

Usinas híbridas no Sistema Interligado Nacional

15 de maio de 2019

Gustavo Ponte

Empresa de Pesquisa Energética - EPE

Usinas híbridas



Estudo EOL + UFV



Discussão Conceitual



Experiências internacionais



Usinas híbridas no planejamento energético

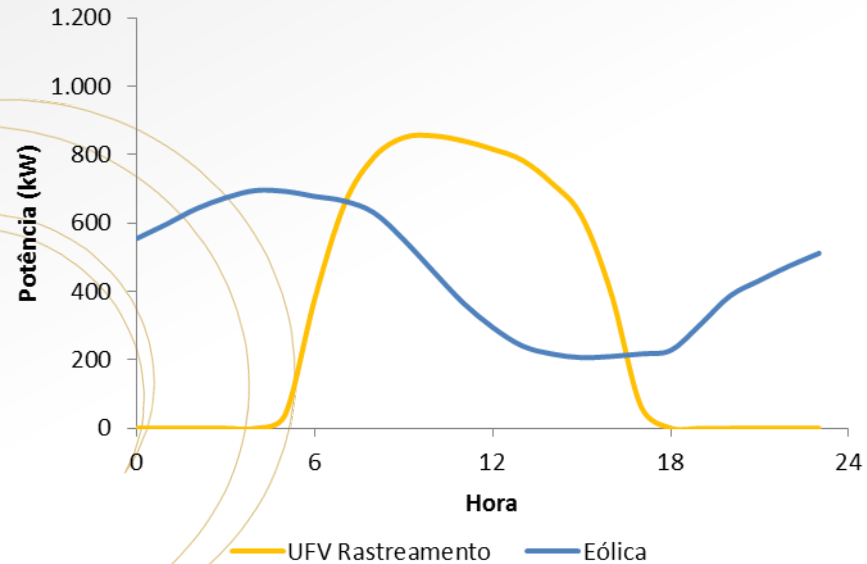
Trabalhos Publicados



Abril/2017



Junho/2018



Fonte. Ambiente Energia



PARTE I:

Como avaliar Usinas Híbridas?



Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas



MOTIVAÇÃO

- Notícias e estudos apontavam a complementariedade entre as fontes
- Diferentes metodologias utilizadas
- Necessidade de avaliar de maneira consistente as vantagens e limitações dessa combinação

OBJETIVOS

- Propor uma metodologia robusta
 - Estudos de caso
- Avaliar perdas e parâmetros que as influenciam

Acesse: bit.ly/EOL-UFV

Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas

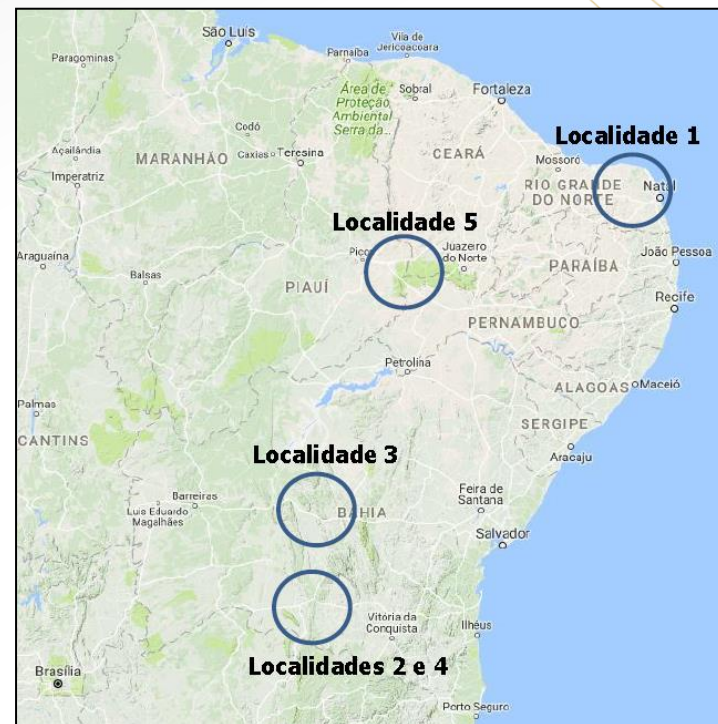


LOCAIS ESTUDADOS

- Distância máxima de 20 km entre si
- Mínimo de 12 meses de medições concomitantes
- Dados a cada 10 minutos

FONTES DE DADOS

- Sistema AMA
- Projetos cadastrados para os leilões de energia.

