



Cabos para Sistemas Fotovoltaicos

0,6/1 kV AC - 1,8 kV CC

Introdução

A busca pela geração de energia limpa e renovável aliada ao desenvolvimento de placas solares cada vez mais eficientes tem contribuído para aumentar a participação dos parques fotovoltaicos no grid das diferentes fontes de energia disponíveis em todos os países.

Sistema em baixa tensão

O sistema é basicamente composto pelos módulos fotovoltaicos (placas contendo as células de captação de energia solar) ligados entre si formando séries, sub-arranjos e arranjos, caixas de junção, inversores de corrente contínua para corrente alternada e transformadores que, no lado da média tensão, são conectados às redes de distribuição de energia das concessionárias.

Trecho 1 – Módulos fotovoltaicos às caixas de junção

Cada trecho do sistema possui características próprias que irão definir o tipo de cabo a ser considerado. O caso que irá suportar as condições mais severas é o do trecho entre as placas e as caixas de junção – também denominadas junction box ou combiner box. O calor sob as placas atinge temperaturas elevadas, situação agravada nos locais em que a temperatura ambiente também é elevada. A vida útil esperada para os equipamentos é de 25 anos sob operação normal, portanto espera-se a mesma vida útil para os cabos. Cabos normais de construção civil, usualmente encontrados nos distribuidores de material elétrico, não suportam calor excessivo e certamente terão seus polímeros de isolamento e de cobertura degradados antes do prazo, colocando em risco toda a instalação e, portanto, não podem ser usados nesta aplicação.

Já os cabos especialmente projetados para operar sob os módulos fotovoltaicos são construídos com materiais especiais: isolamento e cobertura são feitos com materiais termofixos; estes sofrem um processo de reticulação que altera as ligações químicas entre seus átomos, tornando-os mais estáveis e resistentes a temperaturas mais elevadas; cabos feitos com materiais termoplásticos como os cabos 750 V ou 0,6/1 kV usuais não resistiriam ao calor. Os cabos para esta aplicação específica suportam até 20.000 h a 120 °C de temperatura de operação no condutor e temperatura ambiente de 90 °C – calor extremo que poderia ocorrer sob as placas em lugares muito quentes.

Outra precaução que deve ser tomada neste trecho é quanto às consequências de um eventual incêndio. Cabos de uso normal em construção civil são feitos com materiais halogenados, que são aqueles que liberam gases tóxicos e corrosivos quando queimam, além de fumaça preta. Não se espera que existam pessoas circulando dentro de um parque solar, no entanto os gases corrosivos liberados por cabos comuns durante um incêndio em módulos fotovoltaicos irão comprometer as partes metálicas da instalação, incluindo as conexões entre os equipamentos, o que será extremamente prejudicial tanto no aspecto técnico quanto financeiro.

Para suportar as condições ambientais tão agressivas sob as placas, a INDUSCABOS desenvolveu o cabo INDUSOLAR FLEX, especialmente projetado para atender às temperaturas de operação indicadas acima e a preservar as instalações em caso de incêndio. Este cabo se aplica à conexão de cada módulo fotovoltaico até a caixa de junção, no trecho em corrente contínua, podendo operar sob tensão nominal de 1500 VCC e máxima de 1800 VCC.

O condutor é de cobre estanhado com encordoamento flexível, classe 5, permitindo maior mobilidade causada por ventos e maior resistência à corrosão, facilitando também as conexões. Os materiais de isolamento e de cobertura são feitos com compostos termofixos não halogenados, com baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos, não propagantes à chama. Estão disponíveis nas cores preta e vermelha, podendo também ser fornecidos em outras cores sob consulta.

Podem ser instalados em eletrocalhas, leitos, bandejas ou eletrodutos em instalações internas ou externas em função de sua resistência às intempéries e radiação ultravioleta.

O projeto nasceu com base na norma TUV 2Pfg 1169/08.2007, porém esta norma foi cancelada e hoje o cabo é certificado e produzido conforme a norma brasileira ABNT NBR 16612 e EN 50618:2014.

Trecho 2 – Das caixas de junção ao inversor

O trecho seguinte, do junction box ao inversor, continua sendo em corrente contínua. Este trecho exige cabos de maiores seções, pois geralmente coletam a energia gerada em uma ou mais séries de módulos fotovoltaicos, os arranjos e sub-arranjos. É possível aplicar também nestes trechos os cabos Indusolar Flex. No entanto, não existe mais esta necessidade pois o ambiente agora não é mais tão agressivo, tornando-se favorável ao uso de cabos mais comuns. O modo mais usual de instalar os cabos neste trecho é enterrá-los diretamente no solo. Uma vez que o diâmetro não é um fator limitante, o mercado tem optado por condutores de alumínio. Podem ser isolados em polietileno reticulado (XLPE) ou em borracha etileno-propileno (HEPR). Ambos são materiais termofixos que permitem temperatura de operação no condutor de até 90 °C. A cobertura pode ser em policloreto de vinila (PVC, material halogenado) ou em SHF1 (low smoke, halogen free), composto termoplástico não halogenado com características de baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos e não propagante de chamas conforme norma ABNT NBR 13248.

