

Microrredes: benefícios e desafios para o setor elétrico brasileiro

Cristina Rosa¹
Monique Coimbra²
Pedro Barbosa⁴
Caroline Chantre⁵
Rubens Rosental⁶

A transformação para um futuro energético mais sustentável e com baixa emissão de carbono está se tornando realidade rapidamente. Este processo, intitulado transição energética, é impulsionado pela implementação progressiva de energias limpas e renováveis em contrapartida à substituição dos combustíveis fósseis, além da eletrificação de diversos setores e aplicações. À medida que a geração e a eletrificação, crescentemente distribuídas, se difundem pelo setor, os fluxos bidirecionais de energia levam a diversos desafios para as operadoras de redes elétricas, que têm de acomodar participações cada vez maiores das energias renováveis e, ao mesmo tempo, fornecer energia confiável e consistente.

Neste contexto, a otimização e o gerenciamento inteligente de energia emergem como soluções para a manutenção do equilíbrio da rede. Em países como Estados Unidos, Canadá e Japão, bem como na Europa, a expansão das chamadas microrredes tem se acentuado no contexto da descentralização, incentivando a ampliação da geração distribuída. Isto posto, o presente artigo tem como objetivo geral investigar o papel das microrredes no setor elétrico em

¹ Pesquisadora Junior do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL).

² Pesquisadora Junior do GESEL.

⁴ Pesquisador Junior do GESEL.

⁵ Pesquisadora do GESEL

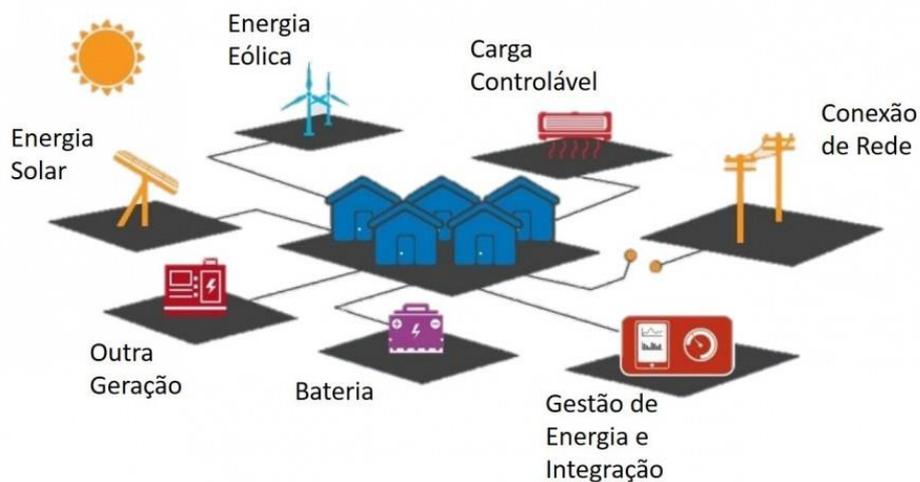
⁶ Pesquisador Sênior do GESEL.

transição, com ênfase na identificação de oportunidades e desafios. Para tal, o estudo de caso da microrrede do Brooklyn, nos Estados Unidos, e da Copel, no Brasil, são destacados, fornecendo perspectivas futuras para as microrredes no Brasil.

As microrredes podem ser definidas pela integração de vários recursos de geração distribuída, armazenadores de energia e cargas (CPFL, 2014). Elas funcionam como um sistema elétrico completo, pois englobam produção, fornecimento e consumo de energia elétrica, ligados entre si em uma única matriz de produção. Apesar de não haver consenso na literatura acerca de seu tamanho, as microrredes são consideradas pequenas, tanto em termos de extensão quanto em termos elétricos. Ou seja, geralmente, as microrredes não ocupam espaços com áreas cujo raio exceda dezenas de quilômetros, de modo a não alcançar as dimensões dos sistemas elétricos tradicionais, e são somente sistemas de baixa e média tensões, com potências que não ultrapassam dezenas de megawatts (FREITAS e JUNIOR, 2020).

