ASADES

*Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*
*Vol. 22, pp 05.21-05.32, 2018. Impreso en la Argentina*
*ISSN 2314-1433 - Trabajo selecionado de Actas ASADES2018*

# PANORAMA ATUAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL E O PAPEL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SETOR

**Fabiano Perin Gasparin [1] e Alexandre José Bühler[2]**
[1]Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERGS e-mail: gasparin.fabiano@gmail.com
[2]Instituto Federal do Rio Grande do Sul, IFRS, Campus Farroupilha
Grupo de Pesquisa Aplicada em Energias Renováveis, GPAER
Tel. 55(54) 3260-2400 – e-mail: alexandre.buhler@farroupilha.ifrs.edu.br

*Recibido 10/08/18, aceptado 18/09/18*

***RESUMO.*** *Desde o ano de 2012 o Brasil possui uma resolução normativa que permite o acesso a mini e microgeração distribuída. Essa resolução, que foi modificada em 2015 e, posteriormente em 2017 foi o marco regulatório para a geração distribuída no Brasil. Devido principalmente ao aumento na tarifa da energia, mas também a diminuição no custo da instalação de sistemas de geração distribuída, em especial os fotovoltaicos, o número de instalações saltou de apenas 2 no ano de 2012 para mais de 33.000 até o mês de julho de 2018. Este artigo faz revisão detalhada do panorama atual da geração distribuída no Brasil, apresentando dados referentes às fontes de energia presentes, número e potências de sistemas entre outras informações pertinentes aos pesquisadores da área de energias renováveis.*

***Palavras-chave:*** *geração distribuída, sistemas fotovoltaicos, matriz energética.*

## INTRODUÇÃO

A geração distribuída (GD) é caracterizada pela inserção de fontes geradoras de energia elétrica diretamente na rede de distribuição. Existem algumas vantagens intrínsecas com potenciais benefícios ao sistema elétrico, entre os quais se destacam o adiamento de investimento na expansão dos sistemas de geração centralizada e dos sistemas de transmissão, menores perdas de energia entre a central geradora e o consumidor, baixo impacto ambiental e diversificação da matriz elétrica.

Com relação a matriz elétrica do Brasil apresentada na Fig. 1, existem hoje dois problemas principais. O primeiro deles é a grande dependência de uma única fonte de energia, no caso a hidroelétrica. Problemas na geração de energia por essa fonte, como grandes períodos de estiagem, por exemplo, podem ocasionar o aumento do uso das termoelétricas ou mesmo falta de energia para o consumidor. No caso do aumento do uso das termoelétricas, o preço da energia para o consumidor final pode aumentar consideravelmente, visto que o custo de geração do MWh de uma termoelétrica é superior ao de uma hidroelétrica. Já no ano de 2010 um estudo de Rüther e Zilles, (2010) apontava que a inserção de mais energia hidrelétrica na matriz elétrica brasileira causaria um inevitável aumento no custo da energia. Isso porque os custos de transmissão seriam mais altos, devido às maiores distâncias dos centros urbanos para os locais onde usinas de geração ainda podem ser instaladas. Além disso, com maiores distâncias, as perdas de energia na transmissão também aumentariam.

[1] Professor/Pesquisador UERGS

[2] Professor/Pesquisador IFRS

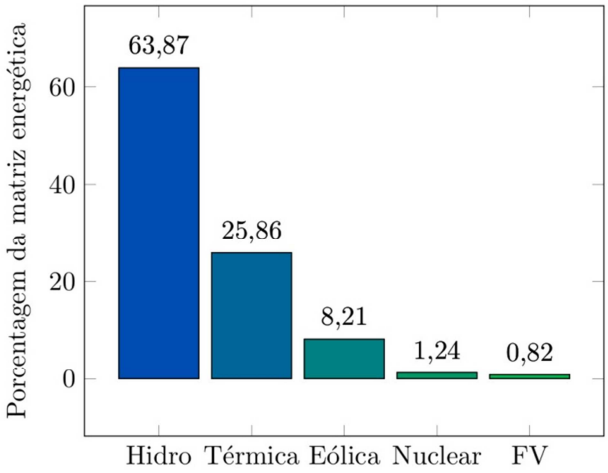



*Figura 1 – Matriz elétrica do Brasil. Fonte: ANEEL, 2018*[a]

Do ponto de vista da geração de energia e diversificação da matriz elétrica brasileira, a importância da GD no Brasil é inquestionável, porém existem alguns desafios. Dentre as barreiras para a expansão da GD estão a maior complexidade que a elevada penetração de GD ocasiona no gerenciamento da distribuição de energia elétrica. As concessionárias de energia alegam perda de receita e dificuldades de controle da rede de distribuição, uma vez que a geração distribuída é normalmente formada por fontes intermitentes, sendo no Brasil composta majoritariamente por sistemas fotovoltaicos, como será posteriormente apresentado em detalhes.

Um fator importante que ainda limita o crescimento da GD no Brasil é a falta de linhas de financiamento com taxas atrativas, que deveriam estar disponíveis em todo o país. Como aponta um trabalho de Ferreira *et al*. (2018), uma das razões para as poucas alternativas oferecidas é a falta de conhecimento sobre a tecnologia pelo setor financeiro, que causa incertezas e dificuldades na avaliação correta dos riscos desses investimentos. Ainda assim, como este trabalho apresenta, a GD no Brasil cresceu fortemente nos últimos anos, quase que absolutamente impulsionada pela redução de custos dos sistemas fotovoltaicos conjugados com aumentos de tarifa de energia, que ocasionou a redução do tempo de retorno do investimento.

