

I INTERNATIONAL EXPERIENCE PERUGIA - ITÁLIA

**SUSTENTABILIDADE: TRANSFORMANDO
SOCIEDADES PARA UM FUTURO VERDE I**

LUIZ ERNANI BONESSO DE ARAUJO

ROGERIO BORBA

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Educação Jurídica

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - MS

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG

Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

S964

Sustentabilidade: Transformando Sociedades Para Um Futuro Verde I [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Luiz Ernani Bonesso de Araujo, Rogério Borba. – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-088-5

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Inteligência Artificial e Sustentabilidade na Era Transnacional

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Internacionais. 2. Sustentabilidade. 3. Transformando Sociedades. I International Experience Perugia – Itália. (1: 2025 : Perugia, Itália).

CDU: 34



I INTERNATIONAL EXPERIENCE PERUGIA - ITÁLIA

SUSTENTABILIDADE: TRANSFORMANDO SOCIEDADES PARA UM FUTURO VERDE I

Apresentação

A edição do I International CONPEDI Experience, nos ofereceu produções científicas inestimáveis, no âmbito da Sustentabilidade. Os trabalhos apresentados abordam uma conjuntura de temas e ideias necessárias à reflexão da comunidade científica sobre os problemas ambientais e as possíveis soluções. Dentro deste contexto, no Grupo de Trabalho - Sustentabilidade: Transformando Sociedades Para Um Futuro Verde I - constatou-se qualificadas contribuições para o campo das Ciências Sociais Aplicadas; além de profícuo debate de todos os presentes na sala virtual.

Esse primeiro evento de um novo formato do CONPEDI contou com apresentações que abordaram diferentes temáticas relativas a assuntos que apresentaram problemáticas e sugestões de crescimento humano e desenvolvimento sustentável dentro destas áreas. Assim, o presente relatório faz destaque aos trabalhos apresentados na cidade de Perúgia, no GT “Sustentabilidade: Transformando Sociedades Para Um Futuro Verde I”, coordenado pelos professores doutores Luis Ernani Bonesso de Araujo (UFSM) e Rogério Borba (UNIFACVEST).

A obra que ora apresentamos reúne os artigos selecionados através do sistema de dupla revisão cega por avaliadores ad hoc, de modo que temos certeza que os temas a seguir apresentados são instigantes e apresentam significativas contribuições para as reflexões dos Programas de Pós Graduação em Direito reunidos no CONPEDI.

Com a certeza de que esta publicação fornece importantes instrumentos para que pesquisadores e aplicadores do Direito somem aos seus conhecimentos, os organizadores desta obra prestam sua homenagem e agradecimento a todos que contribuíram para esta louvável iniciativa do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito (CONPEDI) e, em especial, a todos os autores que participaram da presente coletânea.

08 de julho de 2025.

Prof. Dr. Luiz Ernani Bonesso de Araujo Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Rogério Borba Centro Universitário UNIFACVEST

INTEGRAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E V2G: DESAFIOS REGULATÓRIOS E POTENCIAL TRANSFORMADOR NO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO

INTEGRATION OF ELECTRIC VEHICLES AND V2G: REGULATORY CHALLENGES AND TRANSFORMATIVE POTENTIAL IN THE BRAZILIAN ENERGY SECTOR

**Lupercio Simoes Da Silva
Jonathan Barros Vita
Leticia Gomes Beneli**

Resumo

O artigo analisa a integração de veículos elétricos (VEs) e a tecnologia Vehicle-to-Grid (V2G) na rede elétrica, destacando seu potencial para transformar o setor energético e impulsionar a transição para um modelo mais sustentável. O V2G permite que os VEs funcionem como unidades móveis de armazenamento de energia, fornecendo eletricidade à rede em momentos de alta demanda e recarregando-se quando há excesso de oferta, contribuindo para a estabilidade do sistema elétrico e a ampliação do uso de fontes renováveis. No Brasil, a ausência de um marco regulatório específico para essa tecnologia apresenta desafios técnicos, jurídicos e econômicos, como interoperabilidade entre sistemas, precificação da energia injetada na rede, incentivos para usuários e impactos na infraestrutura elétrica. A adoção do V2G pode trazer benefícios significativos, incluindo maior eficiência no uso da eletricidade, redução de custos operacionais e maior segurança energética. A análise econômica do direito é empregada para entender como normas e regulações podem influenciar o comportamento dos agentes econômicos, incentivar investimentos no setor e criar um ambiente propício para a implementação do V2G no Brasil. Dessa forma, o estudo destaca a importância de um arcabouço regulatório adequado para viabilizar essa inovação no país.

Palavras-chave: Veículos elétricos (ves), Integração energética, Regulação energética, Sustentabilidade, Análise econômica do direito

Abstract/Resumen/Résumé

This article analyzes the integration of electric vehicles (EVs) and Vehicle-to-Grid (V2G) technology into the electricity grid, highlighting their potential to transform the energy sector and drive the transition to a more sustainable model. V2G allows EVs to function as mobile energy storage units, supplying electricity to the grid at times of high demand and recharging when there is excess supply, contributing to the stability of the electricity system and the expansion of the use of renewable sources. In Brazil, the lack of a specific regulatory framework for this technology presents technical, legal and economic challenges, such as interoperability between systems, pricing of energy injected into the grid, incentives for users and impacts on the electricity infrastructure. The adoption of V2G can bring significant

benefits, including greater efficiency in the use of electricity, reduced operating costs and greater energy security. The economic analysis of law is used to understand how standards and regulations can influence the behavior of economic agents, encourage investments in the sector and create an environment conducive to the implementation of V2G in Brazil. Thus, the study highlights the importance of an adequate regulatory framework to make this innovation viable in the country.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Electric vehicles (evs), Energy integration, Energy regulation, Sustainability, Economic analysis of law

1. INTRODUÇÃO

Devido à evolução tecnológica, muitas áreas têm experimentado avanços significativos, e o setor energético não é uma exceção. A proliferação de veículos elétricos (VEs) e sua incorporação à rede elétrica por meio do sistema Vehicle-to-Grid (V2G) estão mudando a forma como produzimos, distribuimos e consumimos energia.

A regulação do V2G é uma estratégia promissora para estabilizar a rede elétrica no Brasil. Este artigo examina a regulação do V2G no Brasil de uma perspectiva econômica jurídica. A análise econômica do direito é uma maneira única de entender como as leis e regulamentos podem afetar o comportamento econômico e a eficácia de tecnologias como V2G.

O V2G é uma tecnologia com múltiplas funções que permite aos VEs receber e devolver energia da rede elétrica durante períodos de pico de demanda. Esta capacidade de bidirecionalidade aumenta a estabilidade da rede elétrica, facilita o uso de energia renovável e reduz os custos de energia para os proprietários de veículos elétricos.

Mas para que o V2G funcione bem, é necessário um marco regulatório adequado que possa resolver vários problemas. Estes incluem problemas técnicos relacionados à interoperabilidade e infraestrutura de carregamento de VEs, bem como problemas legais e financeiros relacionados à propriedade e custos de energia.