Além disso, nas microrredes, a geração é realizada em uma área delimitada e localmente próxima dos usuários, sendo particular ao local e ao modo de sociedade ali presente. Esta característica está diretamente relacionada ao uso dos Recursos Energéticos Distribuídos (REDs), fazendo das microrredes meios ativos e participativos para sua integração. Neste viés, através das microrredes, a geração de energia passa a ter um controle mais interativo e detalhado, pois o sistema tem como função alimentar as cargas localmente com plantas de geração menores e com limites elétricos definidos. A Figura 1 apresenta um esquema que exemplifica o funcionamento de uma microrrede.

Figura 1: Exemplo de Microrrede



Fonte: Legado Energias Renováveis (2020).

Ao observar o enfoque ecológico, tem-se que a escassez de combustíveis fósseis utilizados para alimentação de grandes termelétricas e o prejuízo causado ao planeta pela queima desses combustíveis favorecem investimentos em energia de fontes renováveis ou não convencionais. Neste sentido, a tecnologia de microrredes traz diversos benefícios em consonância com estas preocupações da sociedade atual, como a redução de emissão de CO₂ através do uso de fontes renováveis (DE CONTI e RODRIGUES, 2015).

Dado que são formadas por sistemas de geração e armazenamento distribuídos, as microrredes podem operar completamente ou parcialmente sem apoio da rede elétrica, proporcionando benefícios não só ao consumidor, mas às distribuidoras e à sociedade em geral. Além disso, as microrredes criam, também, expectativas relacionadas às novas redes inteligentes, uma vez que são vistas como blocos que poderiam facilitar a sua construção. Assim, é possível que uma rede inteligente surja através da união de microrredes de baixas potências, por meio de transformações ao longo do tempo, por exemplo (BELLIDO, 2018).

Ademais, considerando que as microrredes tendem a ser plantas de menor porte, elas são consideradas adequadas para a geração distribuída e menos dependentes de fatores geográficos para a implantação. Há, também, o aumento da confiabilidade no fornecimento de energia, já que as microrredes são projetadas para operar mesmo na ausência do sistema elétrico da rede elétrica convencional, não dependendo, portanto, do pleno funcionamento desta rede.

Deste modo, em caso de falha na rede, as microrredes suprem as necessidades de forma independente. Outra vantagem da geração próxima à carga é a diminuição das perdas na transmissão, uma vez que a geração estaria instalada diretamente à distribuição, não estando sujeita a perdas e faltas na transmissão, como acontece na rede convencional (MENDONÇA, 2011).

Apesar dos benefícios citados, pode-se apontar que as microrredes apresentam, de forma geral, dois principais tipos de desafios: técnicos e regulatórios. No primeiro grupo, nota-se que, apesar das microrredes serem adaptáveis ao modelo atual, podendo ser instaladas gradativamente, a adoção de redes de distribuição ativas representa um desafio técnico, já que o fluxo de potência na carga passa a ser bidirecional, exigindo uma flexibilidade maior do controle e da proteção dos sistemas de potência envolvidos.

Além disso, com a implantação de microrredes, passa a ser necessário um acompanhamento técnico bem maior, devido ao número mais elevado de eventos em uma rede de fluxo bidirecional, com mais geradores próximos à carga. Também se torna necessário um grande conhecimento nas áreas de controle e proteção flexíveis, bem como simulações e gerenciamento de rede em tempo real. Por último, é necessária a utilização de sensores e instrumentos de medida mais avançados do que os usuais (MENDONÇA, 2011).

No que tange aos desafios regulatórios, a tendência tecnológica em torno das redes elétricas cria a oportunidade de um novo mercado para diferentes tecnologias, como rede de dados, medidores inteligentes e displays interativos, equipamentos para automação da rede de distribuição em média tensão, equipamentos para geração distribuída, sistemas inteligentes de suporte à gestão, entre outros. Porém, no Brasil, esse novo mercado ainda não está regulado pelo estado, o que pode gerar resultados econômicos indesejados para a sociedade. Assim, a criação desta regulação deve ser estudada com cautela, a fim de maximizar os benefícios destas novas tecnologias distribuídas, como eficiência energética, diminuição das emissões de gases que causam o efeito estufa e inclusão do consumidor como agente ativo dentro do sistema elétrico.

