



Módulo FV Leve ZKFN Solar

Guia de Projeto de Sistema Fotovoltaico

Shandong ZKFN Solar Tecnologia Lda

Data de emissão: 2026-04-25 | Nº da versão: ZKFN-ATSD-FLX-02

Índice

Capítulo 1: Disposições Gerais.....	4
1.1 Escopo de Aplicação	4
1.2 Objetivo da Elaboração.....	4
1.3 Posicionamento do Documento	4
1.4 Quatro Princípios Fundamentais de Projeto	4
1.5 Valores de Referência para Condições Ambientais Aplicáveis.....	4
1.6 Aviso de Riscos.....	5
Capítulo 2: Terminologia.....	5
Capítulo 3 Normas de Referência e Documentos de Consulta.....	6
3.1 Normas Nacionais e do Setor	6
3.2 Documentos Técnicos da Empresa	7
3.3 Δ Duas Restrições Obrigatórias Prévias	7
Capítulo 4 Visão Geral da Seleção e Introdução do Produto.....	7
4.1 Visão Geral da Série de Produtos	7
4.2 Fluxograma de Decisão para Seleção em Todos os Cenários	8
Capítulo 5 – Princípios de Projeto	9
5.1 Prioridade à Segurança	9
5.2 Compatibilidade Estrutural.....	9
5.3 Adaptabilidade Ambiental	10
5.4 Facilidade de Manutenção	10
Capítulo 6 – Base para Cálculo de Cargas.....	10
6.1 Tabela de Consulta Rápida de Carga Própria dos Módulos	10
6.2 Cálculo de Carga de Vento (GB 50009)	10
6.3 Cálculo de Carga de Neve (GB 50009)	11
6.4 Ação Sísmica (GB 50011)	11
6.5 Combinação de Cargas	11
Capítulo 7 – Projeto de Layout dos Módulos	11
7.1 Princípios de Layout.....	11
7.2 Parâmetros Típicos de Layout por Série	11
7.3 Projeto de Sombreamento	12
7.4 Projeto de segurança do arranjo elétrico	13
Capítulo 8 – Projeto de instalação dos módulos	14
8.1 Avaliação da adequação do substrato (telhado)	14
8.2 Requisitos Obrigatórios para o Ângulo de Inclinação de Instalação dos Módulos.....	15
8.3 Processo de Aplicação do Adesivo Estrutural.....	16
8.4 Detalhamento dos esquemas de instalação por série.....	17
8.5 Requisitos de projeto para módulos transitáveis (Série Pega)	21
8.6 Projeto para litoral e ambientes especiais.....	22
Capítulo 9 Seleção do Inversor	22
9.1 Referência da Relação DC/AC (NB/T 10394-2020)	22
9.2 Projeto de Correspondência de Tensão.....	23
9.3 Projeto de Canais MPPT	25

9.4 Requisitos de Conexão à Rede.....	25
9.5 Proteção e Adaptação Ambiental	25
9.6 Segurança e Proteção	26
9.7 Requisito Obrigatório de Consistência do Conector MC4	26
Capítulo 10 Projeto de Operação e Manutenção	26
10.1 Projeto do Sistema de Lavagem com Água.....	26
10.2 Aterramento para Proteção contra Descargas Atmosféricas.....	27
10.3 Requisitos de Projeto para Inspeção de Rotina	28
10.4 Reserva de projeto para manutenção periódica do sistema elétrico.....	28
Capítulo 11 Escopo da Garantia e Cláusulas de Isenção de Responsabilidade	28
11.1 Tabela de Referência Rápida de Prazos de Garantia.....	28
11.2 Limitações do Mercado de Garantia.....	29
11.3 Situações Típicas de Perda de Garantia.....	29
11.4 Obrigação de informação do escritório de projetos.....	29
Capítulo 12 – Lista de Entregáveis de Projeto	30
12.1 Documentos Básicos.....	30
12.2 Documentos de Projeto.....	30
12.3 Revisão do Projeto	30
Capítulo 13 – Erros Comuns de Projeto e Como Evitá-los.....	31
Capítulo 14 – Apêndices	32
Apêndice A: Parâmetros do Adesivo Estrutural Especificado (Guangzhou Baiyun SMG533).....	32
Apêndice B: Tabela de Compatibilidade entre Tipos de Telha Metálica Perfilada e Métodos de Instalação	32
Apêndice C: Tabela de Consulta Rápida de Coeficientes de Temperatura (Dados TDS)	33
Apêndice D: Lista de Substâncias Nocivas à Corrosão de Conectores Fotovoltaicos.....	33
Apêndice E: Anomalias na Superfície de Instalação e Medidas de Tratamento.....	34
Apêndice F: Parâmetros Elétricos da Série de Módulos SolarVela/Noah (Valores Típicos).....	34
Apêndice G: Parâmetros Elétricos da Série de Módulos SolarPega (Valores Típicos).....	34
Apêndice H: Abreviações de Termos de Referência	35
Capítulo 15 Suporte Técnico e Informações de Contato	35

Capítulo 1: Disposições Gerais

1.1 Escopo de Aplicação

Este documento aplica-se à fase de projeto conceitual de sistemas que utilizam os módulos fotovoltaicos das séries SolarVela, SolarNoah e SolarPega, fabricados pela Shandong ZKFN Solar Tecnologia Lda (doravante "ZKFN Solar"), em projetos de telhados comerciais e industriais, telhados de edifícios públicos, telhados de estruturas especiais e projetos BIPV/BAPV.

1.2 Objetivo da Elaboração

Padronizar o processo de projeto de sistemas de módulos FV leves, unificar os requisitos técnicos de projeto e orientar as unidades de projeto na elaboração de esquemas, seleção de produtos, planejamento de layout e configuração elétrica, a fim de mitigar riscos como capacidade de carga insuficiente do telhado, incompatibilidade na seleção de módulos, sombreamento, incompatibilidade de parâmetros elétricos e violações nos procedimentos de instalação, garantindo a execução segura, confiável, econômica e em conformidade do projeto.

1.3 Posicionamento do Documento

Este manual é um documento técnico orientador para a fase de projeto e não substitui as normas obrigatórias nacionais e do setor. O projeto de engenharia deve executar simultaneamente as normas vigentes, como GB 50797, GB 50009, GB 50016, GB 50205, NB/T 10394, GB/T 38946, IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, IEC 62109, bem como as instruções de instalação do produto e a garantia limitada da ZKFN Solar.

1.4 Quatro Princípios Fundamentais de Projeto

Princípios	Significado
Prioridade de Segurança	Os módulos FV, sistemas de suporte e sistemas elétricos devem atender aos requisitos de segurança estrutural, segurança elétrica e segurança contra incêndios durante a vida útil de projeto de 25/30 anos.
Compatibilidade Estrutural	O método de instalação dos módulos FV deve ser compatível com o material da base do telhado, a resistência estrutural e a configuração de impermeabilização.
Adaptação Ambiental	Considerar plenamente as condições ambientais como vento, neve, névoa salina, variação de temperatura e corrosão, garantindo que o sistema atenda aos requisitos de condições extremas.
Facilidade de Manutenção	Configurar adequadamente corredores de inspeção, interfaces de operação e manutenção, e espaço para desmontagem não destrutiva, assegurando a manutenibilidade do sistema.

1.5 Valores de Referência para Condições Ambientais Aplicáveis

Item	Valor de Referência
Velocidade Básica do Vento	Conforme dados de ocorrência a cada 50 anos no local do projeto, ou conforme requisitos mais rigorosos do proprietário
Carga de Neve	Com base na pressão de neve básica para um período de retorno de 50 anos na região
Temperatura de operação do módulo	-40 °C ~ +85 °C
Umidade relativa ambiental de longo prazo	≤ 85% UR
Altitude de instalação	≤ 2000 m (para altitudes superiores, é necessária avaliação especializada)
Distância da linha costeira	≥ 500 m (para projetos próximos ao mar, é necessária confirmação por escrito da ZKFN Solar)

1.6 Aviso de Riscos

Este manual é um documento de referência para a fase de projeto. O esquema final deve ser revisado por profissionais de estruturas e elétrica e aprovado pelas autoridades de revisão competentes. A avaliação inadequada da estrutura do telhado, das condições ambientais e da compatibilidade elétrica pode resultar em falha do módulo, degradação da geração de energia, perda de garantia ou acidentes de segurança estrutural.

Capítulo 2: Terminologia

1. Série SolarVela: Módulo FV Flexível Leve de Silício Cristalino Resistente a Micro-trincas (Módulo FV Flexível Leve sem Moldura), caracterizado por ser fino, leve e flexível, com raio mínimo de curvatura de 0,3 m. Adequado para telhados de baixa capacidade de carga e telhados de formato irregular. Instalado por colagem direta com Adesivo Estrutural. Inclui SolarVela, SolarVela Pro, SolarVela Max.
2. Série SolarNoah: Módulo FV Flexível Leve com Moldura Traseira (Módulo FV Flexível Leve com Moldura): Módulo FV flexível leve equipado com uma moldura traseira de material compósito de 20 mm. Instalado com grampos Quick-Clamp, permitindo remoção não destrutiva. Inclui SolarNoah, SolarNoah Pro, SolarNoah Max.
3. Série SolarPega: Módulo FV Rígido Leve Transitável de Vidro Fino de Silício Cristalino (Light-Rigid, Walkable PV Module): Utiliza encapsulamento em vidro temperado ultrafino de 1,1 mm ou 1,6 mm, combinado com a tecnologia exclusiva TSR-Armor™ da ZKFN Solar para prevenção de micro-trincas, apresentando características de resistência a trânsito, prevenção de acúmulo de poeira e prevenção de micro-fissuras. Inclui quatro modelos: SolarPega / SolarPegaL / SolarPegaF / SolarPegaFL.

