

# ESTUDOS DE PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

## USINAS HÍBRIDAS

*Uma análise qualitativa de temas  
regulatórios e comerciais  
relevantes ao planejamento*



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)



GOVERNO FEDERAL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
MME/SPE

**Ministério de Minas e Energia**

**Ministro**

Wellington Moreira Franco

**Secretário Executivo**

Márcio Félix Carvalho Bezerra

**Secretário de Planejamento e  
Desenvolvimento Energético**

Eduardo Azevedo Rodrigues

**Secretário de Energia Elétrica**

Ido Wilson Grüdtner

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e  
Combustíveis Renováveis**

João Vicente de Carvalho Vieira

**Secretário de Geologia, Mineração e  
Transformação Mineral**

Vicente Humberto Lôbo Cruz



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

**Presidente**

Reive Barros dos Santos

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Amilcar Gonçalves Guerreiro

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis**

José Mauro Ferreira Coelho

**Diretor de Gestão Corporativa**

Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br/>

**Sede**

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia -  
Sala 744 - 7º andar  
70065-900 - Brasília - DF

**Escritório Central**

Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar  
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

# ESTUDOS DE PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

## USINAS HÍBRIDAS

### *Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento*

**Coordenação Geral**

Amilcar Gonçalves Guerreiro  
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

**Coordenação Executiva**

Bernardo Folly de Aguiar  
Jose Marcos Bressane

**Equipe Técnica**

Aline Couto De Amorim  
Cristiano Saboia Ruschel  
Gustavo Pires da Ponte  
Josina Saraiva Ximenes  
Marcos Vinicius G. da Silva Farinha  
Michele Almeida de Souza  
Rafael Theodoro Alves e Mello

**Nº. EPE-DEE-NT-011/2018-r0**

Data: 11 de junho de 2018

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)

## APRESENTAÇÃO

A EPE tem observado um interesse crescente de diversos agentes empreendedores no desenvolvimento de projetos de geração de energia elétrica que combinem duas ou mais fontes, quase sempre sob a denominação de “usinas híbridas”. A concepção que mais tem tido visibilidade é a que envolve a combinação de geração eólica e fotovoltaica, buscando tirar proveito da complementariedade entre essas fontes.

Com o intuito de ampliar o entendimento sobre as possíveis vantagens e implicações desses arranjos inovadores para o planejamento energético, a EPE publicou em abril de 2017 a Nota Técnica nº EPE-DEE-NT-025/2017-r0<sup>1</sup>, que apresentou proposta metodológica e estudos de caso de avaliação da geração de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas. Tal estudo apontou para a importância, ao se avaliar a complementariedade da produção das fontes eólica e solar fotovoltaica, de considerar cuidadosamente as características específicas de cada localidade e a configuração do projeto da usina, já que os resultados podem ser enganosos, especialmente ao quantificar os benefícios, caso a metodologia utilizada não seja consistente com os fenômenos envolvidos (exemplo: comparação apenas dados de velocidade de vento e de irradiação, ao invés da produção de energia, ou o uso de intervalos grandes demais tendem a superestimar o benefício da combinação).

Por sua vez, a presente Nota Técnica se propõe a apresentar o tema sob um enfoque diferente: por meio de uma discussão mais ampla e conceitual sobre os arranjos que integrem distintas fontes energéticas, sem se restringir à eólica e solar.

Primeiramente, propõe-se a definição de diferentes tipologias que representem as possibilidades de combinações entre fontes energéticas, com variados graus de integração entre elas, sendo o que aqui propomos denominar de usinas híbridas a combinação correspondente ao grau mais elevado. Além disso, abordamos também arranjos possíveis que não envolvem propriamente nenhuma integração física, mas apenas comercial-contratual (“portfolios”), tema inevitável quando se trata da complementariedade das fontes.

A partir da conceituação das tipologias, discutimos para cada uma delas os potenciais benefícios, limitações e barreiras, que podem ser de natureza técnica, normativa,

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-214/Methodologia%20para%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20usinas%20h%C3%ADbridas%20e%C3%B3lico-fotovoltaicas.pdf>

regulatória ou comercial-contratual. Do ponto de vista do planejamento da expansão da geração e da transmissão, esse esforço é fundamental para identificar obstáculos à inovação tecnológica ou a oportunidades de negócios e mapear possíveis medidas para sua viabilização, considerando condições isonômicas para a competição das diferentes soluções.

## Sumário

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. POSSÍVEIS COMBINAÇÕES DE FONTES E TECNOLOGIAS .....</b>	<b>5</b>
<b>4. TIPOLOGIAS DE ARRANJOS E CONFIGURAÇÕES INTEGRADORES DE FONTES E TECNOLOGIAS.....</b>	<b>6</b>
<b>5. POTENCIAIS BENEFÍCIOS NA COMBINAÇÃO DE USINAS .....</b>	<b>12</b>
<b>6. LIMITAÇÕES FÍSICAS E OPERATIVAS.....</b>	<b>14</b>
<b>7. USO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>8. COMBINAÇÕES DE USINAS NOVAS E EXISTENTES.....</b>	<b>18</b>
<b>9. CONTRATAÇÃO E REMUNERAÇÃO DA ENERGIA .....</b>	<b>19</b>
<b>10. CONTABILIZAÇÃO E LIQUIDAÇÃO DA ENERGIA GERADA .....</b>	<b>22</b>
<b>11. AÇÕES NECESSÁRIAS PARA A VIABILIZAÇÃO DE PROJETOS HÍBRIDOS OU ASSOCIADOS.....</b>	<b>23</b>
<b>12. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Vem crescendo em importância a discussão sobre a possibilidade de produção de energia com usinas que utilizem mais de uma fonte primária, chamadas de usinas híbridas, com diversas propostas ganhando visibilidade, inclusive com algumas iniciativas concretas em desenvolvimento de projetos e implementação. No Brasil, a discussão ganhou impulso com o argumento de que a complementariedade entre determinadas fontes (eólica e solar, por exemplo) possibilitaria melhor aproveitamento do sistema de transmissão existente e planejado.

Numa conjuntura como a atual, em que ainda há relevantes restrições na capacidade de escoamento do sistema de transmissão para novos empreendimentos, o que tem afetado em especial as fontes eólica e solar (conforme verificado nos leilões de energia nova e de reserva nos últimos anos), diversos agentes setoriais já se apresentaram à EPE para discutir sobre o potencial de se acomodar maior capacidade de geração ao se reconhecer a complementariedade das fontes, intensificando, assim, o uso do sistema de transmissão. Como contrapartida, seria necessário gerenciar níveis crescentes de *curtailment*<sup>2</sup>, que precisa ser corretamente estimado.

Além disso, com a forte redução nos custos de sistemas fotovoltaicos nos últimos anos, agentes geradores têm avaliado também a viabilidade e possível atratividade econômica de se adicionar capacidade de geração solar junto a empreendimentos existentes de geração eólica.

Outra fronteira importante para usinas híbridas é nos sistemas isolados, concentrados na região Norte do país. Nesses sistemas a combinação de capacidade de geração a diesel com renováveis, com ou sem armazenamento, tem se mostrado competitiva em muitos casos já estudados e até mesmo licitados.