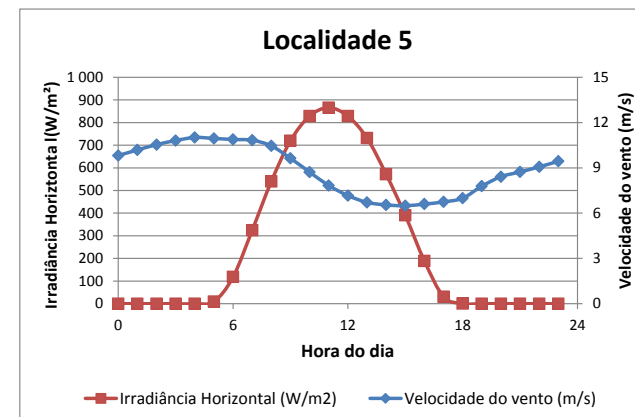
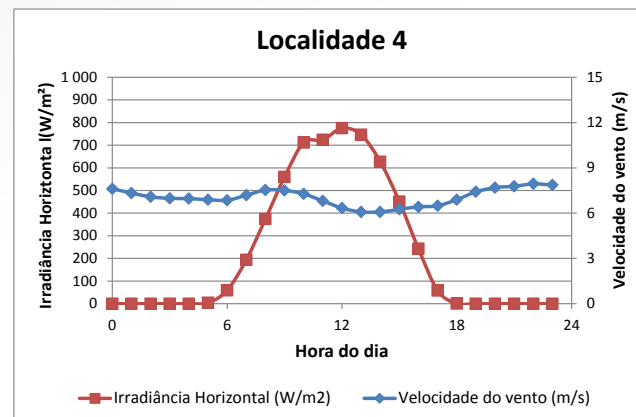
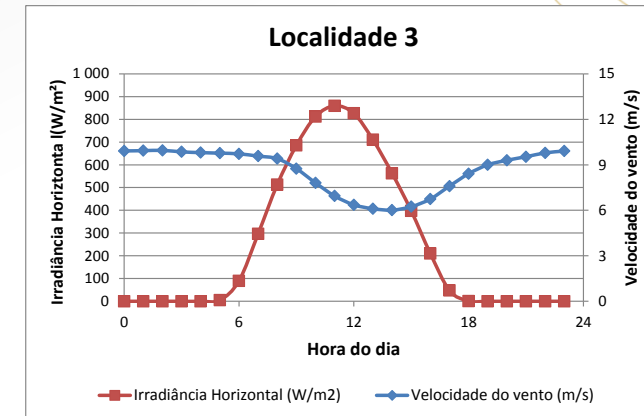
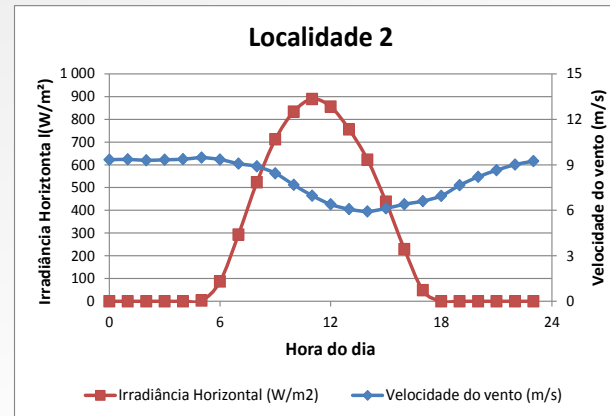
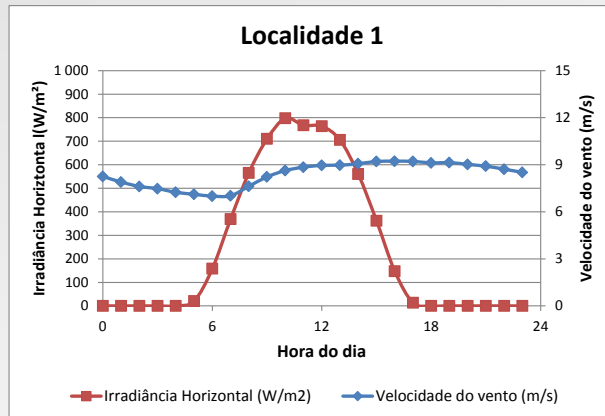


Acesse: bit.ly/EOL-UFV

Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas



DADOS ANEMOMÉTRICOS E SOLARIMÉTRICOS

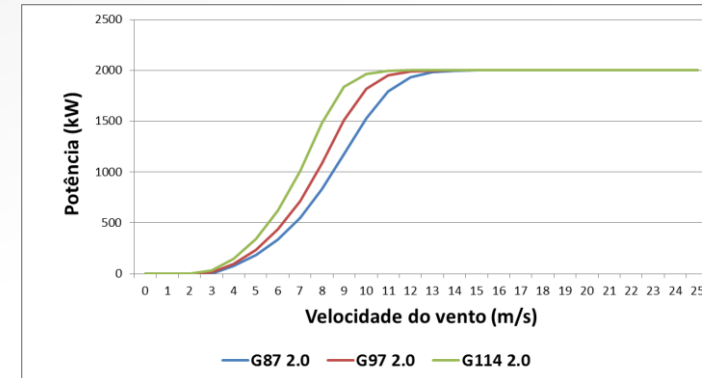
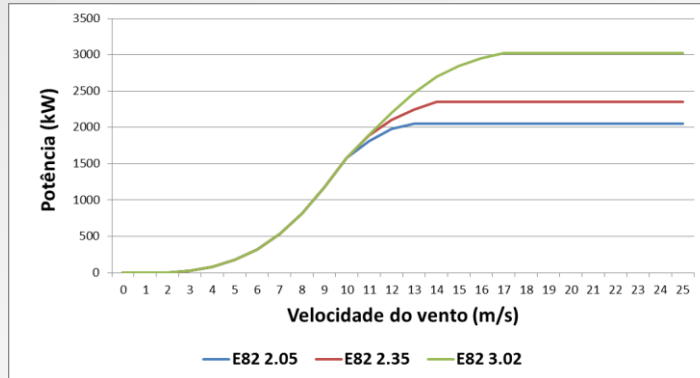