4. Arranjo Fotovoltaico / Unidade Geradora / Horas de Pico de Irradiação Solar / Capacidade Instalada: Conforme GB/T 12936 e GB 50797-2012.
5. Adesivo Estrutural (Structural Adhesive): O modelo preferencial para produtos ZKFN Solar é o adesivo estrutural específico para FV Guangzhou Baiyun SMG533, com garantia de 25 anos, sendo o material de colagem principal para o método de instalação por adesão direta.
6. BIPV / BAPV: Integração Fotovoltaica em Edificações / Fotovoltaico Aplicado a Edificações.
7. Adesão Direta (Direct Structural Adhesive Bonding): Método de instalação que não utiliza fixação mecânica, fixando o módulo (ou tubo quadrado TPO ou UPVC) à base do telhado apenas através de adesivo estrutural.
8. Suporte Nivelador em Tubo Quadrado TPO / UPVC: Um elemento de suporte auxiliar para nivelamento, utilizado em telhados de aço colorido do tipo ângulo de corrida ou borda vertical travada que carecem de superfícies de adesão contínuas, ajudando os módulos flexíveis a formar uma base de adesão estável.
9. Telhado Plano / Telhado Inclinado / Telhado de Forma Irregular:
 - (1) Telhado Plano: Inclinação do telhado próxima a 0°;
 - (2) Telhado Inclinado: Inclinação do telhado $\geq 5^\circ$;
 - (3) Telhado de Forma Irregular: Telhado curvo, circular ou outro que não seja plano nem inclinado.
10. Efeito Hot Spot (Hot Spot Effect): Devido a sombreamento local, acúmulo de poeira ou desequilíbrio entre células, algumas células fotovoltaicas ficam polarizadas reversamente e aquecem, podendo causar danos permanentes ao módulo em casos graves.
11. MPPT: Rastreamento do Ponto de Máxima Potência.
12. Relação DC/AC (DC/AC Ratio): Relação entre a potência total CC dos módulos e a potência nominal CA do inversor.
13. Força de Arrancamento (Pull-out Force): Capacidade do sistema de fixação de resistir a forças externas perpendiculares ao telhado, sendo um indicador chave de aceitação para soluções de adesão estrutural.
14. Tecnologia TSR-Armor™: Tecnologia de encapsulamento exclusiva da ZKFN Solar para prevenção de micro-trincas, que permite que módulos flexíveis leves passem no teste de impacto de granizo de $\varnothing 25$ mm a 23 m/s sem micro-trincas e com degradação zero de potência; e que módulos rígidos leves não apresentem micro-trincas nem degradação de potência após trânsito.
15. Outros termos: conforme GB/T 12936-2007 "Terminologia para Aproveitamento Térmico Solar", o direito de interpretação final pertence à ZKFN Solar.

Capítulo 3 Normas de Referência e Documentos de Consulta

3.1 Normas Nacionais e do Setor

- GB 50009-2012 "Norma para Cargas em Estruturas de Edificações"

- GB 50797-2012 (Edição 2024) "Norma de Projeto para Usinas Fotovoltaicas"
- GB 55037-2022 "Norma de Prevenção contra Incêndios em Projetos de Edificações"
- GB 50205-2020 "Norma de Aceitação de Qualidade para Execução de Estruturas de Aço"
- GB 50033-2013 "Norma de Projeto para Iluminação Natural de Edificações"
- NB/T 10394-2020 "Norma de Eficiência para Sistemas Fotovoltaicos"
- GB/T 38946-2020 "Regulamento de Operação e Manutenção para Usinas Fotovoltaicas"
- IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, IEC 62109

3.2 Documentos Técnicos da Empresa

- Manual de Instruções de Instalação das Séries SolarVela / SolarNoah / SolarPega (versão mais recente)
- Especificações Técnicas (TDS) das Séries SolarVela / SolarNoah / SolarPega
- Certificado de Garantia Limitada das Séries SolarVela/Noah (12 anos de produto + 25 anos de potência)
- Garantia Limitada da Série SolarPega (15 anos de produto + 30 anos de potência)

3.3 ⚠️ Duas Restrições Obrigatórias Prévias

① Restrição de Modelos de Módulos para Projetos no Exterior

- ◆ Aplicável para mercados internacionais (todas as regiões fora da China): SolarVela Max, SolarNoah Max (caixa de junção de seis divisões)
- ◆ Venda/uso restrito exclusivamente ao território chinês: SolarVela, SolarVela Pro, SolarNoah, SolarNoah Pro (caixa de junção de três divisões). O uso no exterior anula automaticamente a garantia.
- ◆ Toda a série SolarPega segue os mercados aplicáveis conforme estipulado no contrato.

② Proibição de Sombreamento Fixo de Longo Prazo para Toda a Série: É proibida a instalação de módulos em áreas sujeitas a sombreamento fixo de longo prazo (edificações, estruturas, árvores, equipamentos de telhado, etc.). Danos por pontos quentes causados por sombreamento fixo externo de longo prazo não estão cobertos pela garantia.

Capítulo 4 Visão Geral da Seleção e Introdução do Produto

4.1 Visão Geral da Série de Produtos

Série	Modelo típico	Potência (W) (w)	Peso (kg) (kg)	Peso (kg/m ²) (kg/m ²)	Cenário recomendado	Método de Instalação	Garantia (Produto/Potência) (产品/功率)
-------	---------------	---------------------	-------------------	---	---------------------	----------------------	--

SolarVela	ZKFN B1 000A-510~520	510-520	7.6	2.9	Telhados com capacidade de carga insuficiente, telhados de formato irregular, telhados inclinados, dentro do território da China	Colagem direta com Adesivo Estrutural	12 anos / 25 anos
SolarVela Pro	ZKFN B1 010A-550~560	550-560	7.6	2.9	Projetos de alta eficiência com módulos flexíveis, telhados irregulares, telhados inclinados, dentro da China	Adesivo Estrutural aplicado diretamente por colagem	12 anos / 25 anos
SolarVela Max	ZKFN B1 010A-550~560	550-560	7,6	2,9	Telhado plano com instalação a 0°, projetos no exterior, áreas de alta poluição, áreas de alta acumulação de poeira	Adesivo Estrutural aplicado diretamente por colagem	12 anos / 25 anos
SolarNoah	ZKFN B1 000A-510~520	510-520	10,2	3.8	Telhados que exigem manutenção futura / telhados desmontáveis, dentro do território chinês	Grampo Quick-Clamp	12 anos / 25 anos
SolarNoah Pro	ZKFN B1 012B-550~560	550-560	10.2	3.8	Projeto desmontável de alta eficiência, dentro do território chinês	Grampo Quick-Clamp	12 anos / 25 anos
SolarNoah Max	ZKFN B1 012B-550~560	550-560	10.2	3.8	Cobertura plana 0°, projetos no exterior, áreas de alta poluição, áreas de alto acúmulo de poeira	Grampo Quick-Clamp	12 anos / 25 anos
SolarPegaL	ZKFN-G2-120B 500~510	500-510	10.0	4.5	Cobertura plana com carga leve, cobertura com carga média	Colagem direta com adesivo estrutural / tubo quadrado de TPO ou UPVC	15 anos / 30 anos
SolarPega	ZKFN-G2-220B 510~520	510-520	13.0	5.9	Projeto Transitável com Módulo FV Rígido Leve	Adesivo Estrutural para colagem direta / Tubo quadrado de TPO ou UPVC	15 anos / 30 anos
SolarPegaFL	ZKFN-G2-122B 500~510	500-510	13.0	5.9	Projeto de Baixa Carga com Fixação por Grampos	Grampo + Bloco de Pressão / Trilho	15 anos / 30 anos
SolarPegaF	ZKFN-G2-222B 510~520	510-520	16,2	7,3	Módulo FV Rígido Leve transitável + fixação por grampos	Grampos + blocos de pressão / trilhos	15 anos / 30 anos

4.2 Fluxograma de Decisão para Seleção em Todos os Cenários

Etapa 1: O telhado possui sombreamento fixo de longo prazo?

- └ Sim → Instalação proibida, realocar o local
- └ Não → Prosseguir para a Etapa 2

Etapa 2: Avaliação da Carga Residual Disponível no Telhado (Sistemas FV com módulos de vidro convencionais $\geq 20 \text{ kg/m}^2$ são completamente inviáveis)

- └ $< 8 \text{ kg/m}^2$ (Vidro convencional: **X** Inviável) → Apenas compatível: Série SolarVela ($2,9 \text{ kg/m}^2$), único módulo flexível instalável
- └ $8-15 \text{ kg/m}^2$ (Vidro convencional: **X** Proibido/Alto risco) → Prioridade: SolarNoah/SolarPegaL ($3,8-4,5 \text{ kg/m}^2$) Solução flexível ideal para telhados de baixa carga

└ 15-25 kg/m² (Vidro convencional: ✗ Não recomendado/Margem insuficiente) →
Opcional: SolarPega/PegaF (5,9-7,3 kg/m²) Limite superior para módulos rígidos leves

Etapa 3: Inclinação do telhado?

