

A Revolução da energia solar fotovoltaica no Brasil: Como as cidades podem se beneficiar

PARTE 2: TECNOLOGIA E FINANCIAMENTO



Sumário

Sumário executivo	4
Objetivos do relatório	4
1. Aspectos técnicos	5
1.1 Exigências da empresa executora	6
1.2 Projeto Básico	8
1.3 Descrição dos equipamentos	12
1.4 Serviços	16
1.5 Melhores práticas na elaboração de Termos de Referência (TdR)	20
2. Compra, Financiamento e implantação	21
2.1 Financiar o projeto	22
2.2 Parceria Público-Privada PPP	26
2.3 Aluguel de Ativos	28
2.4 Investimento próprio	30
2.5 Programa de Eficiência Energética (PEE)	31
2.6 Avaliação do porte da usina por modelo financeiro recomendável	32
2.7 Casos de sucesso	33
2.8 Boas práticas relativas às licitações e contratações	34
3. Conclusão	34

Lista de figuras

Figura 1 – Diagrama representativo de todos os tópicos que devem ser abordados na especificação técnica utilizada no processo de licitação de sistemas fotovoltaicos	5
Figura 2 – Resumo das exigências requeridas da empresa executora	7
Figura 3 – Layout demonstrativo 3D do posicionamento dos módulos FV para a proposta um sistema fotovoltaico sobre uma cobertura	9
Figura 4 – Layout demonstrando o afastamento das laterais para distância segura de manutenção e distanciamento suficiente entre as fileiras para que minimizar o máximo possível o sombreamento	9
Figura 5 – Vista frontal da edificação do nível do solo, demonstrando que os módulos FV são pouco visíveis. Exigência neste caso em virtude da edificação ser considerada parte do patrimônio histórico da cidade	9
Figura 6 – Estrutura orientativa proposta para fixação dos módulos FV	10
Figura 7 – Resumo dos componentes de um projeto básico	10
Figura 8 – Resumo dos equipamentos respectivas descrições	15
Figura 9 – Resumo de serviços referentes aos serviços preliminares	16
Figura 10 – Serviços relacionados a execução do projeto	17
Figura 11 – Resumo dos serviços de pós-instalação	19
Figura 12 – Típico Modelo de negócio para financiamento do projeto. UC = Unidade Consumidora	22
Figura 13 – Modelo de negócio para concessão administrativa.	26
Figura 14 – Modelo de negócio para aluguel de ativos	29

Lista de tabelas

Tabela 1 – Cursos de segurança exigidos aos profissionais envolvidos em atividades específicas	6
Tabela 2 – Compilado das normas que definem os requisitos mínimos dos principais equipamentos que compõem o sistema FV	14
Tabela 3 – Agências de Fomento estaduais	24
Tabela 4 – Bancos de desenvolvimento regionais e estaduais	24
Tabela 5 – Principais vantagens e desvantagens Agências de Fomento, bancos de desenvolvimento e Caixa Econômica Federal	25
Tabela 6 – Principais vantagens e desvantagens de instituições internacionais	25
Tabela 7 – Casos estudados de PPPs	27
Tabela 8 – Principais vantagens e desvantagens para modelo de PPPs	28
Tabela 9 – Principais vantagens e desvantagens para aluguel de ativos	29
Tabela 10 – Principais vantagens e desvantagens para investimento próprio	30
Tabela 11 – Principais vantagens e desvantagens para PEE	31
Tabela 12 – Porte da usina por modelo financeiro recomendável	32



Sumário Executivo

O Brasil tem potencial para se tornar um líder global no uso da energia solar fotovoltaica, e os municípios têm um grande papel a desempenhar não apenas incentivando projetos fotovoltaicos dentro de seus territórios, mas também dando o exemplo através da integração da energia solar fotovoltaica em seus próprios edifícios e bens públicos.

O relatório anterior do C40 Cities Finance Facility (CFF) apresentou os múltiplos benefícios da energia solar, informações úteis sobre a legislação brasileira, a descrição dos modelos de negócios, questões de governança e, por fim, instruções do dimensionamento preliminar de um sistema fotovoltaico.

Já este relatório abordará dois aspectos cruciais para o sucesso de um projeto fotovoltaico municipal: a aquisição e o financiamento. Para a aquisição, as cidades devem estar conscientes ao preparar os documentos de licitação e bem preparadas ao selecionar o vencedor, a fim de garantir um projeto bem-sucedido. Para que isto aconteça, é muito importante um bom nível de conhecimento técnico sobre a tecnologia FV, componentes e execução do projeto. Além disso, as especificações técnicas e termos de referência para projetos FV têm características distintas que os departamentos técnicos e de compras da cidade devem estar cientes.

Por outro lado, decidir como um projeto FV será financiado deve começar durante as primeiras etapas do planejamento do projeto. Há muitas variáveis a considerar, e é necessário conhecer as opções existentes no mercado brasileiro para o financiamento de projetos. Uma vez que as opções sejam claras e o município tenha descartado aquelas que não se aplicam - por razões técnicas, financeiras ou políticas - então a cidade deve analisar as vantagens e desvantagens de cada opção remanescente antes de finalmente tomar uma decisão.

Após seguir as recomendações deste e do relatório anterior, os municípios estarão aptos para dar passos importantes no planejamento e implementação de seus projetos fotovoltaicos, e cumprir seus potenciais como líderes na luta contra a mudança climática, ao mesmo tempo em que colhem múltiplos benefícios para si mesmos e suas populações.

Objetivos do Relatório

A fim de capacitar as cidades na aquisição de sistemas fotovoltaicos, este relatório fornece uma visão geral exaustiva dos aspectos tecnológicos dos projetos fotovoltaicos. Ele descreve os diversos componentes que compõem um sistema, bem como suas funções, com uma tentativa de aumentar a qualidade final do sistema fotovoltaico de uma cidade e sua relação custo-benefício.

Além disso, o relatório também aprofunda os modelos de negócio e opções de financiamento para projetos fotovoltaicos, apresentando um panorama das oportunidades para os municípios brasileiros, que os ajudará a tomar medidas antecipadas em seu plano de “energia solar”.

Finalmente, são feitas considerações sobre as melhores práticas de compras, ajudando as equipes de projetos municipais a entender as fases típicas de um projeto PV público e o conteúdo recomendado para seus termos de referência.

Este relatório é o segundo de uma série de dois relatórios. O primeiro relatório focalizou aspectos relacionados à situação atual da PV no Brasil, legislação, benefícios para as cidades, modelos de negócios, governança e planejamento inicial, forneceu informações sobre avaliações de viabilidade técnica e econômica, e apresentou um guia inicial passo a passo para projetar e desenvolver sistemas fotovoltaicos municipais.

Dois aspectos cruciais para o sucesso de um projeto FV municipal são aquisição e financiamento.

1. Aspectos Técnicos

A primeira seção deste relatório visa fornecer informações técnicas sólidas sobre sistemas fotovoltaicos para municípios no Brasil. Este conteúdo é útil uma vez que fornece as ferramentas específicas que as equipes técnicas necessitam para comunicar com sucesso com os fornecedores e tomar melhores decisões ao avaliar as propostas.

Com isso em mente, os municípios devem ter o conhecimento adequado sobre os aspectos técnicos dos sistemas de energia solar fotovoltaica, a fim de elaborar documentos de licitação sólidos, tomar melhores decisões ao avaliar propostas, e comunicar com êxito com os fornecedores. Nesse sentido, compreender o âmbito de uma especificação técnica pode ser uma grande ferramenta para atingir esses objetivos.

A especificação técnica um documento essencial que deve ser anexado ao processo de licitação para a construção de sistemas fotovoltaicos. Esse documento visa orientar as integradoras em relação às características técnicas esperadas para o sistema, bem como características técnicas mínimas dos equipamentos a serem utilizados e todos os serviços a serem executados pela empresa contratada. É importante que a especificação técnica seja elaborada com o maior detalhamento possível, de modo a facilitar a elaboração de propostas por parte das integradoras interessadas e reduzir a ocorrência de problemas nos períodos de execução e pós-execução de sistemas FV. Ao longo dos próximos itens desta seção, serão abordados os principais tópicos que devem fazer parte da estrutura de uma especificação técnica. É importante frisar que todos os tópicos abordados neste documento são orientativos e considerados como boas práticas e que as especificações não devem se limitar somente a esses tópicos. Assim sendo, podem ser utilizados como diretrizes e os municípios não se devem limitar aos tópicos apresentados neste relatório. Cada projeto tem o seu contexto específico e particularidades que devem ser consideradas para cada caso.

A Figura 1 apresenta o esquemático dos principais tópicos que devem ser abordados na especificação técnica.

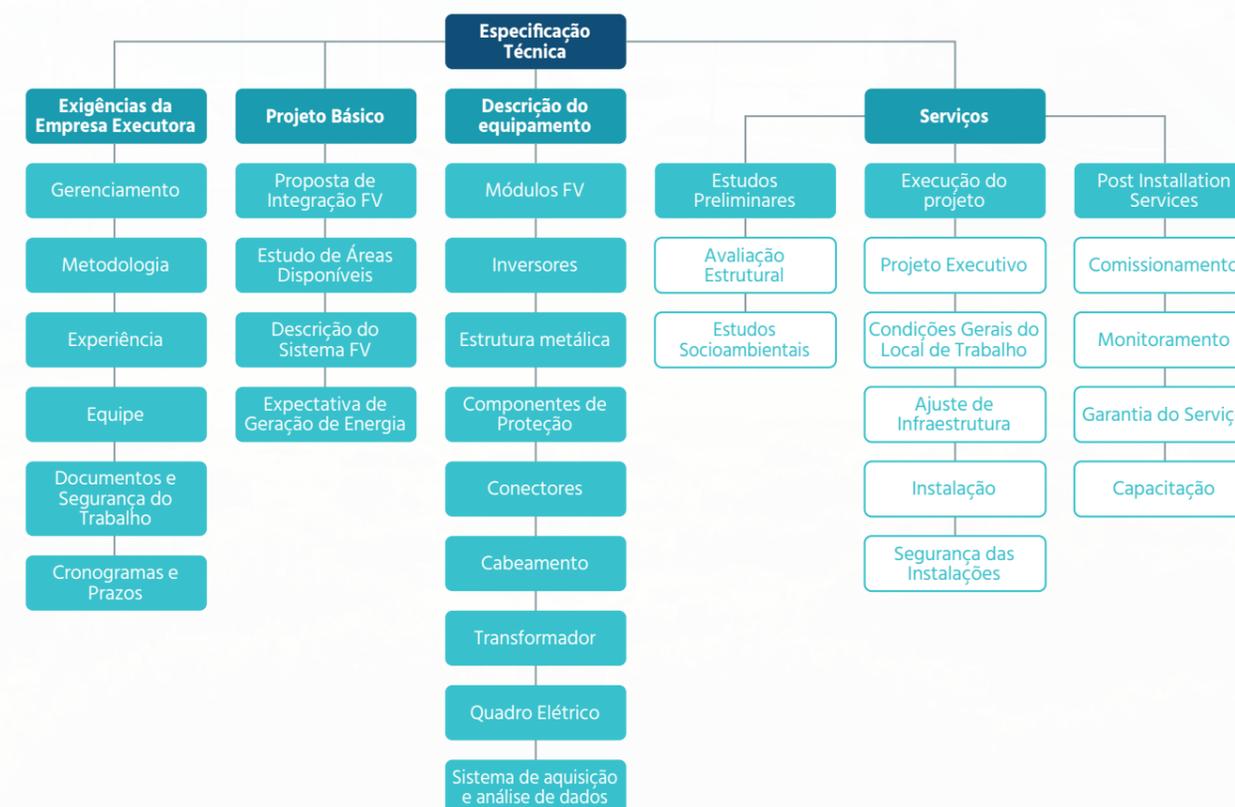


Figura 1: Diagrama representativo de todos os tópicos que devem ser abordados na especificação técnica utilizada no processo de licitação de sistemas fotovoltaicos.

1.1. Exigências da empresa executora

A exigência da empresa executora deve apresentar as qualificações mínimas esperadas da empresa que será contratada para execução do projeto. O documento deve apresentar as qualificações mínimas da empresa executora, sua experiência em projetos prévios, metodologia de trabalho, equipe e demais características que devem ser exigidas, de modo a mitigar os riscos associados a execução de um projeto por uma empresa inexperiente. As seções a seguir descrevem os itens mínimos que deveriam ser exigidos da empresa executora e a Figura 2 apresenta um resumo desta seção.