Todavia, o enquadramento dessas iniciativas no arcabouço normativo vigente ainda é uma questão em aberto. Nesse sentido, a inclusão desse tema na Agenda Regulatória da ANEEL no ciclo 2018-2019, com consulta pública prevista para o 2º semestre de 2018, mostra-se bastante oportuna.

---

<sup>2</sup> Neste documento utiliza-se indistintamente os termos *curtailment* e corte para representar o montante de energia gerada e não aproveitada por limitação do sistema elétrico para escoamento dessa energia.



Importante destacar que o presente documento tem a intenção de levantar algumas questões qualitativas, relevantes ao planejamento, de maneira a fomentar a discussão sobre usinas híbridas, sem a pretensão de esgotar o tema. Questões regulatórias poderão ser tratadas com maior detalhamento na consulta pública supracitada.

Ao discutir a remoção de barreiras ao desenvolvimento de projetos híbridos e demais tipologias abordadas nesta Nota Técnica, torna-se fundamental um esforço no sentido de garantir a compatibilidade de tratamento para as diversas fontes e suas combinações, o que inevitavelmente acaba por trazer para o mesmo nível a competição entre elas, de forma que a composição de portfólios de projetos deve se tornar algo cada vez mais estratégico para os agentes geradores.

## 2. OBJETIVO

Esta Nota Técnica tem por objetivo principal mapear os diversos arranjos e configurações integradores (tipologias) de fontes energéticas e discutir seus potenciais benefícios e limitações.

Para cada tipologia, objetiva-se identificar as principais barreiras à sua viabilização, sejam técnicas, comerciais-contratuais ou regulatórias, além de levantar possíveis ações no sentido de eliminar ou reduzi-las.

## 3. POSSÍVEIS COMBINAÇÕES DE FONTES E TECNOLOGIAS

Diversas combinações tecnológicas têm sido propostas por desenvolvedores de projetos de geração de energia elétrica e fabricantes de equipamentos, com algumas já tendo sido implementadas em testes de menor escala. A título de exemplificação, listamos as seguintes:

- **Eólica + Fotovoltaica** – devido à menor incidência de ventos diurnos em algumas regiões, há possibilidade de otimização de custos de operação e investimento ao se combinar essas fontes, especialmente relacionados à injeção de potência no ponto de conexão. Diversas empresas têm explorado essa possibilidade.
- **Hidráulica + Fotovoltaica** – pela grande disponibilidade de área nos espelhos d'água de hidrelétricas, existem projetos que utilizam painéis fotovoltaicos com flutuadores sobre a área alagada, com possível complementariedade sazonal de

recursos. Há projetos-pilotos nas usinas de Balbina (AM), Porto Primavera (SP) e Sobradinho (BA)<sup>3</sup>.

- **Heliotérmica (termossolar) + outro combustível (biomassa)** – em usinas heliotérmicas, existe a possibilidade de se utilizar um combustível para aumentar seu fator de capacidade. No Brasil, há estudos analisando a possibilidade de utilizar biomassa como combustível complementar<sup>4</sup>.
- **Biomassa + gás natural** – a queima de gás natural em usinas a bagaço de cana, afirma-se, aumentaria o período de despacho dessas usinas e a eficiência global do ciclo térmico<sup>5</sup>.
- **Carvão + biomassa (coqueima)** – queima-se biomassa junto com o carvão na caldeira, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> por MWh produzido. Essa alternativa já vem sendo implementada comercialmente em outros países<sup>6</sup>.

Ressaltamos que os exemplos citados não são exaustivos. Inúmeras outras combinações podem existir, cada uma delas com seus desafios particulares para viabilização.

De qualquer forma, a intenção aqui é apontar para a importância de se evitar promover medidas voltadas para uma combinação específica de fontes/tecnologias. Caso contrário, perde-se a oportunidade de abordar a questão de maneira mais abrangente e de promover a competitividade.

#### 4. TIPOLOGIAS DE ARRANJOS E CONFIGURAÇÕES INTEGRADORES DE FONTES E TECNOLOGIAS

Dentre as possíveis combinações de fontes e tecnologias, diferentes arranjos e configurações têm sido apresentadas sob a denominação genérica de “usina híbrida”. Faz-se necessário, no entanto, apresentar uma proposta que organize os conceitos e facilite o debate, ao diferenciar os tipos de combinação, já que as barreiras e implicações variam. Dessa forma, propomos e descrevemos a seguir quatro tipologias

---

<sup>3</sup> [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)

<sup>4</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, pp 57-72 (2015).

<sup>5</sup> Ribeiro, S.R., Natural gas as a power booster fuel in sugarcane bagasse thermoelectric power plants, International Gas Union Research Conference Rio (2017)

<sup>6</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>

de integração entre fontes geradoras, que buscam representar a diversidade de possibilidades que vêm sendo mapeadas pelos empreendedores. Com isso, organizando as possibilidades em categorias mais bem definidas, temos um debate objetivo e maior facilidade de identificar as barreiras e oportunidades em cada caso.

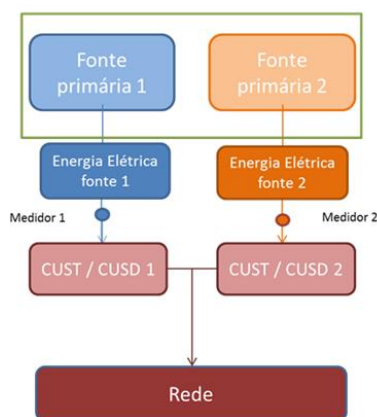
A distinção das combinações possíveis é importante na análise dos benefícios e impactos de cada solução, como será abordado adiante. Em especial, faz-se necessário promover o entendimento da diferença entre usinas efetivamente híbridas e aquelas apenas compartilham infraestrutura ou contratos.

### a) Usinas Adjacentes

Usinas adjacentes basicamente são aquelas construídas em localidades muito próximas entre si, podendo inclusive utilizar o mesmo terreno e compartilhar instalações de interesse restrito. Do ponto de vista da conexão, cada usina deve contratar uma capacidade de uso da rede (Rede Básica ou de Distribuição) compatível com a sua potência instalada nominal, conforme as regras atualmente vigentes. Esse arranjo pode proporcionar algum ganho no custo de terreno (apesar desse custo representar uma pequena parcela do total), além de alguma sinergia operativa (custos de O&M). Contudo, do ponto de vista do sistema, tratam-se de duas usinas distintas, já que não há compartilhamento de equipamentos de geração. Assim, por essa definição, não são propriamente usinas híbridas.

Do ponto de vista físico, os empreendedores podem subdimensionar as instalações de interesse restrito de modo a aproveitar a complementariedade nas gerações das usinas. Nesse caso, um eventual curtailment em função de produção superior à capacidade de escoamento seria suportado pelo próprio gerador.

Esse tipo de arranjo já tem sido frequentemente empregado por parques eólicos, que se associam em complexos, podendo também incluir, por exemplo, novos empreendimentos fotovoltaicos.