Acesse: bit.ly/EOL-UFV

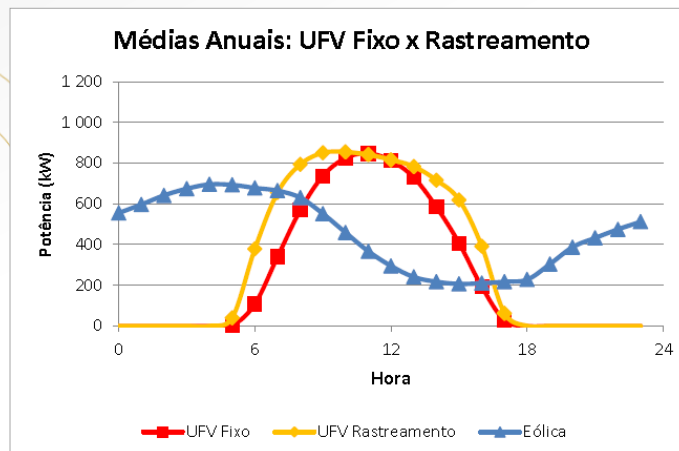
Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas



PRODUÇÃO EÓLICA: 6 AEROGERADORES



PRODUÇÃO FV: FIXO X RASTREAMENTO



5 Locais
6 Aerogeradores
2 Configurações FV
• 60 Casos

Acesse: bit.ly/EOL-UFV

Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas

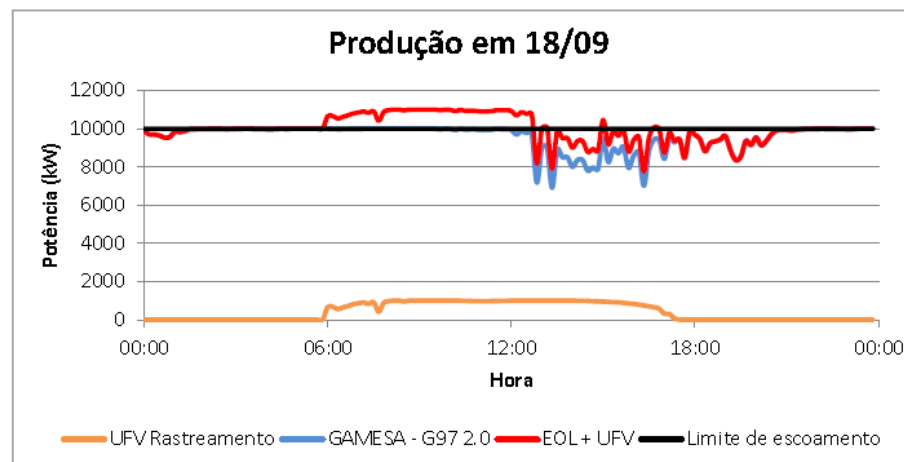
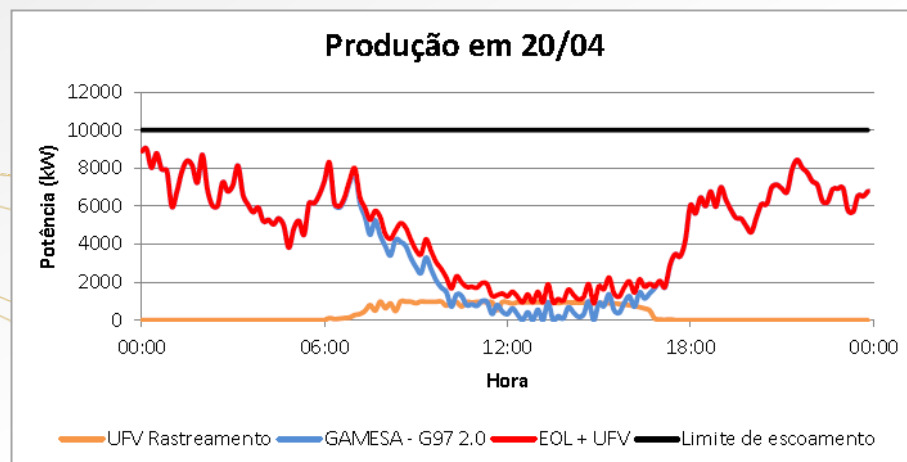


CÁLCULO DA PRODUÇÃO CONJUNTA:

Capacidade de escoamento igual à potência eólica instalada

Produção FV acima da capacidade de escoamento é “cortada”

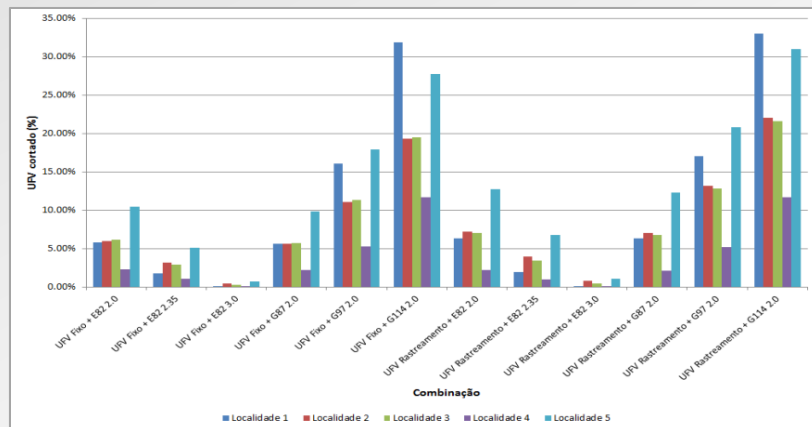
Proporção entre fontes:
1 MW de fotovoltaica para cada 10 MW de eólica



