



## **SUPRIMENTO DE ENERGIA:**

### **Uma proposição de diretrizes de resiliência urbana para a cidade de São Paulo**

**Cristiane Martins Baltar Pereira  
Fabia Jannefer do Carmo Reis  
Jaqueline Evelin de Sousa Alves  
Tais Marini Brandelli**

#### **RESUMO**

Os centros urbanos cada vez mais devem se tornar resilientes para que consigam minimizar impactos causados pelo crescimento das cidades e os suprimentos para essas. Uma cidade resiliente consegue prever e minimizar problemas relacionados a: suprimento de energia, suprimento de água, geração de lixo, suprimento de alimentos, entre outros. Esse estudo apresenta a resiliência das cidades quanto a questão de suprimento de energia para a cidade de São Paulo. Foram levantados dados referentes a geração, distribuição e consumo de energia atual e foram apresentadas diretrizes para minimização dos impactos nesse centro. Além da pesquisa exploratória quanto ao funcionamento da questão energética da cidade de São Paulo, foram apresentados 5 estudos de caso internacionais para armazenamento e suprimento de energia em grandes centros urbanos. Como conclusão foram sugeridos a divisão do fornecimento em zonas distribuídas na cidade e sistemas de armazenamento.

**Palavra-chave:** Suprimento de Energia. Resiliência Urbana. Cidade de São Paulo. Armazenamento de Energia.

#### **ENERGY SUPPLY: A proposition of urban resilience guidelines for the city of São Paulo**

#### **SUMMARY**

Urban centers must increasingly become resilient so that they can minimize impacts caused by the growth of cities and the supplies for these. A resilient city can predict and minimize problems related to: energy supply, water supply, waste generation, food supply, among others. This study presents the resilience of cities regarding the issue of energy supply for the city of São Paulo. Data regarding the generation, distribution and consumption of current energy were collected and guidelines were presented to minimize the impacts on this center. In addition to the exploratory research on the functioning of the energy issue in the city of São Paulo, 5 international case studies were presented for energy storage and supply in large urban centers. As a conclusion, the division of supply into distributed zones in the city and storage systems were suggested.

**Keyword:** Power Supply. Urban Resilience. Sao Paulo City. Energy Storage.

## **INTRODUÇÃO**

Considerando o atual cenário do ecossistema mundial, com progressivas mudanças climáticas é fundamental pensar no papel do ser humano nessa construção (FERREIRA, CALVIMONTES, 2021). É necessário que exista uma organização das cidades para desenvolver ações mitigatórias e emergenciais que minimizem e contenham eventos adversos, visando uma maior resiliência das cidades frente às consequências das mudanças climáticas.



### ***DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade***

Entende-se que uma cidade resiliente tem a capacidade de absorver um choque ou minimizar tensões de diversas naturezas (CAMPBELL, 2009). Para Kwasinski (2016), resiliência é a capacidade de preparar-se ou de se adaptar, suportar e se recuperar rapidamente da mudança de condições. Isto posto, pode-se dizer que a resiliência é o oposto de vulnerabilidade. Uma cidade resiliente na questão da mobilidade urbana, por exemplo, pode ser definida como aquela que desenvolveu centros de produção e corredores de trânsito que proporcionam múltiplas formas de transporte (CAMPBELL et al., 2009).

A resiliência das cidades está ligada a vários fatores como: suprimento de alimentos, conectividade, transporte, suprimento de água, dentre outros. Um dos mais relevantes temas ao se conceber uma cidade resiliente é o suprimento de energia, visto que o mesmo afeta diretamente outros setores essenciais das cidades como, por exemplo, transporte e saúde.

As interrupções e anomalias no fornecimento de energia são altamente influenciadas pelo aumento da demanda, resultado do crescimento populacional e do consumo em si (IEA, 2008 apud MCLELLAN et al., 2012). No entanto, tais colapsos também podem estar relacionadas a geração e distribuição de energia, já que em algumas situações desastres naturais interferem nesse processo. Diante disso, a resiliência no sistema de energia diante de falhas ou desastres nas etapas de geração, distribuição e consumo de energia é indispensável.

O sistema de geração distribuída de energia iniciou em 1882, quando Thomas Edison concebeu e instalou o primeiro sistema de geração e distribuição de energia na cidade de Nova Iorque, Estados Unidos, com uma fonte geradora localizada próxima a carga. Porém, com o desenvolvimento dos transformadores e o uso da corrente alternada, foi possível atender locais distantes do ponto de geração, formando o modelo de grandes centrais de geração com extensas linhas de transmissão e distribuição de energia (DIAS, BOROTNI, HADDAD, 2014).

Energias de fontes renováveis são uma alternativa para um sistema mais resistente, considerando que elas tendem a ser mais resilientes em face a desastres naturais, além de serem fonte de energia contínua. A sustentabilidade do sistema de geração de energia renovável fornece redução de riscos em tempos de desastres. (MCLELLAN et al., 2012).

No Brasil, a maior parte da geração de energia elétrica é de origem hidráulica, ou seja, dependente do volume de água dos reservatórios. Esse modelo também tem a necessidade de um grande sistema de transmissão energético para chegar beneficiar os consumidores finais (DIAS, BOROTNI, HADDAD, 2014), o que torna a geração de energia por grandes hidrelétricas frágil e suscetível a interrupções de abastecimento.



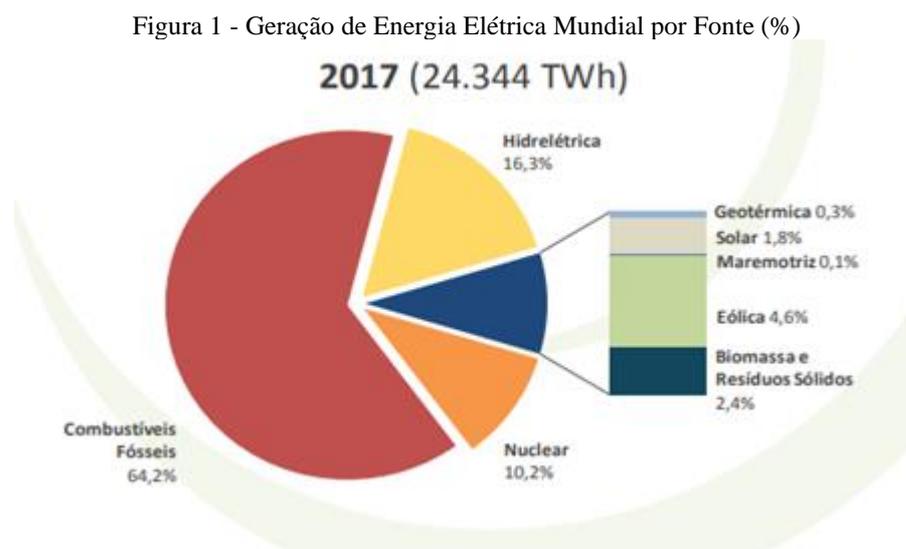
## ***DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade***

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar propostas e diretrizes de resiliência urbana para a cidade de São Paulo relacionadas ao suprimento de energia. Para a compreensão do contexto geral das problemáticas da geração e abastecimento de energia foi realizado uma retrospectiva histórica em escala global, Brasil e São Paulo, bem como a análise de estudos de caso internacionais que exploram sistemas energéticos inovadores.