**Figura 1 - Usinas Adjacentes**

## b) Usinas Associadas

Definimos usinas associadas quando se tratarem de duas (ou mais) usinas de fontes energéticas distintas, com características de produção complementar e que, além de estarem próximas (podendo, inclusive, utilizar o mesmo terreno), compartilham fisicamente e contratualmente a infraestrutura de conexão e acesso à Rede Básica ou de Distribuição. Ou seja, duas usinas associadas contratariam menos capacidade de uso da rede do que a soma das potências nominais dessas duas usinas.

Essa configuração foi tomada como referência para os estudos descritos na Nota Técnica nº EPE-DEE-NT-025/2017-r0, publicada pela EPE em abril de 2017<sup>7</sup>. Reconhecem-se potenciais vantagens adicionais para essa configuração, em relação às usinas associadas. Contudo, essa combinação traz maior complexidade às discussões pela necessidade de abordar o *curtailment* (em alguns momentos, a energia produzida não poderá ser escoada devido à limitação da rede, e terá que ser “desperdiçada”), além de demandar ajustes regulatórios e contratuais.



**Figura 2 - Usinas Associadas**

Apesar de, para o operador do sistema elétrico, essas usinas serem vistas como uma única injeção de potência, não identificamos as usinas associadas como usinas propriamente híbridas pelo fato de que os equipamentos de geração são independentes. As usinas produzem energia independentemente uma da outra, podendo inclusive manter medidores individuais.

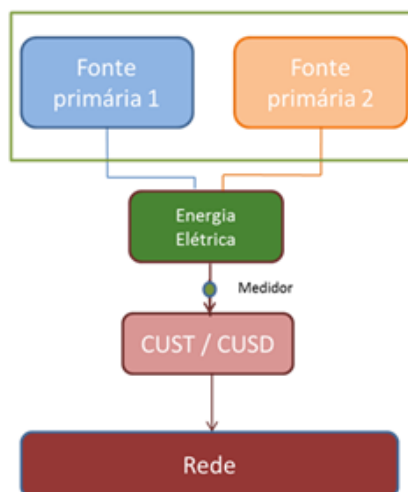
---

<sup>7</sup> Disponível em <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/notas-tecnicas-geracao-de-energia>

### c) Usinas Híbridas

Aqui identificamos como usinas híbridas *strictu sensu* aquelas em que as distintas fontes se combinem ainda no processo de produção de energia elétrica. Enquadram-se nessa categoria, por exemplo, uma planta solar heliotérmica com queima de biomassa, de forma que o vapor produzido por ambas as fontes é aproveitado na mesma turbina (ciclo Rankine); ou então uma usina fotovoltaica que compartilhe os conversores dos aerogeradores, dispensando o uso dos inversores fotovoltaicos<sup>8</sup>.

Nestes casos, sequer seria possível distinguir qual fonte primária foi responsável pela produção de determinada energia elétrica.



**Figura 3 - Usinas Híbridas**

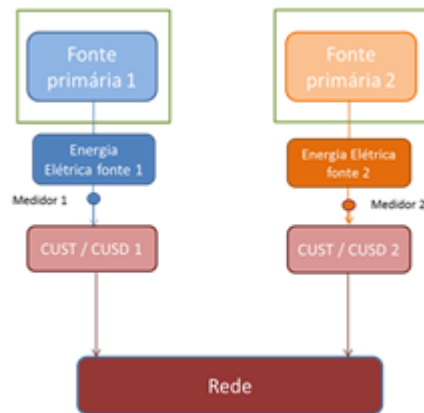
### d) Portfólios Comerciais

A composição de portfólios de projetos de diferentes fontes se distingue das categorias anteriores por não envolver, necessariamente, qualquer proximidade física ou compartilhamento de equipamentos. Sua natureza é apenas comercial-contratual, como forma de reduzir exposições contratuais a preço de curto prazo, sobretudo em contratos “por quantidade”. A composição de portfólios faz sentido quando se tratar de usinas que possuam recursos complementares, independentemente de estarem próximas entre si. Os portfólios comerciais também não afetam a contratação do uso da rede de transmissão ou distribuição.

---

<sup>8</sup> <http://www.valor.com.br/empresas/4998688/casa-dos-ventos-une-eolica-e-solar-no-pi>

Apesar de identificada aqui, esta tipologia não será discutida em detalhes nesta Nota Técnica, visto que será focada na discussão sobre usinas fisicamente integradas.



**Figura 4 - Portfólios Comerciais**

A figura a seguir retrata um resumo das tipologias citadas.