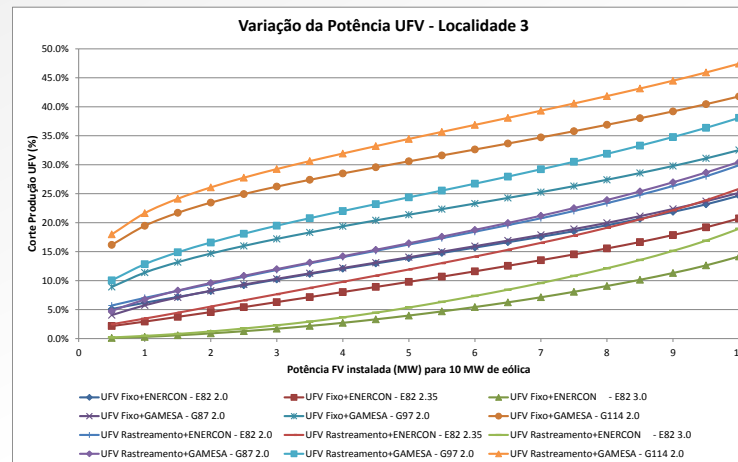
Acesse: bit.ly/EOL-UFV

Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas

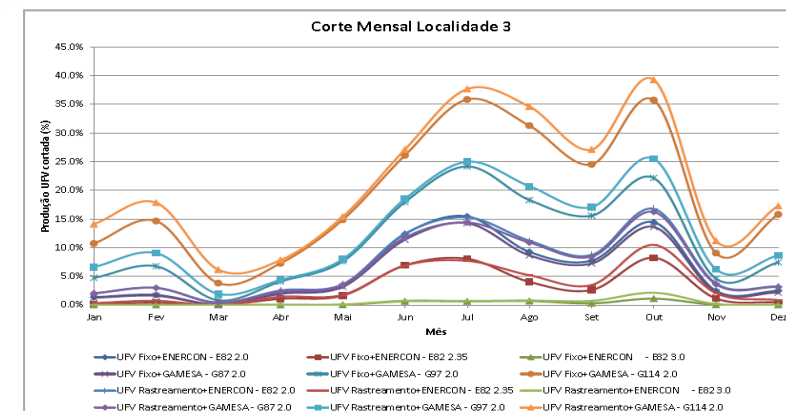
RESULTADOS



Curtailemto anual em função da combinação e local



Curtailemto anual para diferentes proporções entre fontes



Curtailemto mensal em função da combinação (local 3)

Análise de
sensibilidade
com + UFV

Acesse: bit.ly/EOL-UFV

Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas



CONCLUSÕES

- Benefícios da complementariedade dependem:
 - Das características do recurso local, em especial perfil diário e sazonal dos ventos;
 - Do dimensionamento e das características técnicas de cada usina.
- **Não é possível generalizar resultados**, estudo deve ser feito para cada caso;
- Importante realizar estudo completo, em **base temporal granular**

Nota Técnica:

- Análises mais detalhadas e gráficos para as demais localidades

Acesse: bit.ly/EOL-UFV

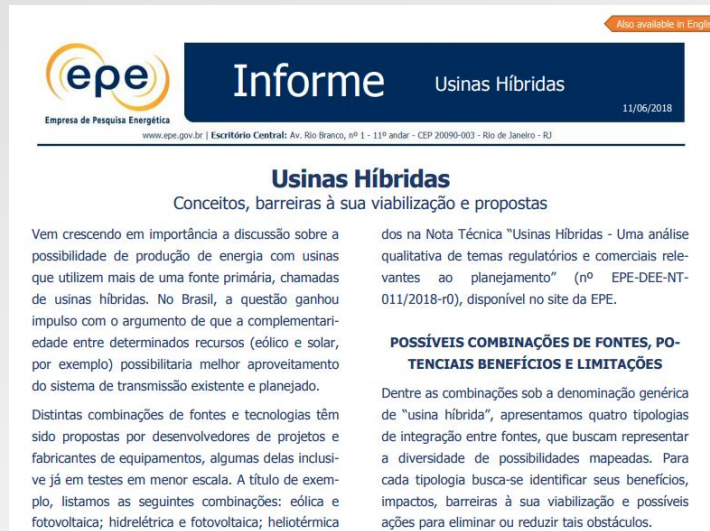




PARTE II:

O que são Usinas Híbridas?

