



## **A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL**

### **RESOLUTION 954/2021 AND THE ADVANTAGES, DISADVANTAGES AND CHALLENGES FOR THE DEVELOPMENT OF HYBRID AND ASSOCIATED PLANTS IN BRAZIL**

### **RISOLUZIONE 954/2021 E I VANTAGGI, SVANTAGGI E SFIDE PER LO SVILUPPO DI IMPIANTI IBRIDI E ASSOCIATI IN BRASILE**

#### **ANTÔNIO MÁRCIO DA CUNHA GUIMARÃES**

Doutor e Mestre em Direito Internacional pela PUC/SP, Professor da Faculdade de Direito da PUC/SP desde 1991 (Bacharelado), desde 2007 (Mestrado/Doutorado); Visiting Professor/Researcher on King's College University of London; Visiting Professor/Researcher na Università Degli Studi di Milano; Advogado e Consultor Jurídico desde 1986 - OAB/SP: 82.984; Líder do Grupo de Pesquisa da PUC/SP junto ao CNPq - DIGE Direito Internacional e Globalização Econômica; Autor de Obras Jurídicas. Endereço eletrônico: guimaraes@pucsp.br.

#### **ADRIANO LUIZ BATISTA MESSIAS**

Advogado. Doutorando e Mestre em Direito Tributário pela Pontifícia Universidade Católica - SP, Professor Assistente de Mestrado em Direito e Professor Orientador de Monografias na PUC/SP e no IBET – Instituto Brasileiro de Estudos Tributários, Professor de Especialização na COGEAE/PUC. Sócio do Escritório Martins Paes & Messias Advogados. Endereço eletrônico: adriano.messias1@hotmail.com.

#### **CAIO CÉSAR ALVARES LORO NETTO**

Advogado. Doutorando em Direito das Relações Econômicas Internacionais (PUC-SP). Mestre em Direito Econômico Internacional (UNISANTOS). Pós-Graduado em Direito Empresarial (FGV-SP). Professor de Graduação e Pós-Graduação (UNINOVE e outras). Associado do escritório Carmona Maya Martins e Medeiros Advogados. Membro da Comissão de Relações Internacionais da OAB/Santos. Endereço eletrônico: caiocesarloro@gmail.com.

**SUMÁRIO:** *1 Introdução; 2 Contexto da transição das fontes de energia; 2.1 – Transição de energia global em razão das mudanças climáticas e do Acordo de Paris; 2.2 – Transição energética no Brasil e as Usinas Híbridas 3 Cenário global da implantação das usinas híbridas; 4 A resolução 954/21 e suas alterações legais acerca das usinas híbridas; 4.1 – Principais inovações trazidas na Resolução 954/2021 da ANEEL; 4.2 -*



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

*Melhorias regulatórias e desafios estruturais, econômicos e ambientais para implementação da hibridização energética no Brasil; 4.2.1 - Vantagens de investimento em energia fotovoltaica em combinação com as Usinas de Energia Eólica (UEE); 4.2.2 - Desvantagens de investimento em energia fotovoltaica em combinação com as Usinas de Energia Eólica (UEE); 4.2.3 - Desafios relacionados ao investimento na hibridização energética envolvendo energia fotovoltaica e eólica; 5 Conclusão; Referências Bibliográficas.*

### RESUMO

O presente artigo objetivou a demonstração da projeção de viabilidade econômica, estrutural e socioambiental da criação de usinas híbridas e associadas no Brasil, mediante análise dos avanços trazidos na Resolução 954/2021 da ANEEL. Respeitado o corte metodológico necessário para fazer-se conhecer o objeto, utilizou-se os métodos empírico-dialético e bibliográfico para atingir, enquanto objetivo específico, o entendimento acerca das vantagens, desvantagens e desafios da complementariedade energética, por meio da utilização de duas ou mais matrizes em um mesmo local, bem como seus benefícios frente a problemática sazonal da crise hídrica, e consequentemente, no Brasil, energética, razões estas que justificam o presente estudo. A conclusão fora pelo potencial positivo da hibridização energética.

**Palavras-chave:** Brasil. Usinas híbridas. Hibridização energética. Resolução 954/2021 ANEEL.

### ABSTRACT

This article aimed to demonstrate the projection of economic, structural and socio-environmental feasibility of the creation of hybrid and associated plants in Brazil, by analyzing the advances brought in ANEEL Resolution 954/2021. Respecting the methodological cut necessary to make the object known, empirical-dialectical and bibliographic methods were used to achieve, as a specific objective, the understanding of the advantages, disadvantages and challenges of energetic complementarity, through the use of two or more matrices in the same place, as well as their benefits against the seasonal problem of the water crisis, and consequently, in Brazil, energy, reasons that justify the present study. The conclusion was the positive potential of energetic hybridization.

**Keywords:** Brazil. Hybrid plants. Energetic hybridization. Resolution 954/2021 ANEEL.

### ABSTRACT

Questo articolo mirava a dimostrare la proiezione di fattibilità economica, strutturale e socio-ambientale della creazione di piante ibride e associate in Brasile, analizzando i progressi portati nella Risoluzione ANEEL 954/2021. Rispettando il taglio metodologico necessario per far conoscere l'oggetto, sono stati utilizzati metodi empirico-dialettici e bibliografici per raggiungere, come obiettivo specifico, la comprensione dei vantaggi,



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

svantaggi e sfide della complementarità energetica, attraverso l'uso di due o più matrici nella stesso luogo, così come i loro benefici contro il problema stagionale della crisi idrica, e di conseguenza, in Brasile, l'energia, ragioni che giustificano il presente studio. La conclusione è stata il potenziale positivo dell'ibridazione energetica.

**Parole chiave:** Brasile. Piante ibride. Ibridazione energetica. Delibera 954/2021 ANEEL.

### 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm consequências de ordem ambiental, econômica, política e social cada vez mais impactantes. Nesse cenário, a produção de energia por meio de fontes menos degradantes ao meio ambiente vem sendo alvo de agenda com a finalidade de promoção de um processo de transição energética.

Assim, a problemática objeto desta análise se baseia, inicialmente, na sazonalidade da principal matriz de geração de energia no Brasil – a hidroelétrica – cujas crises causadas (cada vez mais recorrentes) em razão das mudanças climáticas afetam diretamente toda a cadeia produtiva e social, somado ao fato de que mesmo as fontes renováveis possuem potencial de produção alterado frente às condições geográficas. Desse modo, no caso de uma geração híbrida fotovoltaica e eólica em um mesmo local, a diminuição dos ventos de dia seria suprida pela geração de energia solar, ao passo que os mais intensos ventos noturnos fariam da energia eólica um complemento para manutenção da produção de energia durante a noite, por exemplo.

Tal estudo é relevante e se justifica no sentido de que a análise dos impactos, vantagens e desvantagens da hibridização energética por meio da Resolução 954/2021 da ANEEL é forma de compreensão da viabilidade econômica e socioambiental da implantação da complementariedade energética por meio das usinas híbridas e usinas associadas, de modo a promover uma alternativa para o uso mais eficiente dos recursos energéticos disponíveis e da própria rede, considerando a importância da diversificação da matriz energética do Brasil, especialmente em um cenário de crises hídricas sazonais.

