

# **ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NO DF E SEU IMPACTO SOBRE OS CONTRATOS DE ENERGIA CELEBRADOS PELA CEB**

**Bruno Freitas Feitosa Nunes** (UnB) - nunesbruno@gmail.com

**Ronaldo Sérgio Chacon Camargos** (IFB) - ronaldo.chacon@gmail.com

## **Resumo:**

*Quando se fala no suporte ao consumo energético, é necessário repensar a dependência de combustíveis fósseis que, além de terem o preço do MWh médio mais alto que as fontes renováveis, são responsáveis por grande quantidade de CO<sub>2</sub> que é lançado à atmosfera. Atualmente o Brasil é destaque global quanto à sustentabilidade da sua matriz energética, contudo, a diversificação dessa matriz é baixa - elevada participação de fontes hídricas - e ainda dependente de fontes térmicas movidas a combustíveis fósseis. Recentemente a geração distribuída de energia tem se apresentado como uma das alternativas para diversificação da matriz energética brasileira. O presente trabalho visa analisar o potencial fotovoltaico do Distrito Federal (DF) e mostrar como a expansão do mercado de geração distribuída fotovoltaica (GDFV) pode impactar no portfólio de contratos de energia celebrados no ambiente regulado pela CEB. É feita uma análise do histórico de GDFV no DF desde a vigência da Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL, uma estimativa otimista e uma análise sobre a NT nº 0056/2017 da ANEEL sobre a expansão deste mercado. A partir disso fez-se uma comparação da estimativa de crescimento da GDFV no DF baseado nas premissas de crescimento de consumo energético residencial vindas do Plano Decenal de Expansão de Energia para 2026, elaborado pela EPE. Com os resultados dessa comparação são feitas sugestões para a retirada de Contratos de Concessão de Energia no Ambiente Regulado provenientes de fontes térmicas, o que diminui o preço médio pago em contratos de energia pelas distribuidoras em 9%, cria oportunidade de novas linhas de produção e postos de emprego e reduz em 36,5 Mton a quantidade de CO<sub>2</sub> despejado na atmosfera.*

**Palavras-chave:** *geração distribuída fotovoltaica, tarifa energética, contrato de concessão de energia*

**Área temática:** *Mercado, economia, política e aspectos sociais*

**Subárea temática:** *Estratégias e políticas para energias renováveis*

# ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NO DF E SEU IMPACTO SOBRE OS CONTRATOS DE ENERGIA CELEBRADOS PELA CEB

**Bruno Freitas Feitosa Nunes** – nunesbruno@gmail.com  
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica  
**Ronaldo Sérgio Chacon Camargos** – ronaldo.chacon@gmail.com  
Instituto Federal de Brasília, Campus Ceilândia

**Resumo.** Quando se fala no suporte ao consumo energético, é necessário repensar a dependência de combustíveis fósseis que, além de terem o preço do MWh médio mais alto que as fontes renováveis, são responsáveis por grande quantidade do CO<sub>2</sub> que é lançado à atmosfera. Atualmente, o Brasil é destaque global quanto à sustentabilidade da sua matriz energética, contudo, a diversificação dessa matriz é baixa - elevada participação de fontes hídricas - e ainda dependente de fontes térmicas movidas a combustíveis fósseis. Recentemente, a geração distribuída de energia tem se apresentado como uma das alternativas para diversificação da matriz energética brasileira. O presente trabalho visa analisar o potencial fotovoltaico do Distrito Federal (DF) e mostrar como a expansão do mercado de geração distribuída fotovoltaica (GDFV) pode impactar o portfólio de contratos de energia celebrados no ambiente regulado pela CEB. É feita uma análise do histórico de GDFV no DF desde a vigência da Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL, uma estimativa otimista e uma análise sobre a NT nº 0056/2017 da ANEEL sobre a expansão deste mercado. A partir disso, fez-se uma comparação da estimativa de crescimento da GDFV no DF baseada nas premissas de crescimento de consumo energético residencial vindas do Plano Decenal de Expansão de Energia para 2026, elaborado pela EPE. Com os resultados dessa comparação, são feitas sugestões para a retirada de Contratos de Concessão de Energia no Ambiente Regulado provenientes de fontes térmicas, o que diminui o preço médio pago em contratos de energia pelas distribuidoras em 9%, cria oportunidade de novas linhas de produção e postos de emprego e reduz em 36,5 Mton a quantidade de CO<sub>2</sub> despejado na atmosfera.

**Palavras-chave:** geração distribuída fotovoltaica, tarifa energética, contrato de concessão de energia.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores-chave para o desenvolvimento econômico e social que trouxe as nações de primeiro mundo ao seu patamar atual foi o aumento da acessibilidade à energia elétrica para as pessoas. Acessibilidade que se deve, entre outros fatores, a um suprimento energético consistente e diversificado.

Envolvendo pessoas, planeta, prosperidade e paz, a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2015, publicou a Agenda 2030, que define os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Além de impactar a pobreza, degradação da natureza e outros aspectos relacionados a desenvolvimento, os ODS também tocam na discussão sobre a mudança da matriz energética mundial por meio do Objetivo 7: “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e acessível à energia para todos.” (ONU, 2015).

Entre os anos 2000 e 2013, o acesso à eletricidade no mundo aumentou em 5% (ONU, 2015) e, para os próximos anos, a tendência é seguir aumentando, assim como o consumo de energia no Brasil (EPE, 2016). Contudo, sustentar tal crescimento com centrais geradoras movidas a combustíveis fósseis ou usinas hidrelétricas de grande porte gerará impactos relacionados à degradação das condições de vida no planeta (ONU, 2015).

Para mitigar tais impactos e continuar garantindo o progresso econômico, as nações signatárias da Agenda 2030 têm como meta, até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global, dando destaque a fontes solares fotovoltaicas e eólicas.

Visando colaborar com os ODS, o objetivo geral deste trabalho é apresentar uma opção para a diversificação da matriz energética brasileira. Detalhadamente, será abordada a forma como a exploração do potencial de geração fotovoltaica e a consequente expansão do mercado de geração distribuída no Distrito Federal (DF) podem impactar no preço dos contratos de energia celebrados pela distribuidora local (Companhia Energética de Brasília - CEB).