Questões regulatórias e comerciais



- Níveis de integração
- Questões regulatórias
- Uso da rede
- Benefícios e limitações

POSSÍVEIS COMBINAÇÕES

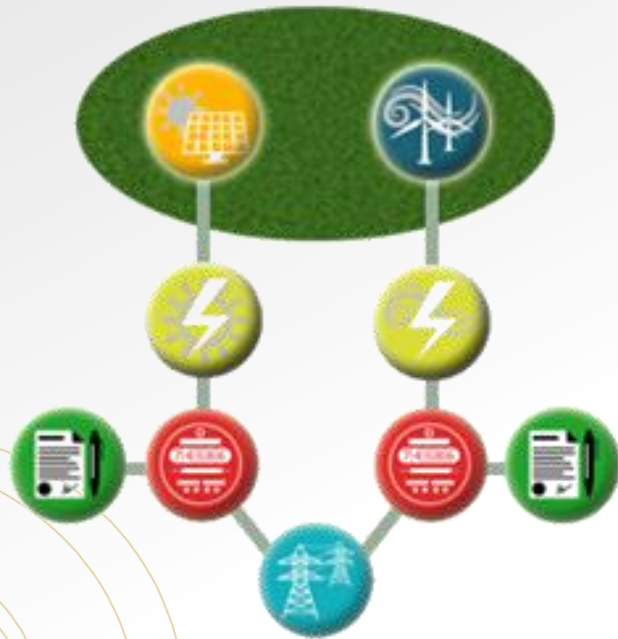
- UFV + EOL
- UHE + UFV
- HLT + Biomassa
- etc.

O que é uma usina híbrida?

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Questões regulatórias e comerciais

A - Adjacentes



- Possível compartilhamento de:
 - Terreno
 - Instalações de interesse restrito
- CUST/CUSD individual
 - Compatível com cada potência
- Benefícios:
 - Economia com terreno
 - Sinergia logística e de operação
- Usinas distintas, individuais
- Riscos:
 - Sombra e rugosidade

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Questões regulatórias e comerciais

B - Associadas



- Compartilhamento físico e contratual de:
 - Infraestrutura de conexão
 - Acesso à rede
- Exemplo: Estudo EOL + UFV
- Contratação de uma capacidade de uso da rede menor do que a soma das potências individuais
- Requer discussão regulatória
 - Tratamento do *curtailment*

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Questões regulatórias e comerciais

C - Híbridas

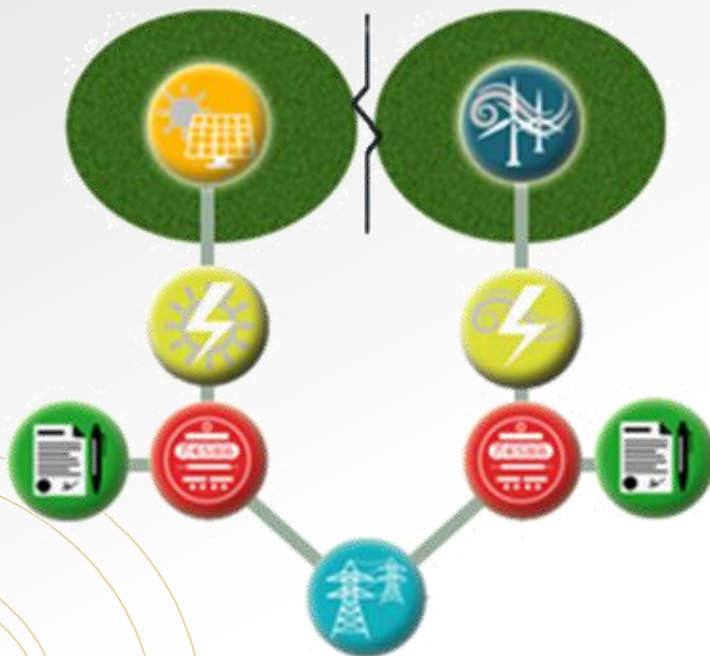


- Combinação ainda no processo de produção
- Exemplo:
 - HLT + biomassa
 - EOL + UFV (mesmo conversor)
- Benefícios similares
- Economia potencialmente maior
- Sem *curtailment*,

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Questões regulatórias e comerciais

D - Portfólios Comerciais

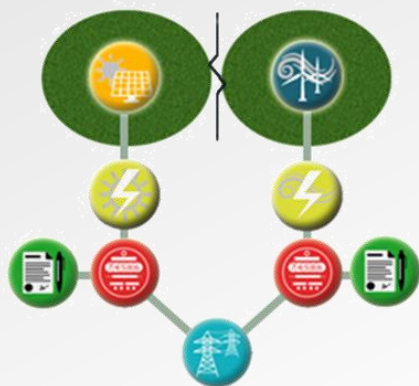


- Não há, necessariamente, proximidade física ou compartilhamento de equipamentos
- Não afeta CUST/CUSD
- Natureza comercial-contratual
- Benefícios:
 - Diversificação de ativos
 - Redução de riscos (geração complementar)

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Questões regulatórias e comerciais

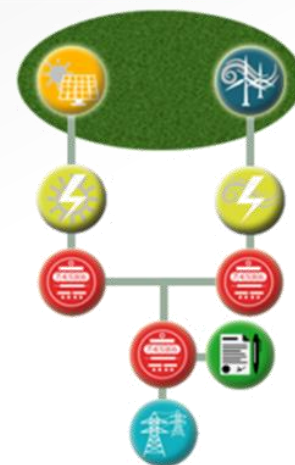
D - Portfólios Comerciais



A - Adjacentes



B - Associadas



C - Híbridas



Nível de integração

Barreiras

Não há

Não há

Necessário discutir questões regulatórias e contratuais

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Necessidades regulatórias : Previsão de categoria “híbrida”

- Usinas são categorizadas por fonte:
 - Necessária a criação de (pelo menos) uma categoria para usinas com mais de uma fonte;
- Avaliar tratamento dessa categoria:
 - Diferentes combinações de fontes;

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Necessidades regulatórias : Compartilhamento de MUST e *curtailment*

- Resoluções ANEEL nº 666/2015 e nº 506/2012: MUST (ou MUSD) $\geq$ Potência instalada;
- Para usinas associadas, necessária contratação de MUST $<$ Potência instalada;
 - Restrição de rede implica em *curtailment*: excesso de geração;
- Garantir limite de injeção: questões de segurança operacional;
- Perdas pela energia cortada - alocadas ao gerador.