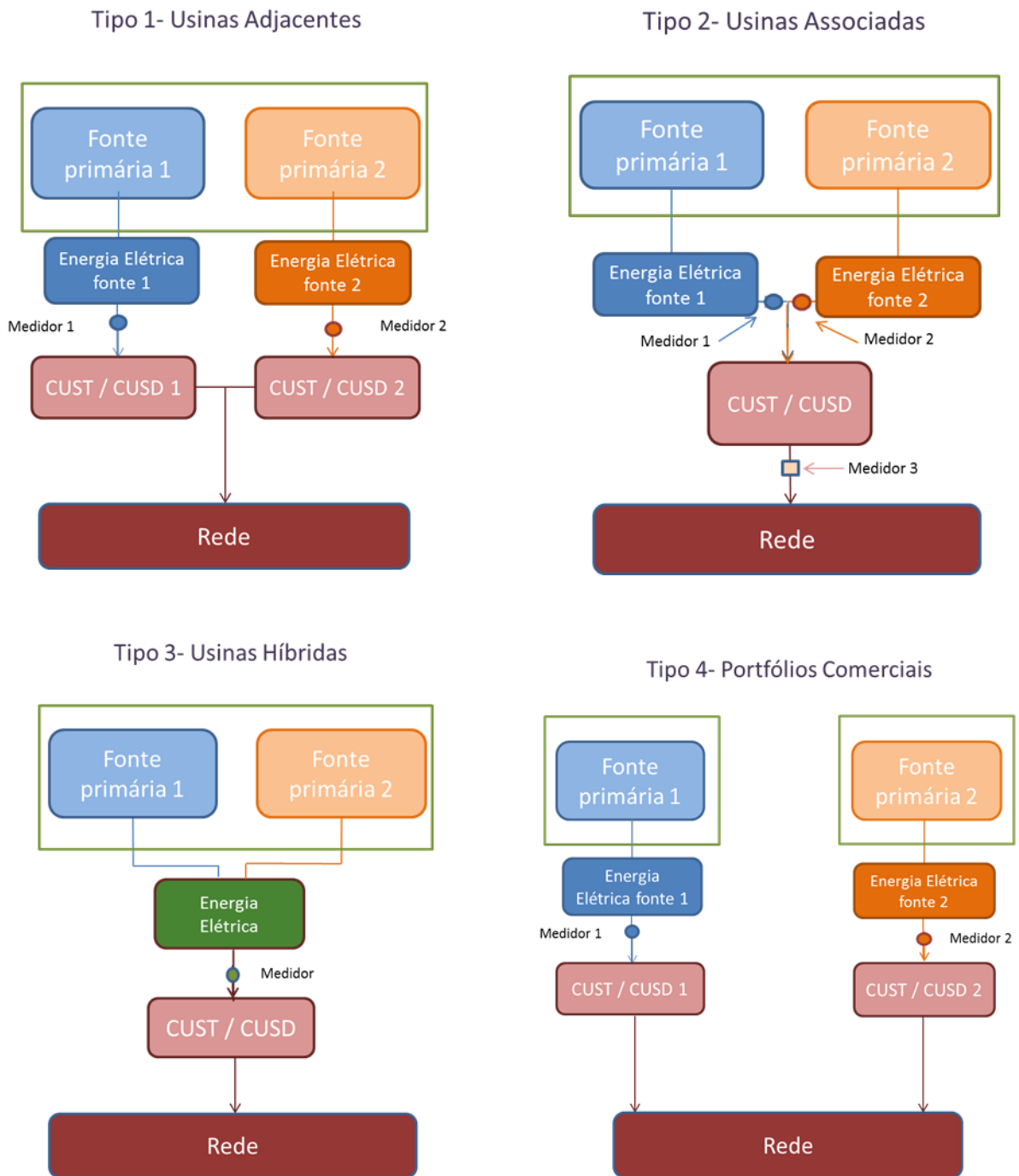


Figura 5 – Tipologias de combinações de usinas<sup>9</sup>

<sup>9</sup> CUST: Contrato de Uso do Sistema de Transmissão.  
 CUSD :Contrato de Uso do Sistema de Distribuição.

## 5. POTENCIAIS BENEFÍCIOS NA COMBINAÇÃO DE USINAS

A seguir, buscamos identificar as razões que podem servir de incentivo para o desenvolvimento de projetos com integração de distintas fontes para produção de energia elétrica, observando as tipologias descritas anteriormente. Os benefícios são apontados, via de regra, sob a ótica dos desenvolvedores de projetos e investidores. Todavia, vislumbra-se que a busca, por parte dos desenvolvedores, pela criação de valor nos seus projetos tem o potencial de se refletir positivamente para o desenvolvimento do sistema elétrico e do preço da energia, desde que o regramento setorial promova a alocação de custos e benefícios de forma coerente e justa.

### **a) Maior uso da capacidade disponível do sistema de transmissão e/ou distribuição**

Algumas das principais fontes renováveis possuem a característica de que sua geração é variável e incerta no tempo e, desse modo, não controlável. Usinas hidrelétricas e termelétricas a biomassa de bagaço de cana, por exemplo, apresentam principalmente variações sazonais em sua geração, enquanto eólicas e solares apresentam, adicionalmente, variabilidade em tempos mais curtos, com flutuações intra-horárias e até mesmo de segundos, no caso de fotovoltaicas.

Assim, nos momentos em que a geração é nula ou reduzida, pode haver capacidade ociosa do sistema de transmissão. Em alguns casos, quando há complementariedade da geração entre fontes, seria possível mitigar tal ociosidade. Um exemplo dessa complementariedade ocorre em algumas regiões com bom potencial eólico e onde existe predominância de ventos noturnos. Com isso, o sistema de transmissão e/ou distribuição pode ser menos demandado no período diurno, abrindo espaço para que usinas fotovoltaicas preencham uma eventual ociosidade da rede com sua geração diurna.

Com um dimensionamento adequado, pode-se considerar que haveria capacidade na rede de transmissão para acomodar a produção de novas usinas sem a necessidade de investimento em nova infraestrutura.

Para a tipologia Usinas Adjacentes (tipo A), não há essa vantagem, já que cada usina contrata, separadamente, o uso da rede conforme sua potência nominal. Esse benefício só se traduziria concretamente para as Usinas Associadas (tipo B) e/ou Usinas Híbridas (C).



### **b) Otimização do uso da área disponível (terreno)**

Ao instalar duas usinas no mesmo espaço físico, pode-se esperar algum ganho de competitividade do projeto devido à redução de custos associados à compra ou arrendamento da área, ainda que esse custo normalmente represente uma pequena parcela do total. As três primeiras tipologias descritas no item 4 são potenciais candidatas a auferir algum benefício desse tipo.

### **c) Sinergias de logística e planejamento de implantação**

Caso a implantação/construção das usinas ocorra em períodos próximos, ainda que de diferentes tecnologias, pode haver algum ganho com otimização logística (canteiros, terraplenagem, centrais de concreto, compras de material, mão-de-obra, aluguel de equipamentos, etc.). Novamente, as três primeiras tipologias descritas no item 4 são potenciais candidatas a auferir algum benefício desse tipo.

### **d) Sinergias operativas**

Parte dos custos fixos de operação e manutenção pode eventualmente ser compartilhada entre as duas (ou mais) usinas, como no monitoramento, inspeção, segurança, plano de manutenção. As três primeiras tipologias descritas no item 4 são potenciais candidatas a auferir algum benefício desse tipo.

### **e) Compartilhamento de equipamentos do sistema de interesse restrito**

Nas Usinas Associadas ou Usinas Híbridas (tipos B e C), os equipamentos do sistema de interesse restrito (conexão da usina à rede) podem ser dimensionados para a potência na qual limita-se a produção da usina, ao invés de serem dimensionados para a soma da potência nominal das duas fontes individuais. Todavia, não devem ser ignorados ou subestimados os valores de corte da geração quando da ocorrência de elevada geração simultânea das duas fontes, superando a capacidade para a qual o sistema de interesse restrito foi dimensionado.

Destaca-se que o regramento vigente não apresenta barreiras à adoção desse tipo de dimensionamento do sistema de interesse restrito uma vez que é de inteira responsabilidade do empreendedor de geração viabilizar sua conexão. Por outro lado, a contratação do uso da rede não pode ser subdimensionada, como veremos a seguir.

#### **f) Redução dos custos do gerador com tarifas de uso da rede**

Sendo permitida a contratação de um montante de uso da rede (transmissão ou distribuição) menor que a soma das potências instaladas das duas fontes, haveria um menor custo associado aos contratos de uso da rede para os geradores. Destaca-se, porém, que o regramento vigente não está bem adaptado ao tema e que esse potencial benefício deve ser avaliado conjuntamente com as potenciais perdas por *curtailment*, em razão da limitação da injeção na rede dada pelo montante de uso da rede contratado.

#### **g) Compartilhamento de equipamentos de geração**

Esse potencial benefício se aplica somente à configuração denominada Usinas Híbridas (tipo C). O compartilhamento de equipamentos de geração (conversor, caldeira, turbina a vapor, etc.) pode, em alguns casos, proporcionar ganhos de competitividade ao projeto ao possibilitar benefícios sistêmicos como, por exemplo, maior fator de capacidade ou entrega de energia em determinados horários, considerando um mercado que valore tais atributos.

## **6. LIMITAÇÕES FÍSICAS E OPERATIVAS**

Embora se reconheçam os potenciais ganhos acima descritos, há que se apontar também os prováveis limites, barreiras ou pontos de atenção para a utilização da estratégia de integração de projetos de fontes distintas (hibridização). A seguir apresentamos uma relação não exaustiva.