Destaca-se que o grande desafio para o modelo regulatório atual frente à inserção das redes elétricas inteligentes, às quais as microrredes fazem parte, é que o mesmo é pautado basicamente por um massivo investimento financeiro em infraestrutura de geração centralizada e em redes de transmissão e distribuição. Assim, a adoção de microrredes, caracterizadas pela rápida evolução tecnológica e adoção de recursos digitais, pode significar uma disrupção à tradicional cadeia de fornecimento do setor elétrico, representando, simultaneamente, um risco ao modelo de negócio baseado na recuperação de custos, mas também uma oportunidade para novas atuações distribuídas, exercidas tanto por novos entrantes quanto por agentes incumbentes (CYSNE, 2018).

Apesar de em estágio inicial, pode-se notar uma crescente disseminação de microrredes no cenário internacional, com exemplos espalhados tanto na Europa quanto nos Estados Unidos (GAZETA DO POVO, 2017). Dentre estes, um caso novaiorquino se destaca, principalmente, pelo seu desenvolvimento frente ao panorama de digitalização, com o emprego da tecnologia blockchain. Neste sentido, a microrrede do Brooklyn apresenta um papel de suma importância no contexto da utilização bem sucedida dos REDs em um “mercado on-line de energia”, permitindo a troca de eletricidade por um aplicativo utilizando a internet. Sendo assim, este caso guiará o processo de exemplificação do panorama externo do desenvolvimento das microrredes exibido neste artigo, mostrando a evolução e o sucesso deste tipo de sistema para o setor elétrico.

Fundada no ano de 2016 pela startup LO3 Energy, a microrrede comunitária do Brooklyn possui como principal objetivo o fornecimento de um backup resiliente às interrupções da rede local. A partir disso, o seu plano central baseia-se na criação de um mercado que permita a conexão entre indivíduos possuintes de sistemas solares de energia em sua residência ou empresa e consumidores do setor elétrico dispostos a despende uma quantia voltada à compra do excedente de energia gerada pelos agentes prossumidores (SOLAR UNITED NEIGHBORS, 2016). Contudo, o projeto encarava um grande desafio frente aos perigos advindos da ausência de segurança de dados, na medida em

que pretendia realizar um comércio de energia elétrica livre da intermediação de distribuidoras.

Como consequência dos ambiciosos propósitos exibidos, surge a TransActive Grid (TAG), da LO3 Energy, como um mercado permissor de trocas de energia entre “grupos de vizinhos”. Neste contexto, a TAG apresenta, baseada no sistema Exergy, uma plataforma que utiliza a tecnologia de blockchain como forma de solucionar os problemas voltados à segurança de dados. Através desta tecnologia, as trocas ocorrem por meio do método conhecido como peer-to-peer, possibilitando um modelo comercial de energia de ponto a ponto com ocorrência em tempo real. Em suma, os benefícios gerados por uma nova plataforma trabalhando dentro da rede elétrica convencional favorecem uma rápida adoção e integração dos REDs, considerando a extração de valor pelos prossumidores e o entrosamento entre o armazenamento e a energia solar fotovoltaica (THE ENERGY INTERNET, 2019).

Além disso, para a excelência do software da microrrede do Brooklyn, cada residência ou estabelecimento aderente deveria obter um medidor inteligente, que disponibilizaria dados direcionados à criação de “tokens” (ativos digitais) de energia, comercializados na TAG. Desta forma, a seleção da fonte de energia e a definição de um orçamento diário para compra por parte dos consumidores ocorre através de um aplicativo móvel. Por sua vez, os prossumidores escolhem, simultaneamente, entre duas possibilidades: vender o seu excedente no mercado ou prolongar a medição líquida da rede com a Con Edison, concessionária regulamentada que fornece serviços de eletricidade e gás na cidade de Nova York.