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Necessidades regulatórias : Contratação

- No ACR, produto específico em leilões traria dificuldades:
 - Precificação e estabelecimento de critérios;
- Percentual mínimo pode levar a projetos **não otimizados**;
- Sem percentual mínimo, possibilidade de usina com “quase” uma fonte;
- Segmentação pode levar a **baixa competição**:
 - Não há garantia de captura dos benefícios pelo sistema;
- Não é necessário de produto específico nos leilões do ACR
 - Possível competição com outras fontes

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Necessidades regulatórias : Tipos de Contrato

- A hibridização (ou associação) de projetos existentes:
 - Coexistência de diferentes tipos de **contratos**, diferentes **preços** e regras de **contabilização**;
 - Problemas de **alocação de risco**, considerando contratos vigentes por **disponibilidade**;
 - Possível desalinhamento de incentivos → soluções não-ótimas do ponto de vista sistêmico;
- Contratos por quantidade: dificuldades mitigadas (riscos alocados ao gerador).

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Necessidades regulatórias : Garantia Física

- Necessários critérios e metodologia para GF de usinas híbridas ou associadas;
- Importante a consideração do *curtailment* nesse cálculo:
 - Evitar sobrestimativa de Garantia Física → implicações comerciais e no planejamento;
- *Curtailment* é um parâmetro estocástico: necessária **metodologia robusta, com boa disponibilidade de dados** para correta avaliação.

Acesse: <http://bit.ly/usinashibridas>

Questões regulatórias e comerciais

- CONCLUSÕES
 - Potenciais benefícios identificados para diferentes combinações;
 - Contudo, há dificuldades regulatórias e comerciais a serem discutidas;
 - Os tópicos apontados não esgotam o tema;
- Está prevista uma Consulta Pública da ANEEL sobre usinas híbridas, onde essas e outras questões deverão ser tratadas.

Agenda Regulatória 2019-2020				Cronograma							
				2019				2020			
Nº	Atividade	Coord.	Natureza	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri
66	Adequações regulatórias decorrentes da instalação de usinas híbridas.	SRG	Estudo prospectivo e de viabilidade	CP	ACCP						



PARTE III:

Experiências Internacionais

Experiências Internacionais

- Historicamente, usinas híbridas foram usadas em sistemas pequenos, como ilhas;
- Recentemente, alguns países vêm estudando seu uso em sistemas de grande porte;
- Na pesquisa realizada, encontrou-se experiências nos seguintes locais:

- Índia;



- Austrália;



- Estados Unidos;



- Reino Unido;



- China;



Experiências Internacionais: Índia

- País com maior experiência em hibridismo (EOL + UFV);
- Meta agressiva de inserção de renováveis, 175 GW em 2022, 100 GW FV e 60 GW EOL;
- Grandes dificuldades fundiárias, geração híbrida é vista como forma de **mitigação**;
- Breve histórico:
 - 2016: Esboço de política de geração híbrida – consulta pública;
 - 05/2018: Lançamento da política nacional;
 - 05/2018: Primeira tentativa de leilão específico (**vazio**);
 - 12/2018: Contratação após repetidas tentativas:
 - Demanda inicial de 2500 MW, **reduzida** para 1200 MW;
 - Apenas 840 MW contratados por falta de oferta;
 - Preço-teto considerado baixo, lances próximos ao limite.
 - 05/2019: Segundo leilão em andamento;



Experiências Internacionais: Índia

SECI's Solar-Wind Hybrid Tender for 1.2 GW of Projects Left Undersubscribed by 300 MW

Two bidders submitted bids totaling 900 MW

MAY 14, 2019 SAUMY PRATEEK / SOLAR, TENDERS & AUCTIONS



The tender issued by Solar Energy Corporation of India Ltd. (SECI) to set up 1,200 MW of ISTS-connected solar-wind hybrid power projects (tranche-II) has been undersubscribed by 300 MW.

According to a SECI official, "Two companies have submitted bids totaling 900 MW."



Experiências Internacionais: Austrália

- Estudo em 2016: “CO-LOCATION INVESTIGATION - A study into the potential for co-locating wind and solar farms in Australia”
 - Principais conclusões:
 - Possível redução de CAPEX e OPEX;
 - Não há regra geral para o curtailment, necessária avaliação **caso a caso** (conclusão semelhante ao primeiro estudo da EPE);
 - Benefícios econômicos **dependem de condições de recurso e de mercado**;
 - Hibridismo não deve aumentar drasticamente o investimento nas fontes, mas merece atenção com a queda no preço da fotovoltaica.
- Usina Gullen Park, de 10 MW FV, 165 MW EOL, operando desde 08/2017:
 - Subsídios maiores que projetos os de semelhantes (custo de USD 2,00/Wp), gerando críticas;



Experiências Internacionais: Estados Unidos

- Registro de usinas **adjacentes** → sinergias de operação e construção.
 - Ex: Pacific Wind (140 MW), Oasis Wind (60 MW) e Catalina Solar (143 MWp), da EDF Renewables;
- Em 2017, anunciado um projeto **híbrido** no Estado de Minnesota:
 - Tecnologia da GE (compartilha conversor), 1 MWp fotovoltaico em 4,6 MW eólicos existentes.
 - Disputa judicial por questões relacionadas à precificação da energia, ainda não foi construído;
- Em Nevada, usina **associada** da Enel Green Power:
 - 33 MW geotérmica, 27 MW fotovoltaica e 2 MW solar térmica.
 - Energia é vendida para a NV Energy (monopólio verticalizado).