O crescimento mundial dos sistemas fotovoltaicos de aproveitamento da energia solar é um importante acontecimento no aumento da participação das energias renováveis na matriz elétrica mundial. De acordo com dados da Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*) IEA (2018), ao final do ano de 2017, a capacidade mundial acumulada superou a potência de 400 GWp. Em 2017 foram adicionados ao menos 98 GWp em novas instalações fotovoltaicas, sendo que somente a China foi responsável pela adição de 58 GWp. O Brasil apareceu pela primeira vez entre os dez países que mais adicionaram sistemas fotovoltaicos de aproveitamento da energia solar à matriz elétrica, com 0,9 GWp instalados em 2017 e capacidade acumulada de 1,3 GWp.

Boa parte do expressivo crescimento dos sistemas fotovoltaicos no mundo, e não diferentemente no Brasil, é que estes possuem características que os tornam muito atrativos como fonte renovável de produção de eletricidade. Estes sistemas apresentam alta confiabilidade, baixos custos operacionais e de manutenção, não utilizam combustíveis e não geram resíduos durante a produção de eletricidade. Além disso, o aproveitamento da energia solar por meio de sistemas fotovoltaicos é extremamente modular, sendo possível a instalação de geração descentralizada, desde sistemas de poucos watts em um sistema isolado de eletrificação rural, por exemplo, até usinas com vários MW de potência. O tempo de instalação de novos empreendimentos também é relativamente reduzido em comparação com outras formas de produção de energia elétrica.

Apesar das inúmeras vantagens dos sistemas fotovoltaicos de aproveitamento da energia solar, trata-se de uma fonte intermitente de energia. A produção de eletricidade é dependente da disponibilidade de radiação solar e de suas variações diárias, sendo que a produção é nula durante a noite. Além da

intermitência, a energia produzida é dependente de fatores como inclinação dos módulos, acúmulo de sujeira, eficiências de conversão dos inversores, bem como das características físicas dos módulos fotovoltaicos, que tem sua potência reduzida com o aumento da temperatura.

Por outro lado, as características dos sistemas fotovoltaicos de conversão da energia solar os tornam muito atraente para geração distribuída, dada a facilidade de instalação nos telhados residenciais, alta modularidade, inversores confiáveis e conexão diretamente na instalação elétrica da unidade consumidora, tornando o cliente da concessionária de energia um consumidor e produtor de energia elétrica, termo que em inglês se popularizou como *prosumer*. As vantagens dos sistemas fotovoltaicos de aproveitamento da energia solar são tão grandes em comparação às outras possibilidades de fontes de energia, e o cenário atual é tão favorável, que a potência instalada fotovoltaica aumentou de apenas 0,01% da matriz elétrica brasileira em 2015 para cerca de 0,82% (cerca de 1,3 GWp) no momento em que este artigo é escrito. Esse aumento não era esperado por muitos pesquisadores da área, tal como aponta um trabalho de Holdermann *et al*. (2014), que não projetavam um incremento significativo dos sistemas fotovoltaicos no Brasil em um futuro próximo sem que houvesse um aumento dos incentivos para instalação dos sistemas.

De forma resumida, pode-se dizer que foram dois os grandes impulsionadores do crescimento do número de sistemas fotovoltaicos de aproveitamento da energia solar recentemente: os aumentos sucessivos no custo da energia elétrica da rede (que tornam mais atrativa a geração de energia pelo consumidor) e a mudança da resolução normativa nº 482 da Aneel em 2015 que alterou alguns pontos importantes na regulação da mini e microgeração distribuída. Entretanto, como aponta um trabalho de Faria Jr. (2017), para que a GD continue crescendo no país é muito importante que sejam implementadas estratégias avançadas de controle para auxiliar no funcionamento do sistema elétrico nacional.

O objetivo deste trabalho é apresentar a evolução e o panorama da geração distribuída no Brasil desde a publicação da resolução normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012). São avaliados os diversos aspectos dos sistemas de geração distribuída instalados no Brasil desde o ano de 2012 até julho de 2018, como número de instalações, potência típica e tipos de fonte de energia utilizadas pelos sistemas de GD.

## METODOLOGIA

Neste artigo são salientados alguns pontos importantes do sistema de compensação de energia implantado no país para a mini e microgeração distribuída. Os dados oficiais disponíveis na página da agência nacional de energia elétrica (ANEEL, 2018[b]) são compilados e analisados a fim de proporcionar um panorama da geração distribuída no país, bem como mostrar a evolução desde o ano de 2012 até o mês de julho de 2018.

Os dados disponíveis incluem o nome da distribuidora de energia, o código da unidade consumidora, o nome do titular da unidade consumidora, a classe de consumo (industrial, residencial, comercial, rural, poder público, iluminação pública), o subgrupo de consumo de acordo com as normas brasileiras, a modalidade de consumo (geração na própria unidade consumidora, autoconsumo remoto ou múltiplas unidades consumidoras repartindo créditos de energia), a quantidade de unidades consumidoras que recebem créditos de energia, o município e estado da unidade consumidora, a data de conexão, o tipo de geração (UFV: usina fotovoltaica, CGH: central geradora hidrelétrica, EOL: gerador eólico e UTE: usina termoelétrica), a fonte primária de energia e a potência nominal de cada sistema.