### **1. A ENERGIA NO BRASIL**

A energia possui papel fundamental para o desenvolvimento da sociedade (SCHLÖR et al., 2012). Inicialmente a energia era obtida através da queima de lenha, na Idade Média eram utilizados os cursos de água e os ventos como fonte de energia, porém insuficientes para suprir a população crescente que passou a utilizar carvão, petróleo e gás, principalmente após a Revolução Industrial (GOLDEMBERG, LUCON, 2017).

Grande parte da geração de energia mundial é obtida através de combustíveis fósseis, cerca de 64,2%, conforme mostra a Figura 1, de um estudo realizado em 2017 (EPE, 2019).



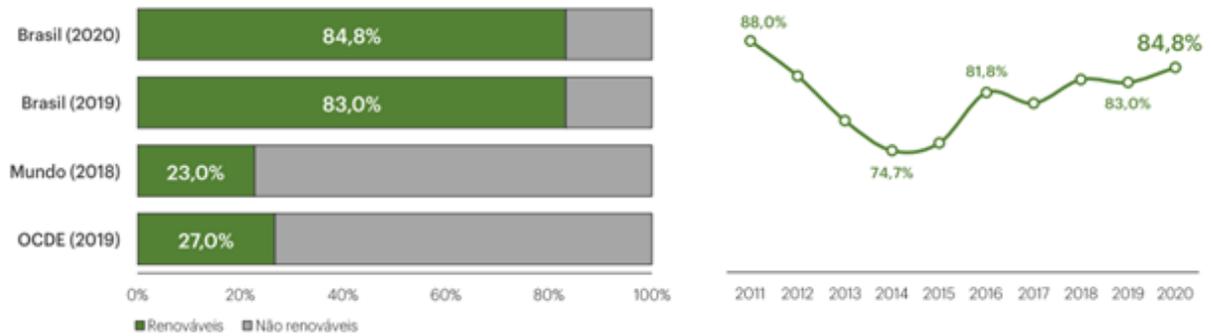
Fonte: EPE (2019).

Em comparação com o resto do mundo, a matriz de produção de energia elétrica brasileira é altamente limpa e eficiente (GUERRA et al, 2015). No Brasil a geração de energia possui um percentual de energias renováveis maior ao se comparar com a média mundial, como apresentado na Figura 2.



**DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

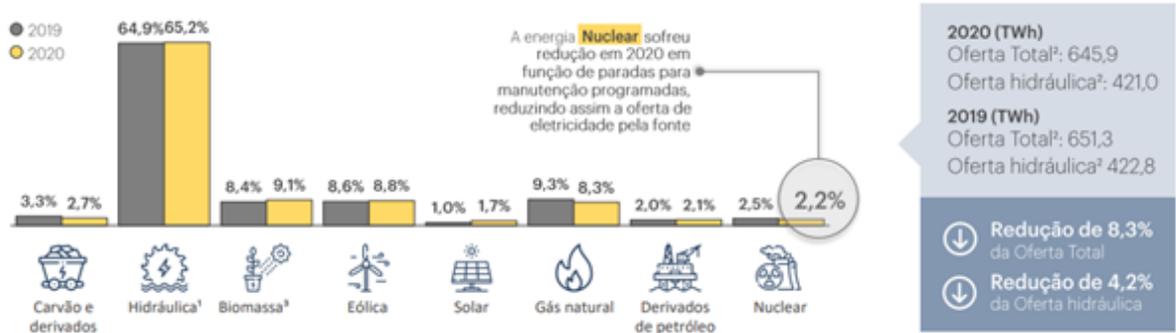
Figura 2 - Percentual de participação de renováveis na matriz elétrica brasileira em 2020.



Fonte: EPE (2021).

A matriz energética brasileira em 2020 se apresenta de maneira diversificada, utilizando fontes como o sol, gás natural, carvão e derivados, ventos, biomassa, entre outros. Ainda assim, aproximadamente 65,2% da energia vem através das águas, como apresentado na Figura 3 (EPE, 2021).

Figura 3 - Matriz Elétrica Brasileira em 2020



Fonte: EPE (2021).

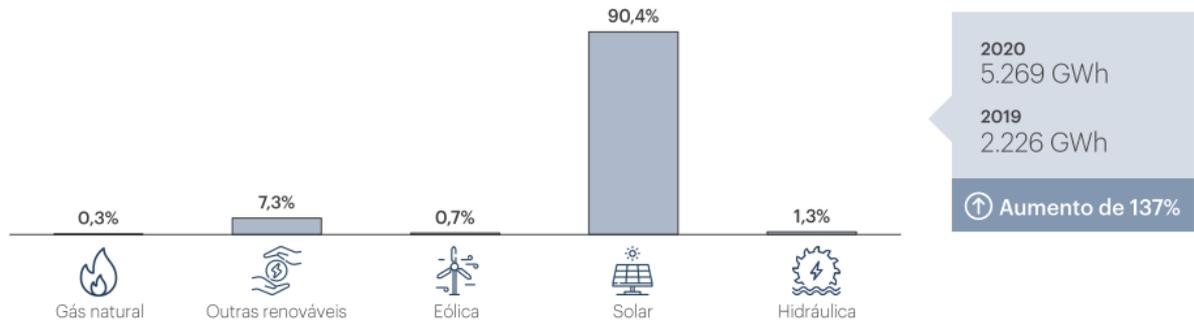
O destaque na matriz energética brasileira está na sua alta capacidade de produção por hidrelétricas e na introdução da produção de energia eólica e solar que têm um potencial significativo e estão em crescimento. A produção nuclear apresentou uma redução em 2020 por consequência das paradas para manutenção programadas do sistema (EPE, 2021).

Ainda de acordo com EPE (2021), em 2020 a energia gerada por Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) apresentou um aumento de 137% em relação a 2019, sendo que a energia fotovoltaica representou 90,4% da MMGD (Figura 4).



## DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade

Figura 4 – Crescimento das diversas fontes de geração de energia no Brasil no ano de 2020



Fonte: EPE (2021).

A energia hidráulica vem a partir da força das águas que movimentam turbinas acopladas a geradores. Dentro dos projetos de usinas hidroelétricas existem dois modelos principais de engenharia de construção: as usinas com reservatórios de acumulação, que alteram o fluxo do rio, e as usinas a fio d'água, que utilizam o percurso natural dos rios. Esta última torna-se menos impactante no ambiente, mas a geração de energia nesse caso pode ser variável por depender de condições hídricas dos rios e condições climáticas (SOARES, 2017).

