

AS POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DAS REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES: OS CASOS DOS ESTADOS UNIDOS, DE PAÍSES EUROPEUS E DA CHINA

Robson Luiz Mori¹

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo central apresentar as principais políticas realizadas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos três maiores atores internacionais envolvidos: Estados Unidos, países europeus e China, destacadamente a partir da década de 2000. Tais políticas são justificadas principalmente pelo seu potencial impacto econômico e ambiental e pelas dificuldades de implantação de novas tecnologias no setor devido à rigidez de sua base estrutural. Os estudos de caso são realizados a partir de pesquisas e coleta de dados em instituições-chaves para a política do setor elétrico, como ministérios e órgãos de fomento, bem como de outros documentos e trabalhos da área. Como principais resultados, os estudos mostram um intenso uso de políticas internas e internacionais. Mostram também que o estágio de aplicação das novas tecnologias no mercado ainda é incipiente e o seu crescimento é lento e deve continuar por um longo período.

Palavras-chaves: Políticas; Redes Elétricas Inteligentes; Estados Unidos; Países Europeus; China.

POLICIES FOR THE DEVELOPMENT OF SMART ELECTRICAL GRIDS: THE CASES OF THE UNITED STATES, EUROPEAN COUNTRIES AND CHINA

ABSTRACT: The main objective of this work is to present the main policies carried out for the development of smart electrical grids in the three major international actors involved: United States, European countries and China, especially since the 2000s. Such policies are justified mainly by their potential economic and environmental impact and by the difficulties in implementing new technologies in the sector due to the rigidity of its structural base. The case studies are carried out based on research and data collection in key institutions for electricity sector policy, such as ministries and development agencies, as well as other documents and works in the area. As main results, the studies show an intense use of domestic and international policies. They also show that the stage of application of new technologies in the market is still incipient and their growth is slow and should continue for a long time.

Keywords: Policies; Smart Grids; United States; European Countries; China.

Data da submissão: 20-07-2021

Data do aceite: 10-12-2021

INTRODUÇÃO

O conceito de rede elétrica inteligente (do inglês *smart grid*) não está completamente consolidado na literatura internacional. De qualquer forma, o termo vem sendo amplamente usado para indicar redes que adotam tecnologias de sensoriamento, monitoramento, informação e telecomunicações, de caráter digital, visando produzir um sistema elétrico mais eficiente do ponto de vista técnico, econômico e ambiental.

Apesar dos significativos avanços tecnológicos ocorridos no setor de energia elétrica e em outros setores correlatos nas últimas décadas e dos benefícios que essas novas tecnologias podem possibilitar, a aplicação das mesmas no setor é muitas vezes dificultada pela rigidez de sua base estrutural, caracterizada, por exemplo, por falhas de mercado naturais (principalmente nos segmentos de transmissão e distribuição), longa vida útil dos ativos e elevados custos para a implantação de novas tecnologias. Assim, as empresas do setor geralmente não têm incentivos suficientes via mercado para realizar desenvolvimentos tecnológicos e suas aplicações.

Diante dessa realidade e em meio a um ambiente de fortes pressões de segmentos da sociedade para a racionalização do consumo de energia elétrica, a redução do desperdício, a diminuição da dependência do

¹ Professor do Departamento de Economia da Universidade Estadual de Maringá (DCO/UEM).

mercado do petróleo, entre outras demandas, diversos países do mundo vêm discutindo o papel e o espaço que as políticas governamentais devem ter para estimular o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes em seus territórios. Estados Unidos e União Europeia começaram a se mobilizar para a realização dessas políticas a partir da década de 2000. A China veio logo em seguida, também observando a necessidade das políticas. Muitos outros países (Japão, Coreia do Sul, Austrália, etc.) também seguiram o mesmo caminho, tendo como principais exemplos os casos norte-americano e dos países europeus.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo central apresentar as principais políticas realizadas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos Estados Unidos, em países europeus e na China, destacadamente a partir da década de 2000. Na seção dos países europeus são apresentados os casos da União Europeia e de dois destacados países do grupo: França e Itália. A opção pela adoção de uma abordagem histórica foi feita visando a obtenção de uma percepção política mais ampla dos referidos países para o tema.

Buscando cumprir o seu objetivo, o presente trabalho conta com cinco seções, além desta introdução e de suas observações conclusivas. Na primeira delas é realizada uma breve revisão das principais áreas de estudo do tema e da literatura pertinente. Na segunda são apresentados aspectos metodológicos do trabalho. Entre a terceira e a quinta são apresentados os estudos de caso dos Estados Unidos, de países europeus e da China.

2. AS PRINCIPAIS ÁREAS DE ESTUDO SOBRE POLÍTICAS PARA REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES E A LITERATURA PERTINENTE

As políticas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes é atualmente um tema de interesse em diversas áreas do conhecimento, como as tecnológicas, a econômica e a social. Por conta da amplitude da discussão, nesta seção é realizada apenas uma breve revisão das principais áreas de estudo dessas políticas e da literatura pertinente, com foco na área econômica.

Iniciando pelas áreas de estudo, cabe destacar primeiramente que as referidas políticas podem envolver uma série de incentivos, como recursos para instituições de ciência, tecnologia e inovação ou empresas (públicas ou privadas) do setor para desenvolvimentos tecnológicos e aplicações de produtos/serviços no mercado. Podem ainda envolver incentivos ao consumidor para a demanda desses produtos/serviços ou até compras governamentais.

No que tange aos incentivos para as instituições de ciência, tecnologia e inovação e empresas do setor, as principais preocupações presentes na literatura estão em como e em que proporção as políticas governamentais (incluindo as de regulação) podem contribuir para o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias e produtos/serviços inteligentes no mercado. Esta discussão está presente em trabalhos como os de Meeus et al. (2010) e Costa, Bento e Marques (2014).

No âmbito do engajamento dos consumidores para a demanda dos produtos/serviços das redes elétricas inteligentes, a principal discussão política observada na literatura é sobre a adoção de mecanismos de preços que incentivem os consumidores a utilizarem esses produtos/serviços, tais como os contadores eletrônicos. Esta discussão está presente em trabalhos como os de Siano (2014) e Haider, See e Elmenreich (2016).