Os diversos aspectos do panorama da geração distribuída no Brasil apresentados incluem a evolução temporal do número de instalações e da potência instalada ao longo do tempo, os tipos de fonte de energia utilizados nas instalações de GD, a distribuição do número de instalações por intervalos de potência dos sistemas residenciais, comerciais e industriais, o número de instalações de cada modalidade de geração e a potência de cada modalidade. Estes dados são analisados a fim de ilustrar o panorama da geração distribuída e a importância do aproveitamento da energia solar por meio de sistemas fotovoltaicos no setor.

## A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

O marco regulatório da GD no Brasil foi a publicação da Resolução Normativa da ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, que *"Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências."* A resolução original foi modificada por outras resoluções posteriores, destacando-se a resolução normativa (RN) da ANEEL nº 517 de 11 de dezembro de 2012, a RN ANEEL nº 687 de 24 de novembro de 2015 e a RN da ANEEL nº 786 de 17 de outubro de 2017 (ANEEL, 2017). O histórico de modificações pode ser encontrado no texto da norma, disponível na página da ANEEL.

A microgeração distribuída compreende fontes geradoras com potência instalada igual ou menor a 75 kW, conectada diretamente na rede de distribuição por meio da unidade consumidora. As fontes permitidas incluem cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica. A minigeração distribuída compreende a instalação de geradores com potência superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW. As faixas de potência tiveram uma modificação importante na RN no limite superior da minigeração distribuída, que originalmente estava limitada a 1 MW. Outra modificação da redação foi a permissão geral do uso de fontes renováveis de energia, sem especificar ou limitar as fontes. O conceito de compensação de energia também está escrito na RN nº 482/2012, que o define como o *"sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa"*.

A versão atualizada da RN nº 482/2012 estabeleceu novas possibilidades de instalação de micro e minigeração distribuída, como em empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, possibilitando compartilhar os créditos de energia em um condomínio, por exemplo. Outra maneira permitida é a geração compartilhada, onde pode haver um consórcio ou cooperativa para compensação dos créditos de energia em unidades consumidoras diferentes daquela onde o sistema está instalado, desde que na mesma área de concessão da distribuidora. O autoconsumo remoto também é permitido, no caso em que o proprietário possuir outra unidade consumidora na mesma área de concessão onde está instalado o sistema. Assim, os créditos podem ser utilizados nesta unidade consumidora diferente.

Um aspecto técnico importante é que a potência instalada é limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora. Em sistemas residenciais (consumidores do grupo B, baixa tensão), a potência máxima que pode ser instalada ($P_d$) está associada ao produto da tensão no local ($V$) vezes a corrente suportada pelo disjuntor na entrada na residência ($I$) vezes o número de fases ($N_f$) e vezes o fator de potência ($F_p$), tal como apresenta a Eq. (1). Por exemplo, uma residência que possui um disjuntor de 30 A em 220 V trifásica com fator de potência de 0,92 não pode instalar um sistema gerador com mais de 18,216 kW de potência. Já nos sistemas industriais (consumidores do grupo A em média e alta tensão), o limite está associado a demanda contratada, expressa em kW.

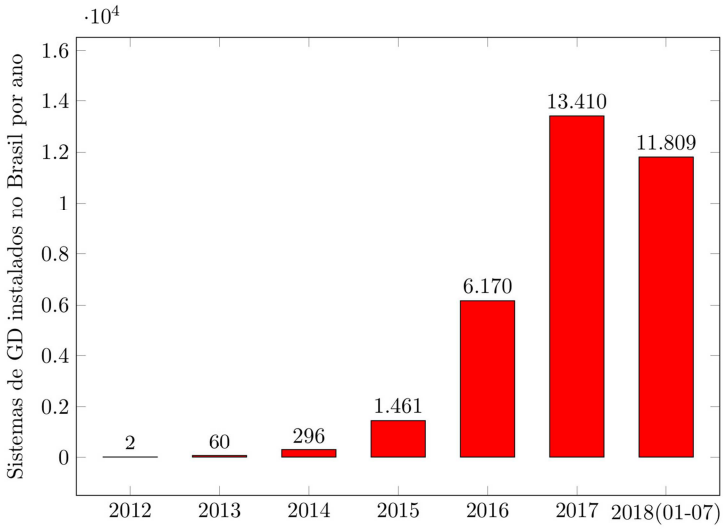
$$P_d = IVN_f F_p \tag{1}$$

Os créditos de energia têm validade de 60 meses, sendo que originalmente a resolução normativa estipulava apenas 36 meses de validade. A unidade consumidora com geração distribuída irá sempre pagar o custo de disponibilidade do sistema para consumidores do grupo B, ou a demanda contratada no caso do grupo A. Este é um aspecto que convém destacar, pois mesmo gerando um valor igual à energia consumida no mês, o consumidor ainda terá a cobrança desta taxa mínima na sua conta de energia. No caso do grupo B, a disponibilidade da rede é equivalente a um consumo mensal de 30 kWh para o sistema monofásico, 50 kWh para o sistema bifásico e 100 kWh para o sistema trifásico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados a seguir dados referentes à GD no Brasil do ano de 2012 ao ano de 2018. Em todos os casos analisados apresentados nesta seção, os dados referentes ao ano de 2018 correspondem ao período de janeiro a julho, mais especificamente de 1º de janeiro à 24 de julho.

No ano de 2012, quando a primeira versão da Resolução Normativa nº 482 foi lançada, havia apenas 2 sistemas em GD cadastrados junto a Aneel. Como já comentado neste trabalho, principalmente devido ao aumento no custo da energia da rede e também devido à redução no valor dos sistemas fotovoltaicos, o número de sistemas em GD tem crescido em uma taxa exponencial no Brasil. A Fig. 2 apresenta o número de sistemas instalados a cada ano e a Fig. 3 apresenta o acumulado de sistemas,




que até o momento em que este artigo é escrito ultrapassa 33.200 sistemas.