Serão considerados dados do cenário de geração distribuída no DF a partir da vigência da Resolução Normativa nº 687/2015 (ANEEL) - que aprimora a regulação da operação de unidades de geração distribuída de energia no Brasil -, projeções de consumo energético residencial no horizonte 2016-2026 (Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2026) e o potencial de geração fotovoltaica inerente do Distrito Federal. As análises são feitas em duas etapas: a primeira considerando um cenário otimista da exploração de tal potencial e a segunda considerando uma estimativa conservadora publicada pela Nota Técnica nº 0056/2017, da ANEEL.

Para melhor entendimento da estrutura em que este trabalho foi construído, primeiramente, supõe-se que a geração distribuída fotovoltaica (GDFV) será amplamente difundida no DF a ponto de, em um horizonte de dez anos, todo o potencial de geração fotovoltaica de determinadas regiões ser aproveitado. Fatalmente, o cenário de contratação de

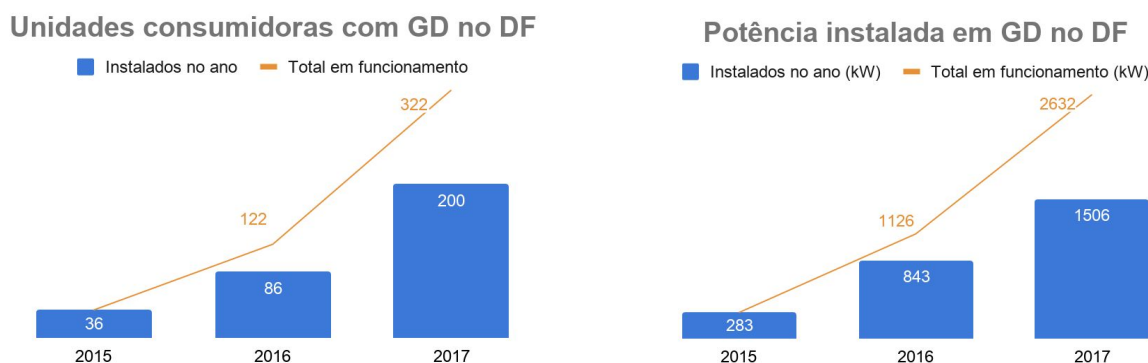
energia da CEB será impactado. Para isso, a seção 2 discorre sobre o cenário atual de comercialização de energia no Brasil. Além disso, também é feita uma relação da situação hipotética de expansão da GDFV no DF com os ODS para 2030 no que tange ao acesso à energia como fator-chave para o desenvolvimento sustentável. A metodologia e os materiais utilizados para analisar os impactos da expansão do cenário de GDFV são explanados na seção 3. Por sua vez, a seção 4 discorre os resultados do método apresentado, mostrando como o aproveitamento de um potencial natural presente no Brasil pode afetar desde as centrais geradoras de energia até o consumidor final. A seção 5 encerra as discussões propostas pelo trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A expansão do ecossistema de geração distribuída fotovoltaica no Distrito Federal

Até o final de 2015 - ano de publicação da REN nº 687 (ANEEL) - foram instalados 36 sistemas de geração distribuída na área de concessão da Companhia Energética de Brasília (CEB), como apresentado na Figura 1. Já em 2016, é possível ver um crescimento de 138% no número de unidades consumidoras com GD e de 197% de aumento na potência instalada. Mostrando um caminho de consolidação do modelo de geração distribuída, até 31 de agosto de 2017 foram instalados 142 sistemas, 80% a mais do que no mesmo período em 2016 e um aumento de 138% na potência instalada.

O resultado da evolução do ecossistema de geração distribuída no DF também mostra a consolidação da tecnologia de geração fotovoltaica, em que 99% dos sistemas instalados foram desta natureza (Unidades Consumidoras com Geração Distribuída, ANEEL, 2017). A partir de 2016, observou-se a diversificação de outras características dos sistemas: além do aumento da potência média instalada por sistema conectado - e o surgimento das primeiras unidades com minigeração conectada - surgiram comércios, áreas rurais e órgãos públicos com capacidade de mini e microgeração.



Fonte: elaboração própria, dados em ANEEL, 2017  
**Figura 1 - Crescimento do ecossistema de GD no DF**

Apesar do apelo para a diversificação e a modernização da matriz energética brasileira, o aproveitamento massivo do potencial de GDFV deve ser cauteloso, pois afetará a rede de distribuição de energia. Em análises realizadas em regiões delimitadas da rede de distribuição sob concessão da CEB, Camargos (2013) e Puttini (2014) mostram que nem sempre o potencial de geração de energia através de sistemas fotovoltaicos descentralizados poderá ser aproveitado sem que se façam reparos na rede de distribuição. Camargos (2013) mostra que, apesar da diminuição do pico de consumo causado pela injeção de energia na rede por uma unidade consumidora (UC) específica, a subestação da região apresentou sobretensão indesejada. Puttini (2014) mostrou que, no cenário de total cobertura do consumo energético das residências da Região Administrativa Lago Sul, os cenários de condução de corrente chegariam a valores superiores à capacidade de condução dos ramos da rede.

A partir do mapeamento de seis Regiões Administrativas (RAs) do Distrito Federal (Asa Sul, Asa Norte, Cruzeiro, Lago Sul, Lago Norte e Park Way), que correspondem às residências de 12% da população do DF e uma área de telhado de 17,7km<sup>2</sup>, observa-se que, se metade desses telhados recebessem sistemas comuns de GDFV, seria possível gerar um montante de energia equivalente ao consumo residencial do DF em um ano (WWF; UnB, 2016). O estudo realizado pela WWF em conjunto com a UnB revela que o DF tem potencial para GDFV, porém, ele ainda não é explorado.

### 2.2 O mercado de energia brasileiro

**Processos de contratação e gestão de contratos de concessão de energia elétrica - Lei nº 10.848 de 15 de março de 2014.** Todas as concessionárias, permissionárias e as autorizadas de serviço público de energia elétrica compreendidas dentro do Sistema Interligado Nacional (SIN) devem garantir o atendimento a todo seu mercado mediante contratação regulada por meio de licitação, conforme regulamento disposto na referida lei. Essa contratação

regulada é formalizada por meio do Contrato de Comercialização de Energia em Ambiente Regulado (CCEAR), celebrado entre as distribuidoras de energia e as autorizadas de geração após realização de leilões - que podem ser de energia existente ou de energia nova.