Outros trabalhos também são observados visando apresentar e/ou analisar o desenvolvimento político em diferentes países. Entre eles estão os de Monypeny (2013), para os Estados Unidos, Lin, Yang e Shyua (2013), para China e Estados Unidos, Ma (2018), para China e Japão, Crispim et al. (2014), para Reino Unido, Itália e Portugal, e Brown e Zhou (2012) e MI (2019), para diversos países. Estes estudos são especialmente relevantes por mostrarem diferentes condições e necessidades (estruturais do setor, econômicas, políticas, sociais, ambientais, entre outras) que cada país possui para a realização dessas políticas.

Embora tratem de casos específicos e tenham escopos distintos, estes trabalhos mostram, no geral, que as políticas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes estão ativas e em expansão. Mostram também que a aplicação das novas tecnologias inteligentes no mercado ainda é incipiente em nível internacional, o que indica que o caminho dessas políticas será longo.

O presente trabalho insere-se neste contexto de estudos de caso sobre desenvolvimentos políticos para as redes elétricas inteligentes em diferentes países, visando principalmente mostrar as principais políticas que estão sendo realizadas nos maiores *players* mundiais do setor elétrico: Estados Unidos, países europeus e China. São agregadas neste trabalho informações sobre as políticas que estão dispersas em documentos oficiais ou em estudos da área, o que pode contribuir tanto para um maior entendimento do estado da arte das

políticas, quanto para tendências futuras dessas mesmas políticas e, por consequência, dos próprios mercados envolvidos.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para a realização de estudos de caso comparativos é preciso primeiramente definir sua forma de abordagem e delimitar a sua abrangência. No presente trabalho, em particular, opta-se por uma abordagem histórica descritiva ampla das políticas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos países selecionados, destacando as principais políticas adotadas.

Ao longo dos estudos destacam-se políticas internas e a postura internacional. Entre as primeiras estão as políticas para o desenvolvimento científico e tecnológico, os incentivos (diretos ou indiretos) para as empresas públicas e privadas e para os consumidores e a regulamentação de produtos/serviços. Na última enfatiza-se a participação dos países em fóruns, acordos e programas internacionais.

Dentro desta forma de abordagem, abrangência e organização, o trabalho utiliza-se dos principais documentos pertinentes (incluindo leis, planos, programas governamentais, etc.), disponibilizados pelas instituições oficiais dos países estudados (ministérios, órgãos de fomento, entre outros) ou obtidos em outros trabalhos da área.

Os estudos de caso são realizados, assim, a partir de pesquisas e coleta de dados em instituições chaves para a política do setor elétrico nos países estudados, bem como de outros documentos e trabalhos da área. Entre as instituições mais importantes para o trabalho, neste contexto, estão o Department of Energy (DOE), dos Estados Unidos, a Comissão Europeia e o Ministry of Science and Technology (MosT), da China. Nestas instituições são levantados e estudados os principais programas de política setorial com foco ou abrangência na área de redes elétricas inteligentes.

Outras instituições desses países, bem como instituições/organizações/fóruns internacionais da área, também entraram no escopo do estudo para um maior entendimento da dimensão e da complexidade política envolvida. Entre as primeiras estão a Federal Energy Regulatory Commission (FERC), dos Estados Unidos, e a Chinese Academy of Science (CAS), da China, além de diversas instituições regulatórias e de fomento da França e da Itália. No âmbito das instituições/organizações/fóruns internacionais, foram observados casos como os da: Mission Innovation (MI), Clean Energy Ministerial (CEM), International Energy Agency (IEA) e International Smart Grids Action Network (ISGAN)².

4. ESTADOS UNIDOS

Apesar do tamanho da economia norte-americana e do seu mercado de eletricidade, bem como de sua histórica liderança mundial em desenvolvimentos tecnológicos no setor, a rede elétrica dos Estados Unidos é desatualizada e ineficiente, sendo comum a ocorrência de blecautes e falta de energia. Isto torna o argumento para o desenvolvimento da rede elétrica inteligente ainda mais forte no país.

O primeiro passo político importante dado pelos Estados Unidos, em nível federal, para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes foi a aprovação do Energy Policy Act 2005. Esta lei determinou às concessionárias estaduais incorporações de energias renováveis, inclusive através de créditos fiscais, e componentes de preços para redes elétricas inteligentes. Conforme a Seção 1252, por exemplo, a participação do consumidor deveria ser incentivada por meio da implantação de medição inteligente e preços dinâmicos, com a sinalização adequada dos benefícios (MONYPENY, 2013).

O grande marco político para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes dos Estados Unidos, no entanto, foi a aprovação do Energy Independence and Security Act – EISA (2007). O EISA estabeleceu diversos objetivos para a rede elétrica nacional, com base no avanço das redes elétricas inteligentes, tais como: aumento do uso da informação digital e de tecnologias de controle para melhorar a confiabilidade, a segurança e a eficiência da rede elétrica; otimização dinâmica das operações e recursos de rede, com total

² MI é uma iniciativa global para acelerar a inovação (pública e privada) de energias limpas a fim de enfrentar as mudanças climáticas, tornar a energia limpa acessível aos consumidores e criar empregos verdes e oportunidades comerciais. CEM são fóruns globais realizados para promover políticas e compartilhar as melhores práticas, com o objetivo de acelerar a transição para a energia limpa. IEA é uma organização internacional, sediada em Paris, ligada à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que atua como orientadora política em assuntos energéticos para seus 30 países membros. ISGAN é um programa cooperativo em redes inteligentes implementado pela IEA a partir de 2011 (MI, 2021a; CEM, 2021; IEA, 2021; ISGAN, 2021).

segurança cibernética; integração entre geração e distribuição; desenvolvimento de recursos para o incentivo à demanda e para a eficiência energética; implantação de tecnologias inteligentes para medição, comunicação relativa às operações de rede e automação da distribuição; integração de aparelhos inteligentes e dispositivos de consumo; implantação e integração de armazenamento avançado de eletricidade e tecnologias para a redução de picos de demanda e; desenvolvimento de padrões para comunicação e interoperabilidade de aparelhos e equipamentos conectados à rede elétrica (EISA, 2007).