Uma vez que os cabos estarão enterrados, não existe grande preocupação em relação a incêndios, portanto a construção típica dos cabos neste trecho consiste em condutores de alumínio compactados classe 2 (rígidos) isolados em XLPE e cobertos em PVC, suportando os mesmos níveis de tensão em corrente contínua do sistema, ou seja, tensão nominal de 1.500 VCC e tensão máxima de 1.800 VCC. A Induscabos desenvolveu o cabo INDULINK AL SOLAR especialmente para esta aplicação.

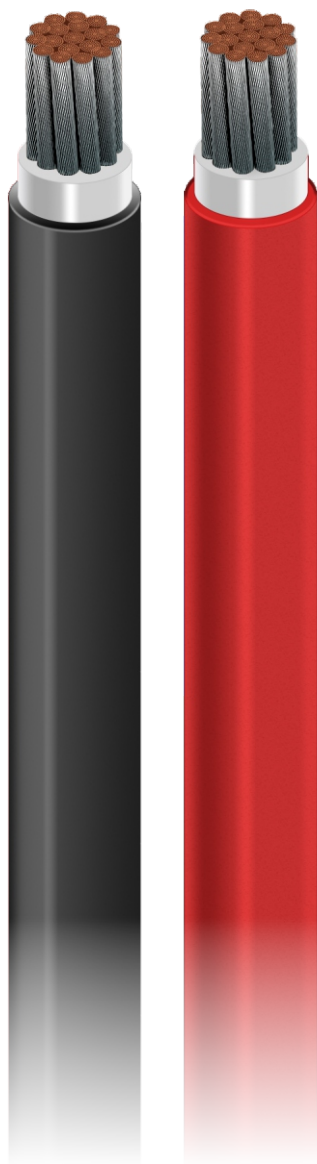
Trecho 3 – Do inversor ao transformador

Assim como no trecho anterior, muitas vezes a ligação entre o inversor e transformador é realizada com cabos diretamente enterrados. Porém, em alternativa, podem também ser instalados sobre bandejas, leitos ou dutos ao ar livre. Após o inversor o sistema opera, naturalmente, em corrente alternada, portanto o cabo deverá suportar tensão de 0,6/1 kV. O condutor pode ser de cobre ou alumínio, o material isolante pode ser o polietileno reticulado ou a borracha etileno-propileno e a cobertura pode ser halogenada ou não. A maior demanda hoje pelo mercado é de cabos de alumínio compactado classe 2 isolados em XLPE e cobertos em PVC para 0,6/1 kV. Nesse caso, pode-se continuar a construção deste trecho com o mesmo cabo do trecho anterior, o INDULINK AL SOLAR, que continua cumprindo integralmente com todos os requisitos da instalação.



Cabo Indusolar Flex

0,6/1 kV AC - 1,8 kV CC



Construção

- 1 **Condutor:** Cobre eletrolítico estanhado, têmpera mole, encordoamento classe 5.
- 2 **Isolação:** Composto poliolefínico termofixo não halogenado com baixa emissão de fumaça, não propagante a chama, na cor natural.
- 3 **Cobertura:** Composto poliolefínico termofixo não halogenado com baixa emissão de fumaça, não propagante à chama e com resistência a intempéries.

Cores

Preta, vermelha e azul

Temperatura Máxima no Condutor

- 120 °C em serviço contínuo por até 20.000 h
- 250 °C em curto-circuito

Tensão de Trabalho

- AC $U_0/U = 0,6/1$ kV
- CC $U_m = 1,8$ kV

Aplicação

Utilizado nas interligações de painéis solares e demais equipamentos do sistema fotovoltaico, podem ser instalados em eletrocalhas, leitos ou eletrodutos de instalações internas e externas, em função de sua resistência a intempéries (proteção UV).

Acondicionamento

São normalmente acondicionados em bobinas de madeira.

Especificações

ABNT NBR 16612 - Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores - Requisitos de desempenho.

Cabo Indusolar Flex

REFERÊNCIA	CONDUTOR		COBERTURA	PESO TOTAL
	SEÇÃO NOMINAL (mm ²)	DIÂMETRO NOMINAL (mm)	DIÂMETRO NOMINAL (mm)	(kg/km)
4600.01.008	1,5	1,49	4,49	31,2
4600.01.009	2,5	1,92	4,92	42,0
4600.01.010	4	2,43	5,43	57,1
4600.01.011	6	2,98	5,98	76,6
4600.01.012	10	3,90	6,90	116
4600.01.013	16	5,00	8,20	174
4600.01.014	25	6,20	10,0	270
4600.01.015	35	7,35	11,4	366