Para garantir a totalidade de atendimento do mercado de energia pelas distribuidoras, deverá ser considerada a compra de energia elétrica vinda dos contratos supracitados e as provenientes de geração distribuída, usinas que produzem energia a partir de fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e biomassa, enquadradas no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), Itaipu Binacional ou Angra 1 e 2. É importante destacar que a aquisição de energia vinda desses últimos empreendimentos é obrigatória e não está sujeita a licitações e leilões. As distribuidoras não têm liberdade de escolha sobre celebrar apenas contratos provenientes de leilões em ambiente regulado.

**A tarifa de energia no Brasil.** A estrutura que compõe a tarifa energética paga pelo consumidor brasileiro atrelado a uma distribuidora de energia é composta por duas grandes parcelas (A e B) mais tributos (ICMS e PIS/COFINS). A Parcela B, não explorada a fundo neste trabalho, corresponde ao pagamento dos serviços prestados no que tange à distribuição de energia (custos operacionais e ativos da distribuidora). A Parcela A abrange tudo relacionado à geração e transmissão de energia elétrica, incluindo os encargos setoriais (ANEEL, 2017).

Para a consolidação dos valores cobrados ao consumidor final, não existem proporções fixas para cada uma dessas parcelas, uma vez que a Parcela A de cada distribuidora, por exemplo, será impactada pelo preço da energia comprada nos leilões (Leilões de Energia Existente - LEE, e de Energia Nova - LEN) – que possui algumas variáveis como a fonte de geração – e também pela transmissão dessa energia. Na mesma linha, a Parcela B de cada distribuidora também será constituída de maneiras diferentes, uma vez que em cada localidade existem características diferentes de distribuição bem como ativos usados pelas distribuidoras (pessoas, estrutura física, equipamentos de manutenção/operação, qualidade no atendimento).

Por outro lado, as distribuidoras brasileiras dispõem de proporções semelhantes na composição das suas tarifas, sendo a compra de energia responsável por aproximadamente 50% da tarifa paga pelo consumidor final. Como explicitado pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia (ABRADEE) na sua página eletrônica, “todos os custos com energia são alocados na tarifa de energia e repassados integralmente aos consumidores, sem auferir margens de lucro” (ABRADEE, 2017). Isto quer dizer que os consumidores arcam diretamente com o preço pago pelo Watt-hora (Wh) comprado pela distribuidora e, quanto mais cara a energia adquirida pela distribuidora, mais caro o consumidor final pagará na sua tarifa.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Considerações iniciais e visão geral do método

No presente trabalho, utiliza-se um método para comparação do preço médio do MWh pago pelas distribuidoras de energia com o preço médio do MWh que poderia ser pago caso a GDFV fosse amplamente difundida num horizonte decenal.

No contexto apresentado, considera-se que a geração descentralizada na área de concessão da CEB será suficiente para suprir todo o consumo residencial do DF em 2026.

Para que sejam realizados os cálculos do potencial de suprimento energético a partir de GDFV - considerando a hipótese de suprir 100% do consumo residencial com geração distribuída -, será necessário organizar as(os):

- i. informações sobre o potencial solarimétrico da região analisada (Atlas Solarimétrico do Brasil, UFPE, 2000);
- ii. informações sobre o ecossistema de GDFV da área de concessão considerada (Unidades Consumidoras com Geração Distribuída, ANEEL, 2017);
- iii. dados de consumo e contratação de energia oriundos do Sistema para Processos Automatizados de Reajuste Tarifário Anual (SPARTA, ANEEL, 2016) com dados específicos da distribuidora analisada;
- iv. previsões do PDE para o consumo de energia no horizonte decenal (Plano Decenal de Expansão de Energia, EPE, 2016).

As considerações sobre preço médio do MWh pago pelas distribuidoras no seu atual portfólio de contratos serão feitas a partir do entendimento do cenário de contratação de energia vigente e a seleção de Contratos de Alto Impacto, que serão explicados mais à frente, na seção 3.4.

#### 3.2 Potencial do mercado de Geração Distribuída Fotovoltaica em 10 anos

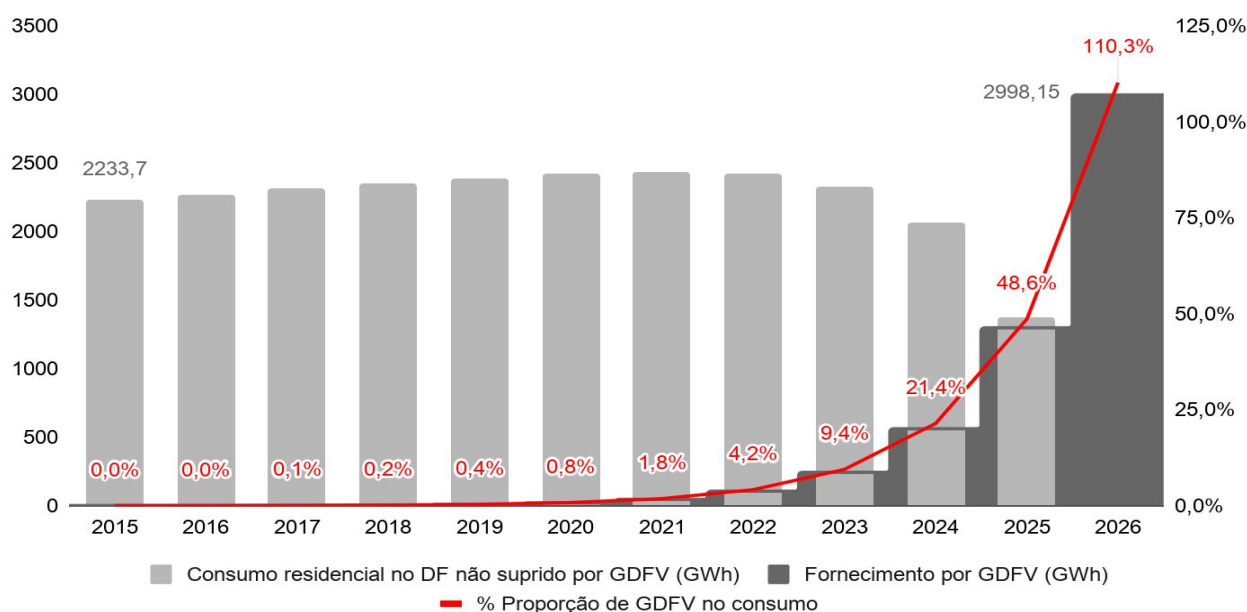
Como base para as considerações sobre a expansão do mercado de GDFV, deve-se considerar a capacidade de geração de energia pelas atuais unidades consumidoras que dispõem de sistemas conectados à rede. Com o início da vigência da REN nº 687/2015, a ANEEL passou a publicar mensalmente informações básicas - como subgrupo de consumo da UC, modalidade de geração, tipo/fonte, potência instalada - sobre as unidades de geração distribuída conectadas à rede.