O EISA ainda determinou a formação de um Comitê de Consultoria de Redes Inteligentes para auxiliar na criação de padrões para tecnologias em todos os estados norte-americanos, bem como de uma força-tarefa (Smart Grid Task Force) para coordenar políticas futuras. Por outro lado, manteve o papel dos governos estaduais na regulação primária da distribuição e venda de energia elétrica (MONYPENY, 2013). Ademais, o EISA direcionou o National Institute of Standards and Technology (NIST), uma importante agência federal de padrões dos Estados Unidos, para o desenvolvimento de uma estrutura de interoperabilidade de rede elétrica inteligente, a fim de fornecer protocolos e padrões tecnológicos (BROWN E ZHOU, 2013).

Apesar dos inegáveis avanços políticos do Energy Policy Act 2005 e do EISA para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos Estados Unidos, ainda faltava no país um maior suporte financeiro para as novas tecnologias, o que tornou a efetivação de políticas muito dependente dos governos estaduais. Dentro desta realidade, em 2009 foi publicado o American Recovery and Reinvestment Act, com o principal objetivo de estimular investimentos em redes elétricas inteligentes por meio de subsídios de até 50% (MONYPENY, 2013).

Desde então, os incentivos financeiros passaram a ser o tema mais relevante para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos Estados Unidos. Dentro da configuração institucional do setor elétrico do país, o DOE tem um papel importante, uma vez que conta, em sua estrutura, com diversos fundos e programas de subsídios e financiamentos, que passaram a introduzir ações ligadas às redes elétricas inteligentes. Dentre esses fundos e programas estão o Resources for Small Business, o Office of Science Funding Opportunities, o Fossil Energy Funding, o Loan Programs Office, o Energy Efficiency and Renewables, o ARPA-E Funding Opportunities, o Nuclear Energy Funding, o State Energy Program e o Small Business Innovation Research³ (DOE, 2021).

Um destaque especial neste contexto pode ser dado ao Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E), criado em 2007 com o propósito principal de fomentar as inovações tecnológicas no setor elétrico norte-americano. Para a sua atuação, o Congresso dos Estados Unidos recomendou ao DOE a criação de uma Agência de Projetos de Pesquisa Avançada, modelada com base na experiência da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA). O ARPA-E recebeu suas primeiras dotações, de US\$ 400 milhões, em 2009. Desde então, emite Anúncios de Oportunidade de Financiamento (Funding Opportunity Announcements - FOAs) periódicos, que têm como principal objetivo a superação de barreiras tecnológicas do setor de energia elétrica do país. Os FOAs procuram identificar projetos de alto potencial, que podem abordar toda a gama de tecnologias relacionadas à energia elétrica (DOE, 2021).

Entre os programas oferecidos pelo ARPA-E, em diversas áreas do setor de energia elétrica, cujas seleções ocorreram a partir de 2018, estão o SENSOR (Saving Energy Nationwide in Structures with Occupancy Recognition), o INTEGRATE (Innovative Natural-Gas Technologies for Efficiency Gain in Reliable and Affordable Thermochemical Electricity-Generation), o MEITNER (Modeling-Enhanced Innovations Trailblazing Nuclear Energy Reinvigoration), o OPEN 2018, o DAYS (Duration Addition to Electricity Storage), o HITEMMP (High Intensity Thermal Exchange through Materials and Manufacturing Processes) e o BREAKERS (Building Reliable Electronics to Achieve Kilovolt Effective Ratings Safely)⁴ (DOE, 2021).

Outro destaque dos Estados Unidos para o desenvolvimento tecnológico nas redes elétricas inteligentes são os seus laboratórios nacionais, que vêm prestando um serviço de fronteira tecnológica em diversas áreas desde a Segunda Guerra Mundial⁵. Estes laboratórios podem contribuir decisivamente para o êxito das políticas de desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos Estados Unidos e no mundo.

No âmbito regulatório, o regulador setorial FERC recebeu do EISA a autoridade para o desenvolvimento de padrões para as redes elétricas inteligentes, mas não para torná-los obrigatórios (EISA,

³ Informações sobre esses fundos e programas podem ser obtidas em DOE (2021).

⁴ Informações sobre esses programas podem ser obtidas em DOE (2021).

⁵ Informações sobre esses laboratórios podem ser obtidas em DOE (2021).

2007). Dentro deste contexto, a atuação da FERC vem ocorrendo principalmente na regulamentação de produtos/serviços relacionados às redes elétricas inteligentes a partir dos conhecimentos produzidos e das demandas dos atores envolvidos, bem como no auxílio ao NIST no desenvolvimento de padrões para aplicações dos novos produtos/serviços no mercado.

Já no âmbito internacional, as políticas norte-americanas estão mais voltadas aos acordos bilaterais e multilaterais para o avanço tecnológico. O U.S. Department of Energy's Office of International Affairs (IA) é a instituição oficial dos Estados Unidos para tratar desses assuntos internacionais. Os Estados Unidos estão presentes em uma série de instituições/organizações/fóruns internacionais que visam o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes, tais como MI, CEM, IEA e ISGAN (MI, 2021a; CEM, 2021; IEA, 2021; ISGAN, 2021).

Cabe destacar, por fim, que o presidente dos Estados Unidos, Joe Biden, anunciou, logo no início de seu mandato, um audacioso plano de investimentos em infraestrutura de U\$ 2 trilhões, que, no setor elétrico, envolve áreas como veículos elétricos, energias renováveis, tecnologias emergentes (por exemplo, para armazenamento de energia, captura de carbono, hidrogênio e energia eólica) e tecnologias resilientes (WHITE HOUSE, 2021). Espera-se que, com esta disposição, novos incrementos nas políticas de desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos Estados Unidos ocorram nos próximos anos.

