

PROJETOS FOTOVOLTAICOS NOS LEILÕES DE ENERGIA

*Características dos empreendimentos
participantes nos leilões de 2013 a 2018*



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Wellington Moreira Franco

Secretário Executivo

Marcio Felix Carvalho Bezerra

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**

Eduardo Azevedo Rodrigues

Secretário de Energia Elétrica

Ildo Wilson Grudtner

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Biocombustíveis**

João Vicente de Carvalho Vieira

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Vicente Humberto Lôbo Cruz

PROJETOS FOTOVOLTAICOS NOS LEILÕES DE ENERGIA

*Características dos empreendimentos
participantes nos leilões de 2013 a 2018*



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Reive Barros dos Santos

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amilcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar
70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

Coordenação Geral

Amilcar Gonçalves Guerreiro

Coordenação Executiva

Bernardo Folly de Aguiar

Equipe Técnica

Cristiano Saboia Ruschel
Glauce Maria Lieggio Botelho
Gustavo Pires da Ponte
Juliana Velloso Duraó
Leandro Moda
Marcos Vinicius G. da Silva Farinha
Mariana de Queiroz Andrade
Michele Almeida de Souza
Thiago Ivanoski Teixeira

Nº. EPE-DEE-NT-091/2018-r0

Data: 17 de outubro de 2018

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO E REVISÕES

 Empresa de Pesquisa Energética		
<i>Área de Estudo</i> EXPANSÃO DA GERAÇÃO		
<i>Estudo</i> PROJETOS FOTOVOLTAICOS NOS LEILÕES DE ENERGIA		
<i>Macro-atividade</i> Características dos projetos participantes nos leilões de 2013 a 2018		
<i>Ref. Interna (se aplicável)</i>		
<i>Revisões</i>	<i>Data de emissão</i>	<i>Descrição sucinta</i>
r0	17/10/2018	Emissão original

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).

APRESENTAÇÃO

Esta Nota Técnica faz parte de uma série de trabalhos que vêm sendo publicados referentes aos empreendimentos fotovoltaicos participantes dos leilões de energia no Brasil, com o objetivo de disseminar informações referentes aos projetos dessa fonte, discutindo algumas tendências e os aspectos mais relevantes. Os trabalhos anteriores, todos disponíveis no site da EPE, foram os seguintes:

- 2º LER/2016 (EPE-DEE-NT-030/2017-r0), de 22/05/2017, com versões em português e inglês;
- 2º LER/2015 (EPE-DEE-NT-023/2016-r0), de 24/02/2016, com versões em português e inglês;
- 1º LER/2015 (EPE-DEE-127/2015-r0), de 24/09/2015;
- LER/2014 (EPE-DEE-NT-150/2014-r0), de 21/11/2014.

Os três primeiros trabalhos apresentaram características e discussões exclusivamente dos projetos que comercializaram energia nos respectivos leilões. A Nota Técnica mais recente se referiu a um leilão que foi cancelado antes de sua realização e focou nas análises do histórico dos projetos fotovoltaicos até então, além da base de empreendimentos habilitados.

Neste trabalho, decidiu-se por realizar uma abordagem mista das anteriores. Primeiramente, é apresentada uma visão geral dos dois leilões mais recentes, o A-4 de 2017 e o A-4 de 2018, com um resumo dos projetos cadastrados, além de uma discussão do processo de habilitação técnica desses certames, apresentando os principais motivos que impediram a participação de parte dos projetos dessas competições.

Em seguida, dado o histórico de 6 anos de leilões com participação da fonte fotovoltaica e a extensa base de dados adquirida pela EPE nesse período, julgou-se interessante apresentar dados e análises referentes à evolução histórica dos projetos. Tais dados são apresentados de forma agregada e de análises estatísticas, visando manter a confidencialidade das informações.

Posteriormente, é apresentado um quadro resumo dos projetos vendedores e suas principais características, com uma breve discussão quanto aos aspectos técnicos e econômicos dos mesmos, além de um resumo de preços e quantidades contratadas em cada um dos cinco leilões no qual houve negociação de energia oriunda de projetos fotovoltaicos.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
1. INTRODUÇÃO	10
2. CADASTRAMENTO E HABILITAÇÃO TÉCNICA	11
3. RESULTADOS E AVALIAÇÕES	17
3.1 Aspectos relativos ao recurso solar.....	17
3.2 Equipamentos.....	20
3.2.1 Módulos fotovoltaicos	20
3.2.2 Inversores	23
3.2.3 Estruturas de suporte dos módulos	26
3.3 Fator de Capacidade	27
3.4 Custos de investimento	29
4. VENDEDORES	35
4.1 Resumo das informações	35
4.2 Preço da energia.....	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
ANEXO I – Mapa: Estações solarimétricas.....	42
ANEXO II – Mapa: Empreendimentos vendedores	43

1. INTRODUÇÃO

A Portaria MME nº 293/2017, de 04 de agosto de 2017 e a Portaria MME nº 465/2017, de 30 de novembro de 2017, estabeleceram, respectivamente, as diretrizes referentes aos Leilões de Energia Nova A-4 de 2017 e A-4 de 2018. Estes certames tiveram a participação de outras fontes, incluindo eólicas, hidrelétricas e termelétricas. Contudo, referencia-se aqui apenas ao regramento estabelecido para empreendimentos fotovoltaicos.

Entre as diretrizes, destacam-se os seguintes aspectos:

- início do suprimento da energia elétrica dos projetos contratados em 1º de janeiro de 2021, para o leilão A-4/2017 e 1º de janeiro de 2022, para o A-4/2018;
- negociação na modalidade disponibilidade de energia;
- prazo de suprimento de 20 anos;
- projetos com potência final instalada inferior a 5 MW não foram admitidos;
- reajuste anual do preço da energia pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA; e
- no leilão de A-4 de 2018, foi estabelecido que os empreendimentos deveriam negociar ao menos 30% de sua energia habilitada (no leilão de A-4 de 2017 não houve essa restrição).

Os Leilões A-4 de 2017 e A-4 de 2018 adotaram a avaliação do cálculo das capacidades de escoamento do sistema de transmissão como requisito de habilitação técnica dos empreendimentos de geração. Dessa forma, esses leilões foram fortemente influenciados pela Portaria MME nº 444/2016, que estabelece as diretrizes gerais para definição de capacidade de escoamento do Sistema Interligado Nacional - SIN visando ao escoamento de geração de energia elétrica proveniente de leilões de energia.

É importante destacar que a Portaria MME Nº 444/2016 é de fundamental importância para os leilões em que é realizado o cálculo das capacidades de escoamento do sistema, pois permite padronizar as regras para o cálculo das margens, tornando o processo mais transparente e previsível, possibilitando aos empreendedores realizar suas próprias estimativas dos valores das margens antes mesmo da publicação das Notas Técnicas do ONS.

2. CADASTRAMENTO E HABILITAÇÃO TÉCNICA

2.1. Cadastramento

O cadastramento e a habilitação técnica dos projetos foram realizados pela EPE de acordo com as diretrizes do MME, bem como a Portaria MME nº 102, de 22 de março de 2016 e as “Instruções para Solicitação de Cadastramento e Habilitação Técnica com vistas à participação nos Leilões de Energia Elétrica”, publicadas pela EPE em seu sítio eletrônico.

À época dos respectivos leilões, a EPE publicou resumos dos projetos cadastrados e potências totais por unidade federativa. Essas informações são reproduzidas nas Tabelas 1 e 2 abaixo, cujas potências podem diferir ligeiramente dos valores divulgados anteriormente devido a ajustes realizados durante o processo de análise.

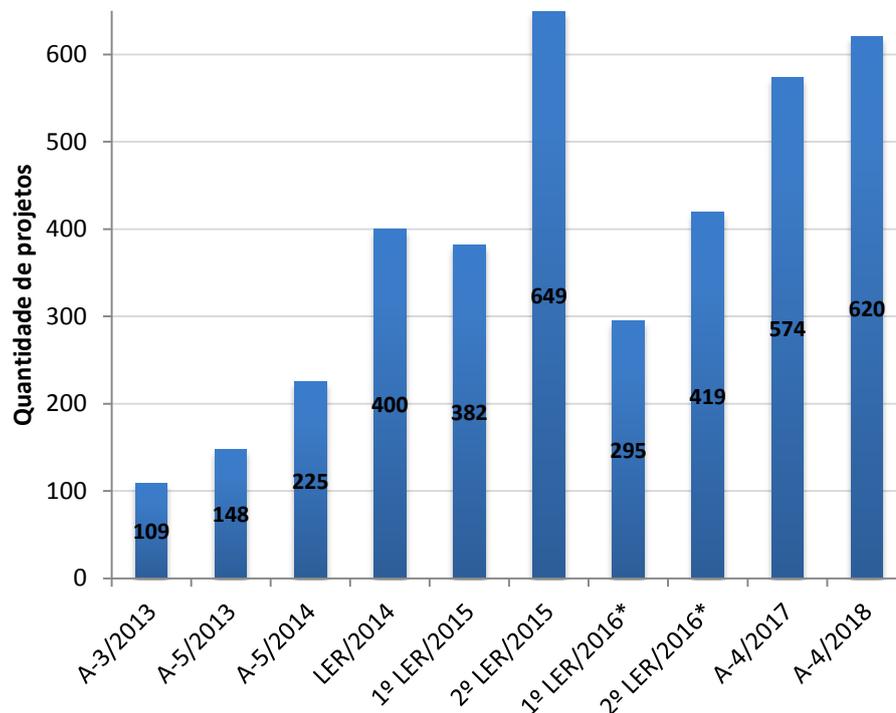
Em relação aos leilões anteriores, a quantidade de projetos voltou a crescer, se aproximando do recorde de 649 projetos registrados no 2º LER de 2015. Importante recordar que naquela época, não era necessária a campanha de medições solarimétricas por um ano no local do empreendimento, requisito que reduziu a quantidade de projetos no ano de 2016, conforme nota-se na Figura 1.

Tabela 1 - Projetos fotovoltaicos cadastrados no A4-2017

Estados	Projetos	Potência CC (MWp)	Potência CA (MW)
Alagoas	2	65	50
Bahia	162	5.955	4.699
Ceará	50	2.019	1.575
Minas Gerais	29	1.473	1.145
Mato Grosso do Sul	21	1.685	1.220
Paraíba	23	786	613
Pernambuco	40	1.566	1.201
Piauí	104	5.012	3.354
Rio Grande do Norte	89	3.698	2.978
São Paulo	42	1.549	1.243
Tocantins	12	322	215
Total A-4/2017	574	24.131	18.293

Tabela 2 - Projetos fotovoltaicos cadastrados no A4-2018

Estados	Projetos	Potência CC (MWp)	Potência CA (MW)
Alagoas	4	143	110
Bahia	177	6.699	5.212
Ceará	50	2.150	1.687
Minas Gerais	40	1.896	1.414
Mato Grosso do Sul	20	1.701	1.184
Paraíba	26	879	694
Pernambuco	38	1.457	1.123
Piauí	114	5.661	3.829
Rio Grande do Norte	98	4.185	3.350
São Paulo	40	1.488	1.198
Tocantins	13	337	225
Total A-4/2018	620	26.596	20.026



*Embora tenha havido cadastramento e habilitação técnica, não ocorreu o leilão para a fonte fotovoltaica

Figura 1 – Histórico de projetos cadastrados nos leilões

Assim como nos leilões anteriores, a maior parte dos cadastrados, tanto em quantidade de projetos quanto em potência localiza-se no subsistema Nordeste, 84% em ambos os leilões. Os 16% restantes pertenciam ao subsistema Sudeste/Centro-Oeste, estes divididos em apenas três unidades federativas: Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais.

2.2. Habilitação Técnica

O processo de análise e habilitação técnica abrange diversos aspectos do projeto e da documentação recebida pela EPE, com o objetivo de selecionar aqueles que demonstram, basicamente, sua viabilidade técnica e capacidade de entregar o montante de energia a ser contratado.

Para o A-4/2017, a EPE habilitou tecnicamente 55% dos empreendimentos fotovoltaicos cadastrados, totalizando 315 projetos, enquanto para o A-4/2018 a proporção foi superior, de 68%, perfazendo um total de 422 de empreendimentos habilitados.

Um resumo do quantitativo de empreendimentos habilitados e de potência instalada, agregados por estado em cada leilão é apresentado nas Tabelas 3 e 4, a seguir.

Tabela 3 - Projetos fotovoltaicos habilitados tecnicamente no A-4/2017

Estados	Projetos	Potência CC (MWp)	Potência CA (MW)
Bahia	50	1.883	1.486
Ceará	18	568	460
Minas Gerais	21	1.060	825
Mato Grosso do Sul	20	1.629	1.180
Paraíba	20	709	555
Pernambuco	40	1.566	1.201
Piauí	100	4.866	3.244
Rio Grande do Norte	11	461	360
São Paulo	35	1.287	1.033
Total A-4/2017	315	14.030	10.344

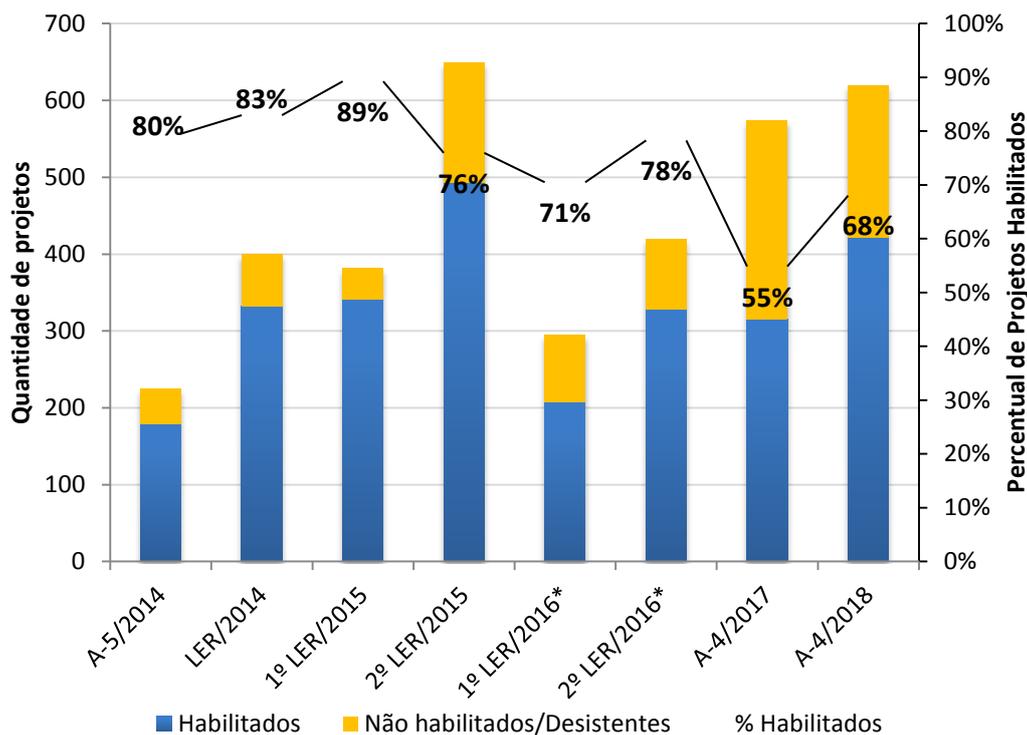
Tabela 4 - Projetos fotovoltaicos habilitados tecnicamente no A-4/2018

Estados	Projetos	Potência CC (MWp)	Potência CA (MW)
Alagoas	4	143	110
Bahia	65	2.459	1.935
Ceará	39	1.533	1.183
Minas Gerais	32	1.582	1.165
Mato Grosso do Sul	13	1.105	784
Paraíba	26	879	694
Pernambuco	31	1.169	913
Piauí	100	5.031	3.439
Rio Grande do Norte	67	2.484	1.974
São Paulo	32	1.194	958
Tocantins	13	337	225
Total A-4/2018	422	17.916	13.380

O gráfico da Figura 2 apresenta dados dos Leilões de energia desde o ano de 2014. Comparando-se o percentual de habilitações técnicas de empreendimentos fotovoltaicos dos leilões passados com os dois leilões A-4, de 2017 e 2018, percebe-se um incremento nas inabilitações principalmente no certame de 2017, com um percentual de habilitados um pouco superior em 2018.