Para cálculo da energia gerada a partir de sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede, deve-se relacionar a capacidade do sol em fornecer energia a uma determinada região num determinado intervalo de tempo - irradiância e irradiação - (VILLALVA, 2015) com as características intrínsecas ao sistema - potência e eficiência. No presente trabalho, foi considerado o valor padrão de irradiância média sobre a Terra de 1000 W/m<sup>2</sup>; irradiação média no DF de 5,8 kWh/m<sup>2</sup>/dia (VILLALVA, 2015); e eficiência total do sistema de GDFV de 12% (WWF; UnB, 2016).

**Visão otimista do mercado de GDFV no horizonte decenal.** O cenário em que toda energia consumida pelas residências da área de concessão da CEB é gerada por elas mesmas é considerado otimista neste trabalho. Com base nas projeções do Plano Decenal de Expansão de Energia para 2026 (EPE, 2017), de crescimento de 1,8% ao ano do consumo geral de energia nas residências brasileiras, o consumo total no DF chegará a 2.719 GWh em 2026.

Considerado o cenário de geração de energia encontrado a partir da análise das unidades de geração distribuída instaladas até o final de 2017, seria necessário um crescimento de 131% ao ano na GDFV para que toda a energia consumida nas residências do DF seja suprida por essa fonte. Analisando o crescimento anual na potência instalada em GDFV - 190% de 2015 para 2016 e 80% de 2016 para 2017, como mostrado na Figura 1 - a taxa de crescimento otimista para geração de energia necessária não se mostra distante de ser atingida. A Figura 2 mostra a proporção de energia proveniente de GDFV sobre o consumo energético das residências no DF.

Proporção de GDFV no consumo residencial do DF



Fonte: elaboração própria, dados em ANEEL, 2016 e EPE, 2017.

Figura 2 - Proporção de GDFV no consumo residencial do DF

**Visão conservadora do mercado de GDFV: Nota Técnica nº 56/2017 - ANEEL.** Com o objetivo de divulgar os resultados e a metodologia utilizada para estimar o número de consumidores residenciais e comerciais que podem instalar ou receber créditos de microgeração solar fotovoltaica no horizonte 2017-2024, a ANEEL elaborou a Nota Técnica nº 56/2017.

Por ter sido construída com uma abrangência nacional, fez-se um recorte para o cenário de potência instalada em unidades de GDFV para o DF. A Tabela 1 abaixo mostra a evolução do mercado de GDFV no Brasil. Para o DF, o recorte relativo é de 1,6% do total da potência instalada em cada categoria (ANEEL, 2017).

**Tabela 1 - Potência instalada em MW**

Ano	Residencial	Comercial	Total
2017	71	30	101
2018	155	59	214
2019	283	102	385
2020	473	164	637
2021	752	254	1.006
2022	1.149	379	1.528
2023	1.696	552	2.248
2024	2.425	783	3.208

Fonte: ANEEL, 2017

### 3.3 Estrutura do SPARTA

No fim de cada período de reajuste tarifário das distribuidoras de energia, a ANEEL divulga (em uma planilha consolidada) o Sistema para Processos Automatizados de Reajuste Tarifário Anual (SPARTA) - que são os critérios de reajuste tarifário. Nesse documento, é possível encontrar todas as componentes da tarifa, tanto da Parcela A, quanto da Parcela B, para a estrutura de despesas e remuneração das distribuidoras. Para o método apresentado, o SPARTA será relevante na exploração do portfólio de contratos de energia, que representa cerca de 50% da estrutura de custos das distribuidoras e, por conseguinte, 50% do valor total pago na tarifa de energia pelo consumidor final.

No período de reajuste tarifário da CEB de 01/10/2015 a 01/09/2016, desconsiderando os Contratos de Concessão de Energia Hidrelétrica para Garantia Física (CCGF), os Contratos de Comercialização de Energia em Ambiente Regulado (CCEAR) apresentaram um preço médio de R\$ 193,17/MWh.

O preço médio dos contratos de fonte de energia hidrelétrica foi de R\$ 150,08/MWh, enquanto os de fonte térmica apresentaram média de preço de R\$ 272,15/MWh. Fica evidente a desvantagem competitiva dos CCEAR provenientes de fontes térmicas quando é feita a comparação do preço médio dessa modalidade com os CCEAR provenientes de fontes hídricas.

### 3.4 Método de escolha de Contratos de Alto Impacto

Se as previsões aqui propostas se concretizarem no horizonte temporal sugerido, chegar-se-á a um cenário de expansão do mercado de GDFV capaz de mudar o paradigma de contratação de energia no Brasil. Para tangibilizar tal mudança de paradigma, criou-se o conceito de Contratos de Alto Impacto (CAI). Estes são contratos atualmente vigentes no portfólio da distribuidora que impactam fortemente o preço médio pago pelo consumidor. Além disso, a energia comprada por meio destes contratos é proveniente de fontes fósseis.

