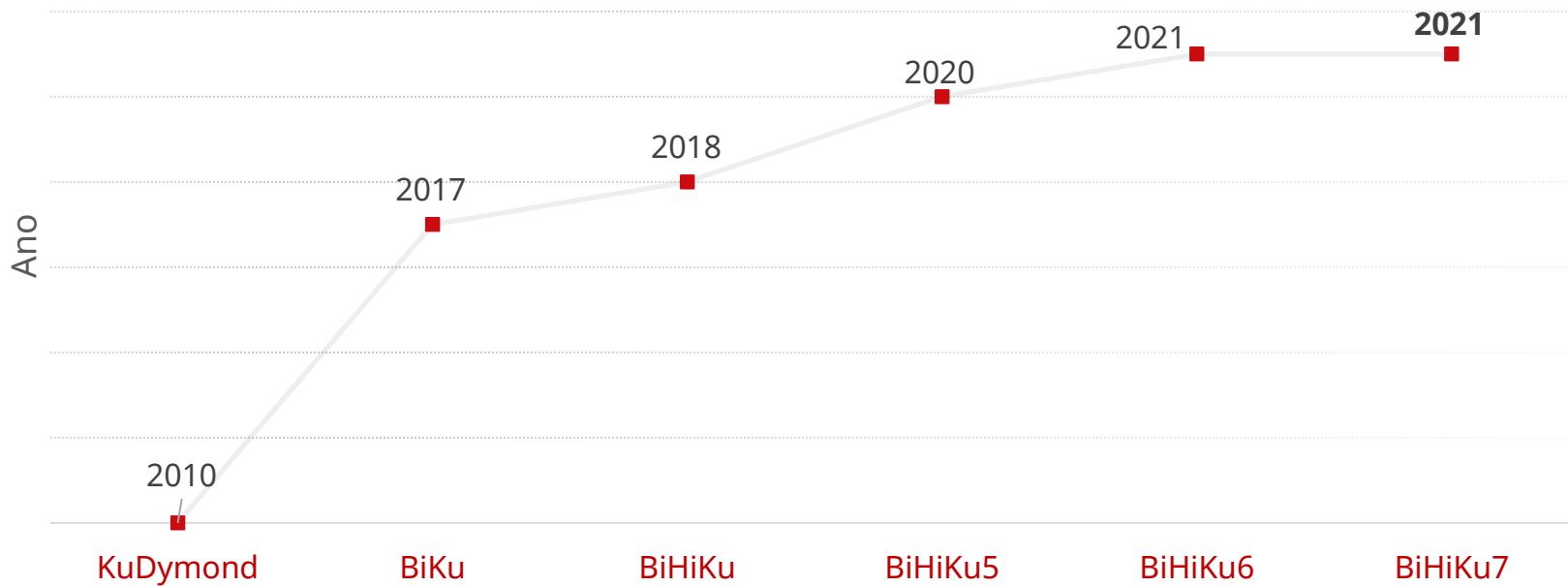


Subsidiárias em
20 países & regiões dos
06 continentes



17 fábricas
(Ásia & Américas)

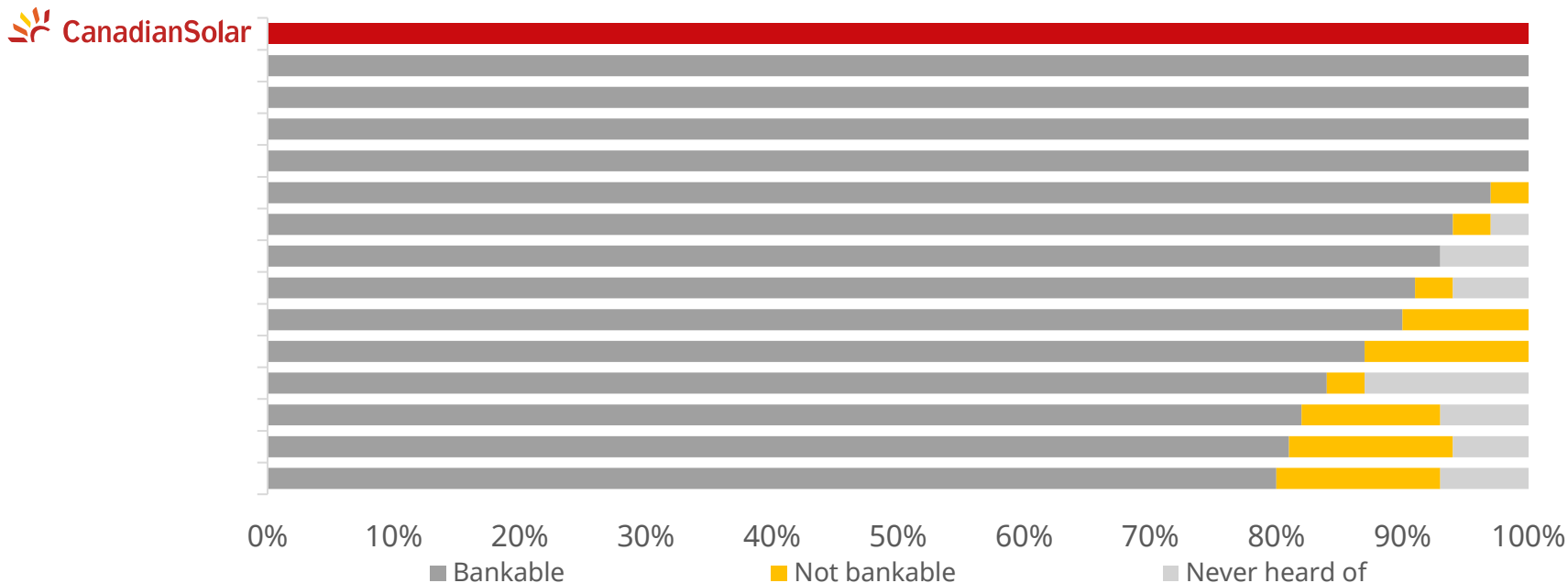
Módulos Duplo Vidro (Início de Construção)



Bancabilidade - Marca de Módulos Solares *Top-tier*



#1 Mais bancável fornecedor de módulos pela BNEF com 100% bancabilidade por 6 anos consecutivos.



Fonte: Top 15 do Bloomberg New Energy Finance Module Bankability Survey, 2019. As classificações de bancabilidade da marca solar são usadas por instituições financeiras em todo o mundo para análise de crédito, indicando a probabilidade de que os projetos que usam os referidos produtos solares sejam oferecidos financiamento sem recurso pelos bancos. Os fatores considerados para as classificações de bancabilidade da marca solar incluem qualidade e confiabilidade de produtos e serviços, garantias, solidez financeira e histórico.