5. PAÍSES EUROPEUS

5.1 UNIÃO EUROPEIA

No âmbito da União Europeia, o primeiro passo político importante para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes, embora não trate especificamente do tema, foi dado pela Diretiva 2001/77/CE, de 27 de setembro de 2001, relativa à promoção de eletricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno de eletricidade. Este documento foi elaborado após discussões prévias realizadas no Conselho e no Parlamento Europeu e apresentou uma proposta para um quadro comunitário de acesso ao mercado interno de eletricidade produzida com foco nas fontes de energia renováveis. Menos de dois anos depois deste primeiro passo, a Diretiva 2003/54/CE, de 26 de junho de 2003, avançou no processo de padronização do setor de eletricidade nos países membros da União Europeia, estabelecendo novas regras comuns para o mercado interno (COMISSÃO EUROPEIA, 2001; 2003).

Já os documentos Green Paper (2005) e Green Paper (2006) avançaram nas proposições sobre eficiência energética, redução de impactos ambientais e inovação tecnológica. Estes documentos tinham como principal objetivo posicionar a União Europeia na vanguarda contra as alterações climáticas e das tecnologias para eletricidade mais limpa e sustentável, começando pela eficiência energética (COMISSÃO EUROPEIA, 2005; 2006a).

Em 2007, a Comunicação da Comissão Europeia ao Conselho, ao Parlamento Europeu e ao Comitê das Regiões (COM (2007) 723 Final) apresentou um plano estratégico europeu para as tecnologias energéticas. O documento enumerou uma série de desafios tecnológicos aos países membros da União Europeia até 2020: i) tornar os biocombustíveis de segunda geração alternativas em relação aos combustíveis fósseis, respeitando a sustentabilidade da sua produção; ii) possibilitar a utilização comercial de tecnologias de captura, transporte e armazenamento de CO₂; iii) duplicar a capacidade de produção de energia das maiores turbinas eólicas, com principal aplicação em parques eólicos marítimos; iv) demonstrar a maturidade comercial da energia fotovoltaica em grande escala e da energia solar concentrada e; v) viabilizar uma rede elétrica europeia única e inteligente capaz de assegurar a integração das fontes de energia renováveis e descentralizadas (COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

Já os desafios tecnológicos fundamentais da União Europeia para 2050 foram enumerados da seguinte forma: a) tornar a próxima geração de tecnologias de energias renováveis comercialmente competitiva; b) realizar progressos decisivos na relação custo/eficácia das tecnologias de armazenamento de energia; c) desenvolver tecnologias e criar condições para a indústria comercializar veículos movidos a hidrogênio; d) preparar uma nova geração (Gen-IV) de reatores de cisão com objetivos de sustentabilidade; e) completar a instalação de fusão ITER e assegurar a participação dos países europeus nesta indústria; f) elaborar visões alternativas e estratégias de transição para o desenvolvimento das redes transeuropeias de energia e de outros

sistemas necessários para apoiar a energia de baixo carbono e; g) realizar progressos decisivos em eficiência energética: materiais, nanociência, tecnologias de informação e comunicação, entre outras áreas (COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

A COM (2007) 723 Final ainda apresentou uma nova estrutura de governança para a União Europeia para as chamadas tecnologias energéticas estratégicas, com a criação do Grupo Diretor sobre Tecnologias Energéticas Estratégicas da Comunidade Europeia e do Sistema Europeu de Informação sobre Tecnologias Energéticas. O primeiro, para orientar a implementação do European Union Strategic Energy Technology Plan (SET Plan), com ênfase na coerência entre as ações nacionais, europeias e internacionais. O segundo, para levantamento de tecnologias (estado da arte, obstáculos, etc.) e capacidades (recursos financeiros e humanos) (COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

Dentro deste contexto, a Comissão Europeia propôs as seguintes iniciativas prioritárias a partir de 2008: i) Iniciativa Europeia sobre Energia Eólica: focada em grandes turbinas e sistemas (aplicação em terra e mar); ii) Iniciativa Europeia sobre Energia Solar: centrada na energia fotovoltaica em larga escala e na energia solar concentrada; iii) Iniciativa Europeia sobre Bioenergia: focada na "próxima geração" de biocombustíveis dentro de uma estratégia geral de utilização da bioenergia; iv) Iniciativa Europeia sobre Captura, Transporte e Armazenamento de CO₂: centrada nos requisitos de eficiência e segurança (de todo o sistema) que possam comprovar a viabilidade industrial frente às centrais elétricas alimentadas por combustíveis fósseis; v) Iniciativa Europeia sobre a Rede de Eletricidade: focada no desenvolvimento de um sistema de eletricidade inteligente, incluindo armazenamento e rede de transmissão em nível europeu e; vi) Iniciativa sobre Cisão Nuclear Sustentável: centrada no desenvolvimento de tecnologias da Geração IV (COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

O passo seguinte dado pela União Europeia para o avanço das políticas para as redes elétricas inteligentes foi a publicação da Diretiva 2009/72/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de julho de 2009, que estabeleceu regras comuns para o mercado interno de eletricidade e recomendações para que os Estados-Membros incentivassem a modernização das redes de distribuição, inclusive com a introdução de redes inteligentes, de forma a favorecer a produção descentralizada e a eficiência energética (COMISSÃO EUROPEIA, 2009).

Conforme esta Diretiva, os Estados-Membros deveriam assegurar a implementação de sistemas de contadores inteligentes para permitir a participação ativa dos consumidores no mercado de comercialização de eletricidade. No entanto, a implementação desses sistemas poderia ser submetida a uma avaliação de natureza econômica dos custos a longo prazo, dos benefícios para o mercado e para o consumidor individual, dos tipos de contadores economicamente mais razoáveis e do calendário mais viável⁶ (COMISSÃO EUROPEIA, 2009).

