

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

1. OBJETIVO

O presente Termo tem como objetivo especificar os equipamentos e serviços a serem adquiridos para a implantação do sistema solar fotovoltaicos **on grid** do empreendimento Cidade Madura em Cajazeiras e Cidade Madura em Campina Grande.

2. ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico adotado nos empreendimentos seguirá o modelo de geração compartilhada. Isso significa que a energia produzida por uma central será distribuída mensalmente considerando o consumo de energia das áreas comuns e a distribuição do excedente produzido de forma igualitária entre todas as unidades habitacionais. O conjunto de painéis solares fotovoltaicos devem fornecer no mínimo 500 kWh para as áreas comuns dos condomínios e 100 kWh para cada unidade habitacional totalizando no mínimo 4500 kWh.

O sistema deverá contar com micro-inversores de potência compatível com a capacidade total de placas fotovoltaicas instaladas, garantindo a conversão eficiente da energia CC (corrente contínua) gerada pelos painéis em CA (corrente alternada) sincronizada com a rede elétrica. O inversor deve possuir certificação do INMETRO, conforme as normas técnicas vigentes, e a aprovação da Concessionária de energia operante no local. Os equipamentos e a devida instalação devem atender todos os requisitos para a conexão à rede de distribuição de energia elétrica.

Cada micro-inversor deve ter proteção anti-ilhamento, monitoramento remoto (via plataforma digital ou aplicativo) e alta eficiência de conversão (mínimo de 96%), conforme normas internacionais aplicáveis. A potência dos micro-inversores deve considerar futura expansão do sistema.

2.1 Componentes e Materiais

Os sistemas fotovoltaicos que utilizam micro-inversores apresentam características técnicas específicas que diferem significativamente dos sistemas

convencionais com inversores *string*, principalmente no que diz respeito à configuração elétrica e os sistemas de proteção. Esses sistemas exigem cuidados especiais na seleção de cabos, dispositivos de proteção e estrutura de fixação, sempre em conformidade com as normas técnicas vigentes.

No lado da CC (corrente contínua), os cabos do sistema fotovoltaico devem ter secção mínima de 2,5mm². Esses cabos precisam ser especificamente desenvolvidos para aplicações fotovoltaicas, com resistência comprovada à radiação ultravioleta e capacidade de operação em uma faixa de temperatura que varia entre -40°C e 90°C. A NBR 16612 e a IEC 60228 estabelecem os requisitos mínimos para esses cabos, que devem utilizar materiais como polietileno reticulado (XLPE) em sua composição. Os conectores, obrigatoriamente do tipo MC4, devem atender à norma IEC 62852 e possuir grau de proteção IP67, garantindo completa estanqueidade contra água e poeira.

Quando consideramos o lado da CA (corrente alternada), a secção mínima dos cabos deve ser de 2,5mm², podendo chegar a 4mm² para micro-inversores com potências superiores a 1kW. Esses cabos devem seguir as especificações da NBR NM 280 ou NBR IEC 60502, esses cabos devem ser do tipo flexível e com isolamento XLPE. A conexão com a rede elétrica deve obedecer rigorosamente às diretrizes da NBR 5410, que trata das instalações de baixa tensão.

O sistema de proteção elétrica em sistemas com micro inversores apresenta algumas particularidades importantes. No lado CA, os disjuntores devem ser dimensionados de acordo com a corrente nominal de cada micro-inversor, seguindo as normas NBR IEC 60947-2 ou NBR NM 60898. A proteção contra surtos deve ser garantida através de DPD tipo 2 ou 3, instalados nos quadros de distribuição principal e em conformidade com a NBR 5419. Uma vantagem significativa dos micro-inversores é que eles já incorporam o sistema de desligamento rápido, eliminando a necessidade de disjuntores individuais no lado CC.

Para a estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos em sistemas com micro-inversores é recomendado o uso de perfis de alumínio anodizado (NBR 14283), com todos os parafusos e cantoneiras em aço inoxidável grau A2 ou A4 (Isso 3506). O

cálculo da estrutura deve considerar as cargas de vento conforme estabelecido na NBR 6123, aplicando um fator de segurança mínimo de 1,5 vezes a carga máxima estimada. A fixação no telhado ou em estrutura a ser projetada, deve usar trilhos específicos que garantam adequada ventilação para os micro-inversores, que são instalados diretamente sob os módulos, além de selantes especiais resistentes à radiação UV para garantir a perfeita vedação.