└ ≥5° Telhado inclinado → Compatível: Vela/Vela Pro/Noah/Noah Pro (flexível ou rígido leve)

└ <5° Telhado plano → Obrigatório: Série Max/Série Pega Solução flexível específica para telhados planos

Etapa 4: Projeto internacional?

└ Sim → Restrito: Série Max/Série Pega Módulos flexíveis em conformidade internacional

└ Não → Manter seleção atual

Etapa 5: Necessidade de manutenção com remoção?

└ Sim → Prioridade: SolarNoah/SolarPegaF/SolarPegaFL Módulos flexíveis removíveis

└ Não → Manter seleção atual

Etapa 6: Compatibilidade do método de instalação com a base do telhado

└ Telha metálica tipo T/ondulada → Colagem direta Processo específico para flexíveis

└ Telha trapezoidal/standing seam → Nivelamento com TPO/UPVC Sistema de suporte exclusivo para flexíveis

└ Concreto/manta asfáltica → Base de adesivo estrutural Fixação específica para telhados de baixa carga

Capítulo 5 – Princípios de Projeto

5.1 Prioridade à Segurança

- Os módulos, conectores, suportes e ancoragens devem atender aos requisitos de segurança estrutural e elétrica durante todo o ciclo de vida de 25/30 anos.
- Todas as soluções devem ser verificadas por meio de três análises de carregamento: vento, neve e sismo.
- Coeficiente de segurança para resistência ao arrancamento da ancoragem ≥ 2,5.

5.2 Compatibilidade Estrutural

- Solução com adesivo estrutural: a base deve atender aos requisitos mínimos de área de adesão e resistência ao arrancamento;
- Solução com grampos: as dimensões do grampo devem ser compatíveis com o perfil da telha, comprimento do grampo ≥ 54 mm, resistência ao arrancamento após fixação > 100 kg;
- Solução com base: resistência ao arrancamento por ponto após colagem da base com adesivo estrutural ≥ 40 kg.

5.3 Adaptabilidade Ambiental

- Ambiente com névoa salina (distância de até 500 m da costa) requer confirmação por escrito da ZKFN Solar;
- Áreas com gases corrosivos, chuva ácida, alta concentração de poeira ou fumaça industrial devem ser evitadas ou proibidas;
- Em regiões de alta altitude e frio intenso, deve-se considerar a temperatura mínima de cura do adesivo estrutural ($\geq 0^{\circ}\text{C}$) e o carregamento de neve.

5.4 Facilidade de Manutenção

- Passagem de inspeção entre fileiras de módulos: 400 mm (mínimo);
- Reserve espaço para desmontagem dos módulos. Caso haja necessidade de desmontagem, priorize o uso das séries SolarNoah e SolarPegaF, que permitem desmontagem não destrutiva.

Capítulo 6 – Base para Cálculo de Cargas

6.1 Tabela de Consulta Rápida de Carga Própria dos Módulos

Modelo do módulo	Peso (kg/m^2)	Carga própria (kN/m^2)
SolarVela / SolarVela Pro / SolarVela Max	2,9	0,0274
SolarNoah / SolarNoah Pro / SolarNoah Max	3,8	0,0372
SolarPegaL	4,5	0,0441
SolarPega	5,9	0,0549
SolarPegaFL	5,9	0,0574
SolarPegaF	7,3	0,0716

6.2 Cálculo de Carga de Vento (GB 50009)

$$W = \mu_s \cdot \omega \cdot \beta_z$$

- W: Carga de vento de projeto (kN/m^2)
- μ_s : Coeficiente de forma da carga de vento (relacionado à forma do telhado; para telhado plano, adotar $-1,3$; para zona de canto com platibanda, adotar $-2,0$)
- ω : Pressão básica do vento (recorrência de 50 anos)
- β_z : Coeficiente de altura

Consultar a norma nacional específica para referência.

Valores de projeto de carga estática dos módulos (capacidade medida conforme TDS de

cada série):

- SolarVela/Pro/Max, SolarNoah/Pro/Max: Face frontal 5400 Pa, Face traseira 2400 Pa
- SolarPega / PegaF: Face frontal 3600 Pa, Face traseira 2400 Pa
- SolarPegaL / PegaFL: Face frontal 2400 Pa, Face traseira 2400 Pa
- Todas as séries: Resistência ao vento de categoria 17, aprovadas no teste de granizo com $\varnothing 25$ mm / 23 m/s

6.3 Cálculo de Carga de Neve (GB 50009)

$$S = \mu_s \cdot S_0$$

6.4 Ação Sísmica (GB 50011)

Regiões com Intensidade Sísmica de Projeto ≥ 7 graus:

$$FE_k = \alpha_{max} \cdot Geq$$

Intensidade Sísmica de Projeto	Grau 6	7°	8°
$\alpha_{m\acute{a}x}$	0,04	0,08 (0,10)	0,16 (0,20)

Valor máximo do coeficiente de influência sísmica horizontal α_{max} :

6.5 Combinação de Cargas

- Carga Permanente + 1,4 × Carga de Vento (Sucção)
- Carga Permanente + 1,4 × Carga de Neve
- Carga Permanente + 1,4 × 0,7 × Carga de Vento + 1,4 × 0,7 × Carga de Neve
- Carga Permanente + 1,3 × Ação Sísmica

Valores de Controle:

- Carga total do módulo FV e sistema de suporte \leq Capacidade de carga admissível da cobertura $\times 0,8$
- Força de arrancamento da ancoragem pontual \geq Carga de projeto \times Fator de segurança $\geq 2,5$

Capítulo 7 – Projeto de Layout dos Módulos

7.1 Princípios de Layout

Econômico, confiável, racional e esteticamente agradável — garantindo a conformidade com as especificações de uso do produto e a maximização da geração de energia, ao mesmo tempo que assegura a viabilidade construtiva e a conveniência de operação e manutenção.

7.2 Parâmetros Típicos de Layout por Série

Série	Orientação do Módulo	Espaçamento entre Módulos	Espaçamento entre Fileiras (Passagem de Manutenção)	Direção da Conexão em Série
SolarVela / Pro / Max	Horizontal (borda longa perpendicular à ondulação)	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Conexão em série lateral (esquerda-direita)
SolarNoah / Pro / Max	Orientação horizontal	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Conexão em série lateral (esquerda-direita)
SolarPega / L	Orientação horizontal ou vertical (ambas possíveis)	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Conexão em série lateral (esquerda-direita)
Solução com perfis quadrados de TPO ou UPVC (telhas trapezoidais / telhas de costura vertical)	Orientação horizontal	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Conexão em série lateral (esquerda-direita)
SolarPegaF / FL	Orientação horizontal ou vertical, ambas possíveis	≥ 20 mm	≥ 400 mm	Conexão em série lateral (esquerda-direita)

Proibição estrita (para todas as séries):

- Instalação de um único módulo sobre tubulações prediais (drenos, calhas);
- Presença de juntas de emenda sob um único módulo (incluindo juntas de telhas de aço zincado e juntas de suportes);
- Instalação de um único módulo sobre juntas de dilatação da edificação;
- Instalação de módulos sobre áreas de claraboia em telhados de aço zincado;
- Instalação de módulos em áreas de saídas de esgoto, exaustão de fumaça/gás, ou locais propensos ao acúmulo de poeira/vapores químicos.

7.3 Projeto de Sombreamento

7.3.1 Proibições de Projeto

- **Sombreamento fixo permanente: Proibido (todas as séries);**
- **Sombreamento temporário/não fixo: Estritamente evitado (poluição severa, acúmulo excessivo de poeira, obstrução temporária).**
- **Observação de isenção de projeto: As séries Max (Vela Max / Noah Max) utilizam caixas de junção de seis divisões, oferecendo maior tolerância a sombreamento temporário/não fixo, mas ainda não devem ser instaladas sob sombreamento permanente.**

7.3.2 Distância de Segurança contra Sombreamento

Tipo de obstrução	Distância mínima de segurança
Parapeito, equipamentos na cobertura	≥ 2,5 H (H = altura da obstrução)

Claraboia, painel de iluminação natural	$\geq 2 H$
Edificação adjacente	Sem sombreamento das 9:00 às 15:00 no solstício de inverno

7.3.3 Fórmula de espaçamento entre fileiras no eixo Norte-Sul (GB 50797-2012)

$$D=H/\tan\theta_{\min}$$

- D: Espaçamento entre fileiras (m)
- H: Diferença de altura entre o ponto mais alto da fileira frontal e a base da fileira traseira (m)
- θ_{\min} : Ângulo de elevação solar ao meio-dia no solstício de inverno local

7.3.4 Período crítico de geração e avaliação

- Período crítico de geração: sem obstrução da luz direta entre 9:00 e 15:00 no solstício de inverno;
- Taxa anual de perda de irradiação efetiva: $\leq 3\%$;
- Ferramentas de avaliação: PVSyst, Helioscope, SketchUp + levantamento aéreo com drone.