Em ambos os leilões, houve 4 empreendimentos com cadastramento invalidado, embora por motivos diferentes. Quanto aos empreendimentos desistentes, foram 8 no leilão A-4/2017 e 29 no A-4/2018. Tais desistências ocorrem por motivações variadas, desde empreendimentos que comercializaram energia no A-4/2017, e, portanto, desistiram do A-4/2018, até projetos que possuíam inconsistências que não poderiam ser sanadas durante o processo de análise.

Os empreendimentos não habilitados, 247 no A-4/2017 e 165 no A-4/2018, não puderam participar dos referidos leilões devido aos motivos apresentados na Figura 3. As quantidades somadas da figura são superiores ao total de projetos inabilitados, pois alguns empreendimentos podem ter sido inabilitados por mais de um motivo diferente.



*Embora tenha havido cadastramento e habilitação técnica, não ocorreu o leilão para a fonte fotovoltaica

Figura 2 - Resultado da habilitação técnica de empreendimentos fotovoltaicos nos últimos Leilões de Energia

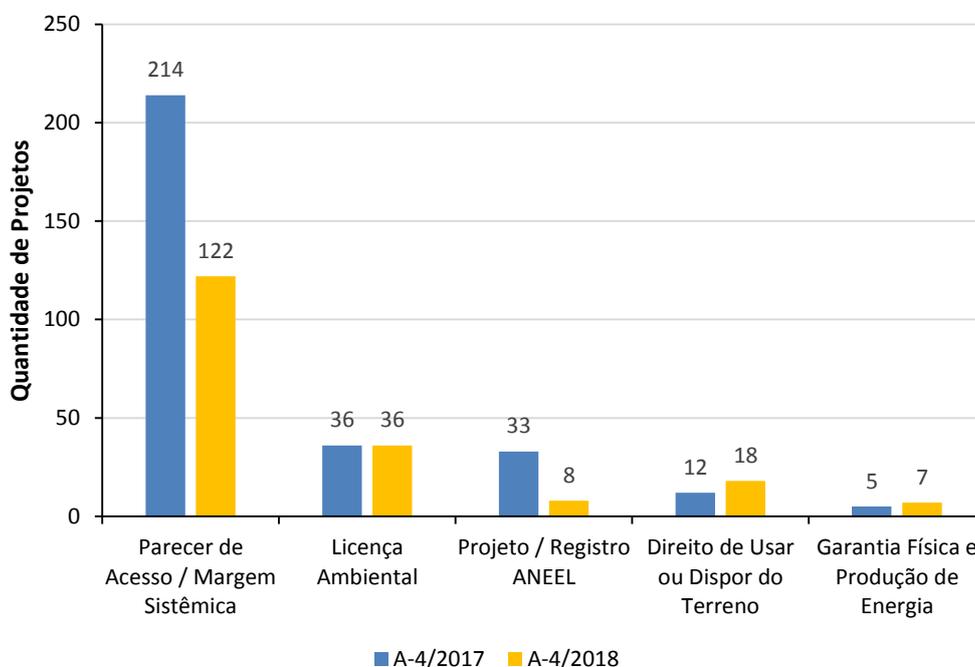


Figura 3 - Principais motivos das inabilitações dos projetos fotovoltaicos nos Leilões A-4/2017 e A-4/2018

Em ambos os leilões, o principal motivo de inabilitação de empreendimentos está associado à não apresentação de Parecer de Acesso válido, no caso de empreendimentos que indicaram conexão em instalações da rede de distribuição, e à insuficiência de capacidade sistêmica de conexão, no caso de empreendimentos que indicaram conexão na Rede Básica, DIT ou ICG, conforme estabeleceram o § 1º, artigo 7º, da portaria MME nº 293/2017 e o Inciso VI, artigo 3º, da Portaria MME nº 465/2017. O total de empreendimentos inabilitados por esse motivo foi de 214 no leilão de 2017 e 122 no leilão de 2018.

Conforme determinado pelas Portarias de Diretrizes do A-4/2017 e do A-4/2018, foram publicadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) as Notas Técnicas 0118/2017 e 0016/2018 contendo os quantitativos da capacidade de escoamento de energia elétrica de todos os barramentos da Rede Básica, DIT e ICG indicados pelos empreendedores no Sistema AEGE no ato do cadastramento desses leilões.

Com base nos resultados apresentados nessas Notas Técnicas, foram identificados diversos pontos de conexão onde a capacidade de escoamento calculada era nula ou inferior à potência injetada individual dos empreendimentos cadastrados. É importante destacar que os resultados das simulações realizadas pelo ONS para definir os valores das margens de escoamento dos barramentos candidatos do sistema continuam sendo fortemente influenciados pela não entrada em operação, no prazo recomendado, das obras outorgadas à ABENGOA, CHESF e ELETROSUL, que impactam substancialmente o quantitativo das margens calculadas para os estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul.

Adicionalmente, cumpre notar que apesar da ausência de capacidade de escoamento em diversos pontos de conexão continuar sendo o fator principal para inabilitações, há uma expectativa clara de redução das restrições identificadas pelo ONS para os próximos certames. Essa redução está associada à concretização de diversas linhas de transmissão planejadas para entrar em operação no horizonte de análise dos leilões.

Ressalta-se que de acordo com as Portarias de Diretrizes dos leilões A-4/2017 e A-4/2018, não foram permitidas alterações do Ponto de Conexão indicado no ato do cadastramento.

Outro motivo importante de inabilitação nos dois leilões foi referente ao licenciamento ambiental dos empreendimentos. Para a habilitação técnica, deve ser apresentada a Licença Ambiental válida e compatível com as características técnicas do projeto e com a etapa do processo de licenciamento. Além disso, devem ser fornecidos os Estudos Ambientais apresentados ao órgão competente no processo de licenciamento. Com relação a esse motivo, dos 36 empreendimentos não habilitados no leilão A-4/2017, 26

o foram por não terem encaminhado a licença ambiental e 10 por terem apresentado incompatibilidade entre os dados cadastrados no AEGE e os dados da Licença Ambiental protocolada na EPE. Já no A-4/2018, os 36 inabilitados não apresentaram a licença ambiental referente ao projeto.

3. RESULTADOS E AVALIAÇÕES

Neste capítulo, são apresentadas algumas análises com relação a todo o grupo de empreendimentos habilitados para os leilões A-4 de 2017 e 2018 em comparação com a base de dados histórica de habilitados tecnicamente. Vale destacar que as avaliações apresentadas têm como base os projetos habilitados pela EPE para participação nos leilões de energia, o que não representa necessariamente as configurações que seriam adotadas caso os projetos viessem a ser implantados, uma vez que é facultado ao empreendedor promover alterações de características técnicas dos projetos, após a outorga, desde que autorizadas pelo MME, em conformidade com as regras vigentes. Esse processo de alteração é natural que ocorra, já que antes do leilão, o projeto encontra-se num estágio de desenvolvimento que podemos chamar de “estudo de viabilidade”, enquanto após o leilão, já com um contrato assinado, o projeto evolui para uma etapa de projeto básico e executivo, a partir do fechamento de contratos com fabricantes, otimizações técnico-econômicas e dados mais detalhados sobre os locais.

Para maiores detalhes sobre os conceitos e terminologias adotados neste documento (Potência CC, Potência CA, Potência Habilitada, Unidade Geradora, etc.), consultar a Nota Técnica da EPE nº EPE-DEE-NT-150/2014-r0, de 21 de novembro de 2014 (EPE, 2014) e também a Resolução Normativa ANEEL nº 676, de 25 de agosto de 2015 (ANEEL, 2015).

3.1 Aspectos relativos ao recurso solar

Desde 2016, são exigidas medições *in-situ* do recurso solar, conforme Art. 6º, II da Portaria MME nº 102/2016:

"Art. 6º Os empreendedores com projetos de geração a partir de fonte solar deverão atender as condições para Cadastramento e Habilitação Técnica, estabelecidas no art. 4o e, também, aos seguintes requisitos:

(...)

II - no ato do Cadastramento, apresentação de histórico de medições contínuas de irradiação global horizontal, por período não inferior a doze meses consecutivos, realizadas no local do empreendimento, integralizadas a cada dez minutos, para empreendimentos fotovoltaicos, sem tecnologia de concentração da irradiação”.

Essa exigência objetivou aumentar a confiabilidade dos dados solarimétricos utilizados no cálculo da produção de energia certificada, sendo esperado que o uso das medições implicasse na redução das incertezas globais dos projetos. Convém mencionar que “o local do empreendimento” é definido a partir de um raio de 10 km em torno da estação solarimétrica.

Para os leilões em análise nesta Nota Técnica, foram realizadas alterações nas Instruções para Cadastramento de Empreendimentos Fotovoltaicos referentes ao uso dos dados solarimétricos locais. No item 5.9.1.2, as novas redações trazem:

“c) Avaliação da correlação dos dados de medição local com dados solarimétricos de longo prazo (histórico de pelo menos 10 anos) em intervalos horários ou menores, além da descrição da metodologia de ajuste de dados, caso utilizada;

d) Descrição do procedimento utilizado para geração do ano meteorológico típico a partir dos dados de longo prazo ajustados, obtidos conforme item 0.”

Ainda, no item 5.9.2, ajustou-se o seguinte ponto:

“Os cálculos de Produção Certificada devem ser realizados utilizando o ano meteorológico típico descrito na Certificação de Dados Solarimétricos.”

O objetivo destas mudanças foi indicar a metodologia mínima esperada para utilização dos dados solarimétricos medidos. Esta consiste em comparar a medição com dados obtidos por um modelo de satélite ou reanálise, que possua prazo mais longo, e, caso se julgue necessário, utilizar um método para ajuste dos dados de longo prazo. Mais detalhes sobre métodos de ajuste, sua necessidade e seu uso em leilões são discutidos em Ruschel e Ponte (2018).

Posteriormente, com os dados ajustados, obtém-se um ano meteorológico típico (TMY), e com este calcula-se a produção de energia de longo prazo. É importante ressaltar que outras metodologias podem ser utilizadas, a critério do certificador, e estas são avaliadas no processo de habilitação técnica. Por exemplo, ao invés do uso do ano meteorológico típico, o certificador poderia simular a produção de energia utilizando toda a série de longo prazo ajustada, e a partir daí, estimar a produção de longo prazo do empreendimento.

Após uma queda na Incerteza dos Dados Solarimétricos verificada em 2016, com o início do requisito de medição, esta sofreu ligeiras elevações nos leilões de 2017 e 208.

A Incerteza Padrão Resultante, por sua vez, apresentou pequenas quedas, conforme apresentado na Figura 4.

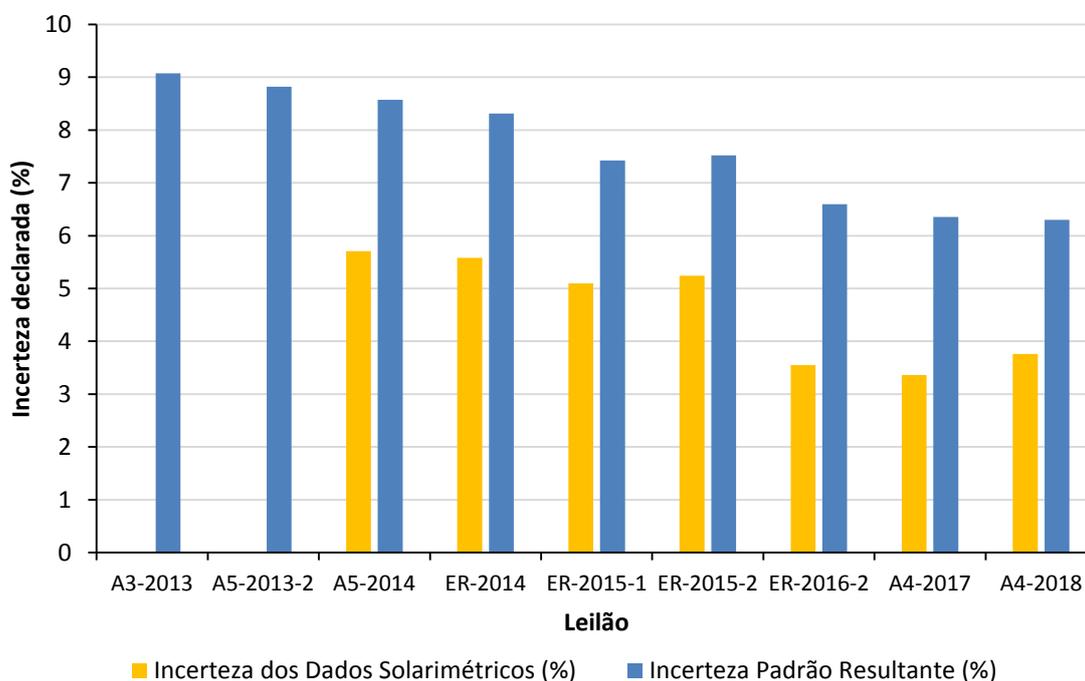


Figura 4 – Variação histórica das médias das incertezas dos projetos habilitados (média dos projetos habilitados)

Uma vez que diversos empreendimentos compartilham as mesmas estações de medição (desde que contidos num raio de 10 km em torno da estação solarimétrica), o número de estações instaladas é inferior à quantidade total de projetos recebidos. O Anexo I apresenta as 104 estações solarimétricas instaladas para participação de empreendimentos nos leilões de energia.