Assim, o objeto central da presente investigação se pauta na demonstração da



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

projeção de viabilidade econômica e estrutural da criação de usinas híbridas e associadas no Brasil.

Nesta esteira, de modo específico, objetiva-se a identificação dos aspectos ambientais, econômicos e principalmente regulatórios para efeito de conclusão ou não da concepção da hibridização energética enquanto alternativa para fomento da maior utilização de fontes renováveis, com menor impacto socioambiental e maior otimização de investimentos e custos.

Desse modo, a presente abordagem tem como base metodológica os métodos empírico-dialético e bibliográfico, pois se vale de análise multidisciplinar, que envolve a necessária intersecção das variáveis geográficas, topográficas e estrutura energética atual em relação as alterações promovidas pela REN 954/21, para que se compreenda pelo estabelecimento de um ambiente vantajoso e de segurança jurídica e ambiental para a criação de usinas com mais de uma fonte energética.

Ato contínuo, o primeiro tópico se debruça, inicialmente, acerca da necessária transição energética frente a problemática relacionada a urgência causada pelas mudanças climáticas, motivo que deu origem a concepção do Acordo de Paris.

A seguir, é objeto de nosso estudo as iniciativas internacionais e do Brasil por meio de projetos e evolução regulatória enquanto agenda de transição energética, através da busca por maior parcela de produção de energia renovável e menos poluente, inclusive por meio da utilização de mais uma fonte de geração de energia em um mesmo local, otimizando custos e impactos ambientais.

O desenvolvimento do artigo tem por ponto focal o tópico que aborda as vantagens, desvantagens e desafios econômicos, ambientais e geográficos para concepção de uma agenda de hibridização energética no Brasil, em especial após a criação da Resolução 954/2021 da ANEEL, cuja análise é trazida por meio das alterações relevantes e sua projeção de evolução para fomento ao modelo em tela.

## 2 CONTEXTO DA TRANSIÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA

---



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

### 2.1 TRANSIÇÃO DE ENERGIA GLOBAL EM RAZÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO ACORDO DE PARIS

A 21ª Conferência das Partes (COP21) tivera a concepção do Acordo de Paris, aprovado por 195 países, em dezembro de 2015<sup>1</sup>, que por sua vez estabelece parâmetros fundamentais para construção de políticas públicas que tenham a finalidade de combate às mudanças climáticas. A meta mais importante fixada é a limitação do aumento da temperatura do planeta no século XXI a patamar inferior a 2°C, de modo a mantê-lo a 1.5°C. A adesão mencionada demonstra a intenção de esforços na direção da busca pelo equilíbrio entre a rentabilidade e a proteção ambiental.

O Acordo determina responsabilidade a todos os signatários pela diminuição da emissão de carbono, entretanto, diferencia os países com base em padrões históricos e estrutura institucional de cada um deles, além de suas emissões atuais, de modo que caberá a estes a definição das políticas macroeconômicas para se atingir a meta global.

Nessa toada, as emissões antropogênicas detalham um crescimento de 2,2% entre 2000 e 2010, significativamente superior aos 1,3% entre 1970 e 2000, conforme o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas<sup>2</sup>. O segmento energético se destaca como o maior responsável pelo referido aumento, com 35% do total emitido em 2010.

Assim, para se alcançar a meta global, as nações estão se destinando para uma política de transição energética, sendo que os avanços tecnológicos no sentido de produção de energia mais limpa se darão por meio de investimentos públicos e privados e de política regulatória que fomente seu desenvolvimento.

A necessidade e urgência pela transição energética terá maior reflexo nos países em desenvolvimento, não somente pelas dificuldades econômicas, institucionais e

---

<sup>1</sup> Acordo de Paris. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/node/88191>. Acesso em: 24 abr. 2022.

<sup>2</sup> ONU. Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>. Acesso em: 24 abr. 2022.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

estruturais, mas pela projeção de crescimento acentuado na sua demanda energética. Dessa forma, a tendência se destina a diversificação de energia mais limpa, porém, em toadas diferentes.<sup>3</sup>

É possível a constatação de maior participação de energia solar nos países desenvolvidos, como é o exemplo da Alemanha, dado ambiente institucional e regulatório mais estruturado, ao passo que a energia eólica se apresentou como opção mais viável aos países em desenvolvimento, muito ainda pela dificuldade de estabilidade político-econômica para efeito de fundamentação técnica e acesso aos recursos necessários para uso da fonte fotovoltaica, somada as condições climáticas favoráveis.<sup>4</sup>

Desse modo, é verificada intenção genuína pela transição energética por meio de planos e investimentos com cada vez maior relevância. O governo dos Estados Unidos anunciara um plano para alteração da utilização das matrizes energéticas no importe de US\$ 2 trilhões, como forma de diminuir a intensidade e velocidade das mudanças climáticas. A meta se volta para a massificação da produção e uso de carros elétricos; para a construção de 1,5 milhão de domicílios com níveis elevados de eficiência energética, bem como a concepção de uma agência com a finalidade de avanço científico e inovação na área de energia, passando pela intenção de zerar as emissões dos novos ônibus até 2030, além do fomento de reatores nucleares, no uso de baterias, na produção de hidrogênio e no incentivo à descarbonização das indústrias químicas, de aço e de concreto.<sup>5</sup>

Além do impacto positivo no combate às mudanças climáticas, a vanguarda pela transição energética é estratégica para tomar a dianteira no avanço científico, tecnológico, estrutural e regulatório na utilização das fontes de energia renovável. Sob esse prisma, a alternatividade energética já se apresenta como destino rentável.

<sup>3</sup> FGV ENERGIA. Uma análise comparativa da transição energética na América Latina e Caribe. 2016. Disponível em: [https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/paper\\_kas-fgv\\_port\\_web\\_0.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/paper_kas-fgv_port_web_0.pdf). Acesso em: 24 abr. 2022.

<sup>4</sup> Ibidem.

<sup>5</sup> DELGADO, Fernanda. O Plano Biden, as relações EUA-China e a geopolítica da energia. 2020. Disponível em: [https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/10ce2020\\_fernanda\\_delgado.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/10ce2020_fernanda_delgado.pdf). Acesso em: 24 abr. 2022.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

Tal cenário se exemplifica por meio da estimativa do Fórum Econômico Mundial, por cuja projeção de investimentos em tecnologia energética limpa é da geração de 395 milhões de empregos nos próximos anos.<sup>6</sup>

Outrossim, já é possível o entendimento do termômetro de intensidade da transição energética em diversas localidades. O governo da Califórnia ordenou a proibição de venda de novos carros que utilizam combustíveis fósseis, fato este visualizado pelas empresas produtoras de petróleo, que por sua vez já voltam seus investimentos para a geração de energias renováveis. A China apresentou meta de neutralidade de carbono até 2060.<sup>7</sup>

O Brasil, por seu turno, deve aliar a necessidade de seu crescimento econômico a uma projeção de diversificação da sua matriz energética, tanto pelo aumento natural do seu consumo em um momento de busca pela retomada pós pandemia, quanto pela possibilidade de geração de investimentos no setor, e consequente renda e trabalho, fatores fundamentais para melhoria do cenário macroeconômico do país.