7.3.5 Requisitos especiais para telhados irregulares / telhados curvos

- Evitar instalação em áreas com variação abrupta de curvatura;
- Exigência obrigatória de agrupamento MPPT para telhados curvos: a diferença de inclinação dos módulos dentro do mesmo circuito MPPT deve ser controlada dentro de $\pm 5^\circ$, caso contrário, devem ser divididos em zonas de controle de string independentes;
- Raio mínimo de curvatura para módulos curvos (série Vela Flexível) $\geq 0,3$ m.

7.4 Projeto de segurança do arranjo elétrico

7.4.1 Caixa de junção e cabos

- Grau de proteção da caixa de junção: IP68 (padrão para toda a série)
- Especificação do cabo CC: $\geq 1 \times 4,0 \text{ mm}^2$, isolamento duplo
- Faixa de temperatura: $-40^\circ\text{C} \sim +90^\circ\text{C}$
- Instalação dos cabos: proteção por bandeja/eletroduto, proibido contato direto com telhado metálico
- Requisito de queda de tensão: lado CC $\leq 2\%$, lado CA $\leq 1\%$
- Raio mínimo de curvatura: $R = 10 \times$ diâmetro externo do cabo

7.4.2 Proteção contra sobrecorrente

- Cada string deve ser equipada com fusível CC ou disjuntor
- Corrente nominal máxima do fusível: 25 A (uniforme para toda a série)

- Corrente nominal do fusível: $I_r = 1,25 \times I_{sc}$
- A caixa de combinação deve ser equipada com DPS (Classe II) e chave seccionadora

Capítulo 8 – Projeto de instalação dos módulos

8.1 Avaliação da adequação do substrato (telhado)

8.1.1 Telhado de telha metálica

Projeto	Condições de Qualificação	Condições de Proibição
Distância entre Cristas de Ondulação	≤ 350 mm	Acima de 350 mm (proibida a colagem direta)
Revestimento Superficial	Íntegro, área de corrosão $\leq 5\%$	Descamação extensa da pintura, metal exposto
Integridade das Cristas de Ondulação	Sem perfurações, sem saliências de rebites	Presença de rebites, perfurações ou outras interferências de fixação nas cristas
Condições de Contaminação	Sem óleo, musgo ou poeira	Óleo, musgo ou contaminação química não removidos
Estrutura (camada única)	Abaixo não há oficina de alta temperatura	Abaixo da telha simples há uma oficina de alta temperatura



Tratamento de ferrugem no telhado: deve-se realizar a renovação com tinta especial para telhas metálicas sob orientação de profissional especializado (ciclo de 3 a 5 anos), e após a renovação, deve-se reavaliar a força de arrancamento.

8.1.2 Telhado de Concreto

Item	Condição de Aceitação
Classe de Resistência do Concreto	$\geq C25$
Planicidade da Superfície	≤ 3 mm / 2 m
Camada Impermeabilizante	Íntegra, sem fissuras, sem bolhas
Camada de Proteção de Argamassa Fina de Pedra	Deve ser lixada ou coberta com látex impermeável, aprovada no teste de arrancamento



Tratamento de telhado de concreto com argamassa fina: Presença de muitos grânulos

e superfície exposta, afetando a aderência do adesivo estrutural. Método de tratamento: Lixar a camada de proteção com esmerilhadeira angular → Aplicar látex impermeável especial → Teste de resistência ao arrancamento (ponto único ≥ 40 kg, pontos de amostragem $> 1\%$ do número de bases).

8.1.3 Telhado com Membrana Impermeabilizante

Item	Condição de Aceitação
Superfície do Rolo Impermeabilizante	Sem detritos, sem saliências
Estado da manta impermeabilizante	Sem envelhecimento, sem delaminação
Adesão da base	Adesão firme à base, sem bolhas
Estrutura da base	Concreto armado / Laje pré-moldada tipo duplo T / Painel composto de aço leve



⚠ Tratamento de bolhas: É proibida a instalação direta em áreas com bolhas. A área deve ser tratada ou renovada pelo fabricante da membrana → Teste de resistência ao arrancamento (ponto único ≥ 40 kg, pontos de amostragem $> 1\%$ do número de bases) deve ser aprovado antes da instalação.

8.2 Requisitos Obrigatórios para o Ângulo de Inclinação de Instalação dos Módulos

Série	Inclinação mínima	Inclinação máxima	Observações
SolarVela / SolarVela Pro	$\geq 5^\circ$	90°	⚠ Proibida a instalação horizontal a 0°
SolarVela Max	Ilimitado (0° – 90°)	90°	Único modelo flexível que permite instalação horizontal em telhados planos
SolarNoah / SolarNoah Pro	$\geq 5^\circ$	90°	Proibida instalação a 0° ou horizontal
SolarNoah Max	Ilimitado (0° – 90°)	90°	Solução preferencial para telhados planos com moldura e desmontável
SolarPega / PegaL / PegaF / PegaFL	Recomendado $\geq 5^\circ$	90°	Se a instalação for a 0° , será necessário aumentar a frequência de limpeza.

Base de projeto para inclinação $\geq 5^\circ$: Garantir a autolimpeza pela água da chuva, evitar acúmulo de poeira e água na borda inferior, e mitigar o risco de pontos quentes de longo prazo decorrentes desses acúmulos.

8.3 Processo de Aplicação do Adesivo Estrutural

8.3.1 Especificação do Produto

- Modelo: Guangzhou Baiyun SMG533 – Adesivo Estrutural Especial para Módulos FV
- Especificação: 590 mL/cartucho
- Cor: Branco
- Garantia: 25 anos

8.3.2 Parâmetros de Desempenho

Parâmetro	Valor
Resistência à tração (após cura)	$\geq 1,5$ MPa
Alongamento na ruptura	$\geq 250\%$
Temperatura ambiente mínima para aplicação do adesivo	$\geq 0^\circ\text{C}$
Temperatura recomendada para aplicação	$4,4^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$
Tempo de cura	24 h @ 25°C (quanto menor a temperatura, maior o tempo)

8.3.3 Requisitos do Processo de Aplicação do Adesivo

Requisito	Valor
Método de corte do bico de aplicação de adesivo	Corte em bisel
Seção transversal do cordão de adesivo	Cilíndrica
Largura do cordão de adesivo	Aproximadamente 10 mm
Altura do cordão de adesivo	Aproximadamente 8 mm
Velocidade de aplicação do adesivo	Aproximadamente 10 cm/s, velocidade constante
Continuidade do cordão de adesivo	Deve ser contínuo e uniforme, sendo estritamente proibida a aplicação pontual ou segmentada

Bolhas / Interrupções	Não são permitidas
-----------------------	--------------------

8.3.4 Marcos Temporais Críticos (Devem Ser Obrigatoriamente Respeitados)

- "Regra dos 5 Minutos de Ouro": A instalação do módulo deve ser concluída dentro de 5 minutos após a aplicação do adesivo.
- Após a instalação do módulo, não é permitido levantá-lo novamente para reajuste (é estritamente proibida a recolagem).
- Durante o período de cura (24 h @ 25°C), é estritamente proibido mover ou perturbar o módulo.

8.3.5 Requisitos climáticos para instalação

- É proibida a instalação em condições de chuva, neve ou ventos fortes (\geq nível 4).
- A base deve estar seca e limpa (limpar com o agente de limpeza especificado).
- Recomenda-se ambiente ensolarado, sem vento ou com vento leve.

8.4 Detalhamento dos esquemas de instalação por série

8.4.1 SolarVela / SolarVela Pro / SolarVela Max: Colagem direta com adesivo estrutural

【Cenários de aplicação】 Telhados de aço perfilado (tipo T, ondulado), telhados planos, telhados curvos, telhados de formato irregular, telhados com capacidade de carga insuficiente, projetos BIPV.

【Pré-condições para colagem direta】

- Distância entre os picos das ondas do telhado de aço perfilado \leq 350 mm;
- Os picos das ondas do telhado de aço perfilado não possuem rebites;
- O telhado de aço perfilado não apresenta corrosão geral, nem danos ou deformações localizadas;
- Quando o telhado for de aço perfilado de camada única, não deve haver equipamentos de aquecimento de alta temperatura abaixo dele.
- Inclinação: Vela/Vela Pro \geq 5°, Vela Max sem restrições.

【Parâmetros Críticos de Projeto】

Parâmetros	Valores
Área mínima de adesão por módulo individual	\geq 800 cm ²
Valor típico de resistência à tração correspondente ao projeto	\approx 17,4 kN (1771 kg)
Requisito de resistência ao arrancamento para tubo quadrado TPO ou UPVC em ponto único	> 40 kg (teste após cura)


Limitação de balanço do módulo	Balanço em ambos os lados < 5 cm; balanço ≥ 5 cm deve ser nivelado com tubo quadrado
Espaçamento entre fileiras	≥ 400 mm
Espaçamento entre módulos	≥ 20 mm

8.4.2 SolarVela Pro/Max em Telhados Inclinados (inclinação > 5°, para inclinação < 5° utilize a série Max): Solução de adesão com tubos retangulares TPO ou UPVC

【Cenários de Aplicação】 Todos os módulos flexíveis em telhados inclinados, telhados com membranas impermeabilizantes, telhas de aço perfiladas tipo "角驰" e telhas de aço com junta vertical travada.