Dessa forma, mesmo que o uso de recursos renováveis tenha permitido ao Brasil gerar energia com preços relativamente baixos, a concentração em uma matriz de energia deixa a precificação sensível a mudanças climáticas quando os ciclos hidrológicos são afetados (GUERRA et al., 2015).

Como os recursos hidrelétricos do país são grandes, existe potencial para expansão, seja por grandes hidrelétricas com interferências ambientais controladas, ou por usinas hidrelétricas de pequena escala, porém por conta da imprevisibilidade existente das chuvas deve-se investir também na capacidade eólica e solar do Brasil (GUERRA et al., 2015).

## 2. PROBLEMÁTICAS ENERGÉTICAS NO BRASIL

Segundo o estudo Logística de Energia 2015 – Redes e Fluxos do Território, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existe concentração excessiva da produção, distribuição e logística energética nas regiões Sudeste, Sul e parte do Centro-Oeste do país, por exemplo, o Rio de Janeiro responde por 68,4% da produção de petróleo e por 34,8% da produção de gás natural.



### ***DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade***

Por conta da dimensão territorial do país, dentre outras questões, existe uma grande desigualdade na distribuição de atividades econômicas e, conseqüentemente, de suas demandas energéticas. A situação exige atenção para uma melhor distribuição dos insumos e da própria infraestrutura de distribuição, que é avançada em algumas regiões e inexistente em outras.

Além disso, com o crescimento populacional existe uma crescente demanda pela energia, que requer a construção de unidades de geração de grande porte, bem como um sistema de transmissão que suporte a distribuição desta nova parcela de energia gerada.

Em 2001 na cidade de São Paulo, para evitar o colapso do sistema elétrico brasileiro foi realizado um racionamento nos horários de pico, deixando a cidade com apenas 1/3 da iluminação pública ligada, casas trocaram lâmpadas para sistemas mais eficientes, circos e casas de shows deixaram de funcionar por um período e monumentos ficaram apagados. Na ocasião, serviços essenciais ficaram fora do apagão, mas os consumidores tinham que reduzir em 20% o consumo de energia para evitar punições (DIAS, BOROTNI, HADDAD, 2014).

Além deste fato histórico, em 2020 houve o problema no Amapá. Segundo o portal de notícias G1 (G1, 2020), um incêndio em 03 de novembro destruiu o transformador que fornecia energia a boa parte da capital do estado, cerca de 90% da população total foi afetada pelo acidente. A energia só foi restabelecida em sua normalidade cerca de um mês depois após 02 blecautes e 22 dias de fornecimento em rodízio.

Situações extremas como essa podem ser recorrentes devido a atual ameaça de crise energética enfrentada pelo Brasil. Segundo Maurício Tolmasquim, professor da UFRJ, em reportagem ao portal de notícias UOL (2020), o atual cenário de oferta de energia apertado que a ONS apresentou em 2021 traz um alerta para eventuais riscos de apagões em um caso de pico de demanda ou de problemas na demanda de energia.

### **3. A ENERGIA EM SÃO PAULO**

A implantação da energia na cidade de São Paulo iniciou no fim do século 19, a partir do capital advindo da cafeicultura, atividade predominante na região do Vale do Paraíba e do Oeste Paulista. Em 1900 houve a instalação da empresa Light na cidade, responsável pela implantação das primeiras linhas de bondes elétricos do país (FUNDAÇÃO ENERGIA E SANEAMENTO, s.d.).



### ***DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade***

Algumas décadas depois o estado de São Paulo se tornou um grande impulsionador do setor de energia elétrica, nesta época foram criadas várias empresas estatais e de capital misto. Contudo, na década de 1990, muitas dessas empresas foram privatizadas e muitas outras chegaram ao Brasil vindas do exterior para operar no setor de distribuição de energia (FUNDAÇÃO ENERGIA E SANEAMENTO, s.d.).

De acordo com a Agência Investe SP, o estado possui uma matriz energética já consolidada e conta com uma participação relevante de fontes renováveis. A companhia energética de São Paulo é atualmente a maior empresa de produção de energia elétrica no estado e a terceira do Brasil e América do Sul. Ela possui 5 usinas hidrelétricas, sendo 2 delas localizadas no vale do Paraíba do Sul (FUNDAÇÃO ENERGIA E SANEAMENTO, s.d.).

Ainda de acordo com a Agência Investe SP, a atividade econômica do Estado de São Paulo é sustentada por uma matriz energética já consolidada e com participação importante de fontes renováveis, em que os derivados de cana-de-açúcar e geração hidráulica respondem por parte considerável da oferta interna bruta de energia (Investe São Paulo, 2022).

Com a intenção de direcionar melhores práticas na produção de energia a partir do etanol, o governo do estado de São Paulo criou o protocolo etanol mais verde, que promove ações desenvolvidas em protocolos ambientais e define diretrizes técnicas a serem desenvolvidas pelas usinas e fornecedores signatários (Investe São Paulo, 2022).

Dentre as mais recentes iniciativas implementadas pela prefeitura está o programa LED nos Bairros, que forneceu em 2016 cerca de 48.000 luminárias no bairro Jardim Ângela. O programa teve como intuito iluminar as vias públicas com a nova tecnologia de luz de LED que poderia reduzir o consumo em até 50% menos energia (Investe São Paulo, 2022).

Em 2020, outra iniciativa foi a implementação de caminhões 100% elétricos na limpeza urbana da cidade na zona leste. Segundo o site da prefeitura de São Paulo (CAPITAL SP, 2020), a frota além de contribuir com a diminuição da poluição sonora na cidade ainda deixou de emitir cerca de 1.680 toneladas por ano de gás carbônico.

## **4. PROBLEMÁTICAS ENERGÉTICAS EM SÃO PAULO**

De acordo com o site Capital São Paulo, 2016 existe um crescente problema relacionado a falta de energia que é referente a furtos de cabos de energia e ocorrências de semáforos vandalizados. Estes problemas impactam não só no fornecimento de energia em si,



### **DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

mas também no sistema público de transporte, que está intimamente ligado através da malha metroviária, dos semáforos nas vias, no sistema de ônibus eletrificado e na garantia de iluminação e segurança para pedestres e ciclistas.