O sistema de aterramento deve seguir as normas NBR 15749 e NBR 5410, utilizando preferencialmente cabos de cobre NU com secção mínima de 16mm² para a malha de terra. Quando o sistema inclui monitoramento remoto, os cabos de comunicação (RS485 ou PLC) devem ser blindados, especialmente quando instalados próximos aos cabos de potência, para evitar interferências eletromagnéticas. A norma 10899, que trata especificamente de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, deve ser a referência principal para a instalação.

As vantagens dos sistemas com micro-inversores são numerosas e significativas. Permitem a otimização individual de cada módulo fotovoltaico, minimizando as perdas por sombreamento, resultando em maior eficiência global do sistema. O desligamento rápido integrado em cada módulo atende aos mais rigorosos padrões de segurança. Além disso, a arquitetura modular desse sistema facilita futuras expansões e manutenções.

Todo o projeto deve ser desenvolvido e supervisionado por engenheiro Eletricista devidamente registrado no CREA. A seleção dos materiais de qualidade e a observância rigorosa das normas técnicas e a atenção aos detalhes de instalação são fontes determinantes para o desempenho, segurança e durabilidade do sistema a ser implantado.

2.2 Módulos fotovoltaicos

Os módulos deverão obrigatoriamente possuir certificação INMETRO válida conforme Portaria nº 357/2011 (RAC), com registro ativo no SBAC e etiqueta PBE permanentemente fixada na parte traseira de cada unidade. Quanto às características técnicas, os módulos devem apresentar eficiência mínima de 19,5% para tecnologia monocristalina ou 17,5% para policristalina, com tolerância de potência positiva

(0/+3%). O coeficiente de temperatura para Pmax não poderá exceder $-0,35\%/^{\circ}\text{C}$, devendo os módulos operar em sistemas de até 1500V DC (Classe II conforme IEC 61730) com grau de proteção IP68.

O fornecedor deverá garantir performance mínima de 90% da potência nominal após 10 anos e 80% após 25 anos de operação, com degradação linear máxima de 0,7% ao ano. A garantia contra defeitos de fabricação deve cobrir período mínimo de 12 anos.

Os módulos devem ser resistentes a condições ambientais adversas, incluindo:

- Cargas mecânicas de até 5400Pa (vento e neve)
- Impacto de granizo de 25mm a 23m/s
- Faixa térmica operacional de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$
- Ambientes costeiros (Classe C3 conforme ISO 12944)

Estruturalmente, exigem-se:

- Vidro temperado de 3,2mm com tratamento anti-reflexo
- Estrutura em alumínio anodizado ($\geq 40\mu\text{m}$)
- Diodos bypass com proteção contra hot-spot
- Compatibilidade com microinversores (16-60V MPPT)

2.3 Terminais dos módulos

Os cabos terminais dos módulos fotovoltaicos devem apresentar construção robusta e especificações técnicas adequadas para operação segura e eficiente em sistemas solares. Estes cabos devem possuir dupla camada de isolamento em XLPE (polietileno reticulado) ou EPR (borracha etilenopropileno), dimensionados para suportar a tensão máxima do sistema (1000V ou 1500V DC conforme aplicação), com certificação conforme norma IEC 62930 para cabos fotovoltaicos. A capa externa deve ser em material poliolefínico termoplástico (TPO) ou PVC especial, garantindo resistência aos raios UV (proteção contra intempéries), abrasão mecânica e ação de óleos/ozônio.

A faixa de temperatura de operação deve abranger de -40°C a +90°C, com seção transversal mínima de 4mm² para correntes acima de 10A. Os cabos devem atender aos requisitos da IEC 60754-1 para baixa emissão de halogênios em caso de incêndio e possuir resistência comprovada em ambientes agressivos (marinhos/industriais), conforme classificação IP68 da IEC 60529. Os condutores devem ser de cobre estanhado, com grau de pureza mínimo de 99,9%, garantindo baixa resistividade elétrica.