【Especificações dos Tubos Retangulares TPO ou UPVC】

Parâmetros	Requisito
Material	TPO ou UPVC, resistente a UV e intempéries
Altura H_1	= (Altura real medida da crista da telha metálica $H - 6$ mm) ± 2 mm
Largura B (compartilhada por dois módulos)	≥ 40 mm e $\geq \frac{1}{2} H_1$
Largura B (suporte de módulo único)	≥ 30 mm e $\geq \frac{1}{2} H_1$
Número de tubos por módulo	≥ 6 faixas, distribuídas uniformemente ao longo do comprimento do módulo
Posição da junta	Deve ser posicionada entre os módulos, sendo estritamente proibido que um único módulo ultrapasse a junta

8.4.3  Atenção Especial: É estritamente proibida a colagem direta em telhas de aço perfiladas tipo "Angle-Batten" ou com junta vertical travada!

Motivo: As telhas tipo "Angle-Batten" apresentam desvios na altura das ondas e largura de adesão efetiva insuficiente; as telhas com junta vertical travada possuem estrutura de encaixe vertical, sem uma superfície contínua e ampla para adesão na telha. Ambas não atendem aos requisitos de resistência ao vento e tensão térmica. A colagem direta apresenta riscos significativos de segurança, como descolamento e levantamento pelo vento.

Solução Recomendada:

- Priorizar a utilização da série SolarNoah + grampos Quick-Clamp;

- Caso o telhado não tenha previsão de reforma ou reparo nos próximos 25 anos, pode-se adotar a solução com SolarVela/Pro (inclinação $\geq 5^\circ$) ou SolarVela Max (qualquer inclinação) + tubos retangulares TPO ou UPVC como suporte de nivelamento.

8.4.4 SolarNoah / SolarNoah Pro / SolarNoah Max: Solução com grampos Quick-Clamp

【Telhado de Telha de Aço】 Grampos + blocos de fixação específicos

Tipo de telha	Grampo adaptável	Direção do lado longo
Tipo T	Grampo Especializado Tipo T	Ondulação Vertical
Tipo Ângulo Corrido	Grampo Especializado para Ângulo Corrido	Ondulação Vertical
Tipo Fecho Vertical	Grampo Especializado para Fecho Vertical	Ondulação Vertical
Tipo Ondulado	Grampo Especializado Tipo Ondulado	Ondulação Vertical

【Requisitos Técnicos dos Grampos】

- Material de liga de alumínio, obrigatoriamente conforme norma nacional, espessura da camada de anodização $\geq 15 \mu\text{m}$;
- Parafusos de conexão: aço inoxidável 304-2;
- Comprimento do grampo $\geq 54 \text{ mm}$;
- Força de arrancamento após fixação $> 100 \text{ kg}$;
- Torque do parafuso: 15-20 N·m (parafuso classe 8.8, GB 50205-2020);
- Pressão máxima recomendada: 20 MPa.

【BOM de acessórios para cada 2 módulos (valor típico)】

Nº de Ordem	Denominação	Especificação	Quantidade
1	Módulo SolarNoah	CONJUNTO	2
2	Grampo de Borda	Grampo Universal 04	6
3	Grampo Central	Grampo Universal 01	3

【Solução para telhado plano】 Base + Adesivo Estrutural + Bloco de pressão

- Utilizar bases de altura alta e baixa para formar um ângulo de inclinação $\geq 5^\circ$;
- Força de arrancamento de ponto único após colagem da base com adesivo

estrutural ≥ 40 kg;

- BOM de acessórios para cada 2 módulos: Conjunto de base de pressão lateral $\times 6$, Conjunto de base de trava central $\times 3$, Adesivo Estrutural SMG533 $\times 1$ tubo.

8.4.5 SolarPega / SolarPegaL: Módulo FV Rígido Leve sem moldura

【Instalação em telhado plano com membrana impermeabilizante】

- Limpeza da base \rightarrow Colagem do tubo quadrado \rightarrow Aplicação de adesivo na face frontal do tubo quadrado;
- Seção transversal cilíndrica da fita adesiva (10 mm \times 8 mm), velocidade constante de 10 cm/s;
- Área de colagem de um único módulo ≥ 800 cm² (correspondente a uma força de tração $\approx 17,4$ kN);
- Após a instalação, utilizar rolo de pressão macio para compactar. É estritamente proibido pressionar as células solares com as mãos.

【Tabela de Adequação para Instalação em Telhado de Aço Perfilado】

Tipo Telha	Método de Colagem	Direção do lado maior do módulo
Perfil T	Colagem direta + tubo quadrado TPO ou UPVC	Ondulação vertical
Perfil ondulado	Colagem direta	Ondulação vertical
Perfil tipo "Jiao Chi"	Colagem com tubo quadrado TPO ou UPVC	Ondulação vertical
Perfil de borda vertical travada	Colagem com tubo quadrado TPO ou UPVC	Ondulação vertical

【Disposição de Perfil Quadrado em TPO ou UPVC】

- Espaçamento entre perfis quadrados: < 350 mm (posicionados centralmente entre as cristas das ondas);
- Os perfis quadrados são colados entre as cristas das ondas e no centro dos vales.

8.4.6 SolarPegaF / SolarPegaFL: Módulo FV Rígido Leve com Moldura (Solução com Grampos)

Método	Quantidade de grampos (por módulo)	Posição dos Grampos de Fixação
① Seis grampos de fixação ao longo do lado maior do trilho-guia	6	Distribuídos uniformemente ao longo do lado maior

② Seis grampos de fixação perpendiculares ao lado maior do trilho-guia	6	Distribuídos uniformemente perpendicularmente ao lado maior
--	---	---

【Solução de Instalação com Trilhos/Grampos】

【Requisitos Técnicos para Blocos de Fixação】

- Largura $a \geq 40$ mm, diâmetro do furo $\varnothing 8,5$ mm, espessura ≥ 3 mm;
- Sobreposição com a moldura do módulo: 8–11 mm;
- Os orifícios de drenagem não devem ser obstruídos pelos grampos;
- Os blocos de fixação não devem pressionar diretamente o vidro;
- Torque do parafuso: 15-20 N·m (grau 8.8);
- Sequência de instalação: arruela lisa → arruela de pressão → porca.

【Instalação de Módulo FV Rígido Leve com Estrutura Traseira em Telhado Plano】

- Suporte especializado + fixação ao telhado com Adesivo Estrutural / chumbadores químicos.
- Ancoragem com parafusos químicos em telhados de concreto: a parte exposta do parafuso deve ser ≥ 55 mm, e o teste de tração só pode ser realizado após 24 h de cura.
- Força de tração de um único parafuso químico ≥ 20 –25 kN.
- Telhados com membrana impermeabilizante: fixação com parafusos + remendo de membrana impermeabilizante (largura de sobreposição ≥ 100 mm, aplicação quadrada, soldagem do mesmo material).

8.5 Requisitos de projeto para módulos transitáveis (Série Pega)



As séries SolarPega / PegaF são nominalmente classificadas como "transitáveis", mas as seguintes limitações devem ser claramente definidas no projeto durante a fase de planejamento:

Condições prévias de instalação:

- SolarPega / SolarPegaL devem utilizar 8 tubos quadrados de UPVC dispostos uniformemente ao longo da direção do lado maior do módulo, com espaçamento igual. O comprimento de cada tubo quadrado deve corresponder à dimensão do lado menor do módulo, com as extremidades do tubo ultrapassando a largura do módulo em 5~8 mm, e a borda do lado menor cobrindo 1/2~2/3 da largura do tubo quadrado mais externo.
- SolarPegaF / SolarPegaFL devem ter 8 pontos de suporte e fixação uniformemente distribuídos, dispostos simetricamente ao longo dos dois lados maiores do módulo (4 pontos por lado). A distância do centro do grampo mais externo até a borda do lado menor deve ser de 8~10 cm, e a distância livre abaixo do módulo deve ser > 50

mm. A superfície de instalação deve ser plana e estável, com tolerância de planicidade $\leq \pm 2$ mm/m.

Item	Restrição
Peso do trabalhador	< 80 kg
Calçado	Calçado de proteção com sola de borracha ou sapato de segurança com sola macia
Calçado proibido	Sapatos de salto alto, sapatos de couro com sola dura, sapatos com cravos
Área Permitida	Área Central do Módulo
Área Proibida	Bordas Periféricas, Posições de Suporte dos Grampos, Juntas entre Módulos
Ação Permitida	Caminhar, Permanecer Parado
Ação Proibida	Saltar, Bater os Pés, Pisar com Força, Correr
Número de Pessoas por Módulo	Apenas 1 Pessoa Permitida
Restrições Climáticas	Proibido Pisar em Dias de Chuva, Neve ou Superfície Úmida

As séries SolarVela / SolarNoah são proibidas de serem transitáveis. A operação e manutenção devem ser realizadas através de passagens de inspeção e reparo pré-definidas.