### 2.2 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL E AS USINAS HÍBRIDAS

Frente ao ambiente global de transição energética global, o Brasil deve buscar não somente a criação de projetos de infraestrutura de energias renováveis, como fomentar seu investimento estrangeiro direto nessa direção, muito pois ainda se verifica emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), com preponderância do setor logístico - 48,2% das emissões.<sup>8</sup>

Contudo, o setor de transportes pode ser afetado positivamente por meio de diversas iniciativas para sustentabilidade energética, desde a melhoria e inovação tecnológica na frota automotiva brasileira, além de incentivo para a inserção de veículos

---

<sup>6</sup> Ibidem.

<sup>7</sup> DELGADO, Fernanda. A ANTITRANSIÇÃO - PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA E DESCARBONIZAÇÃO NOS TRANSPORTES. 2020. Disponível em: <[https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30008/broadcast\\_energia\\_fernanda\\_delgado\\_081020.pdf?sequence=1](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30008/broadcast_energia_fernanda_delgado_081020.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 24/04/2022.

<sup>8</sup> Ibidem.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

híbridos e elétricos, como formas de diminuição do uso de combustíveis fósseis e consequentes emissões de dióxido de carbono. Desse modo, ao longo dos anos, o Brasil buscou a eficiência energética por meio de alguns programas, abaixo pormenorizados.

O Programa de controle de emissões veiculares (Proconve - 1986) fixou limites de emissões pelos veículos, por meio de desenvolvimento tecnológico.

O Selo Conpet de Eficiência Energética (Conpet – 1991) buscou a implementação do Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural, cuja finalidade principal fora a exploração mais sustentável dos recursos não renováveis, especialmente petróleo e do gás natural, fundamentado em avanço científico e tecnológico. Seu resultado já alçou o patamar de economia de aproximadamente seis milhões de metros cúbicos no consumo de GLP, ou seja, menos 10 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> emitido.<sup>9</sup>

Ato contínuo, em 2008 criou-se o PBE Veicular, com objetivo de certificação de veículos mais econômicos e com melhor aproveitamento de combustível, fato que deu ao Brasil a inclusão na lista de países que fazem uso racional e eficiente de energia.

Outros programas para investimento em inovação tecnológica com o fim de melhoria do desempenho de consumo de veículos foram aplicados no Brasil, tais como o Inovar-Auto (2013-2017)<sup>10</sup> e o Rota 2030 (2018)<sup>11</sup>, este último com proposta de duração de 15 anos, cujas metas vão desde melhoria de 11% de eficiência energética até 2022, até economia de necessidade de emissão de dióxido de carbono, por meio da maior utilização de tecnologias de combustíveis limpos (etanol, biodiesel e gás natural comprimido - GNC). O Rota 2030 ainda tem por ferramentas o incentivo tributário para empresas que invistam no Brasil com foco na pesquisa para produção de veículos híbridos e elétricos, além de etiquetagem veicular.<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> Ibidem.

<sup>10</sup> Criado pela Lei nº 12.715/2012, regulamentada pelo Decreto nº 7.819/2012, com vigência delimitada até 31 de dezembro de 2017.

<sup>11</sup> Lei nº 13.755/2018.

<sup>12</sup> Ibidem.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

Um último programa que merece menção dentre as iniciativas para transição energética através da busca pela sustentabilidade dos transportes é o Renovabio (2017), que se direciona para cumprimento das metas previstas no Acordo de Paris de 2015, se valendo, para tanto, de outros projetos, tais como o *Renewable Energy Directive (RED)*, da União Europeia, o *Renewable Fuel Standard (RFS)*, dos Estados Unidos e o *Low Carbon Fuel Standard (LCFS)*, da Califórnia. A proposta se volta para a promoção ao uso dos biocombustíveis, desde investimento nessa matriz energética, até pesquisas para diminuição da intensidade da presença de carbono nesta (gCO<sub>2</sub>e / MJ) em 7% entre os anos de 2017 e 2028.<sup>13</sup>

Como verificado, a transição energética passa pela análise da geração de matrizes energéticas limpas, e cada vez mais economicamente rentáveis, até como fórmula propulsora do interesse para efeito de investimentos na sua criação e ampliação.

Nesse contexto, são verificados alguns estudos e até projetos em curso sobre a possibilidade, inclusive do ponto de vista econômico e estrutural, da existência de usinas híbridas de geração de energia eólica e solar (fotovoltaica), de modo a otimizar custos operacionais e de investimentos, e reduzir a necessidade de danos ao meio ambiente.<sup>14</sup>

Assim, a tendência verificada é pela complementaridade energética, que pode se dar por meio da disponibilidade energética de dois ou mais recursos (da mesma fonte ou de fontes distintas) no tempo, de tal maneira que, por exemplo, em um período do dia uma fonte possui mais geração de energia, a outra vai complementar a primeira, quando aquela diminuir seu potencial, mantendo, assim, o patamar de produção.<sup>15</sup>

---

<sup>13</sup> Ibidem.

<sup>14</sup> Exemplos: (i) Renova Energia com financiamento da Finep Inovação e Pesquisa na região de Caetité (<http://www.renovaenergia.com.br/pt-br/imprensa/noticias/paginas/noticia.aspx?idn=572>); na Bahia; (ii) da Enel Green Power localizado no município de Tacaratu (<http://www.canalbioenergia.com.br/inaugurada-primeira-usina-hibrida-do-brasil/>), no Pernambuco; e (iii) da Sowitec, no norte da Bahia (projeto apresentado no Brasil Solar Power 2016).

<sup>15</sup> EPE. Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Avaliação da geração de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-214/Metodologia%20para%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20usinas%20h%C3%ADbridas%20e%C3%B3lico-fotovoltaicas.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

A conclusão pela possibilidade de combinação de diversas formas de geração energética torna o tema objeto de proposição e desenvolvimento de tecnologia.<sup>16</sup>

Desse modo, uma usina híbrida produtora de energia eólica e fotovoltaica pode viabilizar a geração em locais com menos ventos diurnos e mais noturnos, ao passo que a produção híbrida por meio de matriz hidráulica e fotovoltaica pode vir a fazer uso de painéis fotovoltaicos com flutuadores sobre a área alagada das hidrelétricas, o que pode promover o complemento necessário em estações secas. Essa segunda hipótese já se verifica em caráter inicial nas usinas de Balbina (AM), Porto Primavera (SP) e Sobradinho (BA)<sup>17</sup>.

Outra forma da geração híbrida se verifica por meio da união de geração heliotérmica (termossolar) somada a outro combustível (biomassa), ou seja, em usinas heliotérmicas, é possível o uso da biomassa para aumento de seu potencial<sup>18</sup>.

Ato contínuo, a queima do gás natural nas usinas movidas a bagaço da cana (biomassa) promove eficiência global do ciclo térmico, à medida que aumenta o seu período de despacho<sup>19</sup>.