Módulos Bifaciais: Conceitos Básicos

Portfólio Bifaciais (Séries 5 & 6 & 7)

Tecnologias da Série 7

Benefícios BiHiKu7

Dimensionamento & Otimização

Conclusão

Tecnologia Bifacial

Células

Recebem tratamento nos dois lados.

Estrutura Mecânica (Simplificada)

Vidro + Célula + Vidro (+ Moldura) = Módulo Bifacial



Ganho Bifacial 



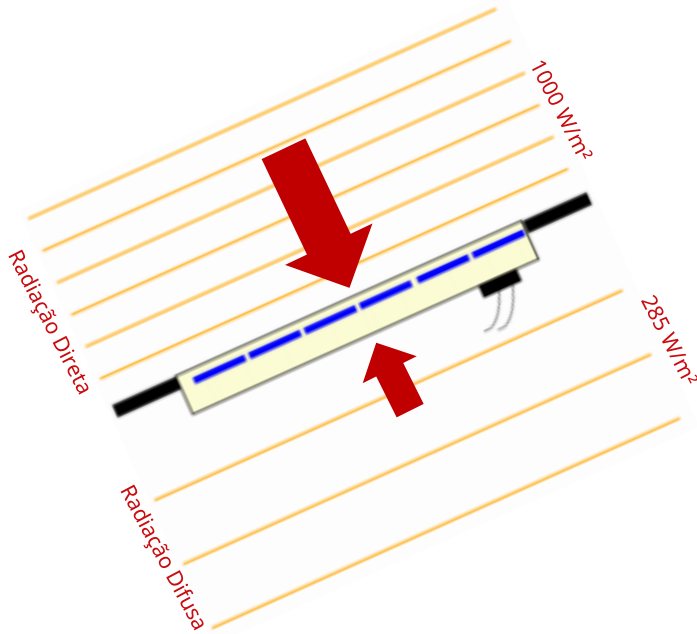
Cálculo do Ganho Bifacial:

- **Superfície Frontal** = Área * Rendimento * Irradiância (81W/m²)
= 485 Wp
- **Superfície Traseira** = Área * Rendimento * Irradiância (81W/m²) * Bifacialidade (52%)
= 265 Wp

Ganho Bifacial = 131 Wp / 655 Wp = **20%**

Módulos Bifaciais x Módulos Monofaciais 

Tecnologia	Garantia de Performance (Anos)	Garantia de Performance	Interação	Carga Mecânica	Interação	LEDB	
Monofacial	25 anos	2% / 0.37%	Solo	Estático	-	X	Padrão
Bifacial	30 anos	2% / 0.44%	Simultânea	Até 5.0 kN	++	X	Até 5.0 kN



Cálculo do Ganho Bifacial:

- Potência Frontal = Área * Rendimento * Irradiância (direta)
- **Potência Frontal** = $3,11\text{m}^2 * 21,1\% * 1000\text{ W/m}^2$
 - = **655 Wp**
- Potência Traseira = Área * Rendimento * Irradiância (difusa) * Bifacialidade
- **Potência Traseira** = $3,11\text{m}^2 * 21,1\% * 285\text{ W/m}^2 * 0,7$
 - = **131 Wp**

Ganho Bifacial = $131\text{ Wp} / 655\text{ Wp} = 20\%$

Módulos Bifaciais x Módulos Monofaciais



Tecnologia	Garantia de Performance (anos)	Garantia de Performance	Instalação	Carga Mecânica	Geração	LCOE
Monofacial	25 anos	2% / 0,55%	Solo / Telhados	+	X	Padrão
<i>Bifacial</i>	<i>30 anos</i>	2% / <i>0,45%</i>	<i>Solo (+ Trackers)</i>	<i>++</i>	<i>Até 1,3.X</i>	<i>Menor</i>

Módulos Bifaciais: Conceitos Básicos

Portfólio Bifaciais (Series 5 & 6 & 7)

Tecnologias da Série 7

Benefícios BiHiKu7

Dimensionamento & Otimização

Conclusão

Novo Portfólio

Série 5

HIKu5 & BIHIKu5
Série 5



500 Wp **21.2%**
Potência de Saída Eficiência

Células de 166(+)
Meias Células (dual cells)
Formato de 156 células
Monofacial & Bifacial




CS5V-MS
CS5V-MB-AG
465 - 500 Wp

Canadian Solar Inc. 11

Série 6

HIKu6 & BIHIKu6
Série 6



590 Wp **21.3%**
Potência de Saída Eficiência

Células de 182mm
Meias Células (dual cells)
Formato de 144 & 156 células
Monofacial & Bifacial



CS6W-MS
CS6W-MB-AG
531 - 590 Wp

CS6V-MS
CS6V-MB-AG
565 - 590 Wp

Canadian Solar Inc. 12

Série 7

HIKu7 & BIHIKu7
Série 7



665 Wp **21.4%**
Potência de Saída Eficiência

Células de 210mm
Meias Células (dual cells)
Formato de 120 & 132 células
Monofacial & Bifacial



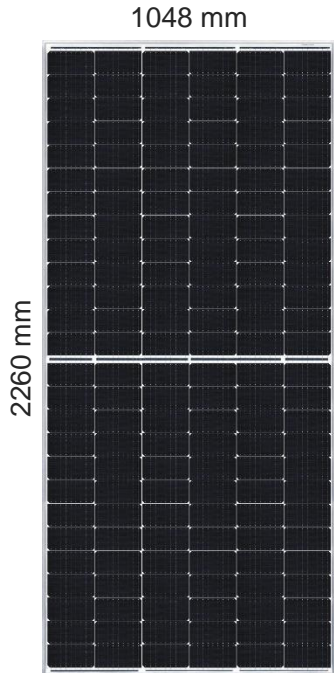
CS7L-MS
CS7L-MB-AG
642 - 665 Wp

CS7N-MS
CS7N-MB-AG
642 - 665 Wp

Canadian Solar Inc. 13

HiKu5 & BiHiKu5

Série 5



CS3Y-MS
CS3Y-MB-AG
465 – 500 Wp

500 Wp

Potência de Saída

21.2%

Eficiência

Células de 166(+)
mm

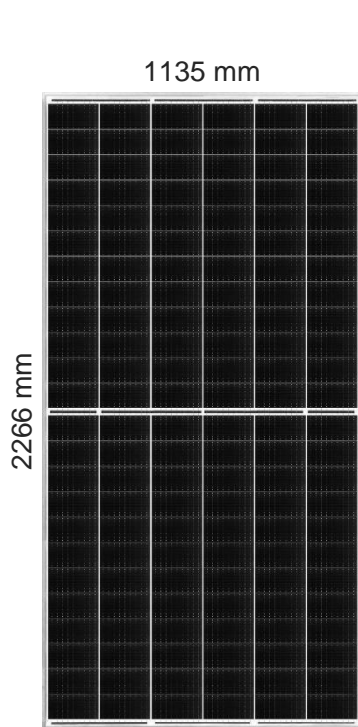
Meias Células (dual cells)