#### **a) *Curtailment***

Na tipologia B (Usinas Associadas), como há subdimensionamento de equipamentos e de montantes de uso da rede, quando houver momentos de elevada produção simultânea de energia, haverá a necessidade de corte de geração. Esse corte, que depende de diversos fatores (dimensionamento das usinas, disponibilidade e perfil de cada recurso energético, etc.), cresce quanto maior for a diferença entre a soma da capacidade máxima das duas (ou mais) usinas associadas e a potência máxima contratada para injeção na rede de transmissão ou distribuição. O ponto ótimo de cada projeto de Usinas Associadas precisa ser avaliado individualmente.

Tendo em vista a necessidade de corte de geração, a ser gerenciado pelo(s) gerador (es), e não pelo ONS ou distribuidora, faz-se necessário que as usinas associadas

pertençam ao mesmo empreendedor ou grupo econômico, ou que exista contrato que discipline sobre quem recairão as perdas por esses cortes.

Para a tipologia C (Usinas Híbridas), como a combinação de fontes ocorre antes ou na etapa de conversão de energia primária em elétrica, pode-se interpretar que não há corte de energia elétrica, mas sub-aproveitamento das fontes primárias toda vez que a disponibilidade dos recursos (ex.: velocidade de vento, irradiação, biomassa, etc.) combinados supere a capacidade de produção de energia elétrica. Não fosse a limitação dada pela capacidade instalada, o aproveitamento dos recursos disponíveis poderia ser mais elevado. De toda forma, a integração “ótima” precisa ser avaliada caso a caso, de forma que não é adequado generalizar uma relação custo-benefício.

No caso da tipologia A (Usinas Adjacentes), não se esperam perdas por *curtailment*, já que todos os equipamentos de transformação e transmissão são dimensionados para a soma das potências nominais das fontes.

Quanto ao *curtailment*, é importante atentar para a alocação dessa perda e dos custos e riscos associados, o que será abordado adiante. Contudo, independente dessa alocação, estudos<sup>10</sup> indicam que pode haver níveis de corte que maximizem a penetração de fontes renováveis e que minimizem o custo total de geração, e por essa razão, algum nível de corte pode ser perfeitamente admitido.

## **b) Interferência entre fontes de geração**

Deve-se atentar para a possível interferência de uma usina na outra. Por exemplo, ao se instalar uma usina fotovoltaica próxima a uma eólica, a sombra das torres e/ou das pás sobre os módulos fotovoltaicos pode provocar perdas, e ainda, o sistema fotovoltaico pode interferir na rugosidade do terreno, possivelmente perturbando o recurso eólico disponível para os aerogeradores.

---

<sup>10</sup> a. IRENA, 2017. Planning for the renewable future.

b. Henriot, A., 2015. Economic *curtailment* of intermittent renewable energy sources. Energy Economics. 49, 370–379.

c. Agora Energiewende, 2015. The Integration Costs of Wind and Solar Power.

d. NREL, 2014. Wind and Solar Energy *Curtailement*: Experience and Practices in the United States.

### **c) Possibilidades de combinações de tecnologias**

Dependendo da tipologia considerada, pode não ser possível (ou viável) utilizar qualquer combinação de fontes, até mesmo por questões tecnológicas. A tipologia de usinas adjacentes (tipo A) é a que apresenta menos restrições, por haver menor integração das fontes. A utilização de usinas associadas (tipo B) permite algumas combinações, como a supracitada eólica e fotovoltaica, mas pode não fazer sentido para outras, como a combinação entre biomassa e heliotérmica, pois nesse caso haveria a associação de duas usinas termelétricas separadas. Por outro lado, combinar essas duas fontes em uma única usina híbrida (tipo C) poderia trazer benefícios. A configuração denominada usinas híbridas (tipo C) é restrita a combinações de fontes que possam compartilhar equipamentos de geração.

### **d) Fontes despacháveis x não despacháveis**

Um aspecto absolutamente fundamental a ser considerado é se as fontes/tecnologias integradas são despacháveis ou não despacháveis. Se as duas ou mais fontes integradas num projeto forem não despacháveis, a produção da usina associada ou híbrida será não despachável.

Essa consideração é relevante na estimativa de demanda de combustível (termelétricas) ou de vazões (hidrelétricas) e nos montantes de *curtailment*, apenas para citar dois aspectos diretamente afetados.

Em uma combinação de hidrelétrica com solar fotovoltaica, por exemplo, combina-se uma fonte despachável com outra não-despachável. A produção da usina fotovoltaica, se fosse tratada como prioritária (por ser não controlável), poderia restringir o despacho de parte da energia hidrelétrica em determinados momentos do dia. Com isso, a produção de uma das fontes seria reduzida (podendo até mesmo operar em um menor nível de eficiência) quando tal situação resultar no melhor aproveitamento do conjunto das fontes, ainda que isso resulte em não aproveitamento da energia primária de uma das tecnologias. Se a fonte não despachável for muito inferior do que a despachável, em capacidade instalada, esse efeito não deve ser relevante.

## **7. USO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO**

A Resolução Normativa nº 666/2015 da ANEEL estabelece que o Montante do Uso do Sistema de Transmissão (MUST) contratado por uma central de geração deverá ter valor mínimo igual à sua potência instalada subtraída da mínima carga própria.

Analogamente, para usinas conectadas na rede de distribuição, a Resolução Normativa nº 506/2012 da ANEEL estabelece que o Montante do Uso do Sistema de Distribuição (MUSD) contratado por central geradora deve ter valor igual, no mínimo, à potência instalada subtraída a mínima carga própria. Entretanto, as Usinas Associadas (tipo B), por definição, compartilhariam um único Contrato de Uso do Sistema (CUST ou CUSD). Este contrato seria realizado para o escoamento de uma potência inferior à soma das potências nominais de cada usina, o que atualmente não é permitido.

Para permitir que usinas complementares do tipo B escoem sua geração de forma máxima, em momentos distintos, deve-se primeiro alterar as Resoluções Normativas ANEEL nº 666/2015 e nº 506/2012, de forma a permitir que a potência máxima contratada possa ser inferior à soma das potências das usinas instaladas no ponto de conexão. Nesse contexto, tal entendimento poderia ser estendido até mesmo para usinas individuais ou combinações de usinas conectadas a um mesmo ponto de medição, a risco do empreendedor. Esse conceito, mais amplo, evita a criação de regras específicas para cada caso, que levaria a maior complexidade regulatória.

Em segundo, deve-se estabelecer mecanismos para que o empreendedor seja obrigado a realizar o *curtailment* da potência excedida, evitando que seja injetada na rede uma potência acima da prevista para o sistema. Assim, caberia ao empreendedor instalar equipamentos de limitação de potência de saída de sua usina. O comprometimento com o valor máximo de potência injetada é muito importante para garantir que as instalações de transmissão não sejam expostas a sobrecargas não admissíveis.