Os valores anuais de GHI (irradiação global horizontal) considerados pelas certificadoras em suas estimativas de produção de energia nos dois leilões variaram entre 1.910 kWh/m².ano e 2.334 kWh/m².ano, faixa idêntica ao do 2º LER/2016, objeto de Nota Técnica anterior (EPE, 2017). Historicamente, os valores de GHI considerados não tem variado significativamente, com exceção de alguns valores extremos, conforme pode-se verificar na Figura 5, que mostra os valores máximos e mínimos (barras), médios (pontos em laranja), além dos primeiros e terceiros quartis (caixas azuis) da irradiação global horizontal considerada para os projetos em cada leilão.

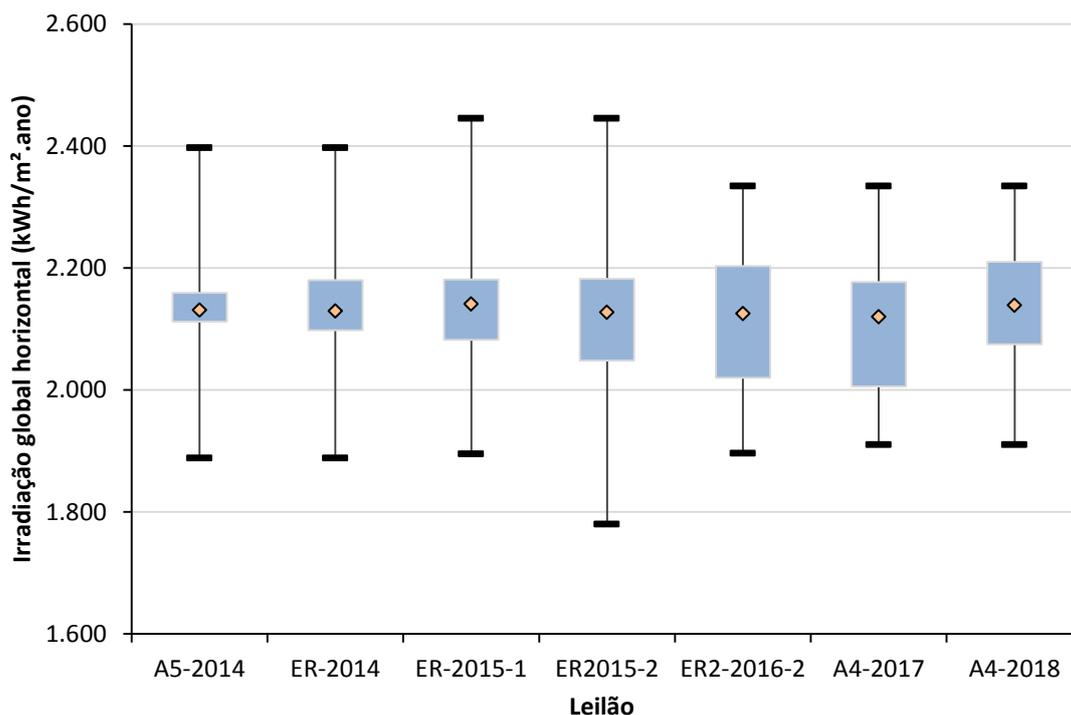


Figura 5 – Variação histórica do GHI considerado nos projetos

A partir de 2016, os valores máximos foram reduzidos, podendo haver uma correlação dessa redução com o início do uso das medições locais. Já os valores médios se mantiveram praticamente constantes, enquanto os quartis têm sofrido variações, que podem estar relacionadas à variação no número de projetos, à diversificação nos locais escolhidos, dentre outros fatores. É necessário apontar que, embora a GHI seja um bom indicativo da produção futura de uma usina em determinado local, essa relação não é direta, já que as usinas trabalham com inclinações diferentes da horizontal, e no caso de rastreamento, inclinações variáveis ao longo do dia.

3.2 Equipamentos

3.2.1 Módulos fotovoltaicos

As tecnologias de silício cristalino, a exemplo do que ocorre nos mercados internacionais, seguem sendo a escolha predominante dos projetistas. Nos leilões A-4 de 2017 e 2018, estas representaram aproximadamente 95% do somatório da potência CC dos projetos habilitados tecnicamente. A única tecnologia de filmes finos que tem apresentado projetos cadastrados nos leilões recentes é a de Telureto de Cádmio (CdTe), que desde 2016 vem apresentando em torno de 5% da potência CC dos projetos habilitados. Dentre as outras tecnologias, no 2º ER de 2015 pouco mais

de 0,5% da potência CC utilizava módulos CIGS, e os de silício amorfo nunca atingiram mais de 0,1% da potência habilitada. A Figura 6 sintetiza esse histórico.

Sempre é importante ressaltar que esses dados não correspondem necessariamente à participação de mercado, já que se refere aos projetos ainda na fase de habilitação técnica e a escolha final do fabricante é algo que, em geral, só se confirma após o leilão.

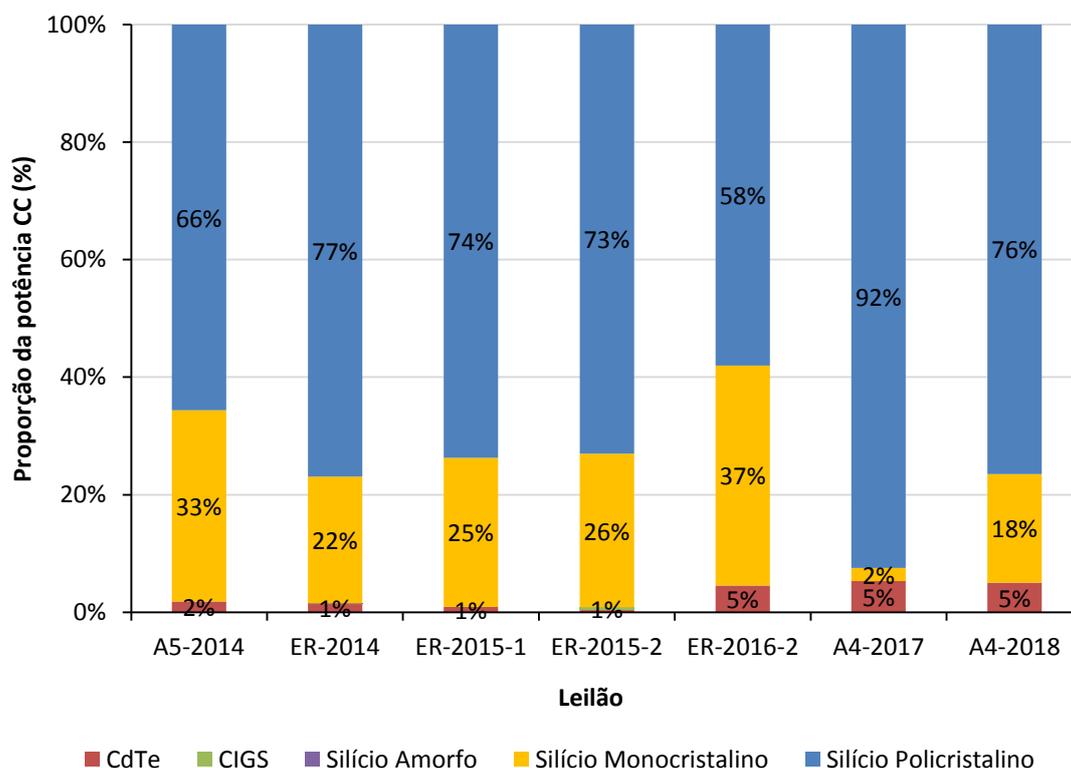


Figura 6 – Proporção da potência CC, por tecnologia, a cada leilão, dos projetos habilitados tecnicamente

Dentre os módulos de silício cristalino (mono e poli), em 2016 parecia haver uma tendência de aumento pela opção de módulos com maior número de células. Contudo, nos leilões subsequentes o que se confirmou foi um domínio dos módulos de 72 células, que chegaram a ser quase a totalidade dos cadastrados (de silício) no leilão de 2017, e recuaram para 95% em 2018, com o restante sendo de módulos de 96 células. A Figura 7 apresenta as proporções das potências CC dos projetos habilitados que consideravam cada configuração de módulo fotovoltaico.

Outra tendência verificada nos leilões recentes foi o aumento da tensão máxima admissível pelos sistemas. Tem havido uma migração dos módulos com limite de 1000 V para os que suportam até 1500 V, permitindo a utilização de séries mais longas, reduzindo as correntes no sistema e os custos com cabeamento. Por outro

lado, sistemas com tensão mais alta são mais propensos à ocorrência de PID (*potential induced degradation*), principalmente em regiões de temperaturas e umidade relativa elevadas, sendo esse um importante ponto de atenção.

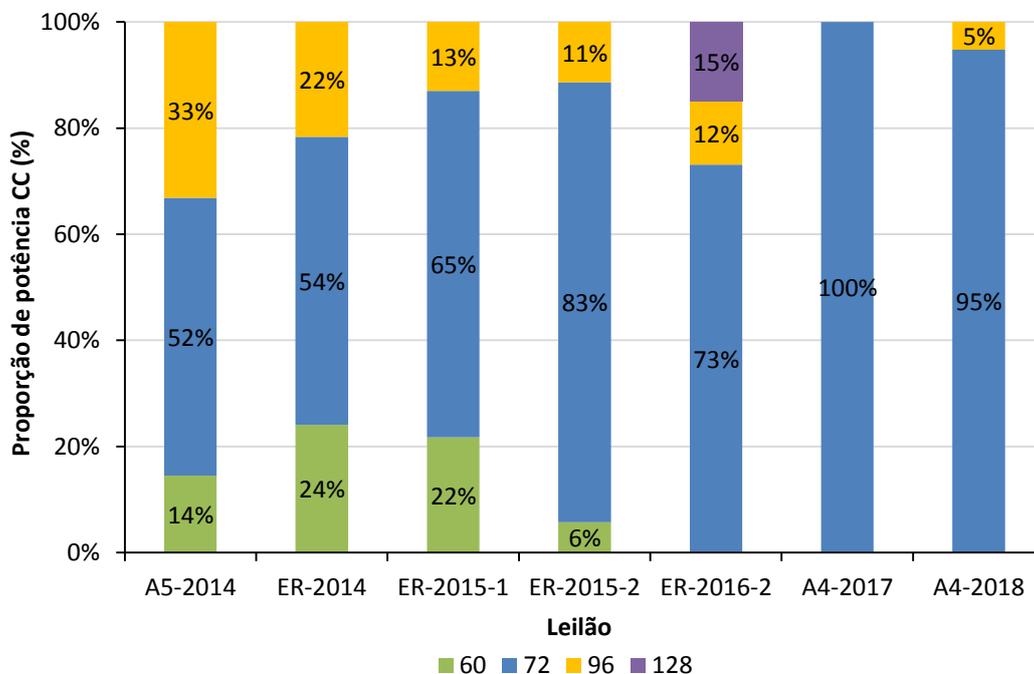


Figura 7 – Proporção da potência CC dos projetos habilitados por quantidade de células

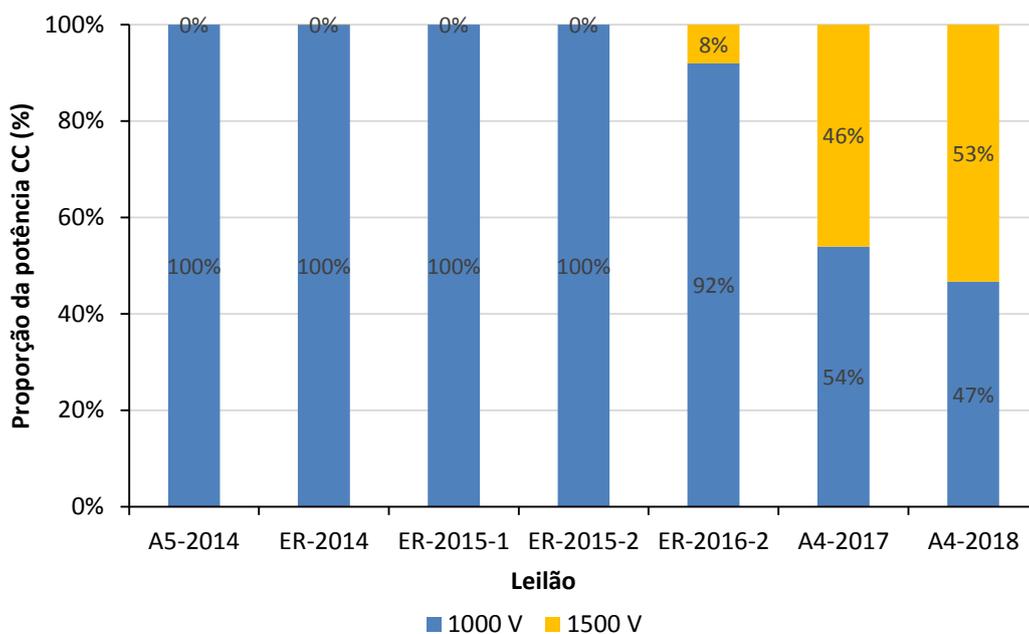


Figura 8 – Proporção da potência CC dos projetos habilitados por tensão máxima

3.2.2 Inversores

A exemplo dos leilões anteriores, a potência predominante dos inversores utilizados esteve na faixa entre 1000-2500 kW. No leilão A4-2018, contudo, houve projetos cadastrados com potências mais variadas do que em certames anteriores, sendo o valor superior de cerca de 4250 kW, utilizado em 4 projetos. O inversor de menor potência utilizado possuía 48 kW, utilizado em 15 projetos, tratando-se de um inversor do tipo *string*, ao invés dos inversores centrais tradicionalmente utilizados. Tal prática vem sendo discutida no setor nos últimos anos, argumentando-se que esta permite vantagens como redução no cabeamento CC, maior produção em terrenos acidentados ou locais com sombreamento parcial, por possuir mais *MPPT's*¹, e maior facilidade na troca de equipamentos defeituosos, que poderiam compensar o maior custo de investimento. A Figura 9 apresenta o histograma com as proporções de projetos por potência de inversor.