Formato de 156 células

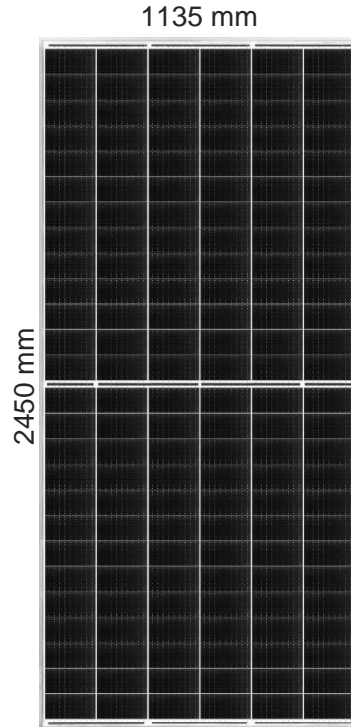
Monofacial & Bifacial

HiKu6 & BiHiKu6

Série 6



CS6W-MS
CS6W-MB-AG
520 – 540 Wp



CS6Y-MS
CS6Y-MB-AG
565 – 590 Wp

590 Wp

Potência de Saída

21.3%

Eficiência

Células de 182mm

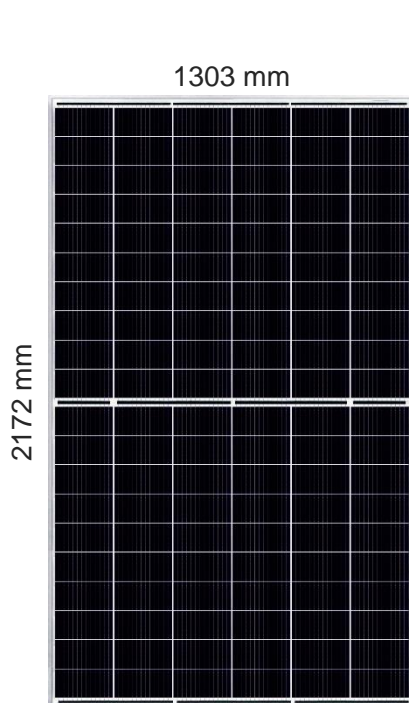
Meias Células (dual cells)

Formato de 144 & 156 células

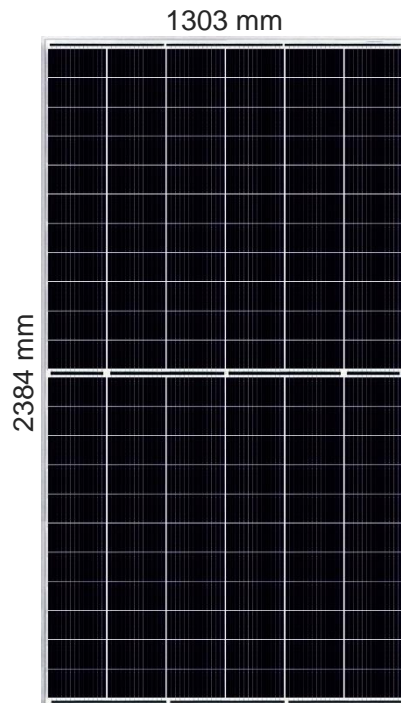
Monofacial & Bifacial

HiKu7 & BiHiKu7

Série 7



CS7L-MS
CS7L-MB-AG
570 – 595 Wp



CS7N-MS
CS7N-MB-AG
640 – 665 Wp

665 Wp

Potência de Saída

21.4%

Eficiência

Células de **210mm**

Meias Células (dual cells)

Formato de 120 & 132 células

Monofacial & Bifacial

Módulos Bifaciais: Conceitos Básicos

Portfólio Bifaciais (Series 5 & 6 & 7)