GERENCIAMENTO

É importante solicitar que a integradora considere em sua cotação um gerente de projeto, com plena capacidade de representação da empresa para apresentação de esclarecimentos e decisão quanto a soluções a serem implantadas. Além disso, também é importante que a empresa considere a alocação exclusiva de um supervisor para acompanhar a execução da obra diariamente, sendo capaz de emitir relatório de atividades e esclarecer dúvidas em atividades rotineiras.

METODOLOGIA

A empresa deve apresentar em sua proposta os catálogos técnicos (datasheets) de todos os equipamentos a serem utilizados, conforme características mínimas exigidas na especificação técnica, bem como uma planilha detalhada de todos os custos e formação de preços. A proponente também deve apresentar a metodologia empregada nas atividades e o cronograma de execução a ser aplicada para o cumprimento de cada etapa especificada em um Plano de Trabalho.

EXPERIÊNCIA

A empresa proponente deve apresentar a sua experiência anterior com serviços semelhantes, através de certificados de capacidade técnica e Anotações de Responsabilidade Técnica (ART), bem como currículos relevantes para gestores de projeto e profissionais designados como a equipe principal.

EQUIPE

De preferência, deve ser exigido que todas as pessoas envolvidas na execução dos serviços pela proponente façam parte de seu quadro de funcionários, sócios ou possuam outra forma de vinculação formal, em conformidade com a legislação brasileira.

Deve-se salientar que, em qualquer situação, a proponente será a única responsável perante os órgãos de fiscalização quanto ao cumprimento das obrigações legais que regem as relações de trabalho no Brasil. Todas as pessoas envolvidas na execução dos serviços devem ter, curso de NR-10¹: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade e NR-18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção válidos durante todo o serviço e ser habilitado para o trabalho.

Os profissionais que participarem das ações de movimentação de carga deverão possuir NR-11: Transporte, Armazenagem e Manuseio de Materiais, os que participarem de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte de máquinas ou equipamentos deverão possuir NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos e os que participarem de montagens e serviços em altura deverão possuir NR-35: Trabalho em Altura, todos válidos durante todo o serviço em execução. Veja a Tabela 1 para mais informações em relação à quais cursos os profissionais envolvidos em atividades específicas precisam ter.

Serviço	Curso requerido
Ações de movimentação de carga	NR-11: Transporte, Armazenagem e Manuseio de Materiais
Construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmontagem de máquinas ou equipamentos.	NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
Montagem e serviços em altura (por exemplo, em telhados)	NR-35: Trabalho em Altura

Tabela 1: Cursos de segurança exigidos aos profissionais envolvidos em atividades específicas.

¹ A NR (Norma Regulamentadora) é uma série de procedimentos de saúde e segurança no trabalho que são obrigatórios para todas as empresas públicas e privadas cujos empregados/as realizam atividades específicas descritas em cada uma das normas. Todos/as os empregados/as que desempenham tais atividades são obrigados/as a possuir um certificado de conclusão válido num curso relativo a cada norma relevante para as suas atividades.



DOCUMENTOS E SEGURANÇA DO TRABALHO

A proponente deve apresentar todos os documentos relativos à segurança do trabalho, como por exemplo, Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO), Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e Carteira de Trabalho (CTPS) ou outro vínculo formalizado- Cópia de todos os funcionários envolvidos no projeto.

CRONOGRAMAS E PRAZOS

É importante solicitar que a proponente apresente a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), o Cronograma Físico e o Cronograma Financeiro detalhados das etapas de execução dos serviços.



Figura 2: Resumo das exigências requeridas da empresa executora

1.2. Projeto Básico

No que diz respeito ao projeto em si, uma boa prática é que a especificação técnica inclua também a concepção básica do sistema fotovoltaico, desenvolvida previamente pelo município, ou por uma empresa externa ou consultoria. Neste contexto, o projeto básico visa orientar a empresa executora em termos das características técnicas esperadas do projeto. Não é um documento obrigatório, mas se for elaborado com as especificações mínimas, pode evitar inconvenientes na fase de implementação do sistema. Portanto, para o processo de licitação, recomenda-se especificar no Termo de Referência (TdR) que a proposta deve considerar a elaboração de um projeto básico.

É frequentemente questionado pelos gestores públicos se na fase de licitação seria apropriado apresentar um projeto executivo detalhando as soluções solicitadas. Atualmente existem no mercado dezenas de fabricantes de módulos, inversores e estruturas metálicas que apresentam características técnicas similares com excelentes padrões de qualidade e desempenho, respeitando todas as certificações nacionais e internacionais, porém com características técnicas ligeiramente diferentes. Com este cenário, um projeto executivo detalhado pode acabar por orientar o projeto para um pequeno grupo de fornecedores e limitar injustamente a participação das empresas no processo de licitação. No caso particular de um processo de aquisição de um sistema solar fotovoltaico, entende-se que um projeto básico com o adequado detalhamento e uma especificação técnica rigorosa nos requisitos de equipamentos pode substituir a necessidade de um projeto executivo.

Um projeto básico deve conter a proposta de integração fotovoltaica, estudo das áreas disponíveis para a integração, descrição do sistema fotovoltaico e a expectativa de geração do sistema. Um resumo dos componentes de um projeto básico é apresentado na Figura 3.

PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO FV

A proposta de integração FV inclui a apresentação do layout básico, contendo as especificações de orientação e inclinação dos módulos FV, a quantidade de módulos FV e a potência total instalada. É importante que seja apresentado um modelo de desenho 3D (Figura 3) para melhor visualização do sistema FV proposto.

ESTUDO DAS ÁREAS DISPONÍVEIS

O estudo de áreas disponíveis deve analisar todas as áreas que podem ser utilizadas para alocação dos módulos FV. Nesta etapa é importante analisar o impacto do sombreamento devido aos objetos do entorno, como árvores e edificações mais altas, bem como espaçamento entre as fileiras do próprio sistema, de modo a alocar os módulos com menor impacto possível. Nesta etapa, as condições do telhado ou do solo também devem ser avaliadas em relação à carga adicional do sistema fotovoltaico e como isto teria impacto na estrutura do edifício ou na estabilidade do solo. Além disso, deve-se levar em consideração o espaçamento necessário (entre fileiras ou nas laterais) para manutenção adequada e segura do sistema (Figura 4). Além disso, deve-se levar em consideração impactos visuais do sistema FV para o caso de sistemas instalados em edificações tombadas pelo patrimônio, atentando à visualização do sistema do nível do pedestre (Figura 5), bem como o impacto visual arquitetônico da edificação existente. Recomenda-se que os municípios, durante o período de licitação, estabeleçam um prazo para que os concorrentes façam visitas técnicas para melhor compreenderem a realidade do projeto, de modo a que ambas as expectativas, do fornecedor e do município, fiquem alinhadas.

O projeto básico estabelece as características técnicas esperadas do projeto.

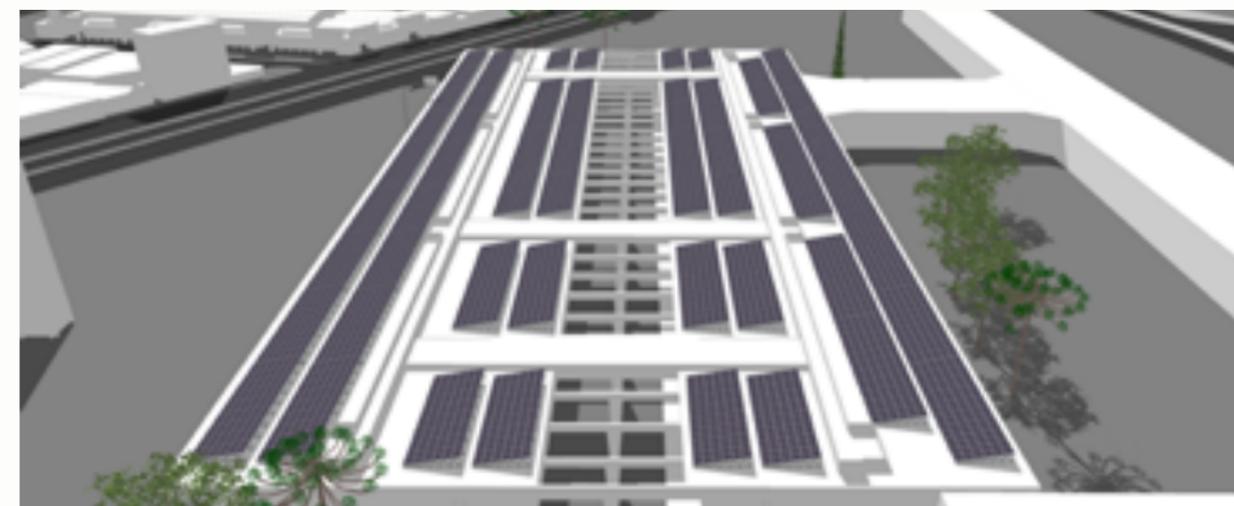


Figura 3: Layout demonstrativo 3D do posicionamento dos módulos FV para a proposta um sistema fotovoltaico sobre uma cobertura.

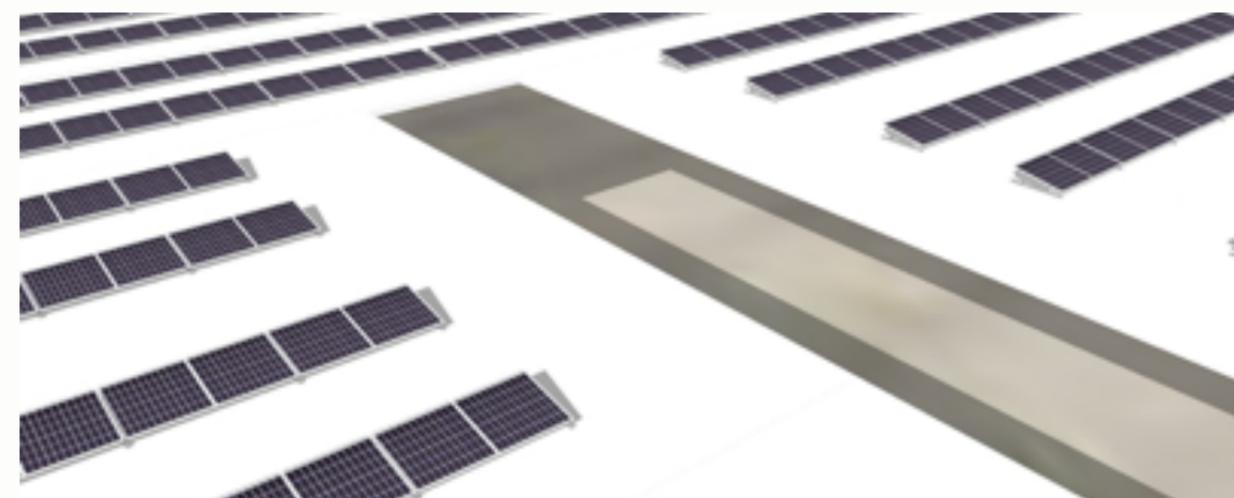


Figura 4: Layout demonstrando o afastamento das laterais para distância segura de manutenção e distanciamento suficiente entre as fileiras para que minimizar o máximo possível o sombreamento.



Figura 5: Vista frontal da edificação do nível do solo, demonstrando que os módulos FV são pouco visíveis. Exigência neste caso em virtude da edificação ser considerada parte do patrimônio histórico da cidade.

1.2. Projeto Básico (continuação)

DESCRIÇÃO DO SISTEMA FV

Deve-se apresentar uma breve descrição do sistema FV e das características elétricas dos módulos FV e inversores que foram considerados para a elaboração do projeto orientativo. Os componentes que deveriam conter nessa descrição estão descritos a seguir:

Descrição do arranjo FV

O arranjo FV é o conjunto de módulos FV associados em série (strings) e em paralelo. Deve-se fazer uma breve descrição de todos os arranjos que irão compor o sistema, bem como a quantidade de inversores utilizados no projeto.