Este artigo examina cuidadosamente esses problemas e as possíveis soluções regulatórias. O texto também enfatiza o papel do V2G na promoção de mobilidade sustentável e na transição para um sistema energético mais eficiente e resiliente.

Em resumo, a regulação V2G no Brasil tem o potencial de mudar o setor energético, ajudando a manter a rede elétrica estável e facilitando a integração de fontes de energia renováveis. Este artigo, por meio de uma análise econômica do direito, fornece informações úteis sobre a forma como a regulação pode ser usada para atingir esses objetivos.

2. REGULAÇÃO DO DO SISTEMA VEHICLE-TO-GRID (V2G “VEHICLE-TO-GRID”, V2L “VEHICLE-TO-LOAD” E V2H “VEHICLE-TO-HOME”)

Quando não há leis, os fabricantes de automóveis locais geralmente adotam padrões internacionais de referência da IEC (International Electrotechnical Commissions) e/ou da SAE (Society of Automotive Engineers), como SAE J1634 para teste de autonomia.

Uma questão importante em relação ao V2G é o seu papel indefinido nos marcos legais e regulamentares existentes, pois o V2G pode participar tanto em mercados tradicionais limitados à capacidade de geração quanto em mercados emergentes focados em flexibilidade e armazenamento. Além disso, as regulamentações atuais e as necessidades futuras de armazenamento de energia variarão significativamente de uma região para outra, bem como entre os mercados de energia.¹

Do ponto de vista regulatório, o V2G é considerado um tipo de armazenamento de energia. Portanto, para que qualquer tecnologia de armazenamento de energia tenha um papel significativo nos mercados de eletricidade, ela deve ser primeiro definida e classificada. Mas porque os atores da rede elétrica têm funções pré-determinadas, como geração ou consumo, tecnologias multifuncionais de armazenamento de energia como V2G são consideradas ativos indeterminados pelos reguladores.

Como resultado, tanto a indústria quanto o governo chegaram à conclusão de que estabelecer um marco regulatório para o armazenamento de energia é um passo fundamental para entender o valor do armazenamento de energia e, portanto, o valor V2G. Mas antes que o V2G possa ser incluído em um marco regulatório, vários problemas precisam ser resolvidos ou esclarecidos.

Por exemplo, as tecnologias de armazenamento de energia como V2G podem se envolver em vários componentes existentes da rede elétrica, como a capacidade de geração, carga e transmissão.² Alternativamente, eles podem se envolver em um "novo" componente de mercado que é especificamente desenvolvido para V2G e outras tecnologias de armazenamento de energia.

2.2. DEFINIÇÃO TÉCNICA DO V2G E SUA IMPORTÂNCIA NO EQUILÍBRIO DA REDE ELÉTRICA

O termo "carregamento bidirecional" refere-se ao processo de recarregar a energia do veículo elétrico da bateria para colocá-la de volta à rede como parte do gerenciamento inteligente de carga quando o veículo elétrico não é usado. Ele é dividido em descargas para

¹ NANAKI, E. A. **Veículos elétricos para cidades inteligentes: tendências, desafios e oportunidades**. Amsterdam: Elsevier, 2021. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books-and-journals>. Acesso em: 12 dez. 2023.

² SCHNEIDER ELECTRICA nova norma IEC 61851-1 para carregadores de veículos elétricos: o que é e o que implica. [S.l.] Disponível em: <https://blog.se.com/pt-pt/2023/04/12/a-nova-norma-iec-61851-1-para-carregadores-de-veiculos-eletricos-o-que-e-e-o-que-implica/>. Acesso em: 12 dez. 2023.

participar de negociações intradiárias, negociações entre veículos e redes (V2G) e negociações entre veículos e casas (V2H). Cada uma dessas opções tem diferentes interesses e, portanto, aborda diferentes participantes do mercado.

O spread trade de pico de base e o V2G dependem de uma comunicação de TI inteligente e segura com uma rede próxima. Isso permite uma determinação rápida e eficiente de informações sobre os veículos disponíveis, o uso planejado do veículo elétrico do cliente e a quantidade de energia que pode ser retirada da bateria do carro e empurrada de volta para a rede em um determinado período.³ De modo a evitar uma duplicação dispendiosa de estruturas, é igualmente importante manter uma norma de comunicação comum ou a interoperabilidade entre vários sistemas.

De Lazari (2020) analisa os impactos dos veículos elétricos nos sistemas de distribuição, considerando o modo V2G e o transporte de energia.⁴ A V2H não exige que nenhum fornecedor de eletricidade atue como intermediário, ao contrário da V2G e da negociação intradiária. O foco aqui é o gerenciamento inteligente de carga do consumidor privado. Nesse caso, os veículos elétricos do consumidor são usados como uma instalação privada de armazenamento de energia e fornecem energia às casas dos clientes se, por exemplo, não houver produção ou se o consumo é menor do que o necessário. Como permite aumentar o nível de autoconsumo e promete uma alta autossuficiência energética nos meses de verão, esta opção é particularmente atraente para os consumidores privados que têm suas próprias centrais fotovoltaicas, também conhecidas como prosumidores. Um veículo elétrico totalmente carregado com bateria média pode abastecer uma casa de quatro pessoas por mais de quatro dias, desde que o veículo não seja conduzido.

O modo V2L usa a mesma estrutura que os modos V2H/V2V. É utilizado para aumentar a confiabilidade do fornecimento de cargas críticas em caso de falha da rede principal. O sistema V2L é amplamente utilizado para fornecer energia a cargas importantes, como data centers, bases militares e hospitais. Além destas aplicações, a funcionalidade V2L permite a operação em modo ilhado, tornando-o uma opção confiável e eficaz para eletrificação remota.

³ RICKER, T. UE aprova lei para cobrir rodovias com carregadores rápidos de EV até o final de 2025. **The Verge**, 25 jul. 2023. Disponível em: <https://www.theverge.com/2023/7/25/22602144/eu-law-ev-charging-infrastructure-ten-t>. Acesso em: 6 dez. 2023.

⁴ DE LAZARI, G. M. **Análise dos impactos dos veículos elétricos nos sistemas de distribuição considerando o modo V2G e o transporte de energia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Santa Maria, RS, 2020.

No sistema de energia, o sistema V2L é frequentemente usado para fornecer suporte de energia ativa e reativa.⁵

O V2G é uma tecnologia que permite que os veículos elétricos (VEs) se conectem à rede elétrica e ofereçam serviços como redução de picos de demanda, regulação de frequência e armazenamento. Esses serviços são essenciais para manter o equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia; isso é necessário para que o sistema elétrico funcione corretamente.