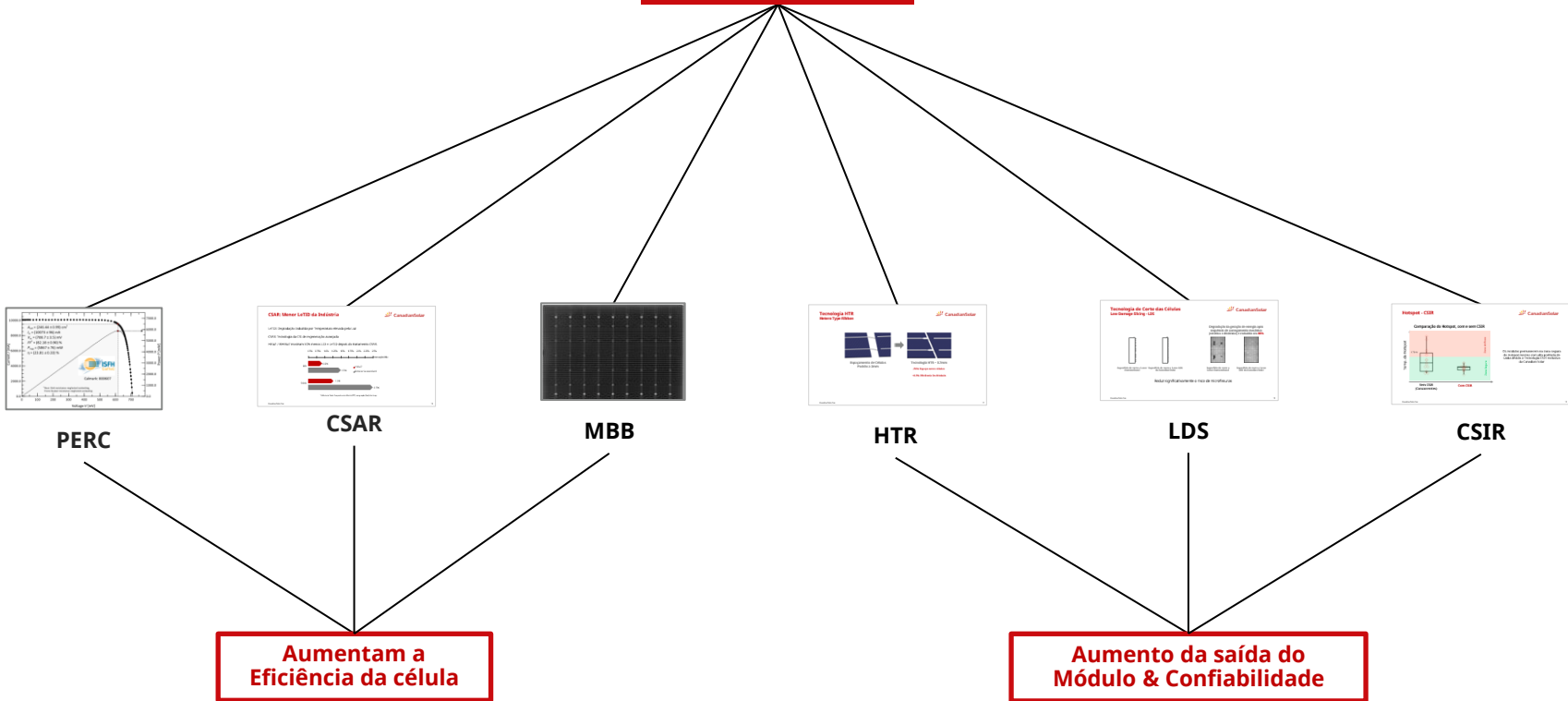
Tecnologias da Série 7

Benefícios BiHiKu7

Dimensionamento & Otimização

Conclusão

Tecnologias



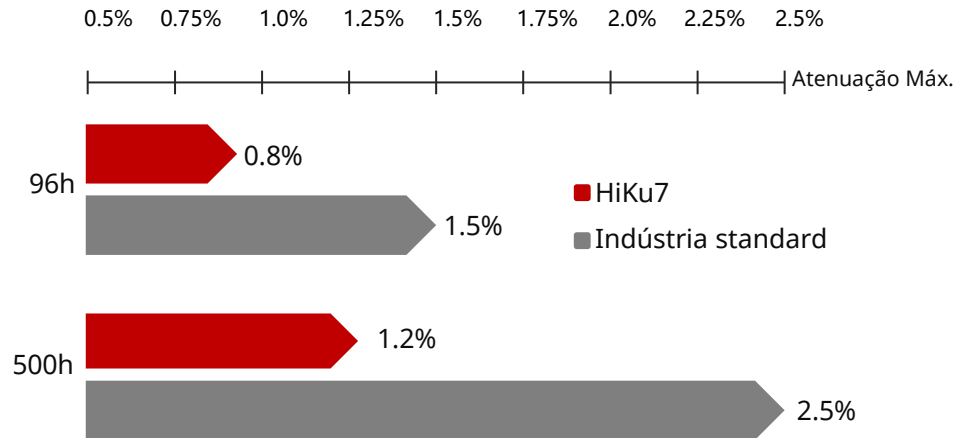
CSAR: Menor LeTID da Indústria



LeTID: Degradação Induzida por Temperatura elevada pela Luz

CSAR: Tecnologia da CSI de regeneração avançada

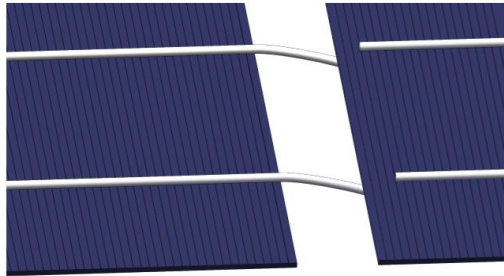
HiKu7 / BiHiKu7 mostram 50% menos LID e LeTID depois do tratamento CSAR.



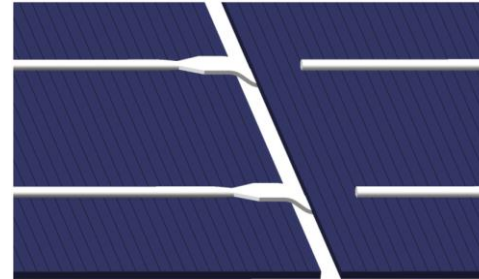
*Método de Teste: Temperatura do Módulo 85°C, energização I(test)=Isc-Imp

Tecnologia HTR

Hetero Type Ribbon



Espaçamento de Células
Padrão $\geq 2\text{mm}$



Tecnologia HTR $\sim 0.7\text{mm}$

-70% Espaço entre células

+0.5% Eficiência Do Módulo

Tecnologia de Corte das Células

Low Damage Slicing - LDS

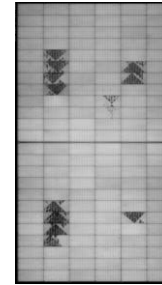


Superfície de corte a Laser Convencional

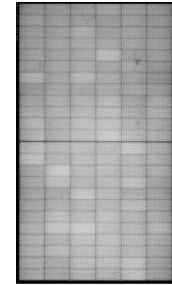


Superfície de corte a Laser LDS da Canadian Solar

Degradação da geração de energia após sequência de carregamento mecânico (estático e dinâmico) é reduzida em **90%**



Superfície de corte a Laser Convencional

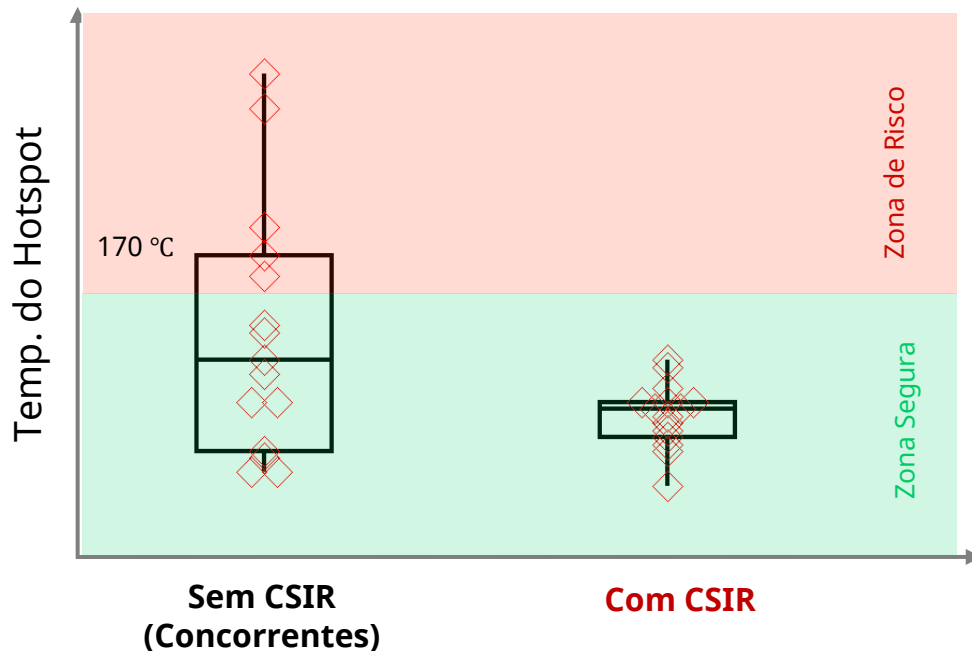


Superfície de corte a Laser LDS da Canadian Solar

Reduz significativamente o risco de microfissuras

Hotspot - CSIR

Comparação do Hotspot, com e sem CSIR



Os módulos permanecem na zona segura do Hotspot mesmo com alta potência de saída devido à Tecnologia CSIR exclusiva da Canadian Solar