Ainda que menos limpa, a união do carvão e da biomassa (coqueima) trará, por meio da queima da segunda, diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> por MWh produzido, de modo que tal alternativa se apresenta como meio de transição energética, ainda que inicial, já objeto de aplicação em outros países.<sup>20</sup>

<sup>16</sup>EPE. Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-393/NT%20EPE-DEE-NT-011-2018-r0%20%28Usinas%20h%C3%ADbridas%29.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

<sup>17</sup> CHESF. Energia Solar em Sobradinho. Publicada em 15 mar. 2016. Disponível em: [https://www.chesf.gov.br/\\_layouts/15/chesf\\_noticias\\_farm/noticia.aspx?idnoticia=59](https://www.chesf.gov.br/_layouts/15/chesf_noticias_farm/noticia.aspx?idnoticia=59). Acesso em 24 abr. 2022.

<sup>18</sup> Soria, R. et al., Hybrid concentrated solar power (CSP)–biomass plants in a semiarid region: A strategy for CSP deployment in Brazil, *Energy Policy* 86, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421515002463>. Acesso em: 24 abr. 2022.

<sup>19</sup> Ribeiro, S.R., Natural gas as a power booster fuel in sugarcane bagasse thermoelectric power plants, *International Gas Union Research Conference Rio*, 2017. Disponível em: <https://www.wtert.net/paper/3841/Natural-gas-as-a-power-booster-fuel-in-sugarcane-bagasse-thermoelectric-power-plants.html>. Acesso em: 24 abr. 2022.

<sup>20</sup> IRENA (International Renewable Energy Agency), Biomass Co-firing: Technology Briefing, 2013. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA-ETSAP%20Tech%20Brief%20E21%20Biomass%20Co-firing.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

Juridicamente, nos termos do Memorando nº 052/2021-DIR/ANEEL, usinas híbridas ou associadas possuem, em sua formação, a união de diferentes tecnologias de geração de energia elétrica, com o compartilhamento do mesmo ambiente físico, infraestrutura da rede elétrica e formatação contratual.

A forma como são destinadas as outorgas para geração de energia híbrida e sua medição compõem dois parâmetros elementares para entendimento acerca da diferenciação entre as usinas híbridas e as usinas associadas. Destarte, a central geradora híbrida possui instalação objeto de única outorga, sendo possível a mediação de modo único ou distinto em cada tecnologia, ao passo que as centrais geradoras associadas, doutra sorte, possuem duas ou mais instalações, além de outorgas e medições diversas.<sup>21</sup>

Nesse sentido:

A principal vantagem, segundo a consulta em tela, das usinas híbridas e associadas consistiria no aproveitamento da capacidade ociosa de rede. Daí porque, de acordo com a proposta de resolução, a usina híbrida ou associada poderia contratar o uso da rede dentro de uma faixa que variasse entre (i) a soma das potências elétricas ativas nominais da tecnologia de geração de maior participação na central geradora híbrida ou associada; e (ii) a soma das potências elétricas ativas de todas as unidades geradoras.<sup>22</sup>

Assim, a transição energética por meio de alternativas dinâmicas, tais como as usinas híbridas, ganha cada vez mais espaço não somente no Brasil, mas também no cenário internacional, como forma de viabilizar a otimização dos recursos e consequente rentabilidade da operação.

### 3 CENÁRIO GLOBAL DA IMPLANTAÇÃO DAS USINAS HÍBRIDAS

<sup>21</sup> AGU. PARECER n. 00366/2021/PFANEEL/PGF/AGU. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agu/pt-br/composicao/cgu/e-cjus/pareceres-referenciais-das-e-cjus/patrimonio-1/pareceres-2021-1>. Acesso em: 24 abr. 2022.

<sup>22</sup> Ibidem.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

A combinação de fontes energéticas é uma realidade histórica na geração voltada para localidades com menor demanda, tais como ilhas ou locais de baixa densidade demográfica e distante dos maiores sistemas energéticas. Dessa forma, a combinação de fonte renovável e fóssil diminui o uso da segunda, e, destarte, a emissão de carbono, ao passo que a união de fontes renováveis contribui para maior garantia de suprimento energético, em detrimento do cenário com uma única matriz energética.<sup>23</sup>

Entretanto, sistemas com maior diversificação energética possuem redes de transmissão para que os recursos sejam destinados ao operador, no mesmo local da geração, ou não, em especial em vastos territórios.

Assim, o estudo pelas mais variadas possibilidades de otimização econômica, estrutural e socioambiental por meio da hibridização energética vem ganhando envergadura em diversos países, inclusive de grande porte.

Nesse sentido, em 2016, fora esboçado na Índia o que se projetou como política para geração híbrida, de modo que, em 2018, atingiu-se o que veio a ser uma política nacional de geração híbrida eólico-fotovoltaica (MNRE, 2018), tendo o estado de Gujarat criado, no mesmo ano, uma política própria, em que se detalhara os aspectos regulatórios e de incentivos à hibridização elétrica (*Energy and Petrochemicals Department, 2018*).<sup>24</sup>

Na Austrália, por sua vez, houve um estudo para avaliação dos custos e benefícios da geração de usinas fotovoltaicas e eólicas (*“CO-LOCATION INVESTIGATION - A study into the potential for co-locating wind and solar farms in Australia”*), tendo por parâmetro a diferenciação entre dois tipos de projetos *brownfield* (hibridização de eólicas existentes) e *greenfield* (usinas híbridas totalmente novas), cuja estimativa de redução de custos de investimento fora de 3% e 13%, e de economia operacional entre 3% e 16%.<sup>25</sup>

Nos Estados Unidos, por seu turno, usinas híbridas com energia eólica e fotovoltaica são realidade e com benefícios reciprocamente entre as fontes nos projetos

<sup>23</sup> EPE. Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Usinas híbridas no contexto do planejamento energético. N. EPE-DEE-NT-029/2019-r0. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-386/EPE\\_DEE\\_NT\\_029\\_2019\\_r0\\_%20Usinas%20h%C3%ADbridas.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-386/EPE_DEE_NT_029_2019_r0_%20Usinas%20h%C3%ADbridas.pdf). Acesso em: 23 abr. 2022.

<sup>24</sup> Ibidem.

<sup>25</sup> Ibidem.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

*Califórnia Pacific Wind* (140 MW), *Oasis Wind* (60 MW) e *Catalina Solar* (143 MWp), da empresa *EDF Renewables*.<sup>26</sup>

De modo inovador, no estado de Nevada, a ENEL Green Power desenvolveu uma usina híbrida com a combinação de energia geotérmica (33 MW), fotovoltaica (27 MW) e solar térmica (2 MW), de modo que a menor produção geotérmica diurna é compensada pela participação da fonte fotovoltaica, e a solar térmica aumenta a eficiência da primeira.<sup>27</sup>

No Reino Unido, houve a instalação de 5MW de potência fotovoltaica junto a uma usina eólica já existente de 8.4MW no País de Gales (*Parc Cynog Wind/solar farm*), usina híbrida está em operação desde 2016, viabilizada mediante o programa de certificado de energias renováveis *Renewable Obligation (RO)*, de modo que se verifica desempenho complementar satisfatório<sup>28</sup>.

