



O contexto da geração distribuída e sua evolução na Macrometrópole Paulista

João Marcos Mott Pavanelli, Raiana Schirmer Soares,
Arthur Mendonça Quinhones Siqueira, Flávia Mendes de
Almeida Collaço, Lira Luz Benites Lazaro e Célio Bermann

Introdução

Historicamente no Brasil, a geração elétrica e a operação das instalações de geração e transmissão de eletricidade ocorrem de forma centralizada com sua governança restrita a poucos agentes¹. Grandes centrais hidrelétricas corresponderam (e ainda correspondem) pela maior parcela da oferta elétrica (por volta de mais de 60%), através de grandes usinas como Itaipu, no Paraná, e Tucuruí, no Pará, com 14 e 8,3 GW de potência instalada respectivamente, configurando-se entre as maiores do mundo, sob governança da Eletrobrás e suas subsidiárias (LEITE, 2014; Memória da Eletricidade, 2015).

A governança esteve nas mãos de poucos grupos, sendo o planejamento e decisões estratégicas concentradas nas mãos do Governo Federal. Embora, a partir de 1990, no âmbito da marcada corrente ideológica e político-econômica do neoliberalismo dos anos 90, vindos pelo receituário do Consenso de Washington que foram impostas aos países da América Latina, principalmente para implementar a liberalização, a desregulamentação e as privatizações; o Estado brasileiro se afasta da ação direta no setor econômico para atuar como regulador. Criou-se em 1997

1. A centralização da geração em grandes usinas é verdadeira a partir de meados da segunda década do século XX, quando a escala das tecnologias possibilita maiores usinas e as perdas na transmissão passam a ser controladas. As primeiras experiências de geração elétrica no Brasil, que datam desde o final do século XIX, eram descentralizadas e operavam através de concessões municipais (JUNIOR et al., 2007; LEITE, 2014; PAVANELLI, IGARI, 2019; MEMORIA DA ELETRICIDADE, 2020).

a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, e muitas empresas de geração, transmissão e distribuição foram privatizadas. Contudo, o Governo manteve seu papel de planejador central (GOMES & VIEIRA, 2009; PAVANELLI & IGARI, 2019).

No entanto, a centralidade da indústria elétrica, pelo menos para geração, pode ser desafiada com a maturidade econômica e técnica das aplicações de geração distribuída (GD) e das subsequentes alterações regulatórias do final do século XX e início do XXI. Em termos tecnológicos os painéis fotovoltaicos tornaram-se mais eficientes e junto aos inversores e demais componentes necessários para os sistemas, tornam-se cada vez mais competitivos economicamente (RÜTHER & ZILLES, 2011; MITSCHER & RÜTHER, 2012; ZILLES et al., 2012; BRASIL, 2018; GREENER, 2019).

Já em termos regulatórios, para além das pressões multilaterais para mitigação dos efeitos negativos das mudanças climáticas², o Brasil aprovou a lei de autoprodutores em 1994, possibilitando a inserção de geração elétrica de agentes distribuídos na rede elétrica. E, em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012) publicou a Resolução Normativa no 482, definindo o sistema de compensação de excedentes gerados (*net metering*) e os certames regulatórios técnicos e econômicos gerais para os autoprodutores, também denominados prossumidores (ou consumidores que produzem). Desde de 2012, portanto, o consumidor, outrora passivo do mercado cativo de eletricidade de uma residência, comércio ou indústria, tem poder de decisão e autonomia em relação à produção de energia elétrica.

A geração distribuída (GD) é definida como uma unidade de geração com capacidade instalada baixa, conectada ou não à rede de distribuição elétrica (PEPERMANS et al., 2005; WOLFE, 2008). Segundo Ackermann, Andersson e Söder (2001), a GD pode ou não empregar fontes renováveis, embora as fontes renováveis (fotovoltaica, eólica, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas) venham sendo fomentadas nos modelos de regulação do setor atuais. A definição de Ackermann e outros (2001) atribui à definição de GD o fato do sistema estar conectado na rede de distribuição, enquanto Wolfe (2008) associa a GD à geração “on-site”, onde o lo-

2. O Brasil havia inclusive sediado a RIO 92, evento expressivo de ação multilateral para mitigação dos impactos de mudanças climáticas. Para maiores informações ver em Bursztyn e Bursztyn (2013, pp 103-105).

cal de produção e consumo coincidem. No caso do Brasil, conforme será explicado, entende-se como unidade de geração distribuída a unidade geradora que segue conectada à rede de distribuição nacional.