Já em 2011 foi publicado o documento Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comitê Econômico e Social Europeu e ao Comitê das Regiões – Redes Inteligentes: da Inovação à Implantação (SEC (2011) 463 Final). Conforme este documento, o futuro do crescimento econômico e dos empregos da União Europeia estaria cada vez mais relacionado às inovações em produtos e serviços, e o setor energético teria um importante papel neste contexto. Além disso, as inovações do setor contribuiriam para o enfrentamento de um dos desafios mais críticos da Europa: garantir a eficiência e o uso sustentável dos recursos naturais. Ainda conforme o documento, sem uma ampla reestruturação das redes e nos contadores de eletricidade, haveria perda de oportunidades de economia de energia, de eficiência energética, no avanço de energias renováveis e na segurança das redes (EUROPEAN COMMISSION, 2011).

O SEC (2011) 463 Final propôs ainda que os esforços para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes nos países membros da União Europeia ocorressem nas seguintes direções: desenvolvimento de padrões técnicos comuns, proteção de dados para os consumidores (privacidade), estabelecimento de estruturas regulatórias para incentivos à implantação de redes elétricas inteligentes, garantia de um mercado de varejo aberto e competitivo conforme o interesse dos consumidores e fornecimento de suporte contínuo à inovação para tecnologias e sistemas (EUROPEAN COMMISSION, 2011).

Outro avanço político para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes na União Europeia foi a publicação da Diretiva 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012.

⁶ O uso desses contadores já havia sido mencionado na Diretiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos (COMISSÃO EUROPEIA, 2006b).

Conforme este documento, os Estados-Membros deveriam garantir que as autoridades reguladoras nacionais de energia atuassem no sentido de assegurar regras e tarifas aplicáveis às redes capazes de gerar incentivos para uma maior eficiência energética. Estas instituições deveriam ainda assegurar a integração no mercado e a criação de condições para a igualdade de oportunidades de acesso ao mercado, tanto no que se refere aos recursos do lado da demanda, quanto em termos de produção (COMISSÃO EUROPEIA, 2012).

Já a Diretiva 2019/944/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 05 de junho de 2019, relativa a regras comuns para o mercado interno de eletricidade, reformulou a Diretiva 2012/27/UE e, no âmbito das redes elétricas inteligentes, atribuiu maior destaque para a implantação dos contadores inteligentes. Conforme o documento, os países poderiam definir sobre a implantação de sistemas de contadores inteligentes com base em avaliações econômicas. Caso a avaliação fosse negativa para uma parcela dos consumidores com determinado volume de consumo de eletricidade, a implantação não precisaria ser realizada. No entanto, as avaliações deveriam ser revistas periodicamente, pelo menos de quatro em quatro anos, tendo em conta a rápida evolução tecnológica (COMISSÃO EUROPEIA, 2019).

5.2 FRANÇA E ITÁLIA

Não obstante o avanço dos documentos da União Europeia visando o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes em seus países membros, a efetivação das políticas nesses países vem ocorrendo de maneira distinta. Nesta subseção são apresentados, de forma resumida, os casos de dois países europeus que vêm se destacando na realização de tais políticas: França e Itália.

Na França, os projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação em redes elétricas inteligentes têm como importantes financiadores a National Research Agency (ANR) e o Programme des Investissements d'Avenir" (PIA). Entre 2011 e 2019 o PIA, por meio de sua operadora, a agência de energia ADEME (Agence de la Transition Écologique), financiou 28 projetos, que envolveram mais de 120 parceiros públicos e privados e corresponderam a cerca de €120 milhões em investimentos (MI, 2019).

O Instituto SuperGrid também ocupa um papel relevante nos projetos franceses, atuando como uma plataforma de pesquisa colaborativa para o desenvolvimento de novas tecnologias para redes de transmissão de eletricidade. A plataforma obtém recursos públicos para investimentos da iniciativa privada em áreas geralmente abrangidas pela Mission Innovation Smart Grid Challenge Program of Work e pelas principais instituições de pesquisa públicas francesas, como a Commissariat à L'énergie Atomique et Aux Énergies Alternatives (CEA) e o Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) (MI, 2019).

A França é um dos líderes mundiais na implantação de contadores inteligentes, que começou a ocorrer em 2015 e, já em 2019, contava com cerca de 17 milhões de unidades. O contador Linky, usado no país, permite a coleta de dados para gerenciamento de rede, resolução de incidentes sem intervenção física, medição remota de consumo, acoplamento com dispositivos conectados diretamente ao contador (por exemplo, para controle de demanda) e acesso do cliente a um endereço eletrônico gratuito para visualizar o seu consumo e a sua curva de carga. Além disso, o Linky facilita o consumo fotovoltaico e permite o refinamento das tarifas (MI, 2019; BOTERO e GARCIA, 2020).

Do ponto de vista da gestão do sistema, os novos contadores vêm propiciando a troca de informações com os produtores de eletricidade locais, a possibilidade de desconexão em casos de incidentes, a previsão de consumo mais precisa, novas soluções de planejamento de rede, entre outros benefícios. Outros projetos que estão sendo desenvolvidos no âmbito de instituições setoriais, como a Électricité Réseau Distribution France (ENEDIS) e a Réseau de Transport d'Électricité (RTE), devem incrementar ainda mais a eficiência energética do país nos próximos anos (RTE, 2019; BOTERO e GARCIA, 2020);

No âmbito internacional, a França está envolvida em diversos programas de colaboração tecnológica hospedados pela IEA, como o ISGAN TCP. A França também faz parte de programas como o Mission Innovation Challenges e o Off-grid Access to Electricity Challenge (IC2)⁷, no qual ocupa uma posição de liderança (MI, 2019).

⁷ Innovation Challenges são "chamadas" globais destinadas a acelerar a pesquisa, o desenvolvimento e a demonstração de P&D em áreas de tecnologia que podem fornecer benefícios significativos na redução das emissões de gases de efeito estufa (MI, 2021b). Já o Off-grid Access to Electricity Challenge (IC2) visa o desenvolvimento de sistemas que permitam a famílias e comunidades acesso à eletricidade renovável confiável (MI, 2021c).

