

Novas Tecnologias e seu impacto sobre a Integração Elétrica

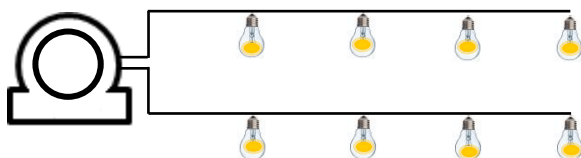
Djalma M. Falcão

COPPE
UFRJ

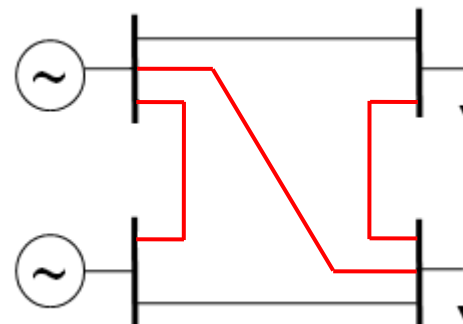


Evolução dos Sistemas de Energia Elétrica

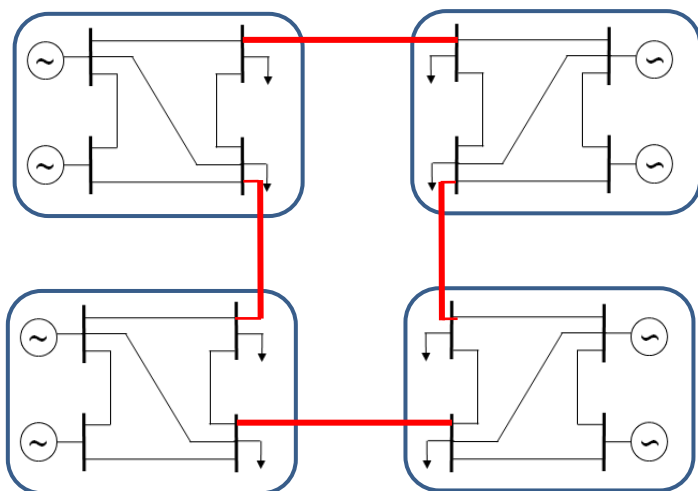
Unidades Isoladas
Pearl St. (1882)