Módulos Bifaciais: Conceitos Básicos

Portfólio Bifaciais (Series 5 & 6 & 7)

Tecnologias da Série 7

Benefícios BiHiKu7

Dimensionamento & Otimização

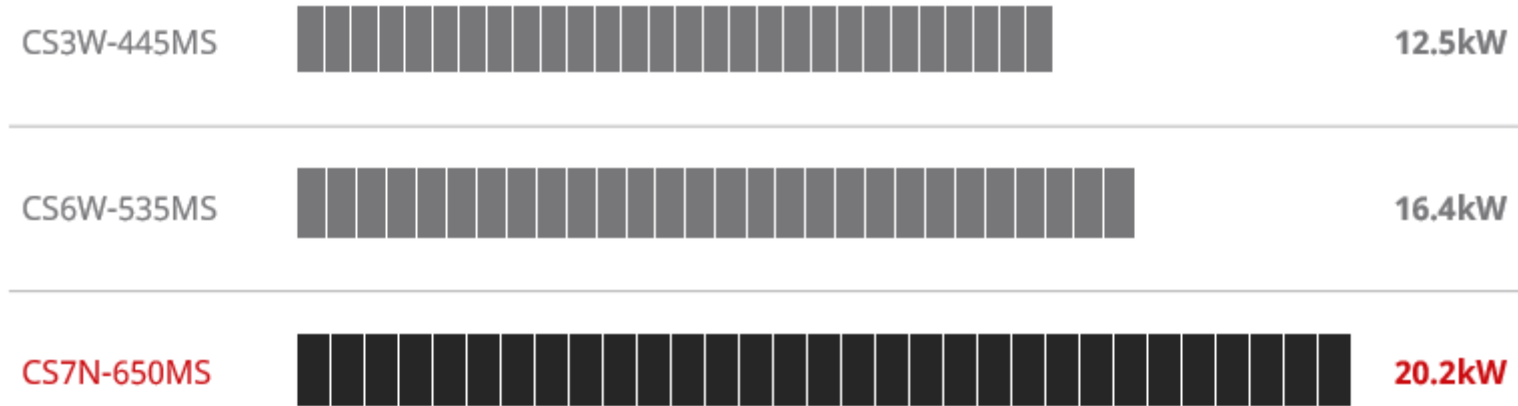
Conclusão

(1) Para obter o melhor resultado do projeto, tem que existir uma excelente combinação entre:

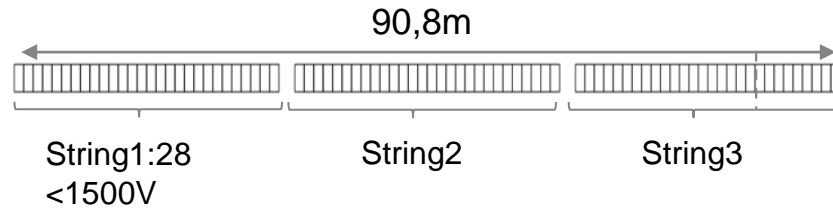
- Local do Projeto
 - Terreno, incidência solar e velocidade dos ventos (Trackers)
- **Módulos**
 - **Precisam oferecer os melhores índices de garantia, além de, segurança e performance.**
- Inversores
 - Necessitam suportar a corrente de geração dos módulos, assim como, a tensão de circuito aberto.
- Estruturas de montagem dos módulos: Trackers
 - Tem que haver a compatibilidade de: números de módulos em série na string com a quantidade física de módulos que o tracker suporta por estrutura. E obviamente, a estrutura tem que suportar os esforços de vento do Local do Projeto.

Mais Potência por String

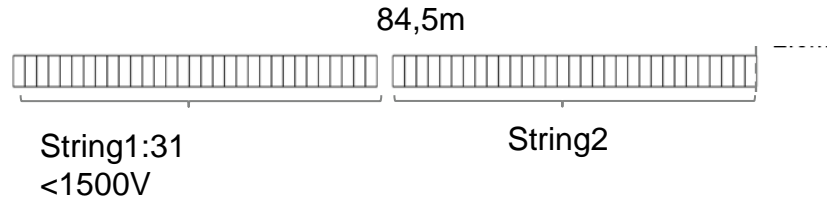
Células de 210mm



Estrutura de Montagem



3,7 kW por Tracker
CS3W-445MS



4,0 kW por Tracker **8,1%+**
Potência
CS7N-650MS

Comparação de Custos - Sistemas com Tracker

Série 7



	Tubo de Torque (m/kWp)	Perfis (pçs/kWp)	Postes (pçs/kWp)	Motor (pçs/kWp)	Módulos (pçs/kWp)	Trabalho (horas/kWp)
CS3W-445MS	-	-	-	-	-	-
CS6W-535MS	-9%	-16%	-9%	-16%	-16%	-8%
CS7N-650MS	-14%	-31%	-13%	-37%	-31%	-11%

Estrutura de Montagem

Compatibilidade



Tipo	Marca	CS7L-MS	CS7L-MB-AG	CS7N-MS	CS7N-MB-AG
1P	NEXTracker	Ok	Ok	Ok	Ok
	Array Technologies	Ok	Ok	Ok	Ok
	Arcotech Solar	Ok	Ok	Ok	Ok
	PVH		2021 Q1		
2P	NEXTracker	Ok	Ok	Ok	Ok
	Arcotech Solar	Ok	Ok	Ok	Ok
	Soltec	Ok	Ok		2021 Q1
	PVH		2021 Q1		