Diagramas multi e unifilar

É importante que sejam apresentados os diagramas elétricos do sistema (digramas multifilares e unifilares), representando todos os componentes que compõe o sistema, como strings

FV, inversores, quadros elétricos de proteção etc., bem como o esquema simplificado de ligação desse sistema com a rede da concessionária.

Layout de conexão das strings

A conexão elétrica dos módulos FV em série, bem como a distribuição das strings no sistema, deve atender a requisitos técnicos de maneira a otimizar as conexões. Desta forma, o projeto básico deve conter um diagrama de cores apresentando a distribuição elétrica dos módulos FV e strings no sistema.

Estrutura metálica orientativa

O projeto básico deve-se apresentar um layout orientativo das estruturas metálicas de suporte e fixação dos módulos FV a serem utilizadas no sistema, bem como especificações básicas sobre os materiais a serem utilizados.

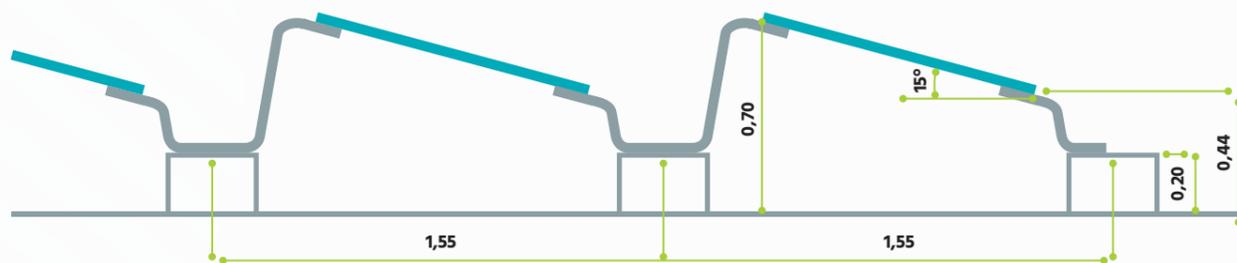


Figura 6: Estrutura orientativa proposta para fixação dos módulos FV

EXPECTATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIA

O projeto básico deve apresentar uma expectativa de geração de energia do sistema de energia FV. Esta expectativa de geração deve ser simulada a partir de um software de simulação adequado (PVSyst, PVSOL, SAM, entre outros), e deve considerar uma análise simplificada de perdas no sistema.

É importante frisar que a integradora pode decidir se irá executar o projeto básico apresentado ou se irá propor um novo projeto.

Portanto, é recomendado exigir na especificação técnica que caso a integradora decida por iniciar um novo projeto, este deve ser previamente aceito pela contratante.

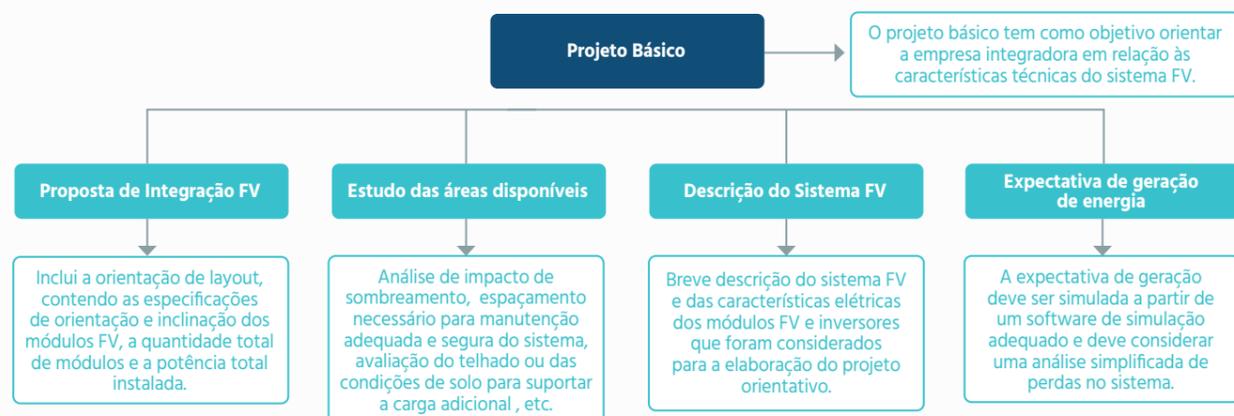


Figura 7: Resumo dos componentes de um projeto básico



1.3. Descrição dos equipamentos

A especificação técnica deve apresentar as características mínimas dos equipamentos a serem utilizados no sistema FV, de modo a reduzir a ocorrência de problemas nos períodos de execução e pós-execução de sistemas FV. Os principais equipamentos que devem ter suas características mínimas e requisitos descritos estão listados a seguir e apresentados resumidamente na Figura 8.

MÓDULO FV

The metallic structure is the component responsible for supporting the PV modules. The structure model and fixing method will depend directly on the installation surface. The need to use the appropriate material, such as fire-galvanized steel and aluminum, containing all the screws in stainless steel with a guarantee against corrosion must be specified.

PV MODULE

Os módulos fotovoltaicos são os componentes principais dos sistemas FV e são os responsáveis pela geração de energia elétrica do sistema (convertem a energia proveniente do sol em energia elétrica).

É importante especificar a tecnologia de módulo FV que deve ser utilizada no sistema, visto que existem diversas opções no mercado. Os módulos mais comumente utilizados em instalações fotovoltaicas no Brasil são os de silício multicristalino ou monocristalino, devido à maior disponibilidade de mercado, melhor eficiência e melhor custo x benefício. Além disso é importante especificar as características técnicas mínimas admitidas para o módulo FV a ser utilizado no sistema FV, como potência nominal, eficiência, tolerância, entre outros.

Os módulos fotovoltaicos a serem utilizados no sistema devem apresentar o Certificado de Etiqueta, de acordo com os critérios estabelecidos nos Requisitos de Avaliação da Conformidade anexos à Portaria Inmetro nº 4/2011; na Portaria INMETRO nº 357/2014 e na Portaria INMETRO nº 17/2016 e Certificado de Registro, no INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), do modelo de módulo etiquetado.

Além do Certificado de Etiqueta, os módulos FV devem possuir certificações emitidas por instituições reconhecidas internacionalmente e pelo INMETRO. Essas certificações não limitam competidores a fim de beneficiar algumas empresas em especial, uma vez que muitas delas possuem essas certificações. Algumas das certificações que podem ser solicitadas são:

- **IEC 61215** - Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 2: Test procedures;
- **IEC 61701** - Photovoltaic (PV) modules - Salt mist corrosion testing; IEC 61730 - Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction;
- **IEC 62716** - Photovoltaic (PV) modules - Ammonia corrosion testing.

INVERSOR

O inversor fotovoltaico é o componente responsável pela conversão da energia c.c. (corrente contínua), proveniente da geração do módulo FV, em energia c.a. (corrente alternada).

As características técnicas mínimas admitidas para os inversores devem ser identificadas, como potência nominal, eficiência, índice de proteção, entre outros. Além disso, é importante que na especificação do inversor esteja clara a frequência de operação do equipamento (60 Hz para a rede elétrica convencional do Brasil) e tensão de saída nominal compatível com a tensão da rede elétrica local. Caso a tensão não seja compatível, será obrigatório o uso de um transformador isolador.

O inversor fotovoltaico deve possuir certificações de acordo com as normas: IEC 61727, EN 61000, EN 50178, IEC 62109-1, IEC 62109-2, NBR² 16149, NBR 16150 and NBR IEC 62116:2012.

Em alguns casos, é previsto um Sistema de Aquisição e Análise de dados (SAAD) para a monitoração do sistema fotovoltaico. Caso isso ocorra, é importante assegurar que a interface de comunicação do inversor seja compatível com o SAAD.

COMPONENTES DE PROTEÇÃO

Os componentes de proteção do sistema fotovoltaico servem para proteger tanto os componentes do sistema fotovoltaico contra surtos, sobrecorrente etc. quanto os usuários, através de seccionamentos para permitir eventuais manutenções e desconexões do sistema. Todos os componentes de proteção necessários devem estar previstos conforme as recomendações da NBR 16690:2019.

CONECTORES

Os conectores c.c. fazem a conexão elétrica entre os cabos das strings e o cabo principal que faz o paralelo do circuito fotovoltaico. Para a parte c.c. do sistema, recomenda-se que em todas as conexões sejam utilizados conectores específicos para sistemas FV (conectores tipo MC4). Em terminações de cabos que não utilizam conectores do tipo MC4, é recomendável que sejam utilizados terminais pré-isolados e devem atender à NBR 5474. Emendas devem ser evitadas.

CONDUTORES

Os condutores devem ser dimensionados de acordo com a NBR 5410, de modo a suportar a corrente específica do sistema e quedas de tensão admissíveis, conforme desejado no projeto.

É importante salientar que os condutores devem ser instalados em locais apropriados e deve-se garantir que o local escolhido não acumule água, o que poderia danificar não só os cabos, mas também os conectores. Os cabos devem sempre ser abrigados da incidência de UV direta. Além disso, deve-se evitar que os cabos fiquem frouxos ou demasiadamente tensionados e garantir que não sofram estrangulamentos. Os cabos para aplicação em sistemas fotovoltaicos também devem atender aos requisitos da NBR 16612.

TRANSFORMADORES (CASO NECESSÁRIO)

Nos casos em que o inversor fotovoltaico não apresenta uma tensão de saída compatível com a rede elétrica local, é necessário o uso de um transformador. O equipamento deve ser especificado conforme dimensionamento do sistema fotovoltaico.

QUADRO ELÉTRICO

Os quadros elétricos têm a função de comportar os componentes de proteção e paralelar o circuito. Em um sistema fotovoltaico, os quadros elétricos podem agrupar os componentes em corrente contínua (denominados de caixa de junção ou stringbox) - para paralelar strings, comportar porta fusíveis, DPS e chave seccionadora - e também agrupar os componentes em corrente alternada, que são os quadros de distribuição convencionais - para paralelar circuitos de inversores, comportar DPS, disjuntores etc. e promover o acoplamento entre componentes assegurando a proteção geral dos componentes elétricos.

A especificação técnica deve apresentar as características mínimas do equipamento a ser utilizado no projeto do sistema fotovoltaico.

² NBR - Norma Técnica Brasileira

1.3. Descrição dos equipamentos (continuação)

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS (SAAD)

O Sistema de Aquisição e Análise de Dados (SAAD) geralmente é composto por uma estação solarimétrica, dataloggers, sensores, medidores de energia, workstation para visualização dos dados e outros componentes acessórios. A quantidade de equipamentos e complexidade do SAAD é variável e depende do interesse de monitoração das variáveis do sistema. Vale ressaltar que é de suma importância garantir um SAAD robusto, pois esses dados

serão necessários para avaliação futura de desempenho do sistema e assegurar a garantia da instalação. Caso o sistema FV venha a apresentar um desempenho abaixo do esperado, serão utilizados os dados adquiridos pela SAAD de modo a averiguar a possível causa desse baixo desempenho.