Somado a todos os pontos expostos, a microrrede do Brooklyn se respaldou, em 2014, na Reforma da Visão de Energia, ou REV (na sigla em inglês), planejada pelo governo de Andrew M. Cuomo, que busca modernizar os mercados e a rede elétrica, incentivando o desenvolvimento de instrumentos de descentralização, como as microrredes, com uma participação mais ativa da comunidade (GAZETA DO POVO, 2017). Com isso, a Comissão de Serviço Público estadual, que supervisiona e regula os setores de eletricidade, gás, água

e telecomunicações em Nova York, avaliou algumas mudanças na regulamentação necessárias para implementação deste serviço, incluindo a aprovação de novas formas para determinar o preço do fornecimento a partir de projetos de energia renovável. Em suma, atesta-se a urgência de avanços por parte da regulação para possibilitar a implementação de novas tecnologias, como a blockchain, trabalhando em conjunto com energias renováveis.

Ademais, a implementação e o arcabouço da microrrede do Brooklyn fornecem, além da redução das emissões de gases de efeito estufa e da poluição do ar, dois benefícios centrais. O primeiro advém da possibilidade deste sistema de gerar um nível de energia suficiente para sustento do fornecimento voltado a áreas remotas, que necessitam de uma extensa linha de transmissão. A partir disso, ocorreria uma redução no custo de transporte de energia por longas distâncias, inovando o panorama elétrico. O segundo ponto consiste no apoio à economia local, visto que a nova renda recebida pelos prossumidores seria despendida na comunidade (BROOKLYN MICROGRID, 2021).

Assim como no resto do mundo, o cenário brasileiro de microrredes encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento. Em setembro de 2020, a Copel anunciou de forma pioneira a pretensão de lançar uma chamada pública para contratar energia proveniente de microrredes (COPEL, 2020a). Segundo a concessionária, os proprietários de sistemas de geração distribuída que integrassem microrredes poderiam vender a energia produzida para a Copel, que a utilizaria para suprimento de demanda de consumidores próximos e se responsabilizaria pelo controle e pela segurança da operação.

Nota-se que, com o projeto, a Copel busca os seguintes benefícios:

- a. Aumento na confiabilidade e na resiliência da rede, dada a capacidade deste tipo de sistema de operar isoladamente;
- b. Redução de perdas técnicas, devido à diminuição da distância percorrida pela energia;
- c. Aumento da qualidade da energia fornecida; e
- d. Postergação de investimentos na rede de distribuição.

A chamada pública foi lançada em novembro de 2020, com previsão de contratação de 50 MW médios de energia em microrredes, o que equivale a 1,9%

da carga anual da concessionária. Para participar da chamada, os acessantes precisariam gerar, através de qualquer fonte, entre 1 e 30 MW, a um custo máximo de venda de R\$ 311,00/MWh. Além disso, é exigida a garantia de sustento e controle da potência da microrrede por no mínimo cinco horas ininterruptas. Neste viés, observa-se que estes sistemas poderiam colaborar na manutenção do abastecimento em casos de problemas na rede (COPEL, 2020b).

O piloto teve autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como um sandbox regulatório, pois o pioneirismo do projeto no contexto brasileiro exige um cenário de experimentação no qual a flexibilização e a alteração de algumas regras sejam permitidas mediante condições e duração previamente determinadas. Deste modo, destaca-se que o projeto poderia colaborar para o desenvolvimento de uma legislação específica para as microrredes.