8.6 Projeto para litoral e ambientes especiais

- Ambiente com névoa salina: a distância do módulo até a linha costeira deve ser ≥ 500 m; para instalação próxima ao mar (< 500 m), é necessária confirmação por escrito da ZKFN Solar.
- Grande altitude: ≤ 2000 m, acima disso requer avaliação especializada.
- Proteção contra descargas atmosféricas: em áreas com alta atividade de raios, é necessário instalar dispositivos independentes de proteção contra raios.
- Ambiente corrosivo: é proibida a instalação em áreas propensas ao acúmulo de sais, vapores químicos ativos ou chuva ácida.

Capítulo 9 Seleção do Inversor

9.1 Referência da Relação DC/AC (NB/T 10394-2020)

Irradiação Anual no Plano Horizontal	no	Regiões Típicas	Fator de Temperatura	Recomendação DC/AC	Descrição
--------------------------------------	----	-----------------	----------------------	--------------------	-----------

(kWh/m ² ·ano) (kWh/m ² ·年)				
< 1200 (Baixa Irradiância)	Harbin, Shenyang, Urumqi	Mais frio	1,15–1,25	Baixa irradiância; sobredimensionamento melhora a utilização do inversor
1200–1400 (Irradiância Média)	Jining, Jinan, Xangai, Chengdu	Temperado	1,10–1,15	Sem sobrecarga na maior parte do tempo
1400–1700 (Irradiância Mais Alta)	Xi'an, Hohhot, Lanzhou	Verão quente, inverno frio	1,05–1,10	Evitar limitação de potência no verão
> 1700 (região de alta irradiação)	Gonghe (Qinghai), Dunhuang (Gansu), Hami (Xinjiang)	Planalto quente	1,00–1,05	Sobredimensionamento excessivo pode causar perdas significativas por limitação de potência

9.2 Projeto de Correspondência de Tensão

- **Em alta temperatura: Garantir que V_{mp} (tensão de potência máxima do módulo) \geq limite inferior do MPPT**
- **Em baixa temperatura: Garantir que V_{oc} (tensão total de circuito aberto em série) \leq tensão máxima de entrada CC do inversor (1000 V ou 1500 V)**

9.2.1 Tabela de Coeficientes de Correção de Tensão de Circuito Aberto em Baixa Temperatura

Para projetos de telhados distribuídos, recomenda-se 1,05–1,10 (evitar sobrecarga no verão).

Temperatura ambiente mínima prevista (°C)	Fator de correção
24 ~ 20	1,02
19 ~ 15	1,04
14 ~ 10	1,06
9 ~ 5	1,08
4 ~ 0	1,10
-1 ~ -5	1,12
-6 ~ -10	1,14
-11 ~ -15	1,16

-16 ~ -20	1,18
-21 ~ -25	1,20
-26 ~ -30	1.21
-31 ~ -35	1.23
-36 ~ -40	1.25

9.2.2 Fórmula de Cálculo Precisa

(1)

$$N \leq \frac{V_{dc\ max}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$$

(2)

$$\frac{V_{mppt\ min}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K'_v]} \leq N \leq \frac{V_{mppt\ max}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K'_v]}$$

Símbolo	Significado	Fonte do Parâmetro
Kv	Coefficiente de temperatura da tensão de circuito aberto do módulo FV	Ficha técnica do módulo
Kv'	Coefficiente de temperatura da tensão de operação do módulo FV	Ficha técnica do módulo
Voc	Tensão de circuito aberto do módulo FV (V)	Ficha técnica do módulo
Vpm	Tensão de operação do módulo FV (V)	Ficha técnica do módulo
Vdcmax	Tensão máxima de entrada CC permitida pelo inversor (V)	Ficha técnica do inversor
Vmpptmax	Tensão máxima do MPPT do inversor em plena carga (V)	Ficha técnica do inversor
Vmpptmin	Tensão mínima do MPPT do inversor em plena carga (V)	Ficha técnica do inversor
t	Temperatura mínima extrema sob condições de operação do módulo FV (°C)	Clima local

t'	Temperatura máxima extrema sob condições de operação do módulo FV (°C)	Clima local
------	--	-------------

Nota:

- Em sistemas fotovoltaicos integrados a edificações, frequentemente não se utiliza o número máximo de módulos em série no projeto. É necessário combinar as duas fórmulas para obter a faixa de arredondamento do número de módulos em série e, em seguida, considerando fatores como disposição dos módulos, conexão CC e condições de construção, realizar uma comparação técnico-econômica para projetar racionalmente o número de módulos em série.
- Caso seja difícil obter Kv' , pode-se utilizar o valor Kv do módulo como substituto.
- t, t' : Caso o aumento de temperatura do módulo não possa ser obtido, pode-se utilizar a temperatura ambiente como substituta.
- Para garantir a geração de energia ideal, $V_{mpptmax}$ e $V_{mpptmin}$ devem adotar a faixa de tensão de carga total do MPPT do inversor.

9.2.4 Projeto de Corrente Máxima do String

Cálculo da especificação de corrente do condutor/fusível:

$$I_{fu} \geq 1.56 \times I_{sc}$$

Corrente nominal máxima do fusível de toda a série = 25 A.

9.3 Projeto de Canais MPPT

- Quando o telhado apresentar diferentes orientações, inclinações e sombreamentos, deve-se selecionar um inversor com múltiplos canais MPPT;
- Inversores string são prioritariamente utilizados em projetos distribuídos;
- A diferença de inclinação dos módulos no mesmo canal MPPT deve ser $\leq \pm 5^\circ$;
- Telhados curvos: dividir em zonas de controle MPPT independentes conforme faixa de $\pm 5^\circ$;
- Canais MPPT não devem ser compartilhados entre diferentes orientações.

9.4 Requisitos de Conexão à Rede

- O nível de tensão de saída deve ser compatível com o ponto de conexão à rede (380 V baixa tensão ou elevação para 10 kV média tensão);
- Deve possuir proteção contra sobretensão, subtensão, sobrefrequência, subfrequência e anti-ilhamento;
- Harmônicas, flutuações de tensão e fator de potência devem atender às normas de conexão à rede (fator de potência $\geq 0,9$ indutivo a 0,9 capacitivo).

9.5 Proteção e Adaptação Ambiental

- Grau de proteção: $\geq IP65$ (externo)
- Temperatura de operação: $-25^\circ C \sim +55^\circ C$

- Ambiente salino: conforme GB/T 10125
- Deve possuir funcionalidade de monitoramento remoto e registro de dados
- O inversor deve possuir função AFCI (Interruptor de Circuito de Falha de Arco).

9.6 Segurança e Proteção

- Lado CC: Proteção contra inversão de polaridade, sobretensão, DPS (Classe II), AFCI
- Lado CA: Proteção contra sobrecorrente, curto-circuito e surto
- Aterramento: Conforme sistema TN-S ou TT
- Em conformidade com a norma de segurança IEC 62109

9.7 Requisito Obrigatório de Consistência do Conector MC4

- O conector MC4 deve ser compatível com o módulo FV, utilizando conectores do mesmo fabricante, mesmo modelo e mesma especificação.
- É estritamente proibido misturar conectores de marcas ou séries diferentes, caso contrário, pode resultar em mau contato, aquecimento ou até risco de incêndio, e a garantia será automaticamente anulada.
- Modelos de conectores recomendados para módulos ZKFN Solar: PV-BN101C BONENG, RHC2 RENHE, EVO2 Stäubli.

Capítulo 10 Projeto de Operação e Manutenção

10.1 Projeto do Sistema de Lavagem com Água

10.1.1 Disposição das Tubulações

- Distribuídas uniformemente ao longo do arranjo no telhado, cobrindo toda a área;
- Tubulação principal DN25–DN50, tubulação secundária DN15–DN20;
- Material: Aço inoxidável ou PPR resistente a UV;
- Tubulação resistente a UV, baixas temperaturas e corrosão.

10.1.2 Fonte de Água e Pressão

- Fonte de água: Rede municipal ou água pluvial tratada;
- Pressão: 0,1–0,2 MPa (proibido impacto de alta pressão, pressão excessiva pode causar micro-trincas);
- Pressão muito baixa (< 0,1 MPa) resulta em limpeza ineficaz, pressão muito alta (> 0,2 MPa) pode causar micro-trincas nos módulos.

10.1.3 Dispositivo de Lavagem

- Bocal cobre toda a superfície do módulo, sem pontos cegos;
- Configurar válvulas elétricas ou manuais por zona;
- Ângulo de jato compatível com a inclinação do módulo.

10.1.4 Drenagem e Proteção contra Congelamento

- Águas residuais direcionadas para tubulação pluvial ou canaleta específica;
- Em regiões do norte, instalar camada isolante ou sistema de circulação de anticongelante (ou desligar e drenar sazonalmente).