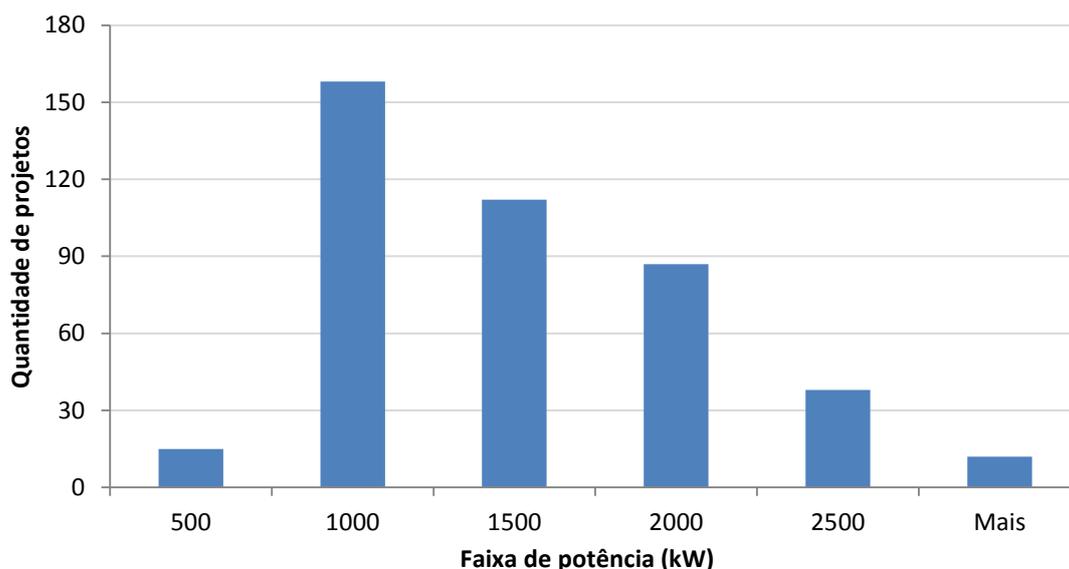


Figura 9 - Potências de inversor utilizadas nos projetos do A4-2018

Quanto ao dimensionamento de empreendimentos fotovoltaicos, é comum prever a instalação de uma potência CC maior que a potência CA. Tal estratégia é utilizada pois as condições de irradiação e temperatura definidas para os testes em laboratório dificilmente são encontradas em campo e, portanto, os módulos fotovoltaicos não atingem sua potência nominal na maior parte do tempo. Assim, o sobredimensionamento do arranjo CC possibilita a operação mais eficiente do inversor

¹ Sigla em inglês para Maximum Power Point Tracker, em português chamado de seguidor do ponto de máxima potência.

próximo às suas condições nominais. Na maioria dos casos, a Potência Habilitada pela EPE coincide com a Potência CA. Nos leilões A-4 de 2017 e 2018, isso ocorreu para todos os projetos habilitados.

Cada empreendedor adota, como critério de projeto, um Fator de Dimensionamento do Inversor – FDI, correspondente à razão entre a potência CA e a potência CC. O FDI adotado depende de uma avaliação de custo e benefício, já que pode acarretar, por um lado, menor investimento e uma operação mais eficiente dos inversores e, por outro, o “desperdício” de uma parcela da energia fornecida pelos módulos fotovoltaicos devido à limitação da capacidade do inversor.

Projetos com inversores mais carregados tendem a apresentar uma produção de energia mais constante ao longo do dia, conforme ilustrado na Figura 10, que apresenta a produção simulada para um dia ensolarado de inverno com dois FDI's diferentes, um inversor fixo de 1000 kW, e rastreamento em um eixo.

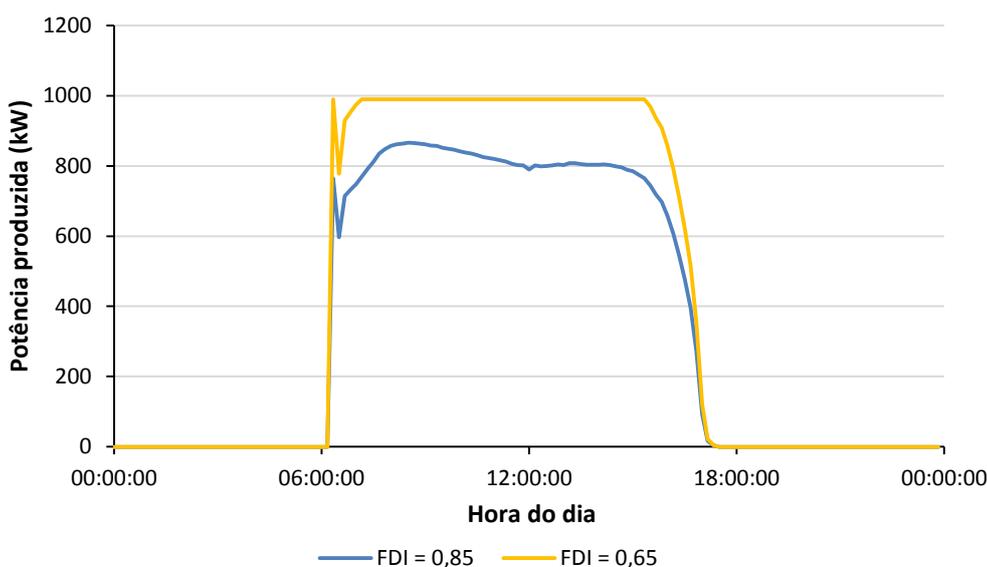


Figura 10 - Efeito do sobrecarregamento do inversor na produção de um dia ensolarado

Ainda, em dias parcialmente nublados, as variações inerentes ao recurso solar tendem a ser atenuadas, e algumas das flutuações da radiação deixam de ter efeito na produção. Um exemplo desse comportamento é apresentado na Figura 11.

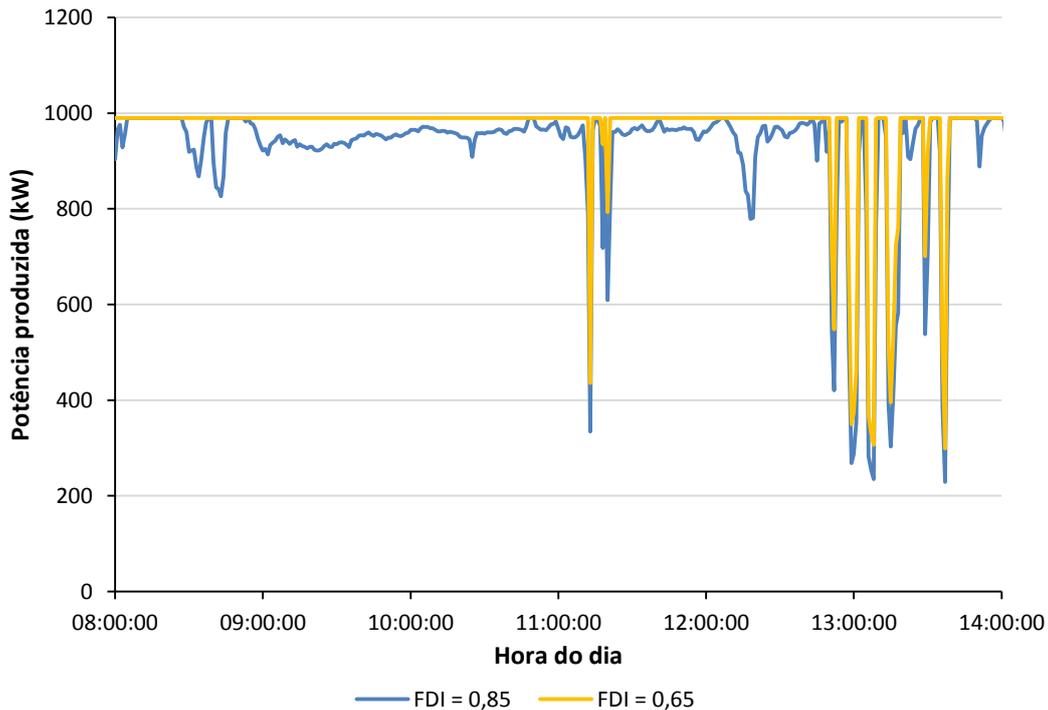


Figura 11 – Efeito do sobrecarregamento do inversor na variabilidade de curto prazo

Essa prática de subdimensionamento do inversor vem se intensificando ao longo do tempo. A Figura 12 demonstra essa tendência, apresentando os valores de FDI médio, em laranja, além dos 1º e 3º quartis, na caixa em azul claro, e dos máximos e mínimos utilizados a cada leilão. Essa queda no FDI pode estar associada à queda no preço dos módulos de forma mais acelerada que os demais componentes, fazendo com que seja vantajosa a instalação de maior potência CC, ainda que as perdas por sobrepotência no inversor aumentem.

Em que pese a otimização técnico-econômica de cada projeto, há algumas discussões na literatura sobre os limites das vantagens dessa prática. Em Bürger e Rüther (2006), por exemplo, discute-se que o uso de simulações em base horária nas estimativas de produção de energia pode superestimar o benefício do uso de uma maior potência CC, pois tais simulações subestimam os momentos de altas irradiancias, portanto subestimando o corte por sobrepotência no inversor.

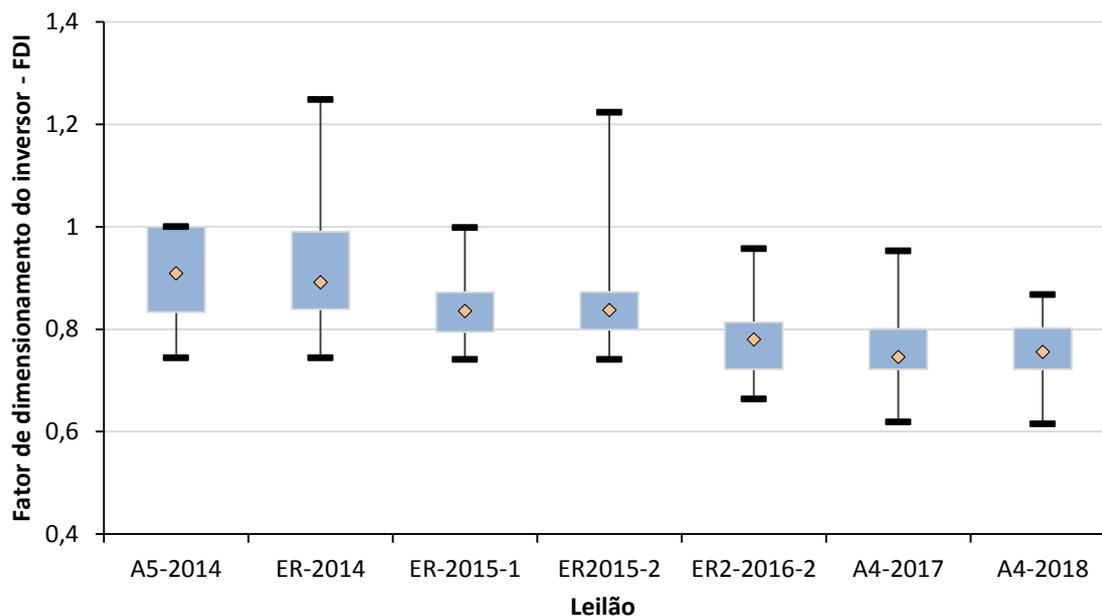


Figura 12 - Histórico do FDI nos leilões

3.2.3 Estruturas de suporte dos módulos

A tendência de utilização de estruturas com rastreamento de um eixo, discutida na Nota Técnica anterior (EPE, 2017), se confirmou. No A-4 de 2018, 96% dos projetos habilitados utilizaram esse tipo de estrutura, ante 97% no leilão de 2017.

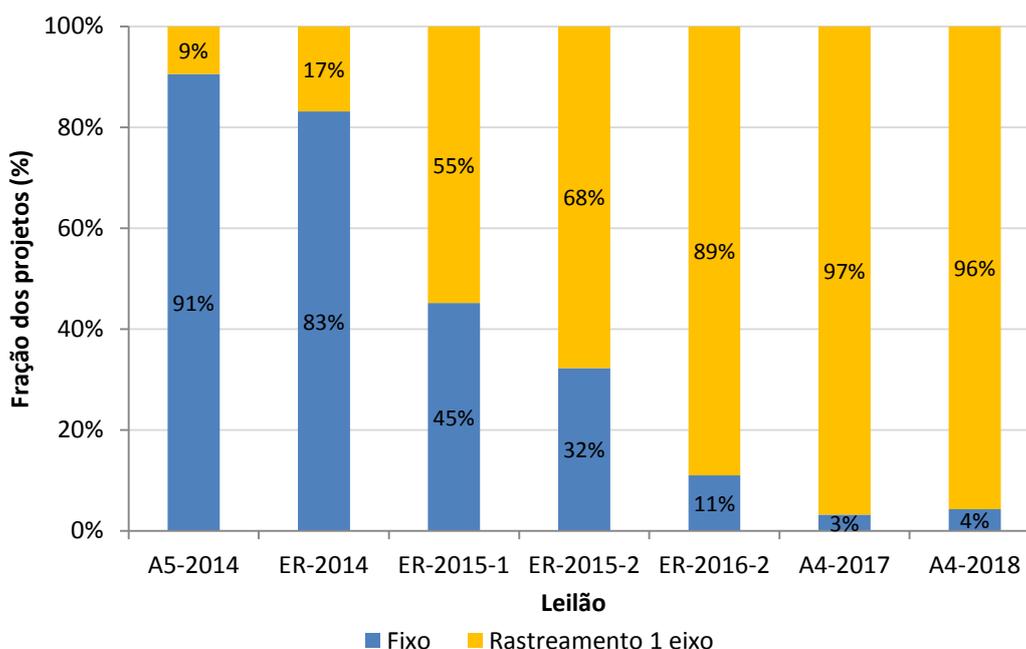


Figura 13 – Proporção de projetos por estrutura de suporte

O uso do rastreamento permite melhor aproveitamento do recurso solar local, para uma mesma potência instalada, aumentando o fator de capacidade do empreendimento, conforme será discutido a seguir.