No presente estudo, será realizada uma varredura no portfólio de contratos da CEB a fim de localizar os CAI. Em seguida, a energia oriunda desses contratos será substituída pelo montante de energia injetada na rede da CEB a partir de GDFV. Então, será realizada a análise do impacto dessa substituição no preço médio pago pela energia (em R\$/MWh) - sem considerar a redução nas perdas com transmissão e a diminuição do impacto ambiental.

Entre os CCEAR presentes no portfólio da distribuidora, foram procurados aqueles que seguissem os seguintes critérios pela ordem de prioridade a seguir.

**Fonte térmica.** A Agenda para 2030 da ONU, por meio do 7º ODS, busca garantir o acesso à energia de fontes renováveis, visando acabar com a queima de combustíveis fósseis. Tendo isso em vista, os contratos de concessão de energia provenientes de fontes térmicas terão prioridade na listagem dos Contratos de Alto Impacto.

**Período de suprimento.** Entende-se que o consumo de energia tende a continuar crescendo (EPE, 2016) e as distribuidoras devem garantir o suprimento para todas as classes de consumo. Contratos com fim de suprimento próximos ainda precisarão ser renovados, pois, mesmo que a tendência otimista de geração distribuída de energia seja concretizada, ela não será suficiente para garantir o fornecimento que a área de concessão aqui analisada necessita. Por outro lado, no horizonte decenal analisado, tendo sido explorado o potencial de GDFV, alguns contratos de concessão de energia não terão necessidade de ser renovados, tornando-se possíveis CAI.

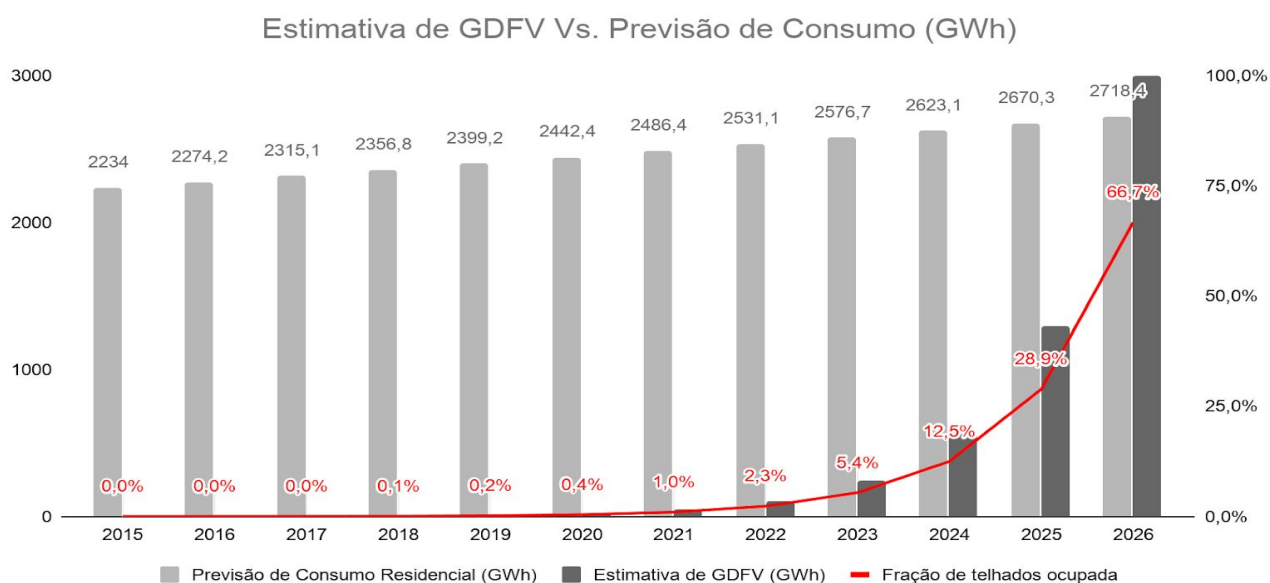
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Aproveitamento do potencial de geração distribuída fotovoltaica no Distrito Federal

A partir da análise dos dados disponibilizados pela ANEEL sobre as Unidades Consumidoras que dispõem de sistemas de GDFV conectados à rede da CEB - nas Regiões Administrativas (RAs) do DF consideradas neste trabalho - nos anos de 2015, 2016 e 2017, foram gerados montantes de energia irrisórios em relação ao demandado pelo mercado de consumidores residenciais da mesma distribuidora. Em 2017, foram 1,48 GWh gerados, frente a uma demanda de 2.315,1 GWh.

Fazendo uma análise do ponto de vista do potencial de geração fotovoltaica nas mesmas RAs, considerando as características de incidência solar citadas na Seção 3.2 e o mapeamento de telhados feito pela Universidade de Brasília em parceria com a WWF (2016), essa energia gerada em 2017 demandaria 0,005 km<sup>2</sup> dos 17 km<sup>2</sup> de telhados disponíveis (0,03%). Isso evidencia que o potencial de geração do DF ainda é subutilizado.

A Figura 3 ilustra, a partir da taxa de crescimento do consumo de energia das residências brasileiras previstas pelo PDE 2026 e da estimativa otimista de crescimento do mercado de GDFV no DF, que ainda haverá bastante espaço para que se aproveite o potencial fotovoltaico na região mapeada. Até o ano de 2021, a área ocupada é inexpressiva enquanto no final do período decenal chega a 67% de ocupação.



*Fonte: elaboração própria, dados em ANEEL, 2016 e EPE, 2017.*

**Figura 3 - Comparação da estimativa de energia gerada a partir de GDFV com consumo residencial no DF; aproveitamento do espaço disponível para instalação**

### 4.2 Análise da retirada dos Contratos de Alto Impacto

As mudanças nos contratos vigentes em 2017 no portfólio da CEB são enxergadas como uma oportunidade de tornar ainda mais latente os impactos positivos que podem resultar do processo de expansão do mercado de GDFV. Tais impactos positivos podem ser encontrados em vários pontos do processo, que vai da geração ao consumo de energia, entre eles, o valor médio pago em R\$/MWh pelas distribuidoras.

Para que fosse respeitado o contexto de consumo de energia em toda a área de concessão considerada, os critérios definidos para caracterizar os CAI foram rigorosamente seguidos: sugeriu-se mudanças em CCEAR provenientes de fontes térmicas e que tem seu fim de suprimento determinado dentro do período decenal analisado (2016-2026). Os CAIs considerados, oriundos do SPARTA analisado, estão listados na Tabela 2.