*Figura 2 – Evolução do número de sistemas de geração distribuída instalados a cada ano no Brasil. A coluna 2018 (01-07) refere-se ao período de janeiro a 24 de julho de 2018.*

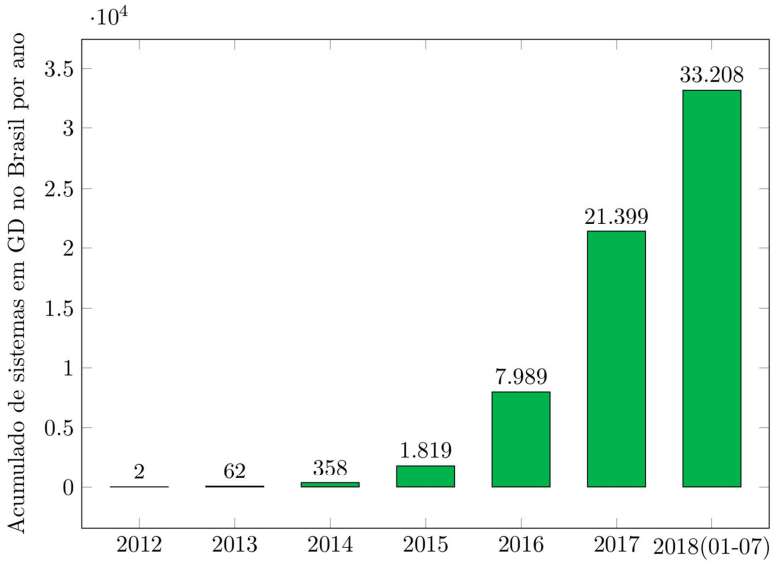



*Figura 3 – Evolução do número de sistemas de geração distribuída acumulados ao longo do tempo no Brasil. A coluna 2018 (01-07) inclui os sistemas adicionados entre janeiro a 24 de julho de 2018.*

As Fig. 4 apresenta a potência instalada em GD a cada ano, enquanto que a Fig. 5 apresenta a potência acumulada. É importante ressaltar que, os dados referem-se a todas as fontes de energia em GD, porém este aumento significativo que se observa é praticamente devido unicamente a sistemas fotovoltaicos de aproveitamento da energia solar, já que esta representa cerca de 99% da GD no Brasil, como será explanado adiante. Outro fato interessante é que a potência instalada em 7 meses no ano de 2018 já está próxima da potência total instalada em 2017.

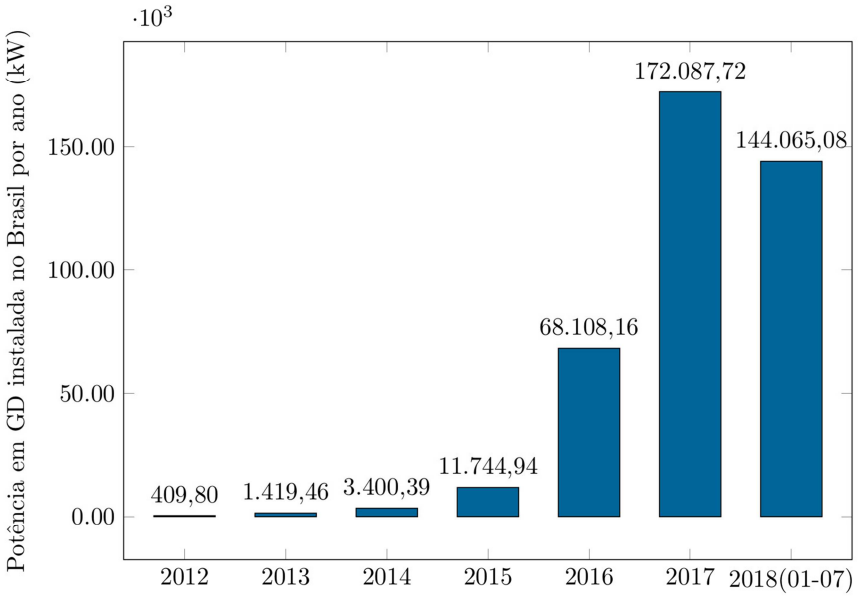



*Figura 4 – Evolução da potência nominal adicionada a cada ano em sistemas de geração distribuída instalados no Brasil. A coluna 2018 (01-07) refere-se ao período de janeiro a 24 de julho de 2018.*