A Itália, por sua vez, é um dos países mais avançados na implantação de tecnologias de redes elétricas inteligentes, incluindo soluções para eficiência energética e armazenamento de energia. O país também foi pioneiro no desenvolvimento e implantação de contadores inteligentes na Europa. Por meio do projeto Telegestore, cuja primeira fase ocorreu a partir de 2001, a Itália instalou cerca de 32 milhões de contadores inteligentes (MENDES, et al., 2016). Além disso, o controle remoto e a automação da rede de distribuição italiana vêm permitindo uma alta penetração de plantas fotovoltaicas.

A implementação das políticas italianas envolve uma série de instituições, que operam de forma compatível com os regulamentos europeus: a autoridade de concorrência Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM), a autoridade reguladora de energia, redes e meio ambiente Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA), as operadoras da rede nacional de transmissão e as 126 empresas detentoras de concessão de distribuição de eletricidade (MI, 2019). No âmbito da regulação, a política é baseada em pesquisa, projetos-piloto e *roll out* (CRISPIM et al., 2014). O pioneirismo da operadora ENEL também foi fundamental para os resultados alcançados no setor (MENDES, et al., 2016). Esta estrutura institucional fornece as ferramentas necessárias para o êxito da Itália no desenvolvimento das redes elétricas inteligentes (CRISPIM et al., 2014).

Também tem papel relevante nesta política o programa Ricerca di Sistema Elettrico (RdS), financiado pelo Fondo per il Finanziamento delle Attività di Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale, que apoia as atividades de P&D no setor de energia, incluindo integração da geração, armazenamento de energia, controle ativo da distribuição, automação, tecnologias de comunicação, integração do usuário, medição e modelagem. As atividades do RdS são financiadas por meio de uma taxa sobre a fatura do consumidor de eletricidade na ordem de 0,080 euros/kWh, o que possibilita um orçamento médio anual de €70 milhões, dos quais €9,2 milhões são dedicados para as redes elétricas inteligentes e ao armazenamento de energia (MI, 2019).

A maioria dos projetos do RdS é implementada por instituições públicas de P&D conforme as diretrizes da Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, L'energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile (ENEA) e do Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), duas importantes instituições nacionais na área tecnológica (a primeira focada no setor de eletricidade; a segunda, multidisciplinar). As atividades, desenvolvidas em planos trienais, são alinhadas ao SET Plan e ao Integrated National Energy and Climate Plan – PNIEC (um plano de integração dos países da União Europeia com foco nas áreas de energia e clima), e visam monitorar e desenvolver tecnologias, soluções e produtos e fomentar a introdução de tecnologias, sistemas e modelos organizacionais e de gestão para a transição energética (MI, 2019).

A tradição italiana de clusters industriais também contribui para a política do setor elétrico. A National Technological Energy Cluster, uma associação sem fins lucrativos presidida pela ENEA, composta por dezenas de atores (empresas, instituições de pesquisa e representantes territoriais), por exemplo, também atua na promoção de pesquisa científica e tecnológica no setor de energia, bem como em suas aplicações no mercado. Além disso, governos regionais promovem P&D local por meio do envolvimento da indústria e instituições de pesquisa, utilizando, muitas vezes, fundos regionais conectados a fundos europeus (por exemplo, o European Structural and Investment Funds) (MI, 2019).

No âmbito internacional, a Itália está envolvida em várias instituições/organizações/fóruns importantes em nível mundial para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes, tais como CEM, MI, IEA e ISGAN. Na IEA, o país tem atuação destacada em programas como o Committee on Energy Research and Technology (CERT) e o End Use Working Party (EUWP), que tratam, respectivamente, de colaboração tecnológica para P&D em energias limpas e de colaboração tecnológica para sistemas de uso final de energia. Em nível europeu, a Itália também tem destaque na European Energy Research Alliance (EERA), a maior comunidade de pesquisa de energia da Europa (MI, 2019; 2021a; CEM, 2021; IEA, 2021; ISGAN, 2021; EERA, 2021).

6. CHINA

As políticas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes na China vêm sendo realizadas em um contexto muito particular. Em primeiro lugar, o mercado de eletricidade chinês ainda está em forte expansão, ao contrário do que ocorre na grande maioria dos países desenvolvidos, o que atrai novos investimentos e facilita a implantação de novas tecnologias.

Em segundo lugar, o setor elétrico chinês é marcado pelo significativo uso de fontes altamente poluentes, como o petróleo e o carvão, o que torna mais evidente os benefícios das redes elétricas inteligentes. Em terceiro lugar, a posição de destaque internacional assumida pela China nas últimas décadas na área industrial e, mais recentemente, em avanços de fronteira tecnológica, colocam o país naturalmente como um dos potenciais líderes para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes em nível global.

No âmbito político geral, as redes elétricas inteligentes vêm recebendo destaque nos planos quinquenais da China desde o 12º Plano, do período 2011-2015 (MA, 2018). O 13º Plano Quinquenal do país, para o período 2016-2020, por sua vez, lançou o National Key Research and Development Program of China, um programa administrado pelo MoST, composto por projetos em tecnologias e equipamentos de redes elétricas inteligentes e/ou em energias renováveis e hidrogênio (MI, 2019).

O investimento em P&D nas redes elétricas inteligentes e energias renováveis é alocado na China principalmente pelo MoST e pela CAS. Os departamentos de ciência e tecnologia dos governos locais também investem nessas áreas de acordo com a indústria local. A State Grid Corporation of China (SGCC) e a China Southern Power Grid (CSPG), duas estatais chinesas criadas na reforma setorial de 2002, também ocupam papéis centrais no desenvolvimento das redes elétricas inteligentes, inclusive no financiamento de projetos (MA, 2018). Como destacam Lin, Yang e Shyua (2013), a China foca em políticas de empresas públicas, juntamente com o desenvolvimento científico, tecnológico e de regulamentação legal.

Cabe destacar, neste contexto, que a centralização das atividades do setor elétrico chinês em poucas grandes companhias estatais, por um lado, facilita a organização e o financiamento de projetos de redes elétricas inteligentes, inclusive com participação de outras instituições estatais, como o Bank of China, por outro, dificulta desenvolvimentos privados na área, ainda bem modestos no país (MA, 2018).