Tabela 2 apresenta um compilado das normas, já mencionadas anteriormente, e que definem os requisitos mínimos dos equipamentos apresentados:

Equipamento	Normas
Módulo FV	<ul style="list-style-type: none"> IEC 61215 - Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 2: Test procedures IEC 61701 - Photovoltaic (PV) modules - Salt mist corrosion testing IEC 61730 - Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction IEC 62716 - Photovoltaic (PV) modules - Ammonia corrosion testing
Inversor	<ul style="list-style-type: none"> IEC 61727 - Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface EN 61000 - Electromagnetic compatibility (EMC) EN 50178 - Electronic Equipment for Use in Power Installations IEC 62109-1 - Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements IEC 62109-2 - Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters NBR 16149 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição NBR 16150 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade NBR IEC 62116:2012 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica
Componentes de proteção	<ul style="list-style-type: none"> NBR 16690:2019 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto
Conectores	<ul style="list-style-type: none"> NBR 5474:1986 – Conector Elétrico NBR 16690:2019 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto
Condutores	<ul style="list-style-type: none"> NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão NBR 16690:2019 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto EC 60332-1 - Métodos de ensaios em cabos elétricos sob condições de fogo Parte 1: Ensaio em um único condutor ou cabo isolado na posição vertical NBR16612: 2020 Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores - Requisitos de desempenho
Quadro Elétrico	<ul style="list-style-type: none"> IEC 60439 - Low voltage switching and control assemblies IEC 61439-1:2011 - Low-voltage switchgear and control gear assemblies

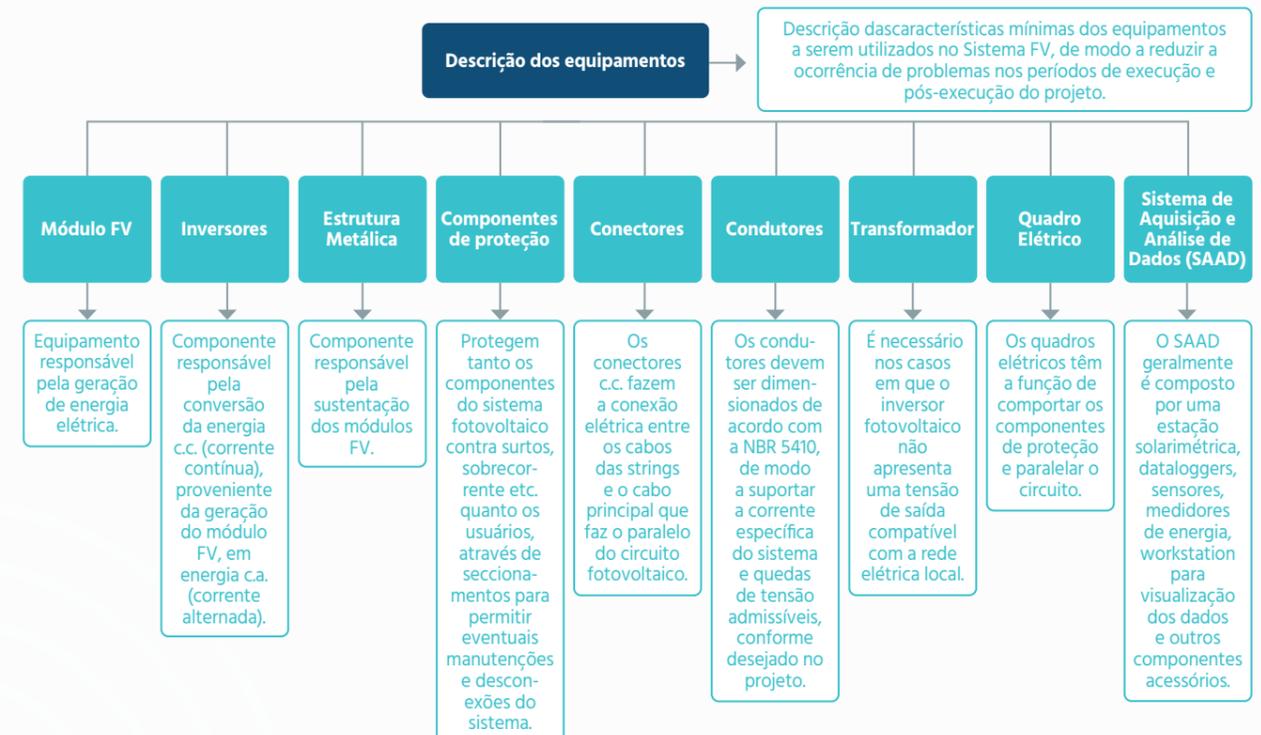


Tabela 2: Compilado das normas que definem os requisitos mínimos dos principais equipamentos que compõem o sistema FV

Figura 8: Resumo dos equipamentos respectivas descrições.



1.4. Serviços

Todos os serviços que são de responsabilidade da integradora devem ser previstos e listados detalhadamente na especificação técnica. As principais atividades que devem ser mencionadas e especificadas com cautela na especificação serão apresentadas a seguir:

ESTUDOS PRELIMINARES

Os estudos preliminares podem contabilizar uma avaliação estrutural e estudos socioambientais, como se explica a seguir. A Figura 9 resume este tópico.

Avaliação Estrutural

Antes da instalação do sistema FV em edifícios, é necessário realizar estudos preliminares e cálculos estruturais a fim de avaliar a carga máxima suportada pelo telhado. Nos casos em que o sistema fotovoltaico será instalado no solo, as condições do solo devem também ser avaliadas por um especialista.

Estudos Socioambientais

Dependendo do contexto em que o projeto é inserido, devem ser efetuados estudos socioambientais. Estes estudos preliminares visam identificar as vulnerabilidades do projeto, bem como mitigar possíveis riscos e impactos ambientais e sociais que possam atrasar ou inviabilizar a implementação do sistema fotovoltaico. Recomenda-se que estes estudos sejam realizados em projetos inseridos no contexto de edifícios inseridos na lista do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), próximos de áreas de preservação ambiental, áreas de vulnerabilidade econômica, entre outras.



Figura 9: Resumo de serviços referentes aos serviços preliminares

EXECUÇÃO DO PROJETO

A execução do projeto inclui o projeto executivo, condições gerais do canteiro de obras, ajuste da infraestrutura, instalação e segurança do local como explicado a seguir e como resumido na Figura 10.

Projeto Executivo

O projeto executivo é o projeto final a ser implementado durante o serviço de instalação. Ele contém todas as informações pertinentes para que o sistema fotovoltaico seja instalado. Minimamente, o projeto executivo elaborado pela empresa integradora deve conter:

- Memorial de cálculo de carga estática e de vento da estrutura de suporte, com os módulos instalados e cargas sobre a cobertura onde será montada;
- Laudo estrutural garantindo que a cobertura tem capacidade para suportar a carga adicional causada pela integração do sistema fotovoltaico.
- Layout de distribuição dos módulos fotovoltaicos na superfície a serem instalados;
- Diagramas elétricos unifilares e multifilares detalhando a conexão dos módulos, strings, inversores, quadros elétricos, transformadores e ponto de conexão com a rede, quando pertinente.
- Manual de instruções para manutenção preventiva;
- Demais informações conforme necessidade de projeto, como obras de adequação.

Condições Gerais do Canteiro de Obras

Para a execução dos serviços, geralmente há a necessidade da instalação de um canteiro de obras. Sua instalação deve ser feita de acordo com as condições estipuladas na Norma Regulamentadora NR-18 e nas Diretrizes Básicas de Segurança e Medicina do Trabalho.

Em canteiros provisórios são utilizados contêineres pré-fabricados ou algum sistema construtivo equivalente, possuindo todas as utilidades pré-instaladas de modo a facilitar e agilizar tanto a mobilização quanto a desmobilização do canteiro de obras.

Obras de adequação de infraestrutura

Nem sempre a edificação estará completamente adequada para receber o sistema fotovoltaico. Nesses casos, serão necessárias obras para adequação da infraestrutura, que vão desde reforço da parte estrutural, de modo a garantir que a edificação suporte o peso dos materiais, até realocação de alguns componentes pré-existentes, como para-raios.

Vale ressaltar que essas obras devem ocorrer de forma que interfiram minimamente na estética e, mais importante, garantindo as características originais da edificação.

Instalação

A integradora deverá executar o serviço de instalação conforme o prazo em dias indicado na especificação técnica. Ela será responsável unicamente pela conclusão do serviço, podendo ser penalizada caso não cumpra o prazo. A integradora deverá se responsabilizar por entregar o sistema fotovoltaico pronto para entrar em operação, cumprindo todas as exigências feitas pela concessionária local.

Segurança do Local

Como os serviços são previstos para se prolongarem por um tempo determinado, visto o tamanho e complexidade do sistema, é necessário garantir a segurança dos equipamentos e materiais utilizados – o que geralmente fica a cargo da integradora.

Além disso, também é importante realizar um controle de acesso da força de trabalho, veículos e cargas relativas à execução do serviço e a restrição de acesso de pessoas não autorizadas no local. Entretanto, nem sempre isso é possível, visto que em alguns casos, trata-se de um local de fluxo contínuo de pessoas. Nesse caso, deve-se assegurar tanto a segurança dos equipamentos, para evitar danos, furtos e extravios, quanto das pessoas que venham a transitar e deve-se prever sinalização de alerta quanto aos riscos nas instalações.

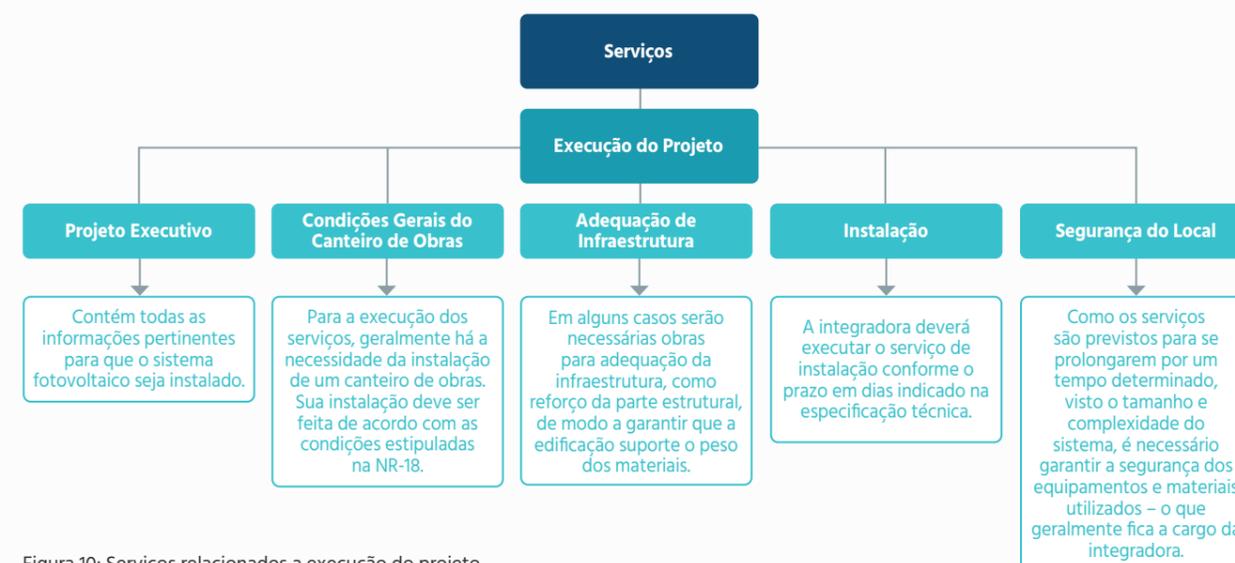


Figura 10: Serviços relacionados a execução do projeto

SERVIÇOS PÓS-INSTALAÇÃO

Os serviços de pós-instalação incluem comissionamento, acompanhamento, garantia do sistema e treinamento conforme apresentado a seguir e resumido na Figura 11.

Comissionamento

O comissionamento compreende o conjunto de inspeções, serviços técnicos e testes de campo a serem efetuados no sistema gerador fotovoltaico, de acordo com os detalhamentos apresentados na especificação técnica, seguindo a norma NBR 16274:2014 que apresenta os requisitos mínimos para documentação e ensaios de comissionamento. Um bom método para avaliar o comissionamento é a criação de fichas de controle que devem ser preenchidas conforme os testes forem sendo executados. Os resultados serão avaliados a fim de confirmar se o sistema está apto a entrar em funcionamento.

Acompanhamento

Após a finalização do serviço de instalação e comissionamento do sistema fotovoltaico, é importante manter um acompanhamento do sistema através de inspeções periódicas e análise dos dados adquiridos pelo SAAD. O serviço de acompanhamento pode ficar a cargo da própria empresa integradora ou de uma terceirizada, conforme preferência.

O acompanhamento tem o objetivo de manter a disponibilidade e correto funcionamento dos equipamentos de modo a obter a geração de energia prevista de acordo com o projeto executivo. Durante este período a empresa executora fica responsável pelas manutenções corretivas de qualquer equipamento que apresentar falha.

A capacitação da equipe técnica do cliente em energia solar fotovoltaica é um serviço importante e pode ser considerado na especificação técnica.

Garantia do Serviço

Como toda e qualquer aquisição de produto, deve ser exigida a garantia do serviço executado, na qual a empresa contratada deve cumprir com as cláusulas acordadas entre as partes. O descumprimento do acordado pode levar à cobrança de multa, desde que previamente estabelecida na especificação técnica.