3.3 Fator de Capacidade

O fator de capacidade de um empreendimento é definido como a razão, em determinado intervalo de tempo, entre a produção de energia efetiva da planta e o que seria produzido se ela operasse continuamente em sua capacidade nominal.

Para fins deste documento, e considerando as regras do ACR, o fator de capacidade de um empreendimento é definido como a razão entre a expectativa de geração de energia² da planta, em MWmed, e a sua potência instalada, em MW.

De forma a permitir a comparação com referências internacionais diversas, ora em CC, ora em CA, são apresentados os fatores de capacidade tomando-se como referência a Potência Habilitada e a Potência CC dos empreendimentos. Como as Potências CA e Habilitada usualmente são inferiores à Potência CC, o fator de capacidade da planta referenciado à Potência CA normalmente é mais elevado do que quando referenciado à Potência CC.

Usando como referência a Potência do arranjo CC das plantas, foram observados fatores de capacidade variando entre 18% e 25% no A-4/2017, enquanto para o A-4/2018 apenas o valor inferior variou, sendo de 19%. Tomando como base a potência habilitada, que para os leilões em questão foi igual à potência CA, no leilão de 2017 os fatores de capacidade ficaram entre 20% e 35% e entre 24% e 37% em 2018.

Assim como em leilões anteriores, os parques com sistema fixo apresentam fatores de capacidade menores que os que utilizam sistema de rastreamento em um eixo. A Figura 14 ilustra, sob a forma de histograma, as faixas de fator de capacidade apresentadas pelos projetos no leilão A-4/2018, destacando por cores os projetos de estrutura fixa e com rastreamento.

² Em conformidade com a Portaria MME nº 258/2008, no caso de empreendimentos fotovoltaicos, utiliza-se a garantia física do empreendimento como expectativa de geração de energia.

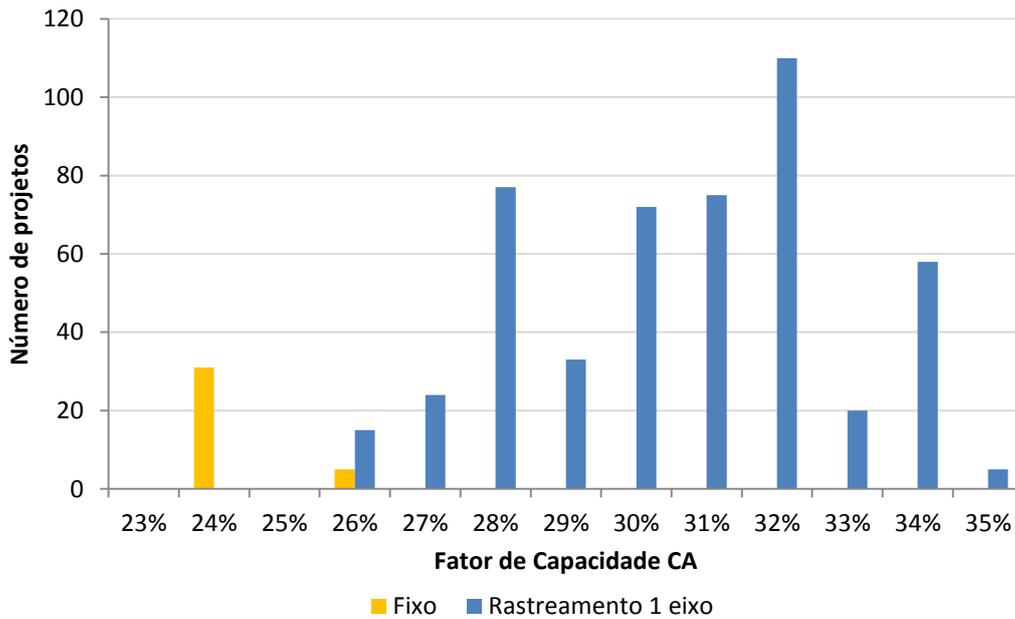


Figura 14 – Histograma de Fatores de capacidade dos projetos habilitados no A-4/2018 (base Potência Habilitada/CA)

A partir do gráfico da Figura 15, percebe-se um crescimento histórico no fator de capacidade dos projetos ao longo dos leilões, associado principalmente aos dois motivos discutidos anteriormente: o maior carregamento dos inversores (menor FDI) e o uso de estruturas de rastreamento em um eixo. A escolha de locais com maior irradiação também poderia contribuir para um aumento do fator de capacidade, mas conforme apresentado na seção 3.1, essa tendência não foi verificada, sendo a irradiação global (GHI média anual) dos projetos atuais similar àquela dos projetos dos leilões anteriores.

A Figura 15 apresenta os valores médios (em laranja), máximos e mínimos (barras), além dos primeiros e terceiros quartis do fator de capacidade, considerando a potência habilitada, para os leilões com cadastramento da fonte fotovoltaica a partir de 2014. Percebe-se um incremento significativo no valor médio, que era da ordem de 20% em 2014 e atualmente está em torno de 30%, bem como nos valores dos quartis. Nota-se também que desde os primeiros leilões, os valores máximos sempre atingiram a faixa de 30%, sendo que no último ultrapassaram a marca de 35%.

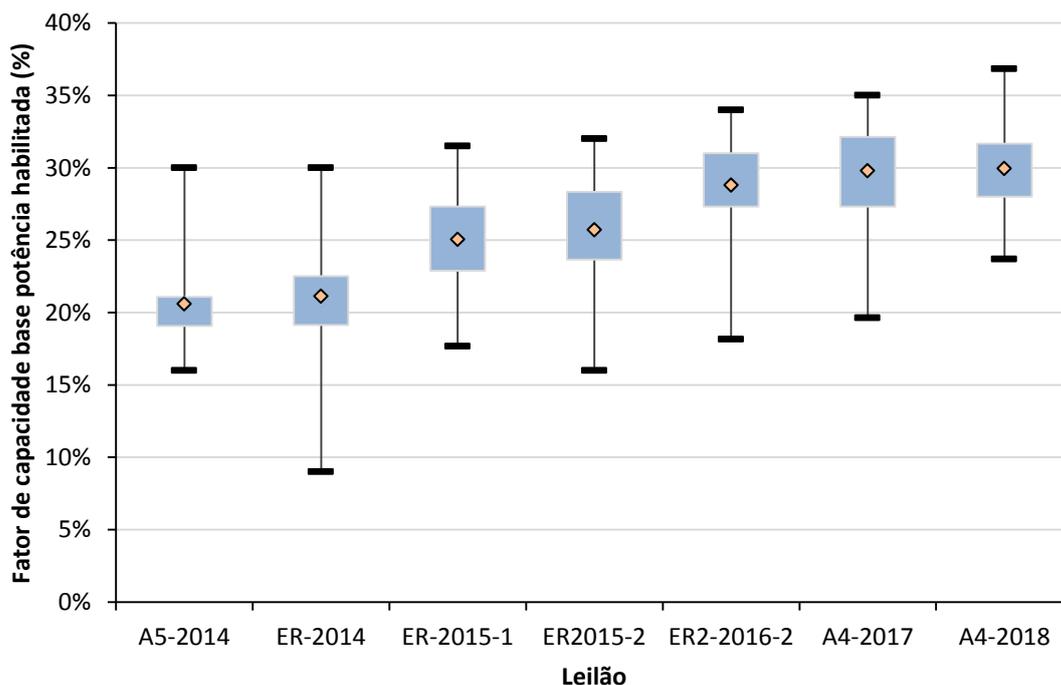


Figura 15 - Histórico do fator de capacidade (base Potência Habilitada)

3.4 Custos de investimento

Embora diversas publicações internacionais apontem uma redução de custos de projetos fotovoltaicos nos anos recentes, a análise dos orçamentos declarados pelos empreendedores referentes a seus projetos revela uma constância de valores médios (em R\$/kWp). Enquanto no leilão A-4 de 2017 a média dos projetos se manteve na mesma faixa dos anos anteriores, no leilão A-4 de 2018 houve redução da ordem de 14%.

Percebe-se ainda que após uma queda na variação dos valores máximos verificada em 2016, as diferenças nos dois últimos leilões entre o máximo e o mínimo custo declarados cresceu significativamente. Contudo, a análise dos quartis revela que a variabilidade para os 50% intermediários foi ligeiramente reduzida. A Figura 16 sintetiza esses resultados. Ressalta-se que tais valores de investimento não consideram os juros durante a construção - JDC e estão referenciados a dezembro do ano anterior ao do respectivo leilão.

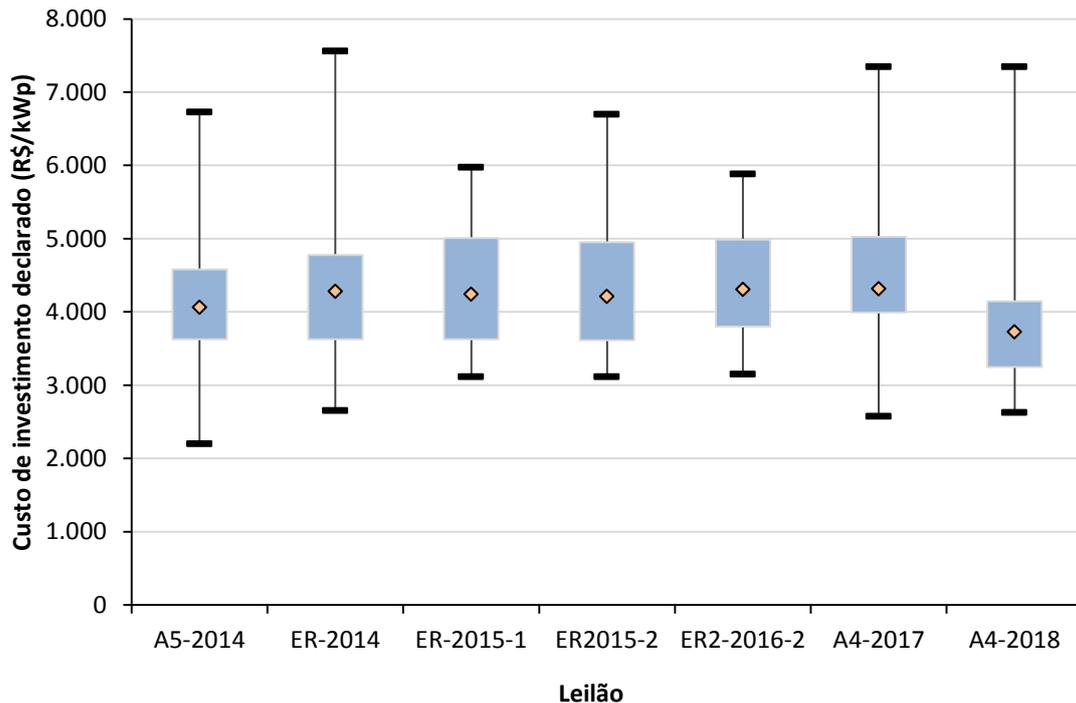


Figura 16 - Custo de investimento declarado nos leilões para empreendimentos fotovoltaicos

Apesar de tradicionalmente os custos de empreendimentos fotovoltaicos serem referidos em R\$/kWp, dado que os módulos fotovoltaicos correspondem à maior parcela do custo, sua potência efetiva do ponto de vista do sistema elétrico é a potência CA. Por este motivo, foram apresentados na seção 3.3 os fatores de capacidade em base CA, e, assim, julga-se importante a análise dos custos na mesma base, que é apresentada na Figura 17. As conclusões são semelhantes às analisadas para o custo em base CC, mas pode-se destacar um crescimento ainda mais acentuado dos custos máximos em base CA, devido ao uso de menores Fatores de Dimensionamento do Inversor, ou seja, maiores diferenças entre as potências CC e CA, conforme foi discutido na seção 3.2.2.

Outro ponto a se ressaltar com relação aos custos declarados é o fato desses terem permanecido em níveis similares a leilões passados, enquanto o preço de venda de energia foi significativamente reduzido, conforme será visto na seção 4.2. O aumento do fator de capacidade (FC) contribui para tal redução, já que um parque com maior FC produz mais energia com a mesma potência instalada. Entretanto, o crescimento do FC discutido na seção 3.3 não é suficiente para explicar esse descasamento, já que ocorreu em proporção bastante inferior à queda nos preços.

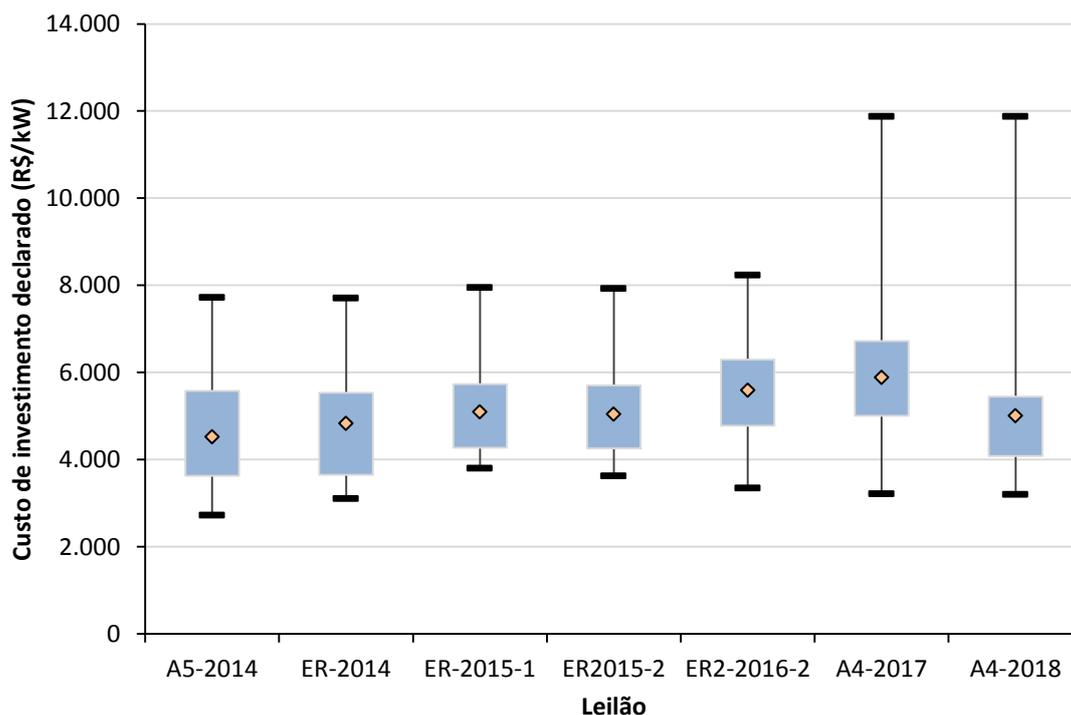


Figura 17 - Custo de investimento declarado nos leilões para empreendimentos fotovoltaicos

Tendo em vista que, os custos em investimento em empreendimentos fotovoltaicos estão bastante atrelados ao valor do dólar americano, foi representada na Figura 18 a variação dos custos de investimento, em termos de US\$/kWp. Os valores apresentados anteriormente foram corrigidos com a média da taxa comercial para a venda do dólar no mês de dezembro anterior ao respectivo leilão³. Diferentemente da análise dos valores em R\$/kWp, pode-se observar uma redução dos custos nos últimos três leilões, em US\$/kWp, em linha com o verificado em publicações internacionais.