Por fim, vale trazer o exemplo chinês. A empresa State Grid, em parceria com a BYD, deu início a operação de um projeto híbrido inicial na cidade de Hebei, por meio da inserção de 100 MW de energia eólica, 40 MW de fotovoltaica e 36 MWh de baterias de íon-Lítio, como forma de análise da aplicação de bateria para estabilização da produção, de modo que há expectativa de expansão da planta para até 500 MW de eólica, 100 MW de fotovoltaica e 110 MW de baterias de diferentes tecnologias, cujo investimento estima-se em 2 bilhões de dólares americanos<sup>29</sup>.

A análise do status de avanço das usinas híbridas de modo global importa na compreensão de que as soluções estão sendo buscadas para otimização dos custos e capacidade de produção de energia através de gerações limpas. O Brasil, vasto no seu

---

<sup>26</sup> Ibidem.

<sup>27</sup> Solar Industry. Enel Green Power Adding 2 MW CSP Unit To Stillwater Geothermal Power Plant In Nevada. Publicada em 02 de abril de 2014. Disponível em: [solarindustrymag.com/enel-green-power-adding-2-mw-csp-unit-to-stillwater-geothermal-power-plant-in-nevada/](http://solarindustrymag.com/enel-green-power-adding-2-mw-csp-unit-to-stillwater-geothermal-power-plant-in-nevada/). Acesso em: 23 abr. 2022.

<sup>28</sup> Solar Power Portal. Updated: Vattenfall praises good performance of co-located wind and solar energy park. Publicada em 03 de outubro de 2017. Disponível em: [www.solarpowerportal.co.uk/news/vattenfall\\_praises\\_good\\_performance\\_of\\_co\\_located\\_wind\\_and\\_solar\\_energy\\_par](http://www.solarpowerportal.co.uk/news/vattenfall_praises_good_performance_of_co_located_wind_and_solar_energy_par). Acesso em: 23 abr. 2022.

<sup>29</sup> Power Mag. Large China Energy Storage Project Begins Operation. Publicada em 01 de março de 2012. Disponível em: [www.powermag.com/large-china-energy-storage-project-begins-operation/](http://www.powermag.com/large-china-energy-storage-project-begins-operation/). Acesso em: 23 abr. 2022.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

potencial energético, tem iniciado estudos e medidas regulatórias para hibridização, conforme analisado a seguir.

### 4 A RESOLUÇÃO 954/21 E SUAS ALTERAÇÕES LEGAIS ACERCA DAS USINAS HÍBRIDAS

#### 4.1 PRINCIPAIS INOVAÇÕES TRAZIDAS NA RESOLUÇÃO 954/2021 DA ANEEL

Em 06/12/2021, a ANEEL publicou a Resolução Normativa (“REN”) nº 954/2021, com a finalidade de regulação para implantação da Central Geradora Híbrida (UGH) e Centrais Geradoras Associadas, como forma de promoção da modernização do setor de produção de energia, na medida em que busca a otimização dos recursos estruturais, investimentos e diminui o impacto socioambiental, por meio da complementação energética, fato que favorece a intermitência das fontes e melhora o cenário de escassez pela dependência de chuva em épocas de seca.

Pelo texto normativo, a UGH é uma usina geradora instalada a partir da combinação de diferentes tecnologias de geração, com medições distintas por tecnologia de geração ou não, objeto de outorga única.<sup>30</sup>

Já uma Associada contempla duas ou mais instalações, com a finalidade de produção de energia elétrica com diferentes tecnologias de geração, com outorgas e medições distintas, que compartilham fisicamente e contratualmente a infraestrutura de conexão e uso do sistema de transmissão.<sup>31</sup>

Na nova resolução, algumas regras anteriores foram alteradas, e outras criadas, pelo que se analisará neste estudo.

---

<sup>30</sup> ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA 954, DE 30 DE NOVEMBRO DE 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-954-de-30-de-novembro-de-2021-364715864>. Acesso em: 22 de abr. 2022.

<sup>31</sup> Ibidem.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

Inicialmente, verifica-se a existência de alterações na REN 876/2020, que traz a regulação acerca dos procedimentos de outorga para usinas Eólicas, Fotovoltaicas, Termelétricas e de outras fontes alternativas.<sup>32</sup>

No que toca às usinas híbridas ou associadas com tecnologia de geração hidráulica participantes do Mecanismo de Realocação de Energia (MRE), deve haver medições distintas por tecnologia de geração.

Acerca das UGH com tecnologia de geração eólica, fixou-se no sentido que a outorga de sua autorização deve ser acompanhada de garantia de fiel cumprimento no valor 5% do investimento no que diz respeito ao empreendimento eólico.

Fica permitida a ampliação de aproveitamentos hidrelétricos objetos da outorga presente da REN 875/2020, de modo que estas usinas receberão o tratamento regulatório de UGHs, por meio da combinação das fontes de energia eólica, fotovoltaica, termelétrica ou de outras fontes alternativas.

A Resolução 954/21 também promovera alterações na REN 77/2004, que trata, por sua vez, acerca do Desconto na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) e da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD).

A primeira delas fora a fixação do de desconto para UGH que não houver individualização de medição por tecnologia. Assim, haverá aplicação das TUSTs no menor percentual de desconto que toca às fontes de energia consideradas na outorga, devendo incidir na produção e no consumo da energia, seja comercializada, ou destinada para a autoprodução.<sup>33</sup>

Também se estabeleceu o percentual de desconto na TUST de modo proporcional ao momento energético gerado mensalmente por cada fonte, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada ou destinada à autoprodução, desde que observada a aferição dos limites de ultrapassagem de potência injetada por cada tecnologia.

<sup>32</sup> Demarest advogados. Boletim de Energia nº 8 - ANEEL publica resolução sobre Usinas Híbridas e Associadas. Publicada em 17 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://www.demarest.com.br/boletim-de-energia-eletrica-n8-dezembro-de-2021/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

<sup>33</sup> Ibidem.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

Ato contínuo, a quantidade de energia incentivada passível de comercialização será a garantia física sazonalizada para fins de lastro de cada tecnologia autorizada a ter desconto.<sup>34</sup>

No caso não haja garantia física publicada em ato específico para alguma tecnologia ou para toda UGH ou Associada, a quantidade de energia incentivada passível de comercialização será conforme o tratamento estabelecido pelas Regras de Comercialização.<sup>35</sup>

A REN 247/2006, que trata sobre comercialização de energia de usinas com fontes primárias incentivadas, com unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja carga seja maior ou igual a 500 kW, também fora objeto de alteração, de modo que, caso a UGH possua uma ou mais tecnologias de geração não enquadradas no §5º do art. 26 da Lei nº 9.427/1996, deverá haver medição individualizada por tecnologia de geração para fazer jus à comercialização com Consumidor Especial da energia proveniente de tecnologia de geração enquadrada no referido dispositivo legal.<sup>36</sup>

Houve mudança também na REN 666/2015, que trata da contratação do uso do sistema de transmissão, sendo que, inicialmente, fica instituído que o Contratos de Uso do Sistema de Transmissão (CUST) celebrados por centrais de geração, inclusive por produtores independentes ou autoprodutores cuja geração seja maior que a carga própria, trarão, separadamente, o Montante de Uso do Sistema de Transmissão (MUST) contratado e, para cada Tecnologia de Geração, a potência instalada e a carga própria.<sup>37</sup>

Assim, o MUST deve ser único e dado pelo valor declarado pelo usuário, que deverá estar dentro dos limites estabelecidos pela Faixa de Potência definida em seu ato de outorga, subtraídas as parcelas correspondentes às cargas próprias de cada Tecnologia de Geração.<sup>38</sup>

---

<sup>34</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 3º-C, II.