No âmbito do MoST, os programas que envolvem ciência e tecnologia são variados, em áreas como infraestrutura, indústria e tecnologias chaves. Entre eles estão o National High-Tech R&D Program (863 Program), o National Key Technologies R&D Program, o National Basic Research Program of China, o National Science and Technology Infrastructure Program, o Environment Building for S&T Industries e o Mega-projects of Science Research for the 10th Five-year Plan⁸ (MOST, 2021).

A CAS, dentro da ampla gama de setores envolvidos em sua área de abrangência, atua no setor elétrico principalmente no direcionamento dos trabalhos em ciência e tecnologia. Em 2011, por exemplo, foi lançado na China o Strategic Pioneer Science and Technology Program, administrado pela CAS, com um roteiro até 2050, a fim de direcionar importantes estudos científicos e tecnológicos de longo prazo em diversas áreas do setor, tais como energias renováveis, armazenamento de energia e tecnologias de hidrogênio (MI, 2019).

Em termos internacionais, MoST e CAS atuam como as principais instituições de interesse da China. No MoST há importantes programas que visam a colaboração internacional, como o Intergovernmental Cooperation Program on Science and Technology Innovation (ICP) e o Strategic International Cooperation Key Program on Science and Technology (SICP). O ICP se concentra em ciência, tecnologia e engenharia e apoia projetos conforme acordos de colaboração científica e tecnológica bilaterais e multilaterais. O SICP apoia a ciência internacional não governamental e a cooperação tecnológica, tendo o setor de energia como prioridade (MI, 2019).

A China ainda participa de diversas instituições/organizações/fóruns internacionais para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes, como MI, CEM, IEA (como associada) e ISGAN (MI, 2021a; CEM, 2021; IEA, 2021; ISGAN, 2021). Além disso, a China já firmou projetos de colaboração na área com vários países, como Estados Unidos, Finlândia, República Tcheca, Bielorrússia, Japão, Coreia do Sul, Paquistão, Filipinas, Brasil e Índia, além da União Europeia (MI, 2019).

7. OBSERVAÇÕES CONCLUSIVAS

Os estudos de caso realizados neste trabalho sobre as políticas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes forneceram informações relevantes sobre a condução política dos maiores *players* internacionais do setor de energia elétrica, tanto no âmbito interno, quanto no internacional. As informações permitiram uma maior compreensão do estado da arte dessas políticas, bem como sobre possíveis desenvolvimentos futuros nas políticas e nos próprios mercados envolvidos.

⁸ Para informações gerais sobre esses programas, ver MOST (2021).

Em relação às políticas internas, no âmbito do desenvolvimento científico e tecnológico observou-se um importante esforço de instituições-chaves dos países estudados para a criação de produtos e serviços ligados às redes elétricas inteligentes. Nos Estados Unidos, o apoio para tais atividades, em nível federal, vem ocorrendo principalmente por meio de programas do DOE. Uma vantagem relevante dos Estados Unidos frente aos demais países nesta área tecnológica é poder contar com a estrutura já consolidada dos laboratórios nacionais.

No caso dos países da União Europeia, há esforços dentro do próprio bloco e de forma individual. Países como França e Itália usam a estrutura de ciência, tecnologia e inovação já montada, com diversas instituições envolvidas, para avançarem também nas redes elétricas inteligentes. A China, por sua vez, conta com algumas instituições-chaves para o desenvolvimento científico e tecnológico do país também para as redes elétricas inteligentes, como o MoST e a CAS, além das empresas estatais do setor, como a SGCC e a CSPG, inclusive no financiamento de projetos.

Uma preocupação geral observada nos países estudados é com os investimentos (diretos ou indiretos) das empresas públicas e privadas. Nos Estados Unidos, novamente merece destaque, neste contexto, o papel exercido pelo DOE, por exemplo, com o Programa ARPA-E. Na França e na Itália, incentivos empresariais, políticas de engajamento de consumidores e adoção de *roll out* mandatório foram determinantes para o rápido avanço da implantação de contadores inteligentes. Na China, SGCC e CSPG têm papéis centrais nos incentivos empresariais do país. Já as empresas privadas têm uma participação modesta, dada a configuração institucional do setor.

Já em termos de políticas de regulamentação de produtos/serviços, os reguladores dos países estudados vêm procurando acompanhar o desenvolvimento tecnológico e a demanda setorial, dentro das suas particularidades institucionais e especificidades de mercado. A FERC norte-americana, por exemplo, apresenta um importante trabalho conjunto com o NIST para a regulamentação de produtos e serviços. Na Itália e na França, os reguladores apresentam papéis bem ativos, inclusive para o avanço da aplicação dos contadores inteligentes.

Em termos internacionais é possível observar um esforço de todos os países estudados para a participação em instituições/organizações/fóruns internacionais, como MI, CEM, IEA e ISGAN. Na União Europeia existe também um esforço interno, como no caso do EERA. Os principais objetivos dos países com esta participação são o acompanhamento do desenvolvimento tecnológico e o posicionamento estratégico para a nova indústria que vem surgindo neste contexto.

Em suma, as experiências observadas ao longo deste trabalho mostraram que há um amplo reconhecimento da relevância das novas tecnologias inteligentes para os avanços econômicos, sociais e ambientais no setor de energia elétrica, bem como uma participação efetiva e relevante dos principais *players* econômicos do setor nesta área em nível mundial. De qualquer forma, também existem importantes especificidades políticas, que refletem as particularidades estruturais do setor e do mercado de eletricidade dos países.

Também foi possível observar que, dadas as dificuldades de implantação das novas tecnologias, as políticas para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes devem ocorrer por um longo período (possivelmente por décadas), com avanços maiores ou menores em cada país dependendo, além das especificidades dos casos, das ênfases governamentais.

Tais particularidades limitam, em parte, a extensão da análise dos estudos realizados para outros casos. Novos trabalhos, em casos específicos, poderão, assim, ser úteis para uma maior compreensão das políticas de desenvolvimento das redes elétricas inteligentes.