10.1.5 Frequência de Limpeza Recomendada (GB/T 38946-2020)

Condições ambientais	Frequência recomendada	Observações
Áreas urbanas e suburbanas comuns	Recomenda-se 1 vez por mês	Pode ser reduzido no inverno
Regiões com alta incidência de poeira	Pelo menos 1 vez por mês	Limpeza imediata após tempestade de areia
Poluição industrial severa	1–2 vezes por mês	Monitoramento da poluição e degradação da geração de energia
Regiões costeiras com atmosfera salina	Pelo menos 1 vez por mês	Inspeção de corrosão simultânea
Regiões com alta pluviosidade	≥ 1 vez por trimestre	Limpeza auxiliada por água da chuva
Após eventos imprevistos	Limpeza imediata	Prevenção de pontos quentes

10.1.6 Observações sobre a Limpeza

- Realizar a limpeza no início da manhã ou no final da tarde (evitar choque térmico que cause micro-trincas nos módulos devido ao resfriamento repentino após alta temperatura);
- É proibido o uso de água com ácidos fortes, bases fortes ou alto teor de sal;
- Para os agentes de limpeza recomendados para diferentes tipos de base de telhado, consulte o Anexo 1 do Manual de Instruções de Instalação;
- Registrar a data, o método e o consumo de água da limpeza, e monitorar as variações na geração de energia.

10.2 Aterramento para Proteção contra Descargas Atmosféricas

Nenhum módulo da linha completa ZKFN Solar requer aterramento da moldura.

Motivo: Utiliza processo de colagem não condutiva ou moldura traseira composta, sendo a moldura não condutiva.

O projeto requer apenas:

1. Aterramento de elementos metálicos como suportes e bases conforme sistema TN-S / TT;
2. Aterramento do inversor e da caixa de junção conforme requisitos do fabricante do inversor e regulamentações locais;
3. Em áreas com alta incidência de raios, deve-se instalar dispositivo de proteção contra descargas atmosféricas independente (cinta para-raios / para-raios).

10.3 Requisitos de Projeto para Inspeção de Rotina

Na fase de projeto, deve-se prever:

- Passagem para manutenção (> 400 mm);
- Pontos de fixação para cinto de segurança e pontos de ancoragem para linha de vida (em áreas com trabalho em altura > 2 m);
- Sala de ferramentas de operação e manutenção ou sala de equipamentos (armazenamento centralizado de ferramentas de limpeza e inspeção elétrica);
- Sistema de monitoramento de geração de energia e alarme (precisão em nível de string, localização de falhas até a string do módulo).

10.4 Reserva de projeto para manutenção periódica do sistema elétrico

- Espaço de manutenção para caixas de junção e inversores ≥ 800 mm;
- Disjuntores CC e DPS devem ser instalados de forma independente para facilitar a substituição a quente;
- As caixas de junção dos módulos devem ser posicionadas voltadas para o corredor de manutenção, facilitando a inspeção por infravermelho e a substituição;
- Na fase de projeto, deve-se reservar pelo menos 0,5% da quantidade de módulos como peças de reposição (conforme estipulado no contrato).

Capítulo 11 Escopo da Garantia e Cláusulas de Isenção de Responsabilidade

11.1 Tabela de Referência Rápida de Prazos de Garantia

Série	Garantia do Produto	Garantia de Potência	Degradação de Potência (Primeiro Ano)	Degradação de Potência (2–25/30 anos)	Final do 25º/30º ano Potência
SolarVela (PERC)	12 anos	25 anos	$\leq 2\%$	$\leq 0,55\%$ / ano	$\geq 84,8\%$
SolarVela Pro/Max (TOPCON)	12 anos	25 anos	$\leq 1\%$	$\leq 0,4\%$ / ano	$\geq 89,4\%$
SolarNoah (PERC)	12 anos	25 anos	$\leq 2\%$	$\leq 0,55\%$ / ano	$\geq 84,8\%$
SolarNoah Pro/Max	12 anos	25 anos	$\leq 1\%$	$\leq 0,4\%$ / ano	$\geq 89,4\%$

(TOPCON)					
SolarPega / PegaL / PegaF / PegaFL (TOPCON)	15 anos	30 anos	≤ 1%	≤ 0,4% / ano	≥ 87,4%

11.2 Limitações do Mercado de Garantia

Tipo de Caixa de Junção	Modelo Típico	Mercado de Venda
Caixa de Junção de Seis Partes	SolarVela Max, SolarNoah Max	Venda Global, Garantia Global
Caixa de Junção de Três Partes	SolarVela, SolarVela Pro, SolarNoah, SolarNoah Pro	Apenas para o mercado doméstico chinês; vendas no exterior anulam a garantia
Série SolarPega	Conforme acordado em contrato	Conforme acordado em contrato

11.3 Situações Típicas de Perda de Garantia

As seguintes situações resultarão diretamente na perda total da garantia, devendo ser rigorosamente evitadas na fase de projeto:

- Sombreamento: áreas com sombreamento fixo e prolongado (edificações, estruturas, árvores, etc.);
- Violação de inclinação: instalação do SolarVela/Pro, SolarNoah/Pro com inclinação < 5° ou na horizontal;
- Uso incorreto do modelo: SolarVela/Vela Pro/Noah/Noah Pro utilizados em projetos no exterior;
- Violação do manual de instalação;
- Violação elétrica;
- Cenários não estáticos: vibração, solavancos, dobramento, fixação por presilhas, transporte frequente (período de garantia de apenas 3 anos);
- Forças naturais ou casos de força maior: raios, granizo, geada, neve, tempestades (acima da capacidade de projeto), incêndios, explosões, etc.;
- Modificações não autorizadas por escrito: qualquer tipo de alteração, perfuração ou desmontagem do módulo;
- Número de série danificado ou ilegível.

11.4 Obrigação de informação do escritório de projetos

O escritório de projetos deve indicar claramente os seguintes itens nos desenhos de projeto e nas especificações técnicas, além de comunicá-los ao proprietário:

- Modelo do módulo e restrições de mercado aplicáveis;
- Exigência de inclinação mínima do módulo;

- Proibição de sombreamento e requisitos de operação e manutenção;
- Modelo e parâmetros especificados do adesivo estrutural/grampo/bloco de fixação a ser utilizado;
- Restrições de transitabilidade (série Pega) e proibição de pisoteio (séries Vela/Noah);
- Limites de pressão e frequência para lavagem com água;
- Período de garantia e regras de transferência.

Capítulo 12 – Lista de Entregáveis de Projeto

Antes da finalização do plano, o instituto de projeto deverá concluir os seguintes entregáveis conforme os requisitos gerais deste documento:

12.1 Documentos Básicos

- Relatório de Revisão da Estrutura da Cobertura (capacidade de carga, tipo de substrato, nivelamento, condição de impermeabilização)
- Dados de Condições Meteorológicas do Local do Projeto (pressão básica do vento, carga de neve, temperatura mínima/máxima, irradiação anual)
- Dados de Classificação de Névoa Salina/Corrosão/Resistência Sísmica do Local do Projeto
- Relatório de Análise de Sombreamento (períodos críticos anuais, relatório PVsyst/Helioscope)

12.2 Documentos de Projeto

- Relatório de Seleção do Modelo do Módulo FV (incluindo verificação de mercado adequado)
- Layout da Cobertura (incluindo espaçamento entre fileiras, corredores de manutenção, direção da string, agrupamento MPPT)
- Memorial de Cálculo de Carga (combinação de vento, neve, sismo, força de arrancamento da ancoragem)
- Diagrama Elétrico de Projeto (cálculo de tensão da string, seleção de fusível, correspondência MPPT, queda de tensão do cabo)
- Lista BOM de Adesivo Estrutural/Grampos/Bases (uso obrigatório de produtos especificados)
- Diagrama do Sistema de Aterramento e Proteção contra Descargas Atmosféricas
- Diagrama do Sistema de Operação e Manutenção (tubulação de lavagem com água, frequência de limpeza, corredores de emergência)

12.3 Revisão do Projeto

- Assinatura de verificação da especialidade estrutural
- Assinatura de verificação da especialidade elétrica

- Confirmação do plano pela equipe técnica da ZKFN Solar (obrigatório para projetos no exterior, projetos offshore, telhados com geometria irregular e modelos especiais)
- Aprovação pela entidade de revisão do projeto

Capítulo 13 – Erros Comuns de Projeto e Como Evitá-los

Número de Série	Erros Comuns	Procedimentos Corretos	Seção de Referência
1	Selecionar o SolarVela Pro em telhados com inclinação < 5°	Deve-se selecionar o SolarVela Max	8.2
2	Colar diretamente módulos flexíveis sobre telhas metálicas trapezoidais do tipo "Jiaochi"	É obrigatório nivelar com calhas de TPO ou UPVC, ou substituir pelo sistema de fixação SolarNoah	8.4.3
3	Conectar módulos com diferença de inclinação > 5° no mesmo MPPT	Dividir em zonas de $\pm 5^\circ$ e alocar MPPTs independentes	9.3
4	Projetos internacionais devem utilizar o SolarVela Pro (caixa de junção de três divisões)	É obrigatório selecionar a série Max	11.2
5	Módulo individual atravessando juntas de telhado ou juntas de dilatação	Posicionar as juntas entre os módulos	7.2
6	Abaixo, há uma única camada de telha de aço colorido sobre uma oficina de alta temperatura	Proibido; deve-se utilizar um sistema de fixação por grampos ou substituir o módulo	8.1.1
7	Uso de adesivo estrutural de baixa qualidade	Utilizar o SMG533 especificado	8.3.1
8	Mistura de conectores MC4 de diferentes marcas	É obrigatório uniformizar o fabricante/modelo	9.7
9	Colagem direta em telhado de concreto com argamassa de pedrisco fino	Lixamento + látex impermeabilizante + teste de arrancamento	8.1.2
10	Pressão de lavagem com água > 0,2 MPa	Controlar entre 0,1–0,2 MPa	10.1.2
11	Correção de baixa temperatura da tensão de circuito aberto não	Utilizar a fórmula C_{voc} ou a tabela de coeficientes de correção	9.2

	considerada		
12	Inversor não equipado com AFCI	Exigência obrigatória de inversor com AFCI	9.5
13	Espaçamento entre fileiras de apenas 200 mm	≥ 400 mm	7.2
14	Módulo instalado próximo ao claraboia sem reservar distância de 2H	Distância do claraboia ≥ 2H	7.3.2
15	Realizar perfurações ou modificações no módulo FV no local da instalação	Proibido, caso contrário, a garantia será anulada	11.3