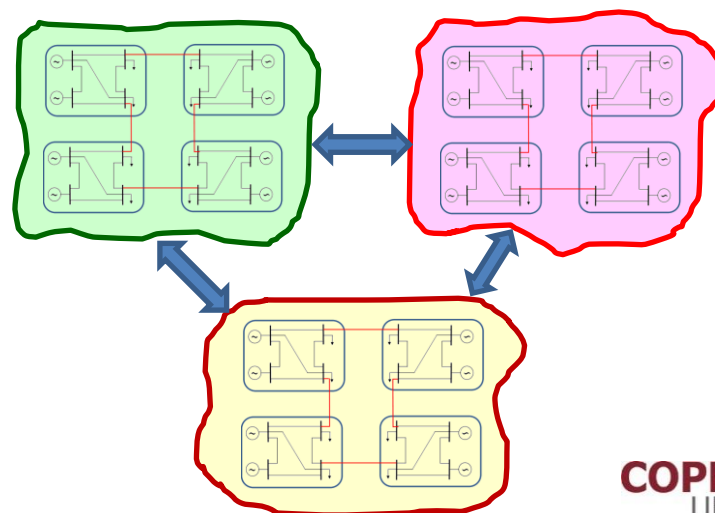
Sistema Elétrico



Sistema Interligado

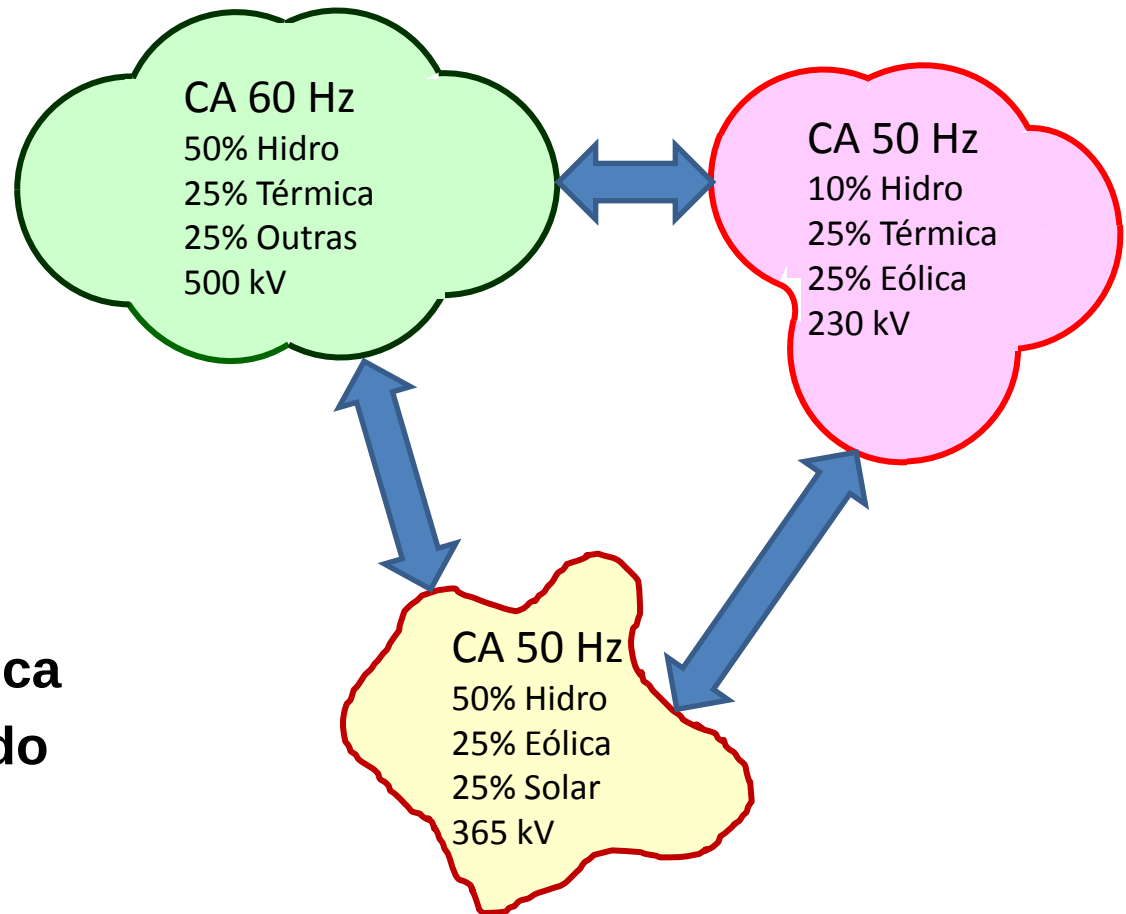


Integração Internacional



Dificuldades para Integração Internacional

- **Sistemas CA com diferentes frequências**
- **Capacidades diferentes**
- **Composição de fontes diversas**
- **Critérios operacionais particulares**
- **Regulação específica**
- **Modelos de mercado diferentes**



Vantagens das Interconexões

- Possibilidade de uso de fontes de energia mais eficientes
- Complementação energética
- Exploração da diversidade hidrológica
- Redução da reserve de capacidade do sistema
- Aumento da confiabilidade e resiliência do sistema interligado
- Redução de perdas devido à operação otimizada

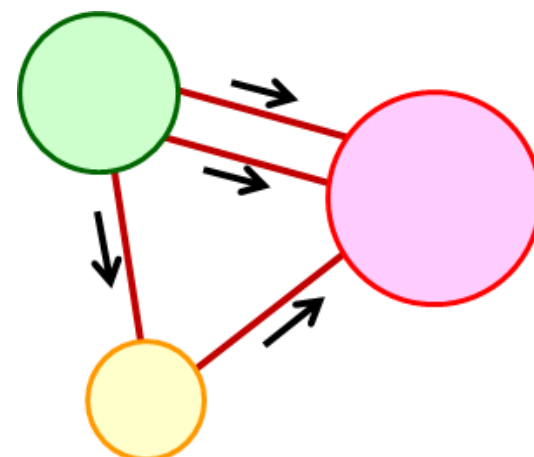
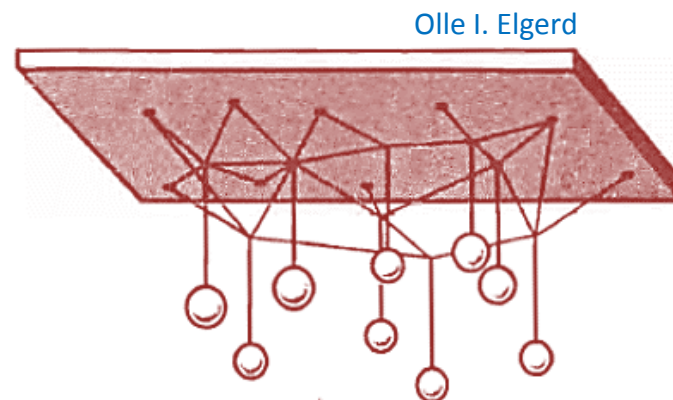


