

Termo Referência para Contratação de Serviços de Projeto, Fabricação, Montagem, Transporte, Instalação, Comissionamento e Manutenção Assistida dos Sistemas Fotovoltaicos no Pantanal Sul Mato-Grossense.

1. Introdução	2
2. Especificações Técnicas	2
3. Serviços de Transporte, Montagem Mecânica e Civil	25
4. Serviços de Comissionamento.....	27
5. Inspeção Visual	30
6. Testes Funcionais Específicos	44
7. Documentos Finais	54
8. Anexo.....	57

1. Introdução

O Termo de Referência apresenta os requisitos mínimos para a execução dos serviços de projeto, fabricação, montagem, transporte, instalação, comissionamento e manutenção assistida dos sistemas fotovoltaicos no Pantanal Sul Mato-Grossense, estabelecidos pelas especificações técnicas para o projeto a ser apresentado pela Contratada.

2. Especificações Técnicas

2.1. Escopo de Fornecimento e Serviço

A Contratada deve apresentar a descrição do escopo de fornecimento e de serviços a serem realizados. A listagem deve ser composta dos seguintes itens:

- Engenharia executiva e estudos;
- Gerência do projeto e supervisão de obras e segurança;
- Logística e transporte;
- Máquinas e ferramentas para a realização dos serviços;
- Montagem civil e mecânica;
- Adequação da instalação elétrica existente (caso o proprietário já tenha um gerador), externa e interna para receber o novo sistema fotovoltaico
 - Instalação elétrica interna e externa;
 - Testes de aceitação no local;
 - Documentação e testes de desempenho;
 - Fase de garantia (1 ano a partir da aceitação provisória dos sistemas);
 - **Serviços de manutenção preventiva e corretiva.**

2.2. Listagem dos Equipamentos

Neste projeto serão implementados os seguintes sistemas, listados na Tabela abaixo:

Tabela 1: Sistemas Implementados

Grupo Construtivo	Sistema	Carga
Grupo 1	Sistema 1	13 kWh
Grupo 2	Sistema 3	30 kWh
Grupo 3	Sistema 4	45 kWh
	Sistema 5	60 kWh
Grupo 4	Sistema 6	80 kWh

Para isso, a Contratada é responsável pela compra de todos os equipamentos, devendo ela avaliar a melhor solução que atenda aos requisitos estabelecidos no documento Especificação Técnica de Equipamentos.

Para a universalização, serão utilizadas as alternativas de 80 kWh/mês e 45 kWh/mês, é prerrogativa da distribuidora decidir qual será o melhor caso.

2.3. Principais Equipamentos do Sistema

Os sistemas terão o sistema de armazenamento composto por banco de baterias de lítio ou de chumbo-ácido, **a ser definido pela distribuidora**. A seguir serão apresentadas as combinações realizadas para a construção dos sistemas protótipos para as duas tecnologias de baterias. As combinações servem apenas como modelos de referência.

1.3.1. BateriaOPzS

Tabela 3: Equipamentos dos Sistemas com Bateria OPzS

Sistema 4 – 45 kWh	
06 (seis) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
01 (um) Controlador de Carga 40A-24V marca Plasmatronics modelo PL40	
12 (doze) Elementos Chumbo Ácido OPzS 250Ah@C10 2V marca Moura modelo MFV250	
01 (um) Inversor senoidal modular 1500VA 24V-220V 60-Hz marca CE+T modelo TSI Media	
01 (um) Grupo Construtivo #3 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	

Sistema 5 – 60 kWh	
06 (seis) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
01 (um) Controlador de Carga 40A-24V marca Plasmatronics modelo PL40	
12 (doze) Elementos Chumbo Ácido OPzS 350Ah@C10 2V marca Moura modelo MFV350	
01 (um) Inversor senoidal modular 1500VA 24V-220V 60-Hz marca CE+T modelo TSI Media	
01 (um) Grupo Construtivo #3 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	
Sistema 6 – 80 kWh	
08 (oito) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
01 (um) Controlador de Carga 20A-484V marca Plasmatronics modelo PL20	
24 (vinte e quatro) Elementos Chumbo Ácido OPzS 250Ah@C10 2V marca Moura modelo MFV250	
01 (um) Inversor senoidal modular 1500VA 48V-220V 60-Hz marca CE+T modelo TSI Media	
01 (um) Grupo Construtivo #4 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	

Sistema 7 – 160 kWh	
16 (dezesseis) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
02 (dois) Controladores de Carga 20A-484V marca Plasmatrix modelo PL20	
48 (quarenta e oito) Elementos Chumbo Ácido OPzS 250Ah@C10 2V marca Moura modelo MFV250	
02 (dois) Inversores senoidais modular 1500VA 48V-220V 60-Hz marca CE+T modelo TSI Media	
02 (dois) Grupo Construtivo #4 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	
Sistema 8 – 300 kWh	
32 (trinta e dois) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
04 (quatro) Controladores de Carga 20A-48V marca Plasmatrix modelo PL20	
96 (noventa e seis) Elementos Chumbo Ácido OPzS 250Ah@C10 2V marca Moura modelo MFV250	
04 (quatro) Inversores senoidais modulares 1500VA 48V-220V 60-Hz marca CE+T modelo TSI Media	
04 (quatro) Grupos Construtivos #4 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	

1.3.2. Bateria Lítio

Tabela 4: Equipamentos dos Sistemas com Bateria de Lítio

Sistema 1 – 13 kWh	Fornecedor
02 (dois) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
01 (um) Controlador de Carga 20A – compatível com inversor/bateria	
01 Bateria Lítio 1500 Wh - Compatível com Controlador e Inversor	
01 (um) Inversor senoidal modular 1500VA tensão CC compatível com controlador/bateria-220 V AC 60-Hz	
01 (um) Grupo Construtivo #1 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	
Sistema 3 – 30 kWh	
04 (quatro) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	
01 (um) Controlador de Carga 20A- compatível com inversor/bateria	
01 (um) Bateria Lítio 3000 Wh - Compatível com Controlador e Inversor	
01 (um) Inversor senoidal modular 1500VA tensão CC compatível com controlador/bateria-220 V AC 60-Hz	
01 (um) Grupo Construtivo #2 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	
Sistema 4 – 45 kWh	Fornecedor
06 (seis) Painéis Solares marca Yingli potência 150Wp selo Inmetro A	Contratada
01 (um) Controlador de Carga compatível com Bateria de Lítio de 4000 Wh	
01 (um) Bateria de Lítio de 4000 Wh	

01 (um) Inversor senoidal compatível com Bateria de Lítio de 4000 Wh/controlador	
01 (um) Grupo Construtivo #3 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de materiais de instalação	
Sistema 6 – 80 kWh	
08 (oito) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
01 (um) Controlador de Carga PWM/MPPT – compatível com bateria a Lítio	
01 (um) Bateria Lítio marca Tesla capacidade 6500Wh	
01 (um) Inversor senoidal – compatível com bateria a Lítio/controlador	
01 (um) Grupo Construtivo #4 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	
Sistema 7 – 160 kWh	
16 (dezesesseis) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
02 (dois) Controlador de Carga PWM/MPPT – compatível com bateria a Lítio	
02 (dois) Bateria Lítio marca Tesla 6500 Wh - Compatível com Controlador e Inversor	
02 (dois) Inversor senoidal – compatível com bateria a Lítio/controlador	
02 (dois) Grupo Construtivo #4 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	
Sistema 8 – 300 kWh	
32 (trinta e dois) Painéis Solares marca Yingli potência 150 Wp selo Inmetro A	Contratada
04 (quatro) Controlador de Carga PWM/MPPT – compatível com bateria a Lítio	
04 (quatro) Bateria Lítio marca Tesla 6500 Wh - Compatível com Controlador e Inversor	

04 (quatro) Inversor senoidal – compatível com bateria a Lítio/controlador	
04 (quatro) Grupos Construtivos #4 completo com estrutura metálica e abrigo isotérmico	
01 (um) Conjunto de Materiais de Instalação	

Obs.: As marcas dos equipamentos são apenas referenciais.

2.4. Descrição das Condições do Local

Foi realizada uma divisão da área do Pantanal Sul-mato-grossense em regiões menores que caracterizassem diferentes dificuldades de acesso para cada tecnologia em estudo. Essa divisão teve como base geográfica os setores censitários definidos pelo IBGE e o conhecimento da região adquirido em campanhas de campo. No Pantanal Sul-mato-grossense o IBGE definiu 245 setores censitários. Para a análise de acessibilidade foram consideradas 17 grandes regiões, agrupando todos os setores

Considerou-se também o agrupamento de áreas semelhantes, ou ainda que contivessem sedes municipais, como é o caso de Porto Murtinho, Corumbá, Miranda, Rio Verde e Coxim, que apresentam grande atendimento por rede convencional e de maneira geral não são áreas com grandes dificuldades de acesso, em termos de avaliação de logística para implantação dos protótipos.

Desta forma, tem-se a indicação de 10 grandes regiões para a instalação de protótipos:

- **Paiguás:** O principal acesso é terrestre, pelo município de Coxim. A região abrange grandes propriedades de criação de gado, sendo bem abastecida por estradas rurais, o que facilita o acesso para a instalação dos protótipos. Na cheia, entretanto, as estradas podem ficar temporariamente intransitáveis.

- **Barra do São Lourenço e Foz do Rio Piquiri:** as regiões são acessadas pelo Rio Paraguai, a partir de Corumbá, ou por via terrestre, a partir de Coxim. Os deslocamentos dentro das duas regiões são difíceis pelas más condições das estradas, ficando as mesmas intransitáveis no período de cheia. Desta forma, o acesso principal é via fluvial.

- **Caronal:** região permanentemente alagada, com acesso exclusivamente fluvial por barcos do tipo rabeta, capazes de alcançar áreas rasas. É considerada a região de mais difícil acesso.

- **Taquari:** acessada exclusivamente pelo rio Taquari, sendo o mesmo navegável durante todo o ano, porém, devido ao assoreamento do rio, na época de seca o acesso pode ficar dificultado.

- **Paraguai:** o acesso é exclusivamente fluvial, pelo Rio Paraguai, navegável durante todo o ano, o que torna a região de fácil acesso. A maior dificuldade nessa região é a distância das propriedades mais remotas em relação à sede de Corumbá.

- **Nhecolândia:** região de acesso terrestre pela sede dos municípios de Corumbá, Aquidauana e Rio Verde de Mato Grosso. Há dificuldades de acesso em função da distância até os centros urbanos e as estradas em condições precárias, principalmente na época de cheia.

- **Estrada Parque:** Possui facilidade de acesso pelas estradas de chão devido aos diversos empreendimentos turísticos na região, o que facilita a implantação e operação. Na época de cheia, pode apresentar alagamento temporário das estradas dependendo da cota alcançada pelo Rio Paraguai.

- **Aquidauana e Abobral:** Aquidauana e Miranda englobam áreas próximas às áreas urbanas e possuem acesso por rodovias pavimentadas ou estradas de chão em bom estado de conservação, o que facilita o acesso. A região do Abobral apresenta diversos

cursos d'água que dificultam o acesso terrestre à região, principalmente na época de cheia.

- **Coimbra:** Também acesso pelo Rio Paraguai. Região praticamente permanentemente alagada, com poucas estradas bem demarcadas, o que dificulta o acesso terrestre às áreas. Nas margens do Rio Paraguai o acesso fluvial é facilitado.
- **Nabileque:** região com parte do território praticamente permanentemente alagada, e outra parte com algumas estradas bem demarcadas, o que facilita o acesso terrestre às áreas. Nas margens do Rio Paraguai o acesso fluvial é facilitado.