Capítulo 14 – Apêndices

Apêndice A: Parâmetros do Adesivo Estrutural Especificado (Guangzhou Baiyun SMG533)

Projeto	Parâmetro
Modelo	Adesivo Estrutural SMG533 para uso específico em módulos FV
Fabricante	Guangzhou Baiyun Technology Co., Ltd.
Especificação	590 mL / cartucho
Cor	Branco
Resistência à tração	≥ 1,5 MPa (após cura)
Alongamento na Ruptura	≥ 250%
Temperatura Mínima de Aplicação do Adesivo	≥ 0°C
Temperatura Recomendada para Instalação	4,4–35°C
Tempo de Cura	24 h @ 25°C
Período de Garantia	25 anos

Apêndice B: Tabela de Compatibilidade entre Tipos de Telha Metálica Perfilada e Métodos de Instalação

Tipo de Telha	Vela – Colagem Direta	Vela + Tubo Quadrado	Noah – Grampo de Fixação	Pega – Colagem Direta	Pega+ Tubo Quadrado	Grampo PegaF
Tipo T	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tipo Ondulado	✓	–	✓	✓	–	–
Tipo de Fixação por Grampo Angular	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Tipo de Fixação por Costura Vertical Travada	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Perfil Circular com Fecho Vertical	✗	✓	✓	✗	✓	✓

Apêndice C: Tabela de Consulta Rápida de Coeficientes de Temperatura (Dados TDS)

Série	α_{Voc} (%/°C)	β_{Pmpp} (%/°C)	δ_{Isc} (%/°C)	NOCT (°C)
SolarVela (PERC)	-0,28	-0,34	+0.05	45±2
SolarVela Pro / Max (TOPCON)	-0,26	-0,29	+0,045	45±2
SolarNoah (PERC)	-0,28	-0,34	+0,05	45±2
SolarNoah Pro / Max (TOPCON)	-0,26	-0,29	+0.045	45±2

Apêndice D: Lista de Substâncias Nocivas à Corrosão de Conectores Fotovoltaicos

Durante a fase de projeto, deve-se evitar posicionar os módulos em áreas onde possam entrar em contato com os seguintes produtos químicos:

Categoria	Substância
Ácidos e Bases	Cloreto de sódio, Bicarbonato de sódio, Peróxido de hidrogênio, Cloreto de cálcio, Hidróxido de sódio, Amônia, Bórax, Carbonato de cálcio, Alúmen
Agentes Oxidantes	Água oxigenada, Alvejante à base de hipoclorito de sódio, Permanganato de potássio, Cloro gasoso, Ozônio, Desinfetante para piscinas, Agentes oxidantes industriais

Categoria	Substância
Solventes Orgânicos	Acetona, Tolueno, Xileno, Benzeno, Tetracloreto de carbono, Diclorometano, Diluente de tinta, Removedor de esmalte, Etanol/Isopropanol de alta concentração, Terebintina, Tetrahidrofurano

Apêndice E: Anomalias na Superfície de Instalação e Medidas de Tratamento

Anomalia	Método de Tratamento	Requisitos Posteriores
Corrosão da Telha Metálica	Repintura com tinta de renovação profissional (ciclo de 3 a 5 anos)	Após a renovação, reavaliar a força de arrancamento (pull-out)
Telhado de concreto com argamassa de cimento e agregado miúdo	Lixamento com esmerilhadeira angular + cobertura com látex impermeabilizante	Força de arrancamento por ponto ≥ 40 kg, amostragem $> 1\%$
Bolhas na manta asfáltica impermeabilizante	Tratamento pelo fabricante / renovação	Força de arrancamento por ponto ≥ 40 kg, amostragem $> 1\%$
Interferência dos rebites na crista da onda	Ajustar a posição do perfil tubular quadrado ou remover os rebites	Não comprometer a impermeabilização
Junta de sobreposição da cumeeira ao beiral	Posicionar a junta entre os módulos FV	Uma única peça não deve cobrir a junta

Apêndice F: Parâmetros Elétricos da Série de Módulos SolarVela/Noah (Valores Típicos)

Parâmetros	SolarVela	SolarVela Pro/Max	SolarNoah	SolarNoah Pro/Max
Pmax em STC (W)	510–520	550–560	510–520	550–560
Vmp (V)	41,43–42,04	45,19–45,29	41,43–42,04	45,19–45,29
Voc (V)	49,76–49,9	52,96–53,05	49,76–49,9	52,96–53,05
Imp (A)	12,31–12,37	12,18–12,37	12,31–12,37	12,18–12,37
Isc (A)	12,74–13,09	12,92–12,96	12,74–13,09	12,92–12,96

Apêndice G: Parâmetros Elétricos da Série de Módulos SolarPega (Valores Típicos)

Parâmetros	SolarPegaL / PegaFL	SolarPega / PegaF
------------	---------------------	-------------------

P _{max} STC (W)	500–510	510–520
V _{mp} (V)	33,76–33,91	33,58–33,79
V _{oc} (V)	39,72–40,03	39,46–39,78
I _{mp} (A)	14,83–15,06	15,19–15,40
I _{sc} (A)	15,36–15,45	15,78–15,84

Apêndice H: Abreviações de Termos de Referência

Abreviações	Nome Completo	Português
STC	Condições Padrão de Teste	Condições Padrão de Teste (1000 W/m ² , 25°C, AM 1.5)
NMOT	Temperatura Nominal de Operação do Módulo	Temperatura Nominal de Operação do Módulo (800 W/m ² , 20°C, 1 m/s)
MPPT	Rastreamento do Ponto de Máxima Potência	Rastreamento do Ponto de Máxima Potência
AFCI	Interruptor de Circuito contra Falha de Arco	Disjuntor de Falha de Arco Elétrico
SPD	Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	Protetor contra Surtos
TDS	Ficha Técnica (Technical Data Sheet)	Especificação Técnica
BIPV / BAPV	Sistema Fotovoltaico Integrado / Anexado à Edificação	Integração de Módulos FV em Edificações / Anexação de Módulos FV a Edificações

Capítulo 15 Suporte Técnico e Informações de Contato

Para cenários especiais, modelos especiais ou necessidades de personalização não explicitamente cobertos por estas diretrizes gerais, os projetistas e engenheiros devem entrar em contato proativamente com a equipe técnica da ZKFN Solar antes da finalização do projeto para obter suporte técnico especializado:

Shandong ZKFN Solar Tecnologia Lda

- Endereço: Fábrica Nº 1 Xinshenglin, Parque Industrial de Manufatura Inteligente Lvhaihui, Zona de Desenvolvimento Econômico de Jinan, Cidade de Jinan, Província de Shandong
- Linha Direta de Atendimento: 400 6768 100

- E-mail de Suporte Técnico: tech-support@zkfnsolar.com
- Site Oficial: www.zkfnsolar.com

Tipos de Projetos que Exigem Contato Proativo com a ZKFN Solar

- Projetos no exterior (incluindo, mas não se limitando a Europa, Sudeste Asiático, Oriente Médio, América do Norte, África e América do Sul);
- Projetos costeiros (distância da linha costeira < 500 m);
- Projetos em telhados com formatos irregulares, curvos ou abobadados;
- Projetos em alta altitude (> 2000 m);
- Projetos com alto nível de resistência sísmica (≥ 8 graus);
- Projetos BIPV com personalização especial (cor, padrão, dimensão, potência);
- Projeto de O&M de grande porte envolvendo áreas transitáveis do SolarPega;
- Aplicações em cenários não estáticos (estacionamentos cobertos, usinas dobráveis, etc.).

Descrição do Documento

- Esta diretriz geral é a edição de 2026, elaborada com base na ficha técnica do produto ZKFN Solar, no "Guia de Instalação das Séries SolarVela & SolarNoah", no "Manual de Instalação das Séries SolarPega / PegaF" e na "Garantia Limitada".
- Caso haja atualização das especificações do produto, prevalecerá a TDS e o guia de instalação mais recentes publicados no site oficial da ZKFN Solar.
- Em caso de conflito entre este guia de projeto e os termos do guia de instalação oficial da ZKFN Solar ou da garantia limitada, prevalecerão o guia de instalação e a garantia limitada.
- Em caso de divergências entre as diferentes versões linguísticas deste manual, a versão chinesa terá valor oficial.
- O direito de interpretação final pertence à Shandong ZKFN Solar Tecnologia Lda