A garantia pode ser subdividida em garantia da instalação e garantia da taxa de desempenho.

Garantia de Instalação:

A integradora obriga-se a garantir os serviços executados contra qualquer defeito de mão-de-obra e/ou estrutura, por um prazo previamente estabelecido (geralmente em anos), contados a partir da entrega final do produto, conforme disposto no artigo 618 e seguintes da Lei 10.406 de 10/01/2002 (Código Civil). Além disso, é importante solicitar que a garantia dos materiais e equipamentos fornecidos e instalados contra qualquer defeito de fabricação, bem como garantia de desempenho dos equipamentos, sejam de responsabilidade da integradora, pelos respectivos prazos a serem definidos na especificação técnica.

Garantia da taxa de desempenho:

A Relação de Desempenho (RD) é definida como a razão entre a produção real de energia de um sistema solar fotovoltaico e a geração estimada caso não houvesse perdas no sistema. O RD é um indicador da saída real do sistema em comparação com um sistema ideal. Este coeficiente visa quantificar o efeito global das perdas na produção de energia devido às perdas do inversor CC/CA, de sombreamento, sujeira, coeficientes de temperatura, mismatching, entre outros.

A integradora deve informar no projeto executivo a estimativa da RD do sistema FV, em relação à irradiação no plano dos módulos a partir de simulações representativas.

Para verificação do desempenho real do sistema fotovoltaico, geralmente é definida uma metodologia de avaliação comparativa, a ser apresentada em um documento anexo à especificação técnica. Caso os valores de RD reais obtidos pela metodologia sejam inferiores ao acordado, a integradora deve se justificar e/ou corrigir os possíveis defeitos a fim de sempre atingir o valor esperado.

Treinamento

A capacitação da equipe técnica da contratante em energia solar fotovoltaica é um serviço importante e pode ser contemplado na especificação técnica. O treinamento deve habilitar a equipe de operação e manutenção do sistema fotovoltaico a acompanhar a execução dos testes de operação, manutenção, bem como capacitá-los na execução com eficácia destes procedimentos. É sugerido que a capacitação contemple no mínimo:

- Fundamentos da Energia Solar Fotovoltaica
- Treinamento de Operação e Manutenção de Sistemas FV
- Treinamento manutenção do Sistema de Aquisição e Análise de Dados (SAAD)
- Treinamento em análise de dados e monitoramento utilizando o Sistema de Aquisição e Análise de Dados (SAAD)

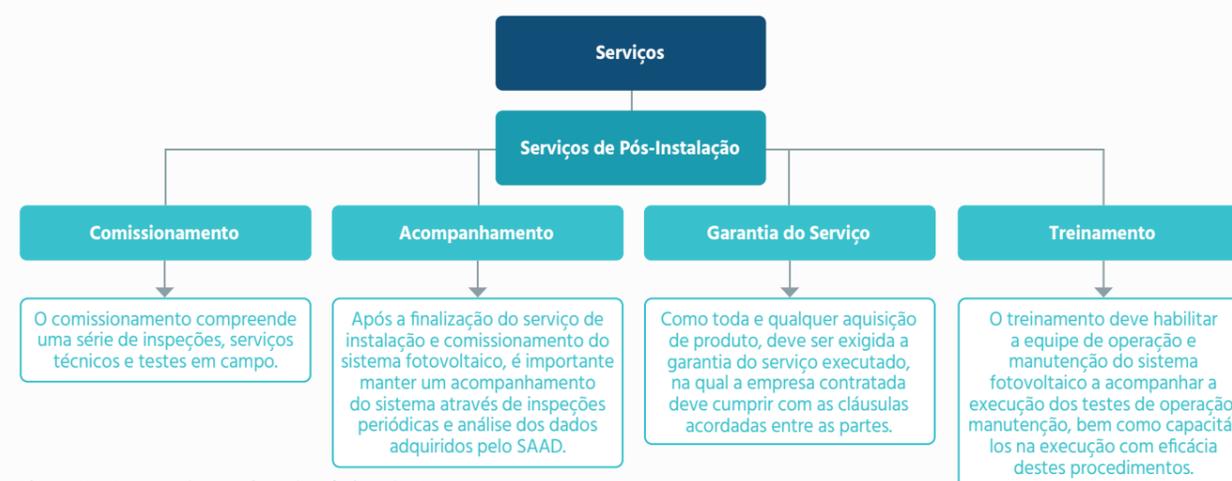


Figura 11 – Resumo dos serviços de pós-instalação



1.5. Melhores práticas na elaboração de Termos de Referência (TdR)

O documento intitulado Termo de Referência (TdR) é uma parte integrante do processo de licitação. O TdR define as especificações do projeto e contém os elementos necessários para o sucesso da aquisição e implementação do sistema. As melhores práticas descritas a seguir referem-se ao estabelecimento de critérios técnicos que visam assegurar uma elevada qualidade na aquisição de equipamento e serviços.

O TdR deve incluir requisitos para verificar a qualificação técnica dos proponentes, incluindo experiência passada comprovada na execução de projetos similares ao em questão. Exemplos destes requisitos podem ser encontrados abaixo, com colchetes que representam números a serem definidos caso a caso:

- Experiência prévia na implementação de pelo menos [x] projetos PV de [y] kWp ou mais;
- Experiência prévia com avaliação estrutural (quando aplicável);
- Experiência prévia no comissionamento de pelo menos [x] projetos PV de [y] kWp ou mais;
- Experiência prévia na execução de medições e verificações (M&V);
- Inclusão de um profissional que tem trabalhado na implementação de projetos fotovoltaicos há pelo menos [z] anos;
- Inclusão de um/a engenheiro/a eletricista, mecânico, ambiental e/ou outro/a engenheiro/a na equipe de projeto.

Minimum quality or performance requirements may be established in the ToR, defining the way each requirement indicator may impact payment in case it is not met.

Os requisitos mínimos de qualidade ou desempenho podem ser estabelecidos nos TdR, definindo a forma como cada indicador pode ter impacto no pagamento caso não seja alcançado.

A TdR deve conter no mínimo:

- Objeto ("o que")
- Justificativa ("porquê")
- Requisitos de qualificação técnica ("quem")
- Cronograma / Calendário com datas de marcos de entregas importantes ("quando")
- Local de execução dos serviços ("onde")
- Descrição detalhada dos serviços e equipamentos ("como")
- Em certos modelos de licitação: Estimativa informativa ou de preço máximo ("quanto")

O documento intitulado Termo de referência (TdR) é uma parte integrante do processo de aquisição

2. Compra, financiamento e implantação

A segunda seção desse relatório apresenta diferentes modelos de negócios opções de financiamento para projetos fotovoltaicos em Municípios.

A) Preparação do Projeto

As cidades brasileiras vivenciam pressões orçamentárias rotineiras que servem como obstáculos para investimentos em projetos de energia solar fotovoltaica. Observando esta restrição, o sistema financeiro público e privado vem criando alternativas para atender esta crescente demanda, tornando disponível linhas de crédito para viabilizar projetos do ente público municipal.

Além de financiamento, os municípios podem contar com outras estratégias para viabilizar seus projetos, como a utilização de capital próprio e a atração de investimento do setor privado como o estabelecimento de uma parceria público-privada (PPP) e aluguel de sistema fotovoltaico.

Abaixo, serão apresentadas e comparadas, diferentes opções, disponíveis no mercado brasileiro, para os municípios viabilizarem seus projetos de energia solar fotovoltaica.

Cidades Brasileiras experienciam constantes pressões orçamentárias que são obstáculos para os investimentos em projetos solares FV



Crédito editorial: Michel luiz de freitas / Shutterstock.com

2.1. Financiamento do projeto

A realização de empréstimos, para viabilizar financeiramente um projeto é bastante comum na administração pública. Entretanto, este modelo ainda não é muito explorado, pela administração pública, em projetos de geração distribuída. A partir dos últimos anos, tem-se observado um crescimento exponencial no setor de energia renovável no Brasil, tanto do consumo quanto da geração, e este crescimento é

acompanhado com o aumento da disponibilização de produtos financeiros por agentes nacionais e internacionais.

Tanto para o financiamento nacional e para o internacional o modelo de negócio é igual, visto que somente a fonte de recursos que é diferente. Para ambos, um modelo genérico pode ser verificado na Figura 12.

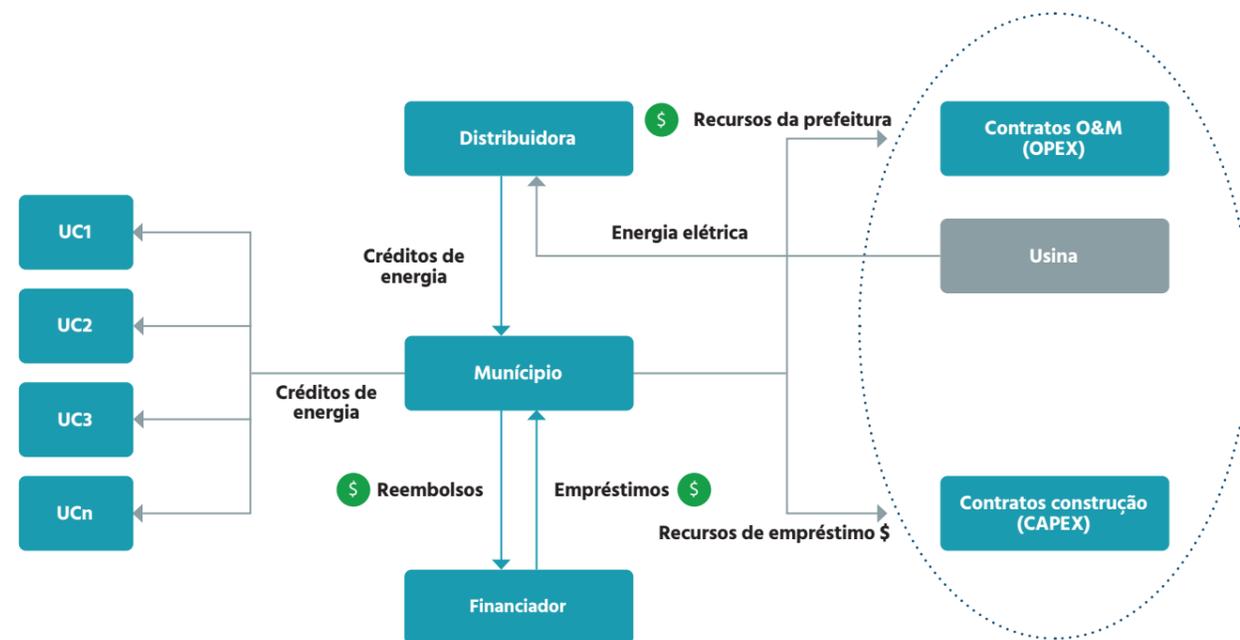


Figura 12: Típico Modelo de negócio para financiamento do projeto. UC = Unidade Consumidora



a. Financiamento Nacional

No mercado interno brasileiro, destaca-se algumas categorias de agentes financeiros que possuem grande participação na viabilização econômica de projetos públicos. Em destaque há o Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), as agências de fomento, bancos de desenvolvimento e a Caixa Econômica Federal (CEF), como principal banco público de varejo.

BNDES - BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

O BNDES é uma das principais figuras nacionais no financiamento de projetos. Com baixas taxas de juros e prazo longo de amortização e carência, este banco oferece condições de empréstimo consideradas bastante atrativas no mercado brasileiro. Um outro fator positivo é a grande variedade de produtos disponíveis oferecidos por este agente, destacam-se no setor de energias renováveis o subprograma do Fundo Clima – Energias Renováveis³ e o Finem – Geração de energia⁴. Abaixo são destacadas algumas importantes características das linhas de crédito.

BNDES FINEM - MEIO AMBIENTE - GERAÇÃO DE ENERGIA

Taxa de juros (ao ano): TLP + 1,05% + taxa agente financeiro (Indireto)⁵
TLP + 0,9% + taxa de risco (Direto)⁶

Encargos: Reserva de crédito de 0,1% ao mês incidente sobre o saldo contratado e não liberado, cobrado mensalmente
Comissão por Colaboração Financeira de 0,5% (nos casos de operações em que era aplicável a Comissão de Estudo, a alíquota é 0,3%)

Financiamento: Até 80% do valor total do projeto, limitada a 100% dos itens financiáveis.