Em fevereiro de 2022, após fortes chuvas na cidade, o Hospital do Servidor, localizado no bairro Vila Clementino ficou sem fornecimento de energia elétrica e funcionou com o auxílio de um gerador. A queda de energia aconteceu após uma árvore de grande porte cair sobre alguns carros, arrastar fios elétricos e derrubar postes. O fornecimento só foi reestabelecido no hospital no dia seguinte segundo o portal UOL (2022)

Em relação ao consumo de energia elétrica no estado de São Paulo, de acordo com a cartilha de Iluminação Pública do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2013), em 2012 o setor industrial foi responsável por 42,9% do consumo de energia elétrica, seguido pelo residencial com 27,7%. Em 2021 (SÃO PAULO, 2021), 40,05% do consumo foi realizada pela classe industrial, e 33,38% residencial, demonstrando um crescimento do consumo residencial.

Outro dado importante, apresentado na Figura 9, é que, apesar da porcentagem de consumo de energia não ser tão representativa no montante do consumo do estado, o sistema de Iluminação Pública (IP) é bastante complexo e demanda um grande custo de gestão e manutenção, como veículos, pessoal técnico, equipamentos, entre outros.

A iluminação pública é um instrumento de cidadania, promove segurança noturna e é essencial para qualidade de vida urbana, além de reduzir acidentes de trânsito e aumentar o turismo (JÚNIOR et al., 2013). Na cidade de São Paulo, a rede de iluminação pública tem mais de 560 mil lâmpadas, e é considerada uma das maiores do mundo. A Prefeitura tem mais de 47 equipes de manutenção e são trocadas diariamente em média 300 lâmpadas e 18 fotocélulas (SÃO PAULO, 2007).

Atualmente na cidade de São Paulo no caso de queda de energia é necessário informar o ocorrido, através do telefone, site ou aplicativo da ENEL - Companhia de Energia Elétrica, ou através da Ilume - Departamento de Iluminação Pública de São Paulo (ENEL, 2021). Esse procedimento por ser realizado através da observação e ação humana não é o mais adequado como veremos adiante.



## **5. INICIATIVAS RELEVANTES**

Além da geração de energia com fontes renováveis e sustentáveis é importante destacar outros pontos a serem considerados na abordagem do suprimento de energia, como o desenvolvimento de políticas de eficiência energética, o uso de certificações, a regulamentação, legislação e fiscalização das atuais condutas e projetos de fomento a boas práticas.

A Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), por exemplo, tem desenvolvido vários programas de incentivo como o de criação de pequenas usinas geradoras de energia individuais. Outra iniciativa relevante é o programa para conservação de energia e eficiência das operações da ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia). Fundada em 1997, a ABESCO é uma entidade civil, sem fins lucrativos que representa oficialmente o segmento de eficiência energética brasileiro, formado por empresas de diversas áreas. (ABESCO, 2022).

A respeito das certificações, o PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem), coordenado pelo Inmetro, certifica aparelhos domésticos. A classificação dos aparelhos visa orientar os consumidores na hora da compra através de atributos que vão da letra A até E, sendo a letra A o indicativo de melhor desempenho e o E pior. O programa não só é benéfico para o consumidor, que pode gerenciar melhor o consumo de energia da residência, mas também para as empresas, que podem obter destaque dos seus produtos pelo baixo consumo.

Visando regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética de edificações construídas no Brasil foi instituído pelo PROCEL em 2003, o PBE EDIFICA. De modo similar a etiquetagem de eletrodomésticos, o programa classifica edificações residenciais e comerciais através de 6 vertentes de atuação: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento.

## **6. INICIATIVAS RELEVANTES A NÍVEL INTERNACIONAL**

Medidas e ações governamentais adotadas no exterior para a difusão dos recursos distribuídos em geral, com foco na geração distribuída e nas medidas que visam ganhos de eficiência energética consistem no armazenamento de energia e gerenciamento da demanda (IEI, 2018b). Nesse sentido, algumas iniciativas surgiram com o intuito de gerar e armazenar



**DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

energia para utilização nos horários de pico e em épocas específicas do ano (BAJAY et al., 2018) (CHEN et al, 2009).

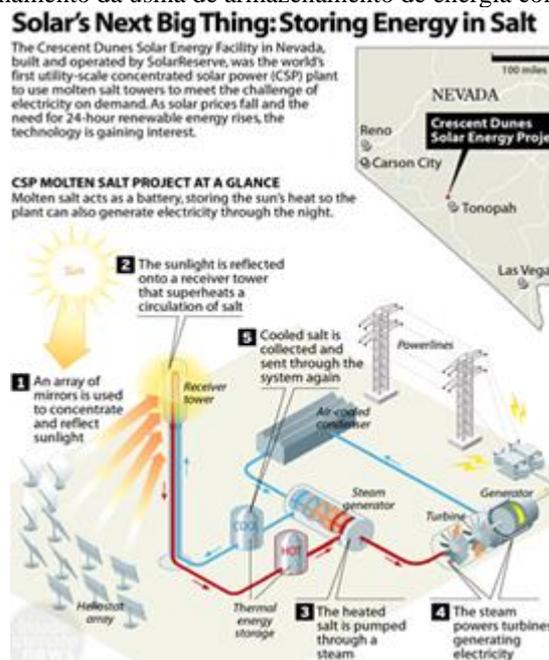
A título de exemplo, os Estados Unidos adotam sistemas para armazenamento de energia, são eles: Usina de armazenamento de energia com utilização de água estocada em lagos durante o dia e aproveitamento da topografia na montanha em Los Angeles (Figura 5) (MCNARY, 2019); Usina de armazenamento de energia com derretimento do sal no estado de Nevada (Figura 6 e 7) (PETERS, 2016); Usina de armazenamento com estocagem de ar comprimido na pedra de sal no Alabama (Figura 8) e Utilização de bateria para armazenamento da energia para cidade de Nova York (Figura 9) (BARBOUR, s/d).

Figura 5 - Usina de armazenamento de energia Califórnia - Los Angeles



Fonte: MCNARY, 2019

Figura 6 - Esquema de funcionamento da usina de armazenamento de energia com derretimento do sal – Nevada



Fonte: Inside Climate News



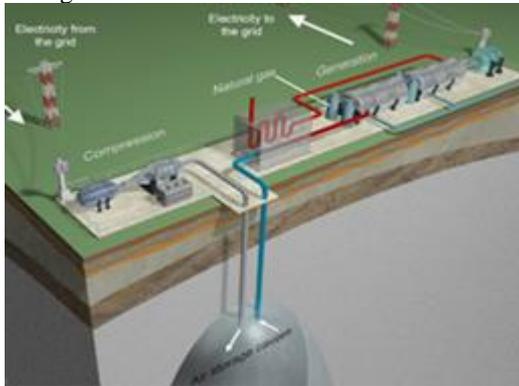
**DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

Figura 7 - Usina de armazenamento de energia com derretimento do sal - Nevada



Fonte: Inside Climate News

Figura 8 - Usina de armazenamento com estocagem de ar comprimido na pedra de sal – Alabama



Fonte: BARBOUR, s/d

Figura 9 - Utilização de bateria para armazenamento da energia para cidade de Nova York – NY



Fonte: Fonte: BARBOUR, s/d

A Islândia é outro país com boas iniciativas, a ilha nórdica tem aproximadamente 102.775 km<sup>2</sup>, dimensões territoriais pequenas e com pouco potencial para diversas formas de geração de energia. Nos anos 70, a energia da região dependia do carvão e petróleo importados dos Estados Unidos. Cerca de 50 anos depois, 100% da eletricidade do país vem de fontes de energia renovável produzida pelo calor da atividade vulcânica subterrânea e pela força das quedas d'águas presentes no país.