<sup>35</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 3º-C, III.

<sup>36</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 1, §5º.

<sup>37</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 15.

<sup>38</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 16, §1º-A.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

Ademais, a mudança na forma de associação das Centrais Geradoras deverá ser precedida de Parecer de Acesso e não poderá implicar em redução do MUST contratado pela associação original, devendo o CUST vigente da associação ser encerrado, sem ônus, e os novos CUST serem firmados de forma a corresponder às novas características da associação.<sup>39</sup>

No que toca a REN 559/2013, que por sua vez disciplina o cálculo da TUST, teve por alteração que esta será única para o conjunto associado e será estabelecida nas apurações mensais de serviços e encargos de transmissão pelo ONS após a celebração do respectivo CUST.<sup>40</sup>

Por fim, vale ressaltar que, acerca da associação de usinas com CUSTs vigentes, será permitida a associação, de forma transitória, desde que (i) antes da associação, pelo menos um dos CUST das centrais geradoras tenha o início de execução contratado para após o dia 30.06.2023; (ii) a assinatura do CUST resultante da associação ocorra até 31.03.2023; e (iii) não haja obra de transmissão planejada, licitada ou autorizada para aumento do escoamento da geração no ponto de conexão.<sup>41</sup>

### 4.2 MELHORIAS REGULATÓRIAS E DESAFIOS ESTRUTURAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA HIBRIDIZAÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL

#### 4.2.1 - Vantagens de investimento em energia fotovoltaica em combinação com as Usinas de Energia Eólica (UEE)

A comparação entre um projeto *greenfield* independente e um projeto híbrido eólico fotovoltaico permite a conclusão pela existência de diversas vantagens da segunda hipótese de investimento em relação a primeira.

Inicialmente, a vantagem mais direta é a complementariedade da geração

<sup>39</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 16, §10.

<sup>40</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 19.

<sup>41</sup> ANEEL. Resolução 954/2021. Op. Cit. Art. 20.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

energética eólica (mais fortemente a noite) em união a energia fotovoltaica (mais intensa durante o dia), fato que viabiliza a otimização da contratação do Montante de Uso do Sistema de Transmissão (MUST) e a minimização do risco individual de exposição das usinas às variações horárias do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).<sup>42</sup>

Assim, a principal consequência da contratação do MUST é o menor custeio do Encargo de Uso do Sistema de Transmissão (EUST) por Megawatt-hora (MWh) gerado. Dessa forma, o já mencionado art. 16 da REN 954/21 concede ao empreendedor a liberdade de declarar o valor do MUST, único, para o conjunto de centrais associadas, não podendo ser inferior à potência da maior usina.

Segundo Eduardo Tobias e Heloisa Scaramucci, a partir das experiências e lições aprendidas pelo empreendedor na implantação da UEE, diversos riscos relativos ao desenvolvimento e construção da UFV associada podem ser mais bem gerenciados. Conseqüentemente, a probabilidade e severidade dos riscos de atraso e sobrecusto tendem a ser menores.<sup>43</sup>

Outro ponto de atenção positivo se baseia no compartilhamento da infraestrutura de conexão e transmissão da energia fotovoltaica com a UEE, pois diminui o risco de indisponibilidade de margem de escoamento para o projeto fotovoltaico em um ponto de conexão específico, quando não o torna nulo (caso opte por não aumentar o MUST da UEE).<sup>44</sup>

O custo energético também terá redução em razão da diminuição do nível de carregamento do inversor, ou seja, da relação entre a potência da Usina Fotovoltaica (UFV) em corrente contínua (CC) pela potência em corrente alternada (CA), além da

---

<sup>42</sup> EPE. Usinas associadas eólico-fotovoltaicas: considerações para cálculo de garantia física. Nota técnica n.º 084/2020/EPE-DEE. Publicada em 16 dez. 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-540/NT-EPE-DEE-084-2020\\_GF\\_usinas\\_associadas\\_r1.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-540/NT-EPE-DEE-084-2020_GF_usinas_associadas_r1.pdf). Acesso em 22 abr. 2022.

<sup>43</sup> RUIZ, Eduardo T. N. F. e Scaramucci, Heloisa F. A. Vantagens e Desafios do Desenvolvimento de Projetos Fotovoltaicos Associados a Usinas Eólicas em Operação. Publicada em 28 jan. 2022. Disponível em: <https://cenarioeolica.editorabrasilenergia.com.br/2022/01/28/vantagens-e-desafios-do-desenvolvimento-de-projetos-fotovoltaicos-associados-a-usinas-eolicas-em-operacao/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

<sup>44</sup> Id.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

economia com despesas de ordem administrativa e operacional.<sup>45</sup>

A celebração de contratos de compra e venda de energia e lastro entre a UFV e UEE na hipótese de déficit de geração em alguma das fontes é outra possível vantagem com a hibridização.

Desse modo, o que se percebe é uma modernização regulatória que permite diversas vantagens para otimização da produção e comercialização de energia gerada de modo híbrido, além do menor risco, o que importa em menor incidência de taxa de juros a ser cobrada em detrimento do investidor/garantidor.<sup>46</sup>

### 4.2.2 - Desvantagens de investimento em energia fotovoltaica em combinação com as Usinas de Energia Eólica (UEE)

O que se verifica como principal fator que pode desmotivar a hibridização é o *curtailment*, ou seja, o corte de parte da injeção de energia elétrica na rede sempre que a soma da geração das usinas supere o MUST contratado.<sup>47</sup>

Dessa forma, conforme a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), haverá variações do nível de *curtailment* de acordo com cada configuração de usinas associadas, desde a dimensão destas, somado aos perfis de gestão horário e mensal, até a definição do MUST, destarte, quanto maior o fator de capacidade diurno da UEE, maior será o corte de geração.<sup>48</sup>

O local da UEE também pode ser desfavorável para efeito de potencial inferior das UFVs desenvolvidas independentemente.

Ademais, a proximidade da UFV e UEE, em um sistema híbrido, pode trazer potencial interferência física negativa de uma usina na geração da outra. A EPE (2018)<sup>49</sup>

<sup>45</sup> Id.

<sup>46</sup> Id.

<sup>47</sup> EPE. Garantia Física de Usinas Associadas. Infográfico da Nota técnica n.º 084/2020/EPE-DEE. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-nota-tecnica-garantia-fisica-de-usinas-associadas-eolico-fotovoltaicas-proposta-metodologica>. Acesso em: 21 abr. 2022.

<sup>48</sup> Id.