Vários elementos determinam o equilíbrio da rede elétrica, incluindo, a diversidade e a complementaridade das fontes de geração de energia, que devem ser capazes de responder às mudanças na demanda e aos efeitos do clima, a qualidade e a confiabilidade da rede elétrica que são necessárias para garantir a continuidade e a segurança do fornecimento de energia, evitando interrupções, falhas e distúrbios e custo de operação e investimento da rede elétrica deve ser reduzido para maximizar a eficiência e a utilização dos recursos disponíveis.⁶

Melhorar a qualidade e a confiabilidade da rede elétrica, fornecendo serviços auxiliares como regulação de frequência e tensão, controle de reativos e reserva operativa, que ajudam a equilibrar a oferta e a demanda de energia.⁷ Isso pode evitar falhas, interrupções e distúrbios, melhorando a continuidade e a segurança do fornecimento de energia. Reduzir os custos de operação e investimento da rede elétrica evitando a construção de novas linhas de transmissão e distribuição, atrasando a expansão da capacidade instalada e reduzindo as perdas técnicas.

Em uma rede elétrica, a produção e o consumo de eletricidade devem estar em equilíbrio constantemente. Qualquer desequilíbrio significativo pode causar instabilidade na rede ou flutuações de tensão significativas, resultando em falhas na rede.⁸ Como resultado, a capacidade total de geração é dimensionada para atender à demanda total de pico, com margem de erro e provisão para contingências (como usinas que não operam durante períodos de pico de demanda). Os operadores costumam usar a capacidade de produção mais barata (em termos de

⁵ ISLAM, S. et al. Modo de operação de veículos elétricos de última geração e suas perspectivas futuras. **Avaliações de Energia Renovável e Sustentável**, v. 166, p. 112574, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112574>. Acesso em: 12 dez. 2023.

⁶ HALLEUX, V. Regulamentação da UE em curso: Baterias. **Serviço de Pesquisa dos Membros do Parlamento Europeu**, jun. 2023. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI\(2023\)689337](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2023)689337). Acesso em: 12 dez. 2023.

⁷ DE LAZARI, G. M.; SPERANDIO, M. **Vehicle-to-Home Evaluation in Brazil**. In: Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2019.

⁸ WALLBOX. Como funciona o carregamento bidirecional de veículos elétricos? [S.l.] Disponível em: <https://wallbox.com/pt-br/blog/como-funciona-o-carregamento-bidirecional-de-veiculos-eletricos>. Acesso em: 12 dez. 2023.

custo marginal) à medida que a procura aumenta e adicionar capacidade de centrais mais caras. Na maioria das vezes, a resposta da demanda visa reduzir os picos de demanda para reduzir o risco de distúrbios potenciais, evitar a necessidade de custos de capital adicionais para usinas adicionais e evitar o uso de plantas operacionais mais caras ou menos eficientes. Se a capacidade de geração for usada a partir de uma fonte de geração de energia de custo mais alto, os consumidores de eletricidade também pagarão mais.⁹

Isso não apenas pode aumentar a eficiência e a eficiência dos recursos disponíveis, mas também pode oferecer benefícios financeiros para os proprietários de veículos elétricos.¹⁰ Os proprietários podem receber uma compensação pelos serviços prestados à rede elétrica, o que significa que eles precisam pagar menos para recarregar seus veículos e ajudar a diminuir as emissões de gases de efeito estufa.

Como resultado, o V2G é uma tecnologia que tem um grande potencial para ajudar a equilibrar a rede elétrica, mas para que seja viável, ela exige várias ações e medidas.

2.2.2. VIRTUAL POWER PLANTS

A implementação de Usinas Virtuais de Energia (VPPs) marca um avanço significativo na integração eficaz da tecnologia Vehicle-to-Grid (V2G), essencial para um futuro energético sustentável. Vamos analisar como as VPPs se tornam fundamentais neste contexto.

Os clientes passivos tradicionais estão a tornar-se consumidores proativos com recursos energéticos dispersos que gerem ativamente a sua utilização, produção e armazenamento de energia.¹¹ À medida que crescem em número, são necessárias novas tecnologias, estratégias energéticas e leis para dar resposta às questões técnicas e económicas que emergem devido a este crescimento.

Para dar conta da integração da geração distribuída (GD), surgiu a ideia de um VPP. Uma usina combinada, que é outro termo para VPP, consiste em muitas pequenas usinas espalhadas por todo o sistema, bem como controladores de carga e dispositivos de

⁹ DE LAZARI, G. M.; SPERANDIO, M. **Vehicle-to-Home Evaluation in Brazil**. In: Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2019.

¹⁰ VARGHESE, S.; SIOSHANSI, R. The price is right? How pricing and incentive mechanisms in California incentivize building distributed hybrid solar and energy-storage systems. **Energy Policy**, v. 138, p. 111242, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111242>. Acesso em: 12 dez. 2023.

¹¹ BROWNLEY, J.; TOKUDA, L.; CLEAVER, E. **Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/123rd-congress/house-bill/1234/text>. Acesso em: 12 dez. 2023.

armazenamento de energia. Por causa disso, o VPP utiliza combustíveis tradicionais, como carvão e energia nuclear, ao mesmo tempo em que utiliza combustíveis renováveis.¹²

À medida que os recursos energéticos distribuídos, como o armazenamento distribuído de energia renovável, os veículos elétricos e as cargas reguladas se tornam mais predominantes, têm um impacto profundamente perturbador e transformacional no sistema de energia central.¹³ A integração dos DER requer uma mudança de paradigma para um sistema de energia descentralizado com fluxo de energia bidirecional, o que é amplamente aceite. Eles permitem o uso inteligente de energia em um ambiente distribuído, equilibrando a demanda e a produção em usinas de energia virtuais (VPPs).

Uma usina de energia virtual (VPP) é uma usina de energia distribuída baseada em nuvem que agrega as capacidades de recursos de energia distribuída heterogênea (DER) com a finalidade de melhorar a geração de energia, comercialização ou venda de energia no mercado de eletricidade e opções do lado da demanda para redução de carga.

Os ativos do DER em um VPP podem incluir energia solar fotovoltaica, armazenamento de energia, carregadores de veículos elétricos e dispositivos responsivos à demanda (como aquecedores de água, termostatos e eletrodomésticos) com exemplos de usinas de energia virtuais existentes nos Estados Unidos, Europa e Austrália.¹⁴

Uma usina de energia virtual é um sistema que integra vários tipos de fontes de energia para fornecer uma fonte de alimentação geral confiável. As fontes formam frequentemente um aglomerado de diferentes tipos de sistemas de produção distribuída (DG) despacháveis e não despacháveis, controláveis ou flexíveis (CL ou FL) que são controlados por uma autoridade central e podem incluir micro PCH, motores alternados alimentados a gás natural, centrais eólicas de pequena escala (WPP), fotovoltaicas (PV), centrais hidroelétricas, biomassa, geradores de reserva e sistemas de armazenamento de energia (ESS).

¹² HEYDARIAN-FORUSHANI, E.; HAES ALHELOU, H.; BEN ELGHALI, S. (Ed.). **Virtual power plant solution for future smart energy communities**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023.