A GD se apresenta como uma opção para o emprego de recursos locais na geração elétrica e como uma ferramenta para equiparar a demanda da oferta local de energia (MARSDEN, 2011). Assim como o município de São Paulo, a MMP utiliza majoritariamente recursos energéticos exógenos, isto é, consome energia elétrica gerada fora de limites territoriais, implicando em externalidades negativas que são experimentadas, portanto, há quilômetros de distância dos seus centros de consumo (COLLAÇO, et al., 2019; COLLAÇO, 2019). Externalidades são “(...) impacto(s) das ações de uma pessoa sobre o bem estar de outros que não tomam parte da ação.” (MANKIW, 2014, p. 796). Uma externalidade pode ser positiva (quando a ação gera um impacto positivo no ente não envolvido na ação) ou negativa (quando a ação gera um impacto negativo no ente não envolvido na ação). A geração distribuída pode ser compreendida, nesse sentido, como uma alternativa para amenizar os efeitos da elevada carga de consumo de regiões urbanas.

Avanços tecnológicos e regulatórios possibilitam que GD democratize a produção e a governança da eletricidade ao tornar as decisões acerca do modelo de produção energético acessíveis para consumidores que historicamente dependiam exclusivamente do mercado cativo. Neste contexto, o presente artigo teve como objetivo analisar a evolução da geração distribuída na Macrometrópole de modo a compreender o papel que a mesma desempenha em seu sistema energético.

Este artigo demonstra que o setor fotovoltaico vem sendo o principal impulsionador para o avanço da GD na região por meio da adesão, principalmente, dos clientes residenciais. O setor público, por sua vez, teve inexpressiva contribuição. O trabalho apresenta esse quadro através de mapeamento da GD na MMP seguido de considerações para adequações regulatórias que propiciem arranjos que promovam justiça energética. Destaca-se, por fim, a importância de se considerar aspectos socioeconômicos locais nas elaborações regulatórias, bem como a necessidade de agências intermediárias que homogeneizem interesses institucionais de diferentes níveis hierárquicos com adequações de incentivos técnicos e econômicos para cada localidade.

O marco regulatório da Geração Distribuída no Brasil

O marco regulatório da GD no Brasil iniciou-se em 2012 com a publicação pela ANEEL da Resolução Normativa nº 482. A resolução, posteriormente alterada pela Resolução Normativa nº 687 em 2015, define que os clientes finais de energia elétrica na rede de distribuição ficam possibilitados de instalar até 5 MW de capacidade de geração em suas unidades de consumo, sejam elas residências, comércios, indústrias ou outras.

Para além de sinalizar em um sentido de descentralização do setor, a regulação brasileira da GD é compreendida como uma ferramenta para fomentar a geração de energia renovável e moderna, já que a modalidade de geração fica restringida para aqueles clientes que geram sua energia por meio da conversão da energia solar, eólica, hídrica ou da cogeração qualificada.

A Resolução Normativa 482 distingue as unidades em dois formatos: a micro e a minigeração, onde a primeira se restringe às unidades com capacidade instalada até 75 kW; e a segunda, a 5MW de potência. Uma importante diferença entre essas duas modalidades reside no fato de que os clientes com microgeração, apesar de usarem a rede para descarregar eletricidade gerada e não utilizada no momento, não arcam com nenhum custo relacionado às necessidades de manutenção e melhoria da rede; enquanto os clientes com minigeração sim (ANEEL, 2012; PAVANELLI, 2016).

Uma característica relevante do setor no Brasil e que impacta a disseminação de GD, é o método de subsídio selecionado para fomentá-lo; o sistema de compensação dos excedentes, conhecido também como *net metering*. No Brasil, para cada kWh inserido na rede de distribuição, compensa-se integralmente o prosumidor com créditos tarifários (ANEEL, 2012). De acordo com as definições apresentadas por Vieira et al. (2016, p. 3688), no formato da regulação vigente no Brasil, "o modelo adotado valoriza a energia excedente pelo preço de varejo" e quatro tipos de arranjos relacionados à gestão dos créditos são possibilitados: no primeiro, os créditos são compensados no local onde gerada a energia; no segundo, os créditos são compartilhados virtualmente com outras unidades que não geram energia mas que estão sob a mesma titularidade da unidade geradora; no terceiro, os créditos são compartilhados entre diferentes unidades de consumo desde que dentro de uma mesma propriedade, ou propriedades contíguas; e, finalmente, no quarto, os créditos são compartilhados comunitariamente, desde que as partes celebrem um contrato de cooperativa ou consórcio.