Apesar de não representarem a maior parte dos contratos vigentes no portfólio da CEB, as concessões de fontes térmicas representam uma parcela significativa no montante de energia que atende os consumidores da companhia: são 7 concessões entre 34 somando 957 GWh num total de 2.709 GWh (35% do montante total).

No critério de período de suprimento, o primeiro comentário é sobre concessão com fim programado para 31/12/2019 (na Tabela 2: 2014-05 DISP). Esta já não necessita mais ser renovada ou substituída por outra com características semelhantes, visto que no ano de 2020 a GDFV já poderá fornecer 20 GWh, substituindo aproximadamente 70% do montante fornecido por essa concessão.

Tabela 2 - Contratos de Alto Impacto

Produto	Fonte	Tarifa (R\$/MWh)	MWh	Fim do Suprimento
2014-05 DISP	Térmica	371,03	27.963,03	31/12/2019
A-3 2009-15-T	Térmica	315,27	145.924,49	31/12/2024
A-4 2009-15-T	Térmica	300,28	163.989,44	31/12/2024
A-3 2011-15-T	Térmica	171,18	9.545,26	31/12/2026
A-3 2010-15-T	Térmica	326,64	143.177,77	31/12/2027
A-5 2012-15-T	Térmica	243,10	490.264,73	31/12/2027
A-5 2013-15-T	Térmica	242,09	204.236,51	31/12/2028

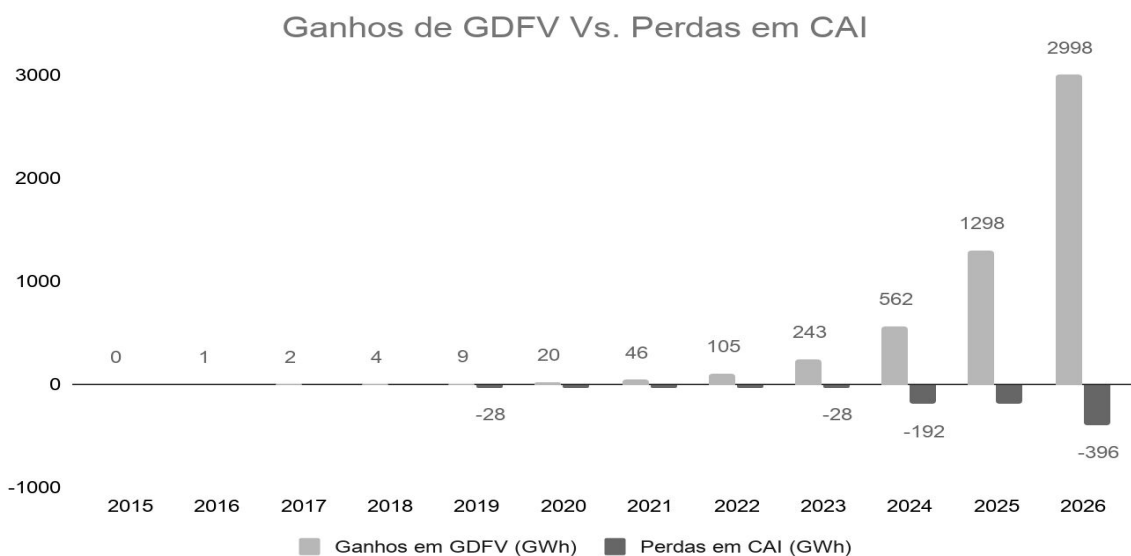
Fonte: ANEEL, 2016

É importante destacar que o cenário abordado compromete parte da garantia de suprimento de energia para as UCs do DF, uma vez que as previsões de GDFV não cobrem 100% da concessão suspensa ao final de 2019. Especificamente para este primeiro ano de eliminação de Contratos de Alto Impacto, faz-se necessário um estudo sobre a garantia de suprimento de energia, visto que 30% do montante de energia fornecida pelo contrato mencionado não seria suprido por GDFV.

A Figura 4 mostra, ano a ano, o agregado de montantes de energia que deixou de ser contratado em virtude do cancelamento dos CAI – que podem ser vistos na Tabela 2 - com exceção das três últimas linhas, que se referem a concessões com fim de suprimento em 2027 e 2028 e estão fora do horizonte temporal considerado nesta análise.

O portfólio vigente de CCEAR na CEB não acusa nenhuma concessão com as características de Alto Impacto com fim de suprimento no anos 2018, 2020, 2021, 2022 e 2025 e, por isso, ao final do período decenal considerado, o montante de energia em CAIs cancelados é tão díspar do potencial de geração fotovoltaica no DF.

Enquanto enxerga-se um potencial de GDFV de 2.998 GWh em 2026 – bem próximo das previsões de consumo energético (EPE, 2017) –, o método proposto para encontrar CAI acusa a possibilidade de cancelamento de apenas 396 GWh, ou seja, apenas 13% do potencial de geração. Isso mostra que o horizonte de geração fotovoltaica no DF ainda pode ser melhor aproveitado, de forma que existam sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede, que são suficientes para suprir a demanda energética de toda a classe residencial e ainda ultrapassando em quatro vezes o montante de energia proveniente de fontes fósseis.



Fonte: elaboração própria, dados em ANEEL, 2016.

Figura 4 - Comparação da quantidade de energia gerada por GDFV com o montante de energia dos CAI não renovados

Considerando os valores presentes no balanço final do SPARTA para o ciclo de 2016 da CEB, foram comparados alguns cenários de preço médio do MWh considerado no processo de reajuste. A Tabela 3 mostra as diferenças no preço



médio da energia repassado para o consumidor final - em R\$/MWh - e o valor que poderia ser pago caso sejam adotadas as sugestões sobre os CAIs no cenário otimista previsto para a expansão do mercado de GDFV.

Em comparação com o preço médio pago nos CCEAR, as centrais de geração térmica estão, em média, 40% acima do valor do R\$/MWh. Retirando-se os CAI, o preço médio diminui em 23% em relação à média geral. Expandindo a análise para toda a energia em processamento, retirando-se os CAI, o preço médio diminui em 9%.