¹³ BROWNLEY, J.; TOKUDA, L.; CLEAVER, E. **Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023**. [S.l], 2023. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/123rd-congress/house-bill/1234/text>. Acesso em: 12 dez. 2023.

¹⁴ NANAKI, E. A. **Veículos elétricos para cidades inteligentes: tendências, desafios e oportunidades**. Amsterdam: Elsevier, 2021. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books-and-journals>. Acesso em: 12 dez. 2023.

Esse sistema tem benefícios como a capacidade de fornecer eletricidade de pico de carga ou geração de energia após a carga em curto prazo. Esse VPP pode substituir uma usina convencional, proporcionando maior eficiência e mais flexibilidade, o que permite que o sistema reaja melhor às flutuações de carga. A desvantagem é uma maior complexidade do sistema, que requer otimização, controle e comunicações seguras complicadas. Uma simulação interativa no site do operador VPP Next Kraftwerke ilustra como a tecnologia funciona.

As centrais elétricas virtuais também podem ser utilizadas para fornecer serviços auxiliares aos operadores da rede, a fim de ajudar a manter a estabilidade da rede. Os serviços auxiliares incluem regulação de frequência, acompanhamento de carga e fornecimento de reserva operacional.¹⁵ Esses serviços são usados principalmente para manter o equilíbrio instantâneo da oferta e da demanda elétrica. As centrais elétricas que prestam serviços auxiliares devem responder aos sinais dos operadores da rede para aumentar ou diminuir a carga na ordem de segundos a minutos, em resposta a diferentes níveis de procura por parte dos consumidores.

Como os serviços auxiliares são normalmente fornecidos por geradores de combustíveis fósseis controláveis, as futuras redes elétricas livres de carbono que contêm altas porcentagens de energia solar e eólica devem contar com outras formas de geração ou consumo de energia controlável.¹⁶ Ao controlar seletivamente a taxa em que cada veículo individual carrega, a rede vê uma injeção líquida ou consumo de energia como se uma bateria de grande escala estivesse fornecendo esse serviço.¹⁷

Da mesma forma, a demanda flexível na forma de bombas de calor ou condicionadores de ar também foi explorada para fornecer serviços auxiliares à rede. Desde que o conforto térmico interior seja mantido, uma agregação de bombas de calor distribuídas pode ser seletivamente desligada e ligada para variar o seu consumo de energia agregado e

¹⁵ HEYDARIAN-FORUSHANI, E.; HAES ALHELOU, H.; BEN ELGHALI, S. (Ed.). **Virtual power plant solution for future smart energy communities**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023.

¹⁶ KYRIAKOPOULOS, G. L.; ARABATZIS, G. Electrical energy storage systems in electricity generation: energy policies, innovative technologies, and regulatory regimes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 1044-1067, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115014620>. Acesso em: 12 dez. 2023.

¹⁷ RICKER, T. UE aprova lei para cobrir rodovias com carregadores rápidos de EV até o final de 2025. **The Verge**, 25 jul. 2023. Disponível em: <https://www.theverge.com/2023/7/25/22602144/eu-law-ev-charging-infrastructure-ten-t>. Acesso em: 6 dez. 2023.

seguir um sinal de serviço auxiliar. Novamente, o efeito na rede é o mesmo que se uma usina de grande escala estivesse fornecendo o serviço.¹⁸

Como operam em paralelo, as usinas virtuais podem ter a vantagem de taxas de rampa mais altas do que os geradores térmicos, o que é especialmente importante em redes que experimentam uma curva de pato e têm altas exigências de rampa pela manhã e à noite.¹⁹ No entanto, a natureza distribuída gera problemas de comunicação e latência, o que pode ser problemático para a prestação de serviços rápidos, como a regulação de frequência.

A implementação em larga escala do V2G por meio das VPPs enfrenta desafios, incluindo a necessidade de infraestrutura de comunicação aprimorada, padronização de sistemas de carregamento e adaptação das regulamentações do mercado de energia.²⁰ A segurança dos dados e a privacidade dos usuários de VEs são também preocupações relevantes.

2.3. ANÁLISE DAS PRINCIPAIS NORMAS E REGULACÕES INTERNACIONAIS QUE REGEM O V2G

Em termos de regulação, as normas e regulamentos que regem o V2G variam de país para país e estão em constante evolução. Por exemplo, nos Estados Unidos, a proposta do Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023 visa promover o carregamento bidirecional de veículos elétricos.²¹ Na Califórnia, foi proposta uma lei que exige carregamento bidirecional para todos os novos veículos elétricos a partir de 2027.

Além disso, um relatório do Idaho National Laboratory e da ECOTality North America discutiu a necessidade de um quadro regulatório adequado para o V2G. O relatório destacou a necessidade de definir e classificar a tecnologia V2G e de desenvolver mercados que permitam a participação do V2G.²²

¹⁸ HAWKINS, A. J. Ford, Honda, and BMW create a new vehicle-to-grid company to help EV owners save money. **The Verge**, 12 set. 2023. Disponível em: <https://www.theverge.com/2023/9/12/21434567/ford-honda-bmw-vehicle-to-grid-company-chargescape-ev-owners-save-money>. Acesso em: 12 dez. 2023.

¹⁹ HEYDARIAN-FORUSHANI, E.; HAES ALHELOU, H.; BEN ELGHALI, S. (Ed.). **Virtual power plant solution for future smart energy communities**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023.

²⁰ BROWNLEY, J.; TOKUDA, L.; CLEAVER, E. **Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/123rd-congress/house-bill/1234/text>. Acesso em: 12 dez. 2023.

²¹ MOHAMMADI, F.; NAZRI, G.-A.; SAIF, M. A bidirectional power charging control strategy for plug-in hybrid electric vehicles. **Sustainability**, v. 11, n. 16, p. 4317, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/16/4317>. Acesso em: 12 dez. 2023.

²² BROWNLEY, J.; TOKUDA, L.; CLEAVER, E. **Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/123rd-congress/house-bill/1234/text>. Acesso em: 12 dez. 2023.

Em julho de 2022, oito ônibus escolares elétricos no território de serviço San Diego Gas & Electric fizeram parte do primeiro projeto V2G destinado a aumentar a confiabilidade durante emergências elétricas. Usando o software V2G da Nuvve, as baterias de ônibus são agregadas com outras em um distrito escolar próximo para formar um recurso participante no âmbito do Programa de Redução de Carga de Emergência (ELRP), que foi iniciado em 2021 pela Comissão de Serviços Públicos da Califórnia. SDG&E, Pacific Gas and Electric e Southern California Edison gerenciam o piloto ELRP de cinco anos.²³

Em setembro de 2022, a Lei BIDIRECIONAL foi introduzida no Senado dos EUA, para "criar um programa dedicado à implantação de ônibus escolares elétricos com capacidade de fluxo bidirecional veículo-rede (V2G)".