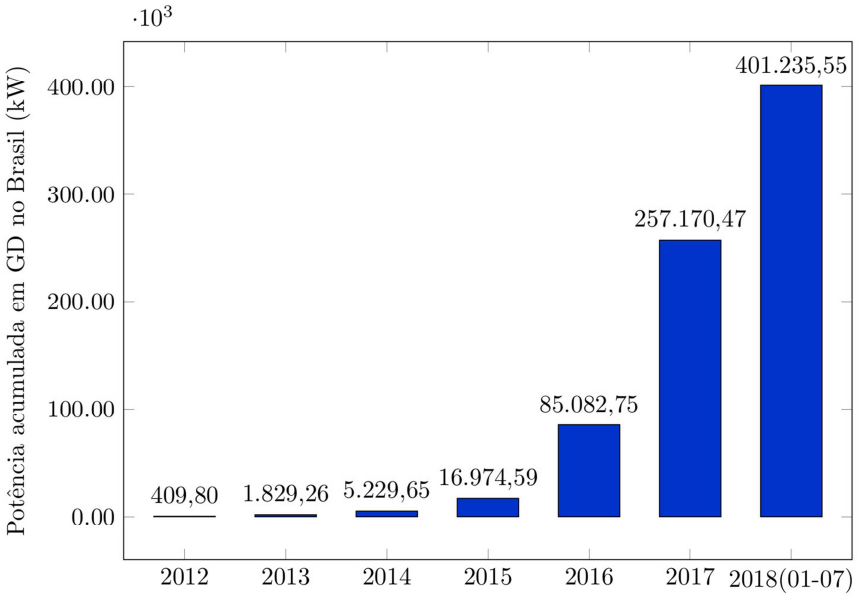



*Figura 5 – Capacidade acumulada de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída no Brasil ao longo do tempo. A coluna 2018 (01-07) inclui os sistemas adicionados entre janeiro a 24 de julho de 2018.*

As Fig. 6 a 9 apresentam histogramas de distribuição de potência para os sistemas existentes no Brasil. São apresentados quatro casos descritos a seguir: Fig. 6 – para todos os sistemas em GD; Fig. 7 – para

sistemas residenciais; Fig. 8 – sistemas comerciais e Fig. 9 – sistemas industriais. Quando se analisa todos os sistemas, nota-se que o maior número de instalações corresponde a uma faixa de potência de 3 a 5 kW, mesma situação que se observa nos sistemas residenciais. Isso se explica pelo fato de a grande maioria dos sistemas em GD no Brasil serem residenciais, como apresentado na Fig. 10. Já no caso dos sistemas comerciais e industriais, o maior número de instalações está na faixa de potência entre 20 e 50 kW.

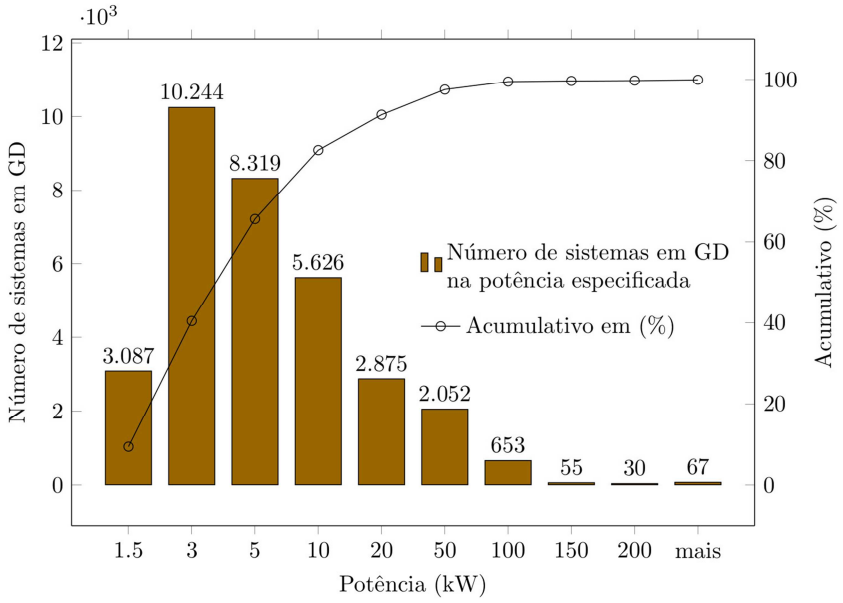



*Figura 6 –Distribuição das potências de todos os sistemas de GD instalados no Brasil até o mês de julho de 2018.*

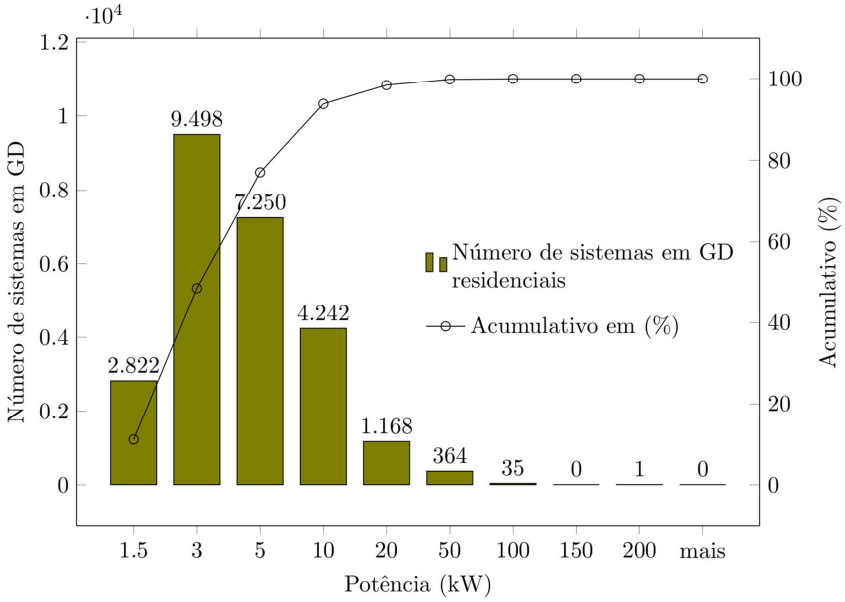



*Figura 7 –Distribuição de frequência das potências dos sistemas de GD instalados em residências no Brasil até o mês de julho de 2018.*