Portanto, considerando-se tanto o cenário restrito à contratação de energia em ambiente regulado, quanto o contexto amplo de contratação de energia - onde são contemplados os contratos de garantia física, cotas de usinas nucleares de Angra, Hidrelétrica de Itaipú etc - é perceptível o peso das centrais de geração térmica no preço médio pago pela energia consumida.

Tabela 3 - Fatos relevantes no preço médio dos CCEAR e o preço médio geral considerando as decisões sobre os CAI

Contratos de concessão de energia em Ambiente Regulado		Energia total em processamento	
Custo médio geral CCEAR (R\$/MWh)	R\$193,17	Custo médio geral (R\$/MWh)	R\$168,86
Custo médio considerando somente centrais térmicas (R\$/MWh)	R\$272,36	Custo médio geral desconsiderando centrais térmicas no CCEAR (R\$/MWh)	R\$153,30
Custo médio desconsiderando centrais térmicas (R\$/MWh)	R\$149,99		

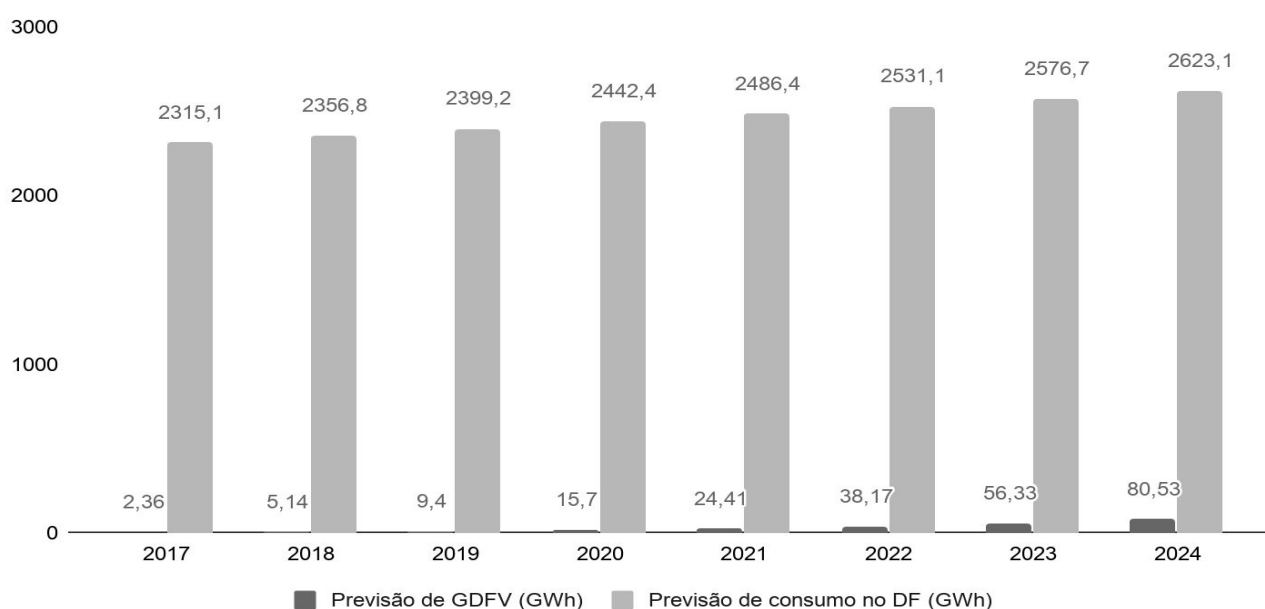
Fonte: elaboração própria, dados em ANEEL, 2016.

#### 4.3 Análise da retirada dos Contratos de Alto Impacto considerando a projeção conservadora do crescimento do mercado de GDFV com base na NT n° 0056/2017 - ANEEL

Da comparação dos resultados de geração de energia a partir da potência instalada em sistemas de GDFV no cenário conservador projetado pela ANEEL na NT n° 0056/2017 com a previsão de consumo residencial exposta no PDE 2026 (EPE, 2017), é possível perceber o *gap* de oferta de energia: apenas 3,2% do consumo residencial total do DF em 2024 seriam supridos por sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede da CEB, como mostrado na Figura 5.

Continuando a análise deste cenário sobre os critérios de CAI analisados nos tópicos anteriores, observa-se que as projeções de geração chegam a 55% do montante total de uma única concessão que se finaliza em 2024 - 146 GWh contra apenas 80 GWh. Isso mostra que, caso não ocorra nenhum incentivo ao crescimento da GDFV no Brasil, uma das alternativas de diversificação da matriz energética brasileira poderá perecer nos próximos 6 anos.

#### Projeção conservadora do crescimento de GDFV



Fonte: elaboração própria, dados em ANEEL, 2017 e EPE, 2017.

Figura 5 - Comparação da previsão de crescimento da GDFV no DF com o consumo de energia

#### 4.4 Evidências dos resultados como impactos

**Consumidor final.** Além daqueles que possuem um sistema instalado em sua residência ou aproveitarem os créditos acumulados por autoconsumo remoto gerados a partir de um sistema de GDFV, todas as unidades consumidoras conectadas à rede da CEB podem vir a se beneficiar da expansão de tal mercado. A Tabela 3 mostra uma queda de 9% no valor final pago pela compra de energia propriamente dita, o que não implica necessariamente em uma diminuição do R\$/kWh praticado pela distribuidora, mas coloca a energia comercializada em um patamar mais competitivo.

**Distribuidora de energia.** Sabendo que as distribuidoras têm pouquíssima influência sobre a Parcela A da tarifa energética e ainda não podem lucrar com a comercialização de energia, toda projeção de expansão do mercado de GDFV em detrimento do cancelamento de contratos de energia tem impacto mínimo para a distribuidora. Logo, a análise considerada no presente trabalho não influencia economicamente as distribuidoras; caso se façam necessários reforços na rede de distribuição, por exemplo, remunerações serão feitas a partir da Parcela B, que não é alvo deste estudo.