Por estar localizado no encontro de duas placas tectônicas em constante movimento, a atividade vulcânica é considerável. O atrito dessas placas libera magma e calor que chega até a



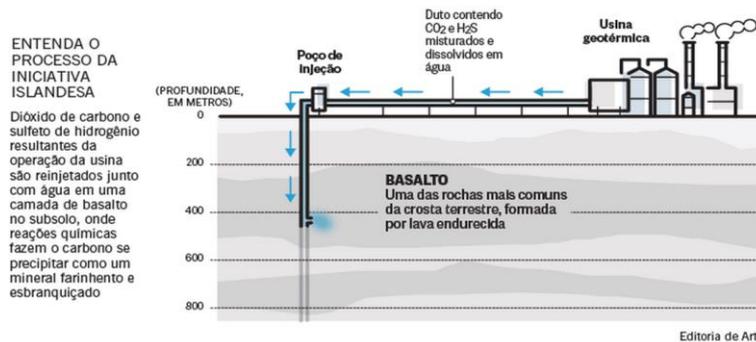
**DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

superfície. Este é o catalisador da energia geotérmica. A eletricidade vem através da energia cinética gerada pelo movimento do vapor que entra na turbina e que faz ela girar. A rotação vira eletricidade gerando 45 megawatts por turbina, podendo abastecer 45 mil casas.

Existem 4 usinas geotérmicas com dutos que conectam os campos e os poços são perfurados até quase 1,5 km de profundidade. Além disso, o país abriga mais de 10 mil cachoeiras em potencial de geração de energia e mais de 10 usinas hidroelétricas. A soma de todas as usinas hidrelétricas, geram 75% da eletricidade da Islândia. As turbinas trabalham sob pressão constante que se transforma em energia.

Figura 10 - Esquema de Captura do Carbono

**CAPTURA DE CARBONO**



Fonte: Renewable Energy World

## 7. RESILIÊNCIA URBANA PARA A CIDADE DE SÃO PAULO

Considerando a complexidade dos sistemas de infraestrutura urbana e a maior recorrência de desastres naturais, é fundamental o uso de métodos de análise para melhorar a preparação, resistência e recuperação rápida da cidade em relação aos problemas diários.

Com base no referencial teórico estudado e nas análises dos dados da cidade de São Paulo propõe-se algumas diretrizes para uma cidade resiliente no setor de suprimento de energia. Essas diretrizes são: uso de Energias renováveis; diversificação das fontes de energias e microredes; armazenamento de Energia; gestão de água e geração de energia por micro-usinas hidroelétricas; distribuição Urbana Subterrânea ou protegida; economia no consumo - Eficiência Energética e Iluminação Pública.

As diretrizes podem ter caráter emergencial ou mitigatório dependendo da situação para qual será proposta. No caso de ações mitigatórias existem as possibilidades de aumentar a



## ***DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade***

oferta por energia ou estocagem e de planejar o sistema para alguma intercorrência com o intuito de reduzir a demanda.

### **a) Energias renováveis**

As fontes de energia renováveis, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), são consideradas inesgotáveis, pois se renovam constantemente ao serem utilizadas. Alguns exemplos de fontes renováveis, são: hídrica, solar, eólica, biomassa, geotérmica, oceânica e hidrogênio (energia química da molécula de hidrogênio).

Algumas dessas fontes apresentam variação na geração de energia elétrica ao longo do dia ou do ano, como por exemplo a eólica, que não é usada quando não há ventos e a energia solar, à noite, quando não há sol. E no caso da fonte hídrica, que podem ocorrer estiagens ou períodos de seca. Essas fontes são consideradas limpas, pois emitem menos gases de efeito estufa (GEE) que as fontes fósseis.

Como principal estratégia de resiliência para suprimento de energia, propõe-se a utilização de fontes de energia renováveis. Segundo Mclellan et al. (2012) às energias renováveis são menos perigosas, na operação e em situações de desastres naturais, com exceção da energia hidrelétrica, que pode sofrer intervenções por terremotos ou chuvas muito altas que podem contribuir para uma falha e consequente inundação.

De forma geral, apesar de mais resilientes, às energias renováveis também tem suas vulnerabilidades, como por exemplo a energia eólica que deve ser suspensa em ventos fortes ou a energia solar que não pode produzir energia suficiente em condições nubladas (MCLELLAN et al., 2012). Porém, mesmo assim, a utilização das energias renováveis é a alternativa mais adequada a ser adotada.

A energia eólica é obtida através do vento. Para transformá-lo em energia elétrica, utiliza-se aerogeradores, que contém grandes hélices instaladas em torres de até 150 metros de altura e que se movimentam de acordo com a quantidade de vento no local. Uma usina eólica utiliza recurso energético renovável e que não polui a atmosfera durante sua operação e podendo ser aproveitados nos momentos em que há vento suficiente (EPE, 2018).

As regiões nordeste e sul do Brasil, possuem ventos abundantes e permitem a instalação de vários “parques eólicos”, assim chamado um conjunto de aerogeradores, equivalente às usinas. Porém, um cuidado que se deve tomar ao instalar um parque eólico é se o local não



### **DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

oferece muito risco às aves, que podem bater nas hélices ou até mesmo a degradação do ambiente natural com as obras para implantação (EPE, 2018).

Já a energia solar pode ser aproveitada na forma de calor ou de luz. Para o aproveitamento a partir do calor, os raios do sol atingem a superfície dos painéis coletores térmicos, aquecendo a água no interior, que pode ser utilizada nas residências, em processos industriais ou na geração de eletricidade. Esta última, pode ser gerada diretamente a partir da luz (nos painéis fotovoltaicos) ou com o aproveitamento do calor (na usina heliotérmica) (EPE, 2018).

Outra fonte de energia renovável é a biomassa, que é toda a matéria vegetal e orgânica existente. A lenha, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos agrícolas, algas, restos de alimentos, e até excremento animal que, após sua decomposição, emite gases são usados para gerar energia. No Brasil, a biomassa mais utilizada é a cana-de-açúcar, plantada e processada principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. A biomassa também pode gerar compostos como o álcool (etanol), óleos vegetais e gorduras, que após processados, são usados como combustíveis (EPE, 2018).