Os conectores devem ser do tipo MC4 ou equivalente compatível, com grau de proteção mínimo IP67 (preferencialmente IP68), fabricados em policarbonato ou PPO com proteção UV. Os contatos internos devem ser em cobre estanhado ou prata, com capacidade mínima de 30A e resistência de contato inferior a 0,5mΩ. A vedação deve ser hermética, utilizando anéis de borracha EPDM ou silicone, impedindo a entrada de umidade e poeira (norma IEC 62852). O sistema de travamento deve evitar desconexões acidentais, atendendo à UL 6703.

A instalação exige ferramentas específicas para crimpagem, garantindo perfeito contato elétrico. É proibida a mistura de conectores de diferentes fabricantes, devendo todo o sistema utilizar componentes do mesmo padrão e marca para garantir perfeita compatibilidade mecânica e elétrica. Todos os componentes devem apresentar certificados de conformidade com as normas IEC 60228, IEC 62930 e UL 6703, comprovando sua adequação para uso em sistemas fotovoltaicos de longo prazo.

2.4 Micro-inversores

Os micro-inversores a serem utilizados no sistema fotovoltaico devem atender aos requisitos estabelecidos na norma ABNT NBR IEC 62116 e serem certificados pelo INMETRO. Esses micro-inversores devem operar com tensão de saída de 220/380 AC e possuir potência compatível com a do módulo fotovoltaico ao qual estão associados. Deve ser mantido um fator de potência igual ou superior a 0,92, indutivo ou capacitivo. Além disso, devem garantir uma frequência de saída estável de 60Hz (+- 0,5Hz) de eficiência mínima de 95%, preferencialmente com eficiência máxima acima de 96%.

A regulação de tensão deve estar dentro dos limites definidos pela ANEEL no PRODIST, e a distorção harmônica total (THD) da corrente de saída não pode ultrapassar 5%. Entre as proteções obrigatórias, destacam-se: anti-ilhamento (desligamento automático em caso de falha na rede) proteção contra sobretensão e subtensão (conforme PRODIST), desligamento por sobretemperatura, proteção contra inversão de polaridade em corrente contínua e isolamento galvânico (quando aplicável).

Os micro-inversores devem ter a funcionalidade de monitoramento remoto e sejam compatíveis com os módulos solares utilizados. A garantia mínima deve ser de 10 anos, sendo preferível 12 anos ou mais, com a vida útil estimada em pelo menos 25 anos. Os micro-inversores devem ser instalados conforme as normas ABNT NBR 16690 e NR 10. Em sistemas trifásicos, é essencial assegurar o balanceamento adequado das cargas entre as fases para evitar desequilíbrios. Caso haja exigências específicas da concessionária ou órgãos reguladores locais essas devem ser verificadas e atendidas durante a seleção e instalação dos equipamentos.

2.5 Estruturas

Para a estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos em sistemas com micro-inversores, recomenda-se prioritariamente a utilização de perfis de alumínio anodizado, fabricados conforme a norma NBR 14283, que garante maior resistência à corrosão e durabilidade. Todos os elementos de fixação, incluindo parafusos, cantoneiras e acessórios, devem ser em aço inoxidável de grau A2 (para ambientes normais) ou A4 (para regiões litorâneas ou com maior agressividade química), conforme especificado na norma ISO 3506.

O dimensionamento estrutural deve obrigatoriamente considerar as cargas de vento calculadas de acordo com a NBR 6123, aplicando um fator de segurança mínimo de 1,5 vezes sobre a carga máxima estimada, garantindo assim margem adicional para eventos climáticos extremos. A estrutura de suporte deve ser projetada com trilhos específicos que, além de suportar os módulos fotovoltaicos, proporcionem adequada ventilação para os micro-inversores instalados diretamente sob os painéis, prevenindo o superaquecimento e mantendo a eficiência do sistema.

A fixação no telhado ou em estrutura dedicada deve utilizar selantes especiais com comprovada resistência à radiação UV, garantindo perfeita vedação e estanqueidade contra infiltrações. Todos os componentes devem ser compatíveis entre si, evitando corrosão galvânica, e acompanhados de certificados de conformidade que comprovem sua qualidade e adequação às normas técnicas aplicáveis.