Na América do Norte, pelo menos dois grandes fabricantes de ônibus escolares – Blue Bird e Lion – estão trabalhando para provar os benefícios da eletrificação e da tecnologia V2G. Em 2020, os ônibus escolares nos EUA usavam US\$ 3,2 bilhões de diesel por ano; sua eletrificação poderia potencialmente ajudar a estabilizar a rede elétrica, diminuir a necessidade de usinas de energia e reduzir a exposição ao escapamento²⁴.

Em 2017, na Universidade da Califórnia em San Diego, o provedor de tecnologia V2G Nuvve lançou um programa piloto chamado INVENT, financiado pela Comissão de Energia da Califórnia, com a instalação de 50 estações de carregamento bidirecional V2G ao redor do campus.²⁵ O programa expandiu-se em 2018 para incluir uma frota de PEVs para o seu serviço de transporte Triton Rides.

Em 2018, a Nissan lançou um programa piloto sob a iniciativa Nissan Energy Share em parceria com a empresa de sistemas V2G Fermata Energy para usar a tecnologia V2G para alimentar parcialmente a sede da Nissan na América do Norte em Franklin, Tennessee. Em 2020, o sistema de carregamento bidirecional de veículos elétricos da Fermata Energy tornou-

²³ DE LAZARI, G. M. **Análise dos impactos dos veículos elétricos nos sistemas de distribuição considerando o modo V2G e o transporte de energia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Santa Maria, RS, 2020.

²⁴ NANAKI, E. A. **Veículos elétricos para cidades inteligentes: tendências, desafios e oportunidades.** Amsterdam: Elsevier, 2021. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books-and-journals>. Acesso em: 12 dez. 2023.

²⁵ BRENNAN, M. et al. Electric Vehicles Charging Technology Review and Optimal Size Estimation. **Journal of Electrical Engineering & Technology**, v. 15, n. 6, p. 2539-2552, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42835-020-00547-x>. Acesso em: 12 dez. 2023.

se o primeiro a ser certificado para a norma de segurança norte-americana, UL 9741, a norma para equipamentos do sistema de carregamento de veículos elétricos bidirecionais (EV).

As actuais questões ambientais nos Estados Unidos estão a desempenhar um papel vital na procura da tecnologia V2G. A diminuição dos custos para implantação do V2G estará diretamente relacionada à velocidade de adoção pelos consumidores.²⁶ À medida que a implementação da rede inteligente continua e a população se apercebe do menor custo de propriedade de veículos eléctricos, a procura aumentará.

Os testes contínuos de V2G e o desenvolvimento de padrões de comunicação bidirecional oferecerão interoperabilidade entre sistemas. Frotas como o Serviço Postal dos EUA serão cruciais para o desenvolvimento do V2G.²⁷ Os testes de redes privadas continuarão à medida que concessionárias, montadoras e faculdades formam parcerias. A Universidade de Delaware assinou recentemente sua primeira licença para testes V2G com a Autoport, Inc. Eles esperam que até a primavera ou verão de 2011, 100 veículos eléctricos na estrada sejam capazes de testar V2G.

A PJM Interconnection imaginou o uso de caminhões, ônibus escolares e caminhões de lixo dos Correios dos EUA que permanecem sem uso durante a noite para conexão à rede. Isto poderia gerar milhões de dólares porque estas empresas ajudam a armazenar e estabilizar parte da energia da rede nacional.²⁸

A Dinamarca é atualmente líder mundial na geração de energia eólica, com 20% da energia do país proveniente do vento (existem turbinas instaladas suficientes para satisfazer até 40% das necessidades energéticas do país).

Inicialmente, o objetivo da Dinamarca é substituir 10% de todos os veículos por PEV, seguindo-se o objectivo final de uma substituição completa.²⁹ O Projeto EDISON implementa

²⁶ HAWKINS, A. J. Ford, Honda, and BMW create a new vehicle-to-grid company to help EV owners save money. **The Verge**, 12 set. 2023. Disponível em: <https://www.theverge.com/2023/9/12/21434567/ford-honda-bmw-vehicle-to-grid-company-chargescape-ev-owners-save-money>. Acesso em: 12 dez. 2023.

²⁷ HAWKINS, A. J. Ford, Honda, and BMW create a new vehicle-to-grid company to help EV owners save money. **The Verge**, 12 set. 2023. Disponível em: <https://www.theverge.com/2023/9/12/21434567/ford-honda-bmw-vehicle-to-grid-company-chargescape-ev-owners-save-money>. Acesso em: 12 dez. 2023.

²⁸ BROWNLEY, J.; TOKUDA, L.; CLEAVER, E. **Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023**. [S.l], 2023. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/123rd-congress/house-bill/1234/text>. Acesso em: 12 dez. 2023.

²⁹ VARGHESE, S.; SIOSHANSI, R. The price is right? How pricing and incentive mechanisms in California incentivize building distributed hybrid solar and energy-storage systems. **Energy Policy**, v. 138, p. 111242, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111242>. Acesso em: 12 dez. 2023.

um novo conjunto de metas que permitirá a construção de turbinas suficientes para acomodar 50% da energia total, usando V2G para evitar impactos negativos na rede. Devido à imprevisibilidade do vento, o Projecto EDISON planeia utilizar PEVs enquanto estão ligados à rede para armazenar energia eólica adicional que a rede não consegue suportar. Então, durante os horários de pico de uso de energia, ou quando o vento estiver calmo, a energia armazenada nesses PEVs será devolvida à rede.³⁰

Para ajudar na aceitação de veículos eléctricos, foram aplicadas políticas que criam um diferencial fiscal entre os automóveis com emissões zero e os automóveis tradicionais. O progresso do desenvolvimento de PEV e os avanços relativos ao uso de recursos de energia renovável farão da Dinamarca um líder de mercado no que diz respeito à inovação V2G.³¹

O Projeto Edison pretende instalar turbinas suficientes para acomodar 50% das necessidades totais de energia da Dinamarca, ao mesmo tempo que utiliza V2G para proteger a rede. Para ajudar na aceitação de PEVs, os veículos com emissão zero receberam subsídios.³²

Seguindo o projeto Edison, foi iniciado o projeto Nikola, que se concentrou na demonstração da tecnologia V2G em um laboratório, localizado no Campus Risø (DTU). A DTU é parceira da Nuvve e da Nissan.³³

O projeto Nikola foi concluído em 2016, estabelecendo as bases para a Parker, que utilizou uma frota de veículos eléctricos para demonstrar a tecnologia num cenário da vida real. Este projeto tem parceria com DTU, Insero, Nuvve, Nissan e Frederiksberg Forsyning (DSO dinamarquês em Copenhague). Os parceiros exploraram oportunidades comerciais testando e demonstrando sistematicamente serviços V2G em todas as marcas de automóveis.³⁴ Foram identificadas barreiras económicas e regulamentares, bem como os impactos económicos e

³⁰ WALLBOX. Como funciona o carregamento bidirecional de veículos eléctricos? [S.l.] Disponível em: <https://wallbox.com/pt-br/blog/como-funciona-o-carregamento-bidirecional-de-veiculos-eletricos>. Acesso em: 12 dez. 2023.