Prazo: Até 24 anos, incluindo carência de até 6 meses após a entrada do projeto em operação comercial

FUNDO CLIMA - SUBPROGRAMA ENERGIAS RENOVÁVEIS

Taxa de juros (ao ano): 1,0% + 0,9% ou 1,4% + até 3% (Indireto)
1,0% + 0,9% + taxa de risco (Direto)

Encargos: Reserva de crédito de 0,1% ao mês incidente sobre o saldo contratado e não liberado, cobrado mensalmente

Financiamento: Até 80% do valor dos itens financiáveis

Prazo: Até 16 anos, incluído período de carência de no máximo oito anos

Itens financiáveis: Projetos de geração de energia elétrica a partir da energia solar, incluindo geração distribuída, e dos oceanos (há outros itens)

³ <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima>

⁴ <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-energia>

⁵ https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-06182019000100012

⁶ https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-06182019000100012

AGÊNCIAS DE FOMENTO, BANCOS DE DESENVOLVIMENTO E CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

Há diversos outros agentes financeiros além do BNDES no Brasil. Entretanto, para a administração pública, destaca-se as Agências de Fomento, Bancos de Desenvolvimento e Caixa Econômica Federal, devido a sua aderência no mercado e condições favoráveis.

As agências de fomento são instituições financeiras que possuem uma abrangência estadual. Estas empresas são vinculadas ao governo de cada estado e possuem, principalmente, a função de estimular o desenvolvimento através de financiamento de projetos. Atualmente, há 16 agências de fomento pertencentes a diferentes estados.

Agência de Fomento	Sigla
AF do Estado Santa Catarina	Badesc
AF do Rio Grande do Sul	Badesul
AF do Estado de Roraima	Desenvolve RR
AF do Amapá	Afap
AF do Estado do Amazonas	Afeam
AF do Paraná	Fomento Paraná
AF do Rio Grande do Norte	AGN
AF do Estado de Goiás	Goiás Fomento
AF do Estado da Bahia	Desenbahia
AF do Estado de Tocantins	Tocantins Fomento
AF do Estado do Rio de Janeiro	Agerio
AF do Estado de Mato Grosso	Desenvolve MT
AF Paulista	Desenvolve SP
AF do Estado de Alagoas	Desenvolve
AF do Estado do Piauí	Piauí Fomento
AF do Estado de Pernambuco	Agefep

Tabela 3: Agências de Fomento estaduais⁷

Além das agências citadas, há também os Bancos de Desenvolvimento Regionais e Estaduais. Na prática, o que ocorre é que os bancos estaduais atuam como as agências de fomento de forma que as substituam em alguns casos. Ademais, os bancos regionais também são operados como uma instituição de fomento, no entanto são controlados por mais de um estado de maneira que a atuação passa a ser restringida regionalmente.

Banco de Desenvolvimento	Sigla	Abrangência
Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo S.A.	BANDES	State
Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais S.A.	BDMG	State
Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul	BRDE	Regional
BADESUL Desenvolvimento S.A.	BADESUL	Regional
Banco da Amazônia S.A.	BASA	Regional
Banco do Nordeste	BDE	Regional

Tabela 4: Bancos de desenvolvimento regionais e estaduais⁸



A outra instituição financeira é a CEF a qual possui capital fechado e é totalmente controlado pelo governo federal. Assim, é possível de oferecer produtos e condições mais atrativas que bancos privados.

Categoria	Principais Vantagens	Principais Desvantagens
BNDES	<ul style="list-style-type: none"> • Prazo de financiamento estendido (incluído período de carência); • Baixas taxas no mercado nacional; • Maior financiador de energia renovável do Brasil; • Linha de crédito específica para energias renováveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Repassa recursos internacionais com taxas mais elevadas; • Restrição de equipamentos e materiais financiáveis. • Não realiza o financiamento total do projeto (Até 80%). • Linhas de crédito para projetos maiores, a partir de R\$ 3 milhões pelo Fundo Clima e R\$ 10 Milhões pelo Finem.
Agência de Fomento e Bancos de Desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de financiamento específicos para municípios; • Prazo de financiamento estendido (incluído período de carência) maior que bancos comerciais; • Financia projetos menores. • Há linhas de crédito que financiam 100% do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Taxas de financiamento mais elevadas; • Menor prazo para pagamento e de carência menores do que o BNDES oferece.

Tabela 5: Principais vantagens e desvantagens Agências de Fomento, bancos de desenvolvimento e Caixa Econômica Federal

b. Financiamento Internacional

As instituições internacionais também são responsáveis por fornecer parte dos empréstimos no Brasil. Pode-se dividir os financiamentos internacionais em dois segmentos principais, os Fundos de Investimento e os Bancos Internacionais de Desenvolvimento. Essas instituições buscam investir recursos em projetos de adaptação, mitigação geral, mitigação REED (Redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal) ou em muitos casos pode ser uma combinação destes focos.

Os mecanismos de financiamento internacionais possuem, diferentemente dos nacionais, produtos financeiros mais variados, desde os mais comuns como o empréstimo, até a realização de doações e compra Equities. Frequentemente, as instituições internacionais oferecem juros menores e prazos de amortização maiores que as nacionais. Entretanto, o acesso aos recursos internacionais é mais complexo e demorado.

A lista de organismos financiadores pode ser bastante extensa e não convém lista-los. O Ministério do Meio Ambiente produziu uma tabela com diversas informações referentes as condições de financiamento das principais instituições internacionais⁹.

Outra forma de obter informações sobre os mecanismos internacionais de financiamento, é através do banco de dados do SADIPEM¹⁰ (Sistema de Análise da Dívida

Pública, Operações de Crédito e Garantias da União, Estados e Municípios). Nesta plataforma é possível verificar informações sobre as operações de crédito que municípios, estados e empresa públicas realizaram com agentes financiadores internacionais.

Na Tabela 4 há as principais vantagens e desvantagens consideradas para a obtenção de financiamento através de instituições internacionais.

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Baixas taxas de financiamento; • Prazo de financiamento estendido (incluído período de carência); • Há linhas que utilizam moeda local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exigência de contrapartidas ambientais exigentes; • Indexação das taxas à índice internacional (em algumas linhas); • Exposição a variação cambial (em algumas linhas); • Procedimentos mais burocrático para acessar os recursos.

Tabela 6: Principais vantagens e desvantagens de instituições internacionais

⁹ <https://www.mma.gov.br/apoio-a-projetos/fontes-de-financiamento>

¹⁰ <https://sadipem.tesouro.gov.br>

⁷ https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-06182019000100012

⁸ https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-06182019000100012

2.2 Parceria Público-Privada PPP

O modelo de Parcerias Público-Privada (PPP) é caracterizado pela presença de uma concessionária, a qual o poder público outorga responsabilidades mediante uma concessão administrativa. As PPPs vêm ganhando cada vez mais espaço em investimentos privados nos municípios, a Lei 11.079/2004¹¹ define a PPP como contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa. A lei também determina algumas condições específicas para que uma PPP possa ser estabelecida. As principais são:

Duração: a prestação de serviço deve durar entre 5 e 35 anos (incluindo eventuais prorrogações)

Valores: o valor do contrato não pode ser inferior à cifra 10 milhões (valor atualizado pela Lei 13.529/2017). Não há teto máximo;

Serviços: não devem ser celebrados contratos cujos únicos objetivos forem fornecimento de mão de obra, fornecimento e instalação de equipamentos ou execução de obras públicas.

Neste modelo de negócio, a iniciativa privada pode fornecer o investimento necessário, realizar a instalação, manutenção e operação do sistema, monitorar a performance da usina e ainda atuar na gestão da compensação dos créditos de energia para os prédios públicos do município. A Figura 2 ilustra um modelo de negócio genérico que pode ser aplicado no estabelecimento de uma PPP para geração fotovoltaica.

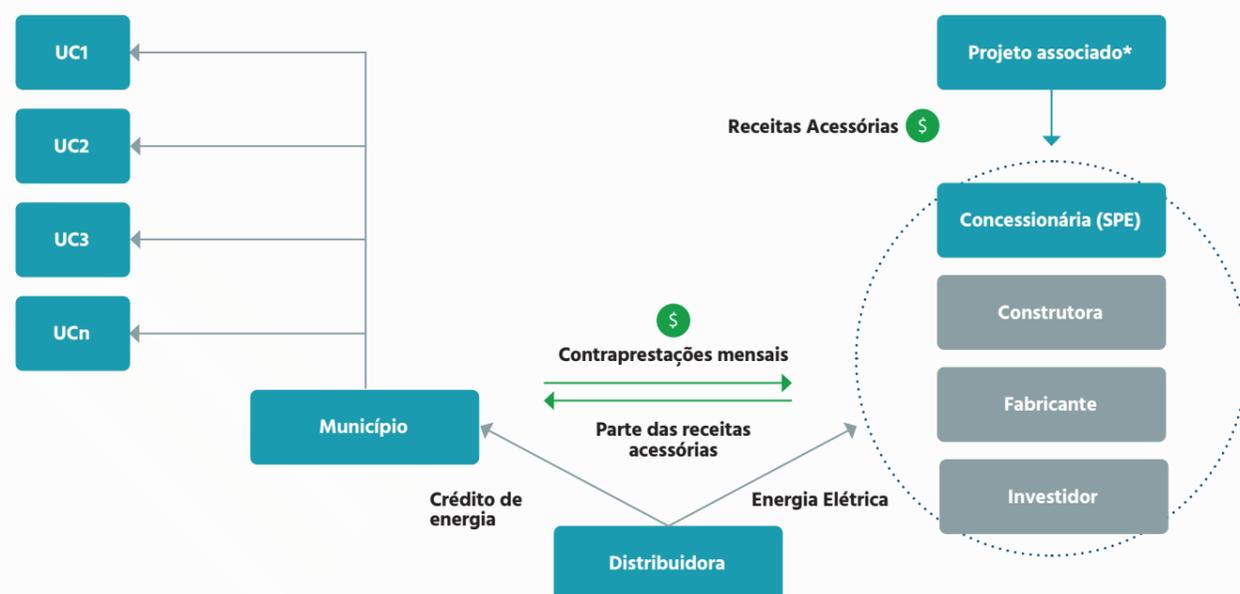


Figura 13: Modelo de negócio para concessão administrativa.

Normalmente, a concessionária é uma Sociedade (ou veículo) de Propósito Específico—SPE ou VPE—formada pela empresa ou por um consórcio de empresas vencedor da concorrência pública, que pode incluir, entre outros, um operador, um financiador e um fabricante de

equipamentos. O retorno do investimento ocorre através de contraprestações mensais por parte do município, atreladas a geração de energia, a empresa ou consórcio de empresas que se comprometeu a realizar a construção e operação da usina pela menor contrapartida mensal da prefeitura.

Uma modelagem possível para PPP é o BOT, acrônimo para a expressão em inglês Build, Operate and Transfer. No BOT, uma parte, seja ela uma entidade pública ou privada (“Concedente”), concede à outra parte (“Empreendedor”) o direito de projetar, construir e operar um negócio em local de propriedade do Concedente por determinado prazo, sendo o núcleo operacional dessa relação um contrato de concessão ou um instrumento particular firmado entre as partes, conforme o caso. Entretanto, diferente da PPP, a modelagem do BOT deve prever um período ao fim do projeto, no qual a concessionária transfere novamente a gestão da unidade de volta para o setor público ou a estatal, para a PPP essa questão deve ser acordada entre as partes e pode estar associada ao pagamento de uma taxa.

Além disso, cada município pode possuir suas próprias legislações relacionadas a criação de uma PPP, estabelecendo valores mínimos e máximo de contratos e tempo mínimo de prestação de serviços por exemplo. O claro entendimento dessa legislação municipal é muito importante para viabilizar a realização dos projetos.

Na Tabela 5 são apresentados dados relativos a quatro diferentes licitações públicas para o estabelecimento de PPP envolvendo a construção de usinas de geração fotovoltaica.