Tabela 6: Condições Climáticas

Parâmetro	Valor
Temperatura do ar	26,2°C
Precipitação	Mínima: 0,0 mm/mês Máxima: 154,5 mm/mês
Nível fluvial	426 cm
Potencial corrosivo da atmosfera	ISO 12 944 C2*

*Fonte: <http://www.international-pc.com/markets/infrastructure/Documents/iso-12944.pdf> e http://ppgpmctech.com/docs/PMC_ISO_Guide_v9.pdf

2.5. Qualificação da Contratada

A Contratada deve apresentar as seguintes qualificações:

- Ter experiência na implantação de projetos de geração em áreas remotas.
- Ter experiência na construção e comissionamento de Sistemas Solares Fotovoltaicas.
- Ter atuado como Contratada principal na implantação de projetos de geração em áreas remotas.

A apresentação dos documentos para comprovação da qualificação, com exposição das experiências, deve ser feita em uma folha de referência, indicando detalhes dos projetos executados, como:

- Localização do projeto (coordenadas geográficas);
- Capacidade de geração instalada;
- Principais equipamentos componentes do Sistema Fotovoltaico e seus fabricantes, modelos e tipos;
- Dados de contrato referente ao serviço prestado e o escopo de serviço;

- Dados de contato dos Contratantes anteriores.

2.6. Qualificação da Equipe da Contratada

A Contratada deve possuir em seu quadro de profissionais engenheiros de diferentes formações, pessoal técnico e equipe de apoio em campo com formação básica e registro atualizado em seu órgão de classe (CREA), quando couber.

Para o pessoal de nível fundamental, a Contratada deve possuir pessoal com formação profissionalizante, de acordo com as áreas de atuação essenciais ao projeto.

A equipe de nível técnico deve ser composta por profissionais com formação em mecânica, eletrotécnica ou eletroeletrônica, em edificações e em segurança do trabalho.

A Contratada deve comprovar mediante certificados emitidos por instituições de ensino técnico/superior, que possui profissionais qualificados em seu quadro de engenharia, capacitada para executar as melhores práticas e executar o projeto.

Recomenda-se que a equipe de engenheiros da empresa contrata atenda as seguintes características e requisitos:

Tabela 8: Requisitos da Equipe Contratada

Gerente de Projeto
<ul style="list-style-type: none"> • Formação em engenharia; • Experiência comprovada na implantação de projetos de Sistemas de geração de energia; • Experiência com projetos em áreas remotas.
Engenheiro Civil
<ul style="list-style-type: none"> • Experiência comprovada no projeto de Sistemas Fotovoltaicos de geração de energia; • Experiência comprovada, por acervo CREA, com fundações de Sistemas Fotovoltaicos de geração; • Experiência em projetos de estrutura metálica.
Engenheiro Eletricista com Experiência em Projetos de Sistema Solar Fotovoltaica
<ul style="list-style-type: none"> • Experiência comprovada na elaboração de projetos executivos de Sistema Solar Fotovoltaica; • Experiência em projetos de geração com potência instalada equivalente ao projeto em questão; • Experiência com Sistemas Fotovoltaicos cuja rede é formada por inversores de bateria.
Engenheiro Eletricista de Projetos de Baixa e Média Tensão
<ul style="list-style-type: none"> • Experiência comprovada por acervo CREA em projetos de instalações de baixa tensão em edifícios, subestações de geração distribuída e demais instalações elétricas de média tensão.
Gerente de Obra – Engenheiro Eletricista, Civil, mecânico ou de Produção
<ul style="list-style-type: none"> • Experiência comprovada por acervo CREA no gerenciamento de projetos de Sistemas de geração de energia.
Engenheiro Civil Supervisor de Obra
<ul style="list-style-type: none"> • Experiência comprovada por acervo CREA na supervisão de construção de estruturas metálicas e de Sistemas de energia;

Engenheiro Eletricista Supervisor de Obra
<ul style="list-style-type: none">Experiência comprovada por acervo CREA na supervisão de construção de instalações elétricas em plantas de geração ou subestações.
Engenheiro ambiental
<ul style="list-style-type: none">Experiência por acervo CREA em licenciamento ambiental de projetos de geração ou distribuição de energia;Experiência na supervisão de obras de Sistemas Fotovoltaicos de geração.

Obs.: Pode haver acúmulo de exercício de funções por um mesmo profissional, desde que comprovadas as experiências e capacitações específicas para cada função.

2.7. Serviços de Engenharia

Os serviços de engenharia prestados pela Contratada devem promover a uniformidade das ações de base para a implantação dos sistemas, ficando ela responsável pela reparação e apresentação do projeto.

Os projetos e desenhos devem ser preparados por projetistas e engenheiros qualificados, que atendam as especificações mínimas exigidas e tenham experiência nas áreas relevantes.

Os projetistas e engenheiros da Contratada devem estar disponíveis para participar das discussões com o representante da Contratante sempre que requisitados, até o fim do período de garantia previsto no contrato.

Integrando aos serviços de engenharia, a Contratada deve realizar os cálculos e estudos de todas as etapas do projeto, incluindo, mas não limitados a:

- Validação das especificações técnicas dos componentes principais dos Sistemas Fotovoltaicos, de forma a garantir a operação e a compatibilidade operacional dos Sistemas Fotovoltaicos.
- Visita ao local de implantação da Sistema, após o início dos serviços, para inspecionar a área e completar a base de informações do projeto. O gestor do projeto deverá participar da visita;
- Estudos e análises detalhadas do local, apresentando informações como: a atualização do consumo e da classificação dos consumidores, o levantamento topográfico e marcação dos terrenos e pontos de construção, o estudo e análise geotécnica;
- Cálculos estruturais necessários para todas as estruturas civis e a estrutura de montagem dos módulos do Sistema Solar Fotovoltaico;

- Estudos detalhados para proteção contra corrosão e resistência a intempéries.
- Estudos de projeto detalhado do sistema de drenagem, quando necessário;
- Estudos para avaliar as necessidades de ventilação natural ou forçada;
- Configuração definitiva do sistema fotovoltaico e, quando necessário, ajuste e validação do dimensionamento dos geradores e sistemas de acumulação;
- Cálculos de dimensionamento dos condutores e lista de condutores e cabos;
- Estudos de coordenação de proteção para o sistema geração-carga, para coordenar o sistema de proteção, determinando a sensibilidade de disjuntores, características de fusíveis e os parâmetros de eventuais relés programáveis;
- Estudos e cálculos para o sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDS)
- Projeto detalhado dos Sistemas Fotovoltaicos e do sistema de monitoramento para coleta de dados.

A Contratada deve obter e apresentar todas as licenças e permissões necessárias para a construção e operação dos sistemas em questão, como:

- Aprovação do projeto pelo órgão municipal responsável
- Licenças ambientais de instalação e operação;
- Alvarás para a construção;
- Registros da obra nas instituições/autoridades competentes;
- Registros no CREA.

2.8. Conformidade do Projeto com as Normas Técnicas Relevantes

O projeto deve obedecer às seguintes normas relevantes para sistemas fotovoltaicos e sistemas isolados:

IEC/TS 62257:2013	<i>“Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification”.</i>
IEC/TS 62548:2013	<i>“Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements”</i> indicando os principais requisitos para projetos fotovoltaicos
ABNT NBR 5410:2004	<i>“Instalações elétricas de baixa tensão”.</i>
ABNT NBR 5419:2005	<i>“Sistema de proteção contra descargas atmosféricas”.</i>
ABNT NBR 6123:2013	<i>“Formas devidas ao vento em edificações”.</i>

2.9. Serviços de projeto e construção

2.9.1.ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS GRUPOS CONSTRUTIVOS

2.9.1.1. Estrutura metálica

Os conjuntos de estruturas fixas de módulos fotovoltaicos serão fabricadas e instalados em acordo com as condições topográficas e de prevenção contra sombreamento entre si. A fundação e ancoragem no solo estarão em acordo com as condições geotécnicas do solo local. Portanto, a Contratada deverá realizar um estudo amostral do solo para garantir que o seu projeto de fundação atenderá as condições impostas pelas cargas estáticas e dinâmicas do local a longo da vida útil do projeto.

É importante que não haja acúmulo de água em nenhuma parte do sistema, seja no solo, na cobertura ou nas hastes de suporte. As águas pluviais devem escoar rapidamente e completamente, não podendo haver obstáculos que impeçam o escoamento ou provoquem a retenção de água.

Todos os apoios no solo da estrutura, deverão ser feitos com sapata. Para que não haja movimento das hastes, os vãos das pontas deverão ser contraventados em X e, nas laterais, deverão ser utilizadas travessas. Todas as emendas e fixações serão feitas com parafusos, porcas de pressão e arruelas.

Os módulos fotovoltaicos serão fixados nas estruturas por braçadeiras de alumínio ou inox, próprias para fixação rápida e evitar corrosão eletroquímica entre as partes em contato.

No caso de sistemas modulares, as estruturas devem ser geometricamente fixas, com inclinação para a melhor produção anual conforme latitude do local. Esse estudo deve ser apresentado.

É importante que os perfis das estruturas não fiquem expostas para fora de forma a evitar contatos com pessoas e animais, assim como se deve evitar pontas e cantos que possam causar cortes.

As características principais para a fabricação das estruturas metálicas, está disposto nas Tabela 1 à Tabela 3.

Tabela 1– Requisitos gerais para estruturas de sustentação dos módulos FV

Descrição	Requisito
Material resistente ou com proteção anticorrosiva	Proteção Classe C2 Aço com acabamento zincado à fogo
Distância entre os módulos	Conforme especificação do fabricante
Inclinação	Inclinação fixa de 23 graus
O módulo não deve ser considerado elemento estrutural. A estrutura deve ter contra travamento, viga, etc.	Exigido
O projeto/montagem dos módulos deve respeitar o manual de instalação respeitando as disposições, por exemplo, sobre: - Inclinação mínima dos módulos. - Pontos de fixação dos módulos. - Tipo de fixação (grampos, parafusos).	De acordo com as especificações do fabricante dos módulos.
Montagem da estrutura	De acordo com a NR 35 - Trabalho em Altura

Descrição	Requisito
Segurança	O sistema deve ser cercado, impedindo o acesso de animais e pessoas não autorizadas; Sinalização adequada de riscos e restrições de acesso; Extintores e quesitos de segurança conforme normas e pelo corpo de bombeiros

Tabela 2 – Garantia de Produto e Documentação

Descrição	Requisito
Garantia de fabricação da estrutura	Mínimo de 5 anos.
Catálogo de informação do produto.	Exigido.
Especificação técnica detalhada, contendo lista completa de materiais empregados na estrutura com referência do código do catálogo do fabricante.	Exigido
Manual de instalação/montagem da estrutura.	Exigido.
Termo de garantia do fornecedor.	Exigido.