Em 2016, devido ao valor mais alto do dólar em dezembro de 2015, os valores registrados foram nominalmente mais baixos. Com a redução da moeda americana nos anos subsequentes, os custos de investimento em US\$/kWp voltaram a subir, mas permaneceram em níveis inferiores aos dos leilões anteriores a 2016.

³ Valores da taxa de câmbio média em dezembro do ano anterior aos leilões de 2014, 2015 e 2016, 2017 e 2018 em real por dólar americano, respectivamente: R\$ 2,3455; 2,6394; 3,8711; 3,3523 e 3,2919/US\$. Fonte: <http://www.ipeadata.gov.br> (taxa de câmbio comercial para venda – média mensal).

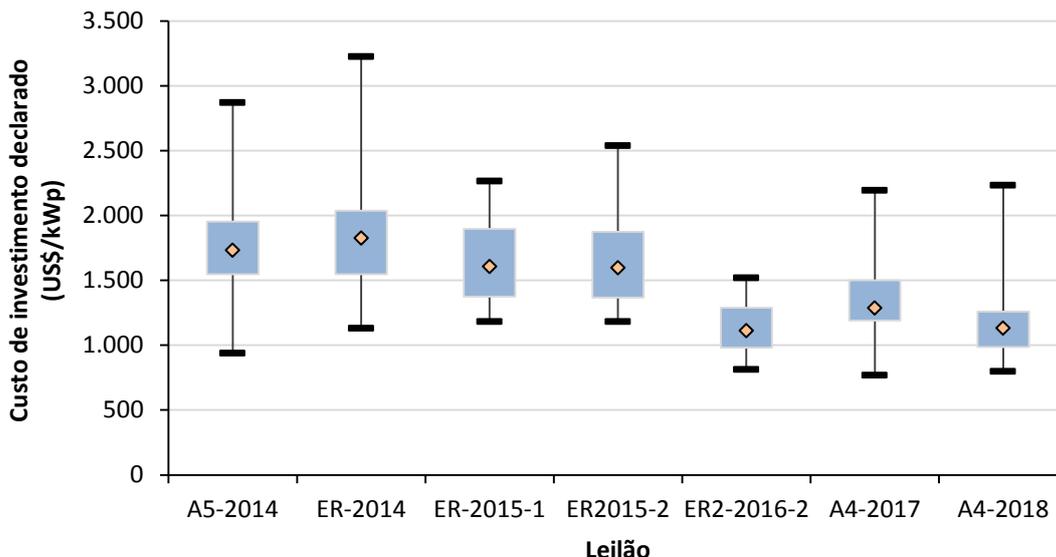


Figura 18- Variação dos Custos de Investimento em US\$/kWp por leilão

A maior parcela de custos corresponde aos equipamentos, que historicamente representam cerca de 70% do investimento total, com algumas flutuações. O custo de transmissão e conexão, além das obras civis, também apresentam frações importantes, conforme apresentado na Figura 19. A parcela identificada como outros inclui diversos custos, entre eles: terreno, ações socioambientais, custos indiretos, logística, montagem, testes e seguro.

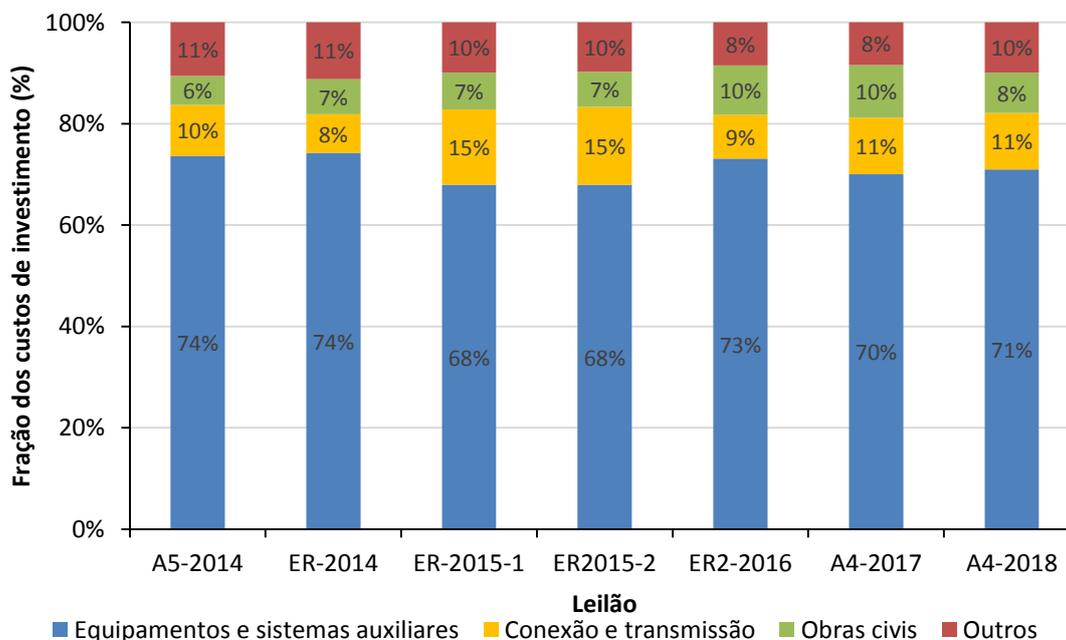


Figura 19 - Peso relativo dos custos no orçamento total dos projetos

Diante desses números, a partir de 2016, para fins de habilitação técnica da EPE, o custo de investimento declarado pelos empreendedores em equipamentos passou a ser subdividido em Módulos, Inversores, Estruturas (incluindo rastreadores) e Outros. Percebe-se na Figura 20 uma ligeira queda na participação do custo dos módulos em relação aos demais equipamentos, com o principal crescimento relativo sendo da parcela Outros, que inclui cabeamento, caixas de junção, equipamentos de proteção, sistema de supervisão, etc. Destaque também para o custo das estruturas e rastreadores, que vem sendo superior à parcela dispendida com os inversores.

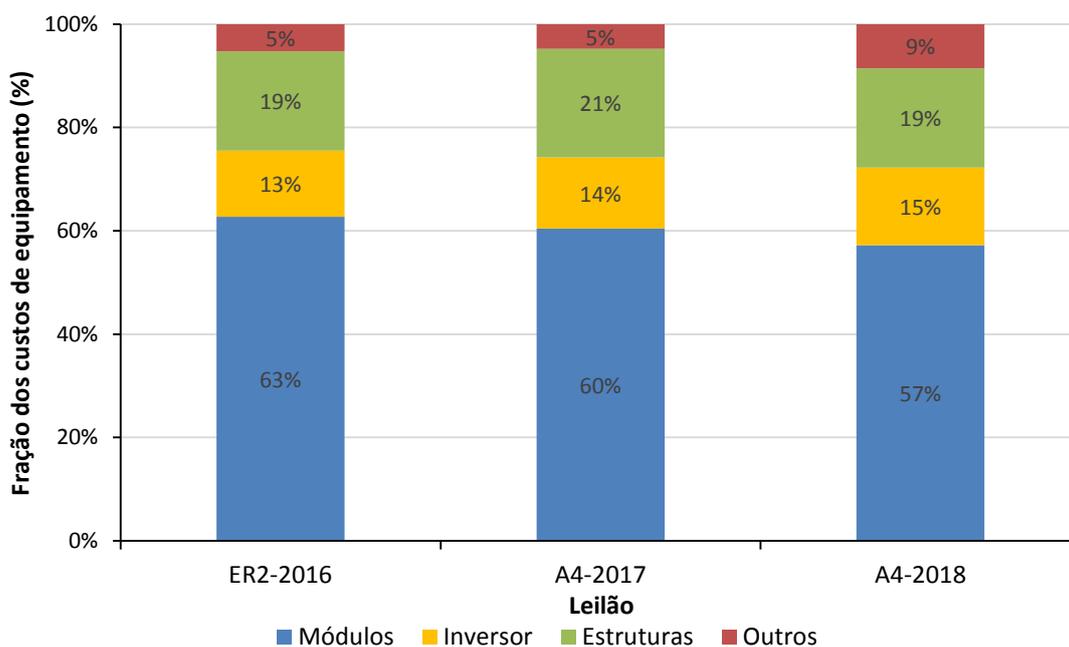


Figura 20 – Distribuição dos Custos de Equipamentos dos projetos habilitados

Verifica-se, portanto, que a queda no custo total de investimento é diretamente ligada à queda no preço dos módulos fotovoltaicos. As Figuras 21, 22 e 23, apresentam, respectivamente, as variações nos custos declarados para módulos fotovoltaicos, inversores e estruturas. Percebe-se que a parcela dos módulos apresenta uma tendência clara de queda, e a relativa às estruturas apresentou ligeira redução no leilão de 2018. Para os inversores, os custos declarados permaneceram estáveis nos 3 leilões. Os custos de módulos e estruturas são apresentados em relação à potência CC, por dependerem diretamente desta, enquanto os custos dos inversores são comparados por potência CA.

Ressalta-se também a grande dispersão verificadas nos valores declarados. Durante o processo de análise, a EPE solicita ratificação ou revisão dos orçamentos mais distantes

dos valores usuais, a fim de manter os valores corretos para os empreendimentos e a consistência do banco de dados. Em diversos casos, os empreendedores corrigem os valores declarados, sendo comuns também erros de digitação no sistema AEGE. Contudo, exceto em caso de diferenças acentuadas (em ordens de grandeza), prevalecem os valores declarados e ratificados pelos empreendedores, que em última instância são os responsáveis pelos dados informados.