Fonte: A. Ventura MME

Problemas Técnicos

Interconexões Síncronas (CA)

- Propagação de perturbações
- Controle do fluxo de potência nas interligações
- Controle de frequência
- Estabilidade angular e de tensão
- Oscilações inter-áreas
- Maior risco de blecautes devido ao efeito cascata



Sistemas Alternativos de Interconexão

■ Interconexão AC

- Tecnologia madura
- Capacidade depende do nível de tensão
- Acoplamento síncrono

■ Interconexão CC

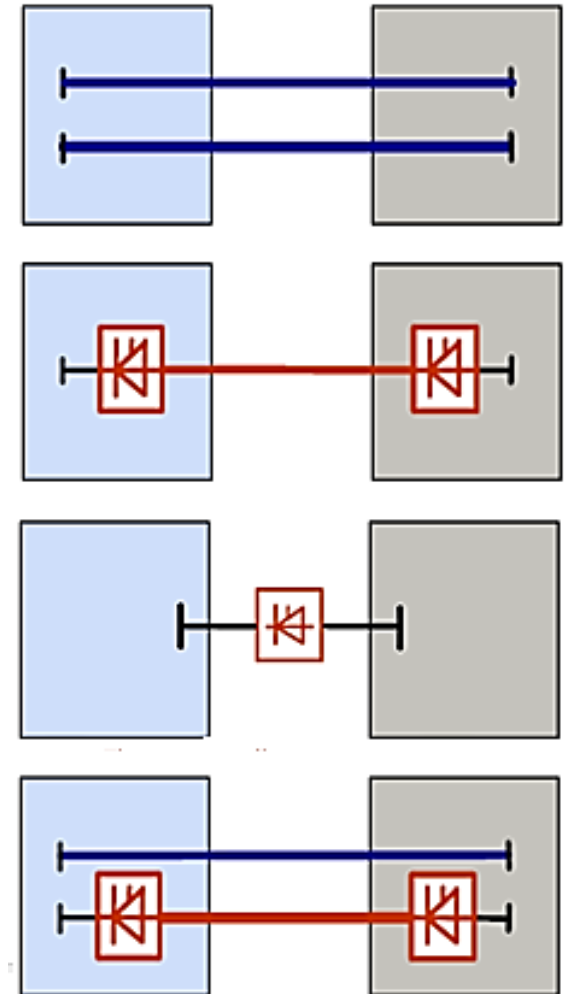
- Tecnologia em evolução
- Indicada para ligações ponto a ponto
- Desacoplamento síncrono