Experiências Internacionais: Reino Unido

- País de Gales:
 - Usinas associadas - Parc Cynog Wind/solar farm (8,4 MW EOL, 5 MWp UFV), operando desde abril de 2016.
 - Reporta-se produção complementar em base diária;
 - Projeto recebeu subsídios do programa Renewables Obligation, que foi descontinuado, e desde então novos projetos não têm se viabilizado;



Experiências Internacionais: China

- China:
 - Parceria das empresas State Grid e BYD em 2012:
 - Projeto demonstrativo de 100 MW eólicos, 40 MW fotovoltaicos e 36 MWh de baterias de íon-lítio;
 - Intuito de estudar o comportamento do sistema;
 - Havia previsão de expandir para até 500 MW EOL, 100 MW UFV e 110 MW de baterias de diferentes tecnologias.



Experiências Internacionais: Conclusões

- Diversos países vêm discutindo os benefícios do hibridismo:
 - Dificuldades na implantação, principalmente comerciais e regulatórias;
 - Projetos até o momento utilizaram subsídios ou programas específicos;
 - Índia vem tentando realizar leilões → baixa oferta tem frustrado expectativas;
- Motivações e benefícios dependem das características de cada sistema e mercado.
- Por exemplo, na Índia:
 - Melhor utilização das terras e da infraestrutura existente, dadas dificuldades fundiárias;
 - Cumprimento de metas agressivas de expansão de renováveis.
- Outros países estão em fase experimental, sem conclusões definitivas.

PARTE IV:

Usinas Híbridas e o Planejamento Energético

Usinas híbridas e o planejamento energético

As usinas híbridas aumentariam a segurança do sistema?

- Do ponto de vista energético, o benefício se dá pela diversificação de fontes, **independente** do hibridismo no mesmo ponto;
- Do ponto de vista elétrico, pode haver redução de impactos sistêmicos provocados por variabilidades instantâneas;
- Contudo, impactam tal redução:
 - Configuração do sistema elétrico da região,
 - Característica dos geradores, e do sistema de interesse restrito das usinas;
- Compartilhamento de equipamentos implica em menor confiabilidade → falha impacta ambas as usinas;
- Eventuais benefícios sob a ótica da segurança sistêmica precisam ser analisados **caso a caso**.

Usinas híbridas e o planejamento energético

Usinas híbridas possuem maior contribuição no atendimento à demanda máxima, e essa contribuição deveria ser considerada no planejamento?

- Metodologia do PDE considera um grande “portfólio híbrido”;
 - Captura vantagens da diversificação, inclusive no atendimento a demanda máxima;
- Benefício decorre da diversificação de fontes e da característica dos recursos:
 - Já é verificado no sistema atual com as usinas conectadas em pontos diferentes.

Usinas híbridas e o planejamento energético

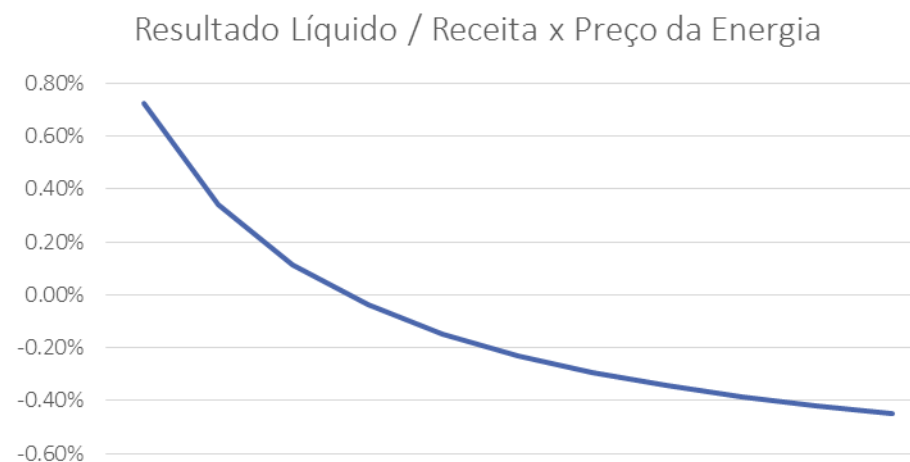
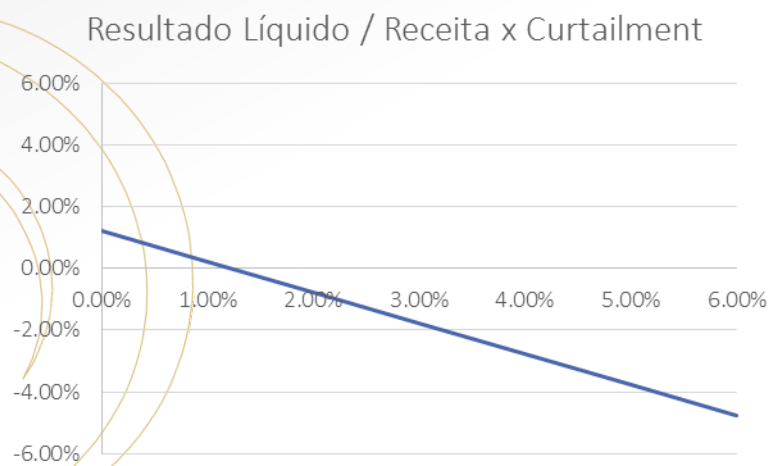
O hibridismo tornaria a geração menos variável, mitigando impactos financeiros no gerador?