Autonomia de governança e externalidades positiva

A indústria elétrica brasileira, além de centralizar a geração em grandes usinas, principalmente hidrelétricas, é centralizada também do ponto de vista do planejamento, cuja responsabilidade se dá na esfera federal. A introdução da GD, possibilitada pela competitividade dos preços dos componentes e avanços regulatórios, oferece autonomia para que consumidores possam agora participar ativamente da geração fazendo parte da governança de sua eletricidade (ANDRADE et al., 2020).

Para além destas características, as principais fontes associadas à GD são renováveis, sendo elas as pequenas centrais hidrelétricas, usinas de cogeração qualificada, usinas eólicas e fotovoltaicas. Do ponto de vista ambiental, portanto, a geração distribuída contribui com a agenda da transição energética, já que, sua expansão implica em uma menor oneração para o consumidor da energia elétrica produzida a partir das fontes fósseis e de grandes usinas centralizadas de geração. Tal externalidade beneficia todos os usuários conectados à rede distribuição já essa característica tende a levar a diminuição dos preços no consumo final.

Segundo a RN 482, a GD também pode acontecer em condomínios ou de forma compartilhada, o que possibilita novos arranjos institucionais para a governança local. Agentes locais podem acordar autonomamente os direitos de propriedade dos ativos: definindo por exemplo quanto a distribuição dos kWh produzidos, e quanto a divisão dos custos de manutenção dos sistemas. Os condomínios ou geração compartilhada permitem autonomia energética, o que significa estar livre para formular o arranjo institucional local que seja adequado entre os associados, considerando os recursos disponíveis, a cultura e as curvas de demanda, e os custos dos sistemas na rede de distribuição. Ou seja, é esperado que emergam na MMP, bem como em todo o Brasil, arranjos policêntricos de governança entre os indivíduos e grupos que organizam sua própria geração elétrica.

Intermitência, o risco da regulação única para todo o território brasileiro – as externalidades negativas

Tendo em vista que a geração distribuída da forma como regulada no Brasil fomenta a geração de energia solar e eólica, a questão da intermitência é um importante desafio relacionado à expansão do setor

já que, enquanto à geração de energia eólica varia em função da flutuação das velocidades do vento; a geração de energia solar varia em função dos diferentes níveis de radiação incidentes (assim como da presença de nuvens). Para Tomalsquim (2014, p. 9), ainda que “a geração eólica e a solar não introduz[a] um problema novo para o setor (...) altas participações destas fontes na matriz elétrica amplificam enormemente o desafio do operador do sistema”. Estes riscos estão associados à habilidade do operador de manejar e prever com segurança a oferta de eletricidade disponível em um dado momento do tempo.

O modelo de incentivo adotado pela regulação brasileira, o *net metering*, é também o modelo adotado por diferentes países e ele vem sendo duramente criticado nos últimos anos. Por um lado, este incentivo foi e segue sendo (no caso do Brasil) uma ferramenta importante para garantir o avanço do setor, já que possibilita um retorno do investimento consideravelmente inferior do que em um cenário sem o subsídio para o prosumidor (EID et al., 2014, MATISOFF & JOHNSON, 2017). Por outro, de acordo com os diferentes arranjos institucionais e tarifários do setor energético dos países em que aplicado, este modelo de incentivo pode implicar em um subsídio cruzado, no qual os clientes que não investiram na GD vejam suas tarifas de energia elétrica mais caras em função do maior número de prosumidores na rede de distribuição (VIEIRA, 2016, EID, 2014).

No caso da regulação brasileira, isso se dá porque, da forma como está desenhada a estrutura da tarifa elétrica nacional, alguns custos fixos são restituídos às distribuidoras por meio de uma cobrança em R\$/kWh na tarifa final de todos os consumidores. Isso implica, portanto, que aqueles clientes que não consomem energia, mas seguem conectados à rede de distribuição, não arquem com os custos da manutenção da rede, de tal forma que o custo fixo final a ser restituído à distribuidora será atribuído a um número menor de consumidores, de tal modo que esses terão suas tarifas acrescidas com o decorrer do tempo e com a ampliação da rede distribuída (SOARES et al., 2019; VIEIRA, 2016).