■ Interconexão CC Back-to-Back

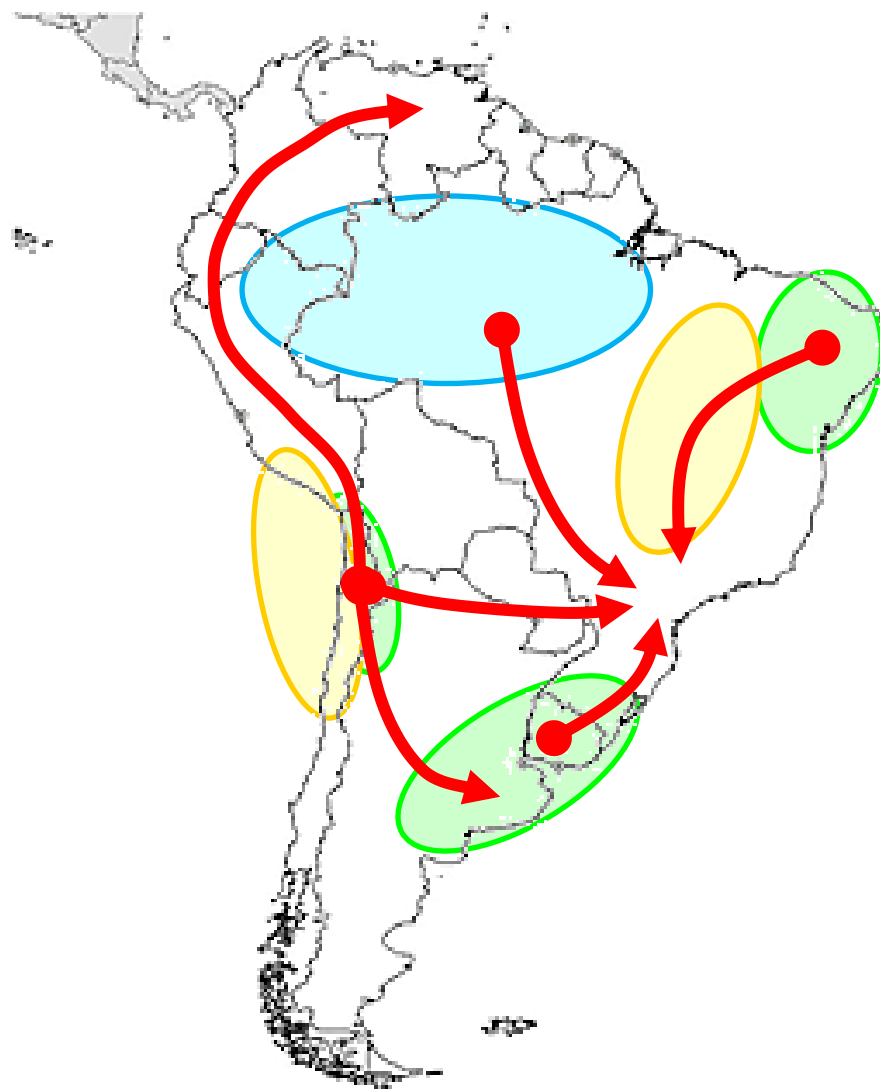
- Baixa capacidade e pequenas distâncias
- Sistemas com características incompatíveis

■ Interconexão Híbrida AC-CC

- Combinação de características



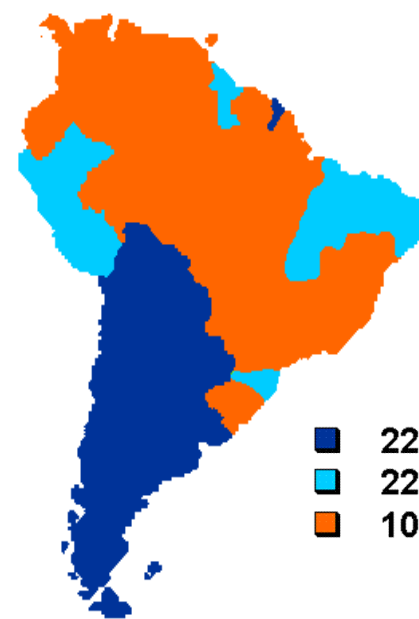
Integração de Fontes Renováveis na AS



 Hidrelétrica

 Eólica

 Solar



 220-240V/50Hz
 220-240V/60Hz
 100-127V/60Hz

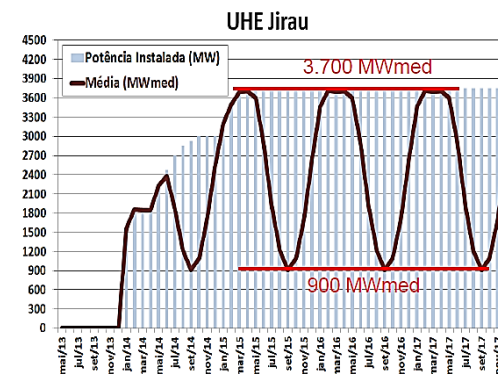
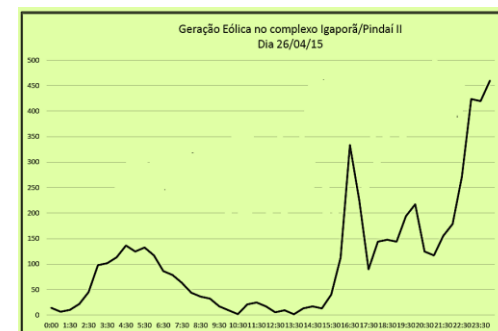
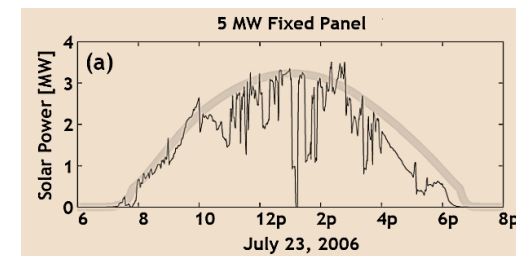
Desafios das Fontes Renováveis