Uma alternativa para geração emergencial de suprimento de energia seria a geração de energia elétrica através da energia mecânica. Silva et al. (2016) desenvolveram uma bicicleta que gera energia elétrica através do movimento do usuário. Outros estudos exploram alternativas similares, como por exemplo o descrito por Antunes et al. (2014) que desenvolveram pisos que transformam o impacto recebido em eletricidade.

#### **b) Diversificação da geração de energia e microredes**

Para amenizar riscos e vulnerabilidades de cada fonte de energia é preciso diversificar os sistemas de geração. Na geração distribuída, múltiplas fontes de energia garantem a continuidade da distribuição, sem que seja interrompido o fornecimento geral. Ao contrário de um sistema de única ou poucas fontes que se danificadas terão um impacto maior no consumo.

Vale, no entanto, destacar que a manutenção de pequenas fontes geradoras de energia pode ser mais complexa, visto que na fonte única existe maior prioridade de manter o fornecimento, dessa forma os geradores menores demorarão mais para receberem manutenção e consertos (MCLELLAN et al., 2012).

Deve-se considerar também que os sistemas de geração de energia podem ser centralizados e descentralizados. O sistema descentralizado, e distribuído, deve fornecer



### **DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

energia de baixa escala para uma área limitada. Ao contrário da centralizada, a produção de energia em larga escala atende numerosos usuários (MCLELLAN et al., 2012).

Como exemplo de redes descentralizadas pode-se destacar os microgrids ou microrredes, eles têm a capacidade de se isolar da rede elétrica quando ocorre uma queda de energia. Portanto, continuam a fornecer suas cargas sem interrupção, o que é de grande importância para instalações em locais onde o fornecimento de energia é fundamental como hospitais (LAGRANGE et al., 2020). As microrredes propõem como solução redes inteligentes para superar características intermitentes das fontes de energia renováveis (DING et al., 2019).

Geralmente, uma microrrede consiste em gerações distribuídas, sistemas de armazenamento de energia e cargas, e pode ser operada em um modo conectado à rede ou ilhado (DING et al., 2019). As microrredes podem garantir a qualidade da energia e a estabilidade de frequência e tensão.

#### **c) Armazenamento de energia**

O armazenamento de energia elétrica é fundamental, pois sem ele toda a demanda deveria ser atendida com a produção, ou seja, a energia seria consumida ao mesmo tempo que é gerada. Outro ponto importante é referente às falhas que o sistema pode ter (IEC, 2011), o armazenamento deve ser visto na maior parte das vezes como uma bateria, carregando ou descarregando de acordo com as solicitações do sistema (DAROS, 2013).

Existem vários tipos de baterias que podem ser utilizadas de acordo com a situação. Um exemplo seria a integração dos sistemas de armazenamento de energia em baterias dentro de uma microrrede. Os níveis de energia ou o estado de carga dos sistemas podem ser coordenados adequadamente de maneira a garantir que não fiquem prematuramente sem energia ou sejam sobrecarregados (DING et al., 2019).

Em situações de desastre, o uso de baterias pode garantir o funcionamento de hospitais e conservação de alimentos por um período de tempo até que se normalize a distribuição. Além disso, na iluminação pública as baterias podem ser utilizadas como uma forma de garantir a segurança da população.

#### **d) Gestão da água e geração de energia por micro-usinas hidrelétricas**

A energia hidrelétrica gerada em usina de reservatório, característica no Brasil, tem sido tradicionalmente gerada em milhares de megawatts, sendo instalações de grande escala que



### **DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

requerem grandes investimentos financeiros e que levam muitos anos para serem construídos, além de perturbar ecossistemas fluviais (SU, KARNEY, 2015).

Um ponto positivo das hidrelétricas é que elas são energias renováveis, um contraponto é que as mesmas dependem do ecossistema hídrico. A típica usina hidrelétrica brasileira é composta por três partes: o local onde a eletricidade é produzida, composto pelas turbinas, a barragem, que pode ser aberta ou fechada para controlar o fluxo de água, e o reservatório onde a água pode ser armazenada (BAGHER et al., 2015). A quantidade de energia gerada depende da força e da movimentação da água (BAGHER et al., 2015).

Devido à grande disponibilidade de recursos hídricos no Brasil e em São Paulo, uma das alternativas para geração de energia pode ser por pequenas hidrelétricas, que podem produzir energia através da água corrente independente das condições meteorológicas (BOSTAN et al., 2012).

#### **e) Distribuição urbana subterrânea ou protegida**

Levando em consideração que existem três tipologias de distribuição de energia, a aérea convencional, aérea compacta e subterrânea a proposta para uma distribuição menos suscetível a danos, como ventos fortes por exemplo, seria a distribuição através do uso de fiação subterrânea, porém o custo pode chegar a 10 vezes o valor da instalação da rede de distribuição convencional (VELASCO, LIMA, COUTO, 2006).

Em muitos casos o investimento se justifica por não ter um impacto na arborização urbana e na poluição visual, além de ter alta confiabilidade do sistema elétrico e menor manutenção (Engineering the Future, 2011 apud MCLELLAN et al., 2012).

Para tanto é necessário analisar as vulnerabilidades da cadeia de abastecimento, como a distância entre a extração e o uso, bem como a frequência de entrega. Um exemplo negativo são os gasodutos, visto que são vulneráveis a interrupções imediatas e prolongadas na geração de eletricidade (MCLELLAN et al., 2012).

#### **f) Economia no Consumo - Eficiência Energética e Iluminação Pública**

Otimizar os sistemas envolvidos no consumo, desde utilização de equipamentos mais econômicos até programas de incentivo e certificações para melhorar a eficiência das edificações e da iluminação pública é primordial (INTERLI, 2021). As certificações e



### **DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

regulamentações no Brasil, que não são obrigatórias, se adquirissem caráter legislativo poderiam contribuir mais assertivamente para a situação

Considerando que a iluminação pública é de fundamental importância para o bom funcionamento e segurança das cidades e que, em muitos casos, é pouco eficiente. Deveria utilizar lâmpadas com tecnologias atuais e de baixa manutenção. O sistema conta também com um sistema de comunicação arcaico que deve ser otimizado, para uma integração da rede, para aperfeiçoar reparos e melhorias. (ENGIE, 2021)

Com o surgimento de novas tecnologias esses sistemas podem se tornar mais eficientes e contribuir para uma economia de energia. As inovações na iluminação pública vão desde tecnologias mais novas com relação as lâmpadas, como o LED, que reduzem a manutenção e melhora a eficiência, até sistemas de relés inteligentes integrados a uma central, que comunicam a vida útil das lâmpadas, presença de falhas nos sistemas, entre outros dados. Sendo assim, o sistema de gestão e controle da iluminação pública inteligente segue uma interface de controle, monitoramento e detecção de falhas (MORAIS, 2016).