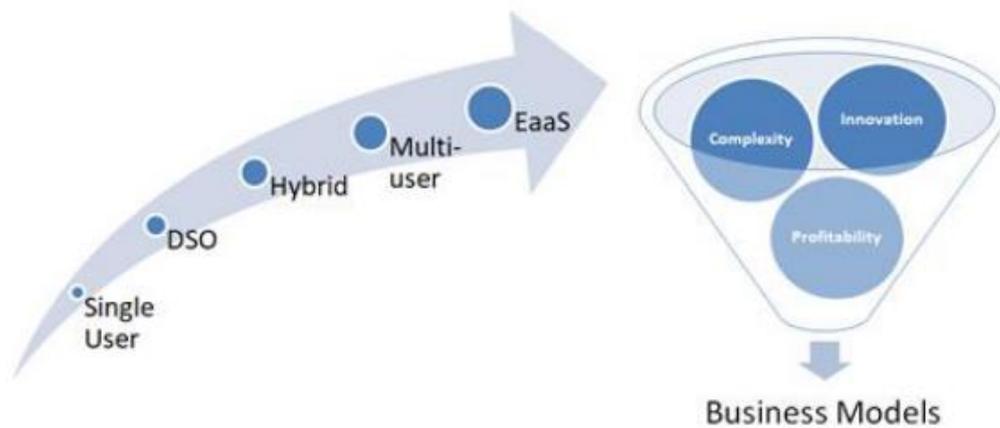
No âmbito deste projeto piloto, a Copel anunciou, em setembro de 2021, uma parceria com a Itaipu para a formação de uma microrrede na Granja Colombari (São Miguel do Iguazu, Paraná), que abastecerá, além da própria propriedade, outras três unidades consumidoras vizinhas. Segundo o anúncio, o projeto dará destino aos dejetos suínos da propriedade, que passarão por um tratamento e fornecerão, além de biofertilizantes, biogás para geração de energia elétrica.

Apesar de pouco difundidas no país, representadas apenas pela iniciativa da Copel, as microrredes estão no radar da ANEEL para desenvolvimento e expansão nos próximos anos. Um exemplo é a Tomada de Subsídios nº 011/, que teve as microrredes, além dos REDs e das virtual power plants (VPPs), como foco. A iniciativa da ANEEL buscou investigar e mapear as melhores práticas relacionadas a estas tecnologias no contexto mundial e analisar como a experiência internacional pode ser aplicada na criação de modelos regulatórios para a modernização do Setor Elétrico Brasileiro (ANEEL, 2021).

Na Nota Técnica da Tomada de Subsídios, são apresentados cinco modelos de negócios para microrredes urbanas com base em Marco Aurélio Lenzi Castro (2020), conforme demonstrado na Figura 2. Em escala de

simplicidade, tem-se em primeiro lugar o Single-user, no qual o proprietário dos ativos e o operador da microrrede são o próprio consumidor. A seguir, tem-se o modelo DSO, no qual o operador e o detentor dos REDs é a distribuidora. No modelo híbrido, por sua vez, o consumidor pode ter ativos próprios ou contratar os serviços dos REDs, enquanto a distribuidora opera a rede. Já no Multi-user, o responsável pela construção, operação e propriedade da rede é uma empresa contratada, que presta serviços aos participantes. Por último, no modelo Energy-as-a-Service, além de deter e operar a rede, a empresa terceirizada oferece serviços adicionais aos clientes, como gerenciamento de energia, ações de eficiência energética, atuação no mercado atacadista e financiamento de projetos.

Figura 2 - Modelos de negócio para microrredes urbanas



Fonte: ANEEL (2021).

Apesar da variedade de modelos, a ANEEL enxerga dois desafios para a expansão da tecnologia no país: (i) a necessidade de procedimentos técnicos específicos na transição da microrrede entre os modos conectado e ilhado e na reconexão à rede principal; e (ii) a dificuldade de equilibrar a carga com a geração local durante a operação ilhada, mantendo a estabilidade da rede. Já dentre as principais vantagens do mecanismo percebidas pelo órgão regulador estão o aumento da confiabilidade e da resiliência do suprimento de energia diante de interrupções prolongadas e a redução do custo da energia com uso de REDs.

Portanto, pode-se concluir que, apesar do baixo nível de difusão da tecnologia no país, as microrredes estão sendo notadas pelo órgão regulador brasileiro como uma oportunidade para a modernização do setor elétrico.

Adicionalmente, cabe mencionar que, embora as microrredes no Brasil se apresentem em estágio inicial, a experiência internacional não se mostra muito distante da nacional em termos de nível de difusão, conforme apresentado pela ANEEL. O estudo do regulador aponta que as microrredes em regiões como Alemanha, Califórnia, Nova Iorque, Austrália, Chile, Índia, México e Colômbia também se encontram em fase inicial, de testes ou com projetos piloto. Já Espanha, Itália e Reino Unido não tiveram a tecnologia de microrredes identificada.