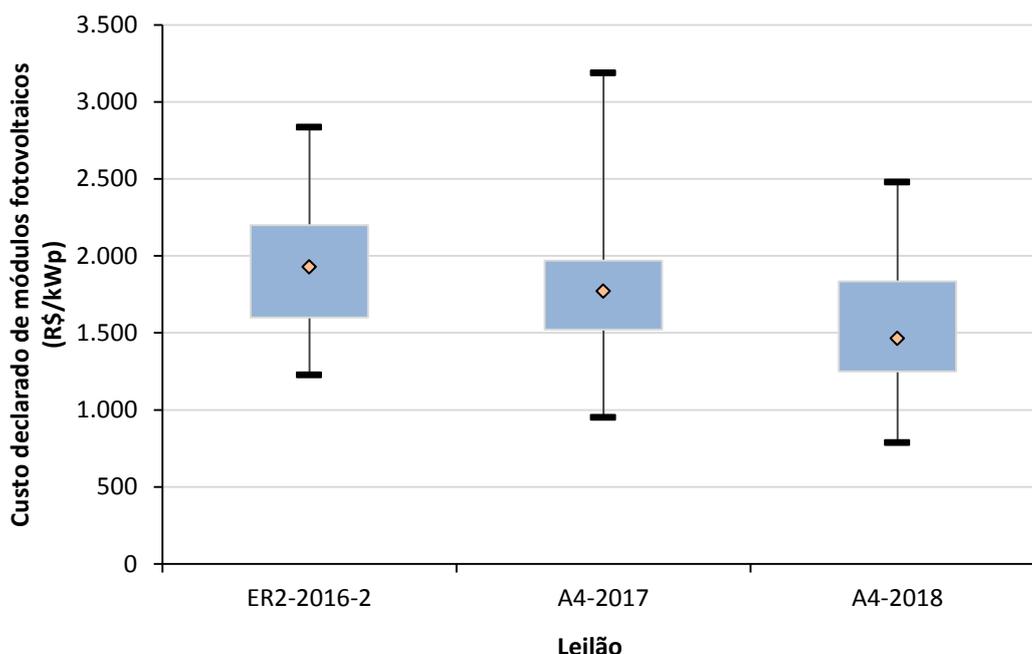


Figura 21 - Variação nos custos declarados de módulos fotovoltaicos

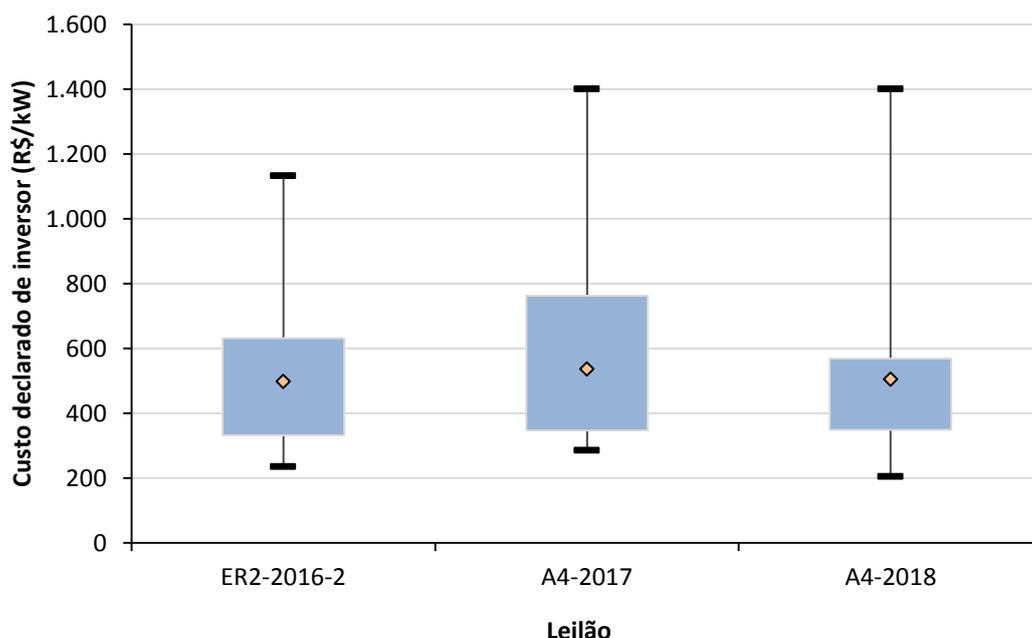


Figura 22 - Variação nos custos declarados de inversores

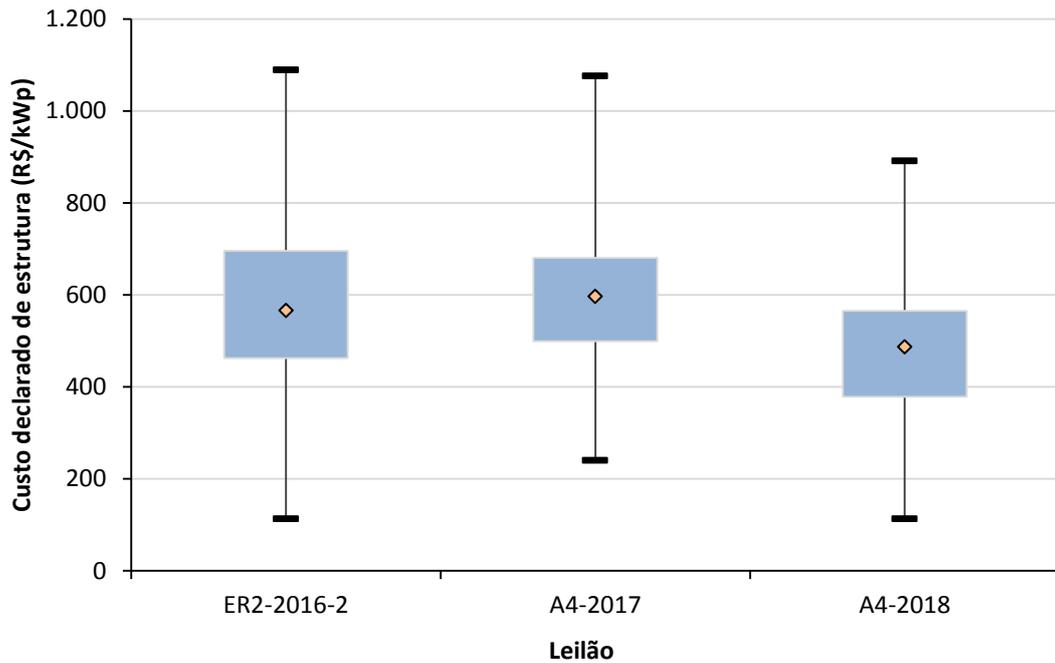


Figura 23 - Variação nos custos declarados de estruturas

4. VENDEDORES

Neste capítulo, apresenta-se de forma resumida as informações referentes aos projetos que venderam energia nos Leilões de Energia Nova A-4 de 2017 e 2018. A seguir, comenta-se sobre algumas características relevantes dos empreendimentos vendedores, e, por fim, avaliam-se os preços de energia obtidos com relação ao histórico de contratações, discutindo-se algumas possíveis causas para a acentuada redução verificada.

4.1 Resumo das informações

No total dos dois certames, foram contratados 398,7 MWm de energia, de um total de 413,1 MWm disponíveis dos empreendimentos que comercializaram energia, representando 96,5% de contratação para o mercado regulado, ficando uma parcela de 3,5% descontratada.

A Tabela 5 e a Tabela 6, apresentam, respectivamente, os empreendimentos que comercializaram energia nos leilões A-4 de 2017 e 2018, compilando as principais informações referentes a esses empreendimentos.

Tabela 5 - Empreendimentos que comercializaram energia no Leilão A-4/2017

Empreendimento	UF	Potência Final Instalada CC (kWp)	Potência Final Instalada CA (kW)	FDI	Garantia Física (MWm)	Fator de Capacidade CA (%)	Energia Contratada (MW médios)	Tipo de Estrutura de Suporte	Tecnologia de módulo	Tipo de conexão	Custo total declarado (R\$ mil)	Preço de venda na data do leilão (R\$/MWh)
Água Vermelha IV	SP	18748	15000	0,80	4,0	26,7%	4,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	DIT	87 173,01	145,49
Água Vermelha V	SP	37498	30000	0,80	7,9	26,3%	7,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	DIT	174 346,01	145,49
Água Vermelha VI	SP	37498	30000	0,80	7,9	26,3%	7,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	DIT	174 346,01	146,66
BRIGIDA	PE	37417	27000	0,72	8,9	33,0%	8,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	190 470,79	144,90
BRIGIDA 2	PE	41571	30000	0,72	8,9	29,7%	8,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	212 700,77	143,60
SÃO GONÇALO 1	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	146,67
SÃO GONÇALO 10	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	145,50
SÃO GONÇALO 2	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	146,67
SÃO GONÇALO 21	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	145,99
SÃO GONÇALO 22	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	145,00
SÃO GONÇALO 3	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	146,67
SÃO GONÇALO 4	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	146,67
SÃO GONÇALO 5	PI	48478	30000	0,62	10,2	34,0%	9,9	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	243 678,80	146,67
Sertão Solar Barreiras I	BA	29388	28000	0,95	6,8	24,3%	6,8	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	154 652,00	143,50
Sertão Solar Barreiras II	BA	29388	28000	0,95	6,8	24,3%	6,8	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	154 652,00	143,50
Sertão Solar Barreiras III	BA	29388	28000	0,95	6,8	24,3%	6,8	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	154 652,00	146,60

Sertão Solar Barreiras IV	BA	29388	28000	0,95	6,8	24,3%	6,8	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	154 652,00	146,60
Solar Salgueiro	PE	37498	30000	0,80	8,6	28,7%	8,6	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	149 000,00	143,70
Solar Salgueiro II	PE	37498	30000	0,80	8,8	29,3%	8,8	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	149 000,00	145,98
Solar Salgueiro III	PE	37498	30000	0,80	8,8	29,3%	8,8	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	149 000,00	146,66

Tabela 6 - Empreendimentos que comercializaram energia no Leilão A-4/2018

Empreendimento	UF	Potência Final Instalada CC (kWp)	Potência Final Instalada CA (kW)	FDI	Garantia Física (MWm)	Fator de Capacidade CA (%)	Energia Contratada (MW medios)	Tipo de Estrutura de Suporte	Tecnologia de módulo	Tipo de conexão	Custo total declarado (R\$ mil)	Preço de venda no leilão (R\$/MWh)
ALEX I	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	146 000,00	118,00
ALEX III	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,00
ALEX IV	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,00
ALEX IX	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,39
ALEX V	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,00
ALEX VI	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,00
ALEX VII	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,39
ALEX VIII	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,25
ALEX X	CE	41 796	30 000	0,72	10,2	34,0%	10,0	Rastreamento 1 eixo	Silício Monocristalino	Rede Básica	137 500,00	118,39
ETESA 17 São João do Piauí I	PI	34 848	29 976	0,86	8,4	28,0%	6,7	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	169 885,00	117,80

ETESA 18 São João do Piauí II	PI	34 848	29 976	0,86	8,4	28,0%	6,7	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	169 885,00	117,80
ETESA 19 São João do Piauí III	PI	34 848	29 976	0,86	8,4	28,0%	6,7	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	169 885,00	117,80
ETESA 20 São João do Piauí IV	PI	34 848	29 976	0,86	8,4	28,0%	6,7	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	169 885,00	117,80
ETESA 21 São João do Piauí V	PI	34 848	29 976	0,86	8,4	28,0%	6,7	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	169 885,00	117,80
ETESA 22 São João do Piauí VI	PI	34 848	29 976	0,86	8,4	28,0%	6,7	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	169 885,00	117,80
FRANCISCO SÁ 1	MG	40 734	30 000	0,74	9,1	30,3%	9,1	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	131 323,43	117,91
FRANCISCO SÁ 2	MG	40 734	30 000	0,74	9,1	30,3%	9,1	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	131 323,43	118,35
FRANCISCO SÁ 3	MG	40 734	30 000	0,74	9,1	30,3%	9,1	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	131 323,43	118,35
LAVRAS 1	CE	28 944	24 000	0,83	6,2	25,8%	6,2	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	171 967,15	118,01
LAVRAS 2	CE	28 944	24 000	0,83	6,2	25,8%	6,2	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	171 967,15	118,01
LAVRAS 3	CE	28 944	24 000	0,83	6,2	25,8%	6,2	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	171 967,15	118,01
LAVRAS 4	CE	28 944	24 000	0,83	6,2	25,8%	6,2	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	171 967,15	118,01
LAVRAS 5	CE	28 944	24 000	0,83	6,2	25,8%	6,2	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede Básica	171 967,15	118,01
São Pedro e Paulo I	PE	30 225	25 000	0,83	6,7	26,8%	6,7	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	125 911,25	117,63
SÃO PEDRO E PAULO V	PE	26 434	20 952	0,79	5,5	26,3%	5,5	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	105 523,70	118,23
SÃO PEDRO E PAULO VI	PE	26 434	20 952	0,79	5,5	26,3%	5,5	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	105 523,70	117,63
SOLAR JAÍBA 3	MG	36 480	29 940	0,82	8,4	28,1%	8,4	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	160 381,25	118,40
SOLAR JAÍBA 4	MG	36 480	29 940	0,82	8,4	28,1%	8,4	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	160 381,25	118,40
SOLAR JAÍBA 9	MG	24 320	20 000	0,82	5,5	27,5%	5,5	Rastreamento 1 eixo	Silício Policristalino	Rede de Distribuição	106 920,83	117,81

Nota-se que a estratégia do uso de rastreamento de um eixo foi adotada pela totalidade dos empreendimentos vendedores nos dois leilões. O uso de silício policristalino também foi predominante, representado 100% dos contratados em 2017 e 69% do número de projetos em 2018, ante 31% que utilizaram silício monocristalino. As tendências discutidas na seção 3.2.2, de redução do FDI, também se refletiram nos empreendimentos vendedores, com um valor mínimo de 0,62 no leilão de 2017, e 0,72 em 2018. Quanto aos valores médios entre os vendedores, foram de 0,78 em 2017 e de 0,72 em 2018. Assim, foram obtidos fatores de capacidade elevados, de 30,1% em 2017 e de 29,8% em 2018, com os valores máximos atingindo os mesmos 34,0% nos dois leilões.

O Anexo II apresenta o mapa com a localização dos empreendimentos vendedores, com as potências agregadas por município, incluindo também os empreendimentos vendedores nos leilões anteriores do ambiente de contratação regulada.

4.2 Preço da energia

O maior destaque dos dois leilões A-4, de 2017 e 2018, foram os preços de venda obtidos, significativamente inferiores aos dos leilões anteriores. A Tabela 7 indica as quantidades comercializadas e preços de venda a cada leilão nos quais ocorreu comercialização, bem como o preço-teto estabelecido em cada competição.

Tabela 7 - Quantidades comercializadas e preços de venda a cada leilão

Leilão	Projetos contratados	Potência comercializada (MW)	Preço-teto (R\$/MWh)	Preço médio na data do leilão (R\$/MWh)	Preço médio atualizado ⁴ (R\$/MWh)
LER/2014	31	890	262,0	215,1	272,5
1º LER/2015	30	834	349,0	301,79	351,85
2º LER/2015	33	929	381,0	297,75	341,72
A-4/2017	20	574	329,0	145,7	150,5
A-4/2018	29	807	312,0	118,1	120,6

Verifica-se que, em termos nominais, os preços médios dos dois últimos leilões A-4 foram inferiores à metade dos obtidos nos dois leilões do ano de 2015. Atualizado pelo IPCA, o preço médio de 2018 foi cerca de 1/3 daquele do leilão com maior preço de

⁴ Valores atualizados pelo IPCA para agosto de 2018

contratação, o 1º LER de 2015. A Figura 24 apresenta essas informações de forma gráfica.

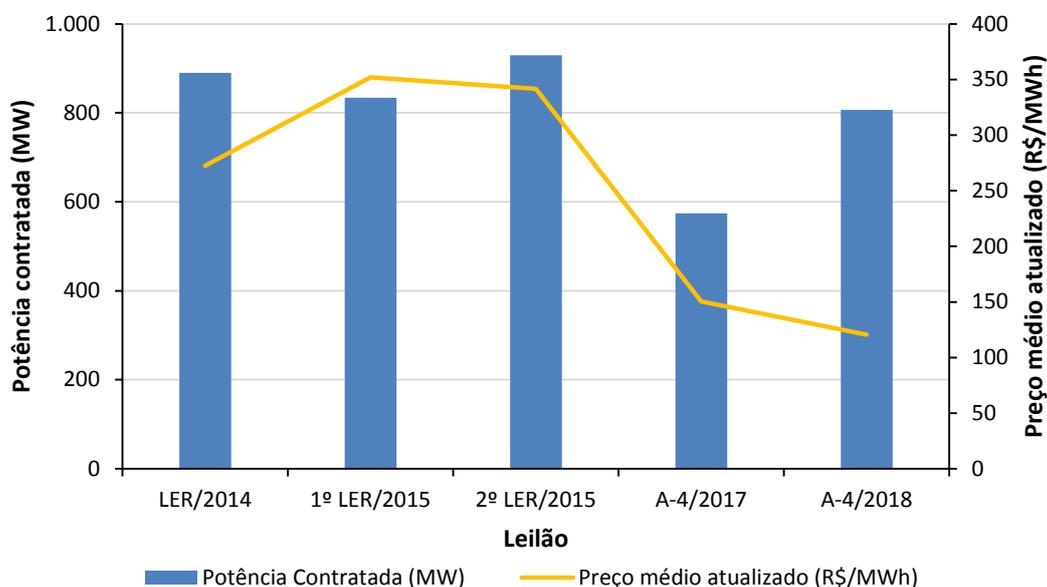


Figura 24 - Potências contratadas e preços médios a cada leilão

A redução de preços verificada está ligada principalmente à redução nos custos de investimento e ao aumento no fator de capacidade das usinas, discutidos nos capítulos 3.3 e 3.4. Outros fatores que podem ter contribuído são: uma melhor conjuntura nacional (juros mais baixos) à época dos leilões A-4/2017 e A-4/2018 em relação àquela dos leilões de 2015, a acentuada competição, com oferta bastante superior à demanda, novas estratégias econômico-financeiras por parte dos empreendedores, além de uma possível componente de “aposta” em maior redução de custos no horizonte de entrega de energia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após 9 leilões com cadastramento de projetos de usinas solares fotovoltaicas, verifica-se uma constante evolução dos projetos cadastrados. Dentre as tendências, duas se destacam: o uso de estruturas de rastreamento de um eixo, e a redução da relação entre as potências CA e CC, resultando em maior carregamento dos inversores. Ambas essas práticas levam a fatores de capacidade mais elevados, e a produções mais constantes ao longo do dia. Quanto ao recurso nos locais das usinas, demonstrou-se não ter havido variações significativas, a menos da redução da variação dos valores

extremos, indicando que não tem havido alteração das localizações ao longo do histórico.