Concedente	CODANORTE	Piauí	Uberaba	Goianésia
Ente Público	Consórcio de municípios	Estado	Prefeitura	Prefeitura
Publicação do edital	2018	2019	2019	2020
Modalidade	Concessão administrativa	Concessão administrativa	Concessão administrativa	Concessão administrativa
Critério de julgamento	Menor valor de contraprestação mensal	Menor valor de contraprestação mensal	Menor valor de contraprestação mensal	Menor valor de contraprestação mensal
Destinação Usina	Poder concedente	Governo do Estado	Poder concedente	Poder concedente
Tempo de concessão (anos)	1 + 25	1 + 24	1 + 25	1 + 24
Destinação da energia	instalações prediais e de iluminação pública das prefeituras	instalações prediais do governo estadual de Piauí	Parte é para prefeitura e o resto pode ser explorada pela concessionária por meio de locação	Parte é para prefeitura e o resto pode ser explorada pela concessionária por meio de locação
Potência projetada	5 MWp	5 MWp	15MW (três usinas de 5MW cada)	3 MWp
Geração mínima obrigatória	8.7 GWh/ano	7.8 GWh/ano	19.5 GWh/ano	2.0 GWh/ano
CAPEX inicial	R\$20,5 milhões	R\$21,8 milhões	R\$61,6 milhões	R\$10,6 milhões
Base de cálculo da Parcela remuneratória mensal	A partir da economia com despesa de energia elétrica de 20%	A partir da economia com despesa de energia elétrica de 18%	A partir da equação de Taxa Interna de Retorno igual a Taxa Mínima de Atratividade igual a 9,47%	A partir da equação de Taxa Interna de Retorno igual a Taxa Mínima de Atratividade igual a 7,14%
Current step (Update date 10/11/20)	Processo Licitatório	Assinatura de contrato	Assinatura de contrato	Processo Licitatório
Link to bidding documents	PPP-CODANORTE	PPP-Piauí	PPP-Uberaba	PPP-Goianésia

Tabela 7: Casos estudados de PPPs.

¹¹ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm

* Os projetos associados são formas da concessionária de gerar receitas extras às contraprestações mensais do município, na maioria dos contratos analisados há essa possibilidade. Um caso específico comum é a SPE instalar painéis fotovoltaicos para os explorarem através da locação para empresas privadas terceiras

PPP DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA COM AS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO

Um outro modelo de PPP viável, é o estabelecimento de uma parceria entre os municípios e as distribuidoras de energia. Muitas das distribuidoras já possuem investimentos na área de energia solar, como é o caso da CPFL Renováveis, ENEL X e CEMIG SIM. O estabelecimento de parcerias com as prefeituras pode ser uma relação de ganha-ganha, devido ao conhecimento prévio das concessionárias em energia solar fotovoltaica e o potencial de economia financeira para os municípios.

Assim como os outros possíveis modelos de negócios, o estabelecimento de uma PPP traz consigo uma série de vantagens e desvantagens que devem ser avaliados a fim de verificar qual modelo é mais aderente aos projetos em desenvolvimento. A Tabela 7 apresenta as principais vantagens e desvantagens identificadas.

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> Aproxima a iniciativa privada do município; Traz redução de custos com energia para o município sem depender de desembolso financeiro; Entrega rápida e de alta eficiência dos projetos; O município compartilha os riscos com a instituição privada; A contraprestação mensal por parte da prefeitura pode ser atrelada ao desempenho da usina; Ao final do prazo de concessão a usina é transferida para o poder público; O município conta com o conhecimento consolidado da iniciativa privada na construção e operação da usina. 	<ul style="list-style-type: none"> É um modelo de negócio novo, ainda não há usinas de geração fotovoltaicas funcionando a partir desse modelo; Estabelecimento de um contrato de longo prazo; Não elimina os custos do município com energia, apenas reduz a tarifa paga; Risco de alterações nas legislações, reduzindo o desconto proporcionado na tarifa de energia ao passar dos anos; O parceiro privado pode ir à falência ou precisar renegociar o acordo.

Tabela 8: Principais vantagens e desvantagens para modelo de PPPs

¹² <http://www.cpfirenovaveis.com.br> ¹³ <https://www.enelx.com.br/pt> ¹⁴ <http://cemigsim.com.br/index.html>

2.3 Aluguel de Ativos

O modelo de locação de ativos é uma espécie de contrato atípico (regulado pela lei 13.190/2015 e pelo Artigo 47-A da lei 12.462/2011, a “Lei do RDC”) que é bastante inovador no campo jurídico brasileiro, ainda mais no setor de energia renováveis. Até o presente momento, ainda não há uma lei específica que discipline este instrumento contratual para a administração pública, somente é necessário que não contrarie as diretrizes gerais da Lei 8.666/93 e suas alterações posteriores que estabelecem os princípios que disciplinam as licitações.

Uma das alterações da lei, que estabeleceu este Regime Diferenciado de Contratação (RDC), foi com o artigo 47-A na Lei 13.190, de 19 de novembro de 2015, que determina algumas disposições para o regime de locação:

1. A contratação referida no caput sujeita-se à mesma disciplina de dispensa e inexigibilidade de licitação aplicável às locações comuns.
2. A contratação referida no caput poderá prever a reversão dos bens à administração pública ao final da locação, desde que estabelecida no contrato.
3. O valor da locação a que se refere o caput não poderá exceder, ao mês, 1% (um por cento) do valor do bem locado.

Na prática, o que ocorre é um processo licitatório com o critério de julgamento o menor valor mensal de locação (VML) pelo bem construído. TA empresa ou consórcio ganhador da concorrência deve ter mensurado os custos com obras, encargos do financiamento, impostos, despesas administrativas e a margem de lucro. Então, deve se constituir uma SPE para a implementação do contrato.

Depois, o consórcio deve instalar a usina de acordo com o que foi definido pela concedente. Assim que concluída a obra, a posse e os benefícios da obra são transferidos para a prefeitura a qual deverá realizar os pagamentos pela locação de modo periódico e estabelecido em contrato. Aqui é um fator que ocorre diferentemente da concessão em que a operação e a manutenção ainda são de responsabilidade da concessionária, para casos de locação esses deveres são repassados a prefeitura.

Geralmente, os contratos possuem uma duração entre 10 e 30 anos em que a administração realizará os pagamentos referentes a locação com valor fixo corrigidos pela inflação. No final do período a usina fotovoltaica podem ser transferidos com ou sem custos adicionais para o Poder Público ou o contrato pode ser prorrogado. A Figura 3 ilustra um modelo de negócio genérico para essa modalidade.

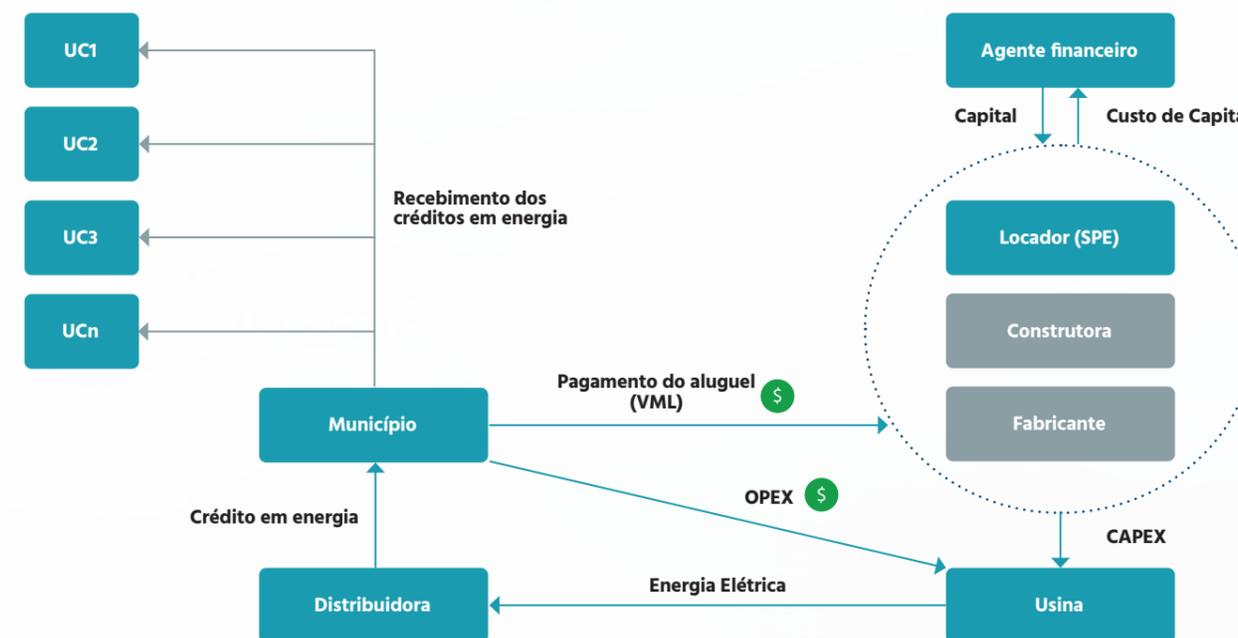


Figura 14: Modelo de negócio para aluguel de ativos

Depois, o consórcio deve instalar a usina de acordo com o que foi definido pela concedente. Assim que concluída a obra, a posse e os benefícios da obra são transferidos para a prefeitura a qual deverá realizar os pagamentos

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> Traz redução de custos com energia para o município sem depender de desembolso financeiro; Entrega rápida e de alta eficiência dos projetos; O município compartilha os riscos com a instituição privada; A contraprestação mensal por parte da prefeitura é fixa, o que torna previsível os gastos futuros Ao final do prazo de concessão a usina pode ser transferida para o poder público; O município conta com o conhecimento consolidado da iniciativa privada na construção da usina; As usinas podem ser espalhadas por diversas edificações da prefeitura, proporcionando uma maior redução de custos com energia para o município. 	<ul style="list-style-type: none"> É um modelo de negócio novo, ainda não há usinas de geração fotovoltaicas funcionando a partir desse modelo; Estabelecimento de um contrato de longo prazo; Não elimina os custos do município com energia, apenas reduz a tarifa paga.

Tabela 9: Principais vantagens e desvantagens para aluguel de ativos

2.4 Investimento próprio

O financiamento de projetos a partir de investimento com recursos do tesouro próprio é bastante comum entre os municípios. A principal vantagem desse mecanismo são os baixos custos associados ao longo da vida do projeto, pois não há a necessidade de pagar pelo capital investido. Assim, a partir de análises econômicas o payback e o Valor Presente Líquido (VPL) tendem a ser mais vantajosos comparados a projetos financiados por agentes financeiros. Caso a administração pública possua os recursos disponíveis para realizar o investimento inicial e esteja de acordo com a Lei Complementar nº101, de 4 de maio de 2020, conhecida como Lei da Responsabilidade Fiscal a qual determina os limites de endividamento dos municípios, a alternativa de investimento próprio pode ser interessante.

No entanto, o alto valor inicial necessário para instalação de uma usina de geração de energia é um fator crítico, pois é preciso realizar todo o investimento no início do projeto, antes da operação da usina. Então, essa forma de investir concentra diversos riscos no projeto que podem comprometer a contabilidade do investidor.

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não há pagamento de juros; • Maior retorno financeiro com o projeto; • Elimina a necessidade de contratos de longo prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Município assume os riscos do projeto e da tecnologia; • Grande desembolso financeiro inicial.

Tabela 10: Principais vantagens e desvantagens para investimento próprio



2.5 Programa de Eficiência Energética (PEE)

O PEE é uma grande oportunidade para municípios realizarem projetos de geração distribuída, o programa foi desenhado com intuito de promover o uso eficiente de energia através do financiamento de projetos relacionados a melhoria da eficiência energética. Desde de 1998 até 2019 foi responsável por patrocinar 4850 projetos que foram concluídos e já economizaram cerca de 63TWh, assim, estabeleceu-se como uma das medidas com maiores benefícios sociais e ambientais no Brasil.

As regras do programa são regidas principalmente pela Lei nº 9.991/00 e pelo Manual dos Procedimentos de Eficiência Energética da ANEEL (PROPEE - Resolução Normativa 830/2018). Esta regulamentação estabelece as fontes de recursos para o programa que são provenientes a partir de uma porcentagem mínima da receita operacional líquida (ROL) que as distribuidoras de energia devem aplicar no PEE, além de outras diretrizes.