<sup>49</sup> EPE. Usinas híbridas: uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento. Nota técnica n.º 11/2018/EPE/DEE. Publicada em 11 jun. 2018. Disponível em:



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

exemplifica os principais desafios:

O aumento das perdas na geração fotovoltaica devido ao maior sombreamento sobre os módulos causado pelas torres e pás eólicas; e possível perturbação do recurso eólico disponível para os aerogeradores causada pela interferência da UFV na rugosidade do terreno. Além disso, deve-se avaliar se a UFV causaria algum incremento de perdas no escoamento da energia elétrica da UEE devido ao compartilhamento da mesma infraestrutura de transmissão e conexão.

Desse modo, o avanço tecnológico e regulatório é essencial para que as desvantagens não diminuam ou afastem os benefícios decorrentes das vantagens pelo investimento e implementação da hibridização energética.

### 4.2.3 Desafios relacionados ao investimento na hibridização energética envolvendo energia fotovoltaica e eólica

Do ponto de vista mercadológico, o desafio inicial é a projeção do caixa necessário para análise econômica com a finalidade de viabilização de uma UGH, de modo que devem ser parte do estudo os fluxos de caixa incrementais a partir da data de aprovação do investimento.<sup>50</sup>

Não obstante o avanço regulatório presente na REN 954/21, algumas incertezas podem vir ser objeto de externalidade negativa, tais como se o valor da TUST que será único, o rateio do EUST, ou mesmo os impactos na determinação da Garantia Física de cada usina, mecanismos de corte de geração, dentre outras.<sup>51</sup>

Na hipótese de existência anterior da UEE, é motivo de dúvida a eventual necessidade de o investidor ter a necessidade pela dependência de anuência do credor do financiamento da UEE para efeito de investimento na UFV a ser associada.

---

[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-393/NT%20EPE-DEE-NT-011-2018-r0%20\(Usinas%20h%C3%ADbridas\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-393/NT%20EPE-DEE-NT-011-2018-r0%20(Usinas%20h%C3%ADbridas).pdf). Acesso em: 22 abr. 2022.

<sup>50</sup> BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. Principles of corporate finance. 13. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.

<sup>51</sup> RUIZ, op. cit..



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

Ato contínuo, um dos fatores mais delicados envolvendo a hibridização entre as mencionadas fontes toca à aferição dos ciclos horários e mensais da produção de cada fonte para que haja a otimização do dimensionamento da central fotovoltaica. Dessa forma, a baixa simultaneidade das fontes importará em maior valor cobrado pela sua associação.<sup>52</sup>

As questões geográficas também devem ser objeto de cuidado, desde a topografia do terreno a ser objeto da produção de ambas as fontes energéticas, como o sombreamento nos módulos, dentre outros fatores.<sup>53</sup>

As dimensões da UFV deverão receber avaliação aliada a fixação do MUST do arranjo, que por sua vez, tem relação direta com a disponibilidade de margem de escoamento adicional, da adoção ou não de baterias, do valor estimado da TUST da UFV, e se esta terá ou não fixação de desconto de 50%.<sup>54</sup>

Portanto, a análise para criação das usinas híbridas demanda entendimento da viabilidade econômica, ambiental, geográfica, energética e estrutural para superação dos desafios que circundam as ainda vantagens preponderantes da complementariedade energética.

## 5 CONCLUSÃO

A COP21 trouxe no contexto internacional o senso de urgência, ao firmar um compromisso baseado nos impactos ambientais que já são sentidos do ponto de vista social, econômico, ambiental, de saúde pública e humanitário.

Nesse contexto, o fator de maior responsabilidade pela manutenção do crescimento da produção de dióxido de carbono - principal componente que culmina no

---

<sup>52</sup> SILVA, Bruno; MARQUES, Miguel; MATOS, José Carlos. Hibridização de parques eólicos: uma oportunidade para o setor. INEGI. 07 mar. 2021. Disponível em: <https://www.inegi.pt/pt/noticias/hibridizacao-de-parques-eolicos-uma-oportunidade-para-o-setor-2-2/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

<sup>53</sup> RUIZ, op. cit..

<sup>54</sup> Ibidem.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

efeito estufa - é a produção de energia, em toda sua cadeia produtiva e para todas as suas finalidades, desde logística até manutenção da energia elétrica e respectivas atividades industrial e doméstica.

Assim, busca-se a concepção de alternativas para diminuir o impacto da geração de energia, por meio da diversificação uso de fontes energéticas, inclusive através de maior investimento em avanços tecnológicos para viabilidade e interesse financeiro na produção de energias renováveis, fato este que traz um cenário de transição energética enquanto agenda pela maioria das nações.

Diversos são os exemplos de nações que estão em fase da criação de um ambiente regulatório para fomento do uso das energias renováveis, e este espaço permite a projeção e esforço para a finalidade de otimização dos investimentos, diminuição dos impactos ambientais e sociais envolvendo a produção energética. Nesse cenário, diversos atores públicos e privados em países desenvolvidos e em desenvolvimento estão em fase de implementação de usinas com a produção de mais de uma fonte energética, fenômeno esse majoritariamente classificado como usinas híbridas.

No Brasil, a transição energética fora pauta para a fixação de diversos programas para melhor utilização das fontes energéticas, cujo direcionamento se deu de modo mais recorrente em iniciativas voltadas para diminuição do impacto da geração de dióxido de carbono por meio de veículos leves e pesados. Tais projetos se deram desde a certificação por meio de selos de empresas voltadas para melhoria da tecnologia para menor melhor uso do combustível, até atração de investimento direto na diversificação energética, em especial nas fontes eólica e fotovoltaica.

A implantação da ideia de concretização da complementariedade energética através da concepção de projetos de usinas híbridas é alvo de tentativas em diversas localidades, sendo verificados exemplos na Índia, Austrália, Reino Unido, Estados Unidos, e também em caráter inicial no Brasil, por meio da aprovação da ANEEL de projeto capitaneado pela VRTM, joint venture formada pela Votorantim Energia e CPP Investments, com previsão para início das atividades de geração de energia fotovoltaica



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

e solar em 2023, sendo que já havia projeto piloto existente em Taracatu/PE, promovido pela Enel Green Power.

Mediante consulta pública e envolvimento da sociedade civil organizada, protagonistas do setor elétrico e empresas interessadas, houve a aprovação da Resolução Normativa 954/2021, que por sua vez preencheu diversas lacunas no que toca ao ambiente regulatório necessário para fomento da criação de usinas híbridas e associadas, principalmente acerca dos aspectos de incidência da TUST e TUSD.

Dessa forma, mediante análise envolvendo as vantagens, desvantagens e desafios que envolvem o desenvolvimento das usinas híbridas no Brasil, o pressuposto fundamental é a necessidade da presença do país como protagonista do processo de transição energética, de modo que se verificam diversos pontos de atenção a serem objeto de evolução regulatória e tecnológica, bem como aspectos de ordem ambiental, geográfica e econômica que devem ser aprimorados.

Contudo, a superação dos desafios para implementação da hibridização energética é vantajosa, em razão não somente da otimização de investimentos, espaços e administração para produção de energia, como suplementação frente a maior produção de uma fonte em razão de outra, em razão dos horários e condições climáticas, fato que, em havendo ampliação do programa, tem potencial para evitar futuras crises energéticas futuras, demonstrando, novamente, a vanguarda brasileira na produção de energia renovável e de menor impacto ambiental.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGU. **PARECER n. 00366/2021/PFANEEL/PGF/AGU**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agu/pt-br/composicao/cgu/e-cjus/pareceres-referenciais-das-e-cjus/patrimonio-1/pareceres-2021-1>. Acesso em: Acesso em 24 abr. 2022.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA 954, DE 30 DE NOVEMBRO DE 2021**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-954-de-30-de-novembro-de-2021-364715864>. Acesso em: 22 de abr. 2022.



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. **Principles of corporate finance**. 13. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.

CHESF. **Energia Solar em Sobradinho**. Publicada em 15 mar. 2016. Disponível em: [https://www.chesf.gov.br/\\_layouts/15/chesf\\_noticias\\_farm/noticia.aspx?idnoticia=59](https://www.chesf.gov.br/_layouts/15/chesf_noticias_farm/noticia.aspx?idnoticia=59). Acesso em 24 abr. 2022.

DELGADO, Fernanda. **A ANTITRANSIÇÃO - PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA E DESCARBONIZAÇÃO NOS TRANSPORTES**. 2020. Disponível em: < [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30008/broadcast\\_energia\\_fernanda\\_delgado\\_081020.pdf?sequence=1](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30008/broadcast_energia_fernanda_delgado_081020.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 24/04/2022.

DELGADO, Fernanda. **O Plano Biden, as relações EUA-China e a geopolítica da energia**. 2020. Disponível em: < [https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/10ce2020\\_fernanda\\_delgado.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/10ce2020_fernanda_delgado.pdf)> . Acesso em: 24/04/2022.

Demarest advogados. **Boletim de Energia nº 8 - ANEEL publica resolução sobre Usinas Híbridas e Associadas**. Publicada em 17 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://www.demarest.com.br/boletim-de-energia-eletrica-n8-dezembro-de-2021/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

EPE. **Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Avaliação da geração de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-214/Metodologia%20para%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20usinas%20h%C3%ADbridas%20e%C3%B3lico-fotovoltaicas.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

EPE. **Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-393/NT%20EPE-DEE-NT-011-2018-r0%20%28Usinas%20h%C3%ADbridas%29.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

EPE. **Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Usinas híbridas no contexto do planejamento energético. N. EPE-DEE-NT-029/2019-r0**. 2019. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-386/EPE\\_DEE\\_NT\\_029\\_2019\\_r0\\_%20Usinas%20h%C3%ADbridas.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-386/EPE_DEE_NT_029_2019_r0_%20Usinas%20h%C3%ADbridas.pdf). Acesso em: 23 abr. 2022.

EPE. **Garantia Física de Usinas Associadas. Infográfico da Nota técnica n.º 084/2020/EPE-DEE**. 2020. Disponível em:



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-nota-tecnica-garantia-fisica-de-usinas-associadas-eolico-fotovoltaicas-proposta-metodologica>. Acesso em: 21 abr. 2022.

EPE. **Usinas associadas eólico-fotovoltaicas: considerações para cálculo de garantia física. Nota técnica n.º 084/2020/EPE-DEE.** Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-540/NT-EPE-DEE-084-2020\\_GF\\_usinas\\_associadas\\_r1.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-540/NT-EPE-DEE-084-2020_GF_usinas_associadas_r1.pdf). Acesso em 22 abr. 2022.

FGV ENERGIA. **Uma análise comparativa da transição energética na América Latina e Caribe.** 2016. Disponível em: [https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/paper\\_kas-fgv\\_port\\_web\\_0.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/paper_kas-fgv_port_web_0.pdf). Acesso em: 24/04/2022.

IRENA (International Renewable Energy Agency). **Biomass Co-firing: Technology Briefing.** 2013. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA-ETSAP%20Tech%20Brief%20E21%20Biomass%20Co-firing.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022.

ONU. **Acordo de Paris.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/node/88191>. Acesso em: 24 abr. 2022.

ONU. **Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.** Disponível em: <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>. Acesso em: 24 abr. 2022.

Power Mag. **Large China Energy Storage Project Begins Operation.** Publicada em 01 de março de 2012. Disponível em: [www.powermag.com/large-china-energy-storage-project-begins-operation/](http://www.powermag.com/large-china-energy-storage-project-begins-operation/). Acesso em: 23 abr. 2022.

Ribeiro, S.R. **Natural gas as a power booster fuel in sugarcane bagasse thermoelectric power plants, International Gas Union Research Conference Rio, 2017.** Disponível em: <https://www.wtert.net/paper/3841/Natural-gas-as-a-power-booster-fuel-in-sugarcane-bagasse-thermoelectric-power-plants.html>. Acesso em: 24 abr. 2022.

RUIZ, Eduardo T. N. F. e Scaramucci, Heloisa F. A. **Vantagens e Desafios do Desenvolvimento de Projetos Fotovoltaicos Associados a Usinas Eólicas em Operação.** Publicada em 28 jan. 2022. Disponível em: <https://cenarioeolica.editorabrasilenergia.com.br/2022/01/28/vantagens-e-desafios-do-desenvolvimento-de-projetos-fotovoltaicos-associados-a-usinas-eolicas-em-operacao/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SILVA, Bruno; MARQUES, Miguel; MATOS, José Carlos. **Hibridização de parques**

---



## A RESOLUÇÃO 954/2021 E AS VANTAGENS, DESVANTAGENS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE USINAS HÍBRIDAS E ASSOCIADAS NO BRASIL

---

**eólicos: uma oportunidade para o setor. INEGI.** 07 mar. 2021. Disponível em: <https://www.inegi.pt/pt/noticias/hibridizacao-de-parques-eolicos-uma-oportunidade-para-o-setor-2-2/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

Solar Industry. **Enel Green Power Adding 2 MW CSP Unit To Stillwater Geothermal Power Plant In Nevada.** Publicada em 02 de abril de 2014. Disponível em: [solarindustrymag.com/enel-green-power-adding-2-mw-csp-unit-to-stillwater-geothermal-power-plant-in-nevada/](http://solarindustrymag.com/enel-green-power-adding-2-mw-csp-unit-to-stillwater-geothermal-power-plant-in-nevada/). Acesso em: 23 abr. 2022.

Solar Power Portal. **Updated: Vattenfall praises good performance of co-located wind and solar energy park.** Publicada em 03 de outubro de 2017. Disponível em: [www.solarpowerportal.co.uk/news/vattenfall\\_praises\\_good\\_performance\\_of\\_co\\_located\\_wind\\_and\\_solar\\_energy\\_par](http://www.solarpowerportal.co.uk/news/vattenfall_praises_good_performance_of_co_located_wind_and_solar_energy_par). Acesso em: 23 abr. 2022.

Soria, R. et al. **Hybrid concentrated solar power (CSP)–biomass plants in a semiarid region: A strategy for CSP deployment in Brazil, Energy Policy 86,** 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421515002463>. Acesso em: 24 abr. 2022.

