

# CRIAÇÃO DA REGULAÇÃO BRASILEIRA PARA USINAS HÍBRIDAS E A GERAÇÃO COMBINADA DAS ENERGIAS EÓLICA E SOLAR

JOSÉ ALEXANDRE FERRAZ DE ANDRADE SANTOS<sup>1</sup>, EDNILDO ANDRADE TORRES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando e Mestre em Eng. Industrial, pesquisador, UFBA, Salvador–BA, alex\_cael@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Dr. em Eng. Mecânica, Prof. Titular na Escola Politécnica, UFBA, Salvador–BA, ednildo@ufba.br

## Introdução

O uso das fontes renováveis de energia é tendência mundial para combater o aquecimento global, a poluição e as mudanças climáticas via redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Neste contexto, o Brasil dispõe de diversidade de fontes renováveis (Eólica, solar, hídrica e biomassa) e tem a possibilidade de combinar mais de uma fonte para a produção nacional de energia elétrica.

Todavia, as fontes de energia dependentes do clima apresentam variabilidades espacial e temporal significativas. Com isto, uma das soluções comumente mencionadas para superar o descompasso entre demanda e oferta proporcionada pela geração renovável é a **hibridização** de duas ou mais fontes energéticas em uma única usina (Ex.: eólica-solar, solar-hídrica, solar-eólica-hídrica, etc.) e a operação das fontes híbridas de energia baseia-se na **complementaridade** das fontes renováveis.

Um **sistema híbrido de energia (SHE)** pode ser definido como um sistema que utiliza mais de uma fonte de energia para produzir eletricidade e que possibilita a geração combinada de energia elétrica, no caso de existir complementariedade energética numa mesma localidade entre duas ou mais destas fontes.

Comumente, os SHE são usados para a **geração distribuída (GD)**. Todavia, mais recentemente, eles começaram a ser usados na **geração centralizada (GC)** via usinas de grande porte, denominadas de **“usinas híbridas”**. No Brasil, as usinas GD vão até 5 MW de potência e as usinas GC têm potência superior a 5 MW. Assim, as usinas híbridas ou a hibridização de usinas existentes são oportunidades para otimizar a produção de eletricidade através da redução do impacto da intermitência de algumas fontes renováveis, destacando-se a eólica e a solar.

## Material e métodos

Este artigo realizou uma pesquisa exploratória de documentos governamentais nacionais e estudos técnicos e em outros documentos e pesquisas acadêmicas focando nas usinas híbridas e energias eólica e solar. Em seguida, realizaram-se breves análises e comentários respectivos.

## Resultados e discussão

Os potenciais energéticos brasileiros das energias eólica e solar a serem explorados são amplos (Tabela 1). A **Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)** disponibiliza informações georeferenciadas (Figura 1-A) das usinas eólicas (em azul) e solares fotovoltaicas (FV) (em amarelo) em *operação*, *em construção* e *em construção não iniciada*. Em 12/05/2022, havia um total de 1.197 usinas eólicas (35,6 GW) e um total de 9.671 solares FV (44,4 GW). As usinas eólicas se concentram nas regiões Nordeste e Sul, enquanto as usinas solares FV encontram-se mais dispersas, mas com uma significativa concentração no Nordeste. As fontes eólica e solar apresentam relevantes complementariedades, sendo que o Nordeste concentra as maiores complementariedades no Brasil (Figura 1-A). As significativas coincidências geográficas eólico-solares tornam atrativa a possibilidade de implantação de usinas híbridas e de hibridização de parte das usinas pré-existent.

Tabela 1. Contratações anuais via leilões, capacidade instalada e energia gerada no Brasil: 2019-2020.

Energia	Altura	Potencial Nacional para Geração Centralizada	Referências
Eólica	50m	143,5 GW	CEPEL (2001)
	100m	880,5 GW (com 522 GW tecnicamente viáveis)	Pereira (2016)
Solar	Nível do solo	307 GWp (em áreas já com atividades humanas)	Tolmasquim (2016), Konzen (2016)

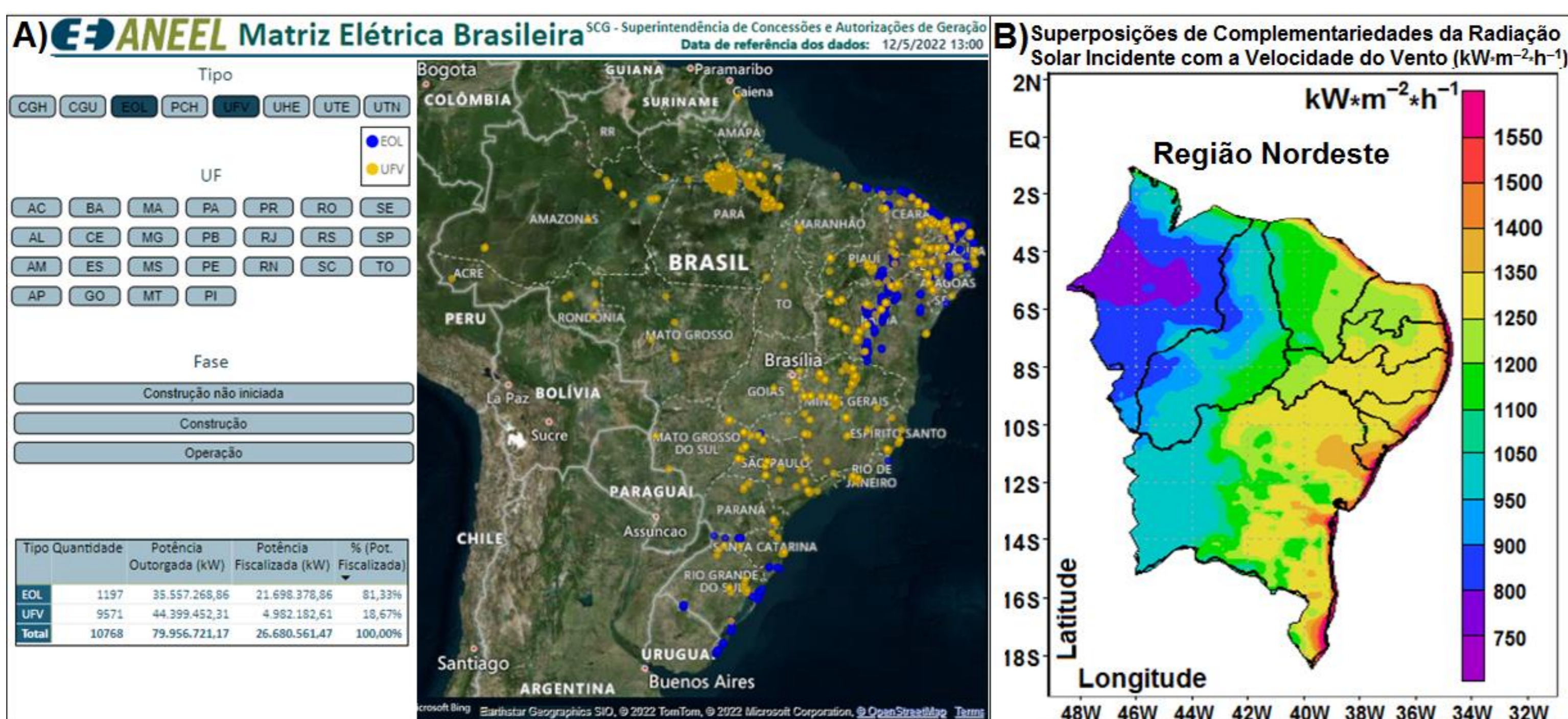


Figura 1. A) Localização das usinas eólicas e solares no Brasil em 12/05/2022 (ANEEL, 2022); B) Complementariedade Energética Eólica e Solar na Região Nordeste (kW.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) (LIMA, 2016).

A partir de 2017, a **Empresa de Pesquisa Energética (EPE)** realizou alguns estudos sobre as usinas híbridas. A partir de 2019, a ANEEL realizou consultas públicas sobre este tema visando obter subsídios para criar uma regulação específica via **resolução normativa (REN)** (Tabela 2).

Nº	Documentação	Detalhamento	Agentes	Data
1º	Nota Técnica Nº. EPE-DEE-NT-025/2017-r0	Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Avaliação da Geração de Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas – Proposta metodológica e estudos de caso.	EPE	24/04/2017
2º	Nota Técnica Nº. EPE-DEE-NT-011/2018-r0	Estudos de Planejamento da Expansão da Geração Usinas Híbridas – Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento.	EPE	11/06/2018
3º	Nota Técnica Nº. EPE-DEE-NT-029/2019-r0	Estudos de Planejamento da Expansão da Geração. Usinas Híbridas no Contexto do Planejamento Energético.	EPE	07/06/2019
4º	Nota Técnica Nº. 051/2019-SRG-SCG-SRD-SRT/ANEEL	Processo: 48500.005625/2018-91. Assunto: Instalação de Consulta Pública visando obter subsídios para elaboração de proposta de normativo sobre o estabelecimento de usinas híbridas e/ou associadas.	ANEEL	17/06/2019
5º	Consulta Pública Nº. 014/2019	Processo: 48500.005625/2018-91. Objeto: Obter subsídios para a elaboração de proposta de REN que discipline a implantação e operação de usinas híbridas. Período: 19/06/2019 a 03/08/2019.	ANEEL	19/06/2019
6º	Nota Técnica Nº. 133/2019-SRG-SCG-SRD/ANEEL	Processos: 48500.005625/2018-91. Assunto: Tratamento regulatório para o estabelecimento de usinas híbridas e/ou associadas. Consolidação das 202 contribuições recebidas de pessoas físicas e jurídicas.	ANEEL	30/12/2019
7º	Nota Técnica Nº. 079/2020-SRG-SRT-SCG/ANEEL	Processos: 48500.005625/2018-91 e 48500.001027/2020-67. Assunto: Proposta de abertura de Consulta Pública com vistas a obter subsídios para a Análise de Impacto Regulatório – AIR e minuta de ato normativo acerca do tratamento regulatório para o estabelecimento de usinas híbridas e associadas.	ANEEL	23/07/2020
8º	Relatório de Análise de Impacto Regulatório Nº. 002/2020-SRG/SRT/SCG/ANEEL	Adequações regulatórias para implantação de usinas híbridas – Aprimoramento da regulação relacionada à contratação de acesso de múltiplas centrais geradoras. Documento juntado à Nota Técnica Nº. 079/2020-SRG-SRT-SCG/ANEEL. Processo nº 48500.005625/2018-91 e Processo nº 48500.001027/2020-67.	ANEEL	23/07/2020
9º	Consulta Pública Nº. 061/2020 – 1ª Fase	Processos: 48500.005625/2018-91 e 48500.001027/2020-67. Objeto: obter subsídios para a Análise de Impacto Regulatório – AIR acerca do tratamento regulatório para o estabelecimento de usinas híbridas e associadas. Modalidade: Intercâmbio de documentos. Período: 21/10/2020 a 04/12/2020.	ANEEL	21/10/2020
10º	Energy Systems of the Future: Integrating Variable Renewable Energy Sources in Brazil's Energy Matrix	Aborda a integração das fontes renováveis variáveis (FRV) sob a ótica dos aspectos tecnológicos, de procedimento de rede, de estudos energéticos e elétricos, metodológicos e de ferramentas de planejamento para sistemas elétricos, incluindo resultados de um estudo de caso hipotético que realiza uma análise eletro-energética do SIN para um horizonte futuro, sob a ótica da segurança e confiabilidade, usando metodologias e ferramentas analíticas de estado-da-arte sob o paradigma da massiva inserção de FRV na matriz elétrica.	GIZ/Cooperação Alemã/ MME/ EPE/ONS	30/10/2020
11º	Nota Técnica Nº. EPE-DEE-NT-084/2020-r0	Processo: 48500.005625/2018-91 e 48500.001027/2020-67. Assunto: Análise das contribuições recebidas na Consulta Pública Nº. 061/2020 e proposta de abertura de segunda fase da Consulta Pública com vistas ao tratamento regulatório para o estabelecimento de usinas híbridas e associadas. Consolidação das 140 contribuições recebidas de 28 entre agentes e associações do setor elétrico e do ONS.	EPE	16/12/2020
12º	Nota Técnica Nº. 048/2021-SRG-SRT-SCG-SGT/ANEEL	Processo: 48500.005625/2018-91 e 48500.001027/2020-67. Assunto: Análise das contribuições recebidas na Consulta Pública Nº. 061/2020 e proposta de abertura de segunda fase da Consulta Pública com vistas ao tratamento regulatório para o estabelecimento de usinas híbridas e associadas. Consolidação das 140 contribuições recebidas de 28 entre agentes e associações do setor elétrico e do ONS.	ANEEL	14/05/2021
13º	Paper: Combined Wind and Solar Auctions	Parceria Brasil-Alemanha, coordenada pelo Ministério de Economia e Energia da Alemanha (BMWi) e MME/EPE, onde o relatório final é um artigo conjunto relatando as experiências de 3 países (Brasil, Alemanha e Índia) em leilões e usinas híbridas, com recomendações para o avanço deste tema.	EPE/MME/ BMWi	18/05/2021
14º	Consulta Pública Nº. 061/2020 – 2ª Fase	Objeto: obter subsídios para a AIR acerca do tratamento regulatório para o estabelecimento de usinas híbridas e associadas. Modalidade: Intercâmbio de documentos. Período: 18/08/2021 a 16/09/2021.	ANEEL	18/08/2021
15º	Resolução Normativa (REN) Nº. 954/2021	Altera as REN nº 77, de 18/06/2004, nº 247, de 21/12/2006, nº 559, de 27/06/2013, nº 583, de 22 de outubro de 2013, nº 665, de 23 de junho de 2015 e nº 676, de 10 de março de 2020, para estabelecer tratamento regulatório para a implantação de Centrais Geradoras Híbridas e centrais geradoras associadas.	ANEEL	30/11/2021

Tabela 2. Evolução das Discussões Técnicas sobre as Usinas Híbridas no Brasil.

Em 30/11/2021, a ANEEL editou a **REN Nº. 954/2021**, que permite a outorga das usinas híbridas com potências superiores a 5.000 kW a partir de 03/01/2022 e criou as definições das **Centrais Geradoras Híbridas (UGH)** (outorga única) e **Centrais Geradoras Associadas** (outorgas distintas) (Figura 2).

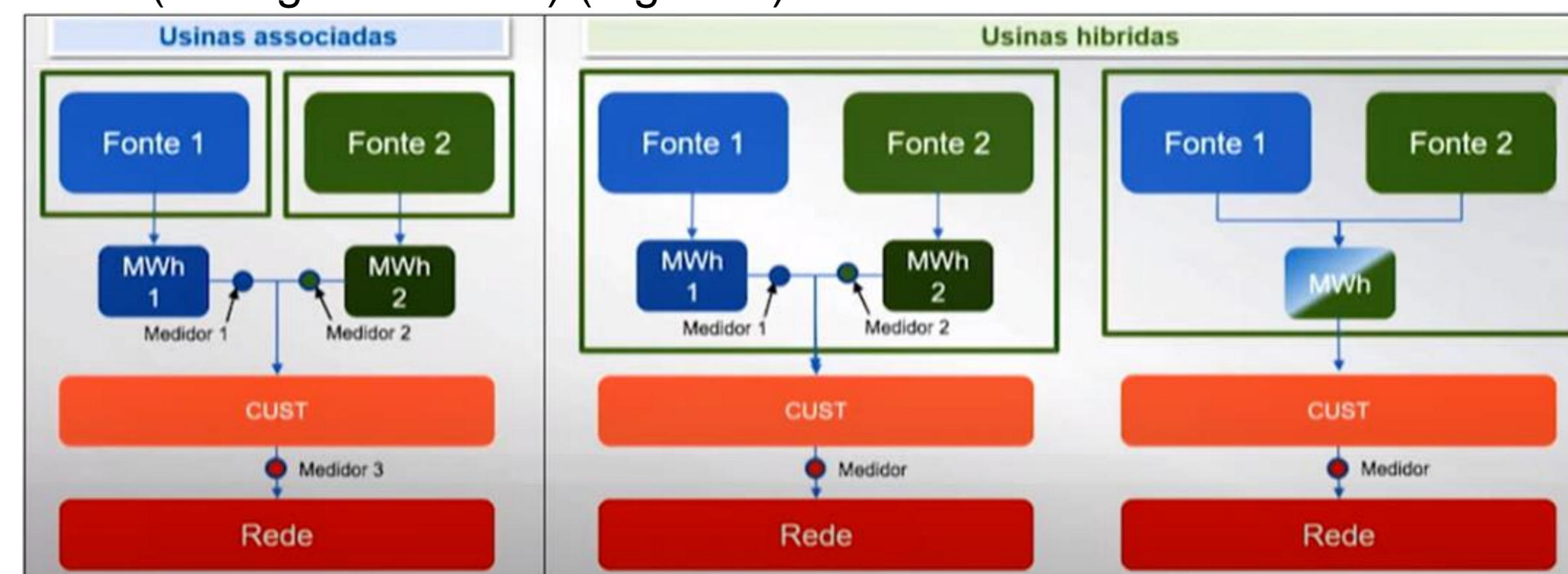


Figura 2. Empreendimentos Híbridos – Centrais Geradoras Associadas e Híbridas.

A **REN Nº. 954/2021** também traz as definições e as regras para a outorga desses empreendimentos e para **contratos de uso do sistema de transmissão (CUST)** de energia elétrica e define a forma de tarifação destas usinas e da aplicação dos descontos legais nas **tarifas de uso do sistema de transmissão (TUST)** de energia elétrica. Para a obtenção de outorga, cada fonte segue as regras específicas definidas em regulação própria. Na definição dos **montantes de uso do sistema de transmissão (MUST)** não pode ocorrer redução de montantes previamente contratados e o novo valor deve estar na faixa entre a potência da tecnologia de GC de maior participação no conjunto, e a soma das potências de todas as tecnologias de geração utilizadas. Os descontos (%) finais são proporcionais à energia gerada por cada fonte para as medições individualizadas ou equivalentes aos menores percentuais das fontes do conjunto híbrido para as medições unificadas.