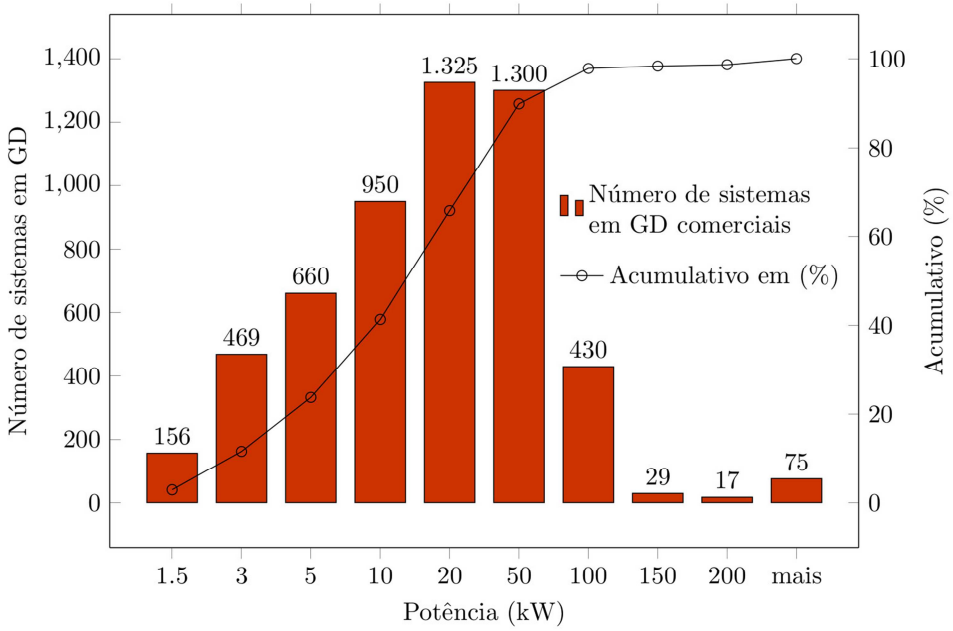



*Figura 8–Distribuição de frequência das potências dos sistemas de GD instalados em unidades consumidoras comerciais no Brasil até o mês de julho de 2018.*

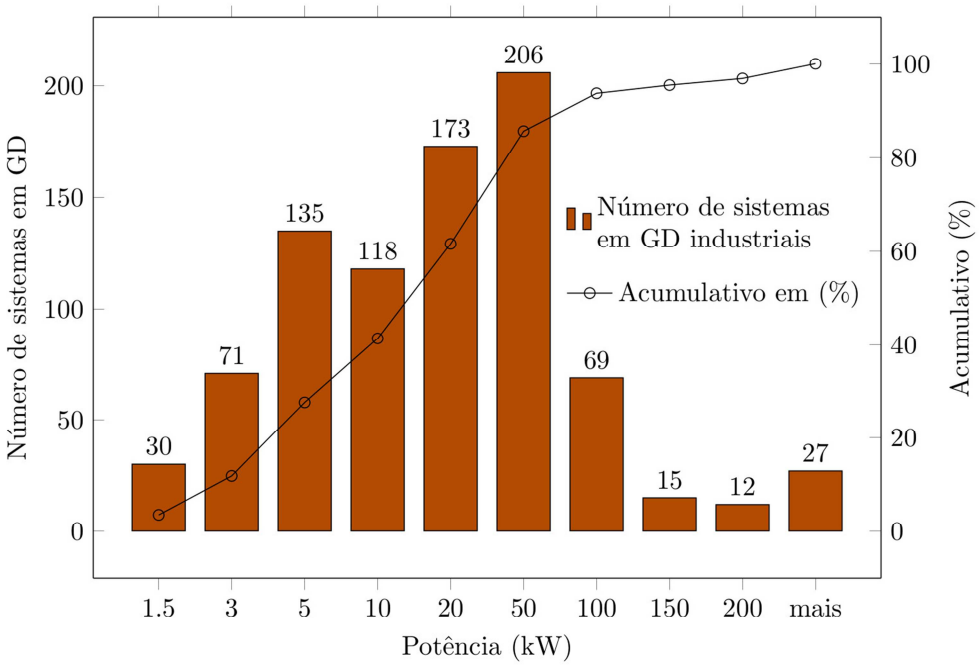



*Figura 9–Distribuição de frequência das potências dos sistemas de GD instalados em unidades consumidoras industriais no Brasil até o mês de julho de 2018.*

A Fig. 10 apresenta o número de sistemas em função da classe de consumo. A maior parte compreende os sistemas residenciais, com 25.380 sistemas cadastrados na Aneel, seguido pelos sistemas comerciais, com 5411 unidades. Embora os sistemas residenciais sejam mais numerosos, devido as suas potências típicas baixas, a potência total residencial é cerca de 63% inferior à dos sistemas comerciais, conforme mostra a Fig. 11.