A documentação do projeto deve incluir, obrigatoriamente, os cálculos estruturais detalhados, especificações técnicas completas dos materiais utilizados e instruções claras de instalação, incluindo torques de aperto recomendados e orientações para manutenção preventiva. Esta abordagem garante não apenas a segurança e durabilidade da instalação, mas também o desempenho otimizado do sistema fotovoltaico ao longo de sua vida útil.

2.6 Projeto e execução

O processo de implantação do sistema de microgeração fotovoltaica deve ser devidamente aprovado tanto pela concessionária quanto pelo corpo técnico da Companhia Estadual de Habitação Popular (CEHAP) para garantir a conformidade com as normas técnicas e regulamentares. Inicialmente, o projeto completo deve ser submetido à concessionária local para análise e aprovação, estritamente de acordo com as disposições das normas vigentes da Concessionária. Este projeto deve conter todos os elementos técnicos necessários, incluindo memorial descritivo, diagramas elétricos, especificações dos equipamentos e cálculos estruturais.

Uma vez obtida a aprovação do projeto pela concessionária, o sistema está autorizado para execução. A instalação deve ser realizada com absoluto respeito às normas de segurança, em especial a NR-10, e em conformidade com todas as especificações técnicas apresentadas no projeto aprovado. É fundamental que a montagem seja executada por profissionais qualificados e que todos os componentes utilizados possuam os devidos certificados de conformidade.

Com a conclusão da montagem, o instalador deve formalizar junto à concessionária o pedido de vistoria técnica. Esta etapa é crucial, pois somente após a aprovação da vistoria é que o sistema será considerado regularizado e habilitado

para operação. A concessionária verificará diversos aspectos, incluindo a correta instalação dos equipamentos, a observância das normas de segurança e a adequação às especificações do projeto aprovado.

Paralelamente ao processo, é obrigatória a comunicação formal ao corpo técnico da CEHAP em três momentos distintos: após a aprovação do projeto pela concessionária, após a conclusão da instalação física do sistema, e finalmente após a aprovação na vistoria técnica. Esta comunicação deve ser feita através dos canais oficiais e acompanhada da documentação comprobatória correspondente a cada etapa.

A documentação exigida para a vistoria inclui: o projeto executivo aprovado, laudos de conformidade elétrica assinados por profissional habilitado, relatório fotográfico detalhado da instalação, certificados originais de todos os equipamentos principais (módulos fotovoltaicos, micro-inversores e estruturas de fixação), além do comprovante de solicitação de vistoria junto à concessionária. A ausência de qualquer destes documentos pode resultar no não reconhecimento da instalação pelo programa.

Este processo de aprovações e vistorias tem como objetivo principal garantir a segurança do sistema, a qualidade da instalação e a perfeita integração com a rede elétrica, assegurando o pleno funcionamento do sistema de microgeração fotovoltaica ao longo de sua vida útil. A observância de todos estes requisitos é essencial para a regularização final do sistema junto à concessionária e a CEHAP.

2.7 Garantias

Todos os componentes do sistema fotovoltaico devem possuir garantias contratuais com prazos mínimos estabelecidos, sendo obrigatória a entrega completa da documentação ao final da instalação. Os comprovantes devem ser apresentados em versão impressa, organizados em pasta específica, e digital, em formato PDF, devidamente ordenados por categoria de equipamento e tempo de vigência das garantias.

Para os módulos fotovoltaicos, exige-se garantia de desempenho mínimo de 25 anos, assegurando pelo menos 80% da potência nominal ao final deste período, além de garantia contra defeitos de fabricação por 12 anos. Os módulos devem apresentar tolerância de potência de +5/-0% no momento da entrega. Os micro-inversores devem contar com garantia mínima de 10 anos, extensível a 15 ou 25 anos mediante contrato adicional, mantendo eficiência igual ou superior a 96% durante todo o período de garantia.

As estruturas de fixação possuem garantia contra corrosão por 5 anos quando fabricadas em alumínio anodizado, com garantia estrutural equivalente ao período, considerando as cargas de vento calculadas conforme projeto específico para cada instalação. Todos os componentes metálicos devem atender às normas ASTM B209 e EN 755 quanto à resistência mecânica.