Mesmo na arena acadêmica, os debates acerca do tema até esse momento parecem não chegar a um consenso: Eid et al. (2014) descrevem que existem inúmeros relatórios que abordam o fenômeno desde seus pontos de vista mais opostos, possivelmente por respeitarem interesses distintos. Para a realidade brasileira, a discussão acerca dos efeitos da expansão da GD se estendeu de

tal modo que está prevista uma alteração do modelo de subsídio da GD. Por um lado, existe a necessidade de considerar que os investimentos necessários para os sistemas distribuídos sugerem que esses sistemas ainda estão restritos a um público com renda mais elevada. Isso implicaria, portanto, em um subsídio sob o qual os mais pobres são onerados pelos distúrbios gerados com a incorporação de novos sistemas na rede de distribuição. Por outro, existe a necessidade de incentivar a geração distribuída em função de todas as suas externalidades positivas já mencionadas (LAMPIS et al., 2020).

Panorama da GD na MMP

Conforme demonstrado pela Figura 1, desde seu marco regulatório, o número de instalações de geração distribuída na MMP expandiu exponencialmente. A MMP fechou o ano de 2020 com um total de 20.917 projetos instalados e com uma média de crescimento de 286% ao ano. Por mais que esses números apontem para o acelerado crescimento do setor na região, diante da importância econômica da MMP, eles ainda são tímidos. Um exemplo disto é o fato de que o número de instalações na MMP representa apenas 5% do total de projetos instalados no Brasil (388.853 projetos instalados até 2020) e 13% do total de projetos instalados na região sudeste do Brasil (158.782 projetos instalados até 2020).

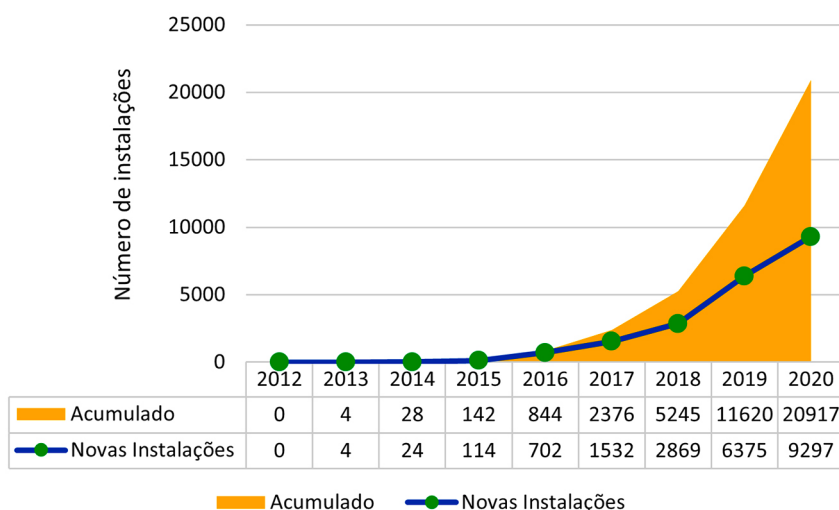


Figura 1 Expansão da geração distribuída desde seu marco regulatório na MMP. *Fonte:* Autoria própria com base nos dados disponibilizados pela Aneel (2020).

Ainda que a geração distribuída seja considerada um mecanismo de fomento para diferentes fontes de geração de energia alternativas e renováveis, a geração fotovoltaica tem sido seu grande alicerce. Conforme demonstrado na Tabela 1, a inserção das outras fontes de energia segue incipiente na Macrometrópole tanto em termos de número de usinas quanto em termos de capacidade instalada.

Tabela 1 Classificação das usinas de geração distribuída alocadas na MMP.

Tipo de Usina	Número de Instalações	Capacidade Instalada (MW)
Usinas fotovoltaicas	20.902 (aprox.100%)	203,7 (98%)
Pequenas Centrais Hidrelétricas	1 (0,005%)	0,1 (0,04%)
Usinas eólicas	5 (0,024%)	0,03 (0,02%)
Usinas de cogeração qualificada	9 (0,043%)	4,1 (0,04%)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados disponibilizados pela Aneel (2020).

A geração distribuída vem desempenhando um importante papel de aumentar a capacidade instalada de geração de energia renovável na MMP. A capacidade instalada de geração fotovoltaica centralizada ou de projetos que não se configuram dentro do escopo da regulamentação da geração distribuída na MMP é de tão somente 6,3 MW. No caso da energia eólica, esses números são ainda mais expressivos: 2,24 kW são outorgadas de capacidade instalada de geração fora do escopo da regulação (ANEEL, 2020b).