- Portfolios comerciais → efeitos semelhantes do ponto de vista financeiro;
- Mudanças no modelo do setor, como o preço horário, devem aumentar os benefícios da diversificação de fontes para os empreendedores.

Usinas híbridas e o planejamento energético

O compartilhamento do MUST entre duas usinas (usinas associadas) traria economia ao gerador, possibilitando menores preços de energia?

- Resultado financeiro é um balanço entre:
 - Economia com MUST e compartilhamento de equipamentos;
 - Perda devido ao corte de energia
- Alta sensibilidade ao preço da energia e ao *curtailment* → parâmetros não controláveis.



Usinas híbridas e o planejamento energético

Do ponto de vista do sistema, o compartilhamento de MUST permitiria uma otimização do sistema de transmissão, possibilitando a postergação de investimentos na expansão?

- Sistemas dimensionados para escoamento da geração, (especialmente radiais)
→Provável otimização;
- Sistemas malhados, que atendem cargas de distribuidoras ou possuem influência de linhas de interligação entre submercado → não necessariamente haveria postergação;
- Reforços construídos para atender expansão planejada por um horizonte >10 anos, geração se insere de maneira lenta;
- Assim, eventual postergação de investimentos possibilitada pelo compartilhamento do MUST **não pode ser generalizada.**

Usinas híbridas e o planejamento energético

O compartilhamento de MUST se traduziria em uma maior margem de escoamento em regiões congestionadas?

- Depende do ponto de conexão:
 - Eventuais restrições de área ou subárea permanecem ativas mesmo com o compartilhamento;
 - Haveria um aumento no número de cenários críticos, mas não necessariamente aumento da margem.
- Hibridismo levaria a aumento do fator de capacidade dos projetos:
 - Em futuros cálculos de margem, essa nova premissa poderia reduzir as margens de área e subárea.

Usinas híbridas e o planejamento energético

Projetos híbridos com baterias auxiliariam no controle da produção?

- A depender da evolução do modelo do setor, essa alternativa pode se tornar viável;
- Deve-se realizar uma análise custo-benefício mais ampla:
 - As necessidades do sistema de capacidade e flexibilidade poderiam ser supridas de diversas maneiras → composição de fontes e armazenamento é uma delas*.
- EPE vem realizando estudos nos planos decenais considerando armazenamento em baterias ou usinas reversíveis como candidatos ao atendimento das futuras necessidades do sistema;
- Outra possibilidade que pode ser estudada é a permissão da instalação de baterias para evitar o *curtailment*, por conta do empreendedor.

*Sugere-se a leitura da NT “Flexibilidade e Capacidade: Conceitos para a incorporação de atributos ao planejamento”, disponível em:

http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-316/NT_EPE_DEE-NT-067_2018-r0.pdf

Considerações finais

Considerações finais

- Discretização temporal adequada para avaliação
- Avaliação do recurso x produção de energia
- Necessário discutir questões regulatórias e contratuais:
 - Categoria de usinas híbridas;
 - Compartilhamento de MUST;
 - Avaliação de contratos: possíveis distorções nos que não sejam por quantidade;
 - Garantia Física;

Considerações finais

- Experiências internacionais:
 - Necessidades específicas de cada sistema;
 - Dificuldades regulatórias e comerciais;
 - Pouca clareza nos benefícios;
- Benefícios ao sistema necessitam avaliação mais ampla;
- Possíveis ganhos financeiros com compartilhamento de MUST (se permitido) necessitam análise cuidadosa;
- Deve-se buscar eliminação de barreiras, com correta alocação de riscos;
- Recomenda-se evitar subsídios ou regras específicas para os leilões do ACR nesse momento;

Equipe Técnica

Superintendência de projetos da geração (SEG):

Aline Couto de Amorim

Bernardo Folly de Aguiar

Cristiano Saboia Ruschel

Gustavo Pires da Ponte

Josina Saraiva Ximenes

Michele Almeida de Souza

Superintendência de planejamento da geração (SGE)

Flavio Alberto Figueiredo Rosa

Gustavo Brandão Haydt de Souza

Patricia Costa Gonzalez de Nunes

Renato Haddad Simões Machado

Superintendência de transmissão de energia (STE)

Marcelo Willian Henriques

Marcos Vinicius G. da Silva
Farinha

Rafael Theodoro Alves e Mello

Sérgio Felipe Falcão Lima



www.epe.gov.br

@EPE_Brasil
EPE.Brasil



Obrigado!



Avenida Rio Branco, 1 - 11º andar
20090-003 - Centro - Rio de Janeiro
www.epe.gov.br

Twitter: [@EPE_Brasil](https://twitter.com/EPE_Brasil)
Facebook: [EPE.Brasil](https://www.facebook.com/EPE.Brasil)