Tabela 3– Projeto Estrutural e Comprovante de Qualidade dos Materiais

Descrição	Requisito
<p>Para o projeto estrutural da estrutura de montagem dos módulos, devem ser consideradas as seguintes ações:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ações permanentes: Peso próprio da estrutura, módulos fotovoltaicos, cabeamento, baterias, inversores e controladores, conforme pré-projeto em anexo. 2. Ações variáveis: <ol style="list-style-type: none"> a) Sobrecarga de utilização (NBR 6120); b) Cargas devidas ao vento (NBR 6123). <p>Para combinações de ações, deve-se ponderar cada uma de acordo com o tipo de combinação, as quais são fornecidas pela NBR 8681:2003.</p>	<p>Apresentar memorial do cálculo da verificação das estruturas; deverão ser obedecidos os critérios e requisitos de segurança conforme prescrito nas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).</p>
O detalhamento, fabricação e montagem das estruturas metálicas devem estar de acordo com as normas da ABNT e demais normas pertinentes.	Exigido
Certificados de qualidade e de procedência dos materiais utilizados. Perante a falta de certificados, devem ser apresentados os resultados de ensaios para determinação das características mecânicas do material e das superfícies.	Exigida a apresentação

2.9.1.2. Abrigo dos Equipamentos

O abrigo dos equipamentos contempla o inversor, controlador, placa de montagem elétrica, equipamentos de proteção e manobra, cabos e demais acessórios de montagem. Dentre as exigências do projeto destes abrigos tem-se:

- Os abrigos devem ser constituídos de material não vegetal, de longa durabilidade e pouca manutenção. De preferência devem ser fabricados em aço carbono com pintura eletrostática poliéster, chapa com espessura de no mínimo 1,5 mm.
- Os equipamentos devem ser fixados em uma placa de montagem própria, fixa ao

abrigo, com espessura mínima de 2,0 mm.

- Devem possuir IP54 e ter perfeita vedação contra poeira e entrada de insetos e animais peçonhentos.
- O abrigo dos equipamentos deve ser mantido dentro da faixa de operação dos equipamentos (em torno de 45 °C), para garantir que não ocorra redução de potência ou desligamento dos mesmos.
- O projeto de ventilação natural deve garantir que os equipamentos operem na faixa de temperatura que garanta sua máxima operação.
- Os abrigos devem ser identificados e apresentar sinalização de riscos de choque elétrico.
- Possuir restrições de acesso, por meio de chaves ou cadeados. Recomenda-se travas com chave segredo ou cadeado. A porta deve permitir uma abertura fixa de 130 graus, facilitando a manutenção.
- As portas devem possuir borracha de vedação. Pede-se a instalação de um porta-documentos na parte interna dos abrigos, com os desenhos e principais documentos do sistema.
- Os abrigos devem possuir entrada/saída de cabos pela parte inferior com furos para prensa-cabos ou box reto alumínio.
- As saídas de ar devem possuir telas contra entrada de insetos e seu entorno devem ser vedados contra a entrada de água, inclusive em condições de chuvas fortes e temporais.
- O projeto deve prever o modo de fixação dos abrigos na estrutura ou no solo.
- Todas as portas devem abrir para fora dos abrigos e serem resistentes ao fogo. Dependendo das dimensões dos abrigos, deve-se também inserir ao projeto barras acionadas por alavanca de compressão.
- O abrigo dos equipamentos deve possuir ao menos uma tomada para manutenção.
- Dependendo da dimensão dos abrigos, os mesmos devem ser equipados com iluminação que garanta um nível mínimo de 500 lux nas áreas de trabalho. Todos os pontos de trabalho devem ter iluminação apropriada, que garanta conforto e segurança para realização das atividades.
- Na estrutura, em local próximo aos abrigos, deve-se inserir um extintor portátil.
- Recomenda-se a instalação de uma placa de acrílico como barreira física do quadro elétrico. Recomenda-se extintor de incêndio tipo ABC 1 kg.
- Todos os materiais utilizados devem possuir propriedades anti-chamas que evitem a propagação do fogo.

2.9.1.3. Abrigo de Baterias

O abrigo baterias contempla exclusivamente o banco de baterias. Dentre as exigências do projeto destes abrigos tem-se:

- Os abrigos devem ser constituídos de material não vegetal, de longa durabilidade e pouca manutenção. De preferência devem ser fabricados em aço carbono com pintura eletrostática poliéster.
- Devem possuir proteção contra entrada de água e possuir saída para ventilação, de modo que os gases liberados pelas baterias não sejam armazenados em seu interior.
- Possuir isolamento térmico, de modo que a temperatura interna esteja sempre abaixo da temperatura externa adicionada de 5 °C. Recomenda-se o uso de manta térmica de polietileno aluminizada, com espessura mínima de 10 mm, com a superfície aluminizada voltada para o interior do abrigo. Para isso o fornecedor deverá avaliar e projetar um sistema de ventilação natural ou forçada, em último

caso. No caso de ventilação forçada o projetista deverá considerar esse adicional de potência no sistema de geração e submeter à aprovação da ENERGISA, evidenciando a necessidade ou não de aumento da capacidade do sistema para assegurar o fornecimento da energia garantida.

- Deve-se instalar na parte inferior bandejas para retenção de eletrólito. No caso de uso de múltiplas bandejas, não se deve ter frestas entre as bandejas. De modo algum o ácido pode ser despejado na natureza. Cuidar para que a água das chuvas não penetre nas bandejas,
- Os abrigos devem ser identificados e apresentar sinalização de riscos de choque elétrico.
- Possuir restrições de acesso, por meio de chaves ou cadeados. No caso de múltiplos cadeados, deve-se ter apenas uma chave
- Dependendo da dimensão dos abrigos, os mesmos devem ser equipados com iluminação que garanta um nível mínimo de 500 lux nas áreas de trabalho. Todos os pontos de trabalho devem ter iluminação apropriada, que garanta conforto e segurança para realização das atividades;
- Na estrutura, em local próximo aos abrigos, deve-se inserir um extintor portátil;
- O projeto deve prever o modo de fixação dos abrigos na estrutura ou no solo;
- As saídas de ar devem possuir telas contra entrada de insetos e seu entorno devem ser vedados contra a entrada de água, inclusive em condições de chuvas fortes e temporais. Pede-se tela de ácido inoxidável.
- Todos os materiais utilizados devem possuir propriedades anti-chamas que evitem a propagação do fogo.

2.9.1.4. Sistema de aterramento e proteção contra descargas atmosféricas

O PDA deve ser realizado conforme norma 5419:2015 rev. 2018 partes I, II III e IV, de mesmo modo, o projeto de aterramento deve seguir a norma ABNT NBR 5410:2004, recomendações e filosofias definidas pelos fabricantes dos equipamentos, além de eventuais normas complementares internacionais necessárias para correto dimensionamento e implementação dos sistemas. Além disso, o projeto de aterramento deve conter:

- O anel de aterramento enterrado é requisito mínimo e obrigatória, conforme NBR 5410, podendo ser complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente;
- Todas as partes metálicas devem estar interligadas, isoladas das partes energizadas e ligadas à malha de aterramento;
- O anel de aterramento deve ser conectado diretamente no barramento terra, do mesmo que as estruturas e equipamentos também devem ser ligadas ao barramento;
- O barramento terra deve estar localizado no quadro elétrico, próximo a saída CA;
- O aterramento deve ser realizado conforme aterramento do inversor (TT, TN-C, TN-S e TN-C-S);
- As estruturas devem ser equipotencializadas, assim como os condutores metálicos das linhas de energia que entram e saem da estrutura juntamente com os condutores de proteção, blindagem e armações.
- Para garantir a proteção contra choques elétricos, de acordo com a NBR 5410:2005,

todas as partes metálicas não destinadas a conduzir corrente (caixa de junção e estrutura do sistema fotovoltaico, portas metálicas, telas, outros) deverão estar interligadas eletricamente, isoladas das partes energizadas, e ligadas à malha de terra do sistema através de condutor de cobre nu.

- O barramento de equipotencialização principal deve estar localizado no quadro geral. Quanto aos condutores de equipotencialização, seu dimensionamento deverá ser feito de acordo com a NBR 5410:2005.
- O estudo de solo deve contemplar a medição da resistividade do solo local;
- Deve ser fornecido relatório técnico com registro fotográfico de todos os componentes de aterramento enterrados, incluindo medição da profundidade dos cabos;
- No caso de o uso de hastes verificar efetividade do paralelismo das hastes, já que o mesmo varia conforme o afastamento entre elas (ou seja, conforme o tamanho dos arranjos de FVs);
- O condutor de aterramento deve ser de cobre, com bitola mínima de 25 mm² e no caso de condutores enterrados diretamente no solo com bitola mínima de 50 mm².

Tabela 4 - Seções mínimas de condutores de aterramento enterrados no solo

	Protegido contra danos mecânicos	Não protegido contra danos mecânicos
Protegido contra corrosão	Cobre: 2,5 mm ²	Cobre 16 mm ²
Não protegido contra corrosão	Cobre: 50 mm ² (solos ácidos ou alcalinos)	

Fonte: NBR 5410

- Os condutores terra deverão ser sinalizados na cor verde ou verde/amarelo;
- A malha ou anel de aterramento deve ter profundidade mínima de 50 cm;
- Considerar as seguintes medidas de proteção;
 - Isolação das partes condutoras;
 - Aumento da resistência de contato (brita ou asfalto);
 - Dispositivo de alerta;
 - Blindagem;
 - Roteamento fiação;
 - Interfaces isolantes;
 - Acoplamentos indutivos e resistivos:
 - Descarga na estrutura
 - Próximo da estrutura
 - Transmitidas por linhas
 - Campo magnético diretamente acoplado no aparelho
 - Levantar os níveis de suportabilidade com o fabricante.

O PDA deve:

- Ser realizado e apresentado o cálculo de SPDA e MPS conforme norma 5419 atualizada e a classe de proteção exigida pelo tipo de construção;
- O estudo de SPDA deve avaliar descargas na estrutura, próximas à estrutura, sobre as linhas elétricas e tubulações metálicas que entram na estrutura e nas proximidades de uma linha elétrica ou tubulação metálica;

- Caso seja necessário o uso de para-raios, o mesmo deve ser posicionado na parte traseira do painel com haste própria, de modo que não interfira de modo algum no desempenho do sistema fotovoltaico;
- O sistema fotovoltaico deve estar dentro da área do SPDA, porém deve-se considerar a distância de separação (NBR 5419). A observância da distância de separação é necessária para evitar arcos elétricos e outras interferências dos SPDA no sistema fotovoltaico. Para o projeto executivo, as distâncias de separação devem ser calculadas conforme a Norma NBR 5419;
- No caso de atendimento ao item anterior, os inversores devem ser protegidos por DPS tipo 2 na sua entrada CC. Caso contrário, é indispensável o uso de DPS tipo 1;
- Ao usar um DPS do tipo 2 na entrada do inversor, os condutores da string podem ser colocados em uma única canaleta metálica, ou eletrocalha, com tampa projetada para abrigar condutor de cobre de seção equivalente a 10 mm². Opcionalmente, podem ser utilizados cabos blindados para a interligação do gerador fotovoltaico e o inversor;
- Os inversores deverão ser equipados com DPS tipo 3 para proteção final;
- A saída CA dos inversores deve ser protegida por DPS combinado tipo 1 e tipo 2;
- Ao selecionar o DPS, observar se o circuito é de corrente contínua ou alternada. Observar também a tensão máxima de conexão. No circuito CC do gerador fotovoltaico isso corresponde à tensão máxima de operação do sistema. Os DPS's devem atender a IEC 1643-11:2011;
- Posicionar os condutores das strings visando reduzir a indução nesses circuitos. Deve ser evitada a criação de laços de condutores.
- Atendimento as seguintes normas:
 - IEC 61643-1 - *"Low voltage surge protective devices"*: definição das características dos equipamentos de DPS;
 - IEC/TS 62548 - *Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements"*: orientações gerais para projetos fotovoltaicos (parte CC) incluído DPS;
 - CLC/TS 50539-12 - *"Low-voltage surge protective devices – Surge protective devices for specific application including d.c. – Part 12: Selection and application principles – SPDs connected to photovoltaic installations"*: critérios para a escolha e localização dos DPSs;
 - IEC 62305-3 - *"Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard"*.

2.9.1.5. Sistemas Auxiliares Elétricos

Os equipamentos principais e auxiliares devem ser abrigados, com controle de acesso e proteção IP54. Os equipamentos podem ser abrigados no mesmo abrigo dos equipamentos.