Ao concluir a instalação, o contratado deve organizar e entregar um dossiê completo contendo: certificados de garantia originais, termos de extensão quando aplicáveis, comprovante de registro no sistema nacional de garantias e relatório de testes iniciais de desempenho. Esta documentação deve ser apresentada à CEHAP através de processo administrativo na sede da companhia com a devida identificação do número do edital de licitação (por exemplo, EDITAL CEHAP 00X/2024) e descrição completa do objeto licitado conforme termo de referência.

A CEHAP realizará auditorias periódicas, a cada dois anos, para verificação da validade das garantias e condições dos equipamentos. O não cumprimento das obrigações de garantia constitui infração contratual sujeita às penalidades previstas no termo de referência da licitação, conforme legislação aplicável e normas internas da companhia.

2.8 Plano de manutenção e acompanhamento

Após a entrada em operação do sistema fotovoltaico, a contratada deverá implementar um completo plano de manutenção e acompanhamento, que será formalmente apresentado e aprovado pela CEHAP. É importante destacar que a execução das manutenções anuais ficará sob responsabilidade da CEHAP, que

procederá com a contratação de empresa especializada conforme as especificações técnicas contidas no plano aprovado.

Durante os primeiros 6 meses de operação, a contratada original assumirá integralmente o acompanhamento técnico do sistema, devendo implementar um sistema de monitoramento remoto com análise contínua 24 horas por dia, garantindo o registro diário dos dados de geração (kWh) e a produção de relatórios semanais comparativos entre o desempenho real e o esperado. Neste período inicial, a empresa será responsável por todas as intervenções necessárias, devendo responder dentro de 24 horas a qualquer queda de desempenho superior a 15% e realizar reparos emergenciais em até 48 horas para falhas que impeçam a geração de energia. A contratada deverá ainda realizar duas inspeções técnicas presenciais completas, incluindo verificação do torque de fixação, estado das conexões elétricas, limpeza dos módulos fotovoltaicos, calibração dos equipamentos de medição e verificação de todos os alarmes do sistema.

A proposta da empresa a ser contratada deverá incluir obrigatoriamente o custo referente a cinco visitas técnicas adicionais, que poderão ser utilizadas pela CEHAP conforme necessidade ao longo de um período de até cinco anos após os seis meses iniciais. Estas visitas técnicas cobrirão serviços especializados como verificação de desempenho sazonal, limpeza técnica profissional dos módulos, reaperto e revisão de todos os componentes mecânicos, atualização de firmware e software dos equipamentos, além de treinamento para operadores locais. Cada visita terá duração mínima de quatro horas de trabalho efetivo, incluindo deslocamento para qualquer localidade do estado e todos os materiais de consumo necessários, com posterior entrega de relatório técnico detalhado em até cinco dias úteis após a realização dos serviços.

O plano de manutenção deverá garantir a manutenção de pelo menos 95% da geração energética esperada, além de um SLA (Acordo de Nível de Serviço) que assegure 99% de disponibilidade do sistema. A contratada será responsável pela elaboração e entrega de toda a documentação técnica necessária, incluindo o Plano de Manutenção Operacional (PMO) detalhado, cronograma anual preventivo,

registros históricos de todas as intervenções realizadas e certificações atualizadas dos técnicos executores conforme norma NR-10.

Cabe ressaltar que a CEHAP assumirá a responsabilidade pela contratação dos serviços de manutenção anual após o período de 5 anos e seis meses, seguindo as especificações contidas no plano de manutenção apresentado e aprovado. A companhia reserva-se o direito de auditar a execução de todos os serviços a qualquer momento, podendo aplicar penalidades contratuais progressivas em caso de não cumprimento dos termos estabelecidos, desde multas diárias até a rescisão contratual, conforme a gravidade das falhas identificadas. Todo o processo de manutenção deverá ser documentado e ficará disponível para auditorias periódicas pelos órgãos competentes.

Companhia Estadual de Habitação Popular
Diego Perazzo Creazzola Campos
Engenheiro Eletricista
Crea: xxxxx

Companhia Estadual de Habitação Popular
Julio Gonçalves da Silveira
Gerente de Projetos
Mat: 600014-2