CONDUTOR	CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE (CC)										R _{cc}	ΔV
	Ao ar protegido do sol				Ao ar exposto ao sol				Enterrado em Eletroduto	Diretamente enterrado		
Seção Nominal mm ²	A				A				A	A		V/A. km
T. condutor	90 °C		120 °C		90 °C		120 °C		90 °C	90 °C	---	120 °C
T. ambiente	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	30 °C	30 °C	20 °C	---
2,5	35	32	28	34	31	26	22	29	26	42	8,21	22,87
4	47	42	37	45	41	35	28	39	33	55	5,09	14,18
6	60	53	47	57	51	44	36	49	41	68	3,39	9,44
10	83	74	65	79	71	61	49	68	56	92	1,95	5,43
16	110	98	86	105	93	79	63	89	71	118	1,24	3,45
25	146	131	114	140	123	104	82	117	91	150	0,795	2,21

Cabo Indulink Al Solar

0,6/1 kV AC - 1,8 kV CC



Construção

- 1 **Condutor:** Alumínio puro, liga 1350, encordoamento classe 2 compactado.
- 2 **Isolação:** Composto termofixo de polietileno reticulado XLPE para temperatura máxima de operação no condutor de 90 °C, sobrecarga a 130 °C e curto-circuito a 250 °C.
- 3 **Cobertura:** Composto termoplástico de policloreto de vinila PVC antichama, livre de chumbo.

Tensão de Trabalho

Tensão em CA: 0,6/1 kV

Tensão nominal em CC: 1.500 V

Tensão máxima em CC: 1.800 V

Aplicação

O Cabo Indulink Al Solar se aplica aos parques fotovoltaicos nas interligações entre as caixas de junção (junction box, string box ou combiner box) e o inversor. Podem ser instalados em eletrocalhas, leitos e bandejas em áreas internas e externas em função de sua resistência às intempéries (proteção UV), em eletrodutos ou diretamente enterrados no solo.

Acondicionamento

São normalmente acondicionados em bobinas de madeira.

Especificações

NBR 7287 - Cabos de potência com isolação sólida extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de isolamento de 1 kV a 35 kV - Requisitos de desempenho.

NBR NM IEC 60332-1 - Métodos de ensaio em cabos elétricos sob condições de fogo - Parte 1: Ensaio em um único condutor ou cabo isolado na posição vertical.

Cabo Indulink Al Solar

REFERÊNCIA	CONDUTOR		ISOLAÇÃO	COBERTURA		PESO TOTAL (kg/km)
	SEÇÃO NOMINAL (mm ²)	DIÂMETRO NOMINAL (mm)		ESPESSURA NOMINAL (mm)	DIÂMETRO NOMINAL (mm)	
1313.01.013	16	4,80	0,7	1,0	8,20	86,5
1313.01.014	25	6,00	0,9	1,1	9,80	128
1313.01.015	35	7,10	0,9	1,1	10,8	161
1313.01.016	50	8,30	1	1,2	12,5	213
1313.01.017	70	9,90	1,1	1,3	14,2	285
1313.01.018	95	11,8	1,1	1,3	16,5	376
1313.01.019	120	13,2	1,2	1,4	18,2	464
1313.01.020	150	14,8	1,4	1,5	20,4	571
1313.01.021	185	16,1	1,6	1,5	22,6	711
1313.01.022	240	18,5	1,7	1,6	24,4	887
1313.01.023	300	20,5	1,8	1,7	27,3	1 095
1313.01.024	400	23,3	2	1,8	32,9	1 475
1313.01.025	500	26,2	2,2	2,0	37,0	1 675

CONDUTOR	CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE (CC)			R _{cc}	ΔV
	SEÇÃO NOMINAL (mm ²)	Ao ar (A)	Enterrado em eletroduto (A)	Diretamente enterrado (A)	Resistência elétrica máxima CC a 20 °C(Ω/km)
16	81	71	74	1,91	4,90
25	110	92	96	1,20	3,08
35	132	109	114	0,868	2,23
50	160	129	134	0,641	1,64
70	202	158	163	0,443	1,14
95	248	190	195	0,320	0,82
120	288	215	222	0,253	0,65
150	330	242	249	0,206	0,53
185	379	274	282	0,164	0,42
240	451	318	328	0,125	0,32
300	519	359	370	0,100	0,26
400	610	412	425	0,0778	0,20
500	714	473	488	0,0605	0,16

NOTAS:

A capacidade de condução de corrente foi calculada considerando:

Ao ar: temperatura ambiente de 30 °C, dois condutores em contato, radiação solar de 1.000 W/m².

Enterrado em eletroduto: temperatura ambiente de 25 °C, dois condutores em contato dentro de um eletroduto de PVC de 1 polegada de diâmetro, enterrado a 0,8 m de profundidade, resistividade térmica do solo igual a 2,5 K.m/W.

Diretamente enterrado: temperatura ambiente de 25 °C, dois condutores em contato enterrados a 0,8 m de profundidade, resistividade térmica do solo igual a 2,5 K.m/W.



Av. Induscabos, 300
CEP 08559-300 - Vila Jaú
Poá - São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 4634-9000

induscabos@induscabos.com.br
www.induscabos.com.br