2.9.1.6. Cabos e interligações

2.9.1.6.1. Condutores CC das ligações fotovoltaicas

Os condutores do circuito CC, responsáveis pelas ligações entre os módulos fotovoltaicos e entre os módulos e a caixa de junção, ou a caixa principal, devem

atender ao requisito da norma específica para condutores string em sistemas fotovoltaicos, TUV 2 Pfg 1169/08.2007 ou UL4703.

Os condutores devem ser isolados, instalados em eletrodutos e em dutos enterrados conforme o caso. Todos os condutores devem ser fixados em estruturas, de modo a garantir que não sejam danificados por esforços mecânicos. Para isto, considerar:

- Peso próprio dos condutores;
- Vento, chuva e outros fenômenos que possam causar esforços mecânicos.

Também não deve haver movimento dos condutores que possam desgastar o seu isolamento. A opção mais simples para fixar os condutores é usar braçadeira. Tubos flexíveis de proteção, calhas e grampos também podem ser usados como sistemas alternativos de fixação. Os vários materiais da fixação dos condutores tais como as braçadeiras, devem ser resistentes à ação do tempo e às intempéries.

Condutores fotovoltaicos e conectores não devem ser colocados em qualquer bandeja ou depressão ou atrás de barreira que possibilite o acúmulo de água.

Durante o processo de instalação, os conectores não podem ser abertos sem a tampa de proteção para assegurar que não entre umidade no encapsulamento IP67, exceto no momento em que forem conectados. Isso significa que os módulos devem ser entregues no local curto-circuitados ou com tampas apropriadas que protejam o conector contra a entrada de água, névoa, poeira ou qualquer outra substância que possa impactar o funcionamento do conector durante sua vida útil esperada, acima de 25 anos.

2.9.1.6.2. Demais condutores

Para os demais condutores empregados nos circuitos de corrente contínua e corrente alternada, deve-se seguir as recomendações presentes na Norma NBR 5410 atualizada e recomendações dos fabricantes dos principais equipamentos componentes dos sistemas (inversores, controladores de carga, entre outros).

Os cabos de corrente contínua para a alimentação de controle devem ter condutor de cobre flexível multiformado (stranded) de condutividade elevada, isolamento HEPR em composição não alógena, com blindagem, classe de isolamento 0,6 kV. Normas NBR728.

2.9.1.7. Quadros e equipamentos de proteção

Deve ser apresentado, juntamente com o memorial de cálculo elétrico, o dimensionamento dos elementos auxiliares, componentes do quadro elétrico.

- Recomenda-se o uso de disjuntores, pela facilidade de manutenção.

- Disjuntor (es) de baixa tensão CA seja (m) do tipo termomagnético, com manopla de comando frontal, frequência de trabalho de 60 Hz, dimensionado (s) para a capacidade de interrupção de cada circuito, grau de proteção IP20, e com sinalização de posição dos contatos. Pede-se considerar disjuntos de curva rápida (IEC 60947, curva Z) dimensionados para a corrente nominal do sistema e para permitir a corrente de partida das cargas motrizes da instalação.
- As chaves seccionadoras CC devem permitir abertura sob carga. Deve-se utilizar uma chave seccionadora CC bipolar para garantir a segurança;
- A chave seccionadora CA deve ser montada na caixa principal de tal forma que, mesmo com a caixa fechada, através do visor transparente se possa verificar sua condição: aberta ou fechada;
- Deve ser apresentada as curvas de cada disjuntor utilizado, bem como apresentar seu cálculo no memorial de cálculo elétrico;
- Os equipamentos de proteção, bem como barramentos e conectores devem possuir uma barreira de acrílico, de modo a evitar contato indevido com partes vivas;
- Devem-se ser respeitadas as normas:
 - IEC 60947-2 – *“Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers”*
 - NBR 5410 – *“Instalações elétricas de baixa tensão”*

2.9.1.8. Itens de Segurança

Deve-se garantir a proteção de pessoas, equipamentos, estruturas físicas e demais itens. É importante que o sistema possua os seguintes itens:

- Restrição de acesso a área do sistema;
- Extintor de incêndio adequado incêndio de classe C;
- Sinalização de aviso de perigo de choque elétrico;
- Restrição de acesso aos abrigos por meio de chaves ou cadeados;
- Controle e monitoramento de acesso.

2.9.1.9. Equipamentos Sobressalentes

Considerando um horizonte de 5 anos, recomenda-se que, para cada sistema haja uma combinação de equipamentos sobressalentes conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Sobressalentes por sistema

Equipamento	Quantidade sobressalente total
Módulo de painel fotovoltaico	1600
Controlador de carga	200
monobloco baterias (lítio ou chumbo-ácido)	300 (lítio) 7200 (PbC)

Inversor	300
----------	-----

3. Serviços de Transporte, Montagem Mecânica e Civil

3.1. Transporte

É de responsabilidade da contrata o transporte dos equipamentos, listados no item 1.1.1 e 1.1.2, o gabinete e todos os equipamentos, materiais e insumos necessários para a instalação desde as bases das cidades de Aquidauana, Coxim e Corumbá para as propriedades descritas na primeira fase da Universalização. A mesma é responsável pela definição e programação de uma frota de transporte. A infraestrutura logística deve atender as normas para transporte de materiais e equipamentos, por exemplo de baterias: via terrestre da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), por exemplo da Resolução nº420 e o transporte fluvial pela ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário). Esses equipamentos devem ser adequadamente condicionados seguindo as recomendações dos seus fabricantes.

A contratada se obriga a disponibilizar veículos em perfeitas condições operacionais, sendo a mesma a única responsável pela sua integridade, arcando com todos os custos cabíveis para isso. Caso seja constatada defeitos ou condições inseguras para transporte de pessoas e equipamentos a contratada deverá substituir os veículos no máximo em 24 horas.

Os custos de mantimentos, alojamento, deslocamentos, despesas médicas e seguros com os recursos humanos devem ser considerados na proposta da contratada. O número de pessoas por frota/modal, deve ser a necessária para garantir a continuidade das atividades, de forma ininterrupta, conforme cronograma descrito acima.

O gestor da frota deve garantir que todos os recursos da Contratada estejam disponíveis para atendimento aos cronogramas descritos acima. Inspeções periódicas serão realizadas pela Contratante em campo, sendo que os custos logísticos deverão ser considerados na proposta.

Conforme artigo 2º da lei N°9.611 de 19 de fevereiro de 1998, “o transporte multimodal de cargas é aquele que, regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidade de transporte, desde a origem até o destino”. Devido as peculiaridades de acesso na região do Pantanal sul-mato-grossense, o transporte multimodal é comum para chegar as propriedades.

Para realização do transporte, o operador do transporte deve possuir habilitação prévia e o registro na Secretaria-Executiva do Ministério dos Transportes

(DECRETO Nº 3.411). A documentação e o procedimento de transporte devem respeitar as exigências e recomendações de cada tipo de modal utilizado.

3.2. Montagem Mecânica e Civil

A contratada deverá estabelecer bases nas cidades satélite do Pantanal -MS, de forma que concentre suas atividades de pré-montagem mecânica e civil. Este procedimento procura estabelecer eficiência do processo de transporte, instalação e comissionamento. A contratada deve estabelecer um centro de pré-montagem, testes e condicionamento para transporte dos equipamentos até as sub-bases e, na sequência até as propriedades.

A contratada deverá definir um protocolo de montagem mecânica e civil em campo, considerando o detalhamento de materiais e insumos por etapas, de forma a efetivar o transporte de materiais. Esse protocolo deverá ser apresentado à contratada no início das atividades.

O acesso ao sistema fotovoltaico deve permitir a fácil e segura chegada e saída do pessoal de manutenção e do transporte de bens. Deve prever estação para carga/descarga de equipamentos e para material de operação e manutenção (reparo, substituição)

Na montagem civil deve-se considerar que o sistema deve ser cercado, a porta deve abrir para o exterior e possuir cadeado, impedindo a entrada de pessoas não autorizadas.

A cobertura será formada pelos painéis fotovoltaicos, conforme projeto executivo a ser aprovada pela Contratante.

Águas pluviais devem escoar da cobertura formada pelos painéis solares rapidamente e completamente. Não deve haver acúmulo de água.

As fundações devem ser realizadas considerando o projeto executivo aprovado e para isso deve-se considerar o transporte de areia, cimento e pedra para os locais de instalação.

Antes da instalação do sistema fotovoltaico deverá ser feita a demarcação da área de impacto da instalação, retirada de objetos, limpeza do local de trabalho.

Na sequência deverá ser feita o nivelamento do terreno de forma que se evite acúmulo de água. Nos casos em que o alagamento do solo é frequente deve-se verificar que a instalação dos equipamentos fique a um nível seguro no nível máximo de água.

A instalação do sistema deve considerar a correta inclinação e orientação em

relação ao sol, de forma que, seja extraída a máxima energia solar pelas placas considerando 1 ano de operação. Conforme protocolo de comissionamento o instalador deverá garantir uma máxima energia gerada média anual por sistema.

A conexão entre a fonte e a carga deverá obedecer a as normas da distribuidora, devendo considerar todos os materiais e serviços para tal.

É de responsabilidade da contratada nomear um responsável técnico nas instalações que deverá dialogar com a supervisão da contratante.

4. Serviços de Comissionamento

4.1. Padrão de Procedimentos para o Comissionamento

De acordo com as boas práticas em níveis nacional e internacional, modelos de contratos turn-key internacionais e de normas técnicas internacionais, foi elaborado o seguinte padrão para os procedimentos do comissionamento:

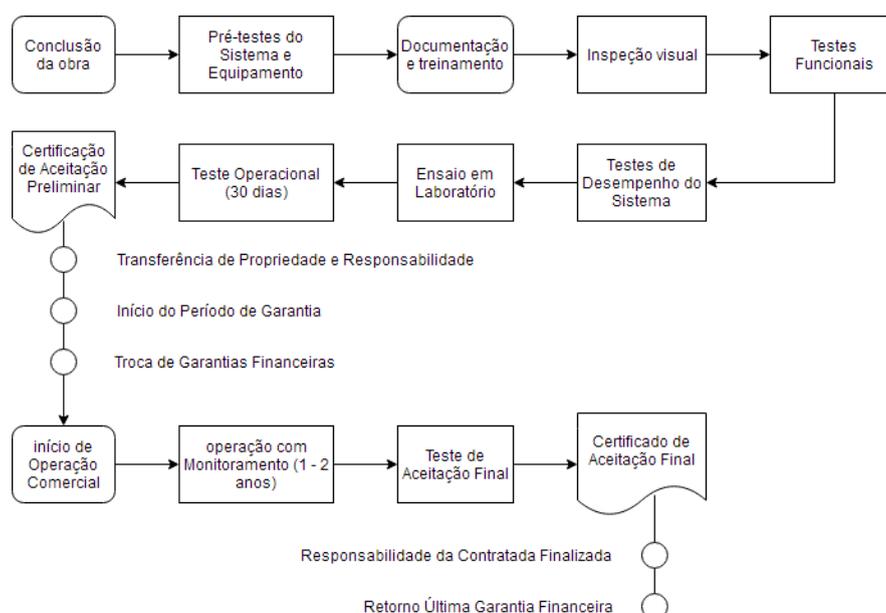


Figura 4: Procedimento Padrão de Comissionamento

A Contratante deve participar do comissionamento para facilitar o processo de transferência de responsabilidade, documentando integralmente os resultados.