Territorialmente, projetos de geração distribuída já vêm sendo implementados em toda a MMP: dentre os 174 municípios que consolidam seu território, somente o município de Jarinú não contava com nenhum projeto implementado até o final de 2020. A Tabela 2 demonstra quais são as regiões metropolitanas com maior número de conexões, sendo as mais expressivas a Região Metropolitana de Campinas (27% de todas as instalações na região) e a Região Metropolitana de São Paulo (20% de todas as instalações na região).

Tabela 2 Número de instalações nas regiões metropolitanas que compõe a MMP.

Região Metropolitana	Número de Instalações de GD
Região Metropolitana de Campinas	5.711
Região Metropolitana de São Paulo	4.118
Aglomeração Urbana de Piracicaba	3.333
Região Metropolitana de Sorocaba	2.741
Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte	2.597
Unidade Regional de Bragança Paulista	1.041
Aglomeração Urbana de Jundiaí	824
Região Metropolitana da Baixada Santista	552

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados disponibilizados pela Aneel (2020).

No que diz respeito à classe de consumo de energia que mais investiu na geração de energia descentralizada, a Tabela 3 ilustra que os clientes residenciais são os principais propulsores do setor na MMP, sendo responsáveis por 84% de todas as unidades instaladas.

Tabela 3 Número de instalações por classe de consumo final de energia.

Classe de Consumo	Unidades Instaladas
Residencial	17.564 (83,97%)
Comercial	2.446 (11,69%)
Industrial	416 (1,99%)
Rural	357 (1,71%)
Poder e Serviço Público	133 (0,64%)
Iluminação Pública	1 (0,005%)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados disponibilizados pela Aneel (2020).

Finalmente, a Tabela 4 apresenta dados que demonstram as modalidades de acesso e de controle dos créditos das unidades instaladas na MMP. Conforme pode ser observado, o mercado na macrometrópole ainda não explora as alternativas regulatórias referentes a modelos de geração menos restritivos e mais disruptivos do ponto de vista da descentralização. Isto é, o modelo de instalação dominante na macrometrópole é aquele em

que o proprietário do sistema fotovoltaico abate os créditos gerados nas contas de eletricidade da própria unidade de consumo (residência, comércio, etc.); seguido daquele em que o proprietário abate parte dos créditos em outras unidades de consumo sobre as quais é titular.

Tabela 4 Emprego dos créditos gerados.

Geração própria na unidade de consumo	19.499 (93,2%)
Autoconsumo remoto	1.328 (6,35%)
Geração Compartilhada entre diferentes unidades de consumo	84 (0,4%)
Estrutura de geração compartilhada entre múltiplas unidades de consumo (ex.: condomínios)	6 (0,03%)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados disponibilizados pela Aneel (2020).

A expansão da capacidade instalada de GD, principalmente com aplicações fotovoltaicas, exemplifica novas possibilidades para a governança energética dos agentes locais, entretanto, sua aplicação em larga escala ainda deixa questões em aberto, relacionadas a sua estabilidade, viabilidade e implicações sociais, debatidas a seguir.

Discussão

Avanços do setor

Conforme demonstrado, a geração de energia fotovoltaica tem dominado o mercado da geração distribuída na MMP. Diferentes razões podem ser apresentadas para justificar tamanhas discrepâncias entre o fomento das diferentes fontes, entre elas, o fato da tecnologia se adaptar às paisagens urbanas e não requerer um nível de infraestrutura muito sofisticado. Além disso, desde a publicação do marco regulatório em 2012, o mercado de energia solar vem se consolidando na região. Desde então, já são 184 empresas do setor fotovoltaico instaladas na MMP (Portal Solar, 2020).

A consolidação desse nicho de mercado pode ser tanto uma consequência da maior procura pelo serviço como também pode ser causa. Hojckova et al. (2020) descrevem o papel protagonizado por esses atores

não-institucionais – as empresas do ramo – na difusão dos sistemas fotovoltaicos, por exemplo, como o de construtores de sistemas, que possuem a habilidade de empregar oportunidades e estruturas em contextos distintos para gerar um momento oportuno para a instalação e difusão das suas inovações em condições de extrema incerteza. Soares (2020) demonstra, por meio de entrevistas com pessoas que investiram no setor até 2018 em Holambra, que as empresas do ramo tiveram um papel fundamental na persuasão e convencimento das pessoas que investiram em energia fotovoltaica distribuída, já que os mesmos, para além de vender uma mercadoria e um serviço, precisaram, em um primeiro momento, vender uma ideia inovadora.