Inversores Centrais e de String

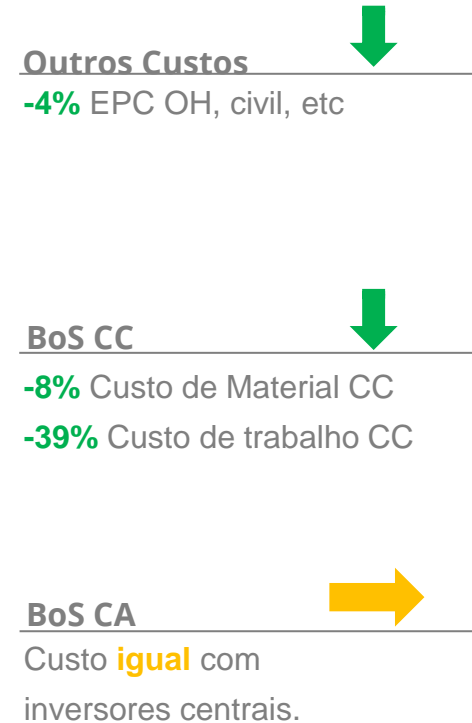
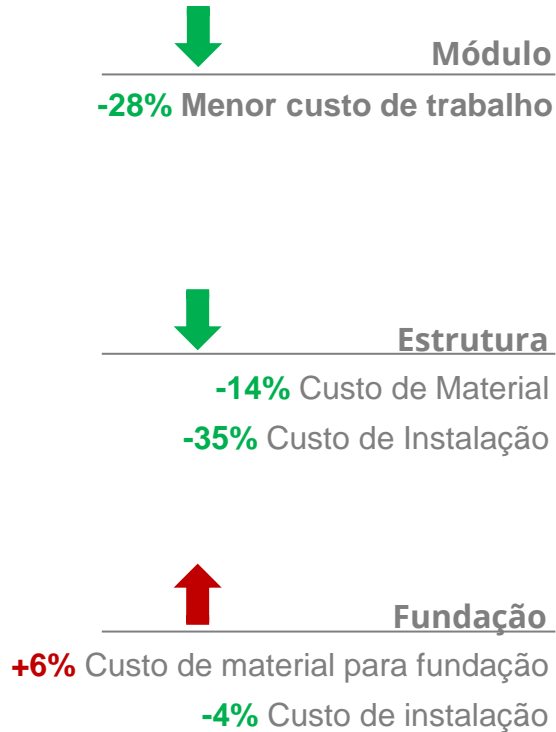
Compatibilidade

Tipo	Marca	Modelo	CS7L-MS	CS7N-MS	CS7L-MB-AG	CS7L-MB-AG
Inversor Central	Sungrow	Central inverter SG3150U	✓			
	SMA	Sunny central 3000-EV				
	Power electronics	Central inverter HEMK series				
	Fimer	PVS980-5MVA				
Inversor de String	Sungrow	SG225HX	✓			
	Solis	GCI-230K-EHV-5G				
	SMA	Sunny Highpower 150-20				
	SMA	Sunny Tripower CORE2				
	HUAWEI	SUN2000-196KTL-H3				
	HUAWEI	SUN2000-215KTL-H3				

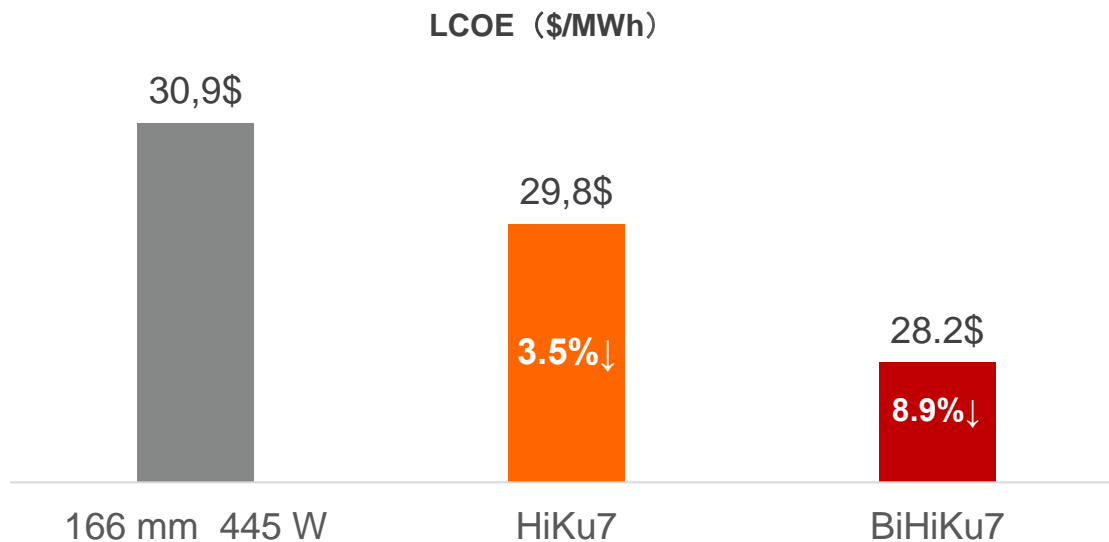



Balanço do Sistema - BoS

Série 7: Menor BoS 5.7% (HiKu7 650Wp x HiKu 445Wp)



Menor LCOE



Nota: BiHiKu7 CS7N-MB-AG 635W vs HiKu7 CS7N-MS 640W vs 445W (166mm meia célula mono) baseado em 27.3MW Projeto de utility (1P tracker + inversor central) em Los Angeles



Alta Potência

Alta Eficiência

Alta Produção de Energia

Altamente Confiável

Alta redução do BoS

Menor LCOE

Disponível em 2021.Q2

Módulos Bifaciais: Conceitos Básicos

Portfólio Bifaciais (Series 5 & 6 & 7)

Tecnologias da Série 7

Benefícios BiHiKu7

Dimensionamento & Otimização

Conclusão

Dimensionamento:

1. Norma
2. Decidir se inversor Central ou de String
3. Escolher um módulo
4. Dimensionar o módulo escolhido para um inversor do mercado.
5. Dimensionar o mesmo módulo escolhido para o inversor da Canadian Solar.
 1. Quais as diferenças?

Otimização:

(Uma vez que os módulos e inversores já foram escolhidos como / o que otimizar?)

1. Onde posicionar o inversor?
2. Qual é melhor maneira de conectar as strings (fazer o fechamento dos módulos)?
3. A que altura e a que pitch ficarão as mesas?
4. Quais são as melhores práticas?

Considerações da Norma



A ABNT NBR 16.690 não diferencia módulos bifaciais dos monofaciais.

Perante a Norma, é como se fosse um módulo monofacial.

Para o dimensionamento dos condutores e fusíveis, sugerimos que seja utilizada a **corrente de curto circuito** correspondente ao **máximo ganho bifacial**.

Alta Corrente CC: Qual inversor escolher?



Implicações do projeto com inversores centrais:

Pode ser necessário uma Combiner Box extra por MW e um cabo "homerun" extra.

Valas adicionais, tração de cabos e etc.

Condutores CC sobredimensionados para gerenciar a queda de tensão.