Anualmente as distribuidoras realizam um edital o qual terceiros devem submeter os projetos para serem avaliados. Esses projetos podem incluir a troca de equipamentos e instalação de geração distribuída a partir de fontes renováveis. O principal parâmetro analisado para a seleção de um projeto é a relação custo benefícios (RCB), no entanto, a pontuação total é composta por diversos elementos que podem ser consultados no Guia Prático¹⁵ elaborado pela ANEEL.

Para concorrer ao PEE, há duas categorias de projetos que podem entrar na chamada pública das distribuidoras. A primeira é para unidades sem fins lucrativos que pode ser custeado a fundo perdido e a outra é para unidades com fim lucrativos. Esta segunda a empresa realiza um empréstimo o qual deve ser pago o valor investido em até 10 anos e somente com correção monetária através do IPCA, o que na prática somente acompanha a inflação, assim, não há um custo de capital associado a este empréstimo.

Portanto, o PEE é uma alternativa ao financiamento de projetos de melhoria de eficiência energética, que no caso inclui geração distribuída fotovoltaica. Por ser um financiamento a fundo perdido para a administração pública, a utilização do programa para viabilizar projetos de geração distribuída é, talvez a mais atrativa entre as opções disponíveis aos municípios. Entretanto, há alguns limitantes para o acesso a essa verba, como a necessidade da geração distribuída estar associada a realização de uma ação de eficiência energética e o valor do projeto ser limitado de acordo com o edital de cada concessionária.

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Valor a fundo perdido para o poder público. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitação do valor disponível; • Necessário a realização de ações de eficiência energética em conjunto com a geração distribuída; • O edital da chamada pública é bastante criterioso. • Necessário pessoas, do poder público ou subcontratadas, com conhecimento em geração distribuída, eficiência energética e medição e verificação para adequar o projeto as condições da chamada pública.

Tabela 11: Principais vantagens e desvantagens para PEE

¹⁵ <https://www.aneel.gov.br/documents/656831/15104008/Guia+CPP+-+Proponentes.pdf/ba29a041-83f0-41be-956f-50885b709e33?version=1.0>

2.6 Avaliação do porte da usina por modelo financeiro recomendável

Como foi demonstrado acima, cada forma de viabilizar financeiramente o projeto, seja através de financiamento, capital próprio ou capital privado, possui vantagens e desvantagens que devem ser observadas. Com base nessas vantagens e desvantagens, a Tabela 10 foi construída, o seu

intuito é apresentar uma avaliação preliminar entre o porte da usina e a alternativa financeira mais adequada. Entretanto, recomenda-se uma avaliação mais precisa de cada projeto antes da tomada de decisão.

Tamanho da Usina	Faixa de Valor estimado ¹⁶	Alternativa recomendada
até 75kW	Até R\$ 300 mil	<ul style="list-style-type: none"> Programa de Eficiência Energética Capital Próprio
De 75kW até 200kW	De R\$ 300 mil até R\$ 700 mil	<ul style="list-style-type: none"> Agências de Fomento Bancos de Desenvolvimento Bancos Públicos
Sistemas intermediários (200kW até 2MW)	De R\$ 700 mil até R\$ 6,5 Milhões	<ul style="list-style-type: none"> BNDES (A partir de R\$ 3 Milhões) Aluguel
Grandes Sistemas (2MW até 5MW)	De R\$ 6,5 Milhões até R\$ 16 Milhões	<ul style="list-style-type: none"> Financiamentos Nacionais Aluguel
Várias usinas grandes (Com potência unitária acima de 5MW)	A partir de R\$ 16 Milhões	<ul style="list-style-type: none"> BNDES PPP Financiamento Internacionais

Tabela 12: Porte da usina por modelo financeiro recomendável

¹⁶ A faixa de preço apresentada, foi estimada a partir de relatórios da GREENER (<https://www.greener.com.br/>), onde considerou-se os seguintes valores:

- 3,52 R\$/Wp para sistemas de 31 a 100 kWp.
- 3,22 R\$/Wp para instalações entre 100 kWp e 5 MWp.

2.7 Casos de sucesso

PREFEITURA DE CÁCERES – MT

Origem do Investimento:	Financiado pela Caixa Econômica Federal
Investimento:	R\$ 10,7 Milhões
Objetivo:	Instalação de usinas fotovoltaicas para reduzir os custos com energia do município
Mais informações:	https://caceresnoticias.com.br/politica/prefeitura-de-caceres-consegue-financiamento-de-mais-de-10-milhoes-para-energia-solar-em-escolas/652260

PREFEITURA DE SANTA ROSA – RS

Origem do Investimento:	Financiado pela Caixa Econômica Federal - FINISA
Investimento:	R\$ 1,3 Milhão
Objetivo:	Instalação de usinas fotovoltaicas para reduzir os custos com energia de 25 escolas do município, o projeto busca uma redução de R\$ 500 mil por ano.
Mais informações:	https://www.santarosa.rs.gov.br/noticias_ver.php?id=7150

PREFEITURA DE RIO GRANDE – RS

Origem do Investimento:	Oriundo de medidas compensatórias aplicadas à empresas que causaram danos ambientais em Rio Grande
Investimento:	R\$ 90 mil
Objetivo:	Instalação de usinas fotovoltaicas para suprir o consumo de duas escolas da rede municipal e gerar créditos de energia para outras edificações.
Mais informações:	http://www.riogrande.rs.gov.br/consulta/index.php/noticias/detalhes+2c8ae4,,prefeitura-inaugura-sistema-de-captacao-de-energia-solar-em-duas-escolas-da-rede.html#.X4m2LtBKjIU

VÁRIOS MUNICÍPIOS DO PARANÁ¹⁷

Origem do Investimento:	Uma parcela dos recursos é do Programa de Eficiência Energética (PEE), da Companhia Paranaense de Energia (Copel), a fundo perdido. O restante é complementado pelas prefeituras com recursos próprios ou obtidos pelo Sistema de Financiamento aos Municípios (SFM), liberados pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e de Obras Públicas (SEDU), com operação do Serviço Social Autônomo Paranaense.
Investimento:	R\$ 46,5 Milhões
Objetivo:	Instalar sistemas fotovoltaicos em 224 escolas de sete municípios do estado do Paraná, utilizando de recurso do PEE a fundo perdido e empréstimo junto ao Fomento Paraná.
Mais informações:	https://radioalianca.com.br/regiao/prefeitura-de-ita-licita-sistema-que-gera-energia-solar-para-atender-demanda-de-predios-publicos

PREFEITURA DE ITÁ – SC

Origem do Investimento:	Programa de Eficiência Energética - CELESC
Investimento:	R\$ 950 Mil
Objetivo:	Eficientização de 24 prédios públicos do município, com a substituição de aproximadamente 1.500 lâmpadas de baixa eficiência por lâmpadas LED, além da instalação de dois sistemas de geração fotovoltaica de energia elétrica de 75,24 kWp. Ao final do projeto, o município irá economizar, aproximadamente, R\$ 145 mil por ano nas faturas de energia elétrica
Mais informações:	https://radioalianca.com.br/regiao/prefeitura-de-ita-licita-sistema-que-gera-energia-solar-para-atender-demanda-de-predios-publicos

¹⁷ Balsa Nova, Cascavel, Fazenda Rio Grande, Foz do Iguaçu, Maringá, Paranaíba e São José dos Pinhais

2.8 Boas práticas relativas às licitações e contratações

Esta seção resume aspectos importantes que devem ser considerados ao preparar os Termos de Referência e outros documentos de licitação, bem como ao preparar documentos de financiamento. *(As informações abaixo podem ser organizadas em formato de Caixa, como uma visão geral de quais serviços devem ser contratados/procurados e quando, tais como projeto básico, projeto executivo, análise estrutural do telhado, implementação, etc.)*

Enquanto as equipes técnicas estão dimensionando o sistema FV e definindo locais e modalidades de alimentação, descritas em um relatório anterior, outras atividades devem ser desenvolvidas em paralelo para garantir que tudo estará pronto.

Avaliações de impacto social / ambiental podem ser necessárias e diferem dependendo do tamanho do projeto e da fonte de financiamento.

O modelo de contratação deve ser selecionado, uma vez que isso afeta fortemente o cronograma e os documentos a serem desenvolvidos. As opções incluem Engenharia, **Gestão de Compras e Construção** (EPC - Engineering, Procurement, Construction) usando **licitação pública** ou **pregão eletrônico**; **contratos de desempenho energético** usando RDC (Regime Diferenciado de Contratação); **PPP's** (parcerias público-privadas); **Aluguel**; **BOT** (build-operate-transfer); entre outros.

Um projeto básico assinado por um engenheiro é um componente importante do processo de licitação.

Os documentos de financiamento devem ser preparados e apresentados para que os empréstimos possam ser solicitados. Os documentos diferem para cada banco ou instituição.

Documentos de licitação devem ser elaborados, tais como o edital e os Termos de Referência (TdR), contendo especificações técnicas completas delineando todas as informações técnicas relacionadas ao projeto, incluindo as normas aplicáveis. Os TdR devem conter dados e requisitos suficientes para garantir a alta qualidade do projeto, mas devem ter o cuidado de ser justos e compatíveis com as práticas padrão de mercado, a fim de atrair empresas e garantir a concorrência.

O escopo do projeto a ser contratado pode incluir: **projeto executivo, verificação da estrutura do telhado por um engenheiro civil ou estrutural, implementação do projeto, conexão à rede elétrica, registro na concessionária, O&M** (operações e manutenção) e **M&V** (medição e verificação).

O gerenciamento e comissionamento do projeto são funções do município durante a implementação, mas podem ser executadas por terceiros.

A **M&V** deve ser aplicada para determinar adequadamente a economia de energia e pode ser necessária dependendo do modelo de contrato e da fonte de financiamento.

3. Conclusão

Os projetos municipais de energia solar fotovoltaica trazem muitos benefícios para as cidades. Entretanto, estes não são projetos simples e devem ser bem planejados, gerenciados, projetados e implementados a fim de maximizar os impactos positivos da maneira mais suave possível.

O treinamento de pessoal interno de diferentes departamentos municipais é importante para que todos os interessados internos desses projetos multidisciplinares estejam alinhados em termos de pensamento e conhecimento geral.

Os departamentos técnicos e de compras devem ter informações técnicas suficientes sobre projetos PV para que possam preparar com sucesso especificações técnicas e documentos de licitação que resultem no engajamento de uma empresa bem qualificada e experiente para realizar o projeto.

Finalmente, mesmo com a crescente disponibilidade de linhas de crédito e diferentes modelos de negócios para a energia solar, os municípios precisam ser analisados ao escolher a opção financeira para viabilizar seus projetos de geração distribuída. Uma análise crítica da aderência do modelo escolhido ao projeto a ser desenvolvido é necessária e permite aos municípios direcionar seus recursos, fazer parcerias com instituições privadas ou mesmo contratar uma dívida, quando esta for a melhor forma de acordo com o projeto e suas prioridades. Muitas opções de financiamento estão disponíveis, e definir a melhor o mais cedo possível no processo é a chave para o sucesso dos projetos PV.

Os municípios podem realmente desempenhar um papel de liderança na luta contra a mudança climática. A eficiência energética e a geração distribuída são formas importantes e complementares de fazer isso.

Agradecimentos

Este relatório foi escrito por:
Alexandre Schinazi (Mitsidi Projetos),
Bruno Chaves (Mitsidi Projetos),
Rosane Fukuoka (Mitsidi Projetos),
Thiago Osawa (Mitsidi Projetos),
Kathlen Schneider (IDEAL),
Lucas Nascimento (IESS),
Anelise Medeiros Pires (IESS),
Pedro Henrique Veríssimo (Fotovoltaica-UFSC),
e Ricardo Rütther (Fotovoltaica-UFSC & IDEAL).

Citação sugerida:
C40 Cities Finance Facility (2019).
'A Revolução da energia solar fotovoltaica no Brasil: Como as cidades podem se beneficiar Parte 2: Tecnologia e financiamento'

Desenhado por:
www.blushcreate.com



**C40 Cities Climate
Leadership Group**

3 Queen Victoria Street, City
London EC4N 4TQ
United Kingdom

**Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Potsdamer Platz 10
10785 Berlin
Germany

E contact@c40cff.org
W c40cff.org

Funding partners:



Implementing agencies:



Institutional Supporter:

