



TESLA VIRTUAL POWER PLANT E O DIREITO URBANÍSTICO

Virtual Tesla Power Plant and urban law

Julia Macedo Nogueira Nobre

Universidade de Marília, Marília, São Paulo.

URL: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do> ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7005-6451>

E-mail: juh_nobre@hotmail.com

Jonathan Barros Vita

Universidade de Marília

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3991-004X>

E-mail: jbvita@gmail.com

Trabalho enviado em 25 de abril de 2024 e aceito em 18 de dezembro de 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



Rev. Dir. Cid., Rio de Janeiro, Vol. 17, N.04., 2025, p. 183-200

Julia Macedo Nogueira Nobre e Jonathan Barros Vita

DOI: 10.12957/rdc.2025.83824 | ISSN 2317-7721

RESUMO

O artigo analisou a *Tesla Virtual Power Plant* (VPP) e a sua influência no direito urbanístico. Identificou as externalidades das VPPs e as possíveis formas de proteção urbana, com o intuito de garantir a compatibilização do desenvolvimento sócio-econômico-ambiental. Foi utilizado o método dedutivo, com pesquisas bibliográficas. Analisou-se a VPP, com base na análise econômica do direito e observou-se o estatuto da cidade e o plano diretor na defesa do direito urbanístico. Verificou-se a influência da VPP no direito urbanístico e examinaram-se as normas do estatuto da cidade, que influenciam aludidas usinas. Observou-se que a VPP influencia no direito urbanístico, pois garante a autossuficiência energética, com uma energia elétrica sustentável e limpa. Aumenta também a segurança energética evitando apagões e oscilações na rede da cidade, além de reduzir o custo com geradores backup e gerar lucros para os usuários. Negativamente, a VPP influencia na diversidade arquitetônica da cidade, no aumento do lixo e nas possíveis ondas de calor próximo às placas solares. Concluiu-se que o Estatuto da Cidade e o Plano Diretor possuem medidas capazes de diminuir as externalidades negativas da instalação das VPPs, tais como o estudo de impacto de vizinhança, o estudo de impacto ambiental e o zoneamento ambiental.

Palavras-chave: *tesla virtual power plant*, direito urbanístico, estatuto da cidade, plano diretor e VPP.

ABSTRACT

The article analyzed the Tesla Virtual Power Plant (VPP) and its influence on urban planning law. It identified the externalities of VPPs and possible forms of urban protection, with the aim of ensuring the compatibility of socio-economic-environmental development. The deductive method was used, with bibliographic research. The VPP was analyzed, based on the economic analysis of law and the city statute and the master plan were observed in defense of urban planning law. The influence of the VPP on urban planning law was verified and the norms of the city's statute, which influence the aforementioned plants, were examined. It was observed that the VPP influences urban planning law, as it guarantees energy self-sufficiency, with sustainable and clean electrical energy. It also increases energy security by avoiding blackouts and fluctuations in the city's network, in addition to reducing the cost of backup generators and generating profits for users. Negatively, the VPP influences the city's architectural diversity, the increase in garbage and possible heat waves near the solar panels. It was concluded that the City Statute and the Master Plan have measures capable of reducing the negative externalities of the installation of VPPs, such as the neighborhood impact study, the environmental impact study and environmental zoning.

Keywords: *tesla virtual power plant*, urban law, city statute, master plan and VPP.

Sumário: Introdução; 1. A *Tesla Virtual Power Plant* sob a ótica da análise econômica do direito; 2. Estatuto da cidade e plano diretor na defesa do direito urbanístico; 3. Impacto da *Tesla Virtual Power Plant* no Direito Urbanístico; 4. A *Tesla Virtual Power Plant* e as normas de direito urbanístico, expressas no estatuto da cidade. Considerações finais; Referências bibliográficas.



INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observam-se grandes mudanças da sociedade no que se refere às preocupações com as questões energéticas, o que direciona os agentes econômicos a otimizar o uso da energia elétrica com o uso de tecnologias que causem menos impacto ao meio ambiente.

O aumento da utilização da energia elétrica pode estar atrelado a dois fatores, o primeiro refere-se ao clima extremo, seja para frio ou calor, que demanda uma maior utilização de energia elétrica por parte dos cidadãos. Outro fator importante refere-se à universalização da tecnologia e aparelhos elétricos. Observa-se a transição do período em que os serviços eram feitos de forma manual para a forma elétrica, aumentando a demanda de energia para as cidades e seus serviços funcionarem.

Preocupada com essa questão, a empresa automotiva norte americana Tesla lançou, na Califórnia, uma usina de energia virtual, denominada *Tesla Virtual Power Plant* ou VPP, apta a realizar o armazenamento de energia solar em baterias instaladas nas residências, que serão utilizadas para carregar os automóveis elétricos e também utilizadas para compor a rede de distribuição elétrica nacional.

O presente trabalho justifica-se ante a consciência de que houve o aumento da utilização da energia elétrica, bem como que o clima está gradativamente mais instável, com condições meteorológicas extremas. Assim, faz-se necessário buscar formas sustentáveis de energia, que garantem um ambiente urbano com maior eficiência e menos impactos negativos, como é o caso da usina virtual elétrica proposta pela empresa Tesla.

A partir de uma visão ampla é possível considerar que a *Tesla Virtual Power Plant* é importante para o desenvolvimento e crescimento das cidades, causando externalidades significativas no ambiente urbano.

O direito urbanístico busca uma melhoria da qualidade de vida das cidades e pretende verificar os problemas citadinos em sua integralidade, avaliando as consequências, o monitoramento, o controle e as medidas mitigadoras dos eventuais danos, a fim de que a população possa ter uma melhor qualidade de vida.

Assim, torna-se imprescindível estudar as influências e impactos das usinas virtuais elétricas (VPP) no direito urbanístico das cidades brasileiras.

Nesse sentido, o presente artigo, terá os seguintes objetivos: a) verificar a definição e o funcionamento da *Tesla Virtual Power Plant*; b) avaliar as consequências e impactos que a usina elétrica virtual pode trazer para a cidade em que será instalada; c) identificar as possíveis formas de diminuir os impactos urbanísticos causados nas cidades brasileiras e, d) garantir a compatibilização do desenvolvimento sócio-econômico-ambiental com a instalação da *Tesla Virtual Power Plant*.

Nesse passo, primeiramente será estudada a definição de *Tesla Virtual Power Plant* – VPP sob a ótica da análise econômica do direito e, após, será feita uma análise do estatuto da cidade e do plano diretor na defesa do direito urbanístico. Em seguida, verificar-se-á a influência das VPP no direito urbanístico, para, posteriormente, examinar as normas de direito urbanístico, expressas no estatuto da cidade, que influenciam na instalação e operação dessas usinas virtuais.

Registre-se, outrossim, que o método de abordagem utilizado para a obtenção do presente artigo será o dedutivo, partindo-se da análise das regras gerais para a compreensão dos casos específicos, em combinação com a pesquisa bibliográfica. O sistema de referência utilizado será a análise econômica do direito, com o intuito de se verificar as externalidades positivas e negativas da implantação da *Tesla Virtual Power Plant* nas cidades.

1. A TESLA VIRTUAL POWER PLANT SOB A ÓTICA DA ANÁLISE ECONÔMICA DO DIREITO.

Com o crescimento do consumo dos recursos energéticos no ambiente urbano atual, as empresas precisaram desenvolver novas tecnologias para lidar com a alta demanda de eletricidade e manter o equilíbrio ambiental. As organizações passaram a buscar alternativas para reduzir a emissão de carbono, melhorar a equidade energética, a segurança do abastecimento, além de reduzir a dependência do investimento de capital em infraestruturas energéticas de grande escala.

Diante desse cenário, na Califórnia, a empresa automobilística Tesla lançou uma usina de energia virtual, denominada *Tesla Virtual Power Plant* (VPP) que, de acordo com Alvarez (2021), permite que os clientes utilizem, nas suas próprias residências, baterias *powerwall* e painéis solares para gerar energia, abastecer seus veículos e o excedente de energia produzido é direcionado a rede local de abastecimento elétrico. Embora o VPP pareça ser um programa piloto na Califórnia, o CEO da Tesla, Elon Musk, observou que a capacidade da bateria *powerwall* doar energia extra para a rede se tornará extremamente importante ao longo do tempo. Ademais, os clientes da Tesla solar e *powerwall* podem fazer sua parte ajudando a criar um dos maiores sistemas de baterias distribuídas no mundo. Ao fazer isso, o Estado pode se tornar menos dependente de soluções mais antigas, mais sujas e ineficientes de energia elétrica.

A *Tesla Virtual Power Plant* funciona conectando uma rede de casas movidas a energia solar e *powerwall* de maneira coordenada usando a tecnologia da Tesla. Isso não apenas beneficia o usuário do serviço, mas também a rede, a qual, quando for necessário, usa a energia armazenada na *powerwall* de várias residências, que estão conectadas ao *Tesla Virtual Power Plant*. Ao ingressar na *Tesla Virtual Power Plant*, o usuário está ajudando a rede de abastecimento energético local a se tornar mais estável, reduzindo o uso de combustíveis fósseis e reduzindo os custos de energia para o cidadão que aderiu ao

projeto e para as demais pessoas da comunidade. Ao aderir à VPP, a residência torna-se mais autossuficiente e menos dependente da rede energética disponível para a sociedade (TESLA, 2021).

O objetivo da *Tesla Virtual Power Plant* é conseguir a adesão de vários usuários e criar o o maior sistema de baterias distribuídas do mundo, de modo a evitar a dependência das usinas de energia de combustível fóssil menos eficientes e manter a segurança energética (TESLA, 2022).

Liu et al. (2021) consigna que, ao agregar recursos renováveis distribuídos, as VPPs podem reduzir a dependência de combustível fóssil e reduzir as emissões de carbono. Com adicionais informações sobre o ambiente urbano, como clima local e informações geográficas, a VPP tem o potencial de mitigar as externalidades da densidade urbana no desempenho do sistema renovável distribuído. Além disso, as VPPs também podem reduzir impactos ambientais negativos e melhorar a segurança das energias renováveis por meio da gestão otimizada das unidades distribuídas.

Para McKenna (2018), os sistemas renováveis distribuídos, tal como a VPP, podem ser instalados em áreas urbanas sem ocupar um espaço enorme para implantação. Aludida tecnologia pode reduzir o carbono nas áreas urbanas, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis, além disso, pode melhorar a independência energética.

Constata-se que, com o aumento da demanda por energia elétrica, a rede de abastecimento local, em muitas ocasiões, passou a atuar no seu limite máximo de produção, principalmente nos momentos de pico, em que a população consome mais energia do que o normal.

Observa-se que a construção e manutenção de usinas movidas a gás e/ou carbono somente para momentos de picos energéticos envolvem um capital significativo e são pouco utilizadas, porque só precisam satisfazer a carga de pico por algumas horas por ano, todavia, são imprescindíveis para garantir a ausência de oscilação energética. A capacidade desse tipo de usina fica subutilizada fora dos horários de pico.

Por isso, torna-se importante também avaliar a VPP sob a ótica da análise econômica do direito, de forma a identificar as externalidades positivas e negativas do seu uso.

O estudo voltado para análise econômica do direito consiste em avaliar a harmonização e influência existente entre as leis jurídicas e o postulado econômico de maximização dos lucros.

A escola denominada Análise Econômica do Direito (AED), também conhecida como *Law and Economics*, que tem como difusor Richard Posner, verifica a influência e relação interativa existente entre a economia e o direito.

Os postulados da Law and Economics são retratados por Gonçalves e Stelzer (2014, p. 270) nos seguintes termos:

Como postulados maiores da doutrina Law and Economics defendem-se, os seguintes: a) Prevalece, como método, na aplicação da Economia ao Direito, o individualismo metodológico, segundo a racionalidade maximizadora economicista; b) As leis jurídicas devem guardar mínima harmonia com as leis econômicas; e c) O Paradigma jurídico deve voltar-se para a agilização e fluidez das relações de produção, maximização dos lucros e otimização da produção e utilização da riqueza individual e social.

Ao mencionarem sobre a análise econômica do direito, Payão e Vita (2018, p. 207), aduzem que a economia de mercado deve ser inspirada pelo direito, o qual, por sua vez, considera as regras do mercado para desenvolver-se.

Destarte, no que se refere ao presente estudo, ao observarmos a análise econômica do direito que abrange a VPP, verifica-se que esta pode fortalecer a rede elétrica com um custo financeiro menor, com uma energia mais limpa e melhor, ajudando a construir um planeta mais saudável para as presentes e futuras gerações.

Frisa-se, outrossim, que a criação de usinas movidas a gás e/ou carvão para os períodos de picos não se justifica, pois, como já mencionado, além de serem subutilizadas fora do horário de pico, são altamente poluentes e demasiadamente onerosas.

Como a VPP permite a utilização e o armazenamento da sua própria energia, cada residência cadastrada transforma-se em uma mini central elétrica que ajuda a estabilizar a rede urbana. O gerenciamento da energia é feito por um *software*, o *auto bidder*, responsável por prever o quanto cada residência que aderiu ao VPP utiliza de energia, prevendo, inclusive, os excessos na carga elétrica decorrentes de variáveis como clima e padrões de uso diário de energia.

Lambert (2021) registra alguns dos benefícios de ingressar na usina virtual Tesla, tais como: a) estabilizar a rede elétrica da cidade: a capacidade excedente, fornecida pelo *powerwall*, pode ajudar a evitar ou reduzir apagões na rede de abastecimento local, no caso de uma emergência grave. Dessa forma, o *powerwall* pode manter as luzes acesas para toda a comunidade; b) limpar a rede: a Tesla despachará o *powerwall* quando a rede local estiver com necessidade crítica de energia adicional. É quando os geradores menos eficientes normalmente ficam online; c) formar nas cidades uma verdadeira comunidade Tesla: a partir da união com outros proprietários de *powerwalls* e acelerar a transição mundial para a energia sustentável, além de ajudar a formar a maior bateria distribuída do mundo; d) manter a segurança energética: o *powerwall* será descarregado durante eventos VPP, mas não descarregará abaixo da reserva de backup da residência. Nesse caso é necessário ajustar a reserva de backup da residência para controlar a contribuição com a rede local enquanto mantém a energia de backup para a residência, no caso de eventuais interrupções; e) possibilitar créditos de exportação durante os períodos de pico: com um programa de medição líquida de energia é possível ganhar crédito pela energia enviada à rede elétrica local durante os eventos de pico ou emergências.



Ademais, conforme Alvarez (2021), a criação de usina elétrica virtual ajuda a estabilizar a rede local, reduzindo os apagões em uma emergência grave. Os proprietários que fazem parte de um programa de medição líquida de energia também podem ganhar crédito de medição líquida quando o VPP é utilizado.

Registra-se, outrossim, que conforme Ropuszynska-Surma e Weglarz (2019), o VPP promove externalidades positivas na rede elétrica, pois garante a segurança energética, melhora a estabilidade e confiabilidade da rede, otimiza o uso dos recursos energéticos e sustentáveis, regula a frequência de utilização das reservas operacionais e promove a gestão dos picos de demanda.

Passadas aludidas considerações sobre a *Tesla Virtual Power Plant*, torna-se imprescindível analisar o impacto do Estatuto da Cidade e do Plano Diretor na defesa do Direito Urbanístico e a sua relação com a usina virtual elétrica.

2. ESTATUTO DA CIDADE E PLANO DIRETOR NA DEFESA DO DIREITO URBANÍSTICO

A CF/1988 foi a primeira constituição do Brasil a tratar de direito urbanístico (FERRARI, 2012, p. 229). Nos termos do art. 21, XX, da CF, compete a União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, bem como estabelecer normas gerais de direito urbanístico, consoante art. 24, I e §§ 1º e 2º, concorrentemente com os Estados, Distrito Federal e Municípios (art. 30, II, da CF).

O direito urbanístico é conceituado como “o conjunto de normas que tem por objeto organizar os espaços habitáveis, de modo a propiciar melhores condições de vida ao homem na comunidade” (SILVA, 2006, p. 49).

Hely Lopes Meirelles (2013, p. 533) afirma que os espaços habitáveis englobam todas as áreas que o homem exerce coletivamente quaisquer das quatro funções sociais, quais sejam: habitação, trabalho, circulação e recreação.

O urbanismo prescreve e impõe normas de desenvolvimento, de funcionalidade, de conforto e de estética da cidade, e planifica suas adjacências, racionalizando o uso do solo, ordenando o traçado urbano, coordenando o sistema viário e controlando as construções que vão compor o agregado humano, a urbe” (Meirelles, 2013, p. 534).

As limitações urbanísticas são consideradas irrenunciáveis, imprescritíveis e intransacionáveis, porque protegem a coletividade na sua generalidade. As imposições estatais podem ser de três modalidades: permissivas (deixar fazer), positivas (fazer), negativas (não fazer).

As normas urbanísticas são de direito público e decorrem do poder de polícia, que é inerente e indissociável da Administração (MEIRELLES, 2013, p. 537/538).



Ademais, o art. 182 da Constituição Federal de 1988 consigna que a política de desenvolvimento urbano, executada pelo Município, de acordo com as diretrizes gerais fixadas em lei, tem por finalidade ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

Ao editar normas urbanísticas, o Município, não está violando o campo do direito civil, que é privativo da União, mas apenas regulando os aspectos urbanísticos da propriedade, os quais estão afeto ao interesse local.

A Administração Pública, na organização dos espaços urbanos, não deve prescindir de planejamento com o intuito de buscar melhores condições de vida à população. O § 1º do art. 182 da CF/88 consigna que o plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal e obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, consiste no instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana. Já o § 2º do aludido artigo dispõe que “a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor”.

Destarte, evidencia-se uma extensa preocupação do legislador constitucional em matéria urbanística, já que o crescimento das cidades brasileiras deve compatibilizar o desenvolvimento sócio-econômico-ambiental.

Nesse sentido, o direito urbanístico decorre da necessidade de se estabelecer limitações ao uso da propriedade particular, de ordem pública e, ao exercício de atividades individuais, as quais afetam a coexistência social. Assim, para ordenação da vida em sociedade, cada cidadão deve ceder uma parcela mínima de direitos, recebendo em retribuição segurança, higiene, conforto e bem-estar coletivos (MEIRELLES, 2013, p. 535).

Ademais, qualquer projeto e/ou empreendimento que promova alterações no ambiente urbano deve observar e cumprir as normas de direito urbanístico locais.

Nesse contexto, a Lei n. 10.257/2001, denominada Estatuto da cidade, foi criada, visando regulamentar o art. 182 e 183 da CF e estabelecer as diretrizes gerais de política urbana, com o intuito ainda de estabelecer normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, do bem-estar dos cidadãos, da segurança, bem como do equilíbrio ambiental.

Por meio da Lei n. 10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade, a União estabeleceu as normas gerais que devem orientar a ordenação do pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade, com o intuito de garantir o bem-estar de seus habitantes (FERRARIA, 2012, p. 229).

O Estatuto da Cidade tem dispositivos de relevante importância para a estruturação e desenvolvimento das cidades, de forma a evitar que haja uma política urbana desenfreada. Igualmente,

o estatuto normatiza os instrumentos capazes de possibilitar a intervenção do Poder Público sobre o meio ambiente artificial de forma mais efetiva (PANIZI, 2007, p. 220).

O instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, disposto na Lei n. 10.257/2001, é o plano diretor, o qual é obrigatório para cidades com mais de 20.000 habitantes, engloba o território do Município como um todo e, ainda, deve ser aprovado por lei municipal, a qual deverá ser revista pelo menos a cada 10 (dez) anos.

O Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/2001) consigna, outrossim, um conteúdo mínimo para o plano diretor, o qual deve observar o desenvolvimento do Município, com a adequada ordenação do uso e ocupação do solo, seu parcelamento, o disciplinamento das edificações, além das medidas de atendimento de saúde, educação, habitação, higiene e transporte, de forma a maximizar a eficiência dos empreendimentos citadinos.

O plano diretor tem o intuito de melhorar a qualidade de vida da população e, para isso, deve analisar a expansão da cidade e o aproveitamento adequado do solo, com o objetivo de prevenir o crescimento desordenado e situações urbanas caóticas, como as que se observam em muitas cidades brasileiras (FERRARI, 2012, p. 247).

Diógenes Gasparini (2002, p. 195) consigna ainda que:

O plano diretor é, assim, o instrumento básico de política de desenvolvimento e expansão urbana e parte integrante do processo de planejamento, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e prioridades nele contidas.

Ademais, o plano diretor, de acordo com Meirelles (2013, p. 562) deve ser uno, único, evolutivo e dinâmico. O plano diretor é a *“lei suprema e geral que estabelece as prioridades nas realizações do governo local, conduz e ordena o crescimento da cidade, disciplina e controla as atividades urbanas em benefício do bem-estar social”* (MEIRELLES, 2013, p. 562).

Nesse contexto, o plano diretor, regulamentado pelo Estatuto da Cidade, é um instrumento norteador dos futuros projetos de empreendimentos localizados nas cidades brasileiras, colaborando com a maximização das externalidades positivas destes, além do satisfatório e racional atendimento das necessidades da comunidade das cidades devendo, assim, ser observado no momento da instalação da *Tesla Virtual Power Plant*.

3. IMPACTO DA TESTA VIRTUAL POWER PLANT NO DIREITO URBANÍSTICO

A análise da influência da *Tesla Virtual Power Plant* no direito urbanístico corrobora com a verificação da relação custo x benefício para as residências e usuários, bem como para a maximização das



externalidades positivas e minimização das negativas, decorrentes da criação de usinas elétricas virtuais no ambiente urbano.

A medida que as adversidades climáticas e o tempo se tornam cada vez menos previsíveis, aumenta-se a probabilidade de termos mais apagões. Isso porque a rede elétrica atual não tem capacidade de armazenar energia, de forma que a entrada e saída desta devem ser sempre monitoradas. As baterias da VPP servem justamente para fazer esse controle, ou seja, carregar durante os excedentes de energia e descarregar durante os déficits, evitando oscilações e desequilíbrios rápidos.

Antigamente, quando as empresas e serviços funcionavam de forma manual, ficar sem energia por alguns minutos não gerava muitos prejuízos, todavia, atualmente, quando tudo é movido pela tecnologia e energia, a falta de abastecimento elétrico pode parar uma cidade, já que empresas, restaurantes, escolas, residências, etc., dependem da energia para funcionar.

Jess e Jac (2021) consignam que, nos dias quentes, a demanda por ar condicionado é muito alta e a rede elétrica tem que atuar no seu limite máximo porque a população necessita de uma demanda de energia maior do que o normal. Esse consumo maior por parte dos usuários pode gerar oscilação na rede elétrica e queimar aparelhos elétricos e, inclusive, a iluminação pública, afetando negativamente o ambiente urbano.

Conforme Proctor (2018) a VPP impede essa oscilação de energia, tanto nos horários de pico quanto nos momentos de acidentes, já que, o *powerwall*, ao detectar uma interrupção, desconecta-se da rede e restaura automaticamente a energia da residência em uma fração de segundo. Contanto que a bateria tenha armazenamento backup no momento da oscilação, o usuário nem percebe que a energia acabou.

Ferris (2022) cita ainda que as residências são conectadas entre si para formar uma rede virtual que pode aliviar o consumo de energia da rede urbana durante os horários de pico e atuar como uma fonte de energia de backup durante os apagões.

Outro fator importante para ser destacado é a capacidade das baterias residenciais ligarem e desligarem a rede em milissegundos, o que protege a residência de acidentes. A título de exemplo, se ocorrer uma intempérie e uma árvore cair em cima do fio elétrico que alimenta a rede elétrica de uma residência com VDD, a energia será imediatamente desligada, evitando, assim, a eventual possibilidade de curto circuito e/ou incêndios gerados por acidentes (JESS e JAC, 2021).

Destaca-se, ainda, que a *Tesla Virtual Power Pant* fica instalada nas próprias residências, ou seja, não demanda o espaço físico e os funcionários necessários para a instalação de uma usina elétrica, justamente porque se trata de uma central elétrica virtual, que é controlada por meio de software.

Ademais, nos prédios e ambientes comerciais que não podem ficar sem energia, ainda que por um curto período de tempo, é normal visualizarmos um espaço reservado aos geradores de energia elétrica, geralmente dentro de área de segurança com grades e avisos de perigo. A existência de baterias backup nas residências evita a necessidade de instalação de geradores enormes em ambientes comerciais ou prédios, o que aumenta a segurança do local, já que a presença do gerador, por si só apresenta um fator de risco, além de permitir o melhor aproveitamento, no que se refere à paisagem, dos ambientes físicos. Frisa-se, outrossim, que a ausência da necessidade de geradores reduz o custo dos imóveis, evitando o desperdício financeiro com máquinas de manutenção elevada e pouco utilizadas.

No caso, após a inscrição do usuário da energia na VPP, a sua energia elétrica excedente será transferida para a distribuição da rede de abastecimento local e ajudará a alimentar outras residências, inclusive mediante eventual pagamento por esse fornecimento extra.

A utilização de usinas virtuais agrega valor tanto para a rede elétrica local quanto para o proprietário da casa ou empresa que possui a VPP. No caso, além de poupar dinheiro o usuário também pode auferir lucros, ao aderir à VPP. .

Frisa-se, ainda, que a VPP agrega valor à residência, aumentando o valor agregado do imóvel, tornando-se uma vantagem competitiva em relação ao demais imóveis, no caso de eventual venda do bem, aumentando a lucratividade.

Outro ponto positivo da VPP é a energia limpa para as cidades. A utilização de energia limpa reduz as externalidades negativas causadas pela poluição urbana, tais como: gripes, resfriados e céu turvo.

Verifica-se, outrossim, o aumento do espírito de colaboração nas cidades, já que todos os cidadãos tornam-se responsáveis e imprescindíveis pelo bom funcionamento do sistema elétrico citadino. *In casu* eles atuam como verdadeiros *stakeholders* do processo de tomada de decisão que envolvem as questões energéticas das cidades.

É evidente as externalidades positivas da *Tesla Virtual Power Pant*, todavia, é necessário também destacar as externalidades negativas da criação dessas usinas elétricas virtuais. Sob o ponto de vista do ambiente urbano pode-se destacar a arquitetura das residências e prédios que, paulatinamente, estarão cada vez mais padronizados e parecidos com caixotes cheios de platibandas, visando atender à disposição das placas solares, ou seja, os imóveis apresentarão gradativamente uma menor diversidade arquitetônica e urbanística, de contornos e adornos que tanto embelezam as cidades.

Como externalidades negativas dos ambientes urbanos destaca-se também o aumento do lixo e descarte das baterias, gradativos aos programas de adesão à usina virtual VPP.

Constatam-se também os problemas decorrentes do abandono do espaço físico das centrais elétricas já existentes, que incluem desde as dificuldades de manutenção, da limpeza e da segurança de um local abandonando, até a preocupação social com os funcionários eventualmente demitidos.

Barron-Gafford et al. (2016) destaca, outrossim, que os painéis solares podem aumentar as ilhas de calor nas cidades, afetando o clima urbano e aumentando os problemas respiratórios da população.

Outro inconveniente relatado por Kammen & Sunter (2016) refere-se ao fato de que as placas solares podem ter sua produção de energia reduzida, nas áreas urbanas com elevada densidade populacional, devido ao sombreamento por estruturas adjacentes, tais como prédios.

Frisa-se, outrossim, a necessidade de políticas públicas abordarem o tema, para a VPP não se tornar mais um fator de segregação social, restrito a camada mais rica da sociedade. Nesse sentido, deve-se garantir o acesso à bateria e às placas solares por preços acessíveis para a comunidade de baixa renda, oportunizando o envolvimento de toda a sociedade.

Passadas essas considerações torna-se imprescindível avaliar as normas do estatuto da cidade que influenciam na *Tesla Virtual Power Plant*, o que será visto abaixo.

4. A TESLA VIRTUAL POWER PLANT E AS NORMAS DE DIREITO URBANÍSTICO EXPRESSAS NO ESTATUTO DA CIDADE

A atividade empresarial que promove a transição energética dos combustíveis fósseis para a energia solar requer atenção especial dos gestores das cidades, que se preocupam com o crescimento da população local, com o consumo energético, bem como com o desenvolvimento do ambiente urbano.

Nesse cenário, mostra-se imprescindível verificar as normas de ordem pública e interesse social consignadas no Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/2001), que podem orientar a política urbana e regular o uso da propriedade em prol do bem coletivo, da segurança dos cidadãos, do bem-estar e do equilíbrio ambiental.

A excessiva concentração populacional, a indiscriminada utilização da área urbana, a localização inadequada das atividades humanas e outros fatores de desajustamento entre a população e o meio ambiente causam transtornos insuportáveis para a vida urbana, desequilibrando o trinômio área/população/equipamento. Dá por que os regulamentos edilícios dispõem sobre o uso e ocupação do solo urbano. (MEIRELLES, 2013, p. 573)

O art. 2º, inciso I, do Estatuto da Cidade, dispõe que as políticas urbanas devem garantir o direito à cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e

futuras gerações. O inciso VI, alínea “g”, do mesmo artigo, consigna a necessidade de ordenar e controlar o uso do solo de forma a evitar a “poluição e a degradação ambiental”.

Registra-se, ainda, que o art. 2º, inciso XVIII, dispõe a necessidade de tratamento prioritário às obras e edificações de infraestrutura de energia, telecomunicações, abastecimento de água e esgoto.

A criação de usinas elétricas virtuais - VPP se coaduna com o que dispõe o Estatuto das Cidades, já que a cidade se beneficia com a menor utilização dos combustíveis fósseis para a geração de energia e a utilização da energia solar, a qual é naturalmente mais limpa e barata.

Um instrumento com função de garantir a proteção da população urbana é o zoneamento (art. 4º, III, c, da Lei n. 10.257/01). O zoneamento é responsável por estabelecer zonas de uso homogêneas, nas quais apenas determinadas atividades são permitidas, tais como zonas residenciais, zonas comerciais e zonas industriais (PANIZI, 2007, p. 224).

O zoneamento ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938 de 1981 – art 9º II), e também um instrumento da política urbana (art. 4º, III, alínea c, do Estatuto da cidade). Aludido instrumento tem como fundamento constitucional o art. 21, IX da CF e tem o intuito de delimitar geograficamente áreas territoriais, além de estabelecer regimes especiais de uso, fruição e gozo da propriedade. Consiste, assim, no reconhecimento da impossibilidade das empresas ocuparem o território sem planejamento prévio e coordenado.

Meirelles (2013, p. 576) estabelece que:

O zoneamento urbano normalmente estipula as áreas residenciais, comerciais e industriais; delimita os locais de utilização específica, tais como feiras, mercados, estacionamentos de veículos etc.; dispõe sobre as construções e usos admissíveis; ordena a circulação, o trânsito e o tráfego no perímetro urbano e disciplina as atividades coletivas ou individuais que de qualquer modo afetem a vida da cidade.

Panizi (2007, p. 117/118), consigna ainda que:

Dentro da área econômica e social, o zoneamento é uma intervenção estatal baseada no poder-dever da União de articular o complexo geoeconômico e social, desenvolvendo as regiões e reduzindo desigualdades sociais e econômicas. Já na área urbanística, o zoneamento permite ao Estado a instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões.

Meirelles (2013, p. 581) descreve, outrossim, a existência de zonas mistas, ou seja, aquelas de ocupação promíscua – residência, indústria, comércio e outras – e para as quais não há indicação de utilizações específicas e excludentes pelas normas edilícias. Consequentemente, nessas zonas não há usos desconformes, já que todos são admitidos, na omissão da lei. Destarte, o vizinho ou a prefeitura, para fazer cessar ou impedir qualquer atividade em zona mista, deverão demonstrar sua nocividade ou prejudicialidade abusiva ou anormal, tendo em vista que não podem invocar a desconformidade de uso.



Além disso, a divisão da cidade em zonas tem a finalidade de atribuir a cada zona um uso específico, compatível com sua destinação. Entretanto, como as cidades nem sempre nascem planejadas, seus bairros são mistos e promíscuos em usos e atividades. Destarte, mostra-se imprescindível o zoneamento superveniente, repartindo a área urbana em zonas residenciais, industriais, comerciais, institucionais e outras com a indicação dos usos desconformes, conformes e tolerados (MEIRELLES, 2013, p. 578).

Apesar de existir a possibilidade do zoneamento superveniente, este dificilmente é utilizado, pois abrange uma série de medidas políticas, que na maioria das vezes são evitadas pelo chefe do poder executivo da cidade, no decorrer do seu mandato.

Evidencia-se que o zoneamento é um instrumento eficaz no planejamento inicial da cidade ou no processo de crescimento ordenado do ambiente citadino. O zoneamento é imprescindível no processo de elaboração, expansão e aproveitamento adequado do solo, devendo observar a conformação do sistema energético e a localização dos serviços, de modo a melhorar a qualidade de vida da população, prevenindo o crescimento desordenado e situações urbanas caóticas, como se vê em muitas das cidades brasileiras.

O controle do uso do solo urbano apresenta-se como das mais prementes necessidades em nossos dias, em que o fenômeno da urbanização dominou todos os povos e degradou as cidades mais humanas, dificultando a vida de seus moradores pela redução dos espaços habitáveis, pela deficiência de transportes coletivos, pela insuficiência dos equipamentos comunitários, pela promiscuidade do comércio e da indústria com áreas de residência e de lazer. (MEIRELLES, 2013, p. 575)

O zoneamento, por si só não é capaz de mediar todos os conflitos de vizinhança, já que os grandes projetos urbanísticos, ainda que atendam aos requisitos da lei, podem provocar profundos impactos de vizinhança, tais como o possível aumento da onda de calor gerado pela utilização de placas solares da VPP. Todavia, o estudo do zoneamento é essencial, na medida em que a população pode buscar junto aos órgãos públicos medidas compensatórias e saneadoras das atividades as quais, ainda que cumpram o zoneamento, apresentem nocividade anormal ou abusiva à coletividade.

O Estatuto da Cidade considera ainda uma forma de democratizar o sistema de gestão das cidades, ao consignar, no art. 43, que deverão existir órgãos colegiados de política urbana, bem como a realização de debates, audiências, conferências e consultas públicas sobre assuntos do interesse das cidades, em todos os níveis federativos, além do estímulo à iniciativa popular de projetos de leis e de plano, projetos e programas de desenvolvimento urbano.

O Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV, previsto nos artigos 36 a 38 da Lei n. 10.257/2001, consiste em outro instrumento de gestão ambiental urbana, que é menos complexo que o Estudo de

Impacto Ambiental – EIA, previsto na Lei n. 6.938/198 (Política Nacional do Meio Ambiente) e no art. 225, §1º, IV da CF/88.

De acordo com o art. 36 e 37 da Lei n. 10.257/2001, o EIV consiste em um estudo a ser elaborado por um a equipe de profissionais, a expensas do empreendedor, enfrentando questões apontadas pelo Poder Público, contemplando as externalidades positivas e negativas do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo análise, no mínimo, das seguintes questões: I – adensamento populacional; II – equipamentos urbanos e comunitários; III – uso e ocupação do solo; IV – valorização imobiliária; V – geração de tráfego e demanda por transporte público; VI – ventilação e iluminação; VII – paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

No se refere a *Tesla Virtual Power Plant*, o Estudo de Impacto de Vizinhança, é um importante instrumento público para analisar os impactos relacionados ao calor, eventualmente gerado pelas placas solares e também para analisar as alterações na paisagem urbana e patrimonial natural e cultural da cidade.

Verifica-se, ademais, a exigência de publicidade dos documentos integrantes do Estudo de Impacto de Vizinhança - EIV (art. 37, § único), além da publicidade dos documentos e informações produzidos no processo de elaboração do plano diretor (art. 40, § 4º, incisos I a III), com o devido acesso de qualquer interessado aos documentos e informações produzidas. Frise-se, outrossim, que o art. 43 do Estatuto da Cidade menciona que deverão existir consultas públicas e audiências sobre assuntos de interesse das cidades, representando, assim, outro importante instrumento de política urbana.

A publicidade dos atos e a participação ativa da população no processo de tomada de decisão é imprescindível para garantir a maximização das externalidades positivas da *Tesla Virtual Power Plant* e à compatibilidade desse projeto no desenvolvimento sócio-econômico-ambiental das cidades.

Destarte, evidencia-se a necessidade de um poder público mais efetivo no sentido de viabilizar os instrumentos dispostos no Estatuto das Cidades aptos a garantir uma melhor qualidade de vida à população local.

Ainda visando tornar efetiva a gestão transparente e democrática, estabelecida no Estatuto da Cidade, o prefeito que impedir ou deixar de garantir quaisquer dos requisitos contidos nos incisos I a III do § 4º do art. 40, responderá por improbidade administrativa, sem prejuízo da punição de outros agentes públicos envolvidos na aplicação de outras sanções cabíveis (art. 52, VI).

O Estudo de Impacto Ambiental, previsto na Lei n. 10.257/2001, deve, outrossim, ser considerado como um instrumento da política urbana. A constituição brasileira, no art. 225, §1º, IV, prevê o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para a instalação de atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente.

A existência do EIA fundamenta-se no princípio da prevenção do dano ambiental, pois este instrumento deve apresentar as externalidades indiretas e diretas, negativas e positivas do meio ambiente e as medidas mitigadoras.

A avaliação dos impactos ambientais constante na Lei n. 6.938 de 1981, em seu art 9º III, por meio do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), também é um importante instrumento de compatibilização do desenvolvimento sócio-econômico-ambiental, já que será exigida sua elaboração na instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação ambiental.

Observa-se, assim, que o Estatuto da Cidade consigna diversos instrumentos que podem ser utilizados pela política urbana na defesa do bem coletivo, do bem-estar da segurança dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

CONCLUSÃO

A *Tesla Virtual Power Plant* (VPP), é uma usina de energia virtual que permite a geração de energia na própria residência, por meio de baterias *powerwall* e placas solares, bem como o consumo e fornecimento da energia excedente à rede elétrica de abastecimento urbano local.

A VPP, sob o ponto de vista da análise econômica do direito, tem grande potencial para melhorar a sustentabilidade urbana, fornecendo energia limpa a partir da rede de baterias distribuídas.

A *Tesla Virtual Power Plant* influencia nas questões urbanísticas das cidades, pois garante a autossuficiência energética, com uma energia elétrica sustentável e limpa. Aumenta também a segurança energética evitando apagões e oscilações na rede da cidade, além de reduzir o custo com geradores backup e gerar lucros para os usuários.

Negativamente, a VPP influencia na diversidade arquitetônica da cidade, no aumento do lixo e nas possíveis ondas de calor próximo às placas solares.

É imprescindível cumprir as normas consignadas no Estatuto da Cidade e no Plano Diretor, para evitar o descumprimento das políticas urbanas nas cidades brasileiras.