Os custos declarados, por sua vez, apresentaram uma leve tendência de queda, principalmente no último leilão. Na moeda nacional, a magnitude dessa queda foi pequena, sendo mais próxima da verificada em outros mercados quando analisada em dólares americanos. Entre os custos detalhados, o único componente que manteve uma tendência clara de queda foram os módulos fotovoltaicos, enquanto inversores e estruturas permaneceram em níveis semelhantes nos três leilões nos quais se possui essa informação.

Os preços de energia, contudo, foram significativamente inferiores nos dois últimos leilões A-4, de 2017 e 2018, em relação aos leilões anteriores. Essa redução decorre principalmente dos dois fatores citados: menor custo de investimento e maior fator de capacidade, com contribuições também da forte competição, da conjuntura econômica mais favorável e de aspectos financeiros.

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 676, de 25 de Agosto de 2015.**

Burger, B., Ruther. R. **Inverter sizing of grid-connected photovoltaic systems in the light of local solar resource distribution characteristics and temperature.** Solar Energy 80, 35-45, 2006.

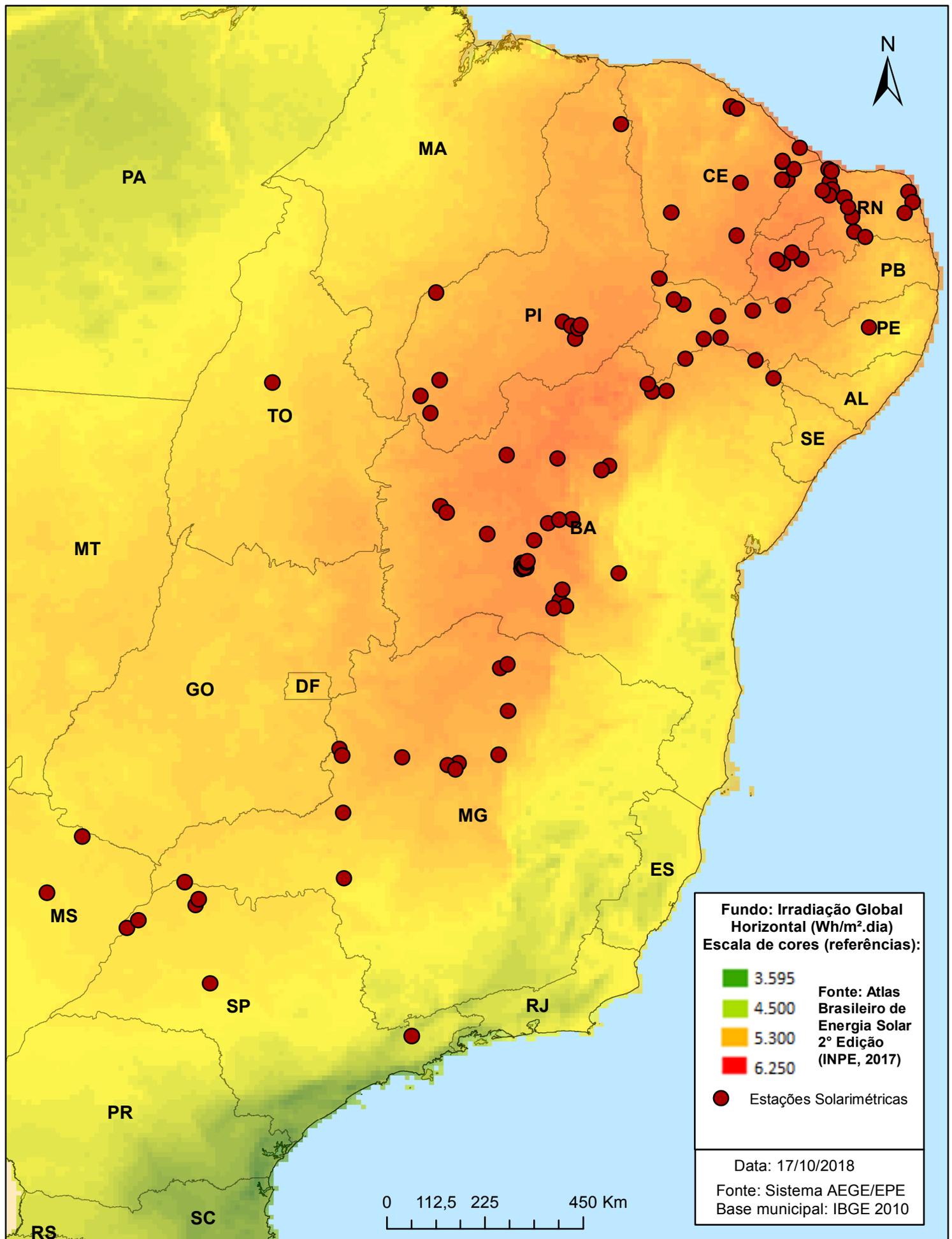
EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Leilão de Energia de Reserva de 2014 – Participação de Empreendimentos Solares Fotovoltaicos: Visão Geral,** 2014

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Retrato dos Novos Projetos Solares Fotovoltaicos no Brasil.** Nota Técnica, 2017.

INPE. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** 2ª Edição, São José dos Campos, 2017.

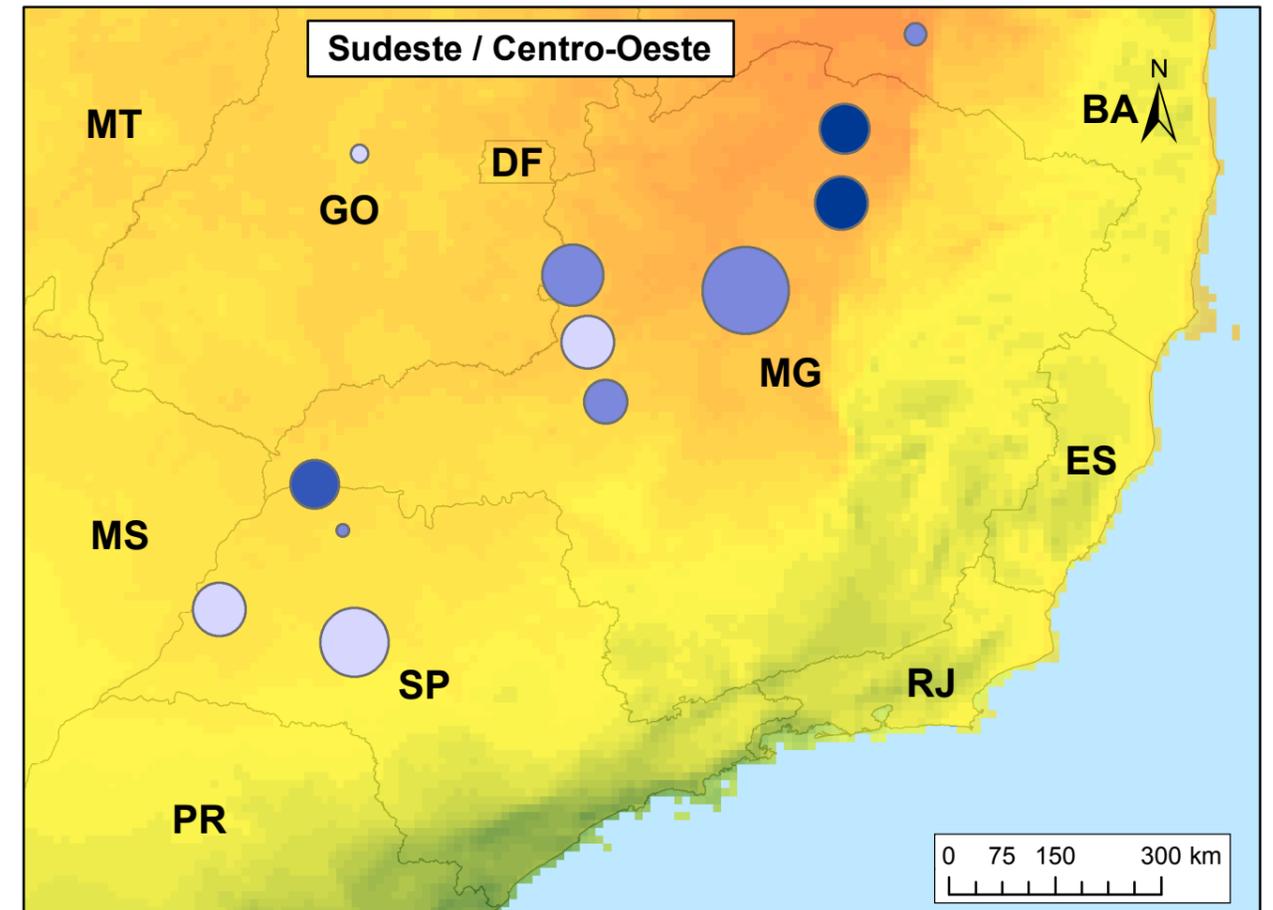
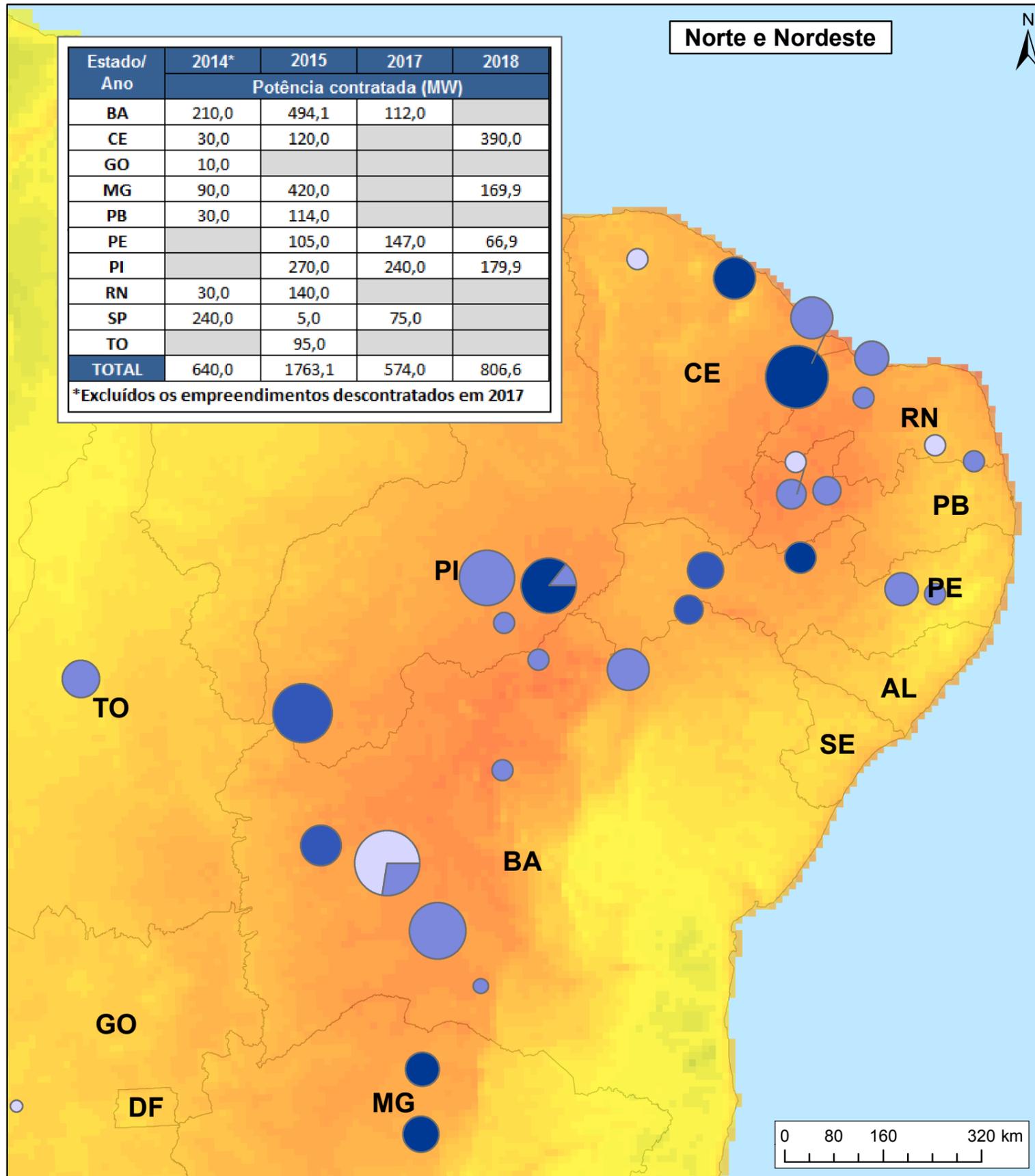
MME - Ministério de Minas e Energia. **Portaria nº 102, de 22 de Março de 2016.**

Ruschel, C. S. e Ponte, G. P. **Metodologias de Ajuste de Dados Solarimétricos Visando a Estimativa de Produção de Energia de Longo Prazo.** VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018.



UFV - VENCEDORES

Empreendimentos Fotovoltaicos Vendedores nos Leilões de Energia (potência agregada por município)



Convenções

Fundo: Irradiação Global Horizontal (Wh/m².dia)
Escala de cores (referências):

- 3.595
- 4.500
- 5.300
- 6.250

Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE, 2017)

VENDEDORES
Potência agregada por município (MW)

- 200
- 2014
- 2015
- 2017
- 2018

Data: 17/10/2018
Fonte: Sistema AEGE/EPE
Base municipal: IBGE 2010