■ Variabilidade

- Eólica e Fotovoltaica
 - Grande variabilidade no curto e médio prazo (MW)
 - Melhor previsibilidade no longo prazo (MWh)
- Termosolar (armazenamento + híbrida)
 - Regulável
- Hidrelétricas
 - Com reservatórios: regulável e otimizável
 - Fio d'água: sujeita a fortes variações sazonais

■ Reserva

- Reserva girante
- Reserva de curto-prazo
- Reserva de longo prazo
- Fontes flexíveis (turbinas gas)



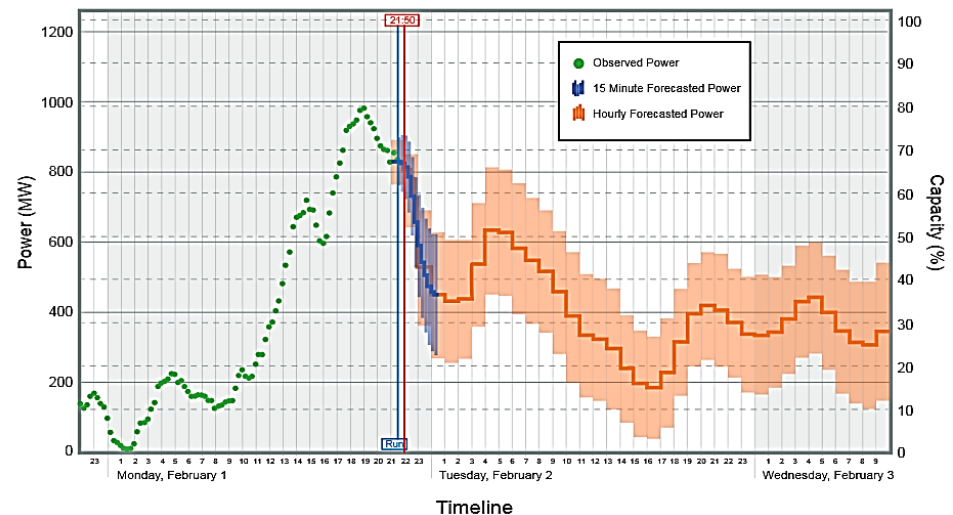
Desafios das Fontes Renováveis (cont.)

■ Localização

- Grande porte distante dos centros de demanda
- Exigem reforços no sistema de transmissão
- Exceção é a fotovoltaica distribuída

■ Previsão

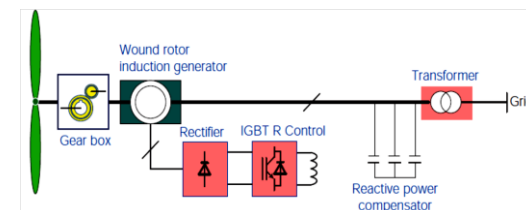
- Métodos Físicos
 - Baseados em dados de temperatura, pressão, características da superfície, obstáculos, etc.
- Métodos Estatísticos
 - Utilizam o histórico de geração de cada instalação



Novas Tecnologias de Geração

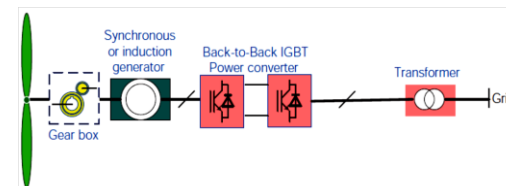
■ Controle de Tensão e Geração de Potência Reativa