A população e o poder público devem-se utilizar dos instrumentos previstos na Lei 10.257/2001, dentre os quais, o estudo de impacto de vizinhança, o zoneamento ambiental, a gestão orçamentária participativa e o estudo de impacto ambiental (EIA), para garantir a consecução das políticas públicas em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Rev. Dir. Cid., Rio de Janeiro, Vol. 17, N.04., 2025, p. 183-200
 Julia Macedo Nogueira Nobre e Jonathan Barros Vita
 DOI: 10.12957/rdc.2025.83824 | ISSN 2317-7721

ALVAREZ, Simon. **Tesla's Elon Musk highlights Virtual Power Plants' importance amid CA launch**. 2021. Disponível em: <https://www-teslarati-com.translate.goog/tesla-elon-musk-vpp-explained-ca-launch/? x tr sl=en& x tr tl=pt& x tr hl=pt-BR& x tr pto=op,sc>. Acesso em 20 set. 2023.

BARRON-GAFFORD, G. A., MINOR, R. L., ALLEN, N. A., CRONIN, A. D., BROOKS, A. E., & PAVAO-ZUCKERMAN, M. A. The photovoltaic heat island effect: Larger solar power plants increase local temperatures. **Scientific Reports**, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep35070>. Acesso em: 25 jun. 2023.

BRASI. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Brasília, DF: 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em 16 de jun de 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 15 de set de 2023.

BRASIL. **Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001**. Brasília, DF: 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em 16 de jun de 2023.

FERRARI, Regina Maria Macedo Nery. **Direito Municipal**. 3ª ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2012.

FERRIS, Dacia J. **Tesla Virtual Power Plant's success prompts officials to plan major expansion in South Australia**. 2019. Disponível em: <https://www-teslarati-com.translate.goog/tesla-virtual-power-plant-south-australia-expansion/? x tr sl=en& x tr tl=pt& x tr hl=pt-BR& x tr pto=op,sc>. Acesso em 15 mai. 2023.

GASPARINI, Diógenes. **Estatuto da Cidade**. São Paulo: NJD, 2002.

GONÇALVES, Everton das Neves; STELZER, Joana. **Princípio da Eficiência Econômico-Social no Direito Brasileiro: a tomada de decisão normativo-judicial**. Sequência (UFSC), v. 35, p. 261-290, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/2177-7055.2013v35n68p261>. Acesso em 17 de jun de 2023.

JESS e JAC. vídeo (37 min 56 seg) **Tesla's New Virtual Power Worth More Than its Auto Business?** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=snqBKK4Rpw&t=33s>. Acesso em 31 mai. 2023.

LAMBERT, Fred. **Tesla launches its own virtual power plant with Powerwalls to help California's grid**. 2021. Disponível em: <https://electrek-co.translate.goog/2021/07/16/tesla-launches-virtual-power-plant-powerwalls-help-california-grid/? x tr sl=en& x tr tl=pt& x tr hl=pt-BR& x tr pto=op,sc>. Acesso em 15 mai. 2023.

LIU, C., YANG, R. J., Yu, X., SUN, C., WONG, P. S., & ZHAO, H. (2021). Virtual power plants for a sustainable urban future. **Sustainable Cities and Society**, 2021.

MCKENNA, R. The double-edged sword of decentralized energy autonomy. **Energy Policy**, 747–750, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.033>. Acesso 03 jun. 2023.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Municipal brasileiro**. 17ª ed. São Paulo: Malheiros, 2013.



PANIZI, Alessandra. **Direito Ambiental**. 2ª ed. rev., atual. e ampl. Cuiabá: Janina, 2007 (Série Exame de Ordem & Concursos Públicos). 266p.

PAYÃO, Jordana Viana; VITA, Jonathan Barros. **Desafios regulatórios do Caso Airbnb: a intervenção do Estado no modelo econômico colaborativo**. Regulatory challenges of the Airbnb case: The State intervention in the sharing economy model. *Justiça Do Direito (UPF)*, v. 32, p. 203-230, 2018. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rjd/article/view/7855>. Acesso em 17 de jun de 2023.

PROCTOR, Darrel. **Tesla Virtual Power Plant Takes Shape in Australia**. 2018. Disponível em: <https://www-powermag-com.translate.goog/tesla-virtual-power-plant-takes-shape-in-australia/? x tr sl=en& x tr tl=pt& x tr hl=pt-BR& x tr pto=op>. Acesso em 15 mai. 2023.

ROPUSZYNSKA-SURMA, Edyta; WEGLARZ, Magdalena. The Virtual Power Plant – A Review Of Business Models. **E3S Web of Conferences** 108. 2019. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/34/e3sconf_ef18_01006/e3sconf_ef18_01006.html. Acesso em: 20 jun. 2023.

SILVA, José Afonso da. **Direito urbanístico brasileiro**. 4. ed. São Paulo: Malheiros, 2006.

TESLA. **Join the Tesla Virtual Power Plant (Beta)**. 2022. Disponível em: <https://www.tesla.com/support/energy/powerwall/own/california-virtual-power-plant>. Acesso em 15 mai. 2023.

TESLA. **Tesla Energy Plan with the Tesla Virtual Power Plant User Guide**. 2021. Disponível em: https://www.tesla.com/sites/default/files/support/energy/AU/TEP_app_manual_au.pdf. Acesso em: 15 mai. 2023.

Sobre os autores:

Julia Macedo Nogueira Nobre

Mestranda em Direito pela Universidade de Marília – SP (2020). Pós-graduada na área de Direito Ambiental e Urbanístico pela Universidade Anhanguera-Uniderp (2011). Graduada em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Mato Grosso (2019), Direito pela Universidade de Cuiabá (2011) e Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso (2009). Atualmente é oficial de justiça do Tribunal de Justiça do Estado de Mato Grosso.

Universidade de Marília, Marília, São Paulo.

URL: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do> ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7005-6451>

E-mail: juh_nobre@hotmail.com

Jonathan Barros Vita

Diretor do Mestrado e Doutorado em Direito da Universidade de Marília. Doutor e mestre em Direito pela PUC-SP.

Universidade de Marília

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3991-004X>

E-mail: jbvita@gmail.com