Antes da publicação da REN Nº. 954/2021, já havia alguns empreendimentos de GC combinada eólico-solares implantados ou em fase de planejamento no Brasil, todos localizados na região Nordeste: (i) uma usina híbrida implantada no município de **Tacaratu (PE)** em 2015 e outra híbrida implantada em **Caetitê e Igaporã (BA)** em 2016; (ii) quatro estudos prévios e/ou propostas de projetos-pilotos para implantação de usinas híbridas respectiva nos municípios de **Parazinho (RN)**, **Araripina (PE)**, **Curral Novo do Piauí (PI)** e **Casa Nova (BA)**. Tal fato, já comprovava o interesse da iniciativa privada em investir em usinas híbridas eólico-solares.

## Conclusões

As usinas híbridas têm sido estudadas e discutidas no Brasil desde 2017 por parte do poder público. Com isto houve uma melhor compreensão e maturidade de suas implicações, abrangência e de sua aplicabilidade. Consequentemente, em 2021, a ANEEL considerou o tema suficientemente amadurecido e editou a REN Nº. 954/2021 para permitir a implantação deste tipo de empreendimento energético no Brasil. Todavia, já existiam duas usinas híbridas implantadas e mais quatro projetos em fase de propostas de implantação, explicitando o interesse das empresas neste tipo de usinas.

Desta forma, as usinas híbridas configuram efetivamente mais uma nova oportunidade para ampliação da segurança de abastecimento com diversificação e expansão da matriz elétrica nacional. Seu uso poderá ser plenamente aplicado para as energias eólica e solar a partir de 2022, destacando-se a Região Nordeste, e contribuirá com a descarbonização do setor elétrico brasileiro e com o combate ao aquecimento global e às mudanças climáticas.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), ao PEI-UFBA e ao Laboratório de Energia e Gás (LEN-UFBA) pelo apoio fornecido nesta pesquisa.