4.2. Pré-condicionantes para o Comissionamento

Antes de iniciar os procedimentos de comissionamento, devem ser observadas as seguintes condições:

- Os procedimentos de comissionamento adaptados às características específicas da obra devem ser aprovados pela Contratante;
- A Contratante deve ser informada, por escrito, se a obra a ser comissionada, ou parte dela, está totalmente concluída, incluindo o seu acabamento, como identificação de todos os componentes, sinalização de áreas de risco, entre outros. Todas as pendências na obra devem ser informadas, por escrito, à Contratante. Em caso de um grande número de pendências, o comissionamento deve ser postergado;
- Os testes preliminares (testes operacionais dos componentes e do sistema) devem ser realizados e documentados. A documentação dos testes e seus resultados devem ser entregues à Contratante;
 - A documentação completa do sistema fotovoltaico deve ser apresentada à Contratante incluindo, entre outros:
 - Manuais de instalação e de O&M dos equipamentos;
 - Manuais de O&M do sistema fotovoltaico;
 - Desenhos *As Built*;
 - Relação dos testes de aceitação em fábrica, com os respectivos certificados e relatórios, caso exigido ou realizado.
- O pessoal de O&M deve ser treinado e capacitado para operar o sistema fotovoltaico e realizar sua manutenção;
- O comissionamento deve ser preparado pela Contratada e envolver:
 - Planejamento e estruturação do comissionamento;
 - Equipamentos de teste e ensaio *in-loco*;
 - Pessoal qualificado para o comissionamento.

Caso essas condições não sejam completamente atendidas para o sistema como um todo, ou partes em questão, o comissionamento não deve ser realizado, pois se encontrará uma situação em que faltam organização e estruturação, provavelmente exigindo a postergação do comissionamento para um segundo momento.

A verificação dos desenhos *As Built* integra o comissionamento. Assim, se a documentação estiver incompleta, não poderá ser utilizada.

4.3. Requisitos Contratuais do Comissionamento

O contrato com a Contratada deve prever a definição dos seguintes itens:

- Procedimentos básicos de comissionamento.
- Garantias de desempenho para cada subsistema de geração, onde cada subsistema representa um módulo de 80 kWh, e para o sistema inversor-bateria:
 - Geração de energia renovável, considerando uma referência climática definida – irradiação;
 - Potências dos subsistemas para cada tipo de gerador;
 - Eficiência mínima do subsistema inversor-bateria;
 - Resistência à ciclagem da bateria;
- Procedimentos de verificação;
 - Descrição dos testes e medições;
 - Metodologia de correção de grandezas – para potências diferentes da nominal e para dados meteorológicos diferentes da referência meteorológica.
- Critérios de aceitação, rejeição, melhoria ou reparo de falhas:

- Procedimento caso o resultado dos testes não seja aceitável.
- Penalidades e seu cálculo:
 - Caso o problema não possa ser resolvido, mas o desempenho não coloque em risco o atendimento da demanda da comunidade, as perdas financeiras futuras da Contratante devem ser ressarcidas, como custos mais elevados de O&M, de combustível, entre outros. A Contratante deve ser indenizada ou ter as penalidades referentes pela Contratada;
 - Retenção do pagamento, ou de parcela do pagamento, até a regularização e/ou correção das pendências.

4.4. Responsabilidades Durante o Comissionamento

A responsabilidade para a realização do comissionamento é da Contratada. Durante essa fase a Contratada ainda é a responsável pela obra e equipamentos. Somente a Contratada deve fazer intervenções e manobras no sistema, de forma a garantir que não haja danos por terceiros. Além disso, a Contratada tem o dever de apresentar as evidências de que a obra atende os requisitos contratuais e que foi realizada conforme o projeto executivo.

Assim, a Contratada é encarregada pela preparação dos procedimentos de comissionamento, adaptados às características específicas da obra. Também é de sua competência a organização da logística, a preparação do local da obra para a inspeção e a realização dos testes.

Para execução dos testes, a Contratada deve disponibilizar os equipamentos necessários à realização destes, além de contratar os ensaios que forem necessários.

A Contratante, por sua vez, é responsável por revisar os procedimentos de comissionamento proposto pela Contratada, realizar a inspeção visual da obra, participar e acompanhar os testes e receber a obra.

5. Inspeção Visual

5.1. A Inspeção Visual

A inspeção visual é efetuada durante o comissionamento, antes e após a energização dos equipamentos. O responsável pela inspeção visual é a equipe técnica da Contratante e/ou consultoria especializada contratada pela mesma para esse fim.

Problemas, defeitos e inconformidades devem ser registrados e levados ao conhecimento da Contratada. No registro da inspeção, anotar data e hora das

observações. Utilizar equipamentos como câmera fotográfica, GPS, e outros que possibilitem enriquecer a documentação referente à inspeção.

Na inspeção visual, devem ser respeitados os requisitos e critérios a seguir:

5.1.1. Critérios gerais para um bom acabamento

Tabela 9: Critérios da Inspeção Visual

Item	Requisito
Obra Civil	
Leitos de cabos e dutos.	Não deve haver infiltração ou acúmulo de água nos leitos de dutos e cabos, em nenhum momento.
Instalação dos Módulos Fotovoltaicos	
Módulo.	A instalação deve respeitar os requisitos do fabricante: conexão dos cabos, layout dos módulos, posição de fixação dos grampos (horizontal ou vertical).
Condições do módulo após instalação.	Ausência de riscos e rachaduras no vidro. Ausência de riscos e danos da camada traseira do módulo. Ausência de dobras, torção ou danos na estrutura do módulo.
Localização específica do módulo.	O número de série de cada módulo, de acordo com o local de instalação, deve ser documentado.
Instalação Elétrica	
Medidas de segurança.	Todas as medidas de segurança, bem como a instalação de equipamentos de proteção, devem estar concluídas.
Identificação dos cabos.	Devem ser utilizadas etiquetas ao invés de marcação com canetas de escrita permanente.
Fixação dos cabos CC e CA nos plugues	Devem ser adequadamente fixados, permitindo a expansão e a contração

	<p>dos cabos.</p> <p>É requerida proteção adequada em arestas e cantos.</p> <p>Emendas devem ser evitadas.</p>
Proteção dos conectores do módulo durante a instalação.	Os conectores devem estar sempre vedados e isolados durante a instalação dos módulos e cabeamentos para evitar a entrada de umidade.
Fixação dos conectores dos módulos.	Os conectores dos cabos dos módulos devem estar protegidos contra influência do clima em geral e, particularmente, da água. Por exemplo: fixados na parte inferior do módulo.
Instalação dos cabos	<p>Devem ser protegidos da incidência de luz solar direta e da água da chuva.</p> <p>Não podem ser lançados sem proteção sobre a cobertura de metal ou outras superfícies metálicas com incidência direta da luz solar.</p>
Instalação dos inversores.	Todos os inversores devem estar identificados com seu respectivo número de série e sinalização de segurança. A funcionalidade de cada inversor deve ser verificada no local, de acordo com os requisitos do fabricante.
Ventilação das baterias, inversores e controladores	<p>A sala dos inversores deve ser equipada com sistema de ventilação (natural ou forçada, se requisitado) para manter a temperatura e umidade nas condições adequadas de operação do inversor.</p> <p>Checar o diâmetro da ventilação, que deve estar de acordo com o solicitado pelo fabricante.</p>
Infraestrutura do Sistema Fotovoltaico	

Documentação técnica.	O sistema fotovoltaico deve estar completamente instalado de acordo com o projeto executivo e documentado em arquivos “como construído” – <i>As Built</i>
Limpeza da obra.	As instalações devem ser mantidas limpas e organizadas.
Sistema de monitoramento.	Todos os sensores solicitados devem estar adequadamente instalados, configurados de acordo com o manual do fabricante e conectados ao sistema de monitoramento, tendo todas as suas funcionalidades testadas.
Componentes.	Todos os componentes devem estar livres de qualquer defeito aparente.
Diagramas elétricos.	O diagrama unifilar final do Sistema Fotovoltaico deve estar afixado em local adequado na obra.
Estrutura de montagem.	Medidas anticorrosivas devem ser utilizadas.
Equipamentos e documentação	
Peças sobressalentes e ferramentas.	Devem estar sempre disponíveis de acordo com a proposta e requisitos do manual de O&M.
Documentação do Sistema Fotovoltaico.	Deve estar completamente de acordo com os requisitos do manual de O&M, incluindo as garantias dos equipamentos e dos componentes fornecidos pelo fabricante.

5.2. Sistema fotovoltaico

- Segurança
 - Verificar se o sistema de controle de acesso ao sistema fotovoltaico está em conformidade com o projeto executivo;

- Verificar se os equipamentos de geração que oferecem riscos de choque elétrico, como as caixas de junção em Sistemas Fotovoltaicos fotovoltaicas, estão devidamente sinalizados e protegidos com cerca ou cadeado, evitando o acesso do público geral.
- Acesso
 - Verificar se existe infraestrutura necessária, como trapiche, estrada, etc.;
 - Verificar se o acesso ao sistema fotovoltaico permite uma fácil e segura entrada e saída das equipes de trabalho e do transporte de bens;
 - Verificar se existe área apropriada para carga e descarga de equipamentos e materiais para O&M.
- Entregar *checklist* da inspeção visual com a conformidade e observações.

5.3. Documentação e Outros

- Documentação do projeto
 - Verificar se os desenhos *As Built* de todo o sistema foram entregues;
 - Verificar se o manual de operação e manutenção do sistema fotovoltaico foi entregue e se abrange todos os aspectos do Sistema Fotovoltaico e as atividades de O&M;
 - Verificar se os desenhos *As Built* estão compatíveis com o projeto da obra;
 - Verificar se os procedimentos de O&M estão corretos e são válidos.
- Documentação dos Equipamentos e Materiais
 - Verificar se os catálogos, manuais de instalação, manuais de O&M e contatos com fornecedores foram entregues;
 - Verificar se os certificados de garantia dos fabricantes foram entregues.
- Documentação dos Testes
 - Verificar se foram entregues os protocolos de teste de todos os equipamentos e das funções do Sistema como um todo.
- Treinamento de O&M

- Verificar se o treinamento foi realizado e atendeu todo o cronograma previsto;
- Verificar se todos os funcionários da Contratada, que serão responsáveis pelas atividades de O&M, receberam o treinamento adequado para executar essas atividades.
- Chaves e Códigos de Acesso
 - Verificar se todas as chaves ou senhas para acesso aos abrigos e caixas de conexões foram entregues e se estão corretas e devidamente identificadas;
 - Verificar se todos os códigos de acesso eletrônico aos sistemas, como bancos de dados, softwares, configurações de equipamentos, entre outros, foram entregues e estão devidamente documentados.
- Peças Sobressalentes e Ferramentas
 - Verificar se as peças sobressalentes e as ferramentas foram entregues conforme especificado no contrato.
- Entregar *checklist* da inspeção visual com a conformidade e observações.