Segundo Morais (2016) o sistema de iluminação pública inteligente consegue mudar a intensidade luminosa, aumentando sua eficiência, além de ser capaz de transferir diversos dados da rede, tendo em mente que a iluminação pública está presente em todas as regiões da cidade e é de extrema importância.

Atualmente quando uma lâmpada queima na cidade alguém deve avisar a prefeitura do ocorrido, a partir dessa informação são mobilizadas equipes ao local para reparo ou substituição da lâmpada. Esse custo é bastante elevado e existe a possibilidade de em um futuro próximo outras lâmpadas da mesma rua virem a queimar gerando mais custos e mais mobilização de pessoal. Com o sistema inteligente o próprio sistema avisa que o problema ocorreu e já sinaliza a vida útil das lâmpadas próximas otimizando o serviço de manutenção (figura 11) (PHILIPS, 2020).



## **DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

Figura 11 - Esquema de iluminação pública inteligente



Fonte: PHILIPS, 2020.

Para a implementação e viabilização do sistema de iluminação pública inteligente discute-se hoje em dia uma gestão com a implantação de uma parceria público privada, a chamada PPP.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As questões envolvidas no desenvolvimento de cidades resilientes são complexas e estão interligadas. Um estudo nesse sentido deve ser desenvolvido por uma equipe integrada, que definirá quais são os problemas mais relevantes em determinada região e quais ações devem ser tomadas, focando naquelas que são mais eficientes. Vale destacar que algumas ações para suprimento de energia são de caráter emergencial enquanto outras de caráter mitigatório.

As diretrizes tomadas neste relatório são propostas para a geração, distribuição, armazenamento e consumo de energia elétrica e procuram criar alternativas aplicáveis para um sistema mais resiliente e sustentável para a cidade de São Paulo. Assim como os exemplos apresentados nos estudos de caso internacionais podem ser referência para a adoção de soluções para a cidade.

É notável que existe um esforço, mesmo que em menor escala ou sem ampla aplicabilidade, como as certificações do PBE Edifica, que tem como intuito minimizar o consumo das edificações, que é bastante representativo, porém a não obrigatoriedade na sua utilização é uma lacuna. Os programas de incentivo como o da ANEEL e ABESCO também são pouco explorados. Dessa forma, propõe-se pensar num planejamento para proporcionar maior aderência às estratégias, através de legislação, maiores incentivos, menos restrições e burocracias.



## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das Empresas de serviços de Conservação de Energia. ABESCO. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/>. Acesso em: setembro de 2021.

AGÊNCIA BRASIL. Produção e Distribuição de energia se concentram no sul e sudeste. 2016. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-06/ibge-producao-e-distribuicao-de-energia-se-concentram-no-sul-e-sudeste>. Acesso em junho de 2021.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Atlas de Energia Elétrica do Brasil/ Agência Nacional de Energia Elétrica. 2 ed. Brasília. 2005.

ANTUNES E. de G.; SOUSA M. N. de; SCHERTEL M. N. da C. Piso que transforma energia mecânica em eletricidade. EEN99004 – Projeto em Energia III Engenharia de Energia 2014. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

BAJAY, S.; VILELA, I.; JANNUZZI, G.M; HEIDEIER, R.P; O avanço da Geração Distribuída, da Eficiência Energética e de outros recursos distribuídos: possíveis soluções e experiências no Brasil e em outros países. International Energy Initiative – IEI Brasil. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/325934051\\_O\\_avanco\\_da\\_Geracao\\_Distribuida\\_da\\_Eficiencia\\_Energetica\\_e\\_de\\_outros\\_recursos\\_distribuidos\\_possoveis\\_solucoes\\_e\\_experiencias\\_no\\_Brasil\\_e\\_em\\_outros\\_paises](https://www.researchgate.net/publication/325934051_O_avanco_da_Geracao_Distribuida_da_Eficiencia_Energetica_e_de_outros_recursos_distribuidos_possoveis_solucoes_e_experiencias_no_Brasil_e_em_outros_paises). Acesso: julho de 2021.

BAGHER, A. M.; VAHID, M.; MOHSEN, M.; PARVIN, D. Hydroelectric energy advantages and disadvantages. **American Journal of Energy Science**. Vol. 2. p. 17-20. 2015.

BARBOUR, Edward. Compressed Air Energy Storage, 2009. Energy Systems and Energy Storage Lab. Disponível em: <http://www.eseslab.com/ESsensePages/CAES-page>.

CHEN et al, 2009. Haisheng Chen, Thang Ngoc Cong, Wei Yang, Chunqing TanYongliang Li, Yulong Ding. Progress in electrical energy storage system: A critical review. Elsevier. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S100200710800381X?token=8907C8EB7A17658709E73F29575289F55EF0462C0C0BB5FDD99196BB98FEB5FDD7B0BEE1EE998B8726B85FE25D75339D&originRegion=us-east-1&originCreation=20220227142145>. Acesso: fevereiro de 2022.

BOSTAN, I. GHEORGHE, A. V.; DULGHERU, V.; SOBOR, I.; BOSTA, V. SOCHIREAN, A. **Resilient energy systems: renewables: wind, solar, hydro**. Springer Science & Business Media, 2012. 507p.

CAMPBELL, M.C; DUBBELING, M.; HOEKSTRA; VEENHUIZEN, R.V. Construindo Cidades Resilientes. **Revista de Agricultura Urbana**. n. 22. julho 2009. Disponível em: [https://www.agriculturaurbana.org.br/rau/rau\\_22/rau22\\_completo.pdf](https://www.agriculturaurbana.org.br/rau/rau_22/rau22_completo.pdf). Acesso em: julho 2021.

CAPITAL SÃO PAULO. 2020. Disponível em: <http://www.capital.sp.gov.br/noticia/limpeza-urbana-zona-leste-possui-caminhoes-100-eletricos>. Acesso em fevereiro de 2022.



**DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade**

CAPITAL SÃO PAULO. 2013. Disponível em: [https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha\\_I\\_lumincao\\_Publica.pdf](https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha_I_lumincao_Publica.pdf). Acesso em fevereiro de 2022.

CAPITAL SÃO PAULO. 2013. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/inovacao/noticias/?p=219346>. Acesso em fevereiro de 2022.

DAROS, H.B, Integração de Fontes de Energia Renovável. Monografia apresentada ao curso de engenharia elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/63365/1/000151147.pdf>. Acesso em: julho 2021.

DIAS, M. V. X.; BOROTNI, E. C.; HADDAD, J. Geração Distribuída no Brasil: Oportunidades e Barreiras. **Revista Brasileira de Energia**. Volume 11, n.2. 2014.