As resoluções citadas acima preveem, ainda, a aplicação de uma tarifa diferenciada para injeção de potência superior a 101% da potência contratada. No caso de ultrapassagem do MUST, essa tarifa corresponde a um valor igual a três vezes a tarifa de uso estabelecida para cada horário de contratação. No caso de ultrapassagem do MUSD, é aplicado um valor de referência equivalente a duas vezes as parcelas de potência da TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) aplicável ao acessante, sem a incidência de eventuais descontos. Deve-se avaliar se esses valores são suficientes para incentivar o próprio gerador a limitar a sua geração sempre que necessário.

Para as Usinas Adjacentes (tipo A) e Usinas Híbridas (tipo C) não haveria problema em contratos para o uso do sistema de transmissão, tendo em vista que estes já possuiriam valor mínimo igual às suas respectivas potências instaladas.

## 8. COMBINAÇÕES DE USINAS NOVAS E EXISTENTES

A instalação de usinas combinadas (de quaisquer tipos) pode se dar com ambas as fontes entrando simultaneamente ou adicionadas em momentos distintos. Em se tratando de usinas adjacentes, associadas ou híbridas (tipos A, B e C), a combinação de usinas pode se dar de maneiras distintas: (i) duas usinas novas, sendo negociadas e construídas ao mesmo tempo, ou (ii) uma nova usina sendo construída junto a outra existente, já contratada. No caso de usinas híbridas (tipo C), nem sempre será tecnicamente viável incorporar nova fonte/tecnologia na condição (ii).

Sendo uma usina híbrida (tipo C) ou usinas associadas (tipo B) contratadas originalmente já nessa configuração, é possível o tratamento único de algumas características como contrato de uso do sistema de transmissão, contrato de comercialização de energia elétrica, garantia física, etc. Nesses casos, não seria razoável almejar a contabilização da energia gerada por cada fonte separadamente, tampouco da energia excedente (*curtailment*). Todavia, é bom ressaltar que produtos específicos para usinas híbridas ou associadas, segregados de produtos destinados a uma fonte/tecnologia específica, não parecem ser o caminho preferencial, por aumentarem a complexidade dos diversos processos referentes aos leilões e demandarem um esforço custoso de controle durante a fase de operação. Antecipamos aqui que contratos por quantidade, pelos quais portfólios, usinas associadas, híbridas e usinas convencionais (sem integração de fontes distintas) possam competir nas mesmas bases parece ser o caminho mais adequado para viabilizar arranjos inovadores que capturem ganhos de eficiência e traduzam isso nos preços de energia.

Caso a combinação de fontes ocorra em um momento posterior, quando uma das plantas já estiver contratada e provavelmente construída, deve-se observar o disposto nos contratos vigentes. Caso o contrato permita, será importante definir a alocação de eventual *curtailment*. Se forem pactuados preços diferentes para as diferentes fontes, será necessário um esforço custoso para verificar que não está ocorrendo arbitragem por parte do gerador. No caso de contratos de energia de reserva aos quais um empreendimento seja vinculado com exclusividade, mais complexo fica acomodar tal arranjo.

Em quaisquer dos casos, deve-se ter cautela com possibilidade de apropriação indevida de preços, cujo risco de ocorrência existe sob alguns modelos contratuais, ou seja, que uma tecnologia com menor custo de geração se beneficie de um maior preço pactuado previamente em condição que viabilizasse uma fonte mais cara.

No que diz respeito ao compartilhamento da conexão entre usinas contratadas em momentos distintos, é importante observar as regras de cada leilão: por exemplo, a disputa por margem/ponto de conexão, a previsão de ICGs, os mecanismos de contabilização e liquidação de energia e cláusulas de dedicação exclusiva da usina (caso dos Leilões de Energia de Reserva).

## 9. CONTRATAÇÃO E REMUNERAÇÃO DA ENERGIA

Considere aqui que estamos concentrando atenção a contratos no Ambiente de Contratação Regulada, mas as considerações podem ser traduzidas para o Ambiente de Contratação Livre, com algum esforço de analogia. Também é importante ressaltar que temos atualmente um ambiente em que as contratações nos leilões de energia do ACR são predominantemente por tecnologia/fonte, de forma que são especificados condições e preços distintos por fonte. Dessa forma, a adição de equipamentos de geração a partir de fontes não especificadas no contrato original só poderia ser admitida mediante reconhecimento de que não fere as condições do edital do leilão.

A forma de contratação e de remuneração pode ter diferentes abordagens a depender da tipologia considerada, e se ambas as usinas são contratadas ao mesmo tempo ou em ocasiões distintas.

Em combinações do tipo A (Usinas Adjacentes), por definição, o faturamento (e preço de energia) de cada usina é necessariamente separado, não se vislumbrando dificuldades em sua contratação ou remuneração.

Em combinações do tipo B (Usinas Associadas), que compartilham o ponto de conexão, existem duas possibilidades: as usinas poderiam ser contratadas e remuneradas conjuntamente; ou, havendo a medição individualizada, cada fonte poderia ser contratada e remunerada individualmente.

No caso de uma Usina Híbrida (tipo C), em que não há distinção quanto à origem da energia, isto é, o quanto cada fonte contribuiu para a geração, entende-se que a remuneração da usina deva ser única, independente da contribuição individual dos recursos primários. Porém, tal mecanismo dificultaria a participação dessas usinas nos leilões de energia, dado que usualmente cada fonte participa em produtos específicos, com preços-teto diferentes.

Assim, ao se vislumbrar modificações regulatórias ou nos mecanismos de contratação, visando acomodar tais combinações, especialmente os tipos B e C, há como

consequência o aumento de complexidade em alguns processos relativos aos leilões, tais como adequação do processo de habilitação técnica e da metodologia de cálculo de garantia física, definição do custo marginal de referência, repartição da demanda nos diferentes produtos e operacionalização da sistemática do certame.

A seguir, são apresentadas particularidades sobre a contratação e a remuneração das usinas tipos B e C.

#### **a) Produtos específicos para usinas híbridas ou associadas:**

Uma alternativa para a contratação de projetos híbridos ou associados seria a criação de produtos específicos para tais empreendimentos nos leilões. Neste caso, a precificação traria dificuldades, dados os diferentes atributos e custos de cada fonte e as inúmeras possibilidades de combinações tecnológicas, em diferentes proporções. Em se tratando de uma combinação em que uma das fontes tenha custo variável (termelétrica a gás natural, por exemplo) a remuneração torna-se ainda mais complicada, dados os diferentes custos e indexadores de preços de combustíveis.

Dadas as diferentes possibilidades de hibridização, surge o questionamento se as híbridas de fontes diferentes competiriam entre si ou se haveria a criação de uma categoria por tipo de combinação. Se por um lado, categorias específicas permitem valorar atributos mais adequadamente, por outro, reduzem a competição, pois menos usinas se enquadram em cada categoria, o que tende a elevar os preços de contratação. A pouca ou até nenhuma competição poderia tornar um leilão deste tipo inviável ou questionável.

Ainda, a criação de um produto híbrido suscita a discussão sobre o estabelecimento de percentuais mínimos de uma fonte para se enquadrar nessa categoria. Caso não haja, uma usina híbrida heliotérmica com uso de combustível poderia produzir, por exemplo, 99% com o combustível queimado. Ao se impor limites mínimos, por outro lado, corre-se o risco de desotimizar projetos, já que o ideal para certo caso poderia ser inferior ao limite estabelecido.