Os custos de BoS podem ser mais elevados.

(Projetos de inversores centrais com módulos bifaciais, podem ter BoS mais alto do que quando comparados aos sistemas monofaciais)

Vantagens dos Inversores de String:

*Para projetos de módulos bifaciais podem ter custos de BoS similar aos sistemas monofaciais **se** o inversor for bem escolhido.*

Possuem granularidade para o arranjo FV e reduzem as perdas por mismatch (diferenças).

Não tem a necessidade de locação de guindaste, licença ambiental ou classificação sísmica.

Devem possuir:

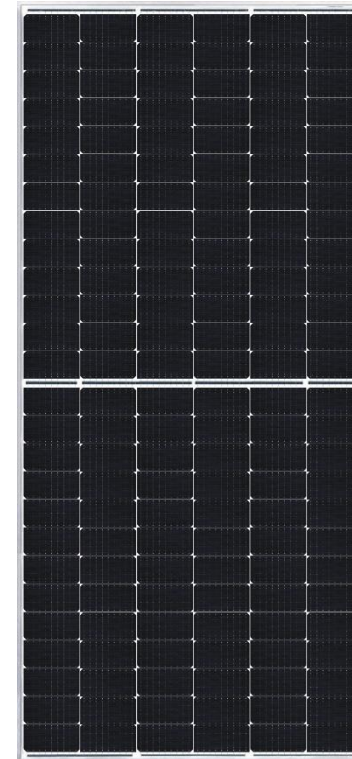
1. Entradas que suportem altos valores de corrente de curto circuito;
2. Alta capacidade de oversize (DC:AC ratio)

Escolha do Módulo – BiHiKu 7, 645 Wp



ELECTRICAL DATA | STC*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency	
CS7N-635MB-AG	635 W	36.7 V	17.31 A	44.4 V	18.27 A	20.4%	
Bifacial Gain**	5%	667 W	36.7 V	18.18 A	44.4 V	19.18 A	21.4%
	10%	699 W	36.7 V	19.05 A	44.4 V	20.10 A	22.5%
	20%	762 W	36.7 V	20.77 A	44.4 V	21.92 A	24.5%
	30%	826 W	36.7 V	22.51 A	44.4 V	23.75 A	26.5%
CS7N-640MB-AG	640 W	36.9 V	17.35 A	44.6 V	18.31 A	20.6%	
Bifacial Gain**	5%	672 W	36.9 V	18.22 A	44.6 V	19.23 A	21.6%
	10%	704 W	36.9 V	19.09 A	44.6 V	20.14 A	22.6%
	20%	768 W	36.9 V	20.82 A	44.6 V	21.97 A	24.7%
	30%	832 W	36.9 V	22.56 A	44.6 V	23.80 A	26.7%
CS7N-645MB-AG	645 W	37.1 V	17.39 A	44.8 V	18.35 A	20.7%	
Bifacial Gain**	5%	677 W	37.1 V	18.26 A	44.8 V	19.27 A	21.8%
	10%	710 W	37.1 V	19.14 A	44.8 V	20.19 A	22.8%
	20%	774 W	37.1 V	20.87 A	44.8 V	22.02 A	24.9%
	30%	839 W	37.1 V	22.62 A	44.8 V	23.86 A	27.0%
CS7N-650MB-AG	650 W	37.3 V	17.43 A	45.0 V	18.39 A	20.9%	
Bifacial Gain**	5%	683 W	37.3 V	18.32 A	45.0 V	19.31 A	22.0%
	10%	715 W	37.3 V	19.17 A	45.0 V	20.23 A	23.0%
	20%	780 W	37.3 V	20.92 A	45.0 V	22.07 A	25.1%
	30%	845 W	37.3 V	22.66 A	45.0 V	23.91 A	27.2%
CS7N-655MB-AG	655 W	37.5 V	17.47 A	45.2 V	18.43 A	21.1%	
Bifacial Gain**	5%	688 W	37.5 V	18.35 A	45.2 V	19.35 A	22.1%
	10%	721 W	37.5 V	19.23 A	45.2 V	20.27 A	23.2%
	20%	786 W	37.5 V	20.96 A	45.2 V	22.12 A	25.3%
	30%	852 W	37.5 V	22.72 A	45.2 V	23.96 A	27.4%



Inversores de String para Arranjos Bifaciais FV Concorrente



Input CC	125 kW
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	860 V / 920 V
Nominal input voltage	1050 V
MPP voltage range	860 – 1450 V
MPP voltage range for nominal power	860 – 1250 V
No. of independent MPP inputs	1
No. of DC inputs	1
Max. PV input current	148 A
Max. DC short-circuit current	240 A

Dimensionamento Concorrente

Inversor 125kW x BiHiKu7 645 Wp



Módulos em Série:

Tensão máxima do inversor, $V_{m\acute{a}x.} = 1500V$
Tensão de circuito aberto do módulo = 44,8 V
(CS7N-645MB-AG)

$$N_{s\acute{e}rie} = \frac{V_{m\acute{a}x\ do\ inversor}}{V_{oc}^*} = \frac{1500}{50,18} \approx 29\ m\acute{o}dulos$$

**Corrigida para a temperatura de uma determinada região.*

Fileiras em Paralelo:

Corrente máxima de entrada do inversor, $I_{m\acute{a}x.} = 240$
A
Corrente de curto circuito do módulo, $I_{sc} = 18,35$ A

$$N_{fileiras_{paralelo}} = \frac{I_{m\acute{a}x.}}{(I_{sc} * 1,3) * 1,25} = \frac{240}{(18,35 * 1,3) * 1,25} \approx 8\ fileiras$$

$$P_{total} = 8 * 29 * 645 = 149,64\ kWp$$

$$\mathbf{DC:AC\ Ratio = 1,197}$$

Inversores de String Canadian Solar



Principais Características:

- Suporta Módulos Bifaciais;
- Design Compacto;
- Chaves CA e CC integradas;
- DPS's CA e CC integrados;
- Fusíveis integrados;
- Até 20 anos de garantia;
- Monitoramento código-aberto;
- Mais de 26 anos de vida útil.