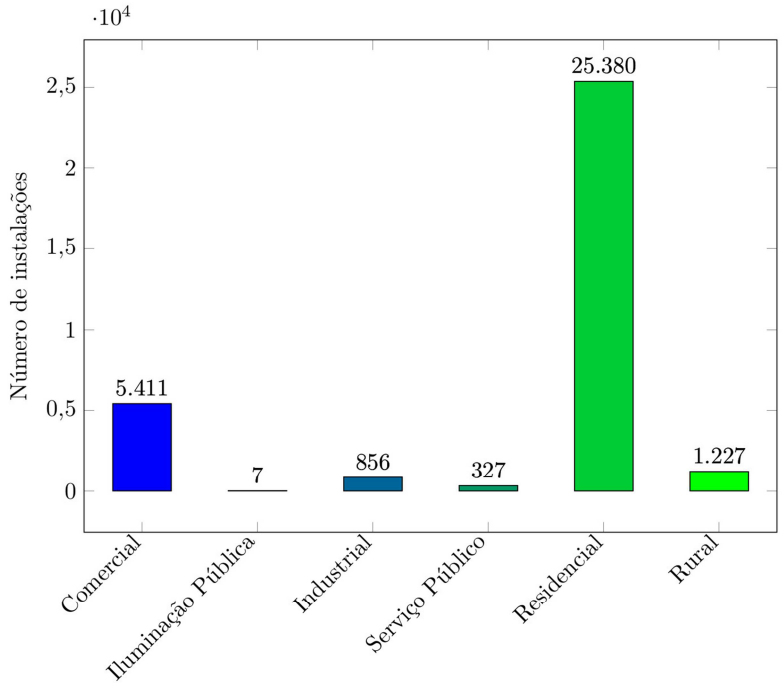



*Figura 10 - Número total de sistemas em GD até julho de 2018 no Brasil por classe de consumo.*

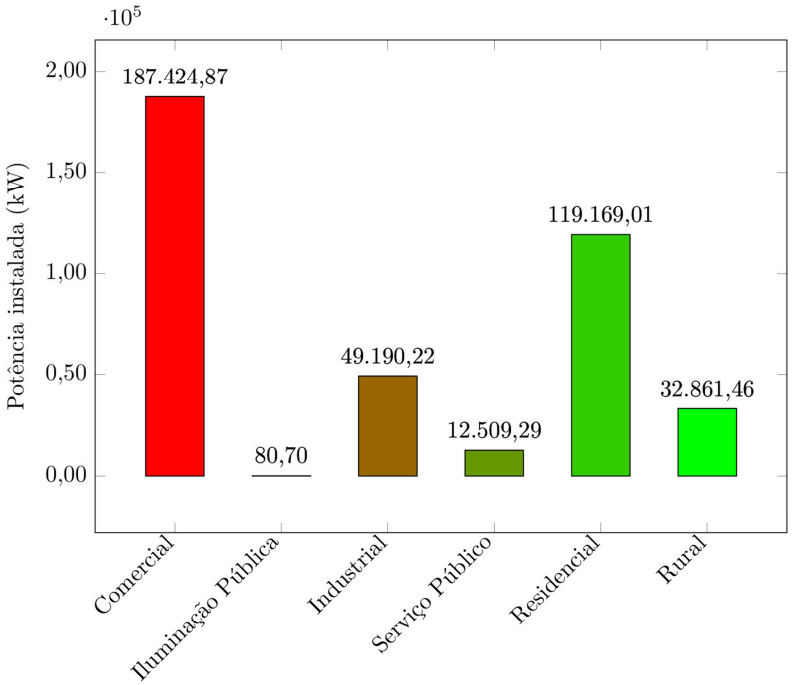



*Figura 11 - Potências dos sistemas em GD instalados até julho de 2018 no Brasil por classe de consumo.*

Com relação às diferentes fontes de energia presentes na GD brasileira, tal como mostra a Fig. 12, a imensa maioria é relativa a sistemas fotovoltaicos de geração. Somando todas as outras fontes de geração, a representação é de somente 0,6% do total, ou seja, a fotovoltaica corresponde a 99,4% da GD no Brasil. Entretanto, quando se analisa a participação em potência das diferentes fontes de energia (Fig. 13) a participação da fotovoltaica cai para 73% do total. Isso ocorre principalmente

devido as centrais geradoras hidrelétricas, que com 50 unidades somam uma potência de quase 45 MW.

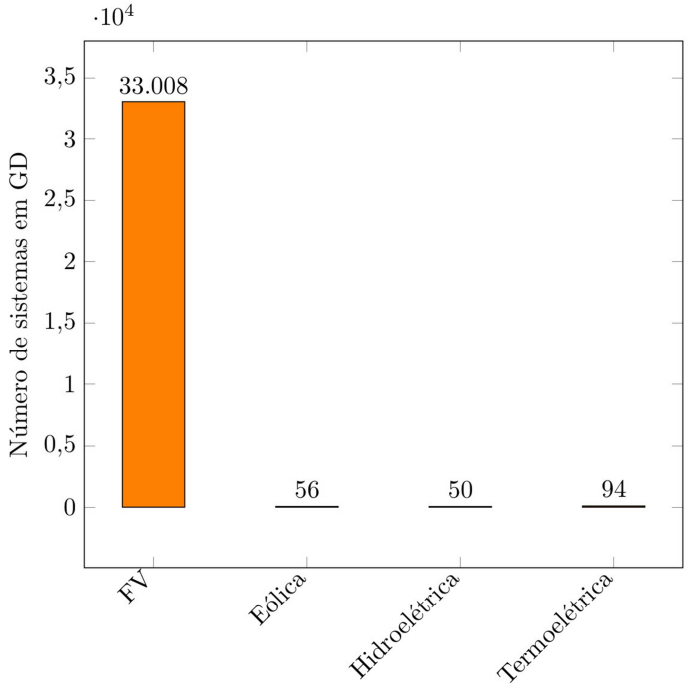



*Figura 12 – Número de sistemas em GD instalados até julho de 2018 no Brasil por tipo de geração.*