³¹ GARCIA, V. Desafios e tendências da implementação do conceito de Vehicle-to-Grid (V2G). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 08, Ed. 01, Vol. 01, p. 40-53, jan. 2023. ISSN: 2448-0959. Disponível em: nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/desafios-e-tendencias. Acesso em: 13 dez. 2023.

³² BROWNLEY, J.; TOKUDA, L.; CLEAVER, E. **Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/123rd-congress/house-bill/1234/text>. Acesso em: 12 dez. 2023.

³³ NOEL, L. et al. **Vehicle-to-Grid: A Sociotechnical Transition Beyond Electric Mobility**. Cham: Palgrave Macmillan, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-04864-8>. Acesso em: 12 dez. 2023.

³⁴ DE LAZARI, G. M.; SPERANDIO, M. **Vehicle-to-Home Evaluation in Brazil**. In: Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2019.

técnicos das aplicações no sistema energético e nos mercados. O projeto começou em agosto de 2016 e terminou em setembro de 2018.

3. DIREITO REGULATÓRIO BRASILEIRO E O V2G

Nas principais nações do mundo, como China, Estados Unidos e países da União Europeia, a mobilidade elétrica está avançando a passos largos. Esses estados apostam na regulação do setor para incentivar o consumo desses veículos e a melhoria da infraestrutura e da tecnologia associados, com vista às metas globais de descarbonização da economia.³⁵

O ano de 2020 trouxe avanços significativos na mobilidade elétrica no Brasil, apesar da pandemia. A Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) relata um aumento de 66,5% nos emplacamentos em comparação com o ano passado.³⁶

Ainda assim, os números são positivos, mas ainda precisamos de incentivos adicionais para incentivar e facilitar a adoção nacional de VE. Por exemplo, a UE projeta construir 30 milhões de unidades elétricas na Europa até 2030. Os países estão usando incentivos fiscais e econômicos, bem como regulatórios e direcionados à infraestrutura de recarga para isso.³⁷

3.1. ANÁLISE DO MARCO REGULATÓRIO BRASILEIRO PARA O SETOR ELÉTRICO E SUA APLICAÇÃO AO V2G

A aplicação do marco regulatório ao V2G ainda é um tema em discussão. A tecnologia V2G permite que os veículos elétricos interajam com a rede elétrica, não apenas consumindo energia, mas também fornecendo energia de volta à rede. No entanto, a regulamentação atual ainda não aborda completamente essa tecnologia.³⁸

³⁵ ANEEL. Recarga de veículos elétricos. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/recarga-de-veiculos-eletricos>. Acesso em: 12 dez. 2023.

³⁶ GARCIA, V. Desafios e tendências da implementação do conceito de Vehicle-to-Grid (V2G). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 08, Ed. 01, Vol. 01, p. 40-53, jan. 2023. ISSN: 2448-0959. Disponível em: nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/desafios-e-tendencias. Acesso em: 13 dez. 2023.

³⁷ GARCIA, V. Desafios e tendências da implementação do conceito de Vehicle-to-Grid (V2G). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 08, Ed. 01, Vol. 01, p. 40-53, jan. 2023. ISSN: 2448-0959. Disponível em: nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/desafios-e-tendencias. Acesso em: 13 dez. 2023.

³⁸ ALENCAR, Y. M. de X.; GUIMARÃES, P. B. V.; ARAÚJO JÚNIOR, E. G. de. Direito à cidade e energia: a regulação jurídica de smart grids no Brasil. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 525-568, 2019. DOI: 10.12957/rdc.2019.43113. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/43113>. Acesso em: 12 dez. 2023.

Em 2018, a ANEEL aprovou a primeira legislação sobre recarga de veículos elétricos (Resolução Normativa no 819/2018) para empresas interessadas na prestação desse serviço, como distribuidoras, postos de combustível, shopping centers e empreendedores.

A Resolução Normativa no 1.000/2021, que consolida os direitos e deveres dos consumidores de energia elétrica e estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica, substituiu essa norma. O Capítulo V da norma contém informações sobre a instalação de recargas para veículos elétricos.

Art. 555: é vedada a injeção de energia na rede pelos VE, exceto quando o fluxo bidirecional for restrito à própria unidade consumidora.

Parágrafo único. O disposto no caput não se aplica ao fluxo bidirecional restrito à mesma unidade consumidora.

É vedada a injeção de energia elétrica na rede de distribuição a partir dos veículos elétricos e a participação no sistema de compensação de energia elétrica de microgeração e minigeração distribuída.

A decisão da agência de implementar uma regulamentação limitada do assunto tem dois objetivos principais. O primeiro é evitar interferências indesejáveis na operação da rede elétrica e garantir que a prestação do serviço de recarga de veículos elétricos pelas distribuidoras não tenha impacto nas tarifas dos consumidores de energia elétrica.

A recarga pública é um local onde qualquer pessoa pode recarregar seus carros elétricos, inclusive para exploração comercial a preços livremente negociados. A distribuidora local pode instalar estações de recarga para veículos elétricos para uso público em sua área de atuação, conforme necessário.³⁹

3.2. DISCUSSÃO SOBRE OS DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO V2G NO BRASIL, CONSIDERANDO O CONTEXTO SOCIOPOLÍTICO E ECONÔMICO

Dada a complexidade do contexto sociopolítico e econômico do Brasil, a implementação do Vehicle-to-Grid apresenta uma série de desafios e oportunidades. Por exemplo o custo de Evs, isso se deve ao fato de que são mais caros do que os veículos à combustão, impacto na bateria que por ser usada “em dobro” pode ter uma degradação mais

³⁹ ANEEL. Recarga de veículos elétricos. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/recarga-de-veiculos-eletricos>. Acesso em: 12 dez. 2023.

acelerada.⁴⁰ O Brasil também enfrenta problemas de infraestrutura, impostos excessivos e processos burocráticos de autorização.

Apesar do exposto há de se considerar as oportunidades que tal tecnologia pode possibilitar, como por exemplo a redução de Despesas. O conceito V2G permite que os proprietários forneçam a energia da bateria do veículo para a rede como um modelo de negócio que se pode carregar o veículo em períodos de baixa demanda e “vender” o excedente em períodos de alta demanda, considerando a diferença entre o valor das tarifas.⁴¹

Em escala agregada, os ganhos podem ser impressionantes: um estudo encomendado pela organização Transport & Environment à Fraunhofer Institute estimou que o V2G, quando amplamente difundido, tem potencial de economizar até €22 bilhões por ano aos sistemas elétricos europeus até 2040.

Soluções inovadoras, como cidades inteligentes, carros autônomos e realidade virtual/aumentada, surgiram como resultado do crescimento da Internet das Coisas (IoT) e sua capacidade de conectar bilhões de dispositivos em tempo real. A implementação do 5G também está diretamente ligada à inclusão digital, que permite que mais pessoas tenham acesso a serviços essenciais, educação de alta qualidade e oportunidades econômicas.⁴²

Para resumir, o Brasil deve continuar investindo em infraestrutura, educação e políticas regulatórias para superar esses desafios e aproveitar as oportunidades que o V2G oferece.