- Eólica: *Doubly fed induction generator* e *Full-power conversion*
- Solar: Inversores inteligentes



■ *Fault Ride-Trough*

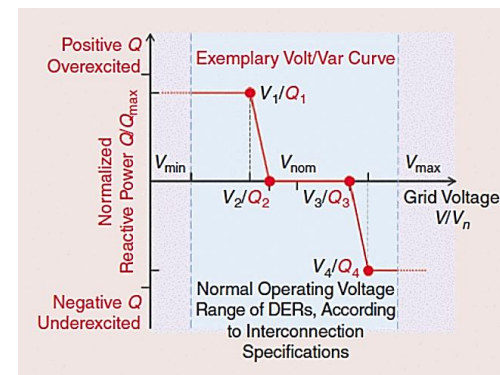
- Manter-se conectada durante defeitos (curto-circuitos)



■ Controle de Frequência

- Eólica: **Inércia sintética**

■ Limitação de Corrente de Curto-Circuito



Novas Tecnologias de Transmissão

■ Níveis de tensão mais elevados na transmissão em CA e CC

- UHVAC: 1000 kV
- UHVDC: ± 800 kV, ± 1100 kV

■ Novas Tecnologias de transmissão CC

- VSC-HVDC (*Voltage Source Converter*)
- MTDC (Multiterminal)

■ Novas Tecnologias de transmissão AC

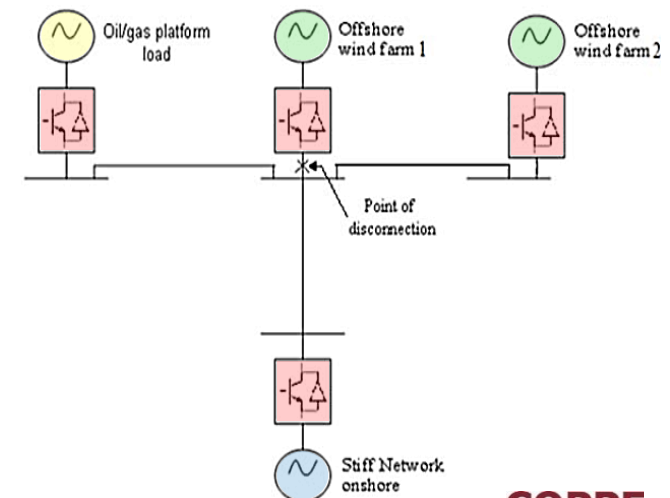
- Meia onda
- LPNE (Linhas de Potência Natural Elevada)

■ Dispositivos FACTS

- Controladores rápidos baseados em eletrônica de potência
- TCSC, STATCOM, SSSC, UPFC



Jindongnan to Nanyang to Jingmen 1000kV UHV



Armazenamento

■ Reservatórios das Hidrelétricas

- Hidrelétricas podem responder rapidamente
- Complementariedade sazonal hidro-eólica
- Restrições ambientais reduzem capacidade de armazenamento

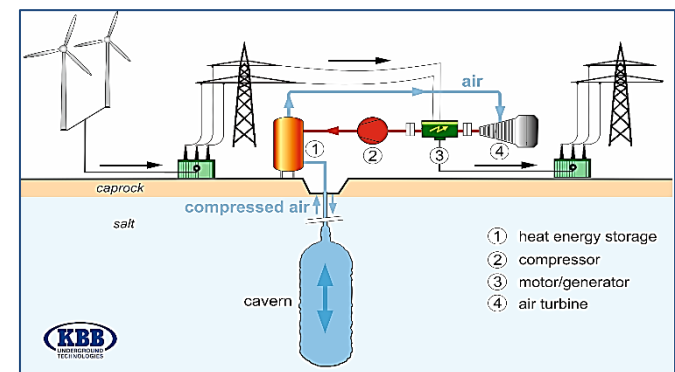
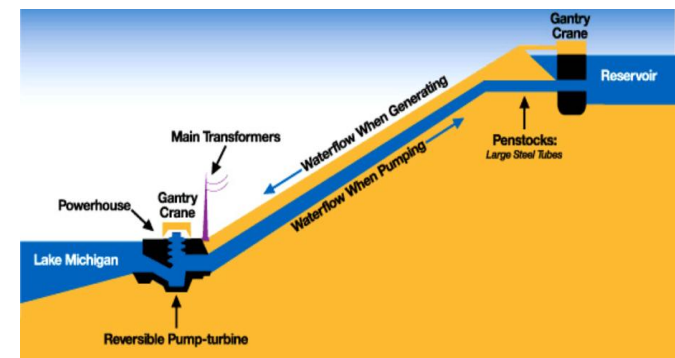
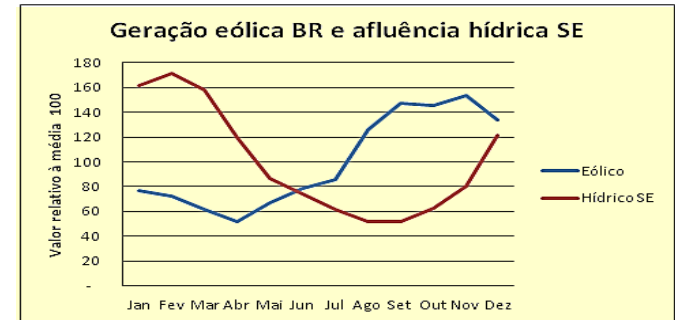
■ Usinas de Bombeamento