Inversores de String para Arranjos Bifaciais FV

Canadian Solar



SYSTEM/TECHNICAL DATA

MODEL NAME	CS-125KTL-GI-E
DC INPUT	
Max. PV Power	187.5 kW
Max. DC Input Voltage	1500 V _{DC}
Operating DC Input Voltage Range	860-1450 V _{DC}
Start-up DC Input Voltage/Power	900 V _{DC}
Number of MPP Trackers	1
MPPT Voltage Range	860-1450 V _{DC}
Operating Current (Imp)	150 A
Max. Input Current (Isc)	300 A
Number of DC Inputs	20
DC Disconnection Type	Load rated DC switch



Dimensionamento Canadian Solar

Inversor 125kW x BiHiKu7 645 Wp



Fileiras em Paralelo:

Corrente máxima de entrada do inversor, $I_{m\acute{a}x.} = 300$
A

Corrente de curto circuito do módulo, $I_{sc} = 18,35$ A

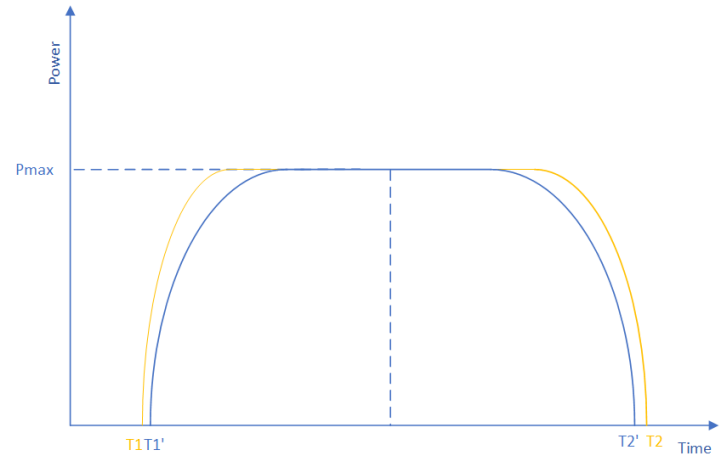
$$N_{fileiras_{paralelo}} = \frac{I_{m\acute{a}x.}}{(I_{sc} * 1,3) * 1,25} = \frac{300}{(18,43 * 1,3) * 1,25}$$

≈ 10 fileiras

$$P_{total} = 10 * 29 * 645 = 187,05 \text{ kWp}$$

DC:AC Ratio = 1,496

*A cada MW (corrente alternada) são 149,64 kWp a mais com a solução **Canadian Solar!***



Otimização - Instalação de Solo

Posicionamento do Inversor em Sistema Monofaciais



Posicionamento do Inversor em Sistemas Bifaciais



Otimização – Conexão da String



Estruturas de montagem fixas, é interessante separar as linhas de cima das linhas de baixo:

Misturar as fileiras em um mesmo MPPT pode levar a uma perda de energia de 0,4 até 0,8%, devido aos sombreamentos da parte de trás dos módulos.

As conexões Leap-Frog reduzem o custo com cabos, porém aumentam as perdas por sombreamento

Conexão das Strings 2P - Fixas

	Connection A		Connection B	
Albedo	0.2	0.8	0.2	0.8
Shading: Electrical Loss	0.3%		0.1%	
Mismatch loss	0.3%	1.2%	0.5%	1.8%
Total Power loss	0.4%	1.3%	0.8%	2.1%

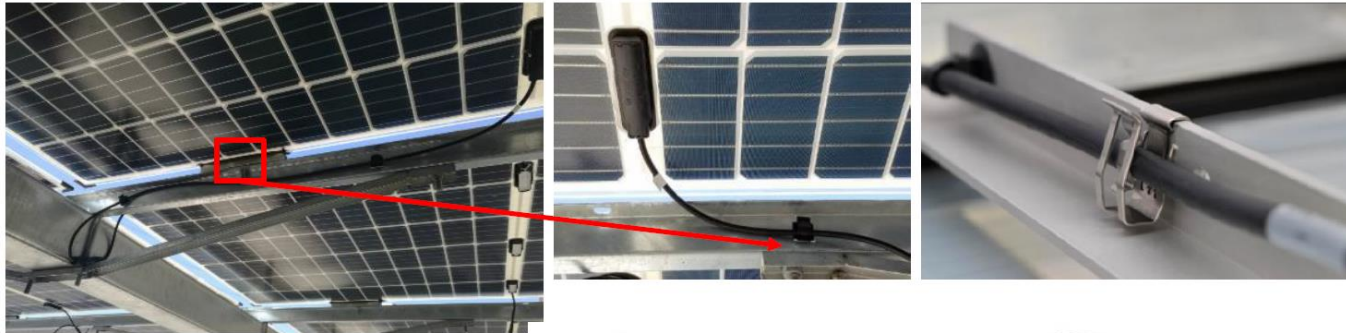
Otimização – Estrutura de Montagem



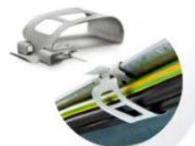
Módulos Bifaciais	Fixa 2P	Tracker 1P
Pitch	8 – 9 metros GCR \approx 0.46	6 – 7 metros GCR \approx 0.3
Altura	1,5 – 2 metros	1,5 – 2 metros

Otimização - Melhores Práticas

Como sugestão segue a imagem abaixo para reduzir o sombreamento e o mismatch na parte de trás.



Remark:
Special cable clamps are recommended for bifacial module cable management.



*Multi cables parallel to the edge.
One metal piece.*



Multi-directional cable routing



*Multidirectional cable routing.
Plastic contact only.*

Módulos Bifaciais: Conceitos Básicos

Portfólio Bifaciais (Series 5 & 6 & 7)

Tecnologias da Série 7

Benefícios BiHiKu7

Dimensionamento & Otimização

Conclusão

Conclusões



Módulos Bifaciais produzem mais energia do que os seus equivalentes Monofaciais

Ganho Bifacial

As tecnologias de melhoramento dos módulos trazem segurança, confiabilidade e desempenho ao novo Portfólio (Séries 5 & 6 & 7)

PERC, MBB, CSAR, HTR, CSIR, LDS

A combinação do novo portfólio de módulos & nossos novos inversores terá um excelente custo benefício para o mercado de Utility.

A otimização das mesas (altura e pitch) é indispensável para se obter o melhor LCOE.

Inversores de string podem funcionar melhor com módulos bifaciais:

Têm que suportar uma corrente alta em suas entradas e alta capacidade de oversize (DC:AC Ratio).

Posicionamento do inversor em instalações de solo depende da aplicação.

Há diferenças em aplicações com módulos Monofaciais & Bifaciais.

Defina as strings estrategicamente para minimizar as perdas e aumentar a geração.

Avalie as conexões Leap-Frog e busque utilizar as melhores práticas;

Estruturas Fixas: fileiras superiores e fileiras inferiores em MPPTs diferentes.

QUAL O PRÓXIMO?

*O que você quer aprender com a
Canadian Solar?*

Perguntas & Respostas

Contatos



Vendas:

sales.br@csisolar.com

11 3957 0336

Suporte Técnico:

service.latam@csisolar.com

0800 878 3587



OBRIGADO !