Em suma, o caso da microrrede do Brooklyn é uma exceção, mostrando-se em estágio avançado, considerando os sete anos de operação e a tecnologia de blockchain empregada. Com o sucesso deste projeto, o cenário brasileiro pode adquirir alguns insights. O primeiro se trata da necessidade de expandir o processo de digitalização em conjunto com os instrumentos de descentralização, neste caso, as microrredes. O segundo ponto refere-se à busca de uma maior autonomia frente às distribuidoras para o funcionamento dos sistemas de microrredes em ascensão, o que não é verificado no projeto da Copel. Neste sentido, à medida que essa independência é obtida, as trocas do excedente de eletricidade gerada pelas fontes renováveis podem acontecer em tempo real e ser controladas pelos próprios prossumidores e consumidores, difundindo cada vez mais esta forma de fornecer energia.

Referências

Cysne, Damasceno K. Microrrede inteligente: um desafio para o setor regulatório brasileiro. Documento eletrônico. Disponível em <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45074/3/2018_tcc_kdcysne.pdf>. Acesso em 20 set. 2021.

Bellido, Huamaní Max M. Microrredes elétricas: uma proposta de implementação no Brasil. Documento eletrônico. Disponível em <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Marlon_Max_Huaman%C3%AD_Bellido.pdf>. Acesso em 20 set. 2021.

Mendonça, Paulis L. Introdução às microrredes e seus desafios. Documento eletrônico. Disponível em <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003805.pdf>>. Acesso em 20 set. 2021.

Microgrids: State-of-the-art, challenges and trends for the sustainable generation, distribution and use of electricity. Brazilian Applied Science review, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BASR/article/view/21535>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Conexão de micro e minigeração distribuída sob sistema de compensação de energia elétrica. CPLF, 2020. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/Paginas/pb026-estudos-dos-impactos-da-insercao-de-microrredes-e-microgeracao-em-sistemas-de-distribuicao.aspx>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Você sabe o que é uma microrrede? Legado Energias Renováveis, 2020. Disponível em: <https://legadoenergias.com/publicacao/voce-sabe-o-que-e-uma-microrrede/>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Projeto no Brooklyn permite que vizinhos comercializem energia entre si. Gazeta do Povo, 2017. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/projeto-no-brooklyn-permite-que-vizinhos-comercializem-energia-entre-si-bbmtmd5v8ij30caofnh5v90dg/>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Kessler, S. et al. How the Brooklyn Microgrid and TransActive Grid are paving the way to next-gen energy markets. The Energy Internet, 2019. Cap. 10, p. 223-239. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081022078000102>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Baldwin, J. D. A microgrid grows in Brooklyn. Solar United Neighbors, 2016. Disponível em: <https://www.solarunitedneighbors.org/news/microgrid-grows-brooklyn/>. Acesso em: 20 de set. 2021.

About. Brooklyn Microgrid, 2021. Disponível em: <https://www.brooklyn.energy/about>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Orsini, L. et al. The Energy Internet: An Open Energy Platform to Transform Legacy Power Systems Into Open Innovation and Global Economic Engines. Cap 10. United Kingdom: Elsevier Science, 2018. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/The_Energy_Internet/AzJ1DwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=The+Energy+Internet&printsec=frontcover. Acesso em: 20 de set. 2021.

Copel contratará energia de geração distribuída para operar microrredes. Copel, 2020. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-contratara-energia-de-geracao-distribuida-para-operar-microrredes/>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Chamada pública Copel DIS GD 001/2020 compra de energia elétrica de geração distribuída. Copel, 2020. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/wp-content/uploads/2020/11/Edital-Chamada-Publica-DIS-GD001-2020site.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2021.

Nota Técnica nº 0076/2021-SRD/ANEEL. Aneel, 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/tomadas-de-subsidios?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_idDocumento=43947&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp. Acesso em: 20 de set. 2021.

Castro, M. A. L. Urban microgrids: benefits, challenges, and business models. *The Regulation and Policy of Latin American Energy Transitions*, 2020. Cap. 9, p. 153-172. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819521-5.00009-7>. Acesso em: 20 de set. 2021.