- Papel importante para reserva de curto prazo

■ Ar Comprimido

■ Hidrogênio

■ Fly-Wheel



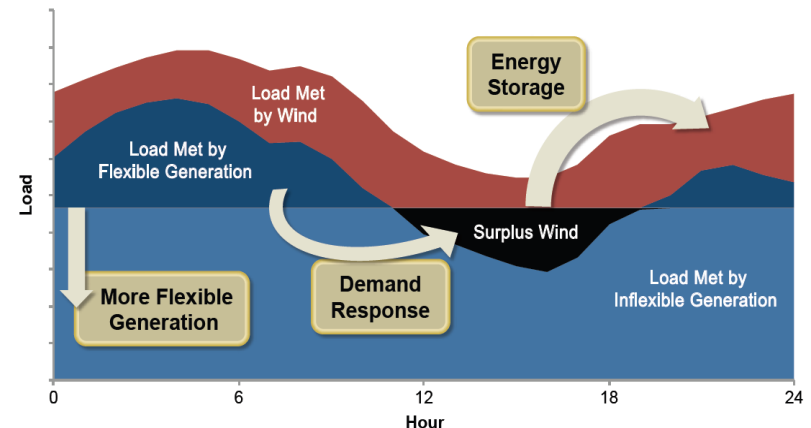
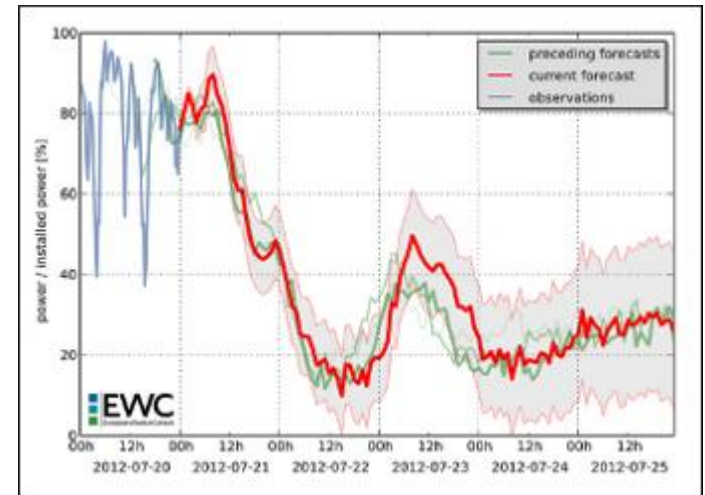
Avanços nas Técnicas de Operação

■ Previsão

- Eólica
 - Curtíssimo (minutos-horas): difícil
 - Médio e longo prazo (semanas-meses): mais fácil
- Solar: menos complicada

■ Gerenciamento da Demanda

- Indispensável em cenários com capacidade elevada de geração intermitente
- Redução da demanda no curto prazo para evitar emergências
- Redução de incerteza energética no longo prazo
- Sinergia com armazenamento e fontes flexíveis