**Governo.** Numa análise direta que relaciona a expansão do mercado de GDFV e a consequente diminuição da demanda das distribuidoras por leilões de energia, o governo do Brasil, por meio de seus agentes do setor elétrico, elimina a alocação de recursos para operacionalizar esses eventos.

Considerando o contexto da necessidade de desenvolvimento econômico do Brasil e a carência de incentivos à indústria, a expansão do mercado de GDFV a nível nacional e o consequente barateamento do custo de geração de energia se configuram como fatores fundamentais para o reaquecimento do cenário industrial – podendo fazer surgir, inclusive, novas indústrias que estejam diretamente ligadas à GDFV – e, consequentemente, desenvolvimento do país por meio da geração de novas linhas de produção e de novos postos de trabalho.

**Meio ambiente.** Considerando os cenários de expansão do mercado de geração distribuída fotovoltaica baseados no potencial do DF, no horizonte decenal será possível que menos 352 GWh sejam gerados por fontes fósseis. Considerando um fator de emissão de gás carbônico de 101,3 g/kWh utilizado no simulador disponibilizado por EDP (2017), a partir de 2019 seria evitado o lançamento de 2,8 Mton de  $CO_2$  na atmosfera. Ao final do período decenal analisado, considerando a exclusão de todos os CAI, 35,6 Mton de  $CO_2$  não seriam emitidos.

## 5. CONCLUSÕES

A partir do conhecimento do potencial de geração fotovoltaica presente no DF, do cenário de GDFV realizado entre os anos de 2015 e 2017 e da macroestrutura que rege o setor elétrico brasileiro - bem como a estrutura da tarifa energética paga pelos consumidores finais - seguiu-se para a apresentação da forma de como esses tópicos se conectam com a GDFV.

Com a definição de “Contratos de Alto Impacto”, foi possível enxergar uma das formas como a expansão do mercado de GDFV pode impactar o cenário de contratação de energia no DF. Com o método sugerido aplicado ao contexto da CEB e das unidades consumidoras do DF dentro das RAs analisadas, observa-se que, a partir de 2019, CAIs poderão ser eliminados, pois os próprios sistemas fotovoltaicos conectados à rede conseguirão suprir parte do consumo na rede da CEB. No fim do decênio analisado (2026), considerando as taxas adotadas neste trabalho, chegar-se-á 110% do consumo residencial de todo o DF suprido por GDFV, sendo necessário para isso o preenchimento de não mais que 67% da área dos telhados mapeados com painéis fotovoltaicos.

Além disso, também foi possível observar a significativa queda nos preços médios do Mega-Watt-hora causados pela retirada dos CAI do portfólio de suprimento da CEB. A retirada dos contratos de energia provenientes de usinas térmicas pode representar uma queda de até 9% no valor global pago na cota de energia comprada e ainda evitar a emissão de 35,6 Mton de  $CO_2$ .

## REFERÊNCIAS

ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife: editora Universitária da UFPE, 2000.

BRASIL. Agência nacional de Energia Elétrica.

Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015.

Unidades consumidoras com geração distribuída. Disponível em: <<https://bit.ly/2KknGf>>.

Resultado dos processos tarifários de distribuição. Disponível em: <<https://bit.ly/33SPD74>>.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2026. Disponível em:

<<https://bit.ly/2XehXya>>.

BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica.

BRASIL. Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

- CAMARGOS, R. S. C. (2013). Análise técnica de impactos e limite de penetração da geração distribuída fotovoltaica em rede radial de distribuição - Estudo de caso para o alimentador da embaixada da Itália em Brasília. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, 2013. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília.
- EDP Energia. Simulador de  $CO_2$ . Disponível em: <<https://www.edp.pt/particulares/apoio-cliente/simulador-co2/>>. Acesso em 02 dez 2017.
- MOTA, V. A. S. (2015). A Energia Solar Fotovoltaica Distribuída como alternativa para a crise energética nacional: modelo de expansão acelerada através de subsídios economicamente justificados. Trabalho de Conclusão de curso em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília.
- ONU. Plataforma Agenda 2030. Objetivo 7: Energia limpa e acessível. Disponível em <<http://www.agenda2030.org.br/ods/7>>
- PUTTINI, D. M. (2014). Análise dos efeitos de diferentes configurações dos recursos de manobra de um alimentador radial no limite de penetração de geração distribuída fotovoltaica. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília.
- SHAYANI, R. A. (2010). Método para determinação do limite de penetração da geração distribuída fotovoltaica em redes radiais de distribuição. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.TD-051/10, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília.
- VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e aplicações. 2 ed. Brasil: Editora Érica, 2015.

### **ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF PHOTOVOLTAIC DISTRIBUTED GENERATION IN THE DISTRITO FEDERAL AND ITS IMPACT OVER THE ENERGY CONCESSION CONTRACTS CELEBRATED BY CEB**

**Abstract.** *When it comes to support for energy consumption, it is necessary to eliminate dependence on fossil fuels which, in addition to being more expensive than renewable sources, are one of the main responsible for throwing  $CO_2$  at atmosphere. Currently Brazil is a global leader in the sustainability of its energy supply, however, the diversification of this energy supply is low - dependent on water sources - and still dependent also on fossil fuels. One of the alternatives to the diversification of the Brazilian energy supply is the distributed generation of energy. The present work aims to analyze the photovoltaic potential of the Distrito Federal and show how the expansion of the photovoltaic distributed generation (PVDG) can impact the CEB's portfolio of contracts. An analysis of the history of PVDG in the DF has been carried out since the validation of Resolução Normativa n° 687/2015 from ANEEL, an optimistic estimate and an analysis over the NT n° 0056/2017 from ANEEL of the expansion of this market. From this, a comparison was made of the PVDG growth estimate in the Distrito Federal with estimates of residential energy consumption from Energy Expansion Plan for 2026, prepared by the Energy Research Company. With the results of this comparison, assumptions are made for the withdrawal of Energy Concession Contracts in the Regulated Environment from thermal sources, which reduces average costs with energy contracts in 9%, creating new opportunities of production lines and jobs and reduces in 36,5 Mton the amount of  $CO_2$  thrown at the atmosphere.*

**Key words:** *photovoltaic distributed generation, energy tariff, energy concession contracts.*