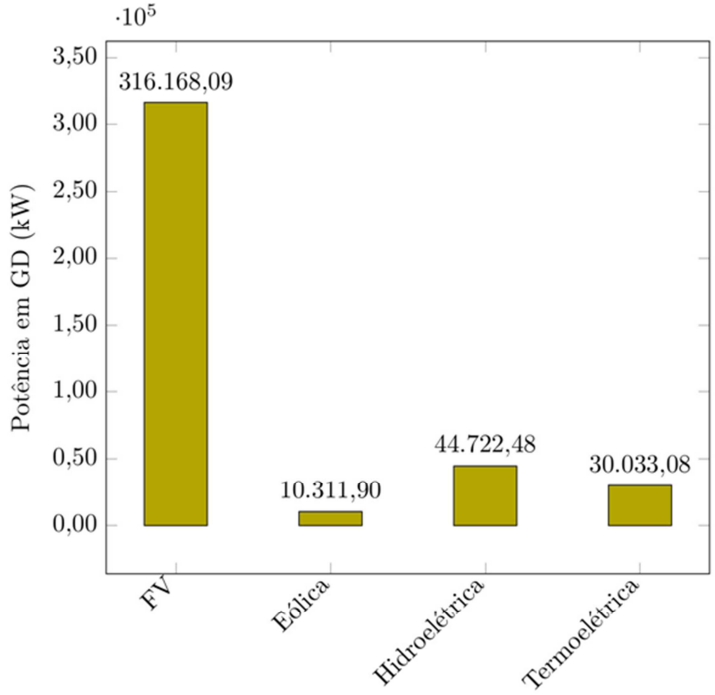



*Figura 13 – Potência dos sistemas em GD instalados até julho de 2018 no Brasil por tipo de geração.*

## CONCLUSÕES

A geração distribuída carecia de legislação no Brasil até a publicação da resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL, seno que no ano da publicação foram registradas apenas 2 unidades junto a Aneel. Atualmente a geração distribuída é foco de interesse de pesquisadores e do setor comercial, somando mais de 33.000 unidades cadastradas até meados de 2018. Seguindo a tendência atual de aumento no valor da tarifa de energia da rede, diminuição no custo dos sistemas de geração e maior oferta de linhas de crédito para este setor, a GD deve continuar seu crescimento acelerado ao menos no futuro próximo.

Existem hoje milhares de empresas no Brasil que oferecem o serviço de projeto e instalação de sistemas fotovoltaicos, representantes atualmente de mais de 99% da GD instalada no Brasil. Todo este setor tem se mantido aquecido, mesmo nos dois últimos anos em que o país passa por uma crise econômica.

Muitos trabalhos apontam para a necessidade de fomentar a industrialização da cadeia da energia solar fotovoltaica no Brasil, como forma de incentivar seu crescimento no país. Entretanto, o que se tem observado é que, ao menos no curto prazo as barreiras mais fortes para o crescimento são a ainda baixa oferta de linhas de crédito específicas e ainda insuficiente divulgação da tecnologia entre os consumidores e possíveis investidores.

Por fim, embora não seja possível a venda de energia para a concessionária pelo consumidor, o sistema de compensação de créditos tem se mostrado efetivo e confiável. A grande incerteza hoje para com as concessionárias reside na questão da tributação sobre a energia gerada. Atualmente a maioria das concessionárias de energia só tarifam o que é consumido da rede, porém existe a possibilidade dessa situação ser alterada no futuro, o que acarretaria e tempos de retorno mais longos para os investidores em sistemas de geração, tornando esses sistemas menos atrativos.

## REFERÊNCIAS


ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (2012). RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012, disponível em http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (2017). RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 786, DE 17 DE OUTUBRO DE 2012, disponível em http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017786.pdf

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (2018[a]). Banco de informação de Geração. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (2018[b]). Geração distribuída. Disponível em http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida

Faria Jr., H., Trigoso, F. B. M. e Cavalcanti, J. A. M. (2017). Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, pp. 469-475.

Ferreira, A., Kunh, S. S., Fagnani, K. C., De Souza, T. A., Tonezer, C., Dos Santos, G. C. e Coimbra-Araújo, C. H. (2018). Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, pp. 181-191.

Holdermann, C., Kissel, K. e Beigel, J.(2014). Distributed photovoltaic generation in Brazil: An economic viability analysis of small-scale photovoltaic systems in the residential and commercial sectors. Energy Policy, 67, pp. 612-617

IEA – International Energy Agency (2018). SNAPSHOT OF GLOBAL PHOTOVOLTAIC MARKETS Report IEA PVPS T1-33:2018.

Rüther, R. e Zilles, R. (2010). Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. Energy Policy, 39, 3, pp. 1027-1030.

**CURRENT PANORAMA OF THE DISTRIBUTED GENERATION IN BRAZIL AND THE ROLE OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN THE SECTOR**

***ABSTRACT.*** *Since 2012 the Normative Resolution ANEEL 482 allows the grid connection of mini and micro generation. The resolution was modified in 2015 and lately in 2017, being the framework of the Distributed Generation (DG) in Brazil. The number of DG system has strongly increased in Brazil from only 2 systems in 2012 for more than 33.000 at the moment this paper is being written. The increase has happened mainly due to two factors: the continuous increase of electricity cost from the grid and the decrease of the PV system cost along the last years. This work has as purpose perform a detailed review of the current panorama of the DG in Brazil showing data regarding the different sources of energy presented in the DG, amount and typical power of the systems among other pertinent information.*

***Keywords****. Distributed generation, Photovoltaic systems, Energy matrix*