DING, L.; HAN, Q.; NING, B.; YUE, D. Distributed Resilient Finite-Time Secondary Control for Heterogeneous Battery Energy Storage Systems Under Denial-of-Service Attacks. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**. 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8911500/>. Acesso em: 30 jul 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA -EPE. Anuário de estatística de geração de energia elétrica mundial. 2019. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio\\_2019\\_WEB\\_alterado.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2019_WEB_alterado.pdf). Acesso em: julho de 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA -EPE. Matriz Energética e Elétrica. s/d. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: julho de 2021.

Enel Brasil. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/EnelGO/AgenciaGO/Servi%C3%A7os/aberto/FaltaDeEnergia.aspx>. Acesso em: fevereiro de 2022.

FERREIRA, L.C; CALVIMONTES, J. Mudanças climáticas, Sustentabilidade, Ciência Transformadora: Uma pesquisa sobre Garimpos de Ouro em Florestas Tropicais. *Jornal da Unicamp*. 2021. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/artigos/ambiente-e-sociedade/mudancas-climaticas-sustentabilidade-ciencia-transformadora-uma>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2022.

FUNDAÇÃO ENERGIA E SANEAMENTO, s.d. Disponível em: <https://www.energiaesaneamento.org.br/>. Acesso em fevereiro de 2022

G1 2020 Disponível em: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2020/11/18/apagao-no-amapa-veja-a-cronologia-da-crise-de-energia-eletrica.ghtml>. Acesso julho 2021



***DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade***

GUERRA, J. B. S. O. A.; DUTRA, L.; SCHWINDEN, N. B. C.; ANDRADE, S. F. Future scenarios and trends in energy generation in Brazil: supply and demand and mitigation forecasts. **Journal of Cleaner Production**. v. 103. p. 197-210, 2015.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**. 21 (59), 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/tk9tsKdqdkSy3CzMf58V9bw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: julho de 2021.

IEC. White Paper: Electrical Energy Storage. Internacional Electrotechnical Commission. Suíça. Dezembro 2001.

IEI - International Energy Initiative Brasil. Textos de Discussão sobre Energia, Volume 1, Nº 4 - O avanço da Geração Distribuída, da Eficiência Energética e de outros recursos distribuídos: possíveis soluções e experiências no Brasil e em outros países. Campinas, 2018a.

IEI- International Energy Initiative Brasil. Textos de Discussão sobre Energia, Volume 1, No. 5 - Maior disseminação de Recursos Energéticos Distribuídos (REDs): sugestões para mitigar impactos tarifários e orientações para uma nova política energética. Campinas, 2018b.

Interli, 2022. Interli Interlight. Disponível em: [https://intelilight.eu/?gclid=Cj0KCQiA3-yQBhD3ARIsAHuHT67aHE-qXZ0uvtuG8KBwPbHPGCTK9kPyNeott4ITtmG68VnrCuAZL1AaApFrEALw\\_wcB](https://intelilight.eu/?gclid=Cj0KCQiA3-yQBhD3ARIsAHuHT67aHE-qXZ0uvtuG8KBwPbHPGCTK9kPyNeott4ITtmG68VnrCuAZL1AaApFrEALw_wcB). Acesso em: fevereiro de 2022.

JUNIOR, B. G.; FERRAZ, H. S.; LIMA, I. M. O.; GUEDES, R. C. P.; SILVA, M. P. S.; FILHO, C. F. R. F. Iluminação Pública Guia do Gestor, Governo do Estado de São Paulo - Secretaria de Energia - Fundação Prefeito Faria Lima, Cepam - Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 2013. Disponível em: [http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalsev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha\\_Iluminacao\\_Publica.pdf](http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalsev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha_Iluminacao_Publica.pdf). Acesso em: julho de 2021.

KWASINSKI, A. Quantitative Model and Metrics of Electrical Grids' Resilience Evaluated at a Power Distribution Level. **Energies**, 9, 93. 2016. DOI :10.3390/en9020093.

LAGRANGE, A.; SÍMON-MARTÍN, M.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, A.; BRACCO, S.; ROSALES-ASENSIO, E. Sustainable microgrids with energy storage as a means to increase power resilience in critical facilities: An application to a hospital. **Electrical Power and Energy Systems**. Vol. 119. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.105865>.

MCLELLAN, B.; ZHANG, Q.; FARZANEH, H.; UTAMA, A.; ISHIHARA, K. N. Resilience, Sustainability and Risk Management: A Focus on Energy. **Challenges**, vol. 3, p 153-182. 2012. doi:10.3390/challe3020153.

MCNARY Sharon. How LADWP Uses Two Lakes To Store Energy Like A Giant Battery. La Ist Studios. 2019. Disponível em: <https://laist.com/news/how-ladwp-got-two-lakes-to-store-energy-like-a-giant-battery>. Acesso em: fevereiro de 2022.



***DOSSIE: ODS-compromissos da indústria, academia e sociedade***

MORAIS, F. D. A. **Sistema Inteligente para Iluminação Pública**. Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/302916031.pdf>. Acesso em: julho de 2021.

ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). Energia Agora. Balanço de Energia. s/d. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora>. Acesso em: julho de 2021.

PETERS, 2016. This Huge New Solar Farm Near Las Vegas Provides Power—Even At Night. Fast Company. Disponível em: <https://www.fastcompany.com/3057288/this-huge-new-solar-farm-near-las-vegas-provides-power-even-at-night>. Acesso em: fevereiro de 2022.

Prefeitura de São Paulo, disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/noticias/index.php?p=156>. Acesso em: julho de 2021.

PHILIPS, 2020, disponível em: <https://www.lighting.philips.com/main/systems/lighting-systems/citytouch>. Acesso em: julho de 2021.

SCHLÖR, H.; FISCHER, W.; HAKE, J. The meaning of energy systems for the genesis of the concept of sustainable development. **Applied Energy**. 97. p 192-200. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.009>.

SILVA, D. C.; MELO, L. A. N.; RANGEL, M. C. C. S. P.; ALMEIDA, M. M. R.; JOSÉ, T. ALVARENGA, S. D. Bicicleta para Geração de Energia, PROVIC, Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora, Institutos Superiores de Ensino do Censa Centro de Pesquisa e Pós-Graduação, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96208>. Acesso em julho de 2021.

SOARES, I. M. Usina Hidrelétrica a Fio D'Água ou Reservatório? Subsídios à Tomada de Decisão Por Meio de Análise Custo-Efetividade. Dissertação de mestrado (Gestão Econômica do Meio Ambiente). Universidade de Brasília - UNB. 2017. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/25259>. Acesso em: julho de 2021.

SU, P.; KARNEY, B. Micro hydroelectric energy recovery in municipal water systems: A case study for Vancouver. **Urban Water Journal**, 12:8, 678-690, 2015. DOI: 10.1080/1573062X.2014.923919.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. Sociedade de Investigações Florestais. R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.679-686, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/zvFw3HnfyjLhbJZhLcQLJTc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: julho de 2021.

Recebido em 22/11/2021.  
Aprovado em 31/05/2022.