Ainda que o setor venha crescendo rapidamente, a MMP não desempenha protagonismo esperado no setor, tomando em conta o seu consumo, que representou, em 2018, 22% de todo o consumo de eletricidade nacional (SOARES, 2020). Além disso, Collaço et al. (2020) apresenta uma estimativa de que a MMP possui potencial para a instalação de aproximadamente 8 MW de capacidade de geração de energia fotovoltaica, o que demonstra que o setor ainda poderá expandir-se consideravelmente.

Levando-se em consideração o exposto, é importante, no entanto, destacar que o setor fotovoltaico na MMP até 2020 seguia um modelo tradicional de geração, isto é, não aproveitava as oportunidades regulatórias de compartilhamento de créditos. Uma das oportunidades mencionadas é a da instalação de painéis fotovoltaicos em cooperativas, modelo que prevê o compartilhamento de crédito entre todos os cooperativados. Schneider (2020) constata em seu artigo que, empregando o mapeamento das cooperativas solares no Brasil promovido pela parceria entre o Instituto Ideal e a Confederação Alemã de Cooperativas, que das 19 cooperativas solares mapeadas no Brasil, uma se encontra na Macrometrópole. Tal cooperativa contava na ocasião com duas usinas geradoras, uma em Porto Feliz e outra em Araçoiaba da Serra e, juntas, contabilizam uma capacidade instalada de 1,1 MW.

Geração distribuída é inclusiva?

A geração distribuída é compreendida como uma ferramenta para aumentar a participação dos consumidores finais de energia elétrica nas decisões de geração. De fato, conforme demonstrado, o crescimento do

setor de GD na MMP é sobretudo oriundo do investimento de clientes da classe de consumo residencial.

No entanto, ainda que os custos de investimento com equipamentos e serviços tenha diminuído ao longo dos anos que sucedem o marco regulatório, conforme demonstra a Tabela 5, os investimentos necessários certamente seguem sendo restritos a uma parcela da população. Segundo dados da pesquisa de mercado do Portal Solar (2021), 30% dos clientes que orçam projetos fotovoltaicos pagam mensalmente valores tarifários superiores a R \$600,00. Em um contexto em que 24% das famílias brasileiras vivem com menos de 2 salários mínimos por mês (IDEC, 2021), essa informação demonstra quão restrito é o acesso ao sistema distribuído. Nesse sentido, levando em consideração as premissas já discutidas, de que a geração distribuída permite que as pessoas tenham mais autonomia sobre sua gestão energética e maior participação no sistema energético como um todo, é importante que essas condições sejam oportunizadas a todos os clientes finais.

Tabela 5 Variação de preços dos módulos solares fotovoltaicos.

Ano	Estimativa de preço unitário (US\$/Wp)
2012	0,89
2014	0,65
2016	0,39
2018	0,31
2020	0,25

Fonte: Adaptado de BEZERRA, 2020.

Afinal de contas, se bem é verdade que, sob o ponto de vista do cliente final, a geração distribuída é uma ferramenta de manutenção dos custos tarifários; é verdade também, conforme já discutido, que ela pode representar um incremento no custo da tarifa daqueles que não geram sua própria energia. Por outro lado, a geração distribuída representa um avanço do ponto de vista da transição energética já que, além de ampliar a capacidade de geração de energia moderna e renovável, conforme demonstrado, emprega recursos locais para tanto.

A busca pelo balanço ótimo em conseguir garantir energia limpa e acessível desde que seja para todos, perpassa diferentes níveis institucionais. A nível regulatório, é possível garantir os incentivos necessários para a expansão ou não do setor; a nível político, existem alternativas locais que poderiam, por exemplo, ampliar a oferta de energia distribuída na Macrometrópole.

Conclusões

A compreensão das peculiaridades locais, tanto em relação aos recursos naturais disponíveis e suas capacidades de suporte, como seus diferentes perfis da demanda e potencial de colaborar com a ONS de forma segura para o sistema nacional, devem ser compreendidas e sistematizadas antes de qualquer revisão institucional para GD.

Muito embora oportuna para fomentar a descentralização da governança, o que democratiza o acesso às decisões sobre geração e uso de eletricidade, a disseminação da GD não deve ser vista como uma solução, *per se*.

As características competitivas da GD podem ter impactos não desejados se uma regulação apropriada não for elaborada, sendo que se deve considerar os interesses dos diferentes agentes locais na formulação dos incentivos e constrangimentos para expansão dos sistemas, assim como as características socioeconômicas também devem ser levadas em conta para que a nova legislação não promova distorções, mas sim justiça energética.