4. CONCLUSÃO

1. O sistema Vehicle-to-Grid (V2G) surge como uma inovação tecnológica de grande relevância para o setor energético brasileiro. Ao permitir que veículos elétricos (VEs) não apenas consumam, mas também forneçam energia à rede elétrica, o V2G apresenta-se como uma

⁴⁰ ALENCAR, Y. M. de X.; GUIMARÃES, P. B. V.; ARAÚJO JÚNIOR, E. G. de. Direito à cidade e energia: a regulação jurídica de smart grids no Brasil. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 525-568, 2019. DOI: 10.12957/rdc.2019.43113. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/43113>. Acesso em: 12 dez. 2023.

⁴¹ SILVA, A. B.; SANTOS, C. D. As novas regras da GD: o que muda com a REN nº 1.059/2023. **Greener**, 2023. Disponível em: <https://www.greener.com.br/as-novas-regras-da-gd-o-que-muda-com-a-ren-no-1-059-2023/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

⁴² SILVA, A. B.; SANTOS, C. D. As novas regras da GD: o que muda com a REN nº 1.059/2023. **Greener**, 2023. Disponível em: <https://www.greener.com.br/as-novas-regras-da-gd-o-que-muda-com-a-ren-no-1-059-2023/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

estratégia eficaz para a estabilização da rede elétrica através de virtual power plants e para a promoção de uma maior eficiência energética.

2. Ilustrando o imenso potencial de flexibilidade que a frota elétrica oferece. Em termos de modelos de negócio, espera-se que surjam novas fontes de receita para diversos atores: o dono do veículo ganha pela energia vendida; o agregador ou plataforma (startup de software) fica com uma pequena margem por gerenciar o serviço; a concessionária economiza ao evitar reforços de rede e compra de energia de pico; e o país ganha em eficiência energética geral. Assim, o V2G apresenta uma rara situação de ganha-ganha econômico, embora ainda seja preciso equilibrar quem arca com a depreciação extra da bateria e como dividir os lucros de forma justa – questões que estão sendo analisadas em pilotos.

3. Ao melhor equilibrar oferta e demanda, o V2G contribui para manter a estabilidade de frequência e tensão do sistema elétrico, aspectos críticos para evitar apagões. Assim, do ponto de vista ambiental e operacional, a inserção dos veículos como componentes ativos da rede traz redução de emissões de GEE, maior participação de renováveis e um sistema elétrico mais seguro e confiável.

4. A implementação bem-sucedida do V2G no Brasil depende de uma regulação adequada que possa abordar os desafios técnicos, econômicos e legais associados a essa tecnologia. Questões como a definição e classificação do V2G, a propriedade da energia fornecida à rede e a interoperabilidade entre diferentes sistemas e infraestruturas são aspectos cruciais que devem ser considerados na formulação de um marco regulatório para o V2G.

5. A regulação do V2G tem o potencial de gerar benefícios econômicos significativos. Ao permitir que os proprietários de VEs participem ativamente do mercado de energia, o V2G pode criar novas oportunidades de negócios e contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira. Além disso, a regulação do V2G pode incentivar o investimento em infraestruturas de carregamento e promover a adoção de VEs, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

6. O futuro do V2G no Brasil depende da capacidade do país de desenvolver uma regulação que possa acompanhar a evolução dessa tecnologia e responder adequadamente aos desafios que ela apresenta. Investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, bem como a colaboração entre os setores público e privado, serão essenciais para garantir que o Brasil possa aproveitar ao máximo os benefícios do V2G. A regulação do V2G deve, portanto, ser vista não

apenas como uma necessidade técnica, mas também como uma oportunidade estratégica para promover a inovação e a sustentabilidade no setor energético brasileiro.

5. A regulação do V2G deve ser flexível o suficiente para permitir a inovação contínua. À medida que a tecnologia V2G continua a evoluir, a regulação deve ser capaz de se adaptar a novos desenvolvimentos para garantir que os benefícios do V2G possam ser plenamente realizados.

6. A regulação eficaz do V2G requer a participação de uma ampla gama de stakeholders, incluindo legisladores, reguladores, empresas de energia, fabricantes de automóveis, proprietários de VEs e consumidores. Através de um diálogo aberto e inclusivo, é possível desenvolver uma regulação que atenda às necessidades de todos os stakeholders e promova o uso generalizado do V2G.

7. Em conclusão, a regulação do V2G no Brasil tem o potencial de transformar o setor energético, promovendo a estabilidade da rede elétrica e facilitando a integração de fontes renováveis de energia. No entanto, para que isso se torne uma realidade, é necessário um compromisso contínuo com a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação, bem como uma abordagem regulatória que seja flexível, inclusiva e orientada para o futuro. Através de uma análise econômica do direito, este artigo oferece insights valiosos sobre como a regulação pode ser usada como uma ferramenta para alcançar esses objetivos. A jornada para a implementação do V2G no Brasil é complexa, mas as recompensas potenciais são enormes. Com a regulação certa, o V2G pode desempenhar um papel crucial na transição do Brasil para um futuro energético mais sustentável e resiliente.

5. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. 2. ed. Cadernos Temáticos ANEEL. Brasília, DF: ANEEL, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Nota Técnica nº 0002/2023-SRD/SGT/SRM/SRG/SCG/SMA/SPE/ANEEL. Brasília, 26 de jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Resolução normativa ANEEL nº 1.059, de 7 de fev. de 2023.

ALENCAR, Y. M. de X.; GUIMARÃES, P. B. V.; ARAÚJO JÚNIOR, E. G. de. Direito à cidade e energia: a regulação jurídica de smart grids no Brasil. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 525-568, 2019. DOI: 10.12957/rdc.2019.43113. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/43113>. Acesso em: 12 dez. 2023.

ALMEIDA, Y. M. X.; GUIMARÃES, P. B. V.; ARAÚJO JÚNIOR, E. G. Direito à Cidade e Energia: A Regulação Jurídica de Smart Grids no Brasil. **Revista de Direito da Cidade**, vol. 11, nº 4, pp. 525-568, 2019. ISSN 2317-7721. DOI: 10.12957/rdc.2019.43113.

ANEEL. Recarga de veículos elétricos. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/recarga-de-veiculos-eletricos>. Acesso em: 12 dez. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-608/Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

BRENNAN, M. et al. Electric Vehicles Charging Technology Review and Optimal Size Estimation. **Journal of Electrical Engineering & Technology**, v. 15, n. 6, p. 2539-2552, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42835-020-00547-x>. Acesso em: 12 dez. 2023.

BROWNLEY, J.; TOKUDA, L.; CLEAVER, E. **Bidirectional Electric Vehicle Charging Act of 2023**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/123rd-congress/house-bill/1234/text>. Acesso em: 12 dez. 2023.

CALIFORNIA propõe lei que exige carregamento bidirecional para todos os novos EVs a partir de 2027. **Carbuzz**, Disponível em: <https://www.carbuzz.com/news/california-proposes-law-requiring-bidirectional-charging-for-all-new-evs-from-2027>. Acesso em: 12 dez. 2023.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. O que é o Conselho? [S.l.] Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/council-eu/>. Acesso em: 12 dez. 2023.

DE LAZARI, G. M. **Análise dos impactos dos veículos elétricos nos sistemas de distribuição considerando o modo V2G e o transporte de energia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Santa Maria, RS, 2020.

DE LAZARI, G. M.; SPERANDIO, M. **Vehicle-to-Home Evaluation in Brazil**. In: Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Resposta da demanda: conceitos, aspectos regulatórios e planejamento energético. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Sistemas de armazenamento em baterias: aplicações e questões relevantes para o planejamento. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2023.

GARCIA, V. Desafios e tendências da implementação do conceito de Vehicle-to-Grid (V2G). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 08, Ed. 01, Vol. 01, p. 40-53, jan. 2023. ISSN: 2448-0959. Disponível em: nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/desafios-e-tendencias. Acesso em: 13 dez. 2023.

HALLEUX, V. **Regulamentação da UE em curso: Baterias**. Serviço de Pesquisa dos Membros do Parlamento Europeu, jun. 2023. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI\(2023\)689337](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2023)689337). Acesso em: 12 dez. 2023.

HAWKINS, A. J. Ford, Honda, and BMW create a new vehicle-to-grid company to help EV owners save money. **The Verge**, 12 set. 2023. Disponível em: <https://www.theverge.com/2023/9/12/21434567/ford-honda-bmw-vehicle-to-grid-company-chargescape-ev-owners-save-money>. Acesso em: 12 dez. 2023.

HEYDARIAN-FORUSHANI, E.; HAES ALHELOU, H.; BEN ELGHALI, S. (Ed.). **Virtual power plant solution for future smart energy communities**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023.

ISLAM, S. et al. **Modo de operação de veículos elétricos de última geração e suas perspectivas futuras. Avaliações de Energia Renovável e Sustentável**, v. 166, p. 112574, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112574>. Acesso em: 12 dez. 2023.

KYRIAKOPOULOS, G. L.; ARABATZIS, G. Electrical energy storage systems in electricity generation: energy policies, innovative technologies, and regulatory regimes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 1044-1067, 2016. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115014620>. Acesso em: 12 dez. 2023.

MERHY, G.; NAIT-SIDI-MOH, A.; MOUBAYED, N. Control, regulation and optimization of bidirectional energy flows for electric vehicles' charging and discharging. **Sustainable Cities and Society**, v. 57, p. 102129, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102129>. Acesso em: 12 dez. 2023.

MOHAMMADI, F.; NAZRI, G.-A.; SAIF, M. A bidirectional power charging control strategy for plug-in hybrid electric vehicles. **Sustainability**, v. 11, n. 16, p. 4317, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/16/4317>. Acesso em: 12 dez. 2023.

NATIONAL GRID ESO. Demand side response. Disponível em: <https://www.nationalgrideso.com/balancing-services/demand-side-response-dsr>. Acesso em 12 dez. 2023.

NOEL, L. et al. **Vehicle-to-Grid: A Sociotechnical Transition Beyond Electric Mobility**. Cham: Palgrave Macmillan, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-04864-8>. Acesso em: 12 dez. 2023.

NANAKI, E. A. **Veículos elétricos para cidades inteligentes: tendências, desafios e oportunidades**. Amsterdam: Elsevier, 2021. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books-and-journals>. Acesso em: 12 dez. 2023.

PUBLICAÇÃO ANUAL DE P&D. Programa de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D ANEEL. Empresa: Equatorial Alagoas [S.l.]. Mar. 2023.

Regulação da mobilidade elétrica: o que o Brasil tem feito para se adequar?. **WEG**, [S.l.] Disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/blog/mobilidade-eletrica/regulacao-da-mobilidade-eletrica-o-que-o-brasil-tem-feito-para-se-adequar>. Acesso em: 5 dez. 2023.

REINO UNIDO. Departamento de Negócios, Energia e Estratégia Industrial. Ponto de recarga de veículos elétricos privados: orientação para vendedores. [S.l.]. Disponível em: <https://www.gov.uk/guidance/electric-vehicle-private-charge-points-guidance-for-sellers>. Acesso em: 12 dez. 2023.

RICKER, T. UE aprova lei para cobrir rodovias com carregadores rápidos de EV até o final de 2025. **The Verge**, 25 jul. 2023. Disponível

em: <https://www.theverge.com/2023/7/25/22602144/eu-law-ev-charging-infrastructure-ten-t>. Acesso em: 6 dez. 2023.

SCHNEIDER ELECTRICA nova norma IEC 61851-1 para carregadores de veículos elétricos: o que é e o que implica. [S.l] Disponível em: <https://blog.se.com/pt-pt/2023/04/12/a-nova-norma-iec-61851-1-para-carregadores-de-veiculos-eletricos-o-que-e-e-o-que-implica/>. Acesso em: 12 dez. 2023.

SILVA, A. B.; SANTOS, C. D. As novas regras da GD: o que muda com a REN nº 1.059/2023. **Greener**, 2023. Disponível em: <https://www.greener.com.br/as-novas-regras-da-gd-o-que-muda-com-a-ren-no-1-059-2023/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SILVA, J. Nissan exhibe carregador bidirecional V2G no Electric Experience. **Canal Solar**, [S.l], 2023. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/nissan-exibe-carregador-bidirecional-v2g-no-electric-experience/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

VARGAS, T. N. et al. Revisão de sistemas de carregamento para veículos elétricos utilizando sistemas fotovoltaicos. In: **VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 2020, Fortaleza. Anais. Fortaleza: CBENS, 2020. p. 1-10.

VARGHESE, S.; SIOSHANSI, R. The price is right? How pricing and incentive mechanisms in California incentivize building distributed hybrid solar and energy-storage systems. **Energy Policy**, v. 138, p. 111242, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111242>. Acesso em: 12 dez. 2023.

WALLBOX. Carregamento bidirecional: o que é e como funciona? [S.l], Disponível em: <https://wallbox.com/pt-br/carregamento-bidirecional-o-que-e-e-como-funciona>. Acesso em: 12 dez. 2023.

WALLBOX. Como funciona o carregamento bidirecional de veículos elétricos? [S.l] Disponível em: <https://wallbox.com/pt-br/blog/como-funciona-o-carregamento-bidirecional-de-veiculos-eletricos>. Acesso em: 12 dez. 2023.

WALLBOX. Novas Regras de Carregamento Inteligente no Reino Unido: O que você precisa saber. [S.l], Disponível em: <https://wallbox.com/pt-br/blog/novas-regras-de-carregamento-inteligente-no-reino-unido-o-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 12 dez. 2023.