5.4. Abrigo dos Sistemas Fotovoltaicos

- Conformidade
 - Verificar se as dimensões do abrigo atendem as especificações do projeto executivo;
 - Verificar se todos os materiais atendem às especificações da lista de materiais e/ou do projeto executivo;
 - Verificar se a qualidade das superfícies externas e internas (pisos, cobertura, abertura, portas, entre outros) atende às descrições constantes no projeto executivo.
- Estrutura
 - Verificar se todos os elementos estruturais (colunas, vigas, fundações, lajes) do abrigo foram confeccionados com materiais e dimensões determinadas no projeto executivo;
 - Verificar se, em campo, as características físicas dos materiais estruturais, em especial no caso de materiais com desempenho elevado, como ligas de aço especiais, concreto de alta compressão, entre outros, atendem às descrições constantes no projeto executivo;

- Verificar se o material estrutural está em perfeitas condições e em conformidade com a superfície especificada. Verificar zincagem, qualidade do concreto, recobrimento de aço de reforço em concreto, tratamento de madeira;
- Verificar se a exposição do material estrutural às intempéries está em conformidade com sua resistência, garantindo a conservação da estrutura durante sua vida útil especificada. Por exemplo: galvanização do aço deve estar conforme a classe de corrosão do ambiente; o tipo de aço adequado à aplicação (externo, interno, classe de corrosão do ambiente).
- Verificar se as águas pluviais escoam rápida e completamente das cantoneiras. Não devem existir obstáculos que inibam o escoamento da água, provocando a sua retenção;
- Cobertura
 - Verificar se a cobertura apresenta declividade suficiente para o escoamento de água pluvial de maneira rápida e completa;
 - Verificar se a camada impermeabilizante (manta de impermeabilização, revestimento de impermeabilização) está em perfeitas condições de acabamento;
 - Verificar se os detalhes de vedação (massa de emboço, arremates, pontos de entrada de eletrodutos) são impermeáveis e apresentam excelente acabamento;
 - Caso exista um sistema de calhas e drenos, este deve possuir a inclinação adequada para o escoamento da água, estar limpo e sem obstruções;
- Aberturas
 - Verificar se as posições e dimensões das aberturas estão conforme projeto executivo;
 - Verificar se as aberturas abrem conforme o projeto executivo;
 - Verificar se as aberturas possuem proteção contra acesso indevido;
 - Verificar se as fechaduras abrem perfeitamente e se todas as chaves foram entregues e estão identificadas;

- Verificar se as aberturas são constituídas de material durável, possuem revestimento adequado, estão bem acabadas e se encaixam perfeitamente nas esquadrias.
- Ambientes Internos
 - Verificar se as dimensões estão em conformidade com o projeto executivo;
 - Verificar se as características físicas dos ambientes, como bacias de retenção com dimensões definidas, bancadas, fundações para grupo gerador, entre outros, estão conforme as especificações do projeto executivo.
- SPDA
 - Verificar se a posição dos captores, suas características e fixação estão conforme o projeto executivo;
 - Verificar se a fixação dos captores está bem assentada no solo e apresenta um ângulo de 90° com o plano horizontal, lembrando que em caso de raios haverá grandes esforços mecânicos.
- Instalação Elétrica Interna
 - Verificar se está conforme o projeto executivo em termos de quantidade e posição dos itens especificados como interruptores, tomadas, luminárias, cabeamento; e se a instalação apresenta acabamento adequado;
 - Verificar se todos os itens da instalação elétrica funcionam perfeitamente;
- Características Gerais
 - Verificar se os drenos, calhas e colunas de água pluviais, caso previstos, estão perfeitamente vedados e limpos, permitindo o rápido escoamento da água mesmo em caso de tempestade;
 - Verificar se os elementos de segurança de pessoas estão perfeitamente acabados e corretamente fixados;
 - Verificar se o local está limpo, parte interna e externa do abrigo, com a remoção e descarte de quaisquer resíduos da construção;
 - Verificar se os extintores e demais requisitos de segurança estão em conformidade com o projeto executivo;
 - Verificar se os ambientes que apresentem riscos e restrições de acesso estão devidamente sinalizados.
- Abrigo das Baterias, Inversores e Controladores

- Verificar se o abrigo possui dois compartimentos separados, tendo um para as baterias e outro para os demais equipamentos elétricos.
- Verificar se possuem aberturas de ventilação e/ou ventilação cruzada conforme determina o projeto executivo;
- Verificar se as áreas estão em conformidade com os requisitos do fabricante;
- Verificar se sob as baterias foram instaladas bandejas ou bacia de retenção do ácido, devidamente impermeabilizadas, e se o volume destas está em conformidade com o projeto executivo.
- Verificar se o abrigo é confeccionado com material resistente ao ácido ou protegida por um revestimento anticorrosivo;
- Entregar *checklist* da inspeção visual com a conformidade e observações.

5.5. Arranjo fotovoltaico

- Conformidade
 - Verificar se as dimensões da estrutura de montagem dos módulos, partes estruturais, fundações, estão em conformidade com o projeto executivo;

- Verificar se os materiais empregados são os mesmos especificados na lista de materiais do projeto executivo;
 - Verificar se a resistência estrutural de materiais está em conformidade com a declaração do fabricante;
 - Verificar se os elementos estruturais apresentam perfeito acabamento;
 - Verificar se as superfícies e revestimentos (galvanização, pintura, anodização, etc.) apresentam as qualidades determinadas na descrição do projeto executivo. Para a verificação da qualidade de revestimentos fornecidos por terceiros, não realizados no local, atentar para a declaração do fabricante das estruturas ou do terceiro responsável pelo revestimento;
 - Verificar se as superfícies estão perfeitas e apresentam acabamento adequado, especialmente em relação aos revestimentos anticorrosivos.
- Módulos
 - Verificar se os módulos instalados são novos e do mesmo tipo que o especificado no projeto executivo;
 - Verificar se a montagem dos módulos atende ao estabelecido no manual de instalação do fabricante e respeita, entre outros, a inclinação mínima, distâncias mínimas entre módulos e ponto de fixação;
 - Verificar se os módulos estão fixados firmemente, montados sem sofrer esforços mecânicos provenientes da estrutura (compressão, torção, tensão, flexão, cisalhamento);
 - Verificar se os módulos estão totalmente livres de danos. A parte traseira, filme de Tedlar, que sela o módulo, é muito sensível e não pode apresentar arranhões, riscos, perfurações ou marcas de impacto de objetos. A esquadria de alumínio não pode estar riscada, amassada ou batida. O vidro frontal deve estar sem danos, riscos ou trincas;
 - Verificar se as células fotovoltaicas, vistas de frente, apresentam coloração homogênea, sem manchas ou estrias;
 - Verificar se o módulo não apresenta bolhas de ar ou manchas entre as células e o vidro;

- Verificar se os condutores de interconexão e os contatos na superfície da célula estão totalmente livres de sinais de corrosão;
 - Verificar se o módulo está totalmente íntegro, sem avarias. Módulos com furos na esquadria, aplicação de cola ou fita adesiva, pintura, adesivos ou outras alterações devem ser rejeitados;
 - Verificar se o módulo não está sendo utilizado como suporte de fixação para outros materiais ou equipamentos;
 - Verificar se o filme EVA, entre o vidro e as células, está translúcido, livre de amarelecimento.
- Caixas de Junção
 - Verificar se as caixas de junção dos cabos da *string* possuem o grau de proteção IP conforme especificado no projeto executivo. O grau de proteção IP da caixa montada e com os cabos inseridos deve permanecer o mesmo;
 - Verificar se o local de fixação das caixas de junção está em conformidade com o especificado no projeto executivo. O local deve ter proteção contra intempéries, conforme requerido pela classe de proteção IP da caixa de junção;
 - Verificar se dutos e cabos, saindo da caixa de junção, não causam esforços mecânicos sobre a caixa;
 - Verificar se os fusíveis de *string* são do tipo fotovoltaico (gPV), com corrente calculada conforme o projeto executivo;
 - Verificar se os demais componentes elétricos da caixa de junção (porta fusível, diodos de bloqueio, chave de seccionamento CC, DPS, elementos de medição) estão em conformidade com o projeto executivo e em perfeitas condições.
- Cabeamento e Dutos
 - Verificar se o cabeamento possui as bitolas e comprimentos especificados no projeto executivo. As características dos cabos (fabricante, tipo, normas) devem estar indicadas em cada cabo conforme a lista de materiais, especialmente o cabo da *string*, que deve atender o padrão internacional de qualidade;
 - Verificar se o percurso dos condutores está em conformidade com o projeto executivo;

- Verificar se os condutores utilizados estão em conformidade com o projeto executivo;
 - Verificar se os conectores que ficarão expostos ao tempo são resistentes aos raios ultravioletas (UV). Essa informação deve constar no *datasheet* dos conectores;
 - Verificar se todas as conexões são idênticas, feitas com conectores de mesmo fabricante. Não aceitar conexões realizadas com conectores de tipos diferentes;
 - Verificar se a formação do arranjo (interconexões dos módulos em *strings*) está conforme o projeto executivo;
 - Verificar se todas as conexões estão mecanicamente firmes;
 - Verificar se o cabeamento dos módulos fotovoltaicos está fixado na estrutura de suporte apropriada, de tal forma que elimine esforços mecânicos no cabo e impossibilite sua vibração ou movimentação;
 - Verificar se os cabos das *strings* saem da caixa de conexão, na parte traseira do módulo, sem sofrer estresse mecânico.
- Identificação e Documentação
 - Verificar se todos os condutores das *string* estão devidamente identificados na caixa de junção, com o número da *string* e sua polaridade;
 - Verificar se todos os demais equipamentos do arranjo, como caixa de junção, porta fusível, chaves, entre outros, estão devidamente identificados;
 - Verificar se a planta *As Built* está em conformidade com a situação encontrada no local de instalação do arranjo fotovoltaico. As plantas *As Built* devem conter as indicações de *layout* dosequipamentos;
 - Verificar se a lista de materiais *As Built* do arranjo contém o número de série dos equipamentos e a identificação dos mesmos. Os números de série dos módulos fotovoltaicos devem ser organizados por *string* na lista de matérias *As Built*;
 - Verificar se o relatório dos ensaios de potência dos módulos (*flash test report*) foi entregue e contempla todos os módulos fornecidos.

- Entregar *checklist* da inspeção visual com a conformidade e observações.

5.6. Banco de baterias

- Conformidade
 - Verificar se as células, ou blocos de baterias, possuem placas de identificação do fabricante, com indicação do tipo de bateria, sua capacidade em Ah, o seu regime de descarga e a sua tensão nominal;
 - Verificar se cada célula possui um número de série registrado na documentação *AS Built*;
 - Verificar se a bateria atende as normas especificadas no projeto ou na lista de materiais;
 - Verificar se a quantidade de células, a tensão e a capacidade total estão conforme o projeto executivo;
 - Verificar se a bitola, ou a seção dos condutores que interligam as células, está em conformidade com o projeto executivo;
 - Verificar se o fusível inserido no circuito CC, que conecta o banco de baterias, está compatível com a ampacidade do condutor;
 - Verificar se o circuito da bateria está equipado com fusível tipo NH, conforme características determinadas no projeto executivo.
- Instalação e Acabamento
 - Verificar se todas as conexões estão mecanicamente firmes;
 - Verificar se o torque de aperto, para as conexões entre as células, corresponde ao indicado pelo fabricante;
 - Verificar se foi disponibilizado, junto ao banco de baterias, um *kit* de O&M contendo, no mínimo: densímetro, termômetro, água destilada suficiente para ser acrescentada em todo o banco, além de equipamento de segurança para o manuseio das baterias e do ácido, como luvas, óculos de proteção, entre outros.
- Documentação/Identificação
 - Verificar se todas as células estão com identificação do banco de baterias e número sequencial no banco;
 - Verificar se a lista de materiais *AS Built* contém o número de série dos equipamentos e a identificação destes;
 - Verificar se as plantas *As Built* contém as informações corretas das baterias (número de série e identificação);
 - Verificar se a planta *AS Built* está totalmente conforme a

instalação encontrada no local;

- Verificar se a documentação contém os manuais de instalação, O&M e os relatórios de teste em fábrica.
- Entregar *checklist* da inspeção visual com a conformidade e observações.