Avanços nas Técnicas de Operação

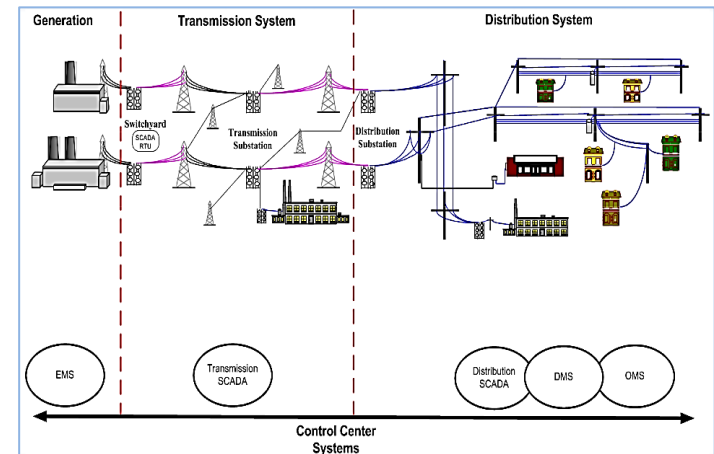
■ WAMPAC

- *Wide Area Monitoring Protection and Control*
- Medição Fasorial Sincronizada
- Consciência Situacional
- Avaliação Online da Segurança



■ Integração Transmissão-Distribuição

- Geração distribuída
- Informações sobre a operação da rede de distribuição são essenciais
- Ações de controle da demanda ocorrem principalmente no nível de distribuição



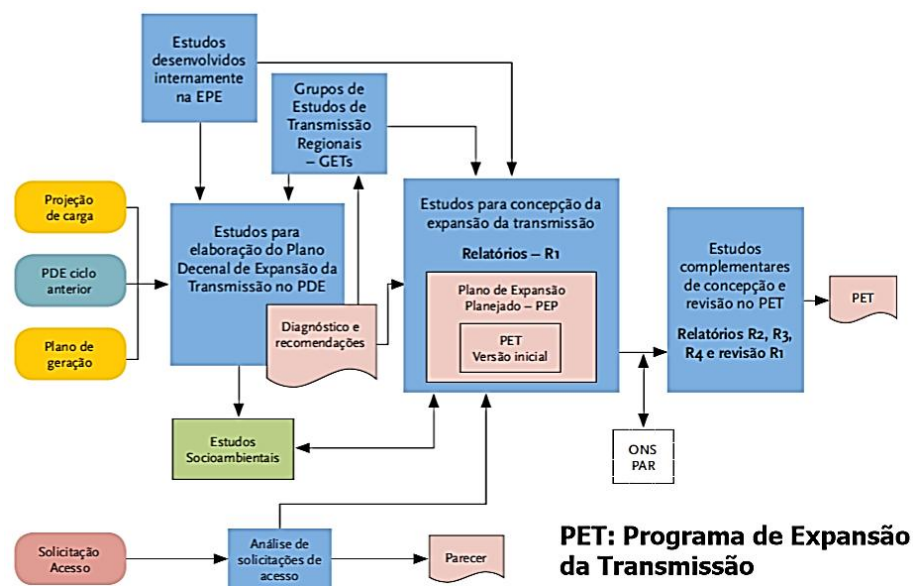
Planejamento da Transmissão

■ Presente

- Escolha de algumas opções por especialistas e avaliação determinística do desempenho
- Critério N-1, *pior caso*

■ Futuro

- Avaliação probabilística
- Importante no caso de participação relevante de fontes intermitentes



Fonte: Dourival Carvalho Jr. EPE

PET: Programa de Expansão da Transmissão

Programas de Inovação Tecnológica

- **Necessidade de mecanismo/fórum para fomentar a discussão e pesquisa de temas relacionados à integração internacional**
- **Alguns temas relevantes**
 - Problemas técnicos associados aos potenciais sistemas de transmissão para a integração
 - Modelo preliminar de um mercado energético Sul-americano
 - Aspectos regulatórios da integração internacional na América do Sul
- **Levantamento de possíveis fontes de financiamento de atividade PD&I voltadas para integração elétrica**
- **Cooperação com órgãos de fomento a PD&I da Europa, América do Norte e Ásia**

Obrigado

Djalma M. Falcão

falcao@nacad.ufrj.br

COPPE/UFRJ

Programa de Engenharia Elétrica

Caixa Postal 68504

21941-972 Rio de Janeiro RJ