Por isso, o presente estudo sugere a importância de organizações de meso nível, ou de nível intermediário entre o Governo Federal e as regiões e localidades, como forma de mitigar problemas informacionais relacionados à intermitência das fonte solar (responsável majoritariamente pelos sistemas de GD), servindo como um intermédio para compilação e análise das informações locais antes de transmiti-las aos operadores centrais (ONS), assim como o fortalecimento do setor público garantindo o fornecimento estável de eletricidade por meio de suas atividades de planejamento e da inclusão e combinação entre o Planejamento e Geração Centralizados com o Planejamento e Geração Descentralizados. Por isso, não se está propondo a substituição da geração centralizada pela GD, não existem estudos que demonstrem essa sobreposição. Esta pesquisa, em

conjunto com os demais pesquisadores e cientistas que estudam o tema, buscou apontar que existe um potencial expressivo e inexplorado da implementação da GD, e que essa implementação pode contribuir para o alcance de metas de sustentabilidade, de melhoria da qualidade de vida dos cidadãos urbanos, de diminuição da demanda de energia e de emissões de poluentes e GEE, e de aumento da autossuficiência das cidades.

Em adição, nas próximas décadas as cidades brasileiras sofrerão alterações demográficas, pressão pela descarbonização, aumento do risco climático e uma diminuição de acesso aos serviços públicos, se as reformas propostas atualmente, forem de fato efetivadas, sendo que a MMP é das regiões com melhores condições socioeconômicas para avançar na agenda de expansão das GD, mas que até o presente momento, tem apresentado uma tímida atuação na área.

Como decorrência, constatamos que diante do acúmulo de crises que se somarão no futuro próximo, a possibilidade de gerar sua própria energia poderá ser um fator decisivo no aumento e/ou diminuição da desigualdade social, uma vez que terá o potencial de determinar quem terá acesso aos serviços energéticos básicos, desde a refrigeração e cocção de alimentos, até a possibilidade de tomar um banho quente. Nesse novo cenário, espera-se que avanços tecnológicos, principalmente na distribuição e no armazenamento da eletricidade sejam chaves para o enfrentamento das crises que se somarão e às quais a região da MMP deve se adiantar.

Agradecimentos – Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Projeto Temático: 2015/03804-9 e bolsa:2017/17796-3. Assim como à Fox International Fellowship do Mac Millan Center da Universidade de Yale.

Referências

ANEEL. **Unidades de geração distribuída**. 2020a. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>> Último acesso: jun. 2020.

ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL** – SIGA 2020b. Disponível em: <<http://bit.ly/39LK90S>> Último acesso: jun. 2020.

ANEEL. Resolução Normativa nº 482 de 2012.

- ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: A definition. **Electric Power Systems Research**, v. 57, n. 3, 2001, p. 195-204.
- ANDRADE, J.V.B; RODRIGUES, BN.; SANTOS, I.F.S.; HADDAD, J.; FILHO, G.L.T. Constitutional aspects of distributed generation policies for promoting Brazilian economic development. **Energy Policy**, v. 143, 2020, 11555.
- BEZERRA, F.D. Energia Solar. **Caderno Setorial ETENE**, n.110, 2020.
- BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). **Energia Solar Fotovoltaica**, 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade/industrial/sustentabilidade/energia-renovavel>>. Acesso em: jun. 2020.
- BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M. A. **FUNDAMENTOS DE POLÍTICA E GESTÃO AMBIENTAL: Caminhos Para a Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora Garamond Ltda., 2013.
- COLLAÇO, F. M. A. **Sinergias entre o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano: estudo de caso do Sistema de Energia Urbano da Megacidade de São Paulo**. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Energia da USP. São Paulo, 2019, 233 p.
- COLLAÇO, F. M. A. et al. What if São Paulo (Brazil) would like to become a renewable and endogenous energy -based megacity? **Renewable Energy**, v.138, 2019, p. 416-433.
- COLLAÇO, F. M. A. et al. Understanding the Energy System of the Paulista Macrometropolis: first step in local action toward climate change. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, 2020, p. 1-25. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2020000101000&script=sci_arttext>. Último acesso: jun. 2020.
- EID, C.; GUILLÉN, J.R.; MARÍN, P.M.; HAKVOORT, R. The economic effect of electricity net-metering with solar PV: Consequences for network cost recovery, cross subsidies and policy objectives. **Energy Policy**, v.75, 2014, p.244-254.
- GOMES, J. P. P.; VIEIRA, M. M. F. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, v. 43, n. 2, 2009, p. 295-321.
- GREENER. **Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída – 4º trimestre de 2019**. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-4o-trimestre-de-2019/>. Acesso em ago. 2021.
- LAMPIS, A. et al. ODS 7 – Energia Limpa e Acessível. In: FREY, K. et al. (Ed.). **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o planejamento e a governança ambiental na Macrometrópole Paulista**. 1. ed. Santo André, SP: Ed. UFABC, 2020, p. 133–150.
- LAMPIS, A.; SIQUEIRA, A. M. Q.; GIROTTI, C.; BERMANN, C.; BEREJUK, G.; PEDROSO, G.; PAVANELLI, J. M. M.; SOARES, R.S. **Contribuição do Grupo de Pesquisa em Governança Energética do IEE-USP à Consulta Pública sobre Proposta de revisão da Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL**, 2019.
- LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Lexicon, 2014.
- MANKIW, N. Gregory. **Introdução à Economia**. 6a. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- MARSDEN, J. Distributed Generation Systems: A New Paradigm for Sustainable Energy. In: **2011 IEEE Green Technologies Conference (IEEE-Green)**, p. 1-4, 2011.
- MEMÓRIA DA ELETRICIDADE. **Memória da Eletricidade**. Disponível em: <<http://www.memoriadaeletricidade.com.br/Default.asp?pagina=destaques/linha&menu=368&iEmpresa=Menu#368>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- MITSCHER, M.; RÜTHER, R. Economic performance and policies for grid-connected residential solar photovoltaic systems in Brazil. **Energy Policy**, v. 49, p. 688–694, 2012.

PAVANELLI, J. M. M. **A integração da geração fotovoltaica distribuída à matriz elétrica brasileira: uma análise sob a ótica institucional.** (Dissertação de Mestrado). Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo, 2016.

PAVANELLI, J. M. M.; IGARI, A. T. Institutional Reproduction and Change/ : An Analytical Framework for Brazilian Electricity Generation Choices. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 9, n. 5, 2019, p. 252-263. Disponível em: <<https://www.econjournals.com/index.php/ijee/article/view/8056>>.

PEPERMANS, G. et al. Distributed generation: Definition, benefits and issues. **Energy Policy**, v. 33, n. 6, 2005, p. 787-798.

PINTO JR., H. Q. et al. Economia da Indústria Elétrica. In: PINTO JR., H. Q. (Org.) **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial.** São Paulo: Ed. Campus-Elsevier, 2007, 416 p.

PORTAL SOLAR. **Mapa de empresas de energia solar**, 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar/> Acesso em ago. 2021.

PORTAL SOLAR. **Mercado de energia solar no brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html/> Acesso em ago. 2021.

RÜTHER, R.; ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, 2011, p. 1027-1030. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421510009213>>.

SOARES, R.S.; TARELLO, T.A.R.; BERMANN, C. Distributed power generation in São Paulo – Impacts on the tariffs and cross-subsidy. In: **Decarbonization, Efficiency and Affordability: New Energy Markets in Latin America**, 2019, Buenos Aires. Online Conference Proceeding: 7th ELAEE/IAEE Latin American Conference, 2019.

SOARES, R.S. **A difusão da geração distribuída fotovoltaica na Macrometrópole Paulista.** (Dissertação de Mestrado). PPGE/Instituto de Energia e Ambiente (USP). São Paulo, 2019.

THE GUARDIAN. Nevada solar industry collapses after state lets power company raise fees | **Environment | The Guardian**. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/environment/2016/jan/13/solar-panel-energy-power-company-nevada>> último acesso: jun. 2020.

TOMALSQUIM, M.T. Integração das fontes renováveis intermitentes na América Latina: Brasil, Chile e Uruguai, 2017. Disponível em: <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1228/20170112_Intermittent%20Energy%20Renewables%20Integration%20Challenges.pdf?sequence=1> último acesso: jun. 2020.

VIEIRA D.; SHAYANI R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. "Net Metering in Brazil: regulation, opportunities and challenges. **IEEE Latin America Transactions**, v.14, n. 8, 2016, p. 3687-3694.

WOLFE, P. The implications of an increasingly decentralised energy system. **Energy Policy**, v. 36, n. 12, 2008, p. 4509-4513.

ZILLES, R. et al. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.