REFERÊNCIAS

BOTERO, J. GARCIA, J. **Transición Energética en Francia para la Incorporación de Fuentes de Energías no Convencionales y Redes Inteligentes**. Documentos de Trabajo. Economía y Finanzas, Universidad EAFIT, n. 20-01, 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/lucia/Downloads/WP-2020-01_Jhon%20Garcia%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/lucia/Downloads/WP-2020-01_Jhon%20Garcia%20(1).pdf). Acesso em: 22 de maio de 2021.

BROWN, M. A. ZHOU. C. **Smart-grid Policies: An International Review**. Work Paper 70. Working Paper Series: Georgia Tech/Ivan Allen College, School of Public Policy, 2012.

- CEM. **About the Clean Energy Ministerial**, 2021. Disponível em: <http://www.cleanenergyministerial.org/about-clean-energy-ministerial>. Acesso em: 28 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Directiva 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho**, set., 2001. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0077&from=EN>. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Directiva 2003/54/CE do Parlamento Europeu e do Conselho**, jun., 2003. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:caeb5f68-61fd-4ea8-b3b5-00e692b1013c.0010.02/DOC_1&format=PDF. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Livro Verde sobre a Eficiência Energética ou “Fazer Mais com Menos” (COM (2005) 265 Final)**, 2005. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0265&from=EN>. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Green Paper: A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy (COM (2006) 105 Final)**, 2006a. Disponível em: https://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com2006_105_en.pdf. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Directiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho**, abr., 2006 (2006b). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0032>. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões (COM (2007) 723 Final)**, 2007. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0723&from=EN>. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Directiva 2009/72/CE do Parlamento Europeu e do Conselho**, jul., 2009. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0072&from=FI>. Acesso em: 25 de junho de 2020.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Directiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho**, out., 2012. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=PT>. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Directiva 2019/944/UE do Parlamento Europeu e do Conselho**, jun., 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>. Acesso em: 25 de junho de 2021.
- COSTA, P. M. BENTO, N. MARQUES, V. The Impact of Regulation on a Firm’s Incentives to Invest in Emergent Smart Grid Technologies. **Energy Journal**, vol. 28, n. 2, p. 149-174, 2014.
- CRISPIM, J. et al. Smart Grids in the EU with Smart Regulation: Experiences from the UK, Italy and Portugal. **Utilities Policy**, vol. 31, p. 85-93, 2014.
- DOE. **Funding and Financing**, 2021. Disponível em: <https://www.energy.gov/energy-economy/funding-financing>. Acesso em: 10 de julho de 2021.
- EERA. **European Energy Research Alliance**, 2021. Disponível em: <https://www.eera-set.eu/>. Acesso em: 28 de junho de 2021.
- EISA. **Energy Independence and Security Act of 2007**. Public Law 110-140 – Dec.19, 2007. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2021.
- EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Smart Grids: from Innovation to Deployment (SEC (2011) 463 Final)**, 2011. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0202:FIN:EN:PDF>. Acesso em: 28 de junho de 2021.
- HAIDER, T. SEE, O. ELMENREICH, W. A Review of Residential Demand Response of Smart Grid. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 59, p. 166-178, jun., 2016.

IEA. **Countries and Regions**, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/countries>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

ISGAN. **About us**, 2021. Disponível em: <https://www.iea-isgan.org/about-us/>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

LIN, C-C. YANG, C-H. SHYUA, J. A Comparison of Innovation Policy in the Smart Grid Industry across the Pacific: China and the USA. **Energy Policy**, vol. 57, p. 119-132, jun., 2013.

MA, D. N-Y. **Conceptualizing Government-market Dynamics in Socio-technical Energy Transitions: A Comparative Case Study of Smart Grid Developments in China and Japan**. AESC, Working Paper 21, 2018.

MEEUS, L. et al. **Smart Regulation for Smart Grids**. European University Institute. EUI Working Papers, RSCAS 2010/45, Robert Schuman Centre for Advanced Studies, Florence School of Regulation, 2010.

MENDES, A. L. S. et al. O Pioneirismo Italiano. In: CASTRO N. J. DANTAS, G. A. (Orgs.). **Políticas Públicas para Redes Inteligentes**. Gesel - Rio de Janeiro, Publit, 2016.

MI. **Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2019: Strategies, Trends and Activities on Jointly Identified Research Topics (START)**. MI Smart Grids, may., 2019. Disponível em: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2019/08/2019_MI_IC1_Country_Report.pdf. Acesso em: 13 de junho de 2020.

MI. **Our members**, 2021a. Disponível em: <http://www.mission-innovation.net/>. Acesso em: 02 de julho de 2021.

MI. **Innovation Challenges**, 2021b. Disponível em: <http://mission-innovation.net/our-work/innovation-challenges/>. Acesso em: 02 de julho de 2021.

MI. **IC2: Off-Grid Access to Electricity**, 2021c. Disponível em: <http://mission-innovation.net/our-work/innovation-challenges/off-grid-access-to-electricity/>. Acesso em: 02 de julho de 2021.

MONYPENY, T. Implementation of Smart Grid Technology in the United States. Papers & Publications, **Interdisciplinary Journal of Undergraduate Research**, vol. 2, art. 1, 2013.

MOST. **S&T Programmes**, 2021. Disponível em: <http://www.most.gov.cn/eng/eng/index.htm>. Acesso em: 02 de julho de 2021.

RTE. **Embody Smart Electricity: Our R&D Roadmap**, 2019. Disponível em: <https://www.rte-france.com/en/article/embody-smart-electricity-our-rdroadmap>. Acesso em: 04 de julho de 2021.

SIANO, P. Demand Response and Smart Grids: A Survey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 30, p. 461-478, feb., 2014.

WHITE HOUSE. **Fact Sheet: The American Jobs Plan**, 2021. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/03/31/fact-sheet-the-american-jobs-plan/>. Acesso em: 25 de maio de 2021.