5.7. Quadro elétrico e instalação elétrica

- Conformidade
 - Verificar se os quadros e conexões estão em conformidade com o projeto executivo;
 - Verificar se as bitolas de todos os condutores estão em conformidade com o projeto executivo;
 - Verificar se as características dos dispositivos de proteção atendem às especificações do projeto executivo e da lista de materiais, respeitando as orientações do fabricante dos dispositivos de proteção, as normas e as boas práticas de segurança. Especificamente para os DPSs, verificar se são adequados para circuito CA ou CC e se seus parâmetros (U_p , U_c , I_n , I_{max} , I_{imp}) estão de acordo com o especificado no projeto executivo;
 - Verificar se os disjuntores são para operação em circuito CC ou CA, bem como sua curva, e se sua tensão máxima de operação está adequada ao circuito onde será instalado. Já para os fusíveis, verificar sua corrente de atuação, tensão máxima do circuito, faixa de interrupção e categoria de utilização;
 - Verificar se o percurso dos cabos permite uma clara visualização das conexões entre os equipamentos, o comprimento dos cabos deve possibilitar o manuseio deles. Os cabos devem estar firmemente fixados no quadro;
 - Verificar se todos os equipamentos são novos, não apresentam nenhum dano e são originais. Não aceitar modificações não autorizadas pelo fabricante. Exigir a autorização explícita por escrito;
 - Verificar se todos os barramentos são protegidos contra acesso ou contato indevido;
 - Verificar se a proteção IP do quadro está em conformidade com o projeto executivo e com as condições ambientais (ambiente externo ou interno).

- Inversores ou Controladores
 - Verificar se os inversores/controladores instalados estão em conformidade com o projeto executivo e são novos, sem indícios de uso;
 - Verificar se a montagem está conforme o manual de instalação do fabricante, respeitando as distâncias mínimas estabelecidas entre os mesmos e entre os equipamentos e as paredes ou demais objetos. Deve-se atentar para outros aspectos de montagem sobre os quais haja recomendação explícita do fabricante.
 - Verificar se todos os equipamentos estão firmemente fixados, inclusive o próprio quadro elétrico;
 - Verificar se todos os cabos, dentro do quadro, estão devidamente fixados. Os cabos entre quadros, quadro e equipamento, devem ter suporte de fixação para eliminar o estresse mecânico;
 - Verificar se todas as conexões estão mecanicamente firmes.
- Documentação e identificação
 - Verificar se todos os quadros estão identificados;
 - Verificar se todos os equipamentos estão identificados na carcaça. Todos os condutores devem estar rotulados;
 - Verificar se as plantas *AS Built* contêm as identificações corretas dos equipamentos e condutores;
 - Verificar se a planta *AS Built* está totalmente de acordo com a situação encontrada no local;
 - Verificar se a lista de materiais *As Built* contém o número de série e a identificação dos equipamentos;
 - Verificar se na sala do quadro principal existe um diagrama unifilar do sistema com a identificação de equipamentos. Esse diagrama deve estar afixado na sala.
- Entregar *checklist* da inspeção visual com a conformidade e observações.

6. Testes Funcionais Específicos

Os testes funcionais têm como objetivo analisar se a operação do sistema fotovoltaico está adequada e em conformidade com as especificações do projeto executivo.

6.1.1. Arranjo Fotovoltaico

6.1.1.1. Relatórios *Flash Test*

Os relatórios *flash test* são ensaios rotineiros na totalidade dos módulos, padrão da indústria fotovoltaica. Como resultado do *flash test*, o fabricante ou fornecedor do módulo deve fornecer os principais parâmetros elétricos. É responsabilidade da Contratada verificar se todos os módulos possuem o relatório *flashtest*.

Os módulos fotovoltaicos poderão ser aceitos para instalação no local se atenderem às seguintes condicionantes:

- Os dados do teste de flash do fabricante devem confirmar que todo módulo entregue possui potência MPP dentro das faixas de tolerância definidas;
- A inspeção visual executada em uma amostra de módulos, de acordo com o item 10.1 da norma IEC 61215, não deve indicar defeitos, danos ou anormalidades;
- A potência MPP total de todos os módulos entregues corresponde à potência Contratada.

6.1.2. Teste de Continuidade e Aterramento

Deve-se verificar a resistência do aterramento e a continuidade deste. O teste de resistência de aterramento deve ser feito com equipamento apropriado e realizado conforme as instruções do manual do equipamento. Por sua vez, a verificação da continuidade de aterramento envolve a medição da resistência entre os diversos pontos conectados à barra de aterramento e à barra de equipotencialização. Os testes de continuidade devem resultar em uma resistência próxima a zero ohm.

6.1.3. Teste de isolamento (Teste Megger)

O teste de isolamento Megger determina a integridade de condutores e componentes elétricos. O megôhmetro, instrumento usado para medir resistência de isolamento, permite detectar e diagnosticar falhas nos equipamentos elétricos.

O teste de isolamento do arranjo fotovoltaico deve ser feito na condição molhada. Os procedimentos para o teste de isolamento de arranjo molhado podem ser encontrados na Norma ASTM Std E 2047- "*Standard Test Method for Wet Insulation Integrity Testing of Photovoltaic Arrays*".

O teste deve ser realizado em cada arranjo de módulos fotovoltaicos. É também possível testar fileiras individuais ou *strings*, se requisitado. Dois métodos de teste são possíveis:

- Método 1: Teste entre terminal negativo do arranjo e terra, seguido de um teste entre terminal positivo do arranjo e terra;
- Método 2: Teste entre terra e arranjo fotovoltaico em curto-circuito.

Quando a estrutura ou quadro são aterrados, ao realizar o teste, deve-se garantir um bom contato e a continuidade de condução elétrica ao longo de todo o quadro metálico.

Para arranjos fotovoltaicos que não têm partes condutoras acessíveis, como os telhados de módulos fotovoltaicos, o teste deve ser entre os cabos do arranjo fotovoltaico e a terra da instalação.

Nos casos nos quais se utiliza o Método 2, os cabos positivos e negativos do arranjo fotovoltaico devem ser curto-circuitados através de um dispositivo adequado para a realização do curto-circuito, o qual deve incorporar uma chave seccionadora CC com capacidade de interrupção da corrente de curto-circuito. Deve-se garantir que todos os cabos do arranjo estejam seguramente conectados ao dispositivo para a realização do curto-circuito.

6.1.4. Recomendações de Segurança Contra riscos de Choque Elétrico

O circuito CC do arranjo de módulos fotovoltaicos está em funcionamento durante o dia e, ao contrário de um circuito CA, não pode ser desligado antes da realização do teste. Conseqüentemente, na realização desse teste há risco de choque elétrico. É importante compreender inteiramente o processo antes de iniciar qualquer procedimento. É recomendável que as seguintes medidas de segurança sejam seguidas:

- Ao realizar o teste de isolamento não tocar na superfície metálica. É essencial adotar medidas para impedir que pessoas toquem, com qualquer parte do corpo, em qualquer superfície metálica, bem como na parte de trás do módulo ou laminado, ou módulo/terminais laminados;
- Sempre que o megôhmetro é energizado há tensão na zona de teste. O equipamento de teste deve ter capacidade de autodescarga automática;
- Equipamentos de proteção individual devem ser usados durante o teste.

6.2. Ensaios Elétricos

Para qualquer tamanho de sistema devem ser medidas a tensão do arranjo, ou *string*, em circuito aberto (V_{oc}), e a corrente de curto-circuito (I_{sc}).

6.2.1.1. Critérios de Aceitação

$$1. P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I / I_{stc}$$

Onde:

- P_{cc} é a potência CC de entrada do inversor, com precisão melhor que $\pm 2\%$ [W];
- P_{nom} é a potência nominal do gerador fotovoltaico [Wp];
- I é a radiação em [W/m²] medida na superfície do módulo, com precisão superior que $\pm 4\%$;
- I_{stc} , igual a 100 W/m², é a radiação em W/m² nas condições de teste padrão (temperatura das células fotovoltaicas de 25°C e condições de massa de ar de 1,5).

$$2. P_{AC} > 0,90 \cdot P_{CC}$$

Onde:

- P_{AC} é a potência ativa na saída dos inversores, com precisão melhor que $\pm 2\%$.

$$3. P_{AC} > R \frac{I}{I_{stc}}$$

Onde:

- R é um fator multiplicador igual a 0,78

Nota: A lista de condições citada acima deve ser verificada para $I > 600$ W/m².

Para módulos operando com temperatura acima de 40°C, medida na face traseira do módulo, a correção da corrente pela temperatura deve ser aplicada. Nesse caso, a equação para o cálculo do P_{cc} deve ser ajustada para:

$$1. P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) \cdot P_{nom} \cdot I / I_{stc}$$

Onde:

- P_{tpv} indica perdas de temperatura do gerador fotovoltaico, obtidas no catálogo do módulo. As demais perdas do gerador (ótica, resistência, quedas do diodo, defeitos de acoplamento) são geralmente aceitas com 8%. Tendo conhecimento da temperatura das células fotovoltaicas, as perdas de temperatura de um gerador fotovoltaico-

P_{tpv} , podem ser calculadas a partir da equação:

$$P_{tpv} = (T_{cel} - 25) \cdot C_{mpp}$$

Onde:

- C_{mpp} é o coeficiente de temperatura da potência (parâmetros oferecidos pelo fabricante);
- T_{cel} é a temperatura da célula de um módulo, que pode ser medido por meio de um sensor PT100 conectado na face traseira do módulo.

6.3. Medição de Corrente Curto-Circuito

A finalidade da medição da corrente de curto-circuito de cada string de módulos fotovoltaicos é verificar se não há falhas graves na conexão dos módulos. Esses testes não devem ser admitidos como medição do desempenho do módulo ou do arranjo fotovoltaico.

6.4. Inspeção dos Módulos com Termovisor

A finalidade da inspeção com termovisor é detectar variações irregulares de temperatura dos módulos fotovoltaicos em funcionamento. Tais variações de temperatura podem indicar problemas dentro dos módulos e/ou arranjos, tais como: células de polarização inversa; falha do diodo de *bypass*; falha de adesão da solda; conexões ruins; e outras condições que levem às altas temperaturas localizadas durante a operação.

6.5. Especificações mínimas de Termovisores para Comissionamento de Sistema Fotovoltaico

Tabela 10: Especificações Mínimas do termovisor

Critério	Especificação
Faixa de temperatura (do objeto).	10 – 100°C ou mais amplo.
Ruído na diferença de temperatura.	≤ 0,1°C.
Erro na temperatura absoluta.	≤0,1°C.
Temperatura ambiente de operação	10 – 40°C ou mais amplo.
Visor LCD/imagem digital.	Faixa de temperatura (do objeto).
Frequência de renovação da imagem.	≥5 Hz.
Autofocos.	Requerido.
Resolução.	≥120x120 pixel.
Ângulo da imagem/objeto.	≤35°.

6.6. Inversor Fotovoltaico

6.6.1. Testes das Funcionalidades

O inversor fotovoltaico ou controlador deve passar por testes específicos para averiguação de suas funcionalidades conforme o manual do fabricante.

6.6.2. Desligamento e Ligamento Automático

Realizar os seguintes testes:

- Saída CC- Baterias desenergizada ou desligada;
- Arranjo fotovoltaico desenergizado ou desligado.

6.7. Inversor Formador de Rede

6.7.1. Testes das Funcionalidades

O inversor formador de rede deve passar por teste específico de suas funcionalidades, devendo ser executado conforme o manual do fabricante.

6.7.2. Desligamento e Ligamento Automático

Realizar os seguintes testes:

- Potência e proteção de surto;
- *Startup* ou inicialização do inversor;
- Ajustes para o controle do despacho ou gerenciamento de cargas;

- Ajustes para o controle do carregamento ou descarregamento das baterias;
- *Black-start* ou inicialização da rede
- Distorção harmônica total;
- Fator de potência;
- Balanceamento das fases, quando necessário.

6.8. Banco de Baterias

6.8.1. Leitura das Grandezas elétricas no Banco de Baterias

Durante o comissionamento, as seguintes leituras devem ser realizadas no banco de baterias em equilíbrio:

- Tensão em circuito aberto de cada elemento com precisão de dois dígitos decimais;
- Tensão em circuito aberto do banco com precisão de dois dígitos decimais;
- Densidade de todos os elementos em grama por decímetro cúbico (g/dm^3), quando aplicável;
- Amostra da temperatura de 25% dos elementos;
- Temperatura ambiente em °C;
- Nível do eletrólito de todos os elementos em porcentagem, quando aplicável;

6.9. Avaliação do Desempenho de Geração do Sistema Fotovoltaico

Os testes de desempenho serão executados pela Contratada, mas a Contratante deve presenciar a realização destes. O objetivo dos testes é verificar se o sistema fotovoltaico está, ou não, produzindo o montante de energia do projeto. A garantia da Contratada, para os valores técnicos, será a produção anual de energia em kWh.

O sistema fotovoltaico deve estar tecnicamente disponível e produzir energia durante todo o período de medição. É recomendável um período mínimo de medição de 30 dias.

O teste de desempenho será considerado bem-sucedido se o desempenho medido for igual ou superior ao desempenho garantido para o período de teste de no mínimo 30 dias.

A critério da contratante os testes poderão ser realizados amostralmente sendo

a contratante responsável por designar os sistemas que serão testados.

6.9.1. Geração Fotovoltaica

São aplicáveis as normas IEC 62257-6:2005 *“Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification – Part 5: Acceptance, operation, maintenance and replacement”*; e a ABNT NBR 16274:2014 *“Sistema fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para a documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho”*, ou de forma alternativa, a Norma IES 62466:2009 *“Grid connected photovoltaic systems – Minimum requirements for system documentation commissioning testes and inspection”*. Sistema Fotovoltaico Total

Para o sistema fotovoltaico como um todo, incluindo todos os módulos de 80 kWh, verificar a potência instantaneamente e a tensão de saída.

6.9.2. Testes de Desempenho de 30 dias

Durante o período de 30 dias, o desempenho do sistema fotovoltaico deve atender os valores mínimos especificados e garantidos pela Contratada. Geralmente, os valores de garantia são definidos da seguinte forma:

- Geração fotovoltaica
 - Potência real do gerador fotovoltaico: potência total em kWp instalado;
 - Geração fotovoltaica garantida ou *performance ratio – PR* anual (corrigido para a irradiação no ano de referência);
 - Eventualmente a curva de potência de módulos selecionados.
- Banco de Baterias
 - Eficiência do armazenamento – Ciclos de carga e descarga do banco de baterias;
 - Ampère-horas (Ah) cicladas até o fim da vida útil da bateria;
 - Capacidade da bateria.
- Sistema Global:
 - Carga máxima que o Sistema Fotovoltaico atende em operação contínua;
 - Carga máxima que o Sistema Fotovoltaico atende em momento de surto, ou seja, de inicialização do sistema, *Black start* ou pico transitório de demanda;

- Geração fotovoltaica esperada;
- Energia total gerada.

6.9.3. Parâmetros e instrumentação

Os seguintes parâmetros técnicos são exigidos para a avaliação de desempenho do sistema fotovoltaico

Tabela 11: Parâmetros do Sistema Fotovoltaico

Energia medida no ponto de conexão ao consumidor	[kWh]
Irradiação solar global no plano dos módulos	[kWh/m ²]
Temperatura dos módulos	[°C]
Energia na saída de cada inversor	[kWh]
Temperatura ambiente	[°C]

Os seguintes instrumentos são mandatórios, com finalidade de medir e registrar os parâmetros acima mencionados:

- Medidor de energia no ponto de conexão ao consumidor e, no caso de micro-rede, à rede de distribuição;
- Quatro células de referência calibradas para determinar a irradiância no plano dos módulos - I_{PA} ;
- Um piranômetro calibrado para medir a irradiância solar global;
- Quatro sensores de temperatura PT100 para medir a temperatura dos módulos;
- Termopar protegido e ventilado para medir a temperatura ambiente com precisão de medição de $\pm 1^\circ\text{C}$.

6.9.4. Comprovação do Desempenho

O teste de desempenho será bem-sucedido se a produção de energia medida, no período de referência, for igual ou superior à produção de energia garantida corrigida pelas condições ambientais.

Como o Sistema Fotovoltaico não funcionará sob condições ambientais exatamente similares às consideradas para se definir a produção de energia garantida, a produção garantida precisa ser corrigida com base nas condições de operação. A correção da produção garantida é representada matematicamente pela equação abaixo:

$$E_{CG} = F_s \cdot \frac{E_G}{I_{PA_{MS}}} \cdot I_{PA}$$

Onde:

- F_s é o fator de ajuste sazonal;
- E_{CG} é a produção de energia garantida corrigida, dada em [kWh];
- E_G é a produção de energia anual garantida, dada em [kWh];
- I_{PAMS} é a irradiação solar global anual de referência no plano do módulo, corresponde à produção de energia garantida, no período considerado, dada em [kWh/m²];
- I_{PA} é a irradiação medida no plano do módulo por células de referência não sombreadas durante o período de avaliação, dada em [kWh/m²].

O teste de desempenho de 30 dias será considerado bem-sucedido somente se, nesse período:

$$E_M \geq E_{CG}$$

Onde E_M é a energia medida.

6.9.5. Avaliação do Desempenho Anual

A Contratada deve garantir o desempenho do Sistema Fotovoltaico pelo menos durante o primeiro ano de operação. O período de garantia terá início a partir da data de emissão do certificado provisório de aceitação.

A avaliação de desempenho é realizada através da análise do registro de dados do Sistema Fotovoltaico (*data logger*) e a sua revisão deve ser assim agendada:

- Após meio ano de operação;
- Após um ano de operação.

Novamente, os testes serão considerados bem-sucedidos somente se, para cada ano:

$$E_M \geq E_{CG}$$

Onde E_M é a energia medida.

7. Documentos Finais

Para finalizar o comissionamento, os detalhes do desenvolvimento e os resultados deverão ser apresentados em um único relatório, constando os seguintes requisitos mínimos:

- Datas corretas do comissionamento;
- Registro de nomes e assinatura de todos os participantes do comissionamento.
- Registro e documentação de todos os defeitos ou pendências.

Após a entrega do relatório, a Contratante deve fazer o reconhecimento dos defeitos e/ou pendências, juntamente com a Contratada, estabelecendo uma data final para a regularização ou correção dos mesmos. Também deve verificar com a Contratada se existem advertências e reclamações de garantia.

7.1. Lista de Pendências e Certificação de Aceitação

A resolução dos itens pendentes deve ser documentada e informada pela Contratada à Contratante, para que faça a verificação deles. O Certificado de Aceitação Preliminar – CAP poderá ser emitido caso todos os itens pendentes sejam resolvidos. Esse documento é preparado pela Contratada e assinado pela Contratante. Com a emissão do CAP ocorre a transferência de propriedade do sistema fotovoltaico fotovoltaica da Contratada para a Contratante e tem início o período de garantia técnicas a que estará sujeita a Contratada.

O CAP deve ser emitido somente após:

- A entrega do conjunto de documentos, com os projetos *As Built*, conforme especificado;
- A aprovação da conclusão da obra, depois da inspeção final realizada pela Contratante, quando será avaliada a conformidade da obra com o projeto executivo e com os critérios gerais de bom acabamento, incluindo também as obras de impermeabilização da cobertura;
- A conclusão bem-sucedida dos testes de aceitação definidos: inspeção visual, testes funcionais e testes de desempenho;
- A entrega da lista de pendências, constando apenas pontos de menor importância, ou seja, que não apresentem impacto sobre a produção de energia do Sistema Fotovoltaico e nem em sua durabilidade e confiabilidade, sendo resolvidos dentro do período estabelecido;

- A entrega de peças sobressalentes, no local, adicionadas ao inventário do Sistema Fotovoltaico;
- Todas as questões comerciais e pendências relacionadas ao período de construção estiverem apuradas e resolvidas.

7.2. Requisitos Mínimos para a Documentação Final

De acordo com a ABNT NBR 16274:2014 “Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para a documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho” as informações devem ser verificadas e documentadas durante o período de comissionamento.

Dessa forma, o registro das informações assegura que os dados essenciais do sistema estejam facilmente disponíveis para o inspetor, para a Contratante, para o engenheiro ou contratados para as atividades de O&M. Os documentos devem incluir os dados básicos do sistema e as informações relacionadas aos projetos *As Built*.

As seguintes informações deverão estar documentadas:

- Informações básicas do sistema:
 - Localização do projeto e data da instalação;
 - Capacidade do sistema (CA e CC);
 - Módulos fotovoltaicos e inversores – fabricante, modelo e quantidade;
 - Data do comissionamento.
- Informações dos projetistas do sistema;
- Informações de contrato do responsável pela instalação do sistema e do contratado;
- Diagrama unifilar detalhado do Sistema Fotovoltaico;
- Especificações gerais dos arranjos:
 - Tipo de módulo;
 - Número de módulos por *string*;
 - Número de *strings* por inversor.
- Informações das *strings* fotovoltaicas:
 - Tipo de cabo utilizado na *string*, seção e comprimento;
 - Especificação (faixa de tensão e corrente) dos dispositivos de proteção contra sobretensão.
- Características elétricas do arranjo:

- Conector de *string* e/ou localização da caixa de conexão do arranjo (se instalada);
- Especificações dos cabos principais do arranjo;
- Localização, tipo e faixa de operação dos dispositivos de proteção contra sobretensão.
- Aterramento e proteção de sobretensão:
 - Diagrama unifilar mostrando os detalhes do aterramento, sistema de proteção contra descargas atmosféricas, dispositivos de proteção contra surtos.
- *Data sheet*, manuais de instalação e de operação e manutenção de todos os componentes principais;
- Documentação das garantias dos módulos fotovoltaicos e dos inversores, juntamente com as informações de data de início e período de cobertura da garantia;
- Informações sobre os projetos mecânicos (*data sheet* do arranjo das estruturas de montagem);
- Documentação de todas as licenças legais exigidas, tais como permissão de acesso à rede, permissão local/regional, entre outros;
- Documentação e lista de peças sobressalentes em estoque;
- Documentação do sistema de monitoramento, sensores de medição (piranômetros, sensores meteorológicos, outros);
- Documentação contendo os dados dos *flash tests* dos módulos;
- Informações sobre a operação e manutenção (plano de O&M), que devem incluir, no mínimo:
 - Procedimentos para verificar a correta operação do sistema e os parâmetros de desempenho mínimos garantidos;
 - Procedimentos de manutenção preventiva e corretiva;
 - Cronograma das rotinas de manutenção;
 - Um *checklist* para verificação, caso haja falha no sistema;
 - Procedimentos de desligamento emergencial;
 - Considerações para qualquer obra futura.
- Lista de fornecedores (serviços, equipamento e material) e seus contatos (endereço, telefone, fax e *e-mail*).
- Conjunto completo de plantas, estudos, memoriais de cálculo, laudos, etc. no nível de projeto executivo atualizado – *As Built*;

- Protocolos de todos os testes de aceitação e comissionamento.

Toda a documentação deve ser apresentada em formato digital, com uma cópia impressa.

8. Anexo

8.1. Diagramas Unifilares

8.2. Diagramas Gerais

Ver arquivo anexo II – Diagramas.