#### **b) Competição com outras fontes**

Uma possibilidade mais simples e que induz maior competição seria, ao invés de se criar produtos específicos nos leilões, apenas permitir a competição das usinas que pretendam se tornar híbridas ou associadas (tipos B e C) com outras fontes semelhantes. Espera-se que devido aos ganhos de eficiência já discutidos estas naturalmente seriam mais competitivas, resultando em contratações nas modalidades



tradicionais de novas fontes, “associando-se a” ou “hibridizando” empreendimentos existentes, ou mesmo na contratação de dois novos empreendimentos, separadamente, que formariam um conjunto associado. Nesse último caso, poderia se estudar uma forma de ratificação de lance ao final do certame, onde o empreendedor poderia confirmar sua venda em caso de comercialização das usinas que serão associadas. Um eventual fator limitante nessa alternativa seria a necessidade de que ambas as fontes da usina híbrida estejam previstas nas diretrizes do leilão correspondente.

### **c) Tratamento do *curtailment* das usinas associadas (tipo B)**

Em combinações do tipo B (usinas associadas), no caso de contratos separados, pode haver ainda dificuldade quanto à alocação do *curtailment*, ou seja, a definição de qual fonte terá sua produção de energia cortada em caso de limitação de escoamento. Como há a medição individualizada, pode-se exigir que ambos os contratos sejam atendidos individualmente, ficando a gestão do *curtailment* a cargo do gerador. Porém, a depender das condições contratuais, é possível que, em função das restrições de escoamento, a energia de menor preço seja cortada ao invés da mais cara.

A contabilização e alocação do *curtailment* dependem também da titularidade das usinas. Para que não haja disputa por injeção de potência, entende-se que o compartilhamento do ponto de conexão, com capacidade limitada de escoamento, seja mais adequado quando ambas as usinas pertencerem ao mesmo empreendedor, sendo este responsável pela gestão física e operacional de qual usina seria cortada. Em caso de usinas de empreendedores distintos, entende-se que o compartilhamento da conexão pode trazer custos regulatórios e comerciais adicionais.

### **d) Garantia Física**

Conforme define a Portaria MME nº 101/2016, o cálculo da Garantia Física segue diferentes formulações para cada fonte, não havendo previsão de cálculo para usinas híbridas (tipo C), ou para usinas associadas (tipo B), nas quais pode haver *curtailment*. Seria necessário estabelecer metodologia para esses cálculos, o que deve afetar a alocação de riscos contratuais e eventual penalização em caso de geração inferior à contratada.

## 10. CONTABILIZAÇÃO E LIQUIDAÇÃO DA ENERGIA GERADA

A depender da forma de contratação e da fonte, a liquidação contratual da energia gerada ocorre de forma diferenciada. Tomando como exemplo os mecanismos de contabilização e liquidação de energia eólica e solar fotovoltaica nos leilões de energia de reserva, realizados até 2016, identifica-se de imediato uma distinção de regras para cada fonte: enquanto a produção fotovoltaica pode variar entre 90% e 115% da obrigação contratual, os contratos de usinas eólicas preveem margens de -10% e +30%. Ainda, há diferenças no critério do cálculo da garantia física considerada para contabilização. Para usinas fotovoltaicas, é utilizado o P50<sup>11</sup>, enquanto para eólicas, desde 2013 se considera o P90<sup>12</sup>.

Nos casos em que a medição da produção de energia pode ser feita individualmente, como em usinas associadas (tipo B), ainda é possível ter mecanismos de contabilização e liquidação diferenciados, adequados para cada fonte. Porém, considerando a medição única de uma usina híbrida (tipo C), as regras atuais podem não se mostrar adequadas para determinadas fontes ou combinações.

Assim, na combinação de algumas tecnologias, entende-se que a distinção de regras de liquidação contratual possa representar uma dificuldade. Ao mesmo tempo, a criação de regras específicas também seria inviável, devido mais uma vez, às inúmeras possibilidades de combinações tecnológicas e proporções de cada fonte.

Outra dificuldade na combinação de tecnologias seriam as diferentes modalidades de contrato, que podem variar a depender da fonte ou tipo de leilão. Enquanto termelétricas usualmente são contratadas por disponibilidade, a produção de usinas eólicas pode se dar por meio de contratos por disponibilidade ou quantidade<sup>13</sup>. Como a contabilização e liquidação da produção ocorre de maneira diferente em cada um desses contratos, a remuneração e a alocação de riscos da produção combinada podem não se dar de maneira adequada.

---

<sup>11</sup> P50: produção anual de energia referente a uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a cinquenta por cento.

<sup>12</sup> P90: produção anual de energia referente a uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a noventa por cento.

<sup>13</sup> Tradicionalmente os contratos de usinas eólicas na modalidade quantidade se aplicavam somente nos leilões de energia de reserva, enquanto nos leilões de energia nova essa fonte era contratada na modalidade disponibilidade. Para o leilão A-6/2018, objeto da Portaria MME nº 121/2018, pela primeira vez está prevista a contratação de usinas eólicas na modalidade quantidade em um leilão de energia nova.

## **11. AÇÕES NECESSÁRIAS PARA A VIABILIZAÇÃO DE PROJETOS HÍBRIDOS OU ASSOCIADOS**

As barreiras citadas podem ser mitigadas com a adoção de algumas medidas, dentre as quais, destaca-se:

### **a) Regularizar a criação de categoria para usinas com mais de uma fonte primária**

É importante a definição da categoria “usina híbrida” para fins de tratamento regulatório. Esta poderia enquadrar tanto a configuração denominada aqui “usina híbrida” (tipo C) quanto a denominada “usinas associadas” (tipo B). É necessário avaliar como seria tratada essa nova categoria. Não bastaria, por exemplo, utilizar as regras da fonte predominante para a usina híbrida, já que implicaria em definir algum critério (potência instalada ou expectativa de geração de energia, por exemplo) no qual essa fonte é considerada predominante. A definição desse eventual critério também deveria contemplar uma usina híbrida com contribuições semelhantes de duas fontes. Assim, pode ser mais adequado estudar cada combinação de fontes separadamente.

### **b) Contratação do montante do uso do sistema (MUST ou MUSD)**

Para possibilitar a instalação de usinas associadas, seria necessário aprimorar as Resoluções Normativas nº 666/2015 e nº 506/2012 da ANEEL, de forma a avaliar a possibilidade de contratação de um montante de uso do sistema diferente da soma das potências nominais individuais das fontes que compõem as usinas híbridas. Dito de outra forma, o montante contratado teria por base a máxima potência injetável, declarada pelo empreendedor. Assim, tal entendimento poderia ser estendido até mesmo para usinas individuais ou combinações de usinas conectadas a um mesmo ponto de medição. Para que esse tipo de contratação seja efetivo, é preciso garantir, por meio da adoção de procedimentos operativos e equipamentos de controle, que o montante de uso contratado não será ultrapassado. Em caso de uma eventual ultrapassagem do MUST/MUSD contratado, as resoluções já preveem tarifa de valor igual a três vezes a tarifa de uso estabelecida para cada horário de contratação, nos casos de ultrapassagem do MUST e de duas vezes as parcelas de potência da TUSD, nos casos de ultrapassagem do MUSD. É necessário avaliar se essa penalização é suficiente para evitar a ultrapassagem dos montantes contratados.

### **c) Discutir os procedimentos de rede**

A depender da fonte geradora, são exigidos diferentes requisitos técnicos mínimos pelo ONS para concessão do parecer de acesso. É necessário definir os requisitos a serem seguidos pela usina que utilize mais de uma fonte. Ainda, para a instalação de usinas associadas, seria necessário que se permitisse a conexão de usinas levando-se em consideração apenas as potências injetáveis das usinas (referentes aos montantes de uso contratados).

### **d) Estabelecer regras claras para o tratamento das perdas por *curtailment***

Em usinas associadas (tipo B), o *curtailment* por falta de capacidade de escoamento deve ser tratado como algo intrínseco à usina, devendo ser considerado como uma perda prevista, percebida pelo gerador e estimada desde a fase de projeto. É necessário definir qual fonte seria cortada no caso de contratos separados, levando em consideração as diferenças de contratos (preços, início de suprimento, prazo, etc.).

### **e) Tratamento igualitário entre fontes (quando possível)**

A convergência das metodologias de contabilização, de cálculo de garantia física e dos termos dos contratos de determinadas fontes facilitaria o tratamento regulatório de usinas associadas ou híbridas (totalmente novas), pois bastaria utilizar as mesmas regras das fontes individuais. Neste sentido, o Edital do Leilão de Energia Nova A-4, de 2017, já previu regras contratuais mais similares relativas à contabilização anual e à remuneração de energia não suprida para empreendimentos de geração a partir das fontes eólica e solar.

### **f) Avaliar as combinações com condições contratuais distintas**

Mesmo que se passe a utilizar termos semelhantes em novos contratos, no caso de adição de nova fonte a uma usina existente, a nova fonte instalada poderia possuir condições contratuais diferentes da existente. É necessário avaliar o impacto dessa coexistência de contratos distintos. Por exemplo, estudar se é possível combinar contratos por quantidade e por disponibilidade.

### **g) Forma de contratação**

Devem ser avaliadas as formas nas quais a contratação desse tipo de empreendimento pode ocorrer. Não se faz necessária uma contratação diferenciada, na forma de um leilão ou um produto para empreendimentos híbridos. Havendo a possibilidade de conexão conjunta dos empreendimentos, espera-se que haja um ganho de eficiência e

estes naturalmente tornem-se mais competitivos, resultando em contratações nas modalidades tradicionais de novas fontes, “associando-se a” ou “hibridizando” empreendimentos existentes, ou mesmo a contratação de dois novos empreendimentos, separadamente, que formariam um conjunto associado. Nesse último caso, poderia se estudar uma forma de ratificação de lance ao final do certame, onde o empreendedor poderia confirmar sua a venda em caso de comercialização das usinas que serão associadas.

## 12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram propostas, neste documento, definições para combinações de usinas diferenciando três tipologias de associação de fontes de energia, com diferentes níveis de integração. Essas combinações podem trazer benefícios ao sistema, no entanto não há previsão regulatória para usinas deste tipo.

O menor nível de integração, no qual as usinas compartilham apenas espaço físico (tipo A), não requer alterações regulatórias e já é praticado por algumas empresas.

Os dois níveis maiores de integração, que foram denominados usinas associadas (tipo B) e usinas híbridas (tipo C), podem acompanhar uma otimização mais significativa, em especial do ponto de vista de uso dos sistemas de transformação e transmissão, e de redução de custos, tanto de instalação como de operação. Para sua viabilização, contudo, seriam necessárias algumas ações:

Para o caso de usinas associadas, deve-se discutir: (i) o compartilhamento do uso da rede entre usinas, de forma a permitir a contratação do uso com uma potência inferior à soma das potências individuais, com o objetivo de melhor utilizar a capacidade das instalações de conexão e de transmissão e; (ii) o tratamento do *curtailment*, ou seja, da energia não escoada em face de produção conjunta entre as usinas e restrições na rede.

Já as usinas que compartilham equipamentos de geração (tipo C), por não haver aumento de capacidade final instalada (apenas aumento do fator de capacidade), não exigem tais mudanças, pois há apenas uma produção de energia elétrica para o conjunto de fontes primárias.

As tipologias B e C suscitam ainda a necessidade de criação de regulações específicas e estudos mais aprofundados quanto a cálculo de garantia física, contabilização da energia produzida, sua precificação e forma de contratação das usinas.

Ressalta-se que as discussões aqui levantadas devem ser feitas de maneira a manter a isonomia de tratamento entre as usinas híbridas e as demais fontes, evitando a concessão de benefícios exclusivos a uma tecnologia ou a criação de regras que atendam a um nicho específico de fontes de energia, podendo comprometer a competição nos leilões de energia.

No que diz respeito à contratação de usinas híbridas, entende-se que eventuais leilões ou produtos específicos para esse tipo de solução podem se mostrar complexos. Tendo em vista o benefício principal da hibridização, qual seja a otimização do uso da rede, entende-se que a simples possibilidade de conexão conjunta dos empreendimentos seria suficiente, não sendo necessários leilões diferenciados.

O quadro-resumo a seguir sintetiza as discussões apresentadas, explicitando os benefícios, limitações e alterações necessárias para cada nível de integração entre tecnologias.

Novamente, destaca-se que o presente documento buscou levantar algumas questões qualitativas, relevantes ao planejamento, de maneira a fomentar a discussão sobre usinas híbridas, sem a pretensão de esgotar o tema, dada sua complexidade.

BENEFÍCIOS    
  LIMITAÇÕES    
  RECOMENDAÇÕES

	<b>Considerações e alterações possíveis para cada caso:</b>			
	<b>Usinas adjacentes (A)</b>	<b>Usinas associadas (B)</b>	<b>Usinas híbridas (C)</b>	<b>Portfólios Comerciais (D)</b>
Aumento do fator de capacidade	Não	Sim, ao considerar a geração conjunta.	Sim	Não
Redução da ociosidade do sistema de transmissão	Não	Sim	Sim	Não
Otimização de uso de terra e operação:	Sim	Sim	Sim	Não
<i>Curtaíment</i> elétrico	Não	Sim, a capacidade do sistema de transformação/ conexão é menor que a somadas potências nominais	Não, a integração de fontes ocorre antes (ou junto com a) da conversão em energia elétrica. Possível desotimização da fonte primária.	Não
Possíveis combinações tecnológicas	Virtualmente quaisquer	Algumas combinações podem não fazer sentido economicamente	Apenas combinações que compartilhem equipamentos de geração	Quaisquer
Permitir a contratação de MUST/MUSD inferior à capacidade total instalada.	Não é necessária	Necessária	Não é necessária	Não é necessária
Criação de regras específicas para usinas com combinação de fontes.	Não é necessária	Sim - a depender da tecnologia	Sim - a